

SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH VARIASI AMBANG BERTANGGA
TERHADAP PERUBAHAN DASAR SALURAN DI HILIR PADA
SALURAN TERBUKA (UJI LABORATORIUM)



Oleh :

ANDRI SAPUTRA

105 81 2140 14

USMAN

105 81 2377 15

28/12/2021

1 cap
Sdr Alumni

R/0073/ SIP/ 21 CP
SAP
a'

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2021



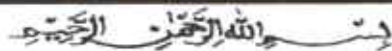
FAKULTAS TEKNIK

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>



PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Andri Saputra** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2140 14 dan **Usman** dengan nomor induk mahasiswa 105 81 2377 15, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0015/SK-Y/22201/091004/2021, sebagai salah satu syarat utama memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 04 Desember 2021.

Panitia Ujian:

Makassar,

29 Rabiul Akhir 1443 H

04 Desember 2021 M

Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

2. Penguji:

a. Ketua : Dr. Ir/Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM

b. Sekretaris : Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM

3. Anggota: 1. Dr. Ir. Nenny T. Karim, ST., MT., IPM

2. Mahmuddin ST., MT., IPM

3. Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM

Mengetahui:

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. H. Farouk Maricar, MT

Farida Gaffar, ST., MM., IPM



Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM
NBM : 795 108

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PERSETUJUAN

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

Judul Skripsi : **ANALISIS PENGARUH VARIASI AMBANG BERTANGGA TERHADAP PERUBAHAN DASAR SALURAN DI HILIR PADA SALURAN TERBUKA (UJI LABORATORIUM)**

Nama : Andri Saputra

Usman

No. Stambuk : 105 81 2140 14

105 81 2377 15

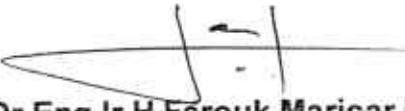
Makassar, 04 Desember 2021

Telah Diperiksa dan Disetujui

Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar. MT


Farida Gaffar. ST., MM., IPM

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan


M. Agusalm, ST., MT
NBM/947 993

Abstrak

Ambang adalah salah satu jenis bangunan air yang dapat digunakan untuk menaikkan tinggi muka air serta menentukan debit aliran air. Rumusan masalah yang mendasari penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh variasi ambang bertangga terhadap kecepatan aliran pada hilir saluran terbuka dan bagaimana perubahan dasar saluran yang terjadi di hilir dengan menggunakan ambang lebar dan variasi ambang bertangga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi ambang bertangga terhadap kecepatan aliran pada hilir saluran terbuka dan mengetahui perubahan dasar saluran yang terjadi di hilir dengan menggunakan ambang lebar dan variasi ambang bertangga. Metode yang digunakan adalah metode simulasi (uji laboratorium) dengan menggunakan alat ambang lebar dan ambang bertangga. Dalam penelitian ini menggunakan 3 variasi ambang bertangga dengan tinggi anak tangga variasi 1 yaitu 1 dan 2 cm, variasi 2 adalah 2 cm dan variasi 3 adalah 2 dan 3 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan aliran rata-rata yang terjadi di hilir pada ambang bertangga variasi 1 yaitu 1,21 m/dtk, lalu pada variasi 2 adalah 0,97 m/dtk, dan pada variasi 3 adalah 0,84 m/dtk dan kedalaman gerusan pada ambang lebar yaitu 2,01 cm, variasi 1 adalah 1,74 cm, variasi 2 adalah 1,64 cm, dan variasi 3 adalah 1,58 cm. Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa kecepatan aliran yang terjadi pada ambang bertangga dengan ukuran anak tangga yang lebih kecil akan lebih tinggi, sedangkan pada ambang bertangga dengan ukuran anak tangga yang lebih besar akan mengalami peredaman energi yang terjadi di hilir saluran, sehingga kecepatan aliran yang terjadi di hilir saluran akan lebih kecil dan Dimana pada setiap anak tangga yang berbeda ukuran dengan tinggi ambang yang sama memiliki gerusan yang berbeda. Semakin tinggi ukuran anak tangga pada ambang bertangga maka semakin rendah gerusan yang terjadi pada hilir saluran terbuka.

Kata Kunci: ambang, karakteristik aliran, gerusan, ambang bertangga, variasi.

Abstract

Threshold is one type of water building that can be used to raise the height of the water level and determine the discharge of water flow. The formulation of the problems underlying this study is how the effect of the variation of the gaped threshold on the speed of flow on the downstream open channel and how the basic changes of the channel that occur downstream using the width threshold and the variation of the gaped threshold. This study aims to determine the effect of infinite threshold variation on the flow speed downstream of open channels and

find out the basic changes in channels that occur downstream using wide thresholds and variations in the studded threshold. The method used is the simulation method (laboratory test) by using a wide threshold tool and a hollow threshold. In this study used 3 variations of the infinite threshold with the height of the stairs variation 1 which is 1 and 2 cm, variation 2 is 2 cm and variation 3 is 2 and 3 cm. The results showed that the average flow speed that occurred downstream at the threshold of variation 1 which is 1.21 m / etc., then in variation 2 is 0.97 m / s, and in variation 3 is 0.84 m / s and the depth of the gerusan at the threshold width is 2.01 cm, variation 1 is 1.74 cm, variation 2 is 1.64 cm, and variation 3 is 1.58 cm. The conclusion of this study shows that the speed of flow that occurs at the threshold of the buffer with the size of the smaller rungs will be higher, while on the threshold of a larger rung will experience energy damping that occurs downstream of the channel, so that the flow speed that occurs downstream of the channel will be smaller and where on each rung of a different size with the same threshold height has a different snarl. The higher the size of the stairs at the hollow threshold, the lower the grinding that occurs downstream of the open channel.

Keywords: threshold, flow characteristics, scour, step threshold, variation.

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga dapat menyusun skripsi tugas akhir ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan program studi pada Jurusan Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa didalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, hal ini disebabkan karena penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungan. Oleh karena itu, penulis menerima dengan sangat ikhlas dengan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Tugas akhir 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. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya atas segala limpahan kasih sayang, do'a serta pengorbanannya terutama dalam bentuk materi untuk menyelesaikan kuliah kami.

2. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak M.Agusalim, S.T.,M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Dr. Eng. Farouk Maricar, M.Eng. sebagai pembimbing I dan Ibu Farida Gaffar, S.T.,M.M.,IPM. sebagai pembimbing II yang sabar memberikan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi penelitian.
5. Bapak dan Ibu dosen serta para staf pegawai di Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Rekan – rekan mahasiswa Fakultas Teknik dengan persaudaraannya banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

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

“Billahi Fii Sabill Haq Fastabiqul Khaerat”.

Makassar, 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Masalah	5
F. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Saluran Terbuka	7
1. Karakteristik Aliran Pada Saluran Terbuka.....	8
2. Klasifikasi Aliran	8
3. Regime Aliran	11
B. Gerusan	13
C. Ambang	15
1. Definisi Ambang	15
2. Ambang Lebar dan Ambang Tajam	16

3. Ambang Bertangga	18
4. Regim Aliran pada Bendung Bertangga	19
BAB III METODE PENELITIAN	23
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	23
B. Metode Pengambilan Data	23
C. Model Flume	23
D. Model Ambang lebar	24
E. Model Ambang bertangga	24
F. Alat dan Bahan	26
G. Variabel yang digunakan	27
H. Prosedur Penelitian	27
I. Metode Analisa Data	28
J. Flow Chart Penelitian	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
A. Hasil Penelitian	30
B. Perhitungan Debit (Q)	30
C. Karakteristik Aliran	34
1. Hubungan Kecepatan Aliran Dengan Bilangan Froude	34
2. Hubungan Kecepatan Aliran Dengan Bilangan Reynold	41
3. Hubungan Kecepatan Dengan Jarak	48
4. Kedalaman Aliran	53
5. Klasifikasi Aliran	54
6. Energi Spesifik	57

D. Perubahan Dasar.....	61
1. Perhitungan Kedalaman Gerusan.....	61
E. Pembahasan.....	63
1. Hubungan Bentuk Ambang Dan Karakteristik Aliran.....	63
2. Variasi Ambang.....	63
BAB V PENUTUP.....	64
A. Kesimpulan.....	64
B. Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....	66
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kekentalan kinematik	13
Tabel 2. Hasil perhitungan debit aliran	30
Tabel 3. Hasil validasi debit aliran menggunakan ambang lebar	32
Tabel 4. Hasil validasi debit aliran menggunakan ambang bertangga variasi 1	32
Tabel 5. Hasil validasi debit aliran menggunakan ambang bertangga variasi 2	33
Tabel 6. Hasil validasi debit aliran menggunakan ambang bertangga variasi 3	34
Tabel 7. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Froude pada ambang bertangga variasi 1	35
Tabel 8. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Froude pada ambang bertangga variasi 2	36
Tabel 9. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Froude pada ambang bertangga variasi 3	37
Tabel 10. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Froude pada ambang Lebar	39
Tabel 11. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir pada Ambang Lebar dan ambang bertangga variasi 1, 2, dan 3	40
Tabel 12. Viskosinasi kinematis sebagai hubungan fungsi suhu	41
Tabel 13. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Reynold pada ambang bertangga variasi 1	42
Tabel 14. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Reynold pada ambang bertangga variasi 2	43
Tabel 15. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Reynold pada ambang bertangga variasi 3	44
Tabel 16. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Reynold pada ambang Lebar	46

Tabel 17. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Reynold di hilir pada Ambang Lebar dan ambang bertangga variasi 1, 2, dan 3	47
Tabel 18. Perhitungan debit aliran pada Ambang Bertangga Variasi 1	48
Tabel 19. Perhitungan debit aliran pada Ambang Bertangga Variasi 2	50
Tabel 20. Perhitungan debit aliran pada Ambang Bertangga Variasi 3	51
Tabel 21. Perhitungan debit aliran pada Ambang lebar	52
Tabel 22. Hasil perhitungan bilangan Reynold dan bilangan Froude pada Ambang Bertangga Variasi 1	54
Tabel 23. Hasil perhitungan bilangan Reynold dan bilangan Froude pada Ambang Bertangga Variasi 2	55
Tabel 24. Hasil perhitungan bilangan Reynold dan bilangan Froude pada Ambang Bertangga Variasi 3	55
Tabel 25. Hasil perhitungan bilangan Reynold dan bilangan Froude pada Ambang Lebar	56
Tabel 26. Hasil perhitungan Energi Spesifik pada Ambang Lebar	57
Tabel 27. Hasil perhitungan Energi Spesifik pada Ambang Bertangga Variasi 1	58
Tabel 28. Hasil perhitungan Energi Spesifik pada Ambang Bertangga Variasi 2	59
Tabel 29. Hasil perhitungan Energi Spesifik pada Ambang Bertangga Variasi 3	60
Tabel 30. Kedalaman gerusan yang terjadi pada ambang lebar dan ambang bertangga variasi 1, 2, dan 3	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pola Perambatan Penjalaran Gelombang di Saluran Terbuka.....	8
Gambar 2. Aliran Melalui Ambang Lebar.....	17
Gambar 3. Aliran Melalui Ambang Tajam.....	17
Gambar 4. Regim Aliran di Peluncur Bendung Bertangga.....	21
Gambar 5. Model flume dengan penampang berbentuk persegi panjang.....	23
Gambar 6. Model Ambang lebar.....	24
Gambar 7. Model Ambang bertangga Variasi 1.....	25
Gambar 8. Model Ambang bertangga Variasi 2.....	25
Gambar 9. Model Ambang bertangga Variasi 3.....	25
Gambar 10. Flowchart penelitian.....	29
Gambar 11. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir pada Ambang bertangga variasi 1.....	35
Gambar 12. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir pada Ambang bertangga variasi 2.....	37
Gambar 13. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir pada Ambang bertangga variasi 3.....	38
Gambar 14. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir pada Ambang lebar.....	39
Gambar 15. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir pada Ambang Lebar dan ambang bertangga variasi 1, 2, dan 3.....	41
Gambar 16. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Reynold di hilir pada ambang bertangga variasi 1.....	42
Gambar 17. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Reynold di hilir pada ambang bertangga variasi 2.....	44
Gambar 18. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Reynold di hilir pada ambang bertangga variasi 3.....	45

Gambar 19. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Reynold di hilir pada ambang Lebar	46
Gambar 20. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Reynold di hilir pada ambang bertangga variasi 1, 2, dan 3.	48
Gambar 21. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan jarak di hilir pada ambang bertangga variasi 1.	49
Gambar 22. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan jarak di hilir pada ambang bertangga variasi 2.	50
Gambar 23. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan jarak di hilir pada ambang bertangga variasi 3.	51
Gambar 24. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan jarak di hilir pada ambang lebar.	52
Gambar 25. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan Energi Spesifik di hilir menggunakan ambang lebar dan ambang bertangga variasi 1.	58
Gambar 26. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan Energi Spesifik di hilir menggunakan ambang lebar dan ambang bertangga variasi 2.	59
Gambar 27. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan Energi Spesifik di hilir menggunakan ambang lebar dan ambang bertangga variasi 3.	60
Gambar 28. Grafik hubungan kedalaman gerusan dengan jarak tergerus pada ambang lebar dan ambang bertangga variasi 1, 2, dan 3.	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ambang adalah salah satu jenis bangunan air yang dapat digunakan untuk menaikkan tinggi muka air serta menentukan debit aliran air. Dalam merancang bangunan air, perlu diketahui sifat-sifat atau karakteristik aliran air yang melewatinya. Pengetahuan ini diperlukan dalam perencanaan bangunan air untuk pendistribusian air maupun pengaturan sungai.

Saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Kajian tentang perilaku aliran ini disebut dengan Mekanika Fluida (Fluid mechanics). Perihal ini menyangkut sifat fluida dan pengaruh terhadap pola aliran dan gaya yang akan terjadi di antara fluida dan pembatas. Telah diketahui secara umum, akibat adanya perilaku terhadap aliran untuk memenuhi kebutuhan manusia, akan mengakibatkan terjadinya perubahan alur aliran air dalam arah horizontal dan vertikal.

Aliran pada saluran terbuka (open channels flow) merupakan aliran di bawah pengaruh gravitasi, dimana air mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah. Pada saluran terbuka mempunyai tiga bentuk energi hidrolis, yaitu energi potensial, energi tekanan dan energi kinetik. Di dalam saluran terbuka juga disertai oleh kehilangan tinggi tekan akibat gesekan.

Pada permasalahan teknik yang berhubungan dengan aliran terkadang tidak dapat diselesaikan dengan analitis, maka harus melakukan pengamatan dengan membuat suatu bentuk saluran atau alat peraga, bentuk saluran ini

mempunyai bentuk yang sama dengan permasalahan yang diteliti, tetapi ukuran dimensi lebih kecil dari yang ada di lapangan.

Saluran digolongkan menjadi dua macam yaitu, saluran alam (natural) dan saluran buatan (artificial). Saluran alam ini merupakan saluran yang meliputi semua alur aliran air secara alami, seperti sungai yang berukuran kecil dan berukuran besar dimana alirannya mengalir dari hulu ke hilir. Saluran buatan ini merupakan saluran yang dibuat dan direncanakan sesuai dengan konteks pemanfaatannya yaitu seperti, saluran irigasi, saluran drainase, saluran PLTA, dan saluran industri. Karakteristik yang terjadi pada saluran buatan merupakan aliran yang terjadi di sepanjang saluran.

Karakteristik aliran adalah gambaran spesifik mengenai aliran yang dicirikan oleh parameter yang berkaitan dengan keadaan topografi, tanah, geologi, vegetasi, penggunaan lahan, hidrologi, dan manusia.

Saluran buatan adalah saluran yang dibuat dan direncanakan sesuai dengan konteks pemanfaatannya yaitu seperti, saluran irigasi, saluran drainase, saluran pembawa pada pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dan saluran industri dan sebagainya termasuk model saluran yang dibuat di laboratorium untuk keperluan penelitian.

Bendung atau yang dikenal dengan weir berfungsi untuk meninggikan muka air sungai dan mengalirkan sebagian aliran air sungai yang ada ke arah tepi kanan atau tepi kiri sungai ke dalam saluran melalui sebuah bangunan pengambilan jaringan irigasi. Bendung bertangga ini juga semakin populer digunakan dalam penanganan debit besar dikarenakan bentuk desain yang dapat

meningkatkan stabilitas struktur atau kemampuan dalam menghilangkan energi kinetik aliran (peredaman energi).

Bendung bertangga merupakan modifikasi dari profil standar untuk bendung tipe ogee. Aliran yang melimpas pada bendung bertangga diklasifikasikan menjadi tiga tipe, yaitu aliran bebas, aliran transisi dan aliran tenggelam. Aliran tenggelam ini lebih banyak digunakan dalam perencanaan bendung dikarenakan hampir semua pengoperasian bendung adalah untuk perhitungan debit besar. Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan mengetahui keunggulan bendung bertangga dengan melakukan variasi perlakuan model meliputi sudut kemiringan, jumlah anak tangga dan nilai bilangan Froude.

Pada bendung bertangga, kecepatan aliran berkurang karena peredaman yang diakibatkan oleh anak-anak tangga. Tangga bertindak seperti bangunan terjun kecil yang ditempatkan secara berseri dan tiap tangga juga bertindak sebagai peredam energi kecil bagi tangga sebelumnya. Keuntungan dari bendung bertangga adalah kemudahan konstruksi, pengurangan potensi resiko kavitasi, dan pengurangan dimensi kolam penenang di bagian hilir kaki bendung karena peredaman energi yang signifikan di sepanjang saluran (Otto, 2006).

Salah satu cara yang bisa dipakai untuk mengetahui variasi ambang bertangga terhadap gerusan di hilir saluran dengan dilakukan pengamatan laboratorium. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka kami tertarik untuk mengadakan penelitian dengan judul **“Analisis Pengaruh Variasi Ambang Bertangga Terhadap Perubahan Dasar Saluran di Hilir Pada Saluran Terbuka”**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalahnya adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi ambang bertangga terhadap kecepatan aliran pada hilir saluran terbuka?
2. Bagaimana perubahan dasar saluran yang terjadi di hilir dengan menggunakan ambang lebar dan variasi ambang bertangga ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah sebagaimana yang diuraikan diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Analisis pengaruh ambang bertangga terhadap kecepatan aliran pada hilir saluran terbuka.
2. Analisis perubahan dasar saluran di hilir menggunakan ambang lebar dan variasi ambang bertangga.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan referensi untuk membuat bangunan bendung bertangga.
2. Sebagai bahan referensi tentang bangunan bendung bertangga terhadap gerusan.
3. Sebagai bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

E. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, perlu ditetapkan batasan masalah sehubungan dengan keterbatasan dan kemampuan peneliti. Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Saluran yang digunakan dalam penelitian ini adalah saluran flume berbentuk persegi panjang.
2. Bangunan ambang lebar dan 3 variasi ambang berbentuk tangga dengan ukuran tinggi anak tangga Variasi 1 = 1 dan 2 cm, Variasi 2 = 2 dan 3 cm, dan Variasi 3 = 3 cm.
3. Pemasangan ambang ditempatkan pada bagian tengah saluran.
4. Gerusan dan perubahan dasar di hilir pada saluran terbuka.

F. Sistematika Penulisan

Susunan dari sistematika dalam penulisan proposal tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN, yang berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA, yang berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini, meliputi teori tentang karakteristik aliran, proses gerusan pada dasar saluran, ambang dan matriks penelitian terdahulu.

BAB III METODE PENELITIAN, berisi tentang penjelasan waktu dan tempat penelitian, jenis penelitian dan sumber data, alat dan bahan, desain

penelitian, metode pengambilan data, metode analisis data, variabel penelitian, prosedur penelitian, dan flow chart.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, yang berisi tentang hasil penelitian yang menguraikan tentang karakteristik aliran dan analisa mengenai gerusan pada dasar saluran dengan model ambang bertangga.

BAB V PENUTUP, yang berisi tentang kesimpulan dan saran yang mencakup dari keseluruhan isi penulisan yang di peroleh dan disertai saran-saran.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah saluran yang mengalirkan air dengan suatu permukaan bebas. Saluran terbuka dibedakan menurut asalnya menjadi dua macam, yaitu saluran alam (natural channels) dan saluran buatan (artificial channels).

Menurut Robert J. Kodoatie dalam bukunya yang berjudul Hidrolika Terapan tahun 2002, menyatakan bahwa aliran pada saluran terbuka merupakan aliran yang mempunyai permukaan yang bebas. Permukaan yang bebas itu merupakan pertemuan dua fluida dengan kerapatan ρ (density) yang berbeda.

Geometri atau penampang saluran (channel section) adalah tegak lurus terhadap arah aliran. Unsur-unsur geometri atau penampang pada saluran terbuka berbentuk segi empat, adalah sebagai berikut:

1) Tinggi Jagaan Saluran

$$W = 0,3 + 0,25 h \quad (1)$$

2) Luas Penampang

$$A = b \times h \quad (2)$$

Dimana :

A = luas penampang

b = lebar saluran

h = tinggi saluran

1. Karakteristik Aliran pada Saluran Terbuka

Karakteristik aliran pada saluran terbuka dapat dibedakan menjadi aliran kritis, subkritis, dan superkritis.



Gambar 1. Pola Perambatan Penjalaran Gelombang di Saluran Terbuka
(Sumber: Bambang Triadmojo, 1993)

- 1) Aliran kritis apabila bilangan $FR = 1$, berarti gaya-gaya kelembaman dan gaya gravitasi seimbang.
- 2) Aliran subkritis apabila bilangan $FR < 1$, maka gaya gravitasi menjadi dominan dan aliran dalam keadaan aliran subkritis.
- 3) Aliran superkritis apabila bilangan $FR > 1$, maka gaya gravitasi menjadi dominan dan aliran dalam keadaan aliran subkritis.

2. Klasifikasi aliran

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

setiap tampang di sepanjang aliran adalah konstan. Adapun klasifikasi aliran pada saluran terbuka adalah :

a. Aliran tunak (*steady flow*)

Aliran tunak (*steady flow*) terjadi jika kedalaman aliran tidak berubah atau selalu dalam keadaan konstan pada selang waktu tertentu. Untuk menentukan debit aliran (Q) pada suatu penampang saluran dapat dirumuskan sebagai :

$$Q = V \cdot A \quad (3)$$

Dimana :

Q = debit aliran

V = kecepatan rata-rata

A = luas penampang melintang tegak lurus terhadap arah aliran

Pada aliran tunak, disimpulkan bahwa debit aliran dianggap konstan di sepanjang saluran yang bersifat kontinyu. Maka persamaan (3) diubah menjadi :

$$Q = V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2 \quad (4)$$

Persamaan (4) menunjukkan penampang saluran berbeda dan tidak dapat digunakan apabila aliran tunak tidak seragam (*nonuniform*) di sepanjang saluran dan jika air mengalir dengan muka air bebas di sepanjang saluran maka jenis aliran akan berubah beraturan (*spatially varied flow*) atau aliran tidak kontinyu (*diskontinuous flow*), misalnya : terdapat pada saluran pembawa pada irigasi, saluran pembuang, pelimpah luapan samping, air pembilas dari penyaringan dan terdapat pada selokan.

b. Aliran seragam (*uniform flow*)

Aliran seragam merupakan aliran dengan kecepatan rata-rata sepanjang alur aliran adalah sama sepanjang waktu. Aliran dikatakan seragam, jika kedalaman aliran sama pada setiap penampang saluran. Di dalam aliran seragam, dianggap bahwa aliran adalah mantap dan satu dimensi yang berarti kecepatan aliran di setiap titik pada tampang lintang tidak berubah, misalnya aliran melalui saluran irigasi yang sangat panjang dan tidak ada perubahan penampang. Pada umumnya aliran seragam pada saluran terbuka dengan tampang lintang prismatic adalah aliran dengan kecepatan konstan. Di samping itu permukaan aliran sejajar dengan permukaan dasar saluran, sehingga kecepatan dan kedalaman aliran disebut dalam kondisi seimbang (kondisi equilibrium).

c. Aliran tak seragam (*varied flow*)

Aliran tak seragam adalah kedalaman dan kecepatan aliran disepanjang saluran tidak konstan, garis tenaga tidak sejajar dengan garis muka air dan dasar saluran. Analisis aliran tak seragam biasanya bertujuan untuk mengetahui profil aliran di sepanjang saluran atau sungai. Analisis ini banyak dilakukan dalam perencanaan perbaikan sungai atau penanggulangan banjir, elevasi jembatan dan sebagainya. Dalam hal ini analisis aliran menjadi jauh lebih mudah dan hasil hitungan akan lebih aman, karena debit yang diperhitungkan adalah debit puncak yang sebenarnya terjadi sesaat, tetapi dalam analisis ini dianggap terjadi dalam waktu yang lama. Aliran tak seragam dapat dibedakan dalam dua kelompok berikut ini :

- 1) Aliran berubah beraturan (*gradually varied flow*), terjadi jika parameter hidraulis (kecepatan, tampang basah) berubah secara progresif dari satu tampang ke tampang yang lain. Apabila di ujung hilir saluran terdapat bendung maka akan terjadi profil muka air pembendungan dimana kecepatan aliran akan berkurang (diperlambat), sedangkan apabila terdapat terjunan maka profil aliran akan menurun dan kecepatan akan bertambah (dipercepat) contoh aliran pada sungai
- 2) Aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*), terjadi jika parameter hidraulis berubah secara mendadak (saluran transisi), loncat air, terjunan, aliran melalui bangunan pelimpah dan pintu air.

Kecepatan rata-rata aliran seragam turbulen pada saluran terbuka dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V = C.R^{\frac{2}{3}}.S^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Dimana :

V = kecepatan rata-rata (m^2/det)

C = faktor tekanan aliran

R = jari-jari hidrolik (m)

S = kemiringan energy

3. Regime Aliran

Regime aliran yang mungkin terjadi pada saluran terbuka adalah sebagai berikut :

- a. Subkritis-Laminer

Apabila nilai bilangan Froude lebih kecil dari pada satu dan nilai bilangan Reynolds berada pada rentang laminar.

b. Superkritis-Laminar

Apabila nilai bilangan Froude lebih besar dari pada satu dan nilai bilangan Reynolds berada pada rentang laminar.

c. Superkritis-Turbulen

Apabila nilai bilangan Froude lebih besar dari pada satu dan nilai bilangan Reynolds berada pada rentang turbulen.

d. Subkritis-Turbulen

Apabila nilai bilangan Froude lebih kecil dari pada satu dan nilai bilangan Reynolds berada pada rentang turbulen.

(Junaidi, 2014) Bilangan *Reynolds* adalah rasio antara gaya inersia terhadap gaya viskos yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis aliran yang berbeda misalnya laminar, turbulen dan transisi. Dimana syarat karakteristik aliran yaitu sebagai berikut :

Laminar : $Re < 2300$

Transisi : $2300 < Re < 4000$

Turbulen : $Re > 4000$

Rumus bilangan *Reynolds* sebagai berikut :

$$Re = \frac{v \cdot l}{\nu} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

Re = bilangan Reynolds

V = Kecepatan aliran ($m^2/detik$)

L = Panjang karakteristik aliran (m),pada saluran muka air bebas $L=R$

R = jari-jari hidrolis saluran

ν = Kekentalan kinematik ($m^2/detik$)

Dimana kekentalan kinematik di definisikan sebagai berikut :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

ν = kekentalan kinematik

μ = Kekentalan dinamik dengan satuan kg/m

ρ = Kerapatan air dengan satuan kg/m^3

Tabel 1. Kekentalan kinematik

Temperatur	Visikositas kinematik
(°C)	$10^{-2}(cm^2/dtk)$
20	1,002
21	0,978
22	0,955
23	0,933
24	0,911
25	0,983
26	0,873
27	0,854
28	0,836
29	0,818
30	0,802

Sumber :Bambang Triatmojo (1996)

B. Gerusan

Gerusan merupakan fenomena alam yang akibat erosi terhadap aliran pada dasar dan tebing saluran alluvial, Juga merupakan proses menurunnya atau

semakin dalamnya dasar sungai di bawah elevasi permukaan alami (datum) karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai. Gerusan yang terjadi disekitar pilar adalah akibat sistem pusaran (*vortex system*) yang timbul karena aliran dirintangi pilar tersebut. Aliran mendekati pilar dan tekanan stagnasi akan menurun dan menyebabkan aliran ke bawah (*down flow*) yaitu aliran dari kecepatan tinggi menjadi kecepatan rendah. Kekuatan *down flow* akan mencapai maksimum ketika berada tepat pada dasar saluran (Rahmadani, 2014).

Gerusan merupakan proses alam yang mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan di daerah aliran air. Penambahan gerusan akan terjadi ketika ada perubahan setempat dari geometri sungai seperti karakteristik tanah dasar setempat dan adanya halangan pada air sungai berupa bangunan sungai. Adanya halangan tersebut akan menyebabkan perubahan pola aliran yang mengakibatkan terjadinya gerusan lokal disekitar bangunan tersebut. Perubahan pola aliran yang mengakibatkan terjadi karena adanya halangan pada aliran sungai tersebut berupa bangunan sungai seperti pilar dan abutmen jembatan, krib sungai, pintu air dan sebagainya. Bangunan semacam ini dipandang dapat merubah geometri alur pada pola aliran yang selanjutnya diikuti gerusan lokal di sekitar bangunan (Legono, 1990 dalam Wardani, 2018).

a. Jenis Gerusan

Menurut Legono (1990) dalam Wardani (2018), gerusan dibedakan menjadi:

1. Gerusan umum di alur sungai, gerusan ini tidak berkaitan sama sekali dengan terdapat atau tidaknya bangunan sungai. Gerusan ini disebabkan oleh energi dari aliran sungai,

2. Gerusan terlokalisir di alur sungai, terjadi karena penyempitan alur sungai, sehingga aliran menjadi lebih terpusat.
3. Gerusan lokal disekitar bangunan, terjadi karena pola aliran lokal disekitar bangunan sungai. Garde dan Raju (1977) dalam Nasution (2017) memaparkan bahwa gerusan lokal terjadi akibat adanya turbulensi air yang disebabkan terganggunya aliran baik besar maupun arahnya, sehingga menyebabkan hanyutnya material-material dasar atau tebing sungai. Turbulensi disebabkan oleh berubahnya kecepatan terhadap tempat, waktu dan keduanya. Gerusan lokal pada material dasar dapat terjadi secara langsung oleh kecepatan aliran sedemikian rupa sehingga daya tahan material terlampaui. Secara teoritik tegangan geser yang terjadi lebih besar dari tegangan geser kritis dari butiran dasar.

C. Ambang

1. Definisi Ambang

Secara teoritis, ambang merupakan salah satu jenis bangunan air yang dapat digunakan untuk menaikkan tinggi muka air dan untuk menentukan debit aliran (Triatmodjo, 1996). Pada umumnya, aliran air yang melewati suatu tempat harus diketahui sifat dan karakteristiknya jika dalam penerapannya hendak merancang bangunan air. Berdasarkan hal tersebut, pengetahuan mengenai ambang sangat diperlukan dalam merencanakan bangunan air untuk distribusi ataupun pengaturan sungai.

Bangunan ambang banyak digunakan dalam saluran terbuka dan berfungsi untuk mengendalikan tinggi muka air di bagian hulu serta dapat digunakan untuk

mengukur debit aliran. Berdasarkan dua hal yang dijabarkan tersebut maka ambang dapat digunakan sebagai penghambat/rintangan yang membantu terciptanya kondisi energi minimum dalam suatu aliran.

Ketika terjadi banjir, ambang yang berada pada suatu saluran dapat berhenti berfungsi sebagai bangunan pengendali, dimana muka air di sebelah hilir meninggi dan menenggelamkan ambang tersebut. Perubahan geometri aliran air yang tinggi akhirnya menyebabkan tidak tercapainya kondisi energi minimum, yang dinyatakan melalui perbandingan antara kedalaman di hilir dan di hulu.

2. Ambang Lebar dan Ambang Tajam

a. Ambang Lebar

Alat ukur ambang lebar merupakan salah satu bangunan aliran atas atau biasa disebut *over flow*. Pada model ambang lebar ini, tinggi energi yang terdapat pada hulu aliran lebih kecil daripada panjang mercu itu sendiri. Syarat peluap dapat dikatakan sebagai ambang lebar apabila :

$$t > 0,66 H \dots \dots \dots (8)$$

b. Ambang Tajam

Alat ukur ambang tajam merupakan salah satu bangunan pengukur debit yang sering sekali ditemukan di saluran-saluran irigasi ataupun laboratorium hidraulika. Syarat peluap dapat dikatakan sebagai ambang tajam apabila :

$$t < 0,5 H \dots \dots \dots (9)$$

Namun, jika dalam penerapannya ditemukan persamaan dari tebal peluap sebesar :

$$0,5 H < t < 0,6 H \dots \dots \dots (10)$$

dimana :

t = Tebal Ambang

H = Tinggi Muka Air terhadap Ambang

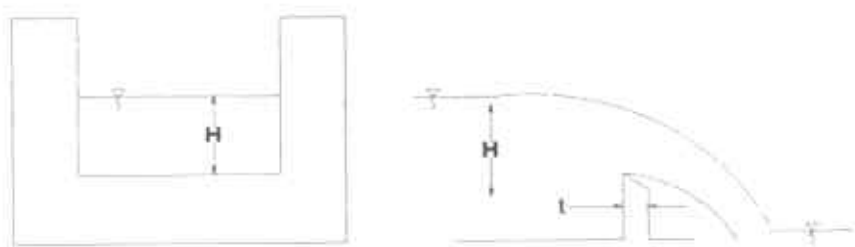
Maka aliran tersebut dapat dikategorikan sebagai aliran yang tidak stabil, sehingga dapat terjadi kondisi aliran melalui peluap ambang tipis ataupun ambang lebar (Triatmodjo, 1996).

Secara garis besar, fungsi dari kedua ambang tersebut kurang lebih sama mengingat ambang dapat digunakan sebagai model untuk aplikasi dalam perancangan bangunan pelimpah di suatu waduk dan bendungan. Selain itu, bentuk ambang dari kedua model ini termasuk bentuk yang sederhana untuk meninggikan muka air.

Perbedaan bentuk fisik dari ambang lebar dan ambang tajam dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3 dibawah ini :



Gambar 2. Aliran Melalui Ambang Lebar
(Sumber : Triatmodjo, 1996)



Gambar 3. Aliran Melalui Ambang Tajam
(Sumber : Triatmodjo, 1996)

3. Ambang Bertangga

Ambang bertangga merupakan modifikasi saluran peluncur dengan membuat beberapa tangga dari lokasi dekat puncak ambang sampai kaki di hilir ambang. Tujuan utama dari ambang bertangga adalah meningkatkan peredaman energi karena masuknya udara pada dasar aliran semu (*pseudo bottom*) dan mengurangi kelebihan energi kinetik yang terjadi pada saluran lancar.

Pada ambang bertangga, kecepatan aliran berkurang karena peredaman yang diakibatkan oleh anak-anak tangga. Tangga bertindak seperti bangunan terjun kecil yang ditempatkan secara berseri dan tiap tangga juga bertindak sebagai peredam energi kecil bagi tangga sebelumnya.

Keuntungan dari bendung bertangga adalah kemudahan konstruksi, pengurangan potensi resiko kavitasi, dan pengurangan dimensi kolam penenang di bagian hilir kaki bendung karena peredaman energi yang signifikan di sepanjang saluran (Otto, 2006).

Pada ambang bertangga dengan kondisi aliran tenggelam, aliran yang melimpas pada anak-anak tangga berkembang dan berputar membentuk pusaran air pada sumbu horizontal di bawah dasar saluran semu dengan dibatasi ujung tangga. Pusaran air tersebut membawa turbulensi tegangan geser antara aliran utama dengan pusaran aliran di bawah tangga. Hambatan aliran adalah jumlah hambatan permukaan dan hambatan dari pengaruh struktur tangga. Estimasi hambatan aliran ini diperlukan dalam memperhitungkan kehilangan energi akibat gesekan.

Faktor gesekan pada ambang bertangga mempengaruhi tingkat kehilangan energi. Semakin tinggi faktor gesekan, maka kecepatan aliran semakin berkurang. Kecepatan aliran yang berkurang mengakibatkan konsentrasi udara menurun. Konsentrasi udara pada aliran yang menurun akan mengakibatkan energi kinetik juga menurun. Energi kinetik yang menurun akan mengakibatkan peredaman energi yang lebih tinggi. Sehingga pengurangan resiko kavitasi pada bendung bertangga dapat diatasi jika kecepatan yang melimpas pada saluran ambang bertangga adalah rendah.

Chanson, 1989 telah melaksanakan eksperimen pada model bangunan pelimpah yang terbuat dari beton menunjukkan bahwa konsentrasi udara sebesar 1% - 2% dapat mengurangi erosi karena kavitasi, sedangkan pada konsentrasi udara antara 5% - 7% erosi dapat dihentikan sama sekali. Chanson (1989) selanjutnya mengatakan bahwa masuknya udara dari atmosfer ke dalam tubuh aliran sehingga mencapai dasar aliran >7% dapat mencegah dasar bangunan pelimpah dari kejadian kavitasi.

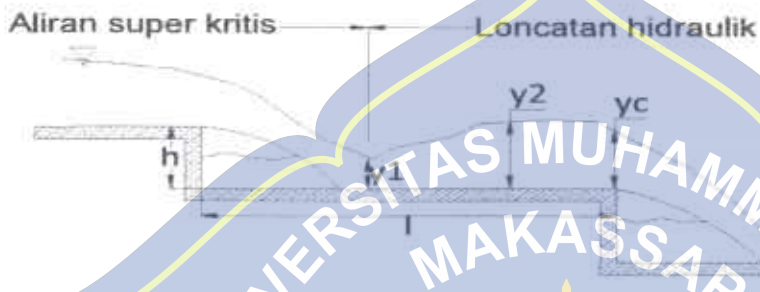
Penelitian yang dilakukan oleh (Matos 2000) dan (Boes & Hager 2003), menunjukkan bahwa konsentrasi udara rata-rata pada titik pemasukan udara untuk bendung bertangga mencapai 20% – 26%. Sehingga bisa disimpulkan pula bahwa konsentrasi udara yang tinggi pada bendung bertangga juga salah satu cara dalam mengurangi resiko kavitasi.

4. Regim Aliran pada Bendung Bertangga

Menurut Khatsuria 2005) aliran yang melimpas pada bendung dengan permukaan hilir bertangga diklasifikasikan menjadi tiga tipe, yaitu aliran bebas

(*nappe flow*), aliran transisi (*transition flow*) dan aliran tenggelam (*skimming flow*). Sebagaimana gambar a, b, c, dan d pada gambar 4.

a. Aliran bebas dengan loncatan hidraulik berkembang penuh



b. Aliran bebas dengan loncatan hidraulik berkembang sebagian



c. Aliran transisi



d. Aliran tenggelam



Gambar 4. Regime aliran di peluncur Bendung Bertangga, Khatsuria, 2005 dalam krisnayanti Sri Denik, 2016

Aliran bebas ditandai oleh serangkaian aliran yang jatuh bebas menimpa pada tangga di bawahnya dan diikuti oleh sebuah loncatan hidraulik sempurna atau sebagian. Kondisi ini berlaku untuk debit kecil atau bendung dengan kemiringan hilir yang relatif datar.

Aliran transisi terjadi karena meningkatnya debit air sehingga rongga udara terbentuk di bawah aliran bebas yang jatuh pada anak tangga berikutnya dengan pancaran air yang kuat melimpas pada ujung tangga mendekati kondisi stagnasi. Regim ini ditandai dengan aerasi yang signifikan, percikan air, dan permukaan aliran yang turbulen.

Dalam aliran tenggelam, air mengalir melalui permukaan bertangga sebagai suatu aliran yang tidak terputus. Di bagian hulu dekat puncak, alirannya nampak halus dan tidak terjadi pemasukan udara, namun di bagian hilirnya karakteristik aliran sebagian besar mengandung udara dan terjadi pusaran air yang kuat di setiap kaki tangga. Oleh karena itu peredaman energinya sebagian besar ditentukan oleh perpindahan momentum antara aliran utama dan putaran air yang terjebak di antara tangga. Semakin tinggi kecepatan aliran, maka titik pemasukan

udara akan mendekati hilir kaki bendung. Hal ini menjadi rawan terhadap resiko kavitas.



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, yang dilakukan selama menerus.

B. Metode Pengambilan Data

Pada penelitian ini akan dilakukan dengan membuat pemodelan fisik di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

C. Model flume

Penelitian ini menggunakan flume yang mempunyai bentuk penampang persegi panjang dengan panjang saluran = 339 cm, dan lebar saluran = 27,9 cm, tinggi saluran 29 cm.



Gambar 5. Model flume dengan penampang berbentuk persegi Panjang

D. Model Ambang Lebar

Penelitian ini menggunakan model ambang lebar dengan tinggi ambang 12 cm panjang atas 15 cm, panjang ambang 30 cm. Ambang diletakkan di tengah saluran.



Gambar 6. Model Ambang lebar

E. Model Ambang Bertangga

Penelitian ini menggunakan 3 variasi ambang berbentuk tangga dengan tinggi ambang = 12 cm, lebar ambang = 30 cm dan dengan ukuran anak tangga yang bervariasi di antaranya

Ambang bertangga variasi 1 : tinggi anak tangga = 1 cm dan 2 cm, panjang anak tangga = 3 cm

Ambang bertangga variasi 2 : tinggi anak tangga = 2 cm dan 3 cm, panjang anak tangga = 3 cm

Ambang bertangga variasi 3 : tinggi anak tangga = 3 cm, panjang anak tangga = 3 cm



F. Alat dan Bahan

Pada umumnya, alat, bahan, dan model penelitian yang digunakan dalam menunjang penelitian adalah sebagai berikut :

1. Alat yang digunakan pada penelitian ini :

- a) Flowwatch untuk mengukur kecepatan air.
- b) Stopwatch untuk mengukur waktu yang digunakan dalam pengukuran debit aliran.
- c) Ambang bertangga
- d) Meterans
- e) Mesin air digunakan untuk sirkulasi air.
- f) Kamera digital digunakan untuk merekam atau mengambil gambar pada saat melakukan proses penelitian.
- g) Tabel data untuk mencatat data-data yang di ukur.
- h) Laptop, printer dan scanner digunakan untuk membantu dalam menganalisa data.
- i) Ember
- j) Selang air
- k) Bak penampung air dan bak sirkulasi
- l) Mistar

2. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini.

- a) Air
- b) Viber sebagai bahan ambang

G. Variabel yang digunakan

Sesuai tujuan penelitian ini pengujian model hidraulik dilaksanakan pada model saluran terbuka (flume).

Adapun variable yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel lain diantaranya adalah :
 - a) Kecepatan Aliran (V)
 - b) Waktu (t)
 - c) Tinggi muka air (h)
 - d) Lebar penampang (b)
 - e) Bentuk Ambang.
2. Variabel terikat adalah Variabel yang dipengaruhi variabel lain diantaranya adalah :
 - a) Debit Aliran (Q)
 - b) Froude (Fr)
 - c) Reynold (Re)
 - d) Gerusan (d)

H. Prosedur Penelitian

Dalam prosedur ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Hidupkan mesin air, atur aliran dengan bukaan aliran full
2. Pada setiap percobaan dilakukan 5 kali running
3. Amati saat dimana air meluncur dari pelimpah bagaimana bentuk aliran dari meluncur sampai menuju ke hilir saluran.

4. Ukur kedalaman aliran dan kecepatan aliran di saat running.
5. Mengukur perubahan dasar saluran yang terjadi pada hilir saluran.
6. Lakukan proses pengambilan data pada setiap bangunan bentuk ambang bertangga.
7. Mencatat data-data penelitian yang perlu di perhitungkan
8. Analisis data dari hasil pengamatan laboratorium yang telah dilakukan.

I. Metode Analisa Data

Data dari hasil pengamatan Laboratorium kemudian diolah sebagai bahan analisis hasil kajian sesuai dengan tujuan dan sasaran penelitian. Data yang diolah adalah data yang relevan yang dapat mendukung dalam menganalisis hasil penelitian, antara lain :

1. Data debit Q (m^3/det)
2. Kecepatan aliran (m/det)
3. Bilangan Reynolds (Re)
4. Bilangan Froude (Fr)

J. Flow Chart Penelitian



Gambar 10. Flowchart penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa tujuan dari penelitian ini adalah analisis pengaruh variasi ambang bertangga terhadap karakteristik aliran dihilir ambang dan mengetahui pengaruh perubahan dasar saluran menggunakan ambang bertangga dan ambang lebar.

B. Perhitungan Debit (Q)

Untuk menentukan Debit aliran, dengan menggunakan persamaan Thompson pada penelitian ini dilakukan pengukuran sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Perhitungan Debit Aliran

Tinggi Air Pada Pelimpah (H)	Waktu (t)	Volume (V)	Debit Hitung (Q)		Cd
(m)	(det)	(m ³)	(m ³ /det)	(l/det)	
0,068	97,87	0,0228	0,000233	0,2330	0,193
0,07	93,72		0,000243	0,2433	0,188
0,075	90,85		0,000251	0,2510	0,163
			Rata-rata Cd		0,181

$$Q_1 = \frac{8}{15} C_d \tan \frac{\theta}{2} \sqrt{2g} H^{5/2}$$

$$Q_1 = \frac{8}{15} C_d \tan \frac{90}{2} \sqrt{2 \cdot 9.81} \cdot 0.068^{5/2} = 0,001206$$

$$C_d = \frac{0.00023}{0.01206} \quad C_d = 0,193$$

$$Q_2 = \frac{8}{15} C_d \tan \frac{\theta}{2} \sqrt{2g} H^{5/2}$$

$$Q_2 = \frac{8}{15} C_d \tan \frac{90}{2} \sqrt{2 \cdot 9.81} \cdot 0.07^{5/2} = 0,001296$$

$$C_d = \frac{0,000243}{0,001296} \quad C_d = 0,188$$

$$Q_3 = \frac{8}{15} C_d \tan \frac{\theta}{2} \sqrt{2g} H^{5/2}$$

$$Q_3 = \frac{8}{15} C_d \tan \frac{90}{2} \sqrt{2 \cdot 9.81} \cdot 0.075^{5/2} = 0,001540$$

$$C_d = \frac{0,000251}{0,001540} \quad C_d = 0,163$$

Menentukan debit pengaliran

$$Q_1 = \frac{8}{15} \cdot 0,193 \tan \frac{\theta}{2} \sqrt{2g} H^{5/2}$$

$$Q_1 = \frac{8}{15} \cdot 0,193 \tan \frac{90}{2} \sqrt{2 \cdot 9.81} \cdot 0.068^{5/2}$$

$$Q_1 = 0,000233 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q_2 = \frac{8}{15} \cdot 0,188 \tan \frac{\theta}{2} \sqrt{2g} H^{5/2}$$

$$Q_2 = \frac{8}{15} \cdot 0,188 \tan \frac{90}{2} \sqrt{2 \cdot 9.81} \cdot 0,07^{5/2}$$

$$Q_2 = 0,000243 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q_3 = \frac{8}{15} \cdot 0,163 \tan \frac{\theta}{2} \sqrt{2g} H^{5/2}$$

$$Q_3 = \frac{8}{15} \cdot 0,163 \tan \frac{90}{2} \sqrt{2 \cdot 9.81} \cdot 0,075^{5/2}$$

$$Q_3 = 0,000251 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

a. Validasi Debit (Q) Untuk Aliran Menggunakan Ambang

Adapun validasi debit yang di gunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil validasi debit aliran menggunakan Ambang Lebar

Variasi Debit	Jarak (L)	Lebar Dasar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (h)	Kecepatan Aliran (v)	Luas Penampang (A)	Debit Aliran (Q)
	(cm)					
Q1 (0,000233)	5	0.279	0,023	0,7	0,006	0,0042
	10		0,023	0,7	0,006	0,0042
	15		0,023	0,6	0,006	0,0036
	20		0,023	0,6	0,006	0,0036
	25		0,023	0,6	0,006	0,0036
Q2 (0,000243)	5	0.279	0,019	1,6	0,005	0,008
	10		0,019	1,5	0,005	0,0075
	15		0,023	1,4	0,006	0,0084
	20		0,023	1,4	0,006	0,0084
	25		0,023	1,4	0,006	0,0084
Q3 (0,000251)	5	0.279	0,019	2,1	0,005	0,0105
	10		0,019	2	0,005	0,010
	15		0,019	1,9	0,005	0,0095
	20		0,019	1,9	0,005	0,0095
	25		0,019	1,8	0,005	0,009

Tabel 4. Hasil validasi debit aliran menggunakan Ambang Bertangga Variasi 1

Variasi Debit	Jarak (L)	Lebar Dasar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (h)	Kecepatan Aliran (v)	Luas Penampang (A)	Debit Aliran (Q)
	(cm)					
1	2	3	4	5	6	7
Q1 (0,000233)	5	0.279	0,026	0,6	0,007	0,0042
	10		0,026	0,6	0,007	0,0042
	15		0,030	0,5	0,008	0,004
	20		0,030	0,5	0,008	0,004
	25		0,030	0,5	0,008	0,004

1	2	3	4	5	6	7
Q2 (0,000243)	5	0,279	0,023	1,3	0,006	0,0078
	10		0,023	1,3	0,006	0,0078
	15		0,026	1,2	0,007	0,0084
	20		0,026	1,2	0,007	0,0084
	25		0,026	1,2	0,007	0,0084
Q3 (0,000251)	5	0,279	0,019	2	0,005	0,010
	10		0,021	1,9	0,006	0,011
	15		0,023	1,8	0,006	0,0108
	20		0,023	1,8	0,006	0,0108
	25		0,023	1,7	0,006	0,0102

Tabel 5. Hasil validasi debit aliran menggunakan Ambang Berlangga Variasi 2

Variasi Debit	Jarak (L) (cm)	Lebar Dasar Saluran (b) (m)	Tinggi Muka Air (h) (m)	Kecepatan Aliran (v) m/det	Luas Penampang (Δ) (m²)	Debit Aliran (Q) (m³/det)
Q1 (0,001166)	5	0,279	0,026	0,6	0,007	0,0042
	10		0,028	0,5	0,008	0,004
	15		0,036	0,4	0,010	0,004
	20		0,036	0,4	0,010	0,004
	25		0,036	0,4	0,010	0,004
Q2 (0,001562)	5	0,279	0,033	0,9	0,009	0,0081
	10		0,033	0,9	0,009	0,0081
	15		0,036	0,8	0,010	0,008
	20		0,036	0,8	0,010	0,008
	25		0,043	0,7	0,012	0,0084
Q3 (0,001229)	5	0,279	0,023	1,7	0,006	0,010
	10		0,023	1,7	0,006	0,010
	15		0,023	1,6	0,006	0,0096
	20		0,023	1,6	0,006	0,0096
	25		0,023	1,6	0,006	0,0096

Tabel 6. Hasil validasi debit aliran menggunakan Ambang Bertangga Variasi 3

Variasi Debit	Jarak (L)	Lebar Dasar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (h)	Kecepatan Aliran (v)	Luas Penampang (A)	Debit Aliran (Q)
	(cm)		(m)	m/det		(m ³ /det)
Q1 (0,000233)	5	0,279	0,037	0,4	0,01	0,004
	10		0,046	0,3	0,013	0,0039
	15		0,046	0,3	0,013	0,0039
	20		0,046	0,3	0,013	0,0039
	25		0,046	0,3	0,013	0,0039
Q2 (0,000243)	5	0,279	0,033	0,9	0,009	0,0081
	10		0,037	0,8	0,010	0,008
	15		0,043	0,7	0,012	0,0084
	20		0,043	0,7	0,012	0,0084
	25		0,043	0,7	0,012	0,0084
Q3 (0,000251)	5	0,279	0,023	1,6	0,006	0,010
	10		0,027	1,5	0,007	0,011
	15		0,027	1,4	0,007	0,0098
	20		0,027	1,4	0,007	0,0098
	25		0,03	1,3	0,008	0,0104

C. Karakteristik Aliran

1. Hubungan Kecepatan Aliran Dengan Bilangan Froude

Bilangan Froude adalah perbandingan gaya inersia dengan berat suatu aliran. Dengan demikian, bilangan Froude merupakan fungsi dari semua peristiwa pola aliran yang berada dalam saluran. Hal ini bahwa bilangan Froude sangat penting dalam menentukan kondisi aliran pada saat aliran kritis, subkritis, maupun super kritis.

Untuk mengetahui dan menetapkan jenis aliran yang terjadi dalam proses pengaliran dalam saluran dapat dijabarkan berdasarkan dengan bilangan Froude (Fr), sebagai berikut :

Hasil perhitungan bilangan Froude pada berbagai debit yang di gunakan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Froude pada ambang bertangga variasi 1

Debit	Bagian	Kecepatan	Tinggi Muka Air	Fround	Ket
(Q)		(v)	(h)	(Fr)	
(m ³ /det)		(m/det)	(m)		
Q1 (0,000233)	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,087	Subkritis
	Atas Ambang	0,3	0,046	0,447	Subkritis
	Hilir Ambang	0,54	0,028	1,030	Super Kritis
Q2 (0,000243)	Hulu Ambang	0,2	0,146	0,167	Subkritis
	Atas Ambang	0,9	0,034	1,560	Super Kritis
	Hilir Ambang	1,24	0,025	2,504	Super Kritis
Q3 (0,000251)	Hulu Ambang	0,2	0,174	0,153	Subkritis
	Atas Ambang	1,3	0,03	2,396	Super Kritis
	Hilir Ambang	1,84	0,022	3,961	Super Kritis

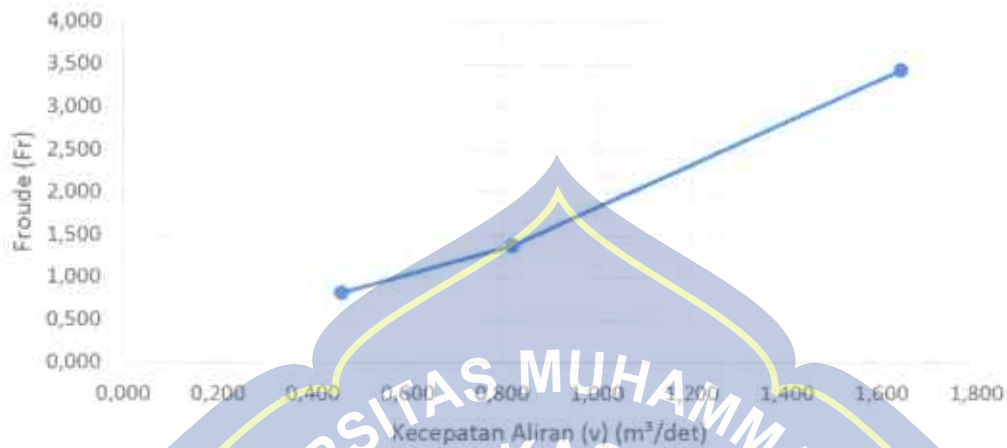


Gambar 11. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir pada Ambang bertangga variasi 1

Pada gambar grafik 11, dapat dilihat perbandingan variasi debit antara kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir saluran pada Ambang bertangga variasi 1. Dimana karakteristik aliran pada debit pertama ($Q_1 = 0,000233$) yaitu super kritis, lalu pada debit kedua ($Q_2 = 0,000243$) adalah super kritis, dan pada debit ketiga ($Q_3 = 0,000251$) adalah super kritis. jadi dapat di ketahui bahwa semakin tinggi debit pada saluran maka nilai Froude dan kecepatan aliran akan semakin besar.

Tabel 8. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Froude pada ambang bertangga variasi 2

Debit	Kecepatan		Tinggi Muka Air		Fround	Ket
(Q)	Bagian	(v)	(h)		(Fr)	
(m ³ /det)		(m/det)	(m)			
Q1 (0,000233)	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,087	Subkritis	
	Atas Ambang	0,3	0,046	0,447	Subkritis	
	Hilir Ambang	0,46	0,032	0,821	SubKritis	
Q2 (0,000243)	Hulu Ambang	0,2	0,149	0,165	Subkritis	
	Atas Ambang	0,9	0,034	1,558	Super Kritis	
	Hilir Ambang	0,82	0,036	1,380	Super Kritis	
Q3 (0,000251)	Hulu Ambang	0,2	0,153	0,163	Subkritis	
	Atas Ambang	1,3	0,03	2,396	Super Kritis	
	Hilir Ambang	1,64	0,023	3,453	Super Kritis	



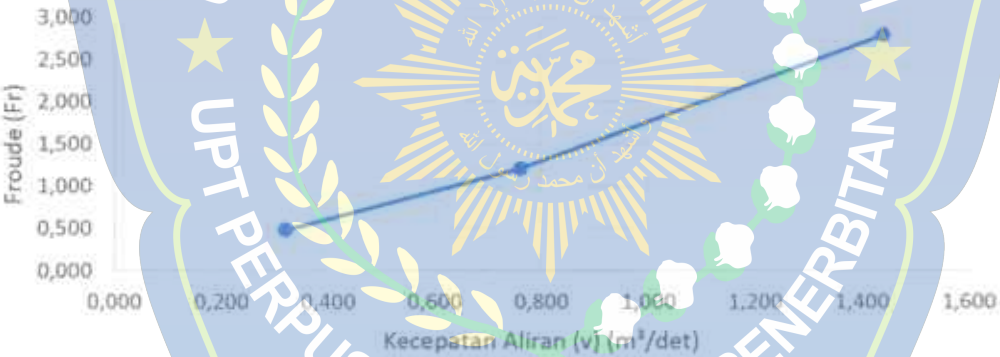
Gambar 12. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir pada Ambang bertangga variasi 2

Pada gambar grafik 12, dapat dilihat perbandingan variasi debit antara kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir saluran pada Ambang bertangga variasi 2. Dimana karakteristik aliran pada debit pertama ($Q_1 = 0,000233$) yaitu sub kritis, lalu pada debit kedua ($Q_2 = 0,000243$) adalah super kritis, dan pada debit ketiga ($Q_3 = 0,000251$) adalah super kritis, jadi dapat di ketahui bahwa semakin tinggi debit pada saluran maka nilai Froude dan kecepatan aliran akan semakin besar.

Tabel 9. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Froude pada ambang bertangga variasi 3

Debit	Bagian	Kecepatan	Tinggi Muka Air	Froude	Ket
(Q)		(v)	(h)	(Fr)	
(m ³ /det)		(m/det)	(m)		
1	2	3	4	5	6
Q1 (0,000233)	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,087	Subkritis
	Atas Ambang	0,3	0,046	0,447	Subkritis
	Hilir Ambang	0,32	0,044	0,487	Sub Kritis

1	2	3	4	5	6
Q2 (0,000243)	Hulu Ambang	0,2	0,149	0,165	Subkritis
	Atas Ambang	0,9	0,033	1,582	Super Kritis
	Hilir Ambang	0,76	0,040	1,213	Super Kritis
Q3 (0,000251)	Hulu Ambang	0,2	0,153	0,163	Subkritis
	Atas Ambang	1,3	0,03	2,396	Super Kritis
	Hilir Ambang	1,44	0,027	2,798	Super Kritis



Gambar 13. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir pada Ambang bertangga variasi 3

Pada gambar grafik 13, dapat dilihat perbandingan variasi debit antara kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir saluran pada Ambang bertangga variasi 3. Dimana karakteristik aliran pada debit pertama ($Q_1= 0,000233$) yaitu sub kritis, lalu pada debit kedua ($Q_2= 0,000243$) adalah super kritis, dan pada debit ketiga ($Q_3= 0,000251$) adalah super kritis. jadi dapat di ketahui bahwa semakin tinggi debit pada saluran maka nilai Froude dan kecepatan aliran akan semakin besar.

Tabel 10. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Froude pada ambang Lebar

Debit	Bagian	Kecepatan	Tinggi Muka Air	Fround	Ket
(Q)		(v)	(h)	(Fr)	
(m ³ /det)		(m/det)	(m)		
Q1 (0,000233)	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,087	Subkritis
	Atas Ambang	0,4	0,037	0,664	Subkritis
	Hilir Ambang	0,64	0,023	1,347	Super Kritis
Q2 (0,000243)	Hulu Ambang	0,2	0,146	0,167	Subkritis
	Atas Ambang	1,1	0,027	2,137	Super Kritis
	Hilir Ambang	1,46	0,021	3,217	Super Kritis
Q3 (0,000251)	Hulu Ambang	0,2	0,175	0,153	Subkritis
	Atas Ambang	1,2	0,029	2,25	Super Kritis
	Hilir Ambang	1,94	0,019	4,494	Super Kritis

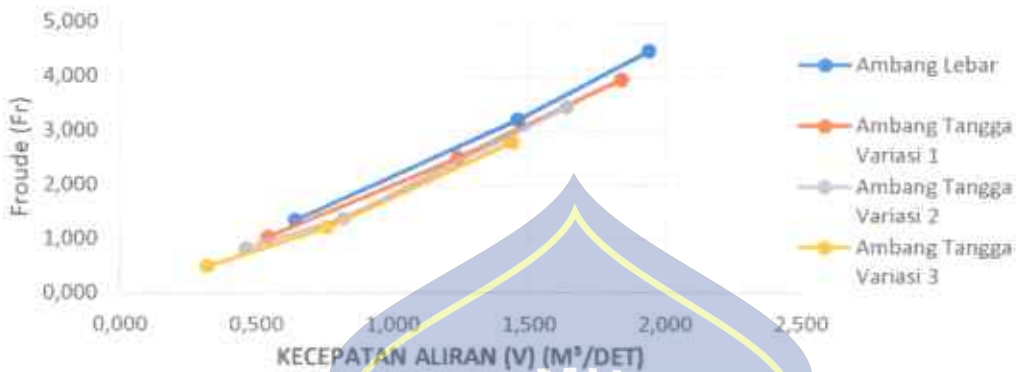


Gambar 14. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir pada Ambang lebar

Pada gambar grafik 14, dapat dilihat perbandingan variasi debit antara kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir saluran pada Ambang bertangga variasi 3. Dimana karakteristik aliran pada debit pertama ($Q_1 = 0,000233$) yaitu super kritis, lalu pada debit kedua ($Q_2 = 0,000243$) adalah super kritis, dan pada debit ketiga ($Q_3 = 0,000251$) adalah super kritis. jadi dapat di ketahui bahwa semakin tinggi debit pada saluran maka nilai Froude dan kecepatan aliran akan semakin besar.

Tabel 11. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir pada Ambang Lebar dan ambang bertangga variasi 1, 2, dan 3

Uraian	Kecepatan Aliran	Tinggi Muka Air	Froude	Ket
	(m/dtk)	m	(Fr)	
	v	h		
Ambang Bertangga Variasi 1	0,54	0,028	1,030	Super Kritis
	1,24	0,025	2,504	Super Kritis
	1,84	0,022	3,961	Super Kritis
Ambang Bertangga Variasi 2	0,46	0,032	0,821	Sub Kritis
	0,82	0,036	1,380	Super Kritis
	1,64	0,023	3,453	Super Kritis
Ambang Bertangga Variasi 3	0,32	0,044	0,487	Sub Kritis
	0,76	0,04	1,213	Super Kritis
	1,44	0,027	2,798	Super Kritis
Ambang Lebar	0,64	0,023	1,347	Super Kritis
	1,46	0,021	3,217	Super Kritis
	1,94	0,019	4,494	Super Kritis



Gambar 15. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Froude di hilir pada Ambang Lebar dan ambang bertangga variasi 1, 2, dan 3.

Pada gambar grafik 15, dapat dilihat perbandingan nilai Froude di hilir pada ambang lebar dan ambang bertangga variasi 1, 2, dan 3. Dimana bilangan Froude terkecil terjadi pada Ambang bertangga variasi 3 debit pertama (Q1) dengan nilai Froude 0,487, sedangkan bilangan Froude terbesar terjadi pada Ambang lebar debit ketiga (Q3) dengan nilai Froude 4,494.

2. Hubungan Kecepatan Aliran Dengan Bilangan Reynold

Keadaan aliran pada saluran terbuka ditentukan oleh pengaruh kekentalan dan gravitasi. Pengaruh kekentalan (viscosity) aliran dapat bersifat laminar, turbulen dan transisi. Peralitran yang tergantung pada pengaruh kekentalan relatif dapat dinyatakan dengan bilangan Reynold yang di definisikan sebagai berikut:

Tabel 12. Viskosinasi kinematis sebagai hubungan fungsi suhu

T	0	5	10	15	20	25	30	35	40	(°)
(M)	1,75	1,52	1,31	1,14	1,01	0,9	0,8	0,72	0,65	10 ⁻⁶ m ² /det

Sumber : (Mardjiko, 1987)

Tabel 13. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Reynold pada ambang bertangga variasi 1

Debit	Bagian	Kecepatan	Tinggi Muka Air	jari-jari Hidrolik	Reynold	Ket
(Q)		(v)	(h)	(R)	(Re)	
(m ³ /det)		(m/det)	(m)	(m)		
Q1 (0,000233)	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,069	851,9	Laminer
	Atas Ambang	0,3	0,046	0,035	1296,3	Laminer
	Hilir Ambang	0,54	0,028	0,024	1600	Laminer
Q2 (0,000243)	Hulu Ambang	0,2	0,146	0,072	1777,8	Laminer
	Atas Ambang	0,9	0,034	0,026	2888,9	Transisi
	Hilir Ambang	1,24	0,025	0,021	3214,3	Transisi
Q3 (0,000251)	Hulu Ambang	0,2	0,174	0,072	1777,8	Laminer
	Atas Ambang	1,3	0,03	0,024	3851,9	Transisi
	Hilir Ambang	1,84	0,022	0,018	4088,9	Turbulen

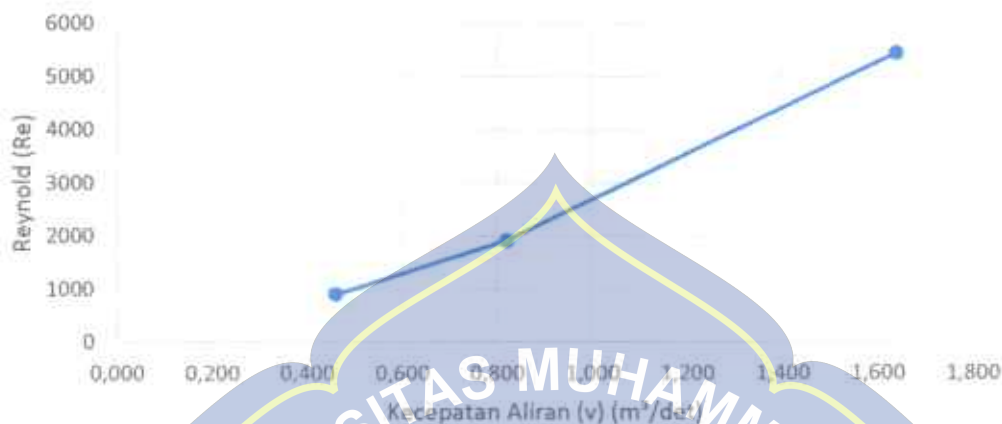


Gambar 16. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Reynold di hilir pada ambang bertangga variasi 1

Pada gambar grafik 16, dapat dilihat perbandingan variasi debit antara kecepatan aliran dengan bilangan reynold di hilir saluran pada Ambang bertangga variasi 1. Dimana karakteristik aliran pada debit pertama ($Q_1 = 0,000233$) yaitu Laminer, lalu pada debit kedua ($Q_2 = 0,000243$) adalah Transisi, dan pada debit ketiga ($Q_3 = 0,000251$) adalah Turbulen. jadi dapat di ketahui bahwa semakin tinggi debit pada saluran maka nilai Reynold dan kecepatan aliran akan semakin besar.

Tabel 14. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Reynold pada ambang bertangga variasi 2

Debit	Bagian	Kecepatan	Tinggi Muka Air	jari-jari Hidrolik	Reynold	Ket
		(v)	(h)	(R)	(Re)	
		(m/det)	(m)	(m)		
Q1 (0,000233)	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,070	864,2	Laminer
	Atas Ambang	0,3	0,046	0,007	259,3	Laminer
	Hilir Ambang	0,46	0,032	0,016	908,6	Laminer
Q2 (0,000243)	Hulu Ambang	0,2	0,149	0,072	1777,8	Laminer
	Atas Ambang	0,9	0,034	0,012	1333,3	Laminer
	Hilir Ambang	0,82	0,036	0,019	1923,5	Laminer
Q3 (0,000251)	Hulu Ambang	0,2	0,153	0,072	1777,8	Laminer
	Atas Ambang	1,3	0,03	0,021	3370,4	Transisi
	Hilir Ambang	1,64	0,023	0,027	5466,7	Turbulen



Gambar 17. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Reynold di hilir pada ambang bertangga variasi 2

Pada gambar grafik 17, dapat dilihat perbandingan variasi debit antara kecepatan aliran dengan bilangan reynold di hilir saluran pada Ambang bertangga variasi 2. Dimana karakteristik aliran pada debit pertama ($Q_1= 0,000233$) yaitu Laminer, lalu pada debit kedua ($Q_2= 0,000243$) adalah Laminer, dan pada debit ketiga ($Q_3= 0,000251$) adalah Turbulen, jadi dapat di ketahui bahwa semakin tinggi debit pada saluran maka nilai Reynold dan kecepatan aliran akan semakin besar.

Tabel 15. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Reynold pada ambang bertangga variasi 3

Debit	Bagian	Kecepatan	Tinggi Muka Air	jari-jari Hidrolik	Reynold	Ket
(Q)		(v)	(h)	(R)	(Re)	
(m ³ /det)		(m/det)	(m)	(m)		
1	2	3	4	5	6	7
Q1 (0,00023)	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,069	851,9	Laminer
	Atas Ambang	0,3	0,046	0,035	1296,3	Laminer
	Hilir Ambang	0,32	0,044	0,035	1382,7	Laminer

1	2	3	4	5	6	7
Q2 (0,000243)	Hulu Ambang	0,2	0,149	0,073	1802,5	Laminer
	Atas Ambang	0,9	0,033	0,026	2888,9	Transisi
	Hilir Ambang	0,76	0,040	0,033	3096,3	Transisi
Q3 (0,000251)	Hulu Ambang	0,2	0,153	0,074	1827,2	Laminer
	Atas Ambang	1,3	0,03	0,024	3851,9	Transisi
	Hilir Ambang	1,44	0,027	0,029	5155,6	Turbulen



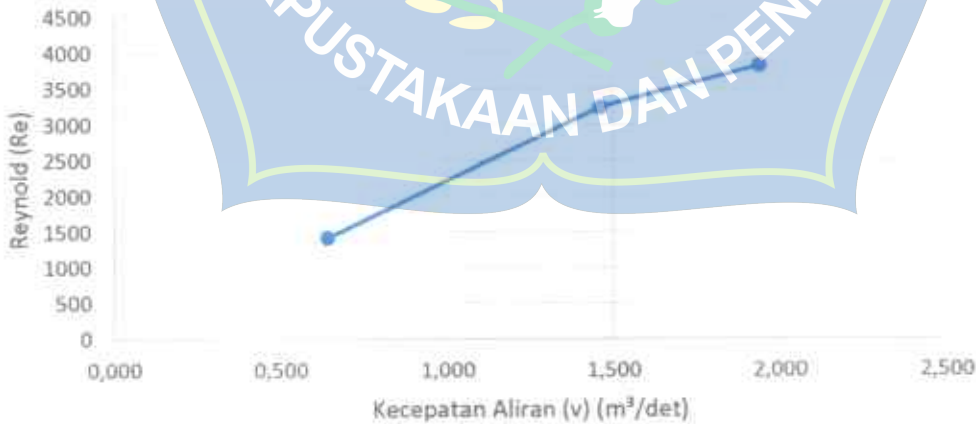
Gambar 18. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Reynold di hilir pada ambang bertangga variasi 3

Pada gambar grafik 18, dapat dilihat perbandingan variasi debit antara kecepatan aliran dengan bilangan reynold di hilir saluran pada Ambang bertangga variasi 3. Dimana karakteristik aliran pada debit pertama ($Q_1= 0,000233$) yaitu Laminer, lalu pada debit kedua ($Q_2= 0,000243$) adalah Transisi, dan pada debit ketiga ($Q_3= 0,000251$) adalah Turbulen. jadi dapat di ketahui bahwa semakin tinggi debit pada saluran maka nilai Reynold dan kecepatan aliran akan semakin besar.

Tabel 16. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Reynold pada ambang Lebar

Debit	Bagian	Kecepatan	Tinggi Muka Air	jari-jari Hidrolik	Reynold	Ket
(Q)		(v)	(h)	(R)	(Re)	
(m ³ /det)		(m/det)	(m)	(m)		
Q1 (0,000233)	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,068	839,5	Laminer
	Atas Ambang	0,4	0,037	0,028	1382,7	Laminer
	Hilir Ambang	0,64	0,023	0,018	1422,2	Laminer
Q2 (0,000243)	Hulu Ambang	0,2	0,146	0,072	1777,8	Laminer
	Atas Ambang	1,1	0,027	0,024	3259	Transisi
	Hilir Ambang	1,46	0,021	0,018	3244,4	Transisi
Q3 (0,000251)	Hulu Ambang	0,2	0,175	0,078	1925,9	Laminer
	Atas Ambang	1,2	0,029	0,024	3555,6	Transisi
	Hilir Ambang	1,94	0,019	0,016	3832,1	Transisi

Sumber : Hasil perhitungan



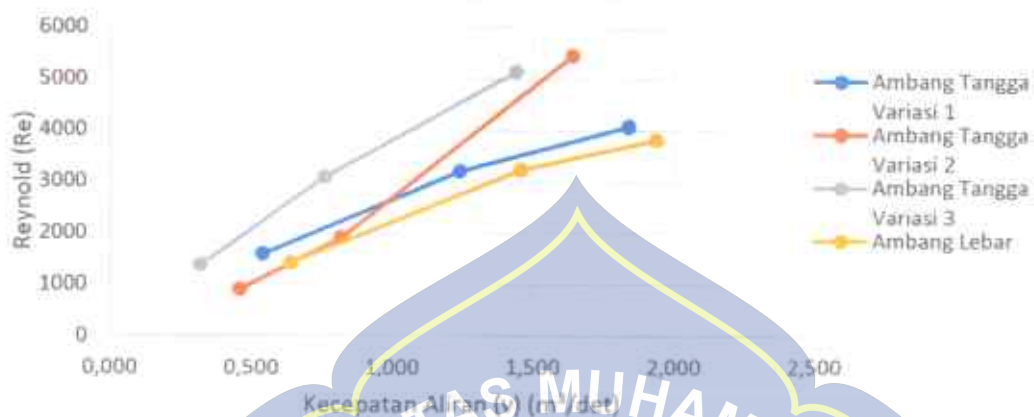
Gambar 19. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Reynold di hilir pada ambang Lebar

Pada gambar grafik 19, dapat dilihat perbandingan variasi debit antara kecepatan aliran dengan bilangan reynold di hilir saluran pada Ambang Lebar.

Dimana karakteristik aliran pada debit pertama ($Q_1= 0,000233$) yaitu Laminer, lalu pada debit kedua ($Q_2= 0,000243$) adalah Transisi, dan pada debit ketiga ($Q_3= 0,000251$) adalah Transisi. jadi dapat di ketahui bahwa semakin tinggi debit pada saluran maka nilai Reynold dan kecepatan aliran akan semakin besar.

Tabel 17. Hubungan kecepatan aliran dengan bilangan Reynold di hilir pada Ambang Lebar dan ambang bertangga variasi 1, 2, dan 3

Uraian	Kecepatan	Tinggi Muka Air	Jari-jari Hidrolik	Reynold	Ket
	(v)	(h)	(R)	(Re)	
	(m/det)	(m)	(m)		
Ambang Bertangga Variasi 1	0,54	0,028	0,024	1600	Laminer
	1,24	0,025	0,021	3214,8	Transisi
	1,84	0,022	0,018	4088,9	Turbulen
Ambang Bertangga Variasi 2	0,46	0,032	0,016	908,6	Laminer
	0,82	0,036	0,019	1923,5	Laminer
	1,64	0,023	0,027	5466,7	Turbulen
Ambang Bertangga Variasi 3	0,32	0,044	0,035	1382,7	Laminer
	0,76	0,04	0,033	3096,3	Transisi
	1,44	0,027	0,029	5155,6	Turbulen
Ambang Lebar	0,64	0,023	0,018	1422,2	Laminer
	1,46	0,021	0,018	3244,4	Transisi
	1,94	0,019	0,016	3832,1	Transisi



Gambar 20. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan bilangan Reynold di hilir pada ambang bertangga variasi 1, 2, dan 3.

Pada gambar grafik 20, dapat dilihat perbandingan nilai Reynold di hilir pada ambang lebar dan ambang bertangga variasi 1, 2, dan 3. Dimana bilangan Reynold terkecil terjadi pada Ambang bertangga variasi 2 debit pertama (Q1) dengan nilai Reynold 908,6, sedangkan bilangan Reynold terbesar terjadi pada Ambang brtangga variasi 2 debit ketiga (Q3) dengan nilai Reynold 5466,7.

3. Hubungan Kecepatan Dengan Jarak

Untuk mengetahui hubungan kecepatan aliran dengan jarak aliran, maka dalam penelitian digunakan lima titik pengukuran, dimana pada setiap titik di ukur menggunakan jarak 5 cm, hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 18. Hubungan kecepatan dan jarak pada Ambang Bertangga Variasi 1

Uraian	Jarak	Kecepatan Aliran	Luas Penampang Basah	Debit
		(m/dtk)	(m²)	(m³/dtk)
	(cm)	V	A	Q(V*A)
1	2	3	4	5
Q1 (0,000233)	5	0,6	0,007	0,0042
	10	0,6	0,007	0,0042
	15	0,5	0,008	0,004
	20	0,5	0,008	0,004
	25	0,5	0,008	0,004

1	2	3	4	5
Q2 (0,000243)	5	1,3	0,006	0,0078
	10	1,3	0,006	0,0078
	15	1,2	0,007	0,0084
	20	1,2	0,007	0,0084
	25	1,2	0,007	0,0084
Q3 (0,000251)	5	2,0	0,005	0,010
	10	1,9	0,006	0,0114
	15	1,8	0,006	0,0108
	20	1,8	0,006	0,0108
	25	1,7	0,006	0,0102

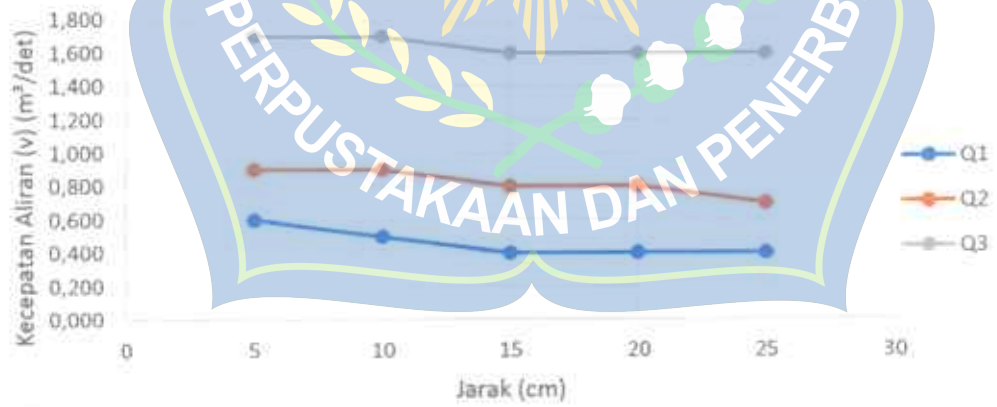


Gambar 21. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan jarak di hilir pada Ambang bertangga variasi 1.

Pada gambar grafik 21, dapat dilihat perbandingan kecepatan aliran dengan jarak di hilir. Dimana kecepatan aliran rata-rata pada debit pertama (Q1) yaitu $0,54 \text{ m}^3/\text{det}$ lalu kecepatan rata-rata pada debit kedua (Q2) adalah $1,24 \text{ m}^3/\text{det}$ dan kecepatan rata-rata debit ketiga (Q3) adalah $1,84 \text{ m}^3/\text{det}$.

Tabel 19. Perhitungan debit aliran pada Ambang Bertangga Variasi 2

Uraian	Jarak	Kecepatan Aliran	Luas Penampang Basah	Debit
	(cm)	(m/dtk) V	(m ²) A	(m ³ /dtk) Q(V*A)
Q1 (0,000233)	5	0,6	0,007	0,0042
	10	0,5	0,008	0,004
	15	0,4	0,010	0,004
	20	0,4	0,010	0,004
	25	0,4	0,010	0,004
Q2 (0,000243)	5	0,9	0,009	0,0081
	10	0,9	0,009	0,0081
	15	0,8	0,010	0,008
	20	0,8	0,010	0,008
	25	0,7	0,012	0,0084
Q3 (0,000251)	5	1,7	0,006	0,0102
	10	1,7	0,006	0,0102
	15	1,6	0,006	0,0096
	20	1,6	0,006	0,0096
	25	1,6	0,006	0,0096



Gambar 22. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan jarak di hilir pada Ambang bertangga variasi 2.

Pada gambar grafik 22, dapat dilihat perbandingan kecepatan aliran dengan jarak di hilir. Dimana kecepatan aliran rata-rata pada debit pertama (Q1) yaitu 0,46 m³/det lalu kecepatan rata-rata pada debit kedua (Q2) adalah 0,82 m³/det dan kecepatan rata-rata debit ketiga (Q3) adalah 1,64 m³/det.

Tabel 20. Perhitungan debit aliran pada Ambang Bertangga Variasi 3

Uraian	Jarak	Kecepatan Aliran	Luas Penampang Basah	Debit
		(m/dtk)	(m ²)	(m ³ /dtk)
	(cm)	V	A	Q(V*A)
Q1 (0,000233)	5	0,4	0,010	0,004
	10	0,3	0,013	0,0039
	15	0,3	0,013	0,0039
	20	0,3	0,013	0,0039
	25	0,3	0,013	0,0039
Q2 (0,000243)	5	0,9	0,009	0,0081
	10	0,8	0,010	0,008
	15	0,7	0,012	0,0084
	20	0,7	0,012	0,0084
	25	0,7	0,012	0,0084
Q3 (0,000251)	5	1,6	0,006	0,0096
	10	1,5	0,007	0,0105
	15	1,4	0,007	0,0098
	20	1,4	0,007	0,0098
	25	1,3	0,008	0,0104



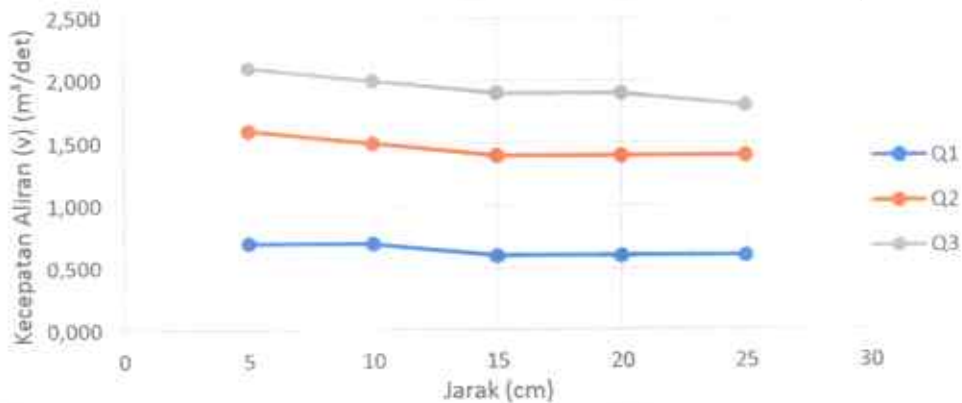
Gambar 23. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan jarak di hilir pada Ambang bertangga variasi 3.

Pada gambar grafik 23, dapat dilihat perbandingan kecepatan aliran dengan jarak di hilir. Dimana kecepatan aliran rata-rata pada debit pertama (Q1) yaitu 0,32 m³/det lalu kecepatan rata-rata pada debit kedua (Q2) adalah 0,76 m³/det dan kecepatan rata-rata debit ketiga (Q3) adalah 1,44 m³/det.

Tabel 21. Perhitungan debit aliran pada Ambang lebar

Uraian	Jarak	Kecepatan Aliran	Luas Penampang Basah	Debit
	(cm)	(m/dtk)	(m ²) A	(m ³ /dtk) Q(V*A)
Q1 (0,000233)	5	0,7	0,006	0,0042
	10	0,7	0,006	0,0042
	15	0,6	0,006	0,0036
	20	0,6	0,006	0,0036
	25	0,6	0,006	0,0036
Q2 (0,000243)	5	1,6	0,005	0,008
	10	1,5	0,005	0,0075
	15	1,4	0,006	0,0084
	20	1,4	0,006	0,0084
	25	1,4	0,006	0,0084
Q3 (0,000251)	5	2,1	0,005	0,0105
	10	2,0	0,005	0,010
	15	1,9	0,005	0,0095
	20	1,9	0,005	0,0095
	25	1,8	0,005	0,009

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 24. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan jarak di hilir pada Ambang Lebar.

Pada gambar grafik 24, dapat dilihat perbandingan kecepatan aliran dengan jarak di hilir. Dimana kecepatan aliran rata-rata pada debit pertama (Q1) yaitu $0,64 \text{ m}^3/\text{det}$ lalu kecepatan rata-rata pada debit kedua (Q2) adalah $1,46 \text{ m}^3/\text{det}$ dan kecepatan rata-rata debit ketiga (Q3) adalah $1,94 \text{ m}^3/\text{det}$.

4. Kedalaman Aliran

Kedalaman aliran diukur pada saat pengaliran air, untuk penelitian ini digunakan tiga variasi kedalaman air sesuai dengan tiga variasi debit yang diberikan. Untuk memperoleh nilai kedalaman air yang terjadi, dilakukan pengukuran pada penampang saluran yang stabil. Untuk penelitian ini telah diperoleh kedalaman aliran untuk setiap percobaan yang dilakukan.

5. Klasifikasi Aliran

Aliran air pada bilangan Froude dan bilangan Reynold, hasil perhitungan bilangan Froude dan bilangan Reynold dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 22. Hasil perhitungan bilangan Reynold dan bilangan Froude pada Ambang Berbagai Variasi I

Uraian	Bagian	Q (m ³ /dtk)	kec. Aliran (m/dtk)	Tinggi muka air (m)	Lebar Saluran (m)	Luas Perampang (A) (m ²)	Kelling basah (P) (m)	Jari-jari hidrolis (R) (m)	Reynold (Re)	Froude (Fr)	Keterangan	
											Reynold	Froude
Q1 (0,000233)	Hulu Ambang	0,0038	0,1	0,136	0,279	0,038	0,551	0,069	851,9	0,087	Laminar	Subkritis
	Atas Ambang	0,0039	0,3	0,046	0,279	0,013	0,371	0,085	1296,3	0,447	Laminar	Subkritis
	Hilir Ambang	0,0041	0,54	0,028	0,279	0,0076	0,335	0,024	1600	1,090	Laminar	Super Kritis
Q2 (0,000243)	Hulu Ambang	0,0082	0,2	0,146	0,279	0,041	0,571	0,072	1777,8	0,157	Laminar	Subkritis
	Atas Ambang	0,0081	0,9	0,034	0,279	0,009	0,347	0,026	2888,9	1,560	Transisi	Super Kritis
	Hilir Ambang	0,0082	1,24	0,025	0,279	0,0066	0,329	0,02	3214,8	2,504	Transisi	Super Kritis
Q3 (0,000251)	Hulu Ambang	0,0098	0,2	0,174	0,279	0,049	0,627	0,072	1777,8	0,153	Laminar	Subkritis
	Atas Ambang	0,0104	1,3	0,030	0,279	0,008	0,339	0,024	3851,9	2,396	Transisi	Super Kritis
	Hilir Ambang	0,0106	1,84	0,022	0,279	0,0058	0,323	0,018	4088,9	3,961	Turbulen	Super Kritis

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 23. Hasil perhitungan bilangan Reynold dan bilangan Froude pada Ambang Bertangga Variasi 2

Uraian	Bagian	Q	kec. Aliran (m/dtk)	Tinggi muka air (m)	Lebar Saluran (m)	Luas Penampang (A)		Keliling basah (P)		Jari-jari hidrolis (R)		Reynold (Re)	Froude (Fr)	Keterangan	
		(m ³ /dtk)				(m ²)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)				
Q1 (0.000233)	Hulu Ambang	0,0038	0,1	0,136	0,279	0,038	0,551	0,371	0,007	0,07	864,2	0,087	Reynold	Froude	
	Atas Ambang	0,0039	0,3	0,046	0,279	0,013	0,371	0,371	0,007	0,07	259,3	0,447	Laminer	Subkritis	
	Hilir Ambang	0,004	0,46	0,032	0,279	0,009	0,343	0,343	0,016	0,016	908,6	0,821	Laminer	Subkritis	
Q2 (0.000243)	Hulu Ambang	0,0062	0,2	0,149	0,279	0,041	0,577	0,577	0,072	0,072	1777,8	0,165	Laminer	Subkritis	
	Atas Ambang	0,0081	0,9	0,034	0,279	0,009	0,347	0,347	0,012	0,012	1333,3	1,558	Laminer	Super Kritis	
	Hilir Ambang	0,0081	0,82	0,036	0,279	0,010	0,351	0,351	0,049	0,049	1923,5	1,380	Laminer	Super Kritis	
Q3 (0.000251)	Hulu Ambang	0,0098	0,2	0,153	0,279	0,019	0,585	0,585	0,072	0,072	1777,8	0,163	Laminer	Subkritis	
	Atas Ambang	0,0104	1,3	0,030	0,279	0,008	0,339	0,339	0,021	0,021	3370,4	2,396	Transisi	Super Kritis	
	Hilir Ambang	0,0098	1,64	0,023	0,279	0,006	0,325	0,325	0,027	0,027	5486,7	3,453	Turbulen	Super Kritis	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 24. Hasil perhitungan bilangan Reynold dan bilangan Froude pada Ambang Bertangga Variasi 3

Uraian	Bagian	Q	kec. Aliran (m/dtk)	Tinggi muka air (m)	Lebar Saluran (m)	Luas Penampang (A)		Keliling basah (P)		Jari-jari hidrolis (R)		Reynold (Re)	Froude (Fr)	Keterangan	
		(m ³ /dtk)				(m ²)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)				
Q1 (0.000233)	Hulu Ambang	0,0038	0,1	0,136	0,279	0,038	0,551	0,371	0,009	0,069	851,9	0,087	Laminer	Subkritis	
	Atas Ambang	0,0039	0,3	0,046	0,279	0,013	0,371	0,371	0,035	0,035	1296,3	0,447	Laminer	Subkritis	
	Hilir Ambang	0,0039	0,32	0,044	0,279	0,012	0,367	0,367	0,063	0,063	1382,7	0,487	Laminer	Subkritis	
Q2 (0.000243)	Hulu Ambang	0,0082	0,2	0,149	0,279	0,041	0,577	0,577	0,073	0,073	1802,5	0,165	Laminer	Subkritis	
	Atas Ambang	0,0081	0,9	0,033	0,279	0,009	0,345	0,345	0,026	0,026	2888,9	1,582	Transisi	Super Kritis	
	Hilir Ambang	0,0083	0,76	0,040	0,279	0,011	0,359	0,359	0,033	0,033	3096,3	1,213	Transisi	Super Kritis	
Q3 (0.000251)	Hulu Ambang	0,0098	0,2	0,153	0,279	0,019	0,585	0,585	0,074	0,074	1827,2	0,163	Laminer	Subkritis	
	Atas Ambang	0,0104	1,3	0,030	0,279	0,008	0,339	0,339	0,024	0,024	3951,9	2,396	Transisi	Super Kritis	
	Hilir Ambang	0,010	1,44	0,027	0,279	0,007	0,333	0,333	0,029	0,029	5155,6	2,798	Turbulen	Super Kritis	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 25. Hasil perhitungan bilangan Reynold dan bilangan Froude pada Ambang Lebar

Uraian	Bagian	Q	kec. Aliran (m/dtk)	Tinggi muka air (m)	Lebar Saluran (m)	Luas Penampang (A) (m ²)	Keliling basah (P) (m)	Jari-jari hidrolis (R) (m)	Reynold (Re)	Froude (Fr)	Keterangan	
		(m ³ /dtk)									Reynold	Froude
Q1 (0,000233)	Hulu Ambang	0,0038	0,1	0,136	0,279	0,038	0,551	0,068	839,5	0,087	Laminar	Subkritis
	Atas Ambang	0,004	0,4	0,037	0,279	0,010	0,353	0,028	1382,7	0,664	Laminar	Subkritis
	Hilir Ambang	0,0038	0,64	0,023	0,279	0,006	0,325	0,018	1422,2	1,347	Laminar	Super Kritis
Q2 (0,000243)	Hulu Ambang	0,0082	0,2	0,146	0,279	0,041	0,571	0,072	1777,8	0,167	Laminar	Subkritis
	Atas Ambang	0,0077	1,1	0,027	0,279	0,007	0,333	0,024	3259	2,137	Transisi	Super Kritis
	Hilir Ambang	0,0081	1,46	0,021	0,279	0,005	0,321	0,018	3244,4	3,217	Transisi	Super Kritis
Q3 (0,000251)	Hulu Ambang	0,0098	0,2	0,175	0,279	0,049	0,629	0,078	1923,9	0,153	Laminar	Subkritis
	Atas Ambang	0,0096	1,2	0,029	0,279	0,008	0,337	0,024	3555,6	2,25	Transisi	Super Kritis
	Hilir Ambang	0,0097	1,94	0,019	0,279	0,005	0,317	0,016	3832,1	4,494	Transisi	Super Kritis

Sumber : Hasil Perhitungan

6. Energi Spesifik

Energi spesifik adalah energi relative terhadap dasar saluran.

$$Es = \frac{v^2}{2g} + y$$

Tabel 26. Hasil perhitungan Energi Spesifik pada Ambang Lebar

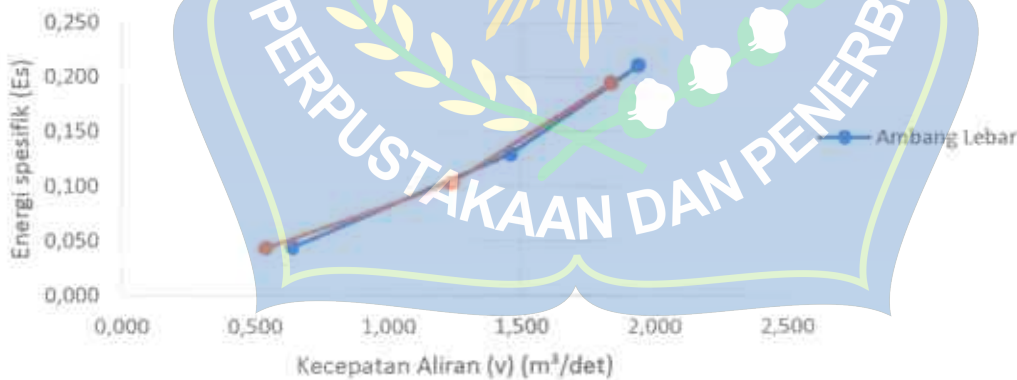
Debit	Bagian	Kec. Aliran	Kedalaman Air	Energi Spesifikasi
(Q)		(v)	Y	(Es)
Q1 (0,000233)	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,137
	Atas Ambang	0,4	0,037	0,045
	Hilir Ambang	0,64	0,023	0,044
Q2 (0,000243)	Hulu Ambang	0,2	0,146	0,148
	Atas Ambang	1,1	0,027	0,089
	Hilir Ambang	1,46	0,021	0,130
Q3 (0,000251)	Hulu Ambang	0,2	0,175	0,177
	Atas Ambang	1,2	0,029	0,102
	Hilir Ambang	1,94	0,019	0,211

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 27. Hasil perhitungan Energi Spesifik pada Ambang Bertangga Variasi 1

Debit	Bagian	Kec.Aliran	Kedalaman Air	Energi Spesifikasi
(Q)		(v)	Y	(Es)
Q1 (0,000233)	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,137
	Atas Ambang	0,3	0,046	0,051
	Hilir Ambang	0,54	0,028	0,043
Q2 (0,000243)	Hulu Ambang	0,2	0,146	0,148
	Atas Ambang	0,9	0,034	0,075
	Hilir Ambang	1,24	0,025	0,103
Q3 (0,000251)	Hulu Ambang	0,2	0,174	0,176
	Atas Ambang	1,3	0,030	0,116
	Hilir Ambang	1,84	0,022	0,195

Sumber : Hasil Perhitungan



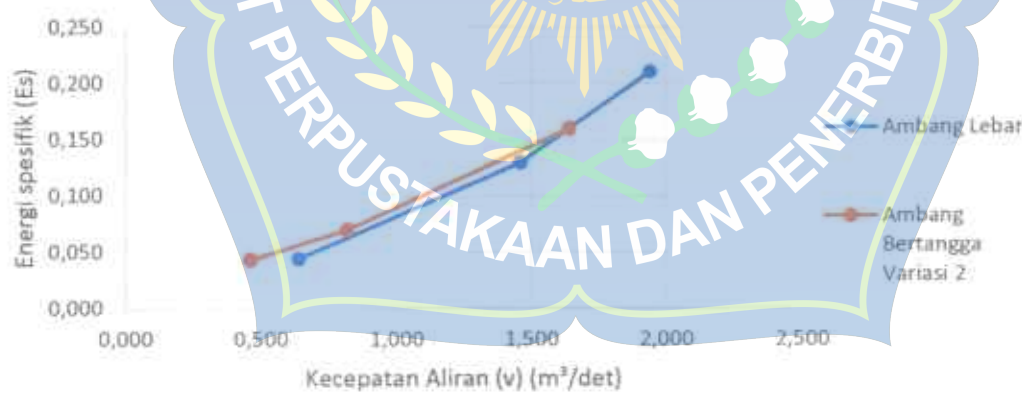
Gambar 25. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan Energi Spesifik di hilir menggunakan ambang lebar dan ambang bertangga variasi 1

Pada gambar grafik 25, dapat dilihat perbandingan Energi Spesifik antara ambang lebar dan ambang bertangga variasi 1 pada beberapa debit aliran. Dimana Energi spesifik tertinggi pada ambang lebar adalah 0,211 sedangkan pada ambang bertangga variasi 1 energi spesifik tertinggi adalah 0,195.

Tabel 28. Hasil perhitungan Energi Spesifik pada Ambang Bertangga Variasi 2

Debit	Bagian	Kec.Aliran	Kedalaman Air	Energi Spesifikasi
(Q)		(v)	Y	(Es)
Q1 (0,000233)	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,137
	Atas Ambang	0,3	0,046	0,051
	Hilir Ambang	0,46	0,032	0,043
Q2 (0,000243)	Hulu Ambang	0,2	0,149	0,151
	Atas Ambang	0,9	0,034	0,075
	Hilir Ambang	0,82	0,036	0,070
Q3 (0,000251)	Hulu Ambang	0,2	0,153	0,155
	Atas Ambang	1,3	0,030	0,116
	Hilir Ambang	1,64	0,023	0,160

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 26. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan Energi Spesifik di hilir menggunakan ambang lebar dan ambang bertangga variasi 2

Pada gambar grafik 26, dapat dilihat perbandingan Energi Spesifik antara ambang lebar dan ambang bertangga variasi 2 pada beberapa debit aliran. Dimana Energi spesifik tertinggi pada ambang lebar adalah 0,211 sedangkan pada ambang bertangga variasi 1 energi spesifik tertinggi adalah 0,160.

Tabel 29. Hasil perhitungan Energi Spesifik pada Ambang Bertangga Variasi 3

Debit	Bagian	Kec. Aliran	Kedalaman Air	Energi Spesifikasi
(Q)		(v)	Y	(Es)
Q1 (0,000233)	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,137
	Atas Ambang	0,3	0,046	0,051
	Hilir Ambang	0,32	0,044	0,049
Q2 (0,000243)	Hulu Ambang	0,2	0,149	0,151
	Atas Ambang	0,9	0,033	0,074
	Hilir Ambang	0,76	0,04	0,069
Q3 (0,000251)	Hulu Ambang	0,2	0,153	0,155
	Atas Ambang	1,3	0,030	0,116
	Hilir Ambang	1,44	0,027	0,133

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 27. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan Energi Spesifik di hilir menggunakan ambang lebar dan ambang bertangga variasi 3

Pada gambar grafik 27, dapat dilihat perbandingan Energi Spesifik antara ambang lebar dan ambang bertangga variasi 1 pada beberapa debit aliran. Dimana Energi spesifik tertinggi pada ambang lebar adalah 0,211 sedangkan pada ambang bertangga variasi 3 energi spesifik tertinggi adalah 0,133.

D. Perubahan Dasar

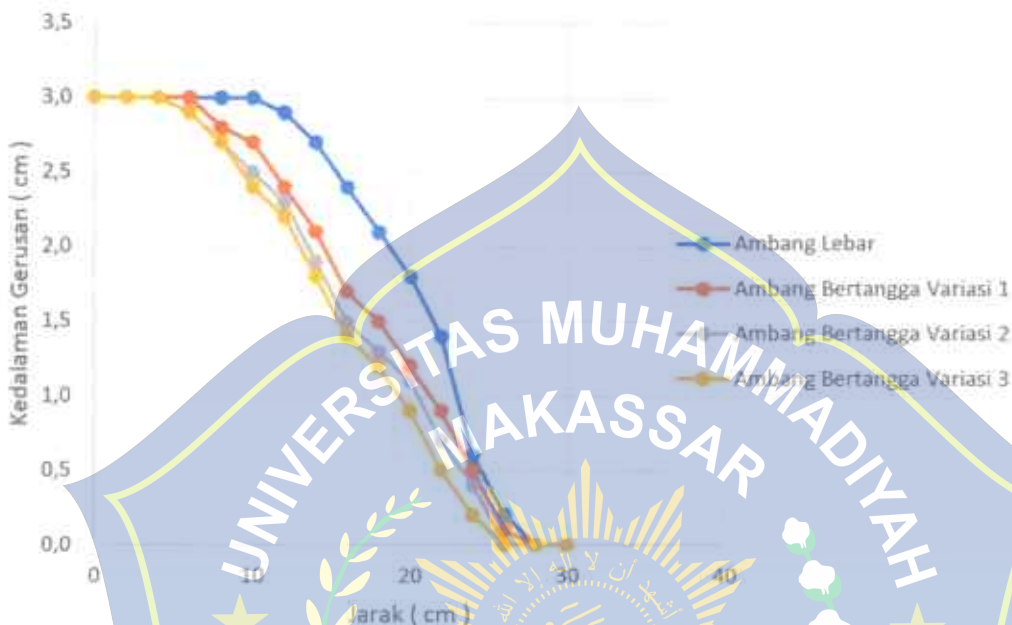
1. Perhitungan kedalaman gerusan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat dibuat tabel hubungan kedalaman gerusan dengan jarak tergerus sebagai berikut :

Tabel 30. Kedalaman gerusan yang terjadi pada ambang lebar dan ambang bertangga variasi 1, 2, dan 3.

Jarak (cm)	Titik	Kedalaman gerusan (cm)			
		Ambang Lebar	Ambang Bertangga Variasi 1	Ambang Bertangga Variasi 2	Ambang Bertangga Variasi 3
0	T0	3,0	3,0	3,0	3,0
2	T1	3,0	3,0	3,0	3,0
4	T2	3,0	3,0	3,0	3,0
6	T3	3,0	3,0	2,9	2,9
8	T4	3,0	2,8	2,7	2,7
10	T5	3,0	2,7	2,5	2,4
12	T6	2,9	2,4	2,3	2,2
14	T7	2,7	2,10	1,9	1,8
16	T8	2,4	1,7	1,5	1,4
18	T9	2,1	1,5	1,3	1,2
20	T10	1,8	1,2	1,1	0,9
22	T11	1,4	0,9	0,7	0,5
24	T12	0,6	0,5	0,4	0,2
26	T13	0,2	0,1	0	0
28	T14	0	0	0	0
30	T15	0	0	0	0

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diperoleh grafik sebagai berikut :



Gambar 28. Grafik hubungan kedalaman gerusan dengan jarak tergerus pada ambang lebar dan ambang bertangga variasi 1, 2, dan 3.

Pada gambar grafik 25 di atas menunjukkan perbandingan gerusan pada model variasi ambang bertangga dan ambang lebar. Dimana kedalaman gerusan rata-rata pada Ambang lebar yaitu 2,01 cm, kedalaman gerusan rata-rata pada Ambang bertangga variasi 1 adalah 1,74 cm, kedalaman gerusan rata-rata pada Ambang bertangga variasi 2 adalah 1,64 cm, kedalaman gerusan rata-rata pada Ambang bertangga variasi 3 adalah 1,58 cm.

Pada ambang lebar terjadi gerusan yang cukup besar disebabkan oleh tekanan air yang cukup kuat. Sedangkan pada ambang bertangga variasi 1 kedalaman gerusan lebih kecil dibandingkan ambang lebar, karena pada saat terjadi percepatan aliran di hulu ambang, anak tangga berfungsi untuk memperkecil percepatan aliran dan meredam kecepatan aliran untuk mengurangi terjadinya

gerusan di hilir ambang. Sedangkan pada ambang bertangga variasi 2, gerusan lebih kecil dibandingkan ambang bertangga variasi 1 disebabkan karena ukuran anak tangga pada ambang bertangga variasi 2 lebih tinggi, begitu pun juga dengan ambang bertangga variasi 3, gerusan lebih kecil dari ambang lebar dan ambang bertangga variasi 1 dan 2, karena ukuran anak tangganya lebih besar.

E. Pembahasan

1. Hubungan bentuk ambang dan karakteristik aliran

Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui hubungan bentuk ambang dan karakteristik aliran menunjukkan perbedaan pada setiap bentuk ambang.

Dimana pada ambang lebar memiliki karakteristik aliran Transisi, ambang bertangga variasi 1 memiliki karakteristik aliran Transisi, ambang bertangga variasi 2 memiliki karakteristik aliran Laminer, dan ambang bertangga variasi 3 memiliki karakteristik aliran Laminer.

2. Variasi ambang

Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa pembahasan tentang variasi ambang menunjukkan perubahan yang signifikan.

Dari bentuk ambang, masing-masing dilakukan uji kinerja yaitu dengan ambang lebar dan tiga variasi ambang bertangga.

Dari beberapa variasi ambang bertangga menunjukkan hasil bahwa semakin besar ukuran anak tangga pada ambang, maka semakin rendah kecepatan aliran dan gerusan yang terjadi di hilir saluran.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh variasi ambang bertangga terhadap kecepatan aliran pada hilir saluran terbuka, akan mengalami perubahan tinggi muka air dan kecepatan aliran yang berbeda. Kecepatan aliran rata - rata yang terjadi di hilir pada ambang bertangga Variasi 1 yaitu 1,21 m/dtk, lalu pada Variasi 2 adalah 0,97 m/dtk, dan pada Variasi 3 adalah 0,84 m/dtk.
2. Pada hasil penelitian menunjukan bahwa pengaruh pada ambang lebar dan variasi ambang bertangga menunjukan kedalaman gerusan yang berbeda. Dimana pada setiap anak tangga yang berbeda ukuran dengan tinggi ambang yang sama memiliki gerusan yang berbeda. Semakin tinggi ukuran anak tangga pada ambang bertangga maka semakin rendah gerusan yang terjadi pada hilir saluran terbuka.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian terdapat beberapa kekurangan dalam penelitian ini,oleh karna itu penulis memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya dilakukan penelitian menggunakan pompa air yang memiliki kapasitas debit yang besar agar terdapat variasi debit yang lebih banyak.

2. Untuk penelitian selanjutnya dilakukan pengamatan dengan sedimen yang lebih bervariasi dan spesifik.
3. Untuk penelitian selanjutnya dilakukan penelitian dengan model ambang bertangga yang lebih bervariasi.
4. Dapat menjadi bahan referensi apabila ada kasus yang mirip dengan penelitian yang ada di lapangan.



DAFTAR PUSTAKA

- Ali Yunus Muhammad, Husaiman, Nur Ilham Muhammad. 2018. *Karakteristik aliran pada bangunan pelimpah tipe ogee (jurnal)*. Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia.
- Fitriana Nur. *Analisis Gerusan Di Hilir Bendung Tipe Vlughter (Uji Mode Laboratorium) (Jurnal)* Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
- Daud Fenty, Nurnawaty, Gifari Reza Andi dan Rani Asmi Andi. 2018. *Uji model pengaruh bentuk pelimpah terhadap karakteristik pengaliran (jurnal)*. Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Harseno Edy, Jonas Setdin V.L. 2007. *Studi Eksperimental Aliran Berubah Beraturan Pada Saluran Terbuka Bentuk Prismatik (jurnal)*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta.
- Krisnayanti Sri Denik, Dermawan Very, M. Sholichin, Suhardjono, Khaerudin Noorvy Dian. 2017. *Bendung Bertangga Sebagai Alternatif Pada Perencanaan Bangunan Irigasi (jurnal)*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana.
- Pangestu Daning Adi, Astuti Yuni Amini Sri. *Studi Gerusan Di Hilir Bendung Kolam Olak Tipe Vlughter Dengan Perlindungan Grounasil (Jurnal)*, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia.
- Paresa Jeni. 2015. *Studi Pengaruh Krib Hulu Tipe Impermeabel Pada Gerusan Di Belokan Sungai (Studi Kasus Panjang Krib 1/10 Dan 1/5 Lebar Sungai)*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Musamus Merauke.
- Rauf Rasmawati dan M. Nur Sufiah. 2019. *Analisis Perubahan Dasar Saluran Terbuka Akibat Variasi Debit Pada Tingkat Aliran Kritis Dan Super Kritis (jurnal)*. Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Sainuddin Hayat Muh, dan Martina Rezky. 2020 *Pengaruh Bentuk Mercu Bendung Tipe Ogee Terhadap Gerusan Pada Hilir Peredam Energi Usrb III (Simulasi Laboratorium) (Jurnal)* Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Subekti, Wigati Restu, Prihatini Tri Kiki. 2012. *Analisis pengaruh kemiringan dasar saluran terhadap distribusi kecepatan dan debit aliran pada variasi ambang lebar (jurnal)*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Suharno Kun, Pramono Catur, Mujiarto Sigit, Anggoro Setyo Kurniawan. 2019. *Analisis Debit Variasi Bentuk Saluran Open Channel Pada Suatu Aliran (jurnal)*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar.

Suhartono, Harsanti Winda, Utoyo Suselo, *Pengaruh Perubahan Debit Terhadap Angkutan Sedimen Pada Ambang Gerig (Jurnal)*, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang.

Triatmojo, B. (1993). *Hidraulika II* Yogyakarta: Beta Offiset.

Triatmojo, B. (1996). *Hidraulika II* Yogyakarta: Beta Offiset.





JUDUL : Analisis Pengaruh Variasi Ambang Bertangga Terhadap Perubahan Dasar Di Hilir Saluran Pada Saluran Terbuka

PENELITI : Andri Saputra
Usman

LOKASI PENELITIAN : LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
MAKASSAR

AMBANG LEBAR

Uraian	Bagian	kec	Tinggi	Lebar	Luas	Q
		Aliran (m/dtk)	muka air (m)	Saluran (m)	Penampang (m ²)	
Q1	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,279	0,038	0,0038
	Atas Ambang	0,4	0,037	0,279	0,010	0,004
	Hilir Ambang	0,6	0,023	0,279	0,006	0,0036
Q2	Hulu Ambang	0,2	0,146	0,279	0,041	0,0082
	Atas Ambang	1,1	0,027	0,279	0,007	0,0077
	Hilir Ambang	1,4	0,023	0,279	0,006	0,0084
Q3	Hulu Ambang	0,2	0,175	0,279	0,049	0,0098
	Atas Ambang	1,2	0,029	0,279	0,008	0,0096
	Hilir Ambang	1,9	0,019	0,279	0,005	0,0095

JUDUL : Analisis Pengaruh Variasi Ambang Bertangga Terhadap Perubahan Dasar Di Hilir Saluran Pada Saluran Terbuka

PENELITI : Andri Saputra
Usman

LOKASI PENELITIAN : LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
MAKASSAR

AMBANG BERTANGGA VARIASI 1

Uraian	Bagian	kec. Aliran	Tinggi muka air	Lebar Saluran	Luas Penampang (A)	Q
		(m/dtk)	(m)	(m)	(m ²)	(m ³ /dtk)
Q1	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,279	0,038	0,0038
	Atas Ambang	0,3	0,046	0,279	0,013	0,0039
	Hilir Ambang	0,5	0,03	0,279	0,008	0,004
Q2	Hulu Ambang	0,2	0,146	0,279	0,041	0,0082
	Atas Ambang	0,9	0,034	0,279	0,009	0,0081
	Hilir Ambang	1,2	0,026	0,279	0,007	0,0084
Q3	Hulu Ambang	0,2	0,174	0,279	0,049	0,0098
	Atas Ambang	1,3	0,03	0,279	0,008	0,0104
	Hilir Ambang	1,8	0,023	0,279	0,006	0,0108

JUDUL : Analisis Pengaruh Variasi Ambang Bertangga Terhadap Perubahan Dasar Di Hilir Saluran Pada Saluran Terbuka

PENELITI : Andri Saputra
Usman

LOKASI PENELITIAN : LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
MAKASSAR

AMBANG BERTANGGA VARIASI 2

Uraian	Bagian	kec. Aliran	Tinggi muka air	Lebar Saluran	Luas Penampang (A)	Q
		(m/dtk)	(m)	(m)	(m ²)	(m ³ /dtk)
Q1	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,279	0,038	0,0038
	Atas Ambang	0,3	0,046	0,279	0,013	0,0039
	Hilir Ambang	0,4	0,036	0,279	0,01	0,004
Q2	Hulu Ambang	0,2	0,149	0,279	0,041	0,0082
	Atas Ambang	0,9	0,034	0,279	0,009	0,0081
	Hilir Ambang	0,8	0,036	0,279	0,01	0,008
Q3	Hulu Ambang	0,2	0,153	0,279	0,049	0,0098
	Atas Ambang	1,3	0,03	0,279	0,008	0,0104
	Hilir Ambang	1,6	0,023	0,279	0,006	0,0096

JUDUL : Analisis Pengaruh Variasi Ambang Bertangga Terhadap Perubahan Dasar Di Hilir Saluran Pada Saluran Terbuka

PENELITI : Andri Saputra
Usman

LOKASI PENELITIAN : LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
MAKASSAR

AMBANG BERTANGGA VARIASI 3

Uraian	Bagian	kec. Aliran	Tinggi muka	Lebar	Luas	Q
		(m/dtk)	air (m)	Saluran (m)	Penampang (m ²)	
Q1	Hulu Ambang	0,1	0,136	0,279	0,038	0,0038
	Atas Ambang	0,3	0,046	0,279	0,013	0,0039
	Hilir Ambang	0,3	0,046	0,279	0,013	0,0039
Q2	Hulu Ambang	0,2	0,149	0,279	0,041	0,0082
	Atas Ambang	0,9	0,033	0,279	0,009	0,0081
	Hilir Ambang	0,7	0,043	0,279	0,012	0,0084
Q3	Hulu Ambang	0,2	0,153	0,279	0,049	0,0098
	Atas Ambang	1,3	0,03	0,279	0,008	0,0104
	Hilir Ambang	1,4	0,035	0,279	0,007	0,0098

JUDUL : Analisis Pengaruh Variasi Ambang Bertangga Terhadap Perubahan Dasar Di Hilir Saluran Pada Saluran Terbuka

PENELITI : Andri Saputra
Usman

LOKASI PENELITIAN : LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
MAKASSAR

KEDALAMAN GERUSAN

Jarak (cm)	Titik	Kedalaman gerusan (cm)			
		Ambang Lebar	Ambang Bertangga Variasi 1	Ambang Bertangga Variasi 2	Ambang Bertangga Variasi 3
0	T0	3,0	3,0	3,0	3,0
2	T1	3,0	3,0	3,0	3,0
4	T2	3,0	3,0	3,0	3,0
6	T3	3,0	3,0	2,9	2,9
8	T4	3,0	2,8	2,7	2,7
10	T5	3,0	2,7	2,5	2,4
12	T6	2,9	2,4	2,3	2,2
14	T7	2,7	2,10	1,9	1,8
16	T8	2,4	1,7	1,5	1,4
18	T9	2,1	1,5	1,3	1,2
20	T10	1,8	1,2	1,1	0,9
22	T11	1,4	0,9	0,7	0,5
24	T12	0,6	0,5	0,4	0,2
26	T13	0,2	0,1	0	0
28	T14	0	0	0	0
30	T15	0	0	0	0







