

SKRIPSI

**PERBANDINGAN PENGARUH AMBANG BERTANGGA DAN
AMBANG LEBAR TERHADAP PERUBAHAN DASAR
SALURAN DI HILIR AMBANG PADA SALURAN TERBUKA
(UJI LABORATORIUM)**



**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2021

**PERBANDINGAN PENGARUH AMBANG BERTANGGA DAN
AMBANG LEBAR TERHADAP PERUBAHAN DASAR
SALURAN DI HILIR AMBANG PADA SALURAN TERBUKA
(UJI LABORATORIUM)**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar



**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2021

24/05/2021
1 ex
Smb. Alumni
R/0023/SIP/21 CP
Cah
p?

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

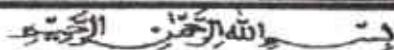
FAKULTAS TEKNIK

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@unismuh.ac.id

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



HALAMAN PERSETUJUAN

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

Judul Skripsi : PERBANDINGAN PENGARUH AMBANG BERTANGGA DAN AMBANG LEBAR TERHADAP PERUBAHAN DASARSALURAN DI HILIR AMBANG PADA SALURAN TERBUKA (UJI LABORATORIUM)

Nama : Nurul Cahyati

Fathahillah Amrun

Stambuk : 105 81 11021 16

105 81 11040 16

Pembimbing I

Ir. Nenny T Karim, ST., MT., IPM.

Farida Gaffar, ST., MM., IPM

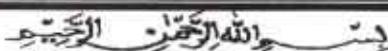
Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan

Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM
NBM :1183 084

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

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Nurul Cahyati** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11021 16 dan **Fathahillah Amrun** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11040 16, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0006/SK-Y/22201/091004/2021, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 01 Mei 2021.

Makassar,

19 Ramadan 1442 H

01 Mei 2021 M

Panitia Ujian:

1. 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. H. Abd. Rakhim Nanda, ST., MT., IPM

b. Sekertaris : Fauzan Hamdi, ST., MT., IPM

3. Anggota: 1. Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM

2. Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

3. Amrullah Mansida, ST., MT., IPM

Mengetahui:

Pembimbing I

Dr. Ir. Nenny T Karim, ST., MT., IPM

Pembimbing II

Farida Gaffar, ST., MM., IPM

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

ABSTRAK

Gerusan merupakan suatu proses alamiah yang terjadi di sungai sebagai akibat pengaruh morfologi sungai (dapat berupa tikungan atau bagian penyempitan aliran sungai) atau adanya bangunan air seperti jembatan, bendung, pintu air, dan lain-lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ambang bertangga dan ambang lebar terhadap karakteristik aliran yang terjadi di hilir ambang dan mengetahui perubahan dasar menggunakan ambang bertangga dan ambang lebar di hilir ambang. Penelitian ini menggunakan data primer yakni data yang didapatkan dari permodelan fisik Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Berdasarkan dari hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan ambang sangat berpengaruh terhadap karakteristik aliran. Pada ambang lebar yaitu aliran turbulen dimana kedalaman gerusan 2,01 sedangkan ambang bertangga aliran transisi dimana Kedalam gerusan 1,72. Perhitungan menunjukkan bahwa karakteristik aliran dan kedalaman gerusan pada ambang lebar lebih besar dari pada ambang bertangga.

Kata Kunci: ambang, Karakteristik aliran, gerusan

ABSTRACT

Scouring is a natural process that occurs in a river as a result of the influence of river morphology (it can be a bend or part of a narrowing of the river flow) or the presence of water structures such as bridges, weirs, water gates, and others. This study aims to determine the effect of stepped threshold and threshold width on the flow characteristics that occur downstream of the threshold and determine the baseline changes using stepped threshold and threshold width downstream. This study uses primary data, namely data obtained from the physical modeling of the Laboratory of the Faculty of Engineering, Muhammadiyah University of Makassar. Based on the results of the study, it shows that changes in the threshold greatly affect the flow characteristics. The wide threshold is turbulent flow where the scour depth is 2.01 while the transitional flow threshold is 1.72.

Keywords: threshold, flow characteristics, scour

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga dapat menyusun proposal penelitian yang berjudul “**PERBANDINGAN PENGARUH AMBANG BERTANGGA DAN AMBANG LEBAR TERHADAP PERUBAHAN DASAR SALURAN DI HILIR AMBANG PADA SALURAN TERBUKA (UJI LABORATORIUM)**”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan skripsi penelitian ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini di sebabkan karna penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karna itu, penulis menerima dengan sangat iklas dengan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga skripsi penelitian ini dapat selesai. Ucapan terima kasih ini penulis tujuhan kepada:

1. Ibu Dr.Ir.Hj. Nurnawaty, MT.IPM. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak A. Makbul Syamsuri, S.T., M.T. IPM. sebagai Ketua Prodi Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

3. Ibu Dr.Ir.Nenny T Karim, ST., MT., IPM. sebagai pembimbing I dan Ibu Farida Gaffar, S.T., M.M. IPM. sebagai pembimbing II yang sabar memberikan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi penelitian.
 4. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai di Fakultas teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
 5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, do'a serta pengorbanannya terutama dalam bentuk materi untuk menyelesaikan penelitiannya kuliah kami.
 6. Teman-temanku satu bimbingan penelitian skripsi, yang telah berjuang bersama-sama penulis dalam menyelesaikan skripsi penelitian 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. ***“Billahi Fi Sabill Haq Fastabikul Khaerat”***.

Makassar

2021

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	3
F. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Saluran Terbuka.....	6
B. Gerusan	12
1. Jenis - Jenis Scouring (Gerusan).....	13
2. Gerusan lokal	14
C. Ambang	14
1. Definisi Ambang.....	14
2. Ambang Bertangga	17
3. Regim Aliran pada Bendung Bertangga	19
D. Pengertian Sufer.....	21

E. Matriks Penelitian Yang Relavan.....	23
---	----

BAB III METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	31
B. Metode Pengambilan Data.....	31
C. Model Saluran.....	31
D. Model Ambang bertangga.....	32
E. Model Ambang lebar	32
F. Alat dan Bahan	32
G. Variabel yang digunakan.....	33
H. Prosedur Penelitian	34
I. Metode Analisa Data.....	35
J. Flow Chart Penelitian.....	37

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian.....	38
B. Karakteristik Aliran	38
1. Hubungan Kecepatan Aliran Dengan Bilangan Froude	38
2. Perhitungan Bilangan Reynold	42
3. Kedalaman Aliran	45
4. Debit Aliran	45
C. Perubahan Dasar	47
1. Perhitungan kedalaman gerusan.....	47
D. Pembahasan.....	51
1. Hubungan bentuk ambang dan karakteristik aliran	51
2. Variasi ambang.....	51

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan.....	52
B. Saran.....	53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kekentalan kinematik.....	12
Tabel 2. Ambang bertangga variasi debit Q1	39
Tabel 3. Ambang lebar variasi debit Q1	39
Tabel 4. Ambang bertangga variasi debit Q2	40
Tabel 5. Ambang lebar variasi debit Q2	40
Tabel 6. Ambang bertangga variasi debit Q3	41
Tabel 7. Ambang lebar variasi debit Q3	41
Tabel 8. Viskosinasi kinematis sebagai hubungan fungsi suhu.....	42
Tabel 9. Ambang bertangga variasi debit Q1	42
Tabel 10. Ambang lebar variasi debit Q1.....	42
Tabel 11. Ambang bertangga variasi debit Q2	43
Tabel 12. Ambang lebar variasi debit Q2	43
Tabel 13. Ambang bertangga variasi debit Q3	44
Tabel 14. Ambang lebar variasi debit Q3	44
Tabel 15. Perhitungan debit aliran pada Ambang Bertangga	46
Tabel 16. Perhitungan debit aliran pada Ambang Lebar	46
Tabel 17. Kedalaman gerusan yang terjadi pada ambang bertangga dan ambang lebar.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Distribusi Kecepatan pada Saluran Terbuka	8
Gambar 2. Pola Perambatan Penjalaran Gelombang di Saluran Terbuka.....	9
Gambar 3. Aliran Melalui Ambang Lebar	17
Gambar 4. Aliran Melalui Ambang Tajam	17
Gambar 5. Regim Aliran di Peluncur Bendung Bertangga	20
Gambar 6. Model saluran flume dengan penampang berbentuk persegi panjang.....	31
Gambar 7. Model Ambang bertangga.....	32
Gambar 8. Model Ambang lebar	32
Gambar 9. Flowchart penelitian	37
Gambar 10. Hubungan antara kecepatan dan bilangan Froude pada ambang bertangga dan ambang lebar variasi debit Q1	39
Gambar 11. Hubungan antara kecepatan dan bilangan Froude pada ambang bertangga dan ambang lebar variasi debit Q2	40
Gambar 12. Hubungan antara kecepatan dan bilangan Froude pada ambang bertangga dan ambang lebar variasi debit Q3	41
Gambar 13. Hubungan antara kecepatan dan bilangan Reynold pada ambang bertangga dan ambang lebar variasi debit Q1	43
Gambar 14. Hubungan antara kecepatan dan bilangan Reynold pada ambang bertangga dan ambang lebar variasi debit Q2	44

Gambar 15. Hubungan antara kecepatan dan bilangan Reynold pada ambang bertangga dan ambang lebar variasi debit Q3.....	45
Gambar 16. Grafik hubungan kedalam gerusan dengan jarak tergerus pada ambang bertangga dan ambang lebar.....	48
Gambar 17. Topografi gerusan pada ambang lebar dengan waktu pengaliran 15 menit.....	49
Gambar 18. Topografi gerusan pada ambang bertangga dengan waktu pengaliran 15 menit.....	49



BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Saluran terbuka meliputi saluran buatan yang dibuat khusus sesuai dengan pemanfaatannya, salah satu bangunan air yang sering kita jumpai yaitu ambang. Ambang digunakan untuk menaikkan tinggi muka air serta menentukan debit aliran air. 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 luncur.

Laju aliran yang terlalu besar dapat mengakibatkan pengikisan atau gerusan berlebih pada dasar saluran. Pemilihan ambang untuk menangani gerusan yang terjadi pada hilir saluran tergantung pada jenis aliran yang terjadi pada saluran. Gerusan merupakan suatu proses alamiah yang terjadi di sungai sebagai akibat pengaruh morfologi sungai (dapat berupa tikungan atau bagian penyempitan aliran sungai) atau adanya bangunan air seperti jembatan, bendung, pintu air, dan lain-lain. Untuk mengurangi kemampuan aliran dalam mengikis dasar saluran, maka salah satu cara adalah

memperkecil kecepatan aliran, dengan memodifikasi bagian punggung ambang menjadi berterap atau menyerupai anak-anak tangga.

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

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh ambang bertangga dan ambang lebar terhadap karakteristik aliran yang terjadi di hilir ambang?
2. Bagaimana perubahan dasar menggunakan ambang bertangga dan ambang lebar di hilir ambang ?

C. Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui pengaruh ambang bertangga dan ambang lebar terhadap karakteristik aliran yang terjadi di hilir ambang.
2. Mengetahui perubahan dasar menggunakan ambang bertangga dan ambang lebar di hilir ambang.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan referensi untuk membuat bangunan bentuk 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 berbentuk tangga dan ambang lebar.
3. Pemasangan ambang ditempatkan pada bagian tengah saluran.
4. Gerusan dan perubahan dasar dihilir pada saluran terbuka.
5. Menganalisis karakteristik aliran.

- a) Kecepatan aliran
- b) Froude (Fr)
- c) Reynold (Re)

F. Sistematika Penulisan

Laporan ini terdiri dari tiga bab, dimana sistematika penyusunannya adalah 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

(Triatmojo, 2008) Saluran terbuka merupakan saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas dengan tekanan yang ada pada semua titik di sepanjang saluran adalah tekanan atmosfer. Saluran terbuka menurut asalnya terdapat dua jenis, yaitu saluran alam (*Natural Channels*) dan saluran buatan (*Artificial Channels*). Ada beberapa kategori dalam tipe-tipe aliran, apabila dilihat berdasarkan karakteristik ruang yaitu:

- a. Aliran seragam (*Uniform Flow*) adalah kondisi dimana komponen aliran tidak berubah terhadap jarak
- b. Aliran tidak seragam (*Non Uniform Flow*) adalah kondisi dimana komponen aliran berubah terhadap jarak

(Junaidi, 2014) dalam penelitiannya Aliran saluran terbuka dapat diklasifikasikan menjadi berbagai jenis dan diuraikan dengan berbagai cara. Berikut adalah beberapa jenis aliran pada saluran terbuka:

- a. Aliran Laminer dan Turbulen

Aliran laminer ditandai dengan lintasan partikel fluida sepanjang lintasan yang halus dan membentuk lapisan-lapisan tertentu. Lintasan partikel yang

berurutan mengikuti lintasan yang benar. Aliran Turbulen di tandai dengan campuran antara lapisan-lapisan fluida yang berbeda terjadi pada harga bilangan *Reynolds* yang lebih tinggi, pada jenis aliran ini dimana hampir tidak terdapat garis edar tertentu yang dapat dilihat.

b. Aliran Kritis, Subkritis dan Superkritis

Aliran itu dikatakan kritis apabila bilangan *Froude* sama dengan satu ($Fr=1$), dan aliran disebut subkritis (aliran tenang) apabila $Fr<1$ dan Superkritis apabila $Fr>1$, sedangkan aliran cepat (*Rapid Flow*) dan aliran mengerem (*shooting flow*) juga digunakan untuk menyatakan aliran superkritis.

c. Aliran Tetap dan Tidak Tetap

Aliran tetap terjadi apabila kedalaman, debit dan kecepatan rata-rata pada setiap penampang tidak berubah menurut waktu. Aliran tidak tetap terjadi apabila kedalaman, debit dan kecepatan rata-rata pada setiap penampang berubah menurut waktu.

d. Aliran Seragam dan Tidak Seragam

Aliran disebut seragam apabila berbagai variable aliran seperti kedalaman, tumpang basah, kecepatan dan debit di sepanjang saluran adalah konstan. Demikian juga sebaliknya aliran tidak seragam itu terjadi apabila variabel aliran tersebut tidak konstan.

Menurut (Triatmojo, Hidraulika II, 2013) dalam penelitian (Adi Daning Pangestu, Sri Amini Yuni Astuti, 2018) yaitu dalam aliran melalui saluran terbuka, distribusi kecepatan tergantung pada banyak faktor seperti

bentuk saluran, kekasaran pada dinding, dan debit aliran. Distribusi kecepatan tidak merata di setiap titik pada tampang melintang, hal ini disebabkan karena adanya permukaan bebas pada aliran fluida.

Prinsip dari saluran terbuka hampir sama dengan saluran tertutup, yaitu kecepatan minimum terjadi pada aliran yang berbatasan langsung dengan dinding penampang saluran. Gambar 1 menunjukkan distribusi kecepatan pada tampang melintang saluran dengan berbagai bentuk saluran, yang digambarkan dengan garis kontur kecepatan.



Gambar 1. Distribusi Kecepatan pada Saluran Terbuka

(sumber: Triatmodjo, 2013)

1. Bilangan *Froude*

(Chow, 1959) Dalam penelitian (Muayyad Feisal Suma, Fuad Halim, Liany A. Hendratta, 2018) dijelaskan bahwa akibat gaya tarik bumi terhadap aliran dinyatakan dengan rasio inersia dengan gaya tarik bumi (G). Rasio ini diterapkan sebagai bilangan *Froude* (Fr). Bilangan *Froude* untuk saluran terbuka dinyatakan sebagai berikut :

- a. Aliran kritis, merupakan aliran yang mengalami gangguan permukaan, seperti yang diakibatkan oleh riak yang terjadi karena batu yang dilempar ke dalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arus. Aliran dapat dikategorikan aliran kritis apabila bilangan *Froude* memiliki nilai sama dengan satu ($Fr = 1$).
- b. Aliran sub kritis, pada aliran ini biasanya kedalaman aliran lebih besar dari pada kecepatan aliran rendah, semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus. Apabila bilangan lebih kecil dari satu *Froude* ($Fr < 1$) maka termasuk aliran sub kritis.
- c. Aliran super kritis, pada aliran ini kedalaman aliran relatif lebih kecil dan kecepatan relatif tinggi, segala riak yang ditimbulkan dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus. Apabila bilangan *Froude* lebih besar dari satu ($Fr > 1$) maka aliran tersebut termasuk aliran super kritis.



Gambar 2. Pola Perambatan Penjalaran Gelombang di Saluran Terbuka

(Sumber: Bambang Triadjmojo, 1993)

Berikut persamaan bilangan *Froude* :

$$F = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \quad (1)$$

Dimana :

Fr = Bilangan Froude

V = Kecepatan aliran (m/dtk)

G = Percepatan gravitasi (m/dtk²)

D = Kedalaman hidrolis saluran (m)

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

A = Luas penampang (m^2)

2. Persamaan kontinuitas

Menurut Triatmodjo (2012), apabila zat tak kompresibel mengalir secara kontinyu melalui pipa atau saluran terbuka sebagai aliran tetap (*Steady Flow*), dengan tampang aliran sama ataupun tidak sama, maka volume zat cair yang lewat tiap satuan waktu adalah sama di semua tampang. Kondisi seperti ini disebut dengan hukum kontinuitas aliran zat cair. Persamaan kontinuitas dapat dituliskan sebagai berikut :

Menghitung debit aliran :

$$Q = A \cdot V = Konstan... \quad (2)$$

Menghitung kecepatan aliran :

Dimana :

Q = Debit aliran (m³/det)

A = Luas penampang (m³)

V = Kecepatan aliran (m/det)

3. Bilangan *Reynolds*.

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

Laminer : $Re < 500$

Transisi : $500 < Re < 12500$

Turbulen : $Re \geq 12500$

Rumus bilangan *Reynolds* sebagai berikut :

$$Re =$$

$$\frac{\rho \cdot L}{\mu} \quad (4)$$

Dimana :

Re = Reynolds

V = Kecepatan aliran (m/det)

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

R = Jari-jari hidrolik saluran

ν = Kekentalan kinematik (m^2/det)

Dimana kekentalan kinematik di definisikan sebagai berikut :

Dimana :

μ = Kekentalan dinamik dengan satuan kg/m

ρ = Kerapatan air dengan satuan kg/m^3

Tabel 1. Kekentalan kinematik

Temperatur ("C)	Viskositas kinematik $10^{-2}(\text{cm}^2/\text{dtk})$
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

B. Gerusan

Laursen (1952) dalam Hanwar (1999:4) mendefinisikan gerusan sebagai pembesaran dari suatu aliran yang disertai pemindahan material melalui aksi gerakan fluida. Gerusan lokal (*local scouring*) terjadi pada suatu kecepatan aliran di mana sedimen yang di angkut lebih besar dari sedimen yang disuplai. Menurut Laursen (1952) dalam Sucipto (2004:34), sifat alami gerusan mempunyai fenomena sebagai berikut :

- Besar gerusan akan sama selisihnya antara jumlah material yang diangkut keluar daerah gerusan dengan jumlah material yang diangkut masuk ke dalam daerah gerusan.
- Besar gerusan akan berkurang apabila penampang basah di daerah gerusan bertambah (misal karena erosi). Untuk kondisi aliran bergerak akan terjadi suatu keadaan gerusan yang disebut gerusan batas, besarnya akan asimtotik terhadap waktu.

1. Jenis - Jenis Scouring (Gerusan)

Jenis-jenis gerusan dalam penelitian (Maria Christine, 2003) dapat diklasifikasikan menjadi:

a. Gerusan umum (*General Scour*)

Gerusan umum ini merupakan suatu proses alami yang terjadi pada sungai sehingga akan menimbulkan degradasi dasar. Gerusan Umum disebabkan oleh energi dari aliran air. Gerusan akibat penyempitan di alur sungai (*Contraction Scour*)

b. Gerusan lokal (*Local Scour*)

Disebabkan oleh gangguan aliran dan area transportasi sedimen. Sebagai contoh gerusan disekitar pilar jembatan dan gerusan pada hilir bendung. Pada semua kasus diatas semua penambahan kecepatan lokal akan memberikan penambahan kapasitas transportasi lokal. Persamaan ini pada dasarnya untuk material kasar ($d > 1 \text{ mm}$).

2. Gerusan lokal

Menurut (Garde & Raju,1977) dalam penelitian (Nasution, 2017) penggerusan 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 waktu, dan keduanya. Penggerusan lokal material dasar dapat terjadi secara langsung oleh kecepatan aliran sedemikian rupa sehingga daya tahan material terlampaui. Secara teoristik tegangan geser yang terjadi lebih besar dari tegangan geser kritis dan butiran dasar. Tinjauan terhadap gerusan digunakan untuk menentukan tinggi dinding halang (koperan) diujung hilir bendung.

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.

Ada dua macam jenis ambang yang sering digunakan dalam pengukuran karakteristik aliran, yaitu:

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 :

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 :

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

$$0,5 H < t < 0,6H \dots \text{Mittwoch} \dots \quad (8)$$

dengan :

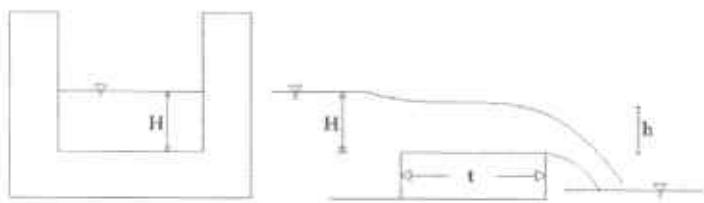
t = Tebal Ambang

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).

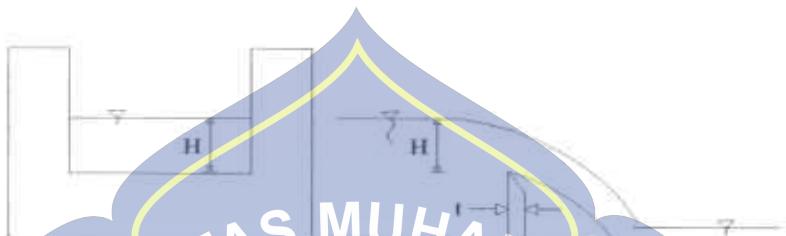
Secara garis besar, fungsi dari kedua ambang tersebut kurang lebih sama mengingat ambang dapat digunakan sebagai model untuk aplikasi dalam perancangan bangunan penampung di suatu waduk dan bendungan. Selain itu, bentuk ambang dari kedua model ini termasuk bentuk yang sederhana untuk meninggikan muka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

Perbedaan bentuk fisik dari ambang lebar dan ambang tajam dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4 dibawah ini :



Gambar 3. Aliran Melalui Ambang Lebar

(Sumber : Triatmodjo, 1996)



Gambar 4. Aliran Melalui Ambang Tajam

(Sumber : Triatmodjo, 1996)

2. 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 luncur.

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 kavitas, 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 seperti pada Gambar 10.d. 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.

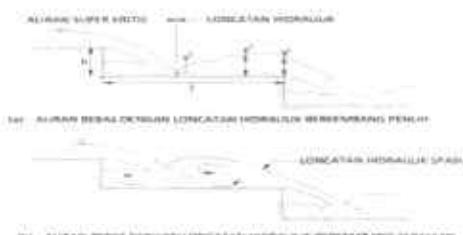
Faktor gesekan pada ambang bertangga mempengaruhi tingkat kehilangan energi. Semakin tinggi faktor gesekan, maka kecepatan aliran semakin berkurang. Kecepatan aliran yang berkurang mengakibatkan konsentrasi udara pada aliran yang menurun akan mengakibatkan energi kinetik juga menurun. Energi kinetik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

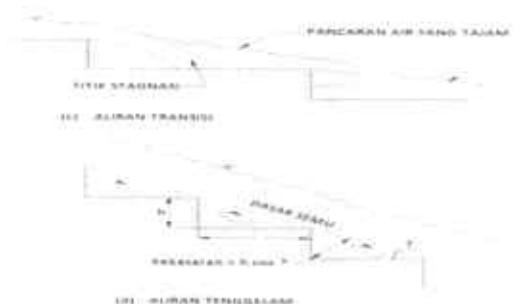
seperti yang dikutip oleh (Chanson 1989) telah melaksanakan eksperimen pada model bangunan pelimpah yang terbuat dari beton menunjukkan bahwa konsentrasi udara sebesar 1% - 2% dapat mengurangi erosi karena kavitas, sedangkan pada konsentrasi udara antara 5% - 7% erosi dapat dihentikan sama sekali. Chanson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

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 kavitas.

3. Regim Aliran pada Bendung Bertangga

Menurut Katsuria (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*) seperti pada Gambar 10.





Sumber: Khatsuria (2005)

Gambar 5. Regim Aliran di Peluncur Bendung Bertangga

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.

D. Pengertian Sufer

Surfer adalah salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi (*cut and fill*) dengan mendasarkan pada grid. Perangkat lunak ini melakukan plotting data tabular XYZ tak beraturan menjadi lembar titik-titik segi empat (*grid*) yang beraturan. Grid adalah serangkaian garis vertical dan horizontal yang dalam surfer berbentuk segi empat dan digunakan sebagai dasar pembentuk kontur dan surface tiga dimensi. Surfr tidak mensyaratkan perangkat keras ataupun system operasi yang tinggi. Oleh Karena itu, surfer relative mudah dalam aplikasinya.

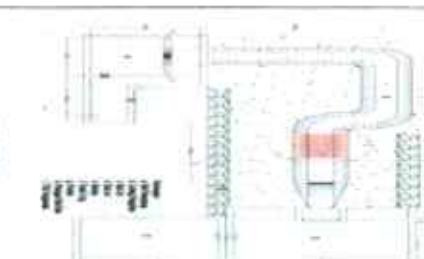
Surfer memberikan kemudahan dalam pemutuan berbagai macam peta kontur atau model spasial 3 Dimensi. Sangat membantu dalam analisis volumetric, *Cut and Fill, slope*, dan lain-lain. Memungkinkan pembuatan peta 3 dimensi dari suatu data tabular yang disusun dengan menggunakan worksheet seperti excel dan lain-lain. Surfer membantu dalam analisis kelerengan, ataupun morfologi lahan dari suatu foto udara atau citra satelit

yang telah memiliki datum ketinggian. Aplikasi lain yang sering menggunakan surfer adalah analisis spasial untuk mitigasi bencana alam yang berkaitan dengan faktor topografi dan morfologi lahan. Surfer dapat memberikan gambaran secara spasial letak potensi bencana.



E. Matriks Penelitian Yang Relavan

No	Nama Penulis	Judul	Tujuan Penelitian	Hasil	Parameter Riset	Struktur Model
1	Nur Fitiriana	Analisis Gerusan Di Hilir Bendungan Tipe Vlughter (Uji Laboratorium)	Penelitian Ini mengetahui Pengaruh Gerusan Yang terjadi pada Ambang berjangka	R = kedalaman gerusan (m). Q = debit outflow (m ³ /s) f = faktor lumpur Lacey $= 1/76 (Dm)0,5$ Dm = diameter rata - rata material Sedangkan hasil penelitian di laboratorium dipengaruhi oleh banyak hal, misalnya kurang teliti pada saat pengambilan data, pengaruh suhu, dan tekanan pada ruang laboratorium.	R = kedalaman gerusan (m). Q = debit outflow (m ³ /s) f = faktor lumpur Lacey $= 1/76 (Dm)0,5$ Dm = diameter rata - rata material Sedangkan hasil penelitian di laboratorium dipengaruhi oleh banyak hal, misalnya kurang teliti pada saat pengambilan data, pengaruh suhu, dan tekanan pada ruang laboratorium.	

2	Fauziah Latif, Muhammad Said, Astuti Rizky Amalia	Studi Pergerakan Sedimen Akibat Fluktuasi Debit Pada Saluran Terbuka (Uji labolatorium)	<p>1. Untuk mengetahui pengaruh pergerakan sedimen (tegangan geser dasar), tegangan geser kritis , dan kecepatan geser kritis (), akibat fluktuasi debit</p> <p>2. Untuk mengetahui pengaruh perubahan dasar saluran (Agiadasi dan Degradas) akibat pergerakan sedimen.</p>	<p>debit ketiga (Q_3) $0,0071 \text{ m}^3/\text{det}$</p> <p>$\sigma > c$ maka butiran rata-rata sedimen dikatakan U^* = kecepatan geser bergerak. kedalaman variasi debit,</p> <p>sangat dipengaruhi oleh gerusan yang terjadi, semakin besar semakin besar pula gerusan yang terjadi.</p> <p>$U^* = \frac{V}{D}$</p> <p>$V = \text{viskositas (m}^2/\text{dt)}$</p> <p>$D = \text{kedalaman aliran (m)}$</p> <p>$g = \text{gravitasi (m}/\text{dt}^2)$</p> <p>$h = \text{kedalaman aliran (m)}$</p> <p>$I = \text{kemiringan saluran}$</p> <p>$\sigma = \text{tegangan geser (kg}/\text{m}^2)$</p> <p>$g = \text{gravitasi (m}/\text{dt}^2)$</p> <p>$w = \text{berat jenis air (kg}/\text{m}^3)$</p> <p>$D = \text{kedalaman saluran (m)}$</p> <p></p>
3	Suhartono, Winda Harsanti, Suselo Utoyo Gerigi	Pengaruh Perubahan Debit Terhadap Angkutan Sedimen Pada Ambang Gerigi	<p>1.Untuk mengetahui pengaruh pergerakan sedimen (tegangan geser dasar)</p> <p>2.Mengukur kecepatan dan tinggi muka air pada saluran</p>	<p>Hasil dari perbandingan terakhir dilakukan pada debit maksimum untuk masing - masing ambang. Pada Apabila tinggi sedimen pada percobaan ambang</p> <p>$Q : \text{debit aliran (m}^3/\text{dt)}$</p> <p>$A : \text{luas penampang melintang saluran (m}^2)$</p> <p>$V : \text{kecepatan aliran (m}/\text{dt})$</p> <p>$p : \text{banyaknya putaran}$</p> <p></p>

4	<p>Adi Daning Pangetsu, Sri Amini Yuni Astuti</p> <p>Studi Gerusan di Hilir Bendung Kolam Olak Tipe Vloughter Dengan Perlindungan Groundsill</p>	<p>1. Mengetahui karakteristik aliran di hilir bendung.</p> <p>2. Mengetahui pola gerusan di hilir bendung.</p> <p>3. Mengetahui perbandingan pola gerusan di hilir bendung tanpa adanya pengaman <i>groundsill</i> dengan pola gerusan di hilir bendung dengan adanya pengaman <i>groundsill</i>.</p> <p>4. Mengetahui jarak</p> <p>tajam (1390,85 cm³/dt) dibandingkan dengan tinggi sedimen pada ambang gerigi (152,76 cm³/dt). Secara umum, ambang gerigi masih memiliki kemampuan yang lebih bagus dalam mengalirkan sedimen pada hulu ambang.</p> <p>Variasi debit aliran sangat berpengaruh terhadap gerusan yang terjadi di hilir bendung. Semakin besar debit aliran semakin besar pula kedalaman gerusan yang terjadi di hilir bendung. Dari percobaan pengaliran selama 60 menit, kedalaman gerusan pada semua variasi debit terus meningkat seiring berjalannya waktu dan</p>

$$T^o = \text{tegangan geser dasar sungai} (N/m^2)$$

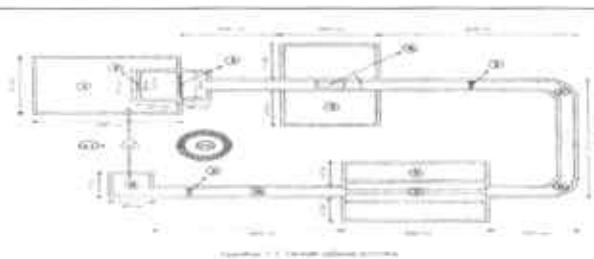
$$\rho = \text{massa jenis air}, g = \text{percepatan gravitasi},$$

$$h = \text{kedalaman aliran (m)}, \text{ dan}$$

$$I = \text{kemiringan saluran.}$$

$$Fr = \text{angka Froude, } v = \text{kecepatan aliran rata-rata (m/s), } g = \text{percepatan gravitasi, }$$

$$D = \text{kedalaman hidraulik (m).}$$

5	Ign. Sutyas Aji, Maraden S	<p>Loncatan Air Pada Saluran Miring Terbuka Dengan Variasi Panjang Kolam Olakan</p> <p>untuk menyelidiki gerak loncatan air pada saluran miring ketika memperbaiki penggunaan ambang/sekat, dan melihat perbandingan karakteristik aliran dan loncatan air pada kolam olak yang dilengkapi sekat terhadap kolam olak yang tidak dilengkapi sekat.</p> <p>Sekat ambang datar dapat menaikkan tinggi muka air di hilir kolam olak dan memperpendek loncatan air pada bendung dan efektif meredam energi aliran. Panjang loncatan air yang dihasilkan secara umum memenuhi hasil perhitungan loncatan air menggunakan rumus empiris USBR.</p> <p>Keefekutan penggunaan sekat ambang pada sekat berbagai variasi Q dan LB tercapai pada sekat berukuran 3×3 cm. Bendung beserta sekat ambang ditar dalam saluran terbuka dapat menunjukkan loncatan optimal pengaman <i>groundslill</i>.</p>	<p>mulai pada keadaan seimbang (<i>equilibrium</i>) ketika memasuki menit ke 50.</p> <p>$F_f =$ angka froude, $V =$ kecepatan aliran (cm/det), $G =$ gravitasi (cm/det^2), $H =$ kedalaman aliran(m) $X =$ jarak antara sekat dengan awal loncatan, $y_3 =$ ketinggian muka air di hilir sekat, $y_2 =$ ketinggian maksimal loncat hidrolik, dan $h =$ tinggi sekat.</p> 

6	Muh Hayat Sainuddin, Reski Martina Pengaruh Bentuk Mercu Bendung Tipe Ogee Terhadap Gerusan di Hilir Peredam Energi USBR III (Simulasi Laboratorium)	<p>air yang tampak dengan terjadinya aliran subkritis dan superkritis</p> <p>1. Untuk mengetahui pengaruh perubahan bentuk mercu bendung tipe ogee terhadap karakteristik aliran.</p> <p>2. Untuk mengetahui pengaruh perubahan bentuk mercu bendung tipe ogee terhadap kedalaman gerusan</p> <p>Pada hasil data penelitian pada bahwasan gerusan setiap bangunan mercu bendung tipe ogee menunjukkan kedalaman gerusan yang berbeda di setiap bangunannya. Dimana mercu bendung ogee tipe I kedalaman gerusan rata-rata gerusan yaitu 1,78 cm. Pada bangunan bentuk mercu bendung ogee tipe II kedalaman gerusan rata-rata kedalaman</p> <p>$Q = \text{Debit pengaliran}$ (m^3/dt) $C_d = \text{Koefisien debit } 10$ $G = \text{Gravitasi } (9,8 \text{ m/dt}^2)$ $H_l = \text{Tinggi muka air dasar}$ $R_o = \text{Reynolds}$ $L = \text{Panjang karakteristik aliran (m).}$ $R = \text{Jari-jari hidrolik saluran}$ $v = \text{Kekentalan kinematik } (\text{m}^2/\text{det})$</p>



gerusannya yaitu 1.38 cm. Pada bangunan bentuk mercu bendum ogee tipe III kedalaman

gerusan rata-rata kedalaman gerusannya yaitu 1.20 cm. Dari hasil tersebut maka

disimpulkan bahwa kedalaman gerusan terbesar terjadi di bangunan bentuk mercu bendum ogee tipe I dan

kedalaman gerusan terendah terjadi di bangunan bentuk mercu bendum ogee III.

pada saluran muka air bebas $L = R$

7

Denik Sri Krisnayanti,
Very Dermawan,
M. Sholichin,
Suhardjono,
Dian Noorvy
Khaerudin

Bendung Bertangga
Sebagai Alternatif
Pada Perencanaan
Bangunan Irigasi

untuk menganalisis
perilaku hidraulik
bendung bertangga pada
kondisi aliran lengkap,
parameter terpenting
yang bisa diambil adalah
jumlah anak tangga yang
berpengaruh terhadap
kehilangan energi.

Panjang anak tangga
yang lebih besar
menyebabkan rusakan
yang terjadi di bawah
airan dasar semu
memiliki waktu tinggal
yang lebih lama
dibandingkan bendung
bertangga 0° . Hal ini
yang mengakibatkan
oksigen terlarut pada
saat $q > 300 \text{ cm}^2/\text{det}$

untuk bendung
bertangga 0° tidak
berpengaruh besar
terhadap penurunan

badan DO
dalam DO
Untuk bertangga
berpengaruh besar
terhadap penurunan

$$\Delta E = \text{kehilangan tinggi energi};$$

$$E_1 = \text{tinggi energi di kaki pelimpah};$$

$$E_2 = \text{tinggi energi di hulu pelimpah};$$

$$y_1 = \text{kedalaman air di kaki pelimpah}$$

$$y_2 = \text{kedalaman air di kaki pelimpah setelah loncatan hidraulik};$$

$$y_2 = \text{kedalaman air di kaki pelimpah setelah loncatan hidraulik}$$

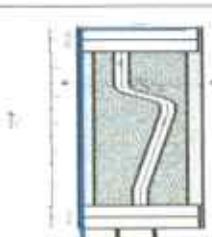
$$f = \text{faktor gesekan Darcy - Weisbach};$$

$$0 = \text{tegangan geser};$$

$$\rho w = \text{berat jenis air bersih};$$

$$vw = \text{kecepatan aliran pada pelimpah anak tangga}$$



8	Jeni Paresa	Studi Pengaruh Krib Hulu Tipe Impermeabel Pada Gerusan Di Belokan Sungai (Studi Kasus Panjang Krib 1/10 Dan 1/5 Lebar Sungai)	<p>1. Pengaruh pemasangan krib impermeabel di hulu terhadap pengurangan gerusan yang terjadi di belokan sungai</p> <p>2. Menentukan hubungan antara debit aliran sungai, waktu pengaliran dan panjang krib impermeabel di hulu terhadap pengurangan gerusan yang terjadi di belokan sungai.</p>	<p>Dari analisis penelitian pengaruh waktu terhadap volume gerusan dan pengaruh panjang krib dengan kekentalan dalam grafik dan memperhatikan pengurangan volume gerusan paling minimum terjadi pada krib dengan panjang 1/5 lebar sungai</p> <p>$y_0 = \text{kedalaman aliran}$</p> <p>$g = \text{gravitasi bumi}$</p> <p>$(m^2/dt)^2$</p> <p>$m^2/dt$</p> <p>$F_r = \text{bilangan Froude}$</p> <p>$\Delta h = \text{perubahan loncatan air}$</p> <p>$(m/det)$</p> <p>$R_s = \text{panjang karakteristik (m)}$.</p> <p>$\text{kinematik} = 10-6$</p>	<p>$U_0 = \text{kecepatan aliran}$ (m/dt),</p> <p>$R_s = \text{panjang karakteristik (m)}$.</p> 
---	-------------	---	---	---	---

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

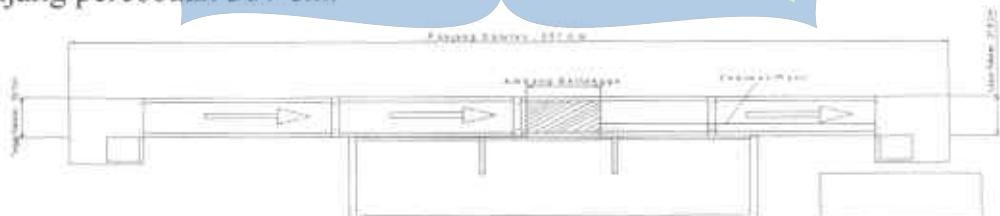
Lokasi penelitian ini bertempat di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, penelitian dilakukan selama continue.

B. Metode Pengambilan Data

Pada penelitian ini akan menggunakan data primer yakni data yang didapatkan dari pemodelan fisik di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

C. Model Saluran

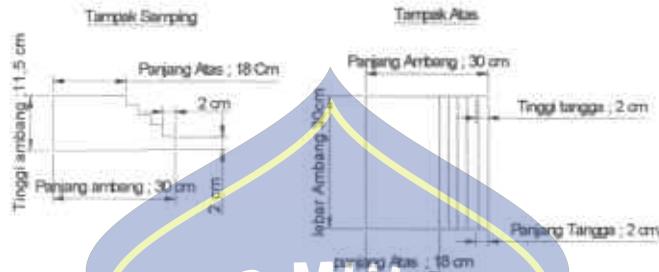
Penelitian ini menggunakan saluran flume yang mempunyai bentuk penampang persegi panjang dengan lebar 27,9 cm, tinggi 29 cm, dan panjang percobaan 367 cm.



Gambar 6. Model saluran flume dengan penampang berbentuk persegi panjang

D. Model Ambang bertangga.

Penelitian ini menggunakan model ambang berbentuk tangga dengan tinggi ambang 11,5 cm, lebar ambang 30 cm, panjang ambang 30 cm, tinggi anak tangga 2 cm, dan panjang anak tangga 3 cm. Ambang diletakkan di tengah saluran.



Gambar 7. Model Ambang bertangga

E. Model Ambang lebar

Penelitian ini menggunakan model ambang lebar dengan tinggi ambang 11,5 cm panjang atas 18 cm, panjang ambang 30 cm. Ambang diletakkan di tengah saluran.



Gambar 8. Model Ambang lebar

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) Meteran
- 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 diukur.
- h) Komputer, printer dan scanner digunakan untuk membantu dalam menganalisa data.
- i) Ember
- j) Selang air
- k) Bak penampung air dan bak sirkulasi

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 variabel 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 (A)

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_s (m)

H. Prosedur Penelitian

Dalam prosedur ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Hidupkan mesin air, atur aliran dengan bukaan aliran 30° , 60° , 90° .

2. Pada setiap bukaan aliran dilakukan 3 kali running dimana pada waktu

5 menit, 10 menit,dan 15 menit

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 kedalaman gerusan yang terjadi pada hilir saluran.
 6. Ukur kedalaman gerusan pada setiap setelah running di setiap titik.
 7. Lakukan proses pengambilan data pada setiap bangunan bentuk ambang bertangga.
 8. Mencatat data-data penelitian yang perlu di perhitungkan
 9. 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)

Untuk menghitung debit aliran digunakan rumus

$$Q = A \times V \quad \dots \text{RPI} \dots \text{VIE} \quad (9)$$

- ## 2. Kecepatan aliran (m/det)

Untuk menghitung kecepatan aliran digunakan rumus :

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

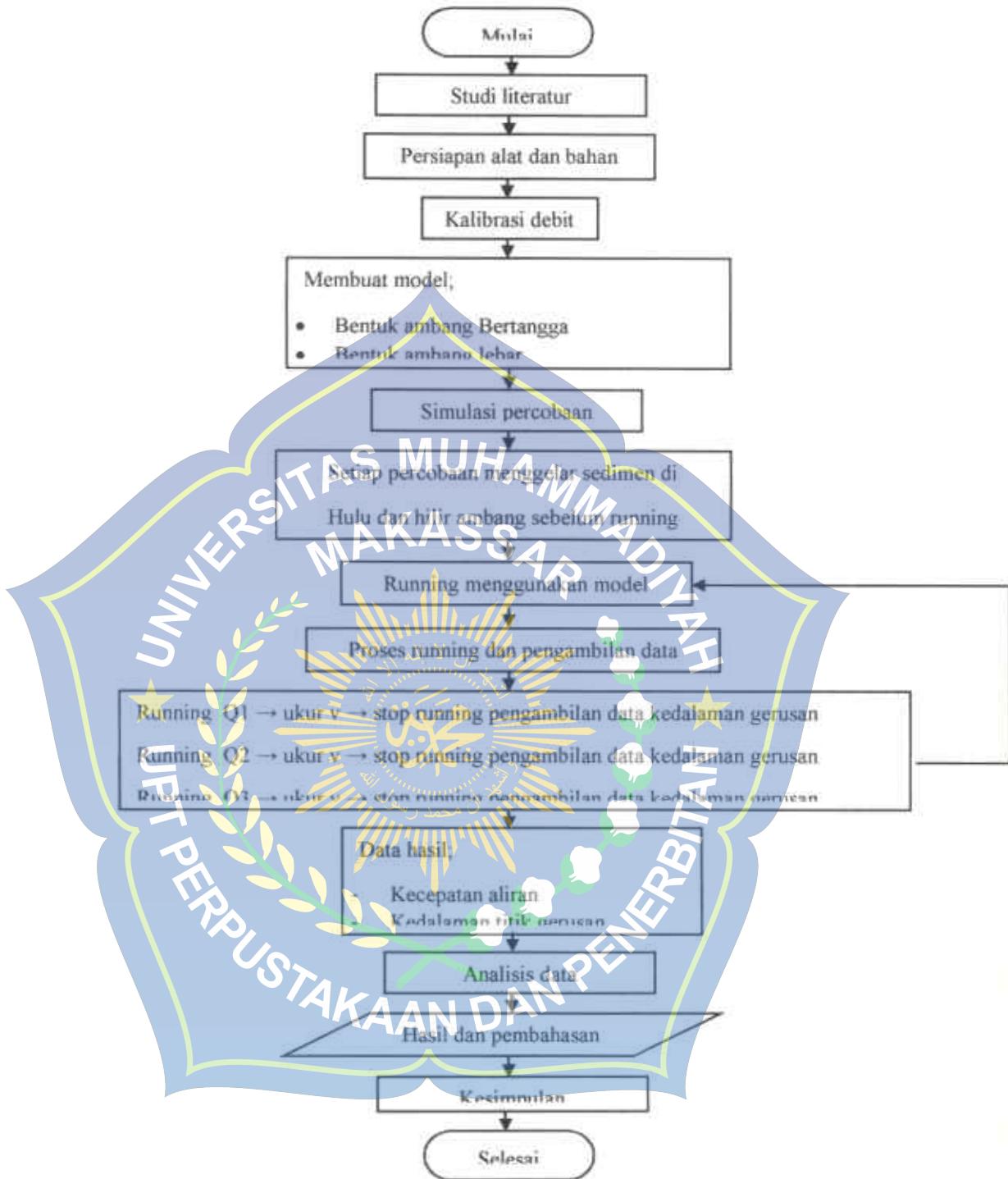
- ### 3. Bilangan Reynolds (Re)

Untuk menghitung bilangan Reynold digunakan rumus :

4. Bilangan Froude (Fr)



J. Flow Chart Penelitian



Gambar 9. Flowchart penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

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

B. 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 dan waktu yang di gunakan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Ambang bertangga variasi debit Q1

Q	No Patok	Kec. Aliran	Tinggi Muka Air	Froude	Ket
		V	h	(Fr)	
Q1 0,00101	1	0,800	0,006	3,221	Super Kritis
	2	0,750	0,006	3,091	Super Kritis
	3	0,667	0,006	2,807	Super Kritis
	4	0,567	0,005	2,517	Super Kritis
	5	0,450	0,004	2,226	Super Kritis

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 3. Ambang lebar variasi debit Q1

Q	No Patok	Kec. Aliran	Tinggi Muka Air	Froude	Ket
		V	h	(Fr)	
Q1 0,00112	1	0,858	0,007	3,315	Super Kritis
	2	0,767	0,006	3,161	Super Kritis
	3	0,675	0,006	2,822	Super Kritis
	4	0,633	0,006	2,727	Super Kritis
	5	0,483	0,004	2,492	Super Kritis

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 10. Hubungan antara kecepatan dan bilangan Froude pada ambang bertangga dan ambang lebar variasi debit Q1

Tabel 4. Ambang bertangga variasi debit Q2

Q	No Patok	Kec. Aliran	Tinggi Muka Air			Ket
			V	h	Froude (Fr)	
Q2 0,00103	1	0,850		0,006	3,243	Super Kritis
	2	0,750		0,006	3,009	Super Kritis
	3	0,650		0,006	2,717	Super Kritis
	4	0,550		0,005	2,504	Super Kritis
	5	0,433		0,004	2,143	Super Kritis

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 5. Ambang lebar variasi debit Q2

Q	No Patok	Kec. Aliran	Tinggi Muka Air			Ket
			V	h	Froude (Fr)	
Q2 0,00129	1	0,883		0,007	3,369	Super Kritis
	2	0,817		0,007	3,154	Super Kritis
	3	0,733		0,006	2,942	Super Kritis
	4	0,625		0,006	2,613	Super Kritis
	5	0,517		0,006	2,224	Super Kritis

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 11. Hubungan antara kecepatan dan bilangan Froude pada ambang bertangga dan ambang lebar variasi debit Q2

Tabel 6. Ambang bertangga variasi debit Q3

Q	No Patok	Kec. Aliran	Tinggi Muka Air	Froude	Ket
		V	h	(Fr)	
Q3 0,00112	1	0,883	0,007	3,351	Super Kritis
	2	0,767	0,006	3,076	Super Kritis
	3	0,667	0,006	2,787	Super Kritis
	4	0,567	0,005	2,477	Super Kritis
	5	0,467	0,004	2,263	Super Kritis

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 7. Ambang lebar variasi debit Q3

Q	No Patok	Kec. Aliran	Tinggi Muka Air h	Froude (Fr)	Ket
Q3 0,00152	1	0,992	0,008	3,558	Super Kritis
	2	0,867	0,007	3,231	Super Kritis
	3	0,783	0,007	3,025	Super Kritis
	4	0,667	0,006	2,675	Super Kritis
	5	0,583	0,006	2,439	Super Kritis

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 12. Hubungan antara kecepatan dan bilangan Froude pada ambang bertangga dan ambang lebar variasi debit Q3

2. Perhitungan Bilangan Reynold

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

Tabel 8. 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	$10^{-7} \text{ m}^2/\text{det}$

Sumber : (Mardjikoen, 1987)

Tabel 9. Ambang bertangga variasi debit QI

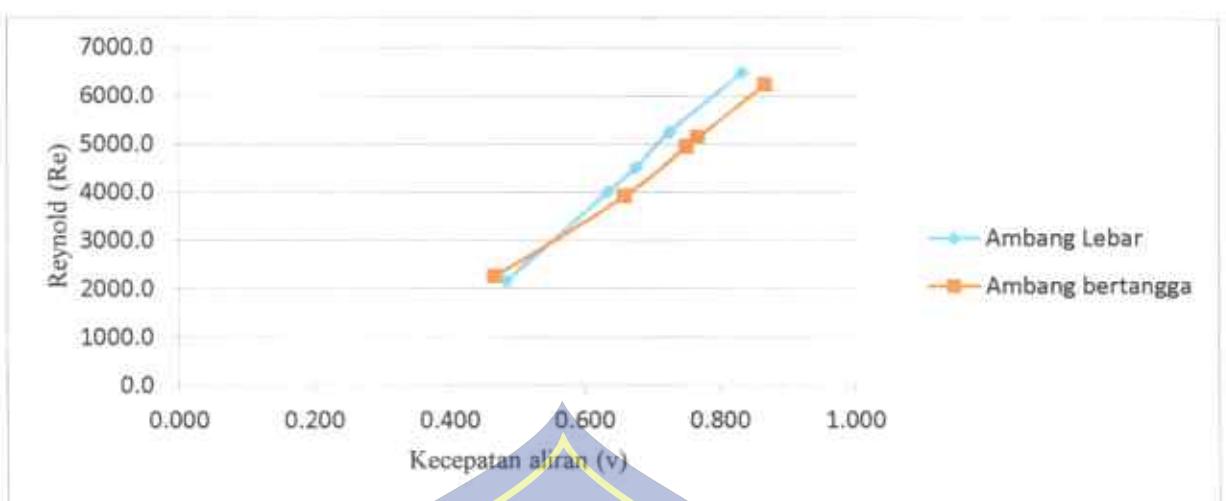
Q	No Patok	Kec. Aliran	Jari-Jari hidrolis	Reynold	Ket
		V	R	(Re)	
Q1	1	0,800	0,006	5757,3	transisi
	2	0,750	0,006	5023,2	transisi
	3	0,667	0,006	4403,8	transisi
	4	0,567	0,005	3377,1	transisi
	5	0,450	0,004	2177,8	transisi

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 10. Ambang lebar variasi debit QI

Q	No Patok	Kec. Aliran	Jari-Jari hidrolis	Reynold	Ket
		V	R	(Re)	
Q1	1	0,858	0,007	6688,6	turbulen
	2	0,767	0,006	5556,1	turbulen
	3	0,675	0,006	4521,1	turbulen
	4	0,633	0,005	4008,8	turbulen
	5	0,483	0,004	2157,0	turbulen

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 13. Hubungan antara kecepatan dan bilangan Reynold pada ambang bertangga dan ambang lebar variasi debit Q1

Tabel 11. Ambang bertangga variasi debit Q2

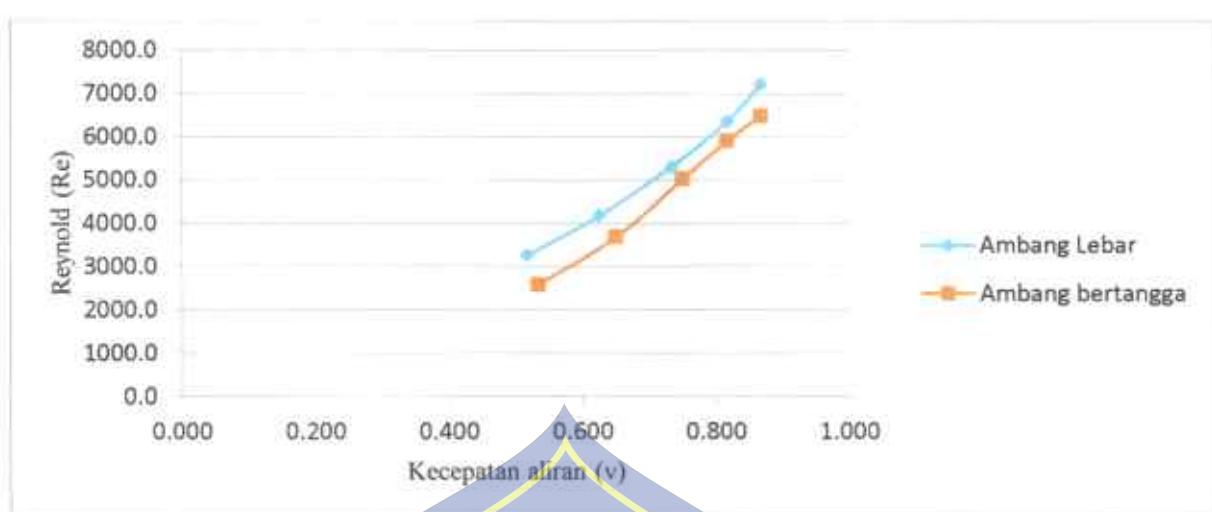
Q	No Patok	Kec. Aliran	Jari-Jari hidrolis	Reynold		Ket
				V	R	
Q2	1	0,850	0,006		6194,7	transisi
	2	0,750	0,006		5435,1	transisi
	3	0,650	0,006		4353,4	transisi
	4	0,550	0,005		3124,5	transisi
	5	0,433	0,004		2097,1	transisi

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 12. Ambang lebar variasi debit Q2

Q	No Patok	Kec. Aliran	Jari-Jari hidrolis	Reynold		Ket
				V	R	
Q2	1	0,883	0,007		7362,0	turbulen
	2	0,817	0,007		6363,9	turbulen
	3	0,733	0,006		5314,6	turbulen
	4	0,625	0,006		4186,2	turbulen
	5	0,517	0,005		3270,3	turbulen

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 14. Hubungan antara kecepatan dan bilangan Reynold pada ambang bertangga dan ambang lebar variasi debit Q2

Tabel 13. Ambang bertangga variasi debit Q3

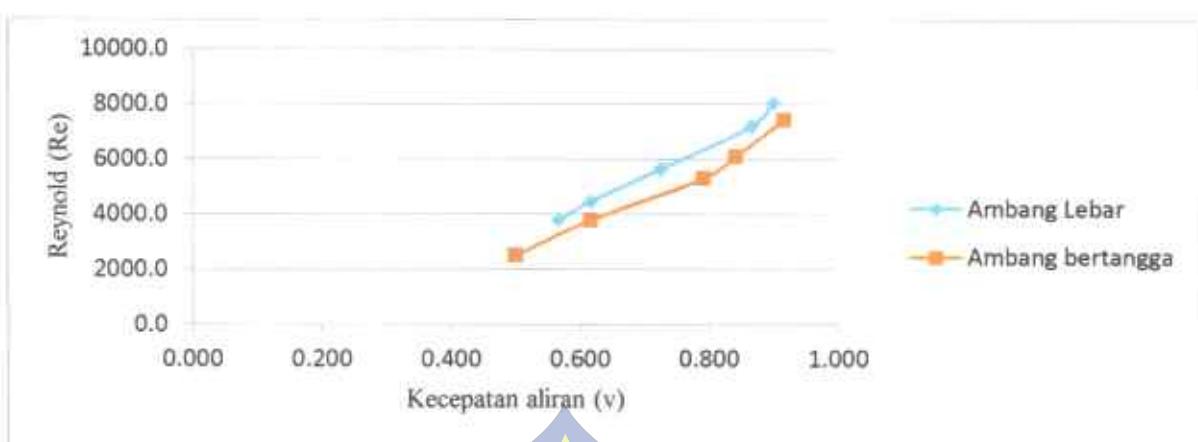
Q	No Patok	Kec. Aliran	Jari-Jari hidrolis	Reynold		Ket
				V	R	
Q3	1	0,883 0,767 0,667 0,567 0,467	0,007 0,006 0,006 0,005 0,004	7167,9 5555,8 4465,1 3482,0 2346,0	turbulen transisi transisi transisi transisi	
	2					
	3					
	4					
	5					

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 14. Ambang lebar variasi debit Q3

Q	No Patok	Kec. Aliran	Jari-Jari hidrolis	Reynold		Ket
				V	R	
Q3	1	0,992 0,867 0,783 0,667 0,583	0,007 0,007 0,007 0,006 0,006	8887,0 7223,1 6104,2 4831,4 3907,1	turbulen turbulen turbulen turbulen turbulen	
	2					
	3					
	4					
	5					

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 15. Hubungan antara kecepatan dan bilangan Reynold pada ambang bertangga dan ambang lebar variasi debit Q3

3. 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 yang merupakan rata-rata ketinggian air untuk setiap simulasi yang dilakukan.

4. Debit Aliran

Perhitungan debit aliran diperoleh dengan menggunakan data parameter-parameter hasil pengamatan, hasilnya terlihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 15. Perhitungan debit aliran pada Ambang Bertangga

Uraian	Kecepatan Aliran	Luas Penampang Basah	Debit
	(m/dtk)	(m ²)	(m ³ /dtk)
	V	A	Q (V*A)
Q1	0,800	0,002	0,00140
	0,750	0,002	0,00122
	0,667	0,002	0,00107
	0,567	0,001	0,00082
	0,450	0,001	0,00052
Q2	0,850	0,002	0,00151
	0,750	0,002	0,00133
	0,650	0,002	0,00106
	0,550	0,001	0,00075
	0,433	0,001	0,00050
Q3	0,883	0,002	0,00176
	0,767	0,002	0,00135
	0,667	0,002	0,00109
	0,567	0,001	0,00084
	0,467	0,001	0,00056

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 16. Perhitungan debit aliran pada Ambang Lebar

Uraian	Kecepatan Aliran	Luas Penampang Basah	Debit
	(m/dtk)	(m ²)	(m ³ /dtk)
	V	A	Q (V*A)
Q1	0,858	0,002	0,00164
	0,767	0,002	0,00135
	0,675	0,002	0,00110
	0,633	0,002	0,00097
	0,483	0,001	0,00052
Q2	0,883	0,002	0,00181
	0,817	0,002	0,00156
	0,733	0,002	0,00130
	0,625	0,002	0,00102
	0,517	0,002	0,00079
Q3	0,992	0,002	0,00219
	0,867	0,002	0,00177
	0,783	0,002	0,00149
	0,667	0,002	0,00118
	0,583	0,002	0,00095

C. Perubahan Dasar

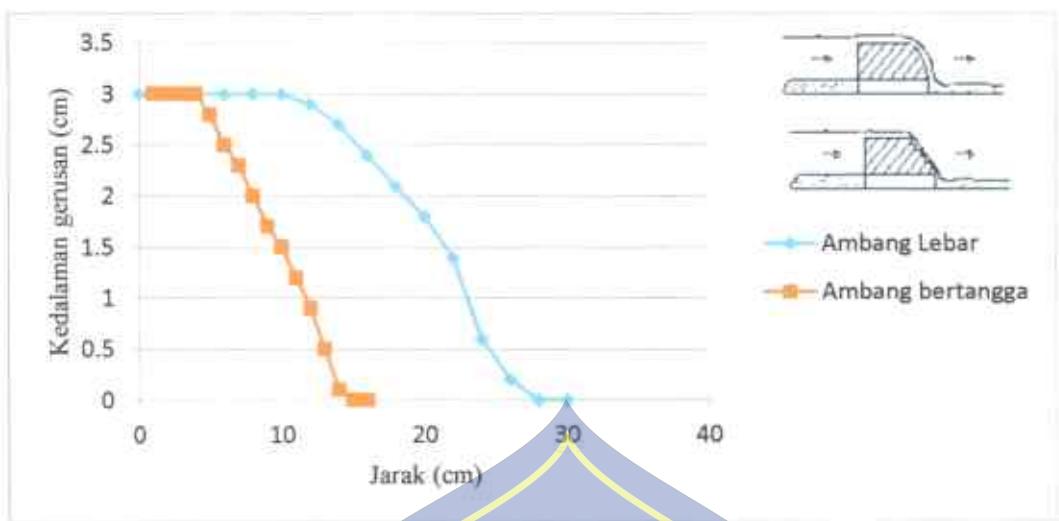
1. Perhitungan kedalaman gerusan

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan maka dapat dibuat tabel hubungan kedalaman gerusan dengan jarak tergerus dalam waktu 15 menit sebagai berikut :

Tabel 17. Kedalaman gerusan yang terjadi pada ambang bertangga dan ambang lebar.

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

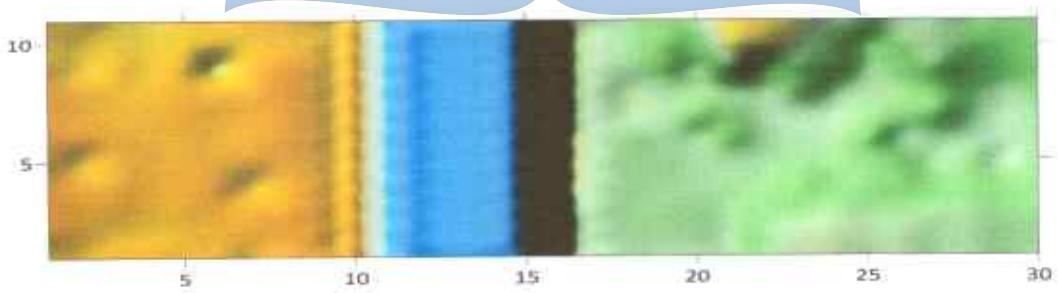
Berdasarkan tabel diatas maka dapat diperoleh grafik sebagai berikut :

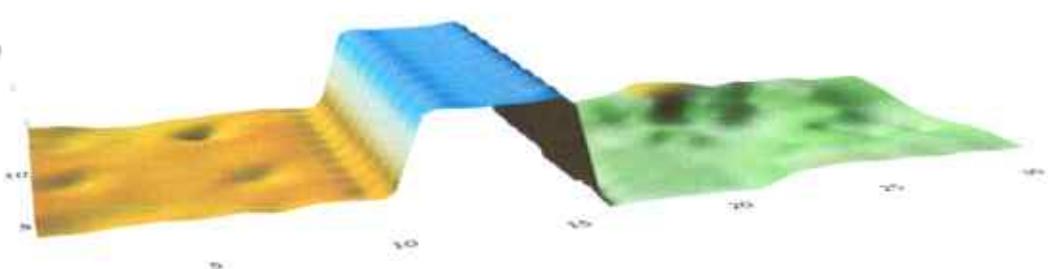


Gambar 16. Grafik hubungan kedalam gerusan dengan jarak tergerus pada ambang bertangga dan ambang lebar.

Pada gambar 16 di atas menunjukkan perbandingan gerusan pada model ambang. Pada ambang lebar kedalaman gerusan 2,01 sedangkan ambang bertangga 1,72.

Pada ambang lebar, ini diakibatkan oleh tekanan air yang cukup kuat sehingga terjadi gerusan yang cukup besar. Sedangkan pada ambang bertangga kedalaman gerusan lebih kecil dibandingkan ambang lebar, karena pada saat terjadi percepatan aliran di hulu ambang, ambang bertangga berfungsi untuk memperkecil percepatan aliran dan meredam kecepatan aliran untuk mengurangi terjadinya gerusan di hilir ambang.





Gambar 17. Topografi gerusan pada ambang lebar dengan waktu pengaliran 15 menit.



Gambar 18. Topografi gerusan pada ambang bertangga dengan waktu pengaliran 15 menit.

Berdasarkan gambar 17:18 dapat dilihat perbedaan pola dan kedalaman yang terjadi antara ambang bertangga dan ambang lebar.

Terjadinya gerusan pada ambang bertangga dan ambang lebar. Gerusan di sekitar ambang (hulu), yang dimana sisi sebelah kiri yang berwarna kuning, kemudian gerusan yang berwana biru itu adalah ambang yang kami pakai dengan ketinggian ambang yaitu 11,5 cm, sedangkan

gerusan yang terjadi pada sisi sebelah kanan ambang (hilir) yaitu berwarna hijau.

Pada ambang lebar, ini diakibatkan oleh tekanan air yang cukup kuat sehingga terjadi gerusan yang membentuk lubang kearah sisi-sisi ambang dengan kedalaman yang berbeda. Formasi pusaran air ini merupakan hasil dari penumpukan air pada hulu dan akselerasi aliran di sekitar bagian depan ambang. Pada bidang vertikal simetris, aliran di bagian hilir ambang menurun dari permukaan mencapai nol/di dasar.

Sedangkan pada ambang bertangga kedalaman gerusan lebih kecil dibandingkan ambang lebar, karena pada saat terjadi percepatan aliran di hulu ambang, ambang bertangga berfungsi untuk memperkecil percepatan aliran dan mengurangi terjadinya gerusan di hilir ambang.

Terjadinya perbedaan perubahan pola dasar di sekitar ambang lebar dan ambang bertangga. Gerusan di sekitar ambang lebar dimulai dari depan (hulu) ambang dengan kedalaman gerusan -0,9 cm, menuju sisi kanan -1,4 cm, sisi kiri 0,8 cm dan belakang (hilir) ambang 2,01 cm.

Sedangkan ambang bertangga dimulai dari depan (hulu) ambang dengan kedalaman gerusan -0,4 cm, menuju sisi kanan -0,9 cm, sisi kiri pilar 0,3 cm dan belakang (hilir) ambang 1,72 cm.

D. Pembahasan

1. Hubungan bentuk ambang dan karakteristik aliran

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

Dimana pada ambang lebar memiliki karakteristik aliran turbulen.

Sedangkan ambang bertangga memiliki karakteristik aliran transisi.

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 dengan dua variasi, ambang pertama ambang lebar, dan kedua ambang bertangga.

Dari dua variasi ambang memperlihatkan hasil kedalaman gerusan tertinggi terjadi pada ambang lebar dengan rata-rata kedalaman gerusan yaitu 2,01 cm/menit. Sedangkan kedalaman gerusan terendah terjadi pada ambang bertangga dengan rata-rata kedalaman gerusan yaitu 1,72 cm/menit.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada hasil pembahasan diketahui bahwa pengaruh perbedaan ambang menunjukkan karakteristik aliran yang berbeda. Dimana pada ambang lebar terjadi aliran turbulen dan pada ambang bertangga terjadi aliran transisi. Dari hasil tersebut maka disimpulkan bahwa karakteristik aliran pada ambang lebar memiliki kecepatan, lebih tinggi ($V = 1,3$ m/dtk) dari pada ambang bertangga ($V = 0,9$ m/dtk).
2. Pada hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh pada masing-masing ambang menunjukkan kedalaman gerusan yang berbeda. Dimana pada ambang lebar dengan kedalaman gerusan rata-rata yaitu 2,01 cm dan pada ambang bertangga dengan kedalaman gerusan rata-rata yaitu 1,72 cm, atau dapat disimpulkan bahwa kedalaman gerusan ambang lebar lebih besar dari pada ambang bertangga.

B. Saran

Dari pengalaman pada penelitian ini penulis memberikan saran-saran untuk penelitian lebih lanjut, yaitu:

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

- Abdurrosyid, Jaji. (2005). Jurnal Ilmiah Jurusan Teknik Sipil. *Gerusan Di Hilir Kolam Olak*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Fitriana Nur. *Anlisis Gerusan Di Hilir Bendung Tipe Vlugter (Uji Mode Laboratorium) (Jurnal)* Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya .
- Gaffar Farida, Indriyanti, dan Latif Fauziah. 2020. *Studi Perubahan Dasar Sungai Akibat Kenaikan Muka Air Di Hilir Sungai Jenelata Kab.Gowa (Jurnal)* Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Golden Software. 2002. *Surfer: User Guide Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers*. Golden Software, Inc Press: Colorado.
- Krisnayanti Sri Denik Dermawan Very, Sholichin M, Suhardjono, dan Khaerudin Noorvy Dian. 2017. *Bendung Bertangga Sebagai Alternatif Pada Perencanaan Bangunan Irigasi (Jurnal)* Universitas Tribuawana Tunggadewi.
- Latif Fauziah, Said Muhammad, Amalia Risky Astuti. 2019. *Studi pergerakan sedimen akibat fluktuasi debit pada saluran terbuka (uji Laboratorium)*, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia.
- Pangestu Daning Adi, Astuti Yuni Amini Sri. *Studi Gerusan Di Hilir Bendung Kolam Olak Tipe vlugter dengan perlindungan groundsill (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.
- Sainuddin Hayat Muh, dan Martina Rezky. *Pengaruh Bentuk Mercu Bendung Tipe Ogee Terhadap Gerusan Pada Hilir Peredam Energi Usrb III (Simulasi Laboratorium) (Jurnal)* Universitas Muhammadiyah Makassar.
- S hanwar, 1999, *Gerusan lokal di sekitar abutmen jembatan*. Tesis. Yogyakarta: PPS UGM

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 Offset.

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

Triatmojo, B. (2012). *Hidraulika II* Yogyakarta: Beta Offset.

Triatmojo, B. (2013). *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta Offset.

Wisafri, Indra Agus, Apwiddhal. (2014). Jurnal Teknik Sipil. *Studi Kedalaman Dan Pola Gerusan Lokal Yang Terjadi Dihilir Bendung Dengan Kolam Olak Tipe Bucket Dan Usbr Iii*, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang Hal 57-68.



L

A

M



N

Dokumentasi Lapangan



JUDUL

: Pengaruh Ambang Bertangga Terhadap Perubahan Dasar di Hilir
Ambang Pada Saluran Terbuka

PENELITI

: Nurul Cahyati
Fathahillah Amrun

LOKASI PENELITIAN : LABORATORIUM TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH MAKASSAR

Ambang Bertangga

T = 28°C

No	Letak titik	t (detik)	v(m/det)	h (m)	Lebar Penampang (b) (m)	Luas Penampang (m ²)	Debit Penampang (q) (m ³ /det)
			1 2 3 4 Rata-rata	1 2 3 4 Rata-rata	1 2 3 4 Rata-rata	1 2 3 4 Rata-rata	1 2 3 4 Rata-rata
1	titik 1	600 1200 1800	0,8 0,8 0,8 Rata-rata	0,800 0,800 0,800 0,800 Rata-rata	0,006 0,007 0,007 0,006 Rata-rata	0,006 0,007 0,007 0,006 Rata-rata	0,002 0,002 0,002 0,00140 Rata-rata
2	titik 2	600 1200 1800	0,8 0,8 0,8 Rata-rata	0,775 0,775 0,775 0,775 Rata-rata	0,006 0,006 0,006 0,006 Rata-rata	0,006 0,006 0,006 0,006 Rata-rata	0,002 0,002 0,002 0,00122 Rata-rata
3	titik 3	600 1200 1800	0,7 0,7 0,7 Rata-rata	0,750 0,750 0,750 0,750 Rata-rata	0,005 0,005 0,005 0,005 Rata-rata	0,006 0,006 0,006 0,006 Rata-rata	0,002 0,002 0,002 0,00107 Rata-rata
4	titik 4	600 1200 1800	0,6 0,6 0,6 Rata-rata	0,667 0,667 0,667 0,667 Rata-rata	0,006 0,006 0,006 0,006 Rata-rata	0,006 0,006 0,006 0,006 Rata-rata	0,002 0,002 0,002 0,00082 Rata-rata
5	titik 5	600 1200 1800	0,5 0,5 0,4 Rata-rata	0,567 0,567 0,567 0,567 Rata-rata	0,005 0,005 0,005 0,005 Rata-rata	0,005 0,005 0,005 0,005 Rata-rata	0,001 0,001 0,001 0,00052 Rata-rata

No	Letak titik	t (detik)	Vi(m/det)				h (m)				ket. Rata- rata	h (rata- rata) (m)	Lebar g (m)	Luas Penampang (m ²)	Debit Penampang (m ³ /det)		
			1	2	3	4	1	2	3	4							
1	titik 1	600	0,9	0,9	0,9	0,9	0,900	0,006	0,007	0,007	0,006	0,007	0,279	0,002	0,00151		
		1200	0,9	0,8	0,8	0,9	0,850	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006					
		1800	0,8	0,8	0,8	0,8	0,800	0,006	0,007	0,007	0,006	0,007					
		Rata-rata				0,850	Rata-rata				Rata-rata				0,006		
		600	0,8	0,8	0,8	0,8	0,800	0,006	0,007	0,007	0,006	0,007					
2	titik 2	1200	0,8	0,7	0,7	0,7	0,750	0,006	0,007	0,007	0,006	0,007	0,279	0,002	0,00133		
		1800	0,7	0,7	0,7	0,7	0,700	0,006	0,006	0,006	0,006	0,007					
		Rata-rata				0,750	Rata-rata				Rata-rata				0,006		
		600	0,7	0,7	0,7	0,7	0,700	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006					
		1200	0,7	0,6	0,6	0,7	0,650	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006					
3	titik 3	1800	0,6	0,6	0,6	0,6	0,600	0,006	0,005	0,005	0,005	0,006	0,279	0,002	0,00106		
		Rata-rata				0,650	Rata-rata				Rata-rata				0,006		
		600	0,6	0,6	0,6	0,6	0,600	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005					
		1200	0,6	0,5	0,5	0,5	0,550	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005					
		1800	0,5	0,5	0,5	0,5	0,500	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005					
4	titik 4	Rata-rata				0,550	Rata-rata				Rata-rata				0,279		
		600	0,5	0,4	0,4	0,5	0,450	0,005	0,004	0,004	0,005	0,005					
		1200	0,5	0,4	0,4	0,5	0,450	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004					
		1800	0,4	0,4	0,4	0,4	0,400	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004					
		Rata-rata				0,433	Rata-rata				Rata-rata						

No	Letak titik	t (detik)	V(m/det)				h (m)				h (rata-rata) (m)	Lebar (b) (m)	Luas Penampang (m²)	Debit Penampang (l/s)
			1	2	3	4	Rata-rata	1	2	3				
600	titik 1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,900	0,006	0,008	0,007	0,007			
1200	titik 1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,900	0,006	0,008	0,007	0,007	0,279	0,002	0,00176
1800	titik 1	0,8	0,9	0,9	0,8	0,850	0,005	0,006	0,008	0,007	0,007			
			Rata-rata				0,883							
600	titik 2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,800	0,005	0,007	0,007	0,006	0,007		
1200	titik 2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,800	0,005	0,007	0,007	0,006	0,007	0,279	0,002
1800	titik 2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,700	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006		
			Rata-rata				0,762							
600	titik 3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,700	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006		
1200	titik 3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,700	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,279	0,002
1800	titik 3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,600	0,005	0,005	0,005	0,006	0,006		
			Rata-rata				0,667							
600	titik 4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,600	0,005	0,006	0,006	0,005	0,006		
1200	titik 4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,600	0,005	0,006	0,006	0,006	0,006	0,279	0,001
1800	titik 4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,500	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
			Rata-rata				0,567							
600	titik 5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,500	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
1200	titik 5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,500	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,279	0,001
1800	titik 5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,400	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004		
			Rata-rata				0,467							

JUDUL : Pengaruh Ambang Bertangga Terhadap Perubahan Dasar di Hilir Ambang Pada Saluran Terbuka
 PENELITI : Nurul Cahyati
 Fathahillah Amrun
 LOKASI PENELITIAN : LABORATORIUM TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
 Ambang Lebar

T=28°C

No	Letak titik	t (detik)	v(m/det)				kec. Rata-rata	h (m)	h (rata-rata)	Lebar (b) (m)	Luas Penampang (m ²)	Debit Penampang (q) (m ³ /det)
			1	2	3	4						
1	titik 1	900	0,9	0,8	0,9	0,9	0,875	0,007	0,007	0,007	0,007	0,00164
			300	0,9	0,8	0,9	0,9	0,875	0,007	0,007	0,007	
			600	0,9	0,8	0,8	0,9	0,850	0,007	0,007	0,007	
			900	0,9	0,8	0,9	0,9	0,850	0,006	0,007	0,006	
			Rata-rata				0,858	Rata-rata				0,007
2	titik 2	300	0,8	0,8	0,8	0,8	0,800	0,007	0,007	0,007	0,007	0,00135
		600	0,8	0,7	0,7	0,8	0,750	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
		900	0,8	0,7	0,7	0,8	0,750	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
			Rata-rata				0,767	Rata-rata				0,006
3	titik 3	300	0,7	0,6	0,6	0,7	0,650	0,007	0,006	0,006	0,007	0,002
		600	0,7	0,7	0,6	0,6	0,650	0,006	0,006	0,006	0,006	0,00110
		900	0,8	0,7	0,7	0,7	0,725	0,005	0,005	0,005	0,005	0,00052
			Rata-rata				0,675	Rata-rata				0,006
4	titik 4	300	0,7	0,6	0,6	0,6	0,625	0,005	0,006	0,006	0,006	0,00097
		600	0,7	0,6	0,5	0,6	0,600	0,005	0,006	0,006	0,006	0,0004
		900	0,8	0,6	0,6	0,7	0,675	0,004	0,005	0,005	0,005	0,0004
			Rata-rata				0,633	Rata-rata				0,006
5	titik 5	300	0,5	0,5	0,6	0,5	0,525	0,004	0,005	0,005	0,005	0,00052
		600	0,6	0,5	0,5	0,5	0,525	0,003	0,004	0,004	0,004	0,0004
		900	0,4	0,4	0,4	0,4	0,400	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001
			Rata-rata				0,483	Rata-rata				0,004

No	Letak titik	t (detik)	V(m/det)				kec. Rata-rata	h (m)	h (rata-rata) (m)	Lebar (b) (m)	Luas Penampang (m²)	Debit Penampang (q) (m³/det)
			1	2	3	4						
1	titik 1	900	0,8	0,9	0,9	0,8	0,883	0,007	0,007	0,007	0,279	0,00181
		300	0,8	0,9	0,9	0,8	0,850	0,007	0,007	0,007	0,007	
		600	0,8	0,9	0,9	0,9	0,900	0,007	0,008	0,008	0,008	
		900	0,8	0,9	0,9	0,8	0,883	0,006	0,007	0,007	0,007	
		Rata-rata				Rata-rata				Rata-rata		
2	titik 2	900	0,8	0,8	0,8	0,8	0,800	0,006	0,007	0,007	0,279	0,00156
		300	0,8	0,9	0,9	0,8	0,850	0,007	0,007	0,007	0,007	
		600	0,8	0,8	0,8	0,8	0,800	0,007	0,007	0,007	0,007	
		900	0,8	0,8	0,8	0,8	0,800	0,006	0,007	0,007	0,007	
		Rata-rata				Rata-rata				Rata-rata		
3	titik 3	900	0,7	0,7	0,7	0,7	0,700	0,006	0,005	0,005	0,279	0,00130
		300	0,8	0,8	0,8	0,8	0,800	0,007	0,007	0,007	0,007	
		600	0,7	0,7	0,7	0,7	0,700	0,006	0,005	0,005	0,006	
		900	0,7	0,7	0,7	0,7	0,700	0,006	0,005	0,005	0,006	
		Rata-rata				Rata-rata				Rata-rata		
4	titik 4	900	0,6	0,6	0,6	0,6	0,625	0,007	0,006	0,006	0,007	0,00102
		300	0,6	0,6	0,6	0,6	0,625	0,006	0,005	0,005	0,006	
		600	0,6	0,6	0,6	0,6	0,625	0,006	0,005	0,005	0,006	
		900	0,6	0,6	0,6	0,6	0,625	0,005	0,005	0,005	0,005	
		Rata-rata				Rata-rata				Rata-rata		
5	titik 5	900	0,4	0,4	0,4	0,4	0,400	0,004	0,005	0,005	0,005	0,00079
		300	0,6	0,5	0,5	0,6	0,550	0,005	0,006	0,006	0,006	
		600	0,6	0,6	0,6	0,6	0,600	0,005	0,006	0,006	0,006	
		900	0,4	0,4	0,4	0,4	0,400	0,004	0,005	0,005	0,005	
		Rata-rata				Rata-rata				Rata-rata		
		0,517								0,006		

No	Letak titik	t (detik)	v(m/det)				kec. Rata-rata	h (m)	h (rata-rata) (m)	lebar (b) (m)	Luas Penampang (m²)	Debit Penampang (m³/det)
			1	2	3	4						
1	titik 1	300	1	1	1	1	1,000	0,009	0,009	0,009	0,009	0,279
		600	1	1	1	1	1,000	0,007	0,008	0,007	0,008	
		900	0,9	1	1	1	0,975	0,007	0,008	0,008	0,008	
		Rata-rata					0,992					
2	titik 2	300	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,008	0,008	0,008	0,008	0,002
		600	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,007	0,008	0,007	0,008	
		900	0,8	0,8	0,8	0,8	0,800	0,006	0,007	0,007	0,006	
		Rata-rata					0,867					
3	titik 3	300	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,007	0,007	0,007	0,007	0,279
		600	0,8	0,8	0,8	0,8	0,800	0,007	0,007	0,007	0,007	
		900	0,8	0,7	0,7	0,8	0,750	0,006	0,007	0,007	0,006	
		Rata-rata					0,783					
4	titik 4	300	0,7	0,7	0,7	0,7	0,700	0,007	0,007	0,007	0,007	0,002
		600	0,7	0,6	0,6	0,7	0,650	0,006	0,006	0,006	0,006	
		900	0,7	0,6	0,6	0,7	0,650	0,006	0,006	0,006	0,006	
		Rata-rata					0,667					
5	titik 5	300	0,6	0,6	0,6	0,6	0,600	0,007	0,006	0,006	0,007	0,00118
		600	0,6	0,6	0,6	0,6	0,600	0,006	0,006	0,006	0,006	
		900	0,6	0,5	0,5	0,6	0,550	0,005	0,005	0,005	0,005	
		Rata-rata					0,583					

JUDUL
PENELITI

: Pengaruh Ambang Bertangga Terhadap Perubahan Dasar di Hilir Ambang Pada Saluran Terbuka
: Nurul Cahyati
Fathahillah Amrun

LOKASI PENELITIAN : LABORATORIUM TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Ambang Bertangga
Data Topografi

Bukaan: 30°

Waktu: 5 menit

No plas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27,2	27,0	26,8	27,8	27,9	27,9	27,0	27,0	27,1	27,2	27,2
2	27,2	27,1	26,9	27,0	27,0	27,1	27,1	27,1	27,3	27,4	27,4
3	27,1	27,1	27,1	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
4	27,2	27,1	26,9	27,0	27,0	27,1	27,1	27,2	26,4	26,0	26,0
5	27,2	27,1	27,0	27,1	27,2	27,3	26,2	27,2	27,0	26,1	25,5
6	27,4	27,2	27,1	27,1	27,2	27,3	26,5	26,8	27,2	25,1	24,1
7	25,5	25,4	26,0	27,0	27,1	27,2	27,2	27,5	27,4	26,5	24,1
8	25,1	25,0	25,9	26,0	27,0	27,3	27,3	26,4	25,5	25,1	24,5
9	24,9	24,9	25,4	26,5	27,0	27,2	27,5	27,2	26,0	25,6	25,4
10	25,2	25,2	25,7	25,9	26,4	26,0	26,9	27,2	27,1	26,8	25,0
11	25,1	25,1	25,7	26,0	26,6	27,3	26,7	26,9	26,3	25,5	25,2
12	25,4	25,4	25,4	26,6	27,4	27,1	26,1	26,4	25,4	25,3	25,1
13	25,2	25,2	25,4	26,2	26,7	27,4	27,2	26,9	26,2	25,6	25,7
14	25,5	25,5	25,7	26,4	27,8	27,4	27,5	27,2	26,4	25,9	25,7
15	25,4	25,5	25,5	25,8	26,4	26,8	26,8	26,5	26,0	25,8	25,7

Bukaan : 30°

Waktu : 10 mnt

HILIR

No pias.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27,2	27,0	26,7	26,8	26,8	26,7	26,7	26,7	26,8	26,8	26,8
2	27,3	27,1	26,8	26,9	26,9	27,0	27,0	27,0	27,1	27,1	27,2
3	27,1	27,1	26,7	26,8	26,8	26,7	26,7	26,7	26,8	26,8	26,9
4	27,4	27,3	27,4	27,4	27,3	27,2	27,2	27,2	27,1	27,1	27,1
5	27,5	27,4	27,4	27,4	27,3	27,4	27,4	27,4	27,2	27,1	27,0
6	27,7	27,5	27,0	27,4	27,5	27,5	27,5	27,5	27,3	27,0	26,5
7	27,5	27,5	27,2	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	26,7	26,5	26,0
8	27,2	27,0	27,1	27,1	27,3	27,3	27,3	27,4	27,0	26,0	25,7
9	25,7	26,7	27,1	27,3	27,4	27,3	27,4	27,2	26,2	25,6	25,5
10	25,6	26,4	26,6	26,7	27,1	27,1	27,1	27,2	26,5	26,0	25,7
11	26,2	27,7	26,7	26,9	27,5	27,2	26,5	25,9	25,8	25,7	25,7
12	25,3	25,5	26,0	26,6	27,0	27,1	27,2	27,5	27,4	27,0	26,2
13	25,2	25,5	26,2	26,7	27,0	27,2	27,3	27,0	26,2	25,9	25,8
14	25,5	25,7	26,5	26,9	27,0	27,1	27,3	27,5	27,0	26,2	26,0
15	25,3	25,7	26,0	26,7	26,9	27,0	27,3	27,5	27,0	26,1	26,0

Bukaan : 30°

Waktu : 15 mnt

HILIR

No plas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27,2	27,0	27,1	26,2	26,2	26,9	27,0	27,0	27,1	27,2	27,1
2	27,2	27,1	26,9	27,0	27,1	26,9	26,9	26,9	27,1	27,3	27,4
3	27,2	27,1	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	27,1	27,2	27,4
4	27,4	27,1	27,3	27,3	27,3	27,4	27,4	27,4	27,5	27,5	27,5
5	27,5	27,3	27,4	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,6	27,7
6	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,6	27,6	27,6	27,7	27,7	27,8
7	27,3	27,5	27,5	27,5	27,6	27,6	27,6	27,6	27,7	27,8	27,8
8	26,8	27,4	26,4	26,6	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8	27,8	27,9
9	26,6	26,7	26,8	27,1	26,7	26,6	26,6	26,8	26,8	26,8	27,5
10	26,6	26,6	26,8	26,9	26,6	26,6	27,5	27,5	27,7	27,8	26,3
11	26,2	26,6	26,8	26,9	27,5	27,5	27,5	27,8	27,8	27,8	26,2
12	26,3	26,4	26,7	26,6	27,2	27,2	27,7	27,6	27,8	27,8	26,1
13	25,6	26,4	25,8	26,6	27,3	27,3	27,3	27,6	27,8	27,6	26,1
14	25,4	25,5	25,7	26,2	26,8	27,7	27,7	27,5	27,8	27,6	26,2
15	25,5	25,5	25,5	26,5	27,0	27,6	27,6	25,5	26,6	26,9	26,2

Bukaan : 60°
Waktu : 5 mnt

HILIR

No pias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27,2	27,1	26,8	26,9	26,9	27,1	27,3	27,2	27,2	27,2	27,4
2	27,3	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,3	27,2	27,3	27,5	26,5
3	27,3	27,3	27,0	27,0	27,0	27,0	27,8	27,8	27,3	27,0	27,2
4	27,4	27,3	27,2	27,3	27,3	27,3	27,4	27,2	27,1	27,0	26,6
5	27,4	27,1	27,5	27,5	27,5	27,5	27,6	27,4	26,8	26,8	26,4
6	26,9	26,4	27,4	27,4	27,4	26,4	26,9	26,5	26,5	26,5	26,5
7	26,1	26,1	26,6	27,0	26,5	26,5	26,9	26,4	24,2	24,2	24,4
8	26,1	25,9	26,3	26,5	27,0	26,9	26,9	27,5	26,2	26,2	24,3
9	25,5	25,8	26,1	26,5	26,9	26,9	27,5	27,5	26,5	26,5	24,0
10	25,6	25,8	26,4	26,3	27,0	26,9	27,1	27,1	26,4	26,4	25,0
11	25,0	24,9	26,2	27,1	27,0	26,9	27,2	27,1	27,1	25,3	24,5
12	24,8	24,9	25,9	26,2	26,2	26,9	26,9	27,1	27,1	25,0	24,1
13	24,6	24,6	25,4	27,1	27,1	26,9	26,5	25,6	25,6	25,1	24,2
14	24,9	24,9	25,4	26,2	26,2	26,9	26,5	25,8	25,8	25,1	24,2
15	24,8	24,8	25,1	25,8	25,8	26,9	27,0	26,9	26,4	25,8	25,3

Bukaan : 60°

Waktu : 10 mnt

HILIR

No pias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27,3	27,1	26,8	27,0	27,5	27,8	27,1	27,9	27,9	27,0	27,1
2	27,2	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,3	27,3	27,3	27,5	26,5
3	27,2	27,0	27,0	27,0	27,0	26,9	27,8	27,8	27,8	27,0	27,2
4	27,3	27,3	27,2	27,3	27,3	27,4	27,4	27,2	26,8	26,8	27,2
5	27,4	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5	27,6	27,4	26,8	26,8	26,3
6	27,6	26,4	27,4	27,4	27,4	26,4	26,9	26,5	26,5	26,5	23,9
7	27,6	26,1	26,6	27,0	26,5	26,5	26,9	26,4	24,2	24,2	24,4
8	27,6	25,9	26,3	26,5	27,0	26,9	27,5	27,5	26,2	26,2	24,3
9	27,5	25,8	26,1	26,5	26,5	26,9	26,9	27,5	26,5	26,5	25,6
10	27,4	25,8	26,4	26,3	27,0	26,9	27,1	27,1	26,4	26,4	25,0
11	27,8	24,9	26,2	27,1	27,0	26,9	27,2	27,2	27,1	27,1	25,3
12	27,3	24,9	25,9	26,2	26,2	26,9	26,9	27,1	27,1	25,0	25,8
13	27,3	24,6	25,4	27,1	27,1	26,9	26,5	25,6	25,6	25,1	24,5
14	27,7	24,9	25,4	26,2	26,2	26,9	26,5	25,8	25,8	25,1	24,5
15	27,4	24,8	25,1	25,8	25,8	25,8	27,0	26,9	26,4	25,8	25,3

Bukaan : 60°

Waktu : 15 mnt

HILIR

No pias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27,0	26,9	26,7	25,6	26,6	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,8
2	27,1	26,8	26,8	26,8	26,8	26,9	26,9	26,9	26,9	27,0	27,0
3	27,1	27,0	26,8	26,7	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	27,0
4	27,4	27,2	27,3	27,3	27,4	27,4	27,2	26,8	26,8	26,4	27,2
5	27,4	27,3	27,5	27,5	27,5	27,6	27,6	27,4	26,8	26,8	26,2
6	27,6	27,6	27,4	27,4	26,4	26,4	26,9	26,5	26,5	23,9	26,0
7	27,6	26,1	26,6	27,0	26,5	26,5	26,9	26,4	24,2	24,2	26,4
8	27,6	25,9	26,3	26,9	27,0	27,0	27,5	26,9	26,2	26,2	24,3
9	27,5	25,8	26,1	26,9	26,9	26,9	27,5	26,5	26,5	25,6	24,4
10	27,4	25,8	26,4	26,3	27,0	26,9	27,1	26,4	26,4	25,0	24,5
11	27,8	24,9	26,2	27,1	27,0	26,9	27,2	27,1	27,1	25,3	25,0
12	27,3	24,9	25,9	26,2	26,2	26,9	26,9	27,1	27,1	25,0	25,8
13	27,3	24,6	25,4	27,1	27,1	26,9	26,3	25,6	25,6	25,1	24,5
14	27,7	24,9	25,4	26,2	26,2	26,9	26,5	25,8	25,8	25,1	24,5
15	27,4	27,1	27,3	27,1	26,3	26,3	26,7	26,2	26,0	25,8	25,6

Bukaan : 90°

Waktu : 5 mnt

HILIR

No plas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27,3	27,0	26,8	26,8	26,9	26,1	26,3	26,3	26,3	26,4	26,4
2	27,3	26,8	26,8	26,8	26,8	26,9	26,9	26,9	26,9	27,0	27,4
3	27,1	27,0	26,8	26,7	25,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	27,0
4	27,3	27,2	27,2	27,3	27,3	27,4	27,4	27,2	26,8	26,8	26,6
5	27,5	27,3	27,5	27,5	27,5	27,6	27,6	27,4	26,8	26,8	26,8
6	27,5	27,6	27,4	27,4	26,4	26,9	26,9	26,5	26,5	23,9	26,2
7	27,2	26,1	26,6	27,0	26,5	26,9	26,4	24,2	24,2	24,4	26,0
8	27,1	25,9	26,3	26,9	27,0	26,9	27,5	26,2	26,2	24,3	26,2
9	27,0	25,8	26,1	26,5	26,9	26,9	27,5	26,5	26,5	25,6	26,0
10	27,1	25,8	26,4	26,3	27,0	26,9	27,1	26,4	26,4	25,0	25,9
11	27,0	24,9	26,2	27,1	27,0	26,9	27,2	27,1	27,1	25,3	26,0
12	27,3	24,9	25,9	26,2	26,2	26,9	26,9	27,1	27,1	25,0	25,9
13	27,1	24,6	25,4	27,1	27,1	26,9	26,5	25,6	25,6	25,1	26,0
14	27,1	24,9	25,4	26,2	26,2	26,9	26,5	25,8	25,8	25,1	26,0
15	27,0	27,0	27,0	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	25,0	25,2	26,0

Bukaan : 90°
Waktu : 10 mnt

HILLIR

No plas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27,2	26,8	26,5	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,5	26,5	26,5
2	27,2	27,0	26,7	26,7	26,6	26,6	26,7	26,7	26,7	26,7	26,5
3	27,2	27,0	26,8	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,6	27,0
4	27,2	27,2	27,2	27,1	27,1	27,2	27,2	27,2	26,8	26,8	27,2
5	27,7	26,7	27,0	27,4	27,4	27,4	27,4	27,4	26,8	26,3	27,5
6	26,6	26,7	27,0	27,1	27,2	27,3	27,3	26,5	26,5	23,9	26,9
7	26,4	26,4	26,4	26,7	26,9	27,5	27,5	26,4	24,2	24,4	27,4
8	26,4	26,4	26,5	26,7	26,9	27,1	27,1	27,5	26,2	24,3	27,5
9	23,1	23,6	24,5	26,8	26,1	27,1	27,1	27,5	26,5	25,6	27,8
10	23,1	23,2	24,5	26,4	26,7	24,8	24,8	27,1	26,4	25,0	27,8
11	23,0	23,1	23,1	26,0	26,5	24,8	24,8	27,1	27,1	27,5	25,3
12	23,0	23,0	23,0	26,0	26,5	26,9	27,3	27,1	27,5	25,0	27,7
13	23,5	23,4	23,2	24,7	25,4	26,4	27,0	25,6	27,3	27,5	27,5
14	24,8	24,6	24,5	25,6	25,5	27,0	27,5	25,8	27,5	27,6	27,6
15	25,5	25,5	25,0	25,0	25,4	25,9	26,0	27,0	27,5	27,6	27,6

Bukaan : 90°
Waktu : 15 mnt

HILIR

No pias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27,0	26,8	26,5	26,5	26,5	26,5	26,4	26,4	26,4	26,3	26,2
2	27,0	27,0	26,8	26,8	26,7	26,6	26,6	26,5	26,5	26,4	26,4
3	27,3	27,0	27,0	27,5	27,2	27,2	27,1	26,0	26,0	26,1	26,0
4	26,5	27,2	26,9	27,7	26,5	26,5	26,3	26,3	26,8	26,4	27,2
5	26,4	26,4	26,5	26,3	27,4	27,4	27,4	27,4	26,8	26,3	27,5
6	26,2	26,1	27,0	27,1	27,2	27,3	27,3	26,5	26,5	23,9	26,9
7	26,2	26,0	26,4	26,4	26,9	27,5	27,5	26,4	24,2	24,4	27,4
8	26,0	26,1	26,5	26,7	26,9	27,1	27,1	26,2	26,2	24,3	27,5
9	26,3	26,0	24,5	26,8	26,1	27,1	27,5	26,5	26,5	25,6	27,8
10	26,0	26,1	24,5	26,4	26,7	24,8	27,1	26,4	26,4	25,0	27,8
11	26,1	26,0	23,1	26,0	26,5	24,8	27,1	27,1	27,5	25,3	27,8
12	26,0	26,0	23,0	26,0	26,5	25,9	27,3	27,1	27,5	25,0	27,7
13	26,5	26,3	26,3	26,2	26,1	26,0	26,2	26,5	26,5	26,5	26,5
14	26,1	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,5	26,6	26,5	26,5
15	26,4	26,3	26,3	26,3	26,3	26,1	26,1	26,5	26,5	26,6	26,5

JUDUL
PENELITI

: Pengaruh Ambang Bertangga Terhadap Perubahan Dasar di Hilir Ambang Pada Saluran Terbuka
: Nurul Cahyati
Fathahillah Amrun

LOKASI PENELITIAN : LABORATORIUM TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Ambang Lebar
Data Topografi

Bukaan: 30°

Waktu: 5 menit

No pias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	26,0	26,7	26,7	26,6	26,7	26,6	26,6	26,7	26,1	25,6	23,9
2	25,9	26,4	26,7	26,7	26,5	26,7	26,7	26,8	26,7	26,8	25,4
3	22,9	23,2	25,7	26,2	26,6	26,7	26,7	26,7	27,1	26,6	23,9
4	22,9	23,2	26,2	26,5	26,2	26,6	26,5	26,6	26,9	26,3	25,6
5	23,3	23,4	26,2	26,1	26,5	26,5	26,5	26,9	26,9	26,2	25,9
6	23,3	25,2	24,8	25,4	25,5	25,5	25,8	26,1	26,3	25,7	25,6
7	23,4	24,1	24,1	25,1	25,3	25,4	25,4	25,6	25,7	25,8	25,9
8	24,1	24,2	23,7	25,1	25,2	25,2	25,5	25,6	25,6	25,7	26,0
9	24,8	23,9	24,9	25,3	25,6	25,5	25,5	25,6	25,7	25,8	26,0
10	24,9	24,8	25,7	25,2	25,7	25,7	25,6	25,6	25,6	25,8	26,0
11	24,3	24,4	24,5	25,6	25,7	25,7	25,6	25,8	25,9	26,0	26,0
12	24,5	24,3	24,2	25,6	25,8	25,7	25,7	25,6	25,9	26,0	26,0
13	24,5	24,9	23,8	24,2	25,5	25,5	25,7	25,7	25,6	25,8	26,1
14	25,1	24,9	24,2	24,5	25,7	25,7	25,8	25,9	26,0	26,3	26,3
15	25,1	24,6	24,2	24,7	25,4	25,8	26,0	26,0	26,3	26,4	26,5

Bukaan : 30°

Waktu : 10 mnt

HILIR

No pias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27,0	26,8	26,9	25,8	26,8	26,8	27,1	27,0	27,0	27,0	26,6
2	26,7	26,6	26,8	26,8	27,1	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	26,9
3	26,0	26,8	26,9	27,0	26,8	26,9	27,0	27,3	26,8	27,0	26,9
4	26,2	26,5	26,7	26,8	26,8	27,2	27,3	27,3	27,3	27,1	26,6
5	25,0	25,5	25,8	26,6	26,3	27,5	27,5	27,5	27,0	26,1	25,3
6	23,8	26,9	25,8	26,3	27,4	27,4	27,4	27,3	27,0	25,9	25,4
7	23,6	26,1	25,8	25,1	27,0	27,1	27,1	26,5	26,1	25,6	25,4
8	24,5	26,2	26,5	26,8	26,8	26,7	26,7	26,4	26,3	25,9	25,4
9	24,9	26,4	26,5	26,6	26,6	26,6	26,6	26,4	26,2	25,9	25,4
10	24,7	26,4	26,5	26,4	26,5	26,4	26,4	26,4	26,3	25,9	25,4
11	25,2	26,4	26,4	26,5	26,5	26,4	26,3	26,3	26,3	25,5	25,8
12	26,2	26,4	26,3	26,3	26,5	26,4	26,4	26,3	26,2	25,9	25,4
13	26,5	26,4	26,5	26,5	26,4	26,3	26,5	26,5	26,5	26,5	26,3
14	26,5	26,4	26,4	26,3	26,3	26,3	26,4	26,5	26,4	26,4	26,6
15	26,1	26,1	26,4	26,3	26,3	26,4	26,3	26,3	26,4	26,3	26,4

Bukaan : 30°
Waktu : 15 mnt

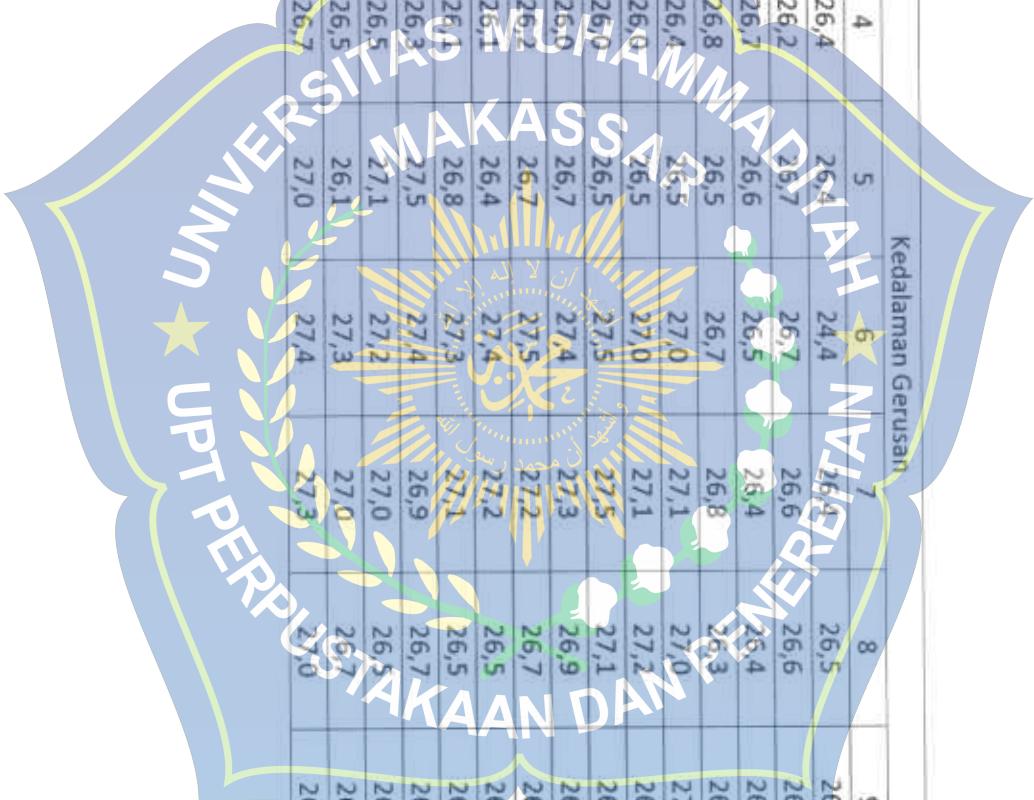
HILIR

No pias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27,4	27,0	26,8	26,7	26,8	26,3	26,7	27,0	27,0	27,0	27,0
2	27,2	27,3	27,1	27,1	27,0	27,2	27,2	27,2	27,3	27,1	27,3
3	27,0	27,1	26,9	27,0	26,9	26,9	27,0	27,0	27,1	26,9	26,8
4	27,4	27,3	27,2	27,3	27,2	27,1	27,1	27,0	27,3	27,3	27,5
5	27,6	27,4	27,2	27,3	27,4	27,4	27,5	27,5	27,5	27,5	27,7
6	27,8	27,4	27,0	27,5	27,6	27,4	27,4	27,5	27,5	27,6	27,7
7	27,2	27,1	27,0	27,4	27,4	27,4	27,4	27,4	27,7	27,5	27,7
8	27,5	27,1	27,0	27,5	27,6	27,5	27,5	27,3	27,2	27,1	27,2
9	26,9	26,9	27,2	27,8	27,4	27,6	27,6	27,5	27,4	27,1	25,8
10	27,5	27,4	27,2	27,4	27,7	27,7	27,7	27,7	27,4	27,3	26,7
11	27,1	26,9	26,8	27,5	27,6	27,4	27,3	27,3	27,1	26,2	25,8
12	24,1	26,8	27,1	27,9	27,8	27,4	27,3	27,3	26,6	26,0	25,8
13	25,0	26,3	26,9	27,8	27,5	27,5	27,6	27,5	27,1	25,9	25,7
14	25,9	26,8	27,0	27,5	27,5	27,3	27,3	27,0	26,1	25,9	25,8
15	25,5	27,1	27,6	27,5	27,5	27,6	27,3	26,8	26,2	26,1	26,1

Bukaan : 60°
Waktu : 5 mnt

HILIR

No pias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	26,8	26,8	26,6	26,4	26,4	24,4	26,5	26,4	26,4	26,4	26,3
2	26,6	26,4	26,7	26,2	26,7	26,7	26,6	26,6	26,5	26,5	26,4
3	26,7	26,6	26,9	26,7	26,6	26,7	26,6	26,6	26,5	26,5	26,1
4	26,7	26,8	26,6	26,8	26,5	26,7	26,8	26,3	26,7	26,6	26,6
5	26,3	26,1	25,9	26,4	26,5	27,0	27,1	27,0	27,0	26,7	26,7
6	25,3	25,5	25,8	26,0	26,5	27,0	27,1	27,2	26,3	26,5	25,0
7	25,5	25,3	25,6	26,0	26,5	27,5	22,5	27,1	26,7	25,8	25,0
8	25,4	25,4	25,5	26,0	26,7	27,4	22,3	26,9	26,2	25,7	25,7
9	25,4	25,6	25,6	26,2	26,7	27,5	22,2	26,7	26,2	25,8	25,2
10	25,7	25,6	23,9	26,1	26,4	27,4	22,2	26,5	26,0	25,8	25,2
11	25,5	25,6	26,0	26,4	26,8	27,3	27,1	26,5	26,1	25,9	25,8
12	26,1	26,0	26,0	26,3	27,5	27,4	26,9	26,7	26,3	26,0	25,6
13	26,3	26,2	26,3	26,5	27,1	27,2	27,0	26,5	26,2	25,8	25,6
14	26,5	26,4	26,5	26,5	26,1	27,3	27,0	26,7	26,3	25,9	25,5
15	26,5	26,5	26,5	26,7	27,0	27,4	27,3	27,0	26,7	26,4	26,0

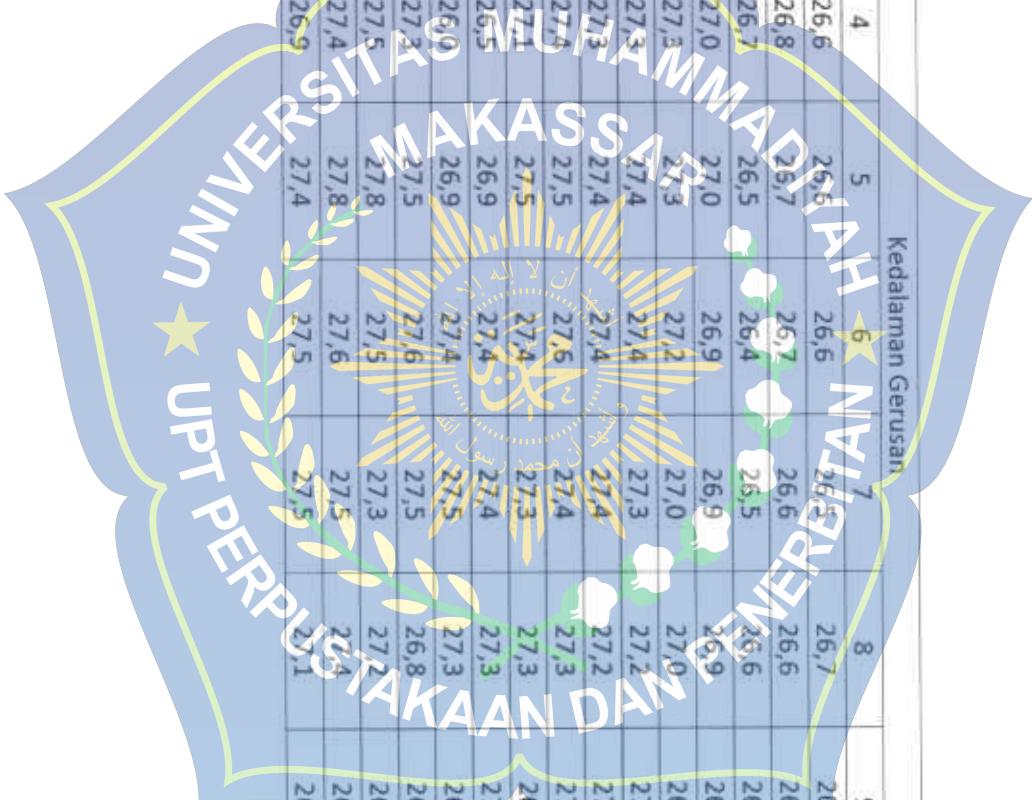


Bukaan : 60°
Waktu : 10 mnt

HILIR

Kedalaman Gerusan

No pias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	27,3	27,2	26,8	26,6	26,5	26,6	26,7	26,7	26,6	26,7	26,5
2	27,0	26,9	26,7	26,8	26,7	26,6	26,6	26,6	26,7	26,7	26,5
3	27,2	26,9	26,8	26,7	26,5	26,4	26,4	26,5	26,6	26,5	26,6
4	27,3	27,4	27,2	27,0	27,0	26,9	26,9	26,9	26,8	26,7	26,7
5	27,6	27,5	27,4	27,3	27,3	27,2	27,2	27,0	27,0	26,9	26,6
6	27,6	27,6	27,4	27,3	27,4	27,4	27,4	27,3	27,2	27,1	27,0
7	27,0	27,0	25,8	27,3	27,4	27,4	27,4	27,4	27,2	27,1	26,9
8	26,9	26,8	25,8	27,4	27,5	27,5	27,6	27,4	27,3	27,9	26,4
9	25,5	25,8	26,7	27,1	27,5	27,4	27,4	27,3	26,9	26,4	25,5
10	25,9	26,0	26,5	26,5	26,9	27,4	27,4	27,3	27,0	26,7	26,3
11	25,6	25,8	25,9	26,0	26,9	27,4	27,5	27,3	26,8	26,5	25,9
12	26,0	26,1	26,2	27,3	27,5	27,6	27,6	27,5	26,8	26,5	26,8
13	26,3	26,0	26,4	27,5	27,8	27,5	27,5	27,3	27,2	26,2	25,8
14	26,6	26,5	26,4	27,4	27,8	27,6	27,6	27,5	26,4	26,5	26,0
15	25,7	25,6	25,8	26,9	27,4	27,5	27,5	27,4	26,7	26,5	26,4

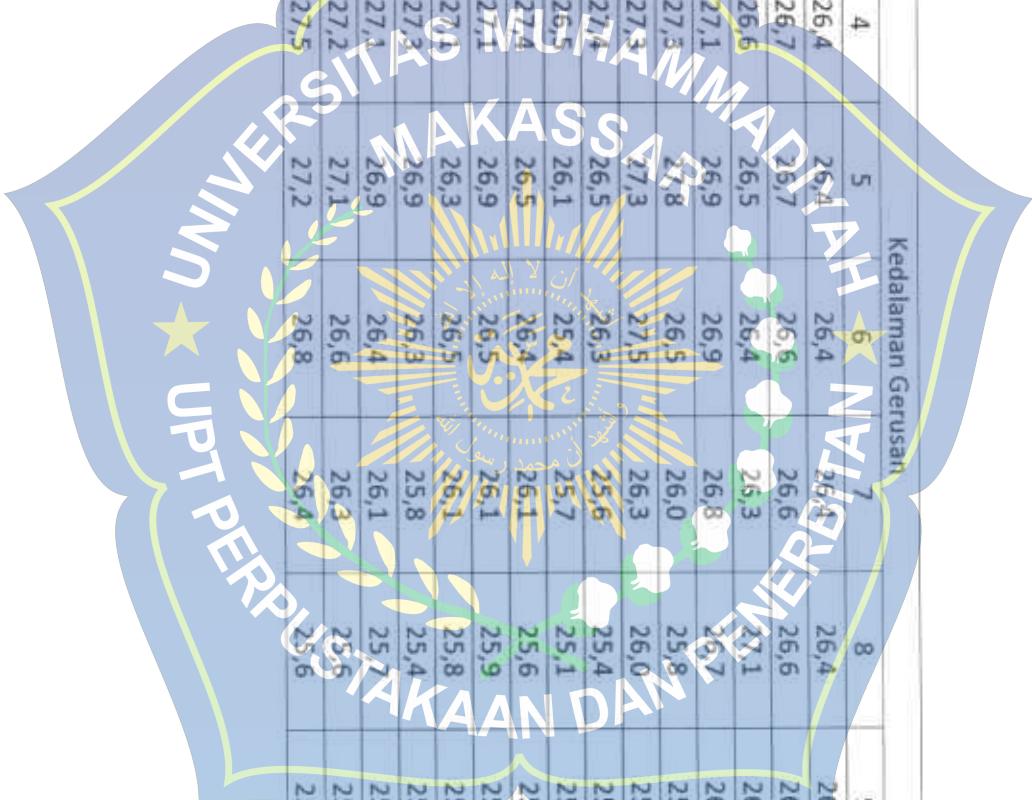


Bukaan : 60°
Waktu : 15 mnt

HILIR

Kedalaman Genusan

No pias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	26,9	26,8	26,5	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,3	26,1
2	26,9	27,0	26,7	26,7	26,7	26,6	26,6	26,6	26,6	26,5	26,4
3	26,8	26,9	26,7	26,6	26,5	26,5	26,5	26,6	26,6	26,5	25,9
4	27,5	27,4	27,2	27,1	26,9	26,9	26,9	26,8	26,7	26,8	26,3
5	27,5	27,4	27,3	27,3	27,8	27,8	26,5	26,5	25,8	25,4	26,1
6	27,8	27,6	27,3	27,3	27,3	27,5	26,3	26,3	26,0	25,3	26,3
7	27,8	27,7	27,1	27,1	27,4	26,5	26,3	25,6	25,4	25,2	26,5
8	27,6	27,8	27,3	27,3	26,5	26,1	25,4	25,7	25,1	25,8	26,6
9	27,7	27,8	27,2	27,4	27,4	26,5	26,4	26,1	25,6	25,1	24,9
10	27,5	27,4	27,3	27,1	26,9	26,9	26,5	26,1	25,9	25,7	26,9
11	27,5	27,4	27,3	27,4	27,4	26,3	26,5	26,1	25,8	25,5	25,3
12	27,8	27,7	27,7	27,3	26,9	26,3	25,8	25,4	25,4	25,1	25,9
13	27,6	27,5	27,5	27,1	26,9	26,4	26,4	26,1	25,7	25,4	25,3
14	27,8	27,6	27,8	27,2	27,1	26,6	26,3	25,6	25,5	26,4	26,2
15	27,8	27,6	27,9	27,5	27,2	26,8	26,4	25,6	25,5	26,4	26,1

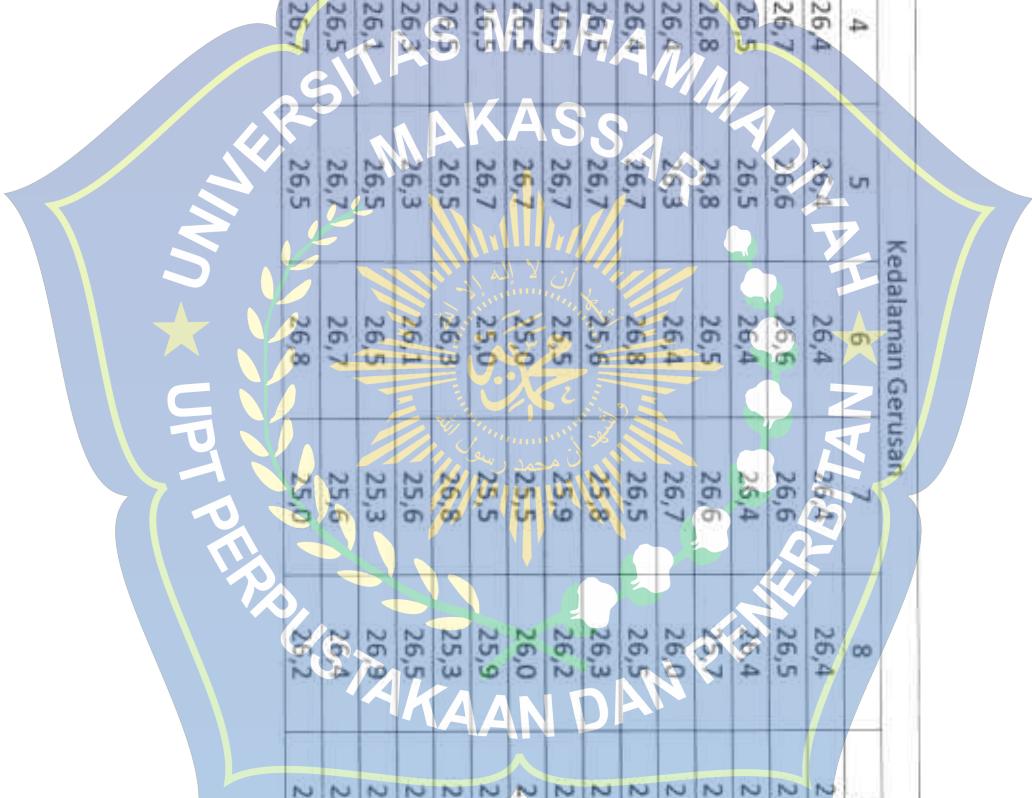


Bukaan : 90°
Waktu : 5 mnt

HILIR

Kedalaman Gerusan

No pias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	26,4	26,8	26,5	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	25,3	25,5
2	26,7	26,4	26,7	26,7	26,6	26,6	26,6	26,5	26,5	25,5	25,5
3	26,4	26,8	26,6	26,6	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,3	25,5
4	26,4	26,5	26,9	26,8	26,8	26,8	26,5	26,5	26,4	25,7	25,4
5	26,4	26,4	26,5	26,4	26,3	26,3	26,4	26,7	26,7	26,0	25,5
6	26,5	27,0	26,9	26,4	26,7	26,8	26,8	26,5	26,5	26,0	25,7
7	26,4	26,7	26,9	26,5	26,7	25,6	25,8	26,3	25,8	25,8	25,9
8	26,3	26,5	26,8	26,5	26,7	25,5	25,9	26,2	26,6	25,8	25,9
9	26,5	26,7	26,6	26,5	26,7	25,0	25,0	26,0	26,5	25,8	25,8
10	26,5	26,5	26,6	26,5	26,7	25,0	25,5	25,9	26,6	25,8	25,6
11	26,5	26,5	26,6	26,9	26,5	26,3	26,8	25,3	25,9	25,6	25,7
12	26,2	26,7	26,4	26,3	26,3	26,1	25,6	26,5	26,6	25,6	25,7
13	26,5	26,5	26,4	26,1	26,5	26,5	25,3	26,9	26,5	26,0	25,9
14	26,2	26,7	26,4	26,5	26,7	26,7	25,6	26,4	26,5	26,0	25,8
15	26,5	26,7	26,4	26,7	26,5	26,8	25,0	26,2	26,5	26,1	25,3

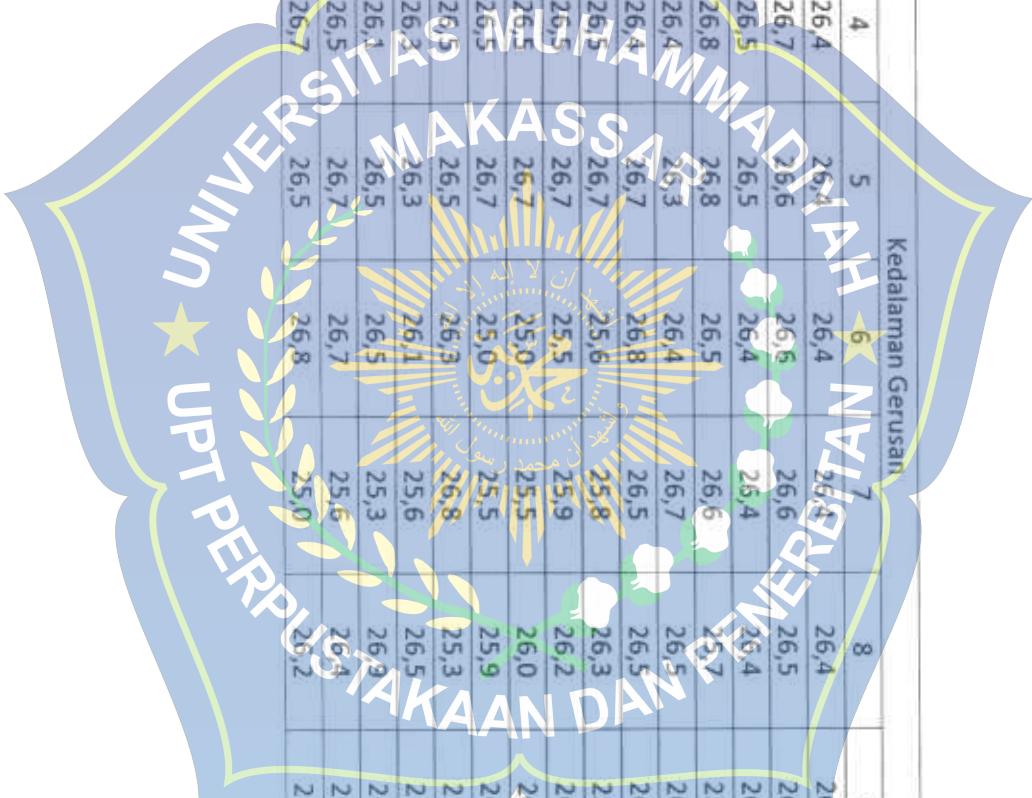


Bukaan : 90°
Waktu : 10 mnt

HILIR

Kedalaman Gerusan

No pias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	26,5	26,8	26,5	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,3	25,5
2	27,0	26,7	26,7	26,7	26,7	26,6	26,5	26,5	26,5	26,5	26,2
3	26,8	26,8	26,7	26,7	26,5	26,5	26,5	26,6	26,5	26,3	25,5
4	26,9	27,0	27,1	26,8	26,8	26,4	26,5	26,5	26,6	25,7	25,6
5	26,2	27,3	26,6	26,4	26,3	26,4	26,4	26,7	26,5	26,5	26,7
6	26,2	27,0	25,5	26,4	26,7	26,8	26,5	26,5	26,5	26,5	25,4
7	26,1	27,5	25,3	26,5	26,7	25,6	25,6	25,8	25,8	25,8	25,9
8	26,2	27,8	25,0	26,5	26,7	25,5	25,5	25,9	26,2	26,6	26,9
9	26,0	27,7	26,6	26,5	26,7	25,9	25,9	25,5	26,0	26,5	26,8
10	26,7	27,5	26,6	26,5	26,7	25,0	25,0	25,5	25,9	26,6	26,0
11	26,5	27,3	26,6	26,5	26,5	26,3	26,3	26,8	25,3	25,9	26,6
12	26,2	27,5	26,4	26,3	26,3	26,1	25,6	25,6	26,5	26,6	26,7
13	26,5	27,3	26,4	26,1	26,5	26,5	25,3	26,9	26,5	26,0	25,9
14	26,2	27,5	26,4	26,5	26,7	26,7	26,7	25,6	26,4	26,5	26,8
15	26,5	27,5	26,4	26,7	26,5	26,8	25,0	26,2	26,5	26,7	26,9



Bukaan : 90°
Waktu : 15 mnt

HILIR

Kedalaman Gerusan

No pias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	26,4	27,1	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	26,0	26,7	25,0	25,2
2	26,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	26,3	26,5	25,0	25,8
3	27,8	27,3	27,5	27,5	27,0	27,0	27,0	26,5	26,5	25,2	24,5
4	27,8	27,8	27,7	27,7	26,9	26,8	27,3	27,4	26,3	26,1	24,9
5	27,8	27,4	27,2	27,2	27,1	27,1	27,2	27,4	26,5	26,5	25,4
6	27,0	27,5	27,6	27,4	27,1	26,9	27,4	26,4	26,3	25,3	25,2
7	27,9	27,0	27,9	27,8	27,1	27,0	27,4	26,3	26,3	25,3	25,2
8	27,0	27,7	27,4	27,5	27,4	27,4	26,8	22,5	26,4	26,4	25,3
9	27,8	27,2	27,4	27,6	27,7	27,0	27,0	22,5	26,4	26,3	25,5
10	27,0	27,5	27,4	27,4	27,6	27,6	27,6	26,5	26,3	25,4	25,3
11	27,5	27,7	27,7	27,0	27,0	27,0	27,2	26,7	26,5	25,0	25,5
12	27,1	27,2	27,0	27,3	27,3	27,3	27,3	27,0	26,5	25,0	25,0
13	27,8	27,3	27,1	27,2	27,2	27,5	27,5	26,5	26,6	25,0	25,0
14	27,0	27,3	27,4	27,0	27,0	27,0	27,0	26,1	26,5	25,2	25,5
15	27,6	27,0	27,4	27,0	27,0	26,9	27,0	26,7	26,5	25,8	25,8

