

SKRIPSI

**PERENCANAAN PERKUATAN TEBING DI SUNGAI JENELATA
KABUPATEN GOWA**



MUHAMMAD RAHMAT
105 81 2528 15

ANDI ISMAYANTI
105 81 2541 15

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR	
LEMP/GA/PPPT	
Tgl. Pengantar	24/02/2020
Revisi	
Jumlah	1 eq
Halaman	Smb. Murni
Nilai Indeks	
No Klasifikasi	PJ 026/SIP/2020
	RAH
	P

JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2020



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas Nama Muhammad Rahmat dengan Nomor Induk Mahasiswa 105 81 2528 15 dan Andi Ismayanti dengan Nomor Induk Mahasiswa 105 81 2541 15, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0002/SK-Y/22201/091004/2020, 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 8 Februari 2020

Makassar, 14 Jumadil Akhir 1441 H
8 Februari 2020 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

2. Penguji

a. Ketua : Prof. Dr. Ir. H. Darwis Panguningseng, M.Sc

b. Sekretaris : Farida Gaffar, ST., MM

3. Anggota: 1. Dr. Hj. Arsyuni Ali Mustari, ST., MT

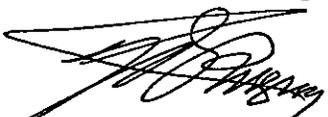
2. Mahmuddin, ST., MT., IPM

3. Ir. H. Riswal K, MT

Mengetahui :

Pembimbing I

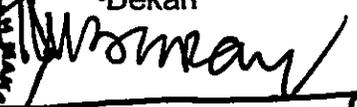
Pembimbing II


Dr. Ir. H. Muhammad Idrus Ompo, Sp., PSDA


Dr. Muh. Yunus Ali, ST., MT., IPM



Dekan


Ir. Parizah Al Imran, ST., MT., IPM

NBM : 855 500



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

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

Judul Skripsi : **PERENCANAAN PERKUATAN TEBING DI SUNGAI JENELATA
KABUPATEN GOWA**

Nama : **MUHAMMAD RAHMAT
ANDI ISMAYANTI**

Stambuk : 105 81 2528 15
105 81 2541 15

Makassar, 13 Februari 2020

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing:

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. H. H. Muhammad Idrus Ompo, Sp., PSDA


Dr. Muh. Yundus Ali, ST., MT., IPM

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Pengairan
Jurusan Teknik Sipil




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

NBM : 1183 084

PERENCANAAN PERKUATAN TEBING DI SUNGAI JENELATA KABUPATEN GOWA

Muhammad rahmat¹⁾, Andi Ismayanti¹⁾, Dr. Ir. H. Muhammad Idrus Ompo, Sp., PSDA²⁾, Dr. Muh. Yunus Ali, ST., MT²⁾.

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

²⁾Dosen Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

Jl. Sultan Alauddin No. 259, Makassar 90221, Indonesia

e-mail: rahmatmuhammad740@gmail.com , andiismayanti05@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Jenelata merupakan salah satu anak sungai Jeneberang yang berada di Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan. Sungai ini berada di wilayah Desa Moncongloe Kecamatan Manuju. Kota gowa tidak terlepas dari bencana banjir. Salah satu dampak banjir yang terjadi yaitu kerusakan pada tebing sungai. Melihat besarnya dampak yang terjadi akibat pengaruh hujan dan banjir terhadap kerusakan tebing, maka penelitian ini sangat penting dilakukan guna untuk keperluan perbaikan tebing. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bentuk dan dimensi perencanaan perkuatan tebing yang efektif di Sungai Jenelata Kabupaten Gowa. Analisa yang dilakukan meliputi analisa curah hujan rencana, debit banjir rencana, profil muka air banjir, desain ukuran bronjong dan stabilitas bronjong. Desain ukuran bronjong yang digunakan adalah bronjong kode C dengan dimensi 4 x 1 x 1 (m). Hasil perhitungan stabilitas terhadap guling diperoleh $2,20 > 1,5$ (aman). Hasil perhitungan stabilitas terhadap geser diperoleh $1,58 > 1,5$ (aman). Berdasarkan hasil analisis, menunjukkan bahwa struktur desain konstruksi bronjong aman terhadap gaya guling dan gaya geser. Peletakan bangunan bronjong pada tebing di bagian hilir sungai Jenelata sepanjang 100 meter.

Kata Kunci: banjir, perkuatan tebing , bronjong

ABSTRACT

Jenelata River is one of the Jeneberang tributaries located in Parangloe District, Gowa Regency, South Sulawesi Province. This river is located in the Moncongloe Village area of Manuju District. The city of Gowa is inseparable from the flood disaster. One of the effects of flooding is damage to river banks. Seeing the magnitude of the impact that occurs due to the influence of rain and flood on the damage to the cliff, this research is very important to be done in order to repair the cliff. This study aims to determine the shape and dimensions of effective cliff reinforcement planning in the Jenelata River, Gowa Regency. The analysis carried out includes analysis of the rainfall plan, flood discharge plan, flood water profile, gabion size design and gabion stability. The gabion size design used is C code gabion with dimensions $4 \times 1 \times 1$ (m). The results of the calculation of the stability of the bolt obtained $2.20 > 1.5$ (safe). The results of the calculation of the stability of the shear obtained $1.58 > 1.5$ (safe). Based on the results of the analysis, it shows that the structure of the gabion construction design is safe against rolling forces and shear forces. Laying the gabion building on a cliff downstream of the Jenelata river along 100 meters.

Keywords: flooding, cliff reinforcement, gabion

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“PERENCANAAN PERKUATAN TEBING DI SUNGAI JENELATA KABUPATEN GOWA”** guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik program studi Teknik Sipil Pengairan pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. Hamzah Al-Imran, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Andi Makbul Syamsuri, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Muh. Amir Zainuddin, ST., MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Dr. Ir. H. Muhammad Idrus Ompo, Sp., PSDA. selaku Dosen Pembimbing I dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Muh. Yunus Ali, ST.,MT., selaku Dosen Pembimbing II dalam penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen dan Staff Akademik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

7. Terkhusus penulis ucapkan terima kasih kepada Kedua orang tua kami tercinta, yang telah mencurahkan seluruh cinta, kasih sayang yang hingga kapanpun penulis takkan bisa membalasnya.
8. Terima kasih juga kepada Himpunan Mahasiswa Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
9. Serta ucapan terima kasih kepada saudara-saudara seperjuangan REAKSI 2015
10. Terima Kasih juga kepada saudara-saudara seperjuangan Sipil E.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Makassar, Februari 2020

Penulis

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Maka sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan”.

(Qs. Al-Insyirah : 5)

Dengan kerendahan hati dan puji syukur atas kehadiran Allah SWT kupersembahkan skripsi ini kepada;

1. Kedua orang tuaku yang telah mendoakan, mendidik dan mendukung serta memberi dorongan kepadaku untuk mencapai keberhasilan ini.
2. Kepada dosen pembimbing dan dosen penguji yang tidak henti-hentinya membimbing dan mengarahkan kami dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Kepada dosen-dosen program studi sipil pengairan atas ilmu dan bimbingannya selama menjalankan perkuliahan.
4. Kepada saudara-saudara REAKSI015 yang selama beberapa tahun ini bersama dan berbagi memory, pengalaman dan membuat kesan yang tak terlupakan.
5. Kepada teman-teman di kelas Sipil E atas doa dan dukungannya selama ini.
6. Dan kepada teman-teman seperantauan yang telah menjadi keluarga di perantauan ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Sungai	6
1. Pengertian Sungai	6
2. Klasifikasi Sungai	6
B. Erosi	9

1. Jenis-Jenis Erosi.....	9
C. Hidrologi	11
1. Curah Hujan.....	13
2. Parameter Statistik	15
3. Curah Hujan Rencana	16
4. Perhitungan Debit Rencana.....	20
D. Hidrolika	22
1. Kecepatan Aliran.....	22
2. Debit Aliran	23
E. Gerusan Tebing.....	24
F. Tanah	26
1. Jenis-Jenis dan Identifikasi Tanah.....	26
2. Sifat-Sifat Teknis Tanah	26
G. Penanganan Gerusan Tebing Dengan Konvensional Murni.....	36
1. Pengertian Pelindung Tebing Sungai.....	36
2. Pelindung Tebing Sungai Menggunakan Bronjong	36
BAB III METODE PENELITIAN	41
A. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	41
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data.....	42
C. Alat dan Bahan Penelitian.....	43
D. Prosedur Penelitian	43
E. Analisis Data.....	44
F. Flow Chart/Bagan Penelitian	46

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
A. Analisis Hidrologi.....	47
1. Analisis Curah Hujan Wilayah dan Hujan Harian Maksimum.....	47
2. Analisis Frekuensi dan Curah Hujan Rencana	48
3. Analisis Debit Banjir Rencana.....	54
B. Analisis Hidolika	62
1. Analisis Kapasitas Sungai.....	62
2. Analisis Tinggi Muka Air Sungai.....	70
C. Desain Bronjong	73
BAB V PENUTUP	79
1. Kesimpulan	79
2. Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	
DOKUMENTASI.....	

DAFTAR TABEL

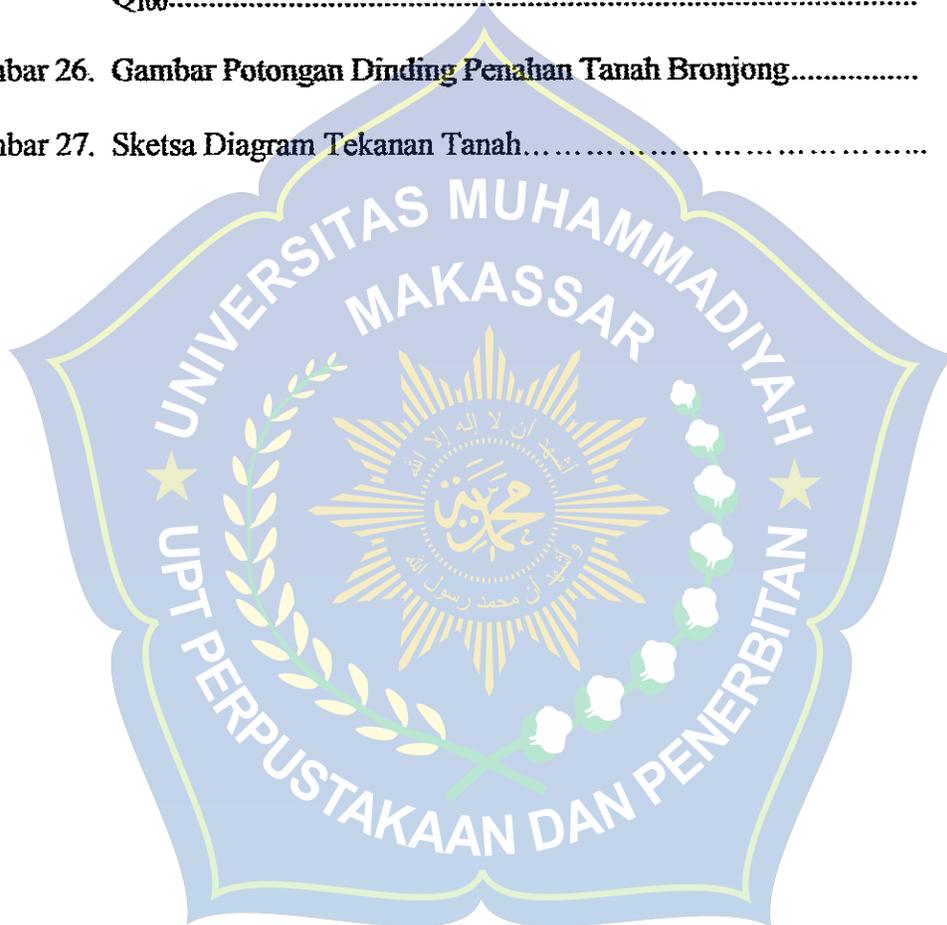
Tabel 1. Klasifikasi Sungai Menurut Kern (1994).....	8
Tabel 2. Klasifikasi Sungai Menurut Heinrich Dan Hergt	8
Tabel 3. Reduce Variataed (Yt).....	17
Tabel 4. Reduce Mean (Yn).....	18
Tabel 5. Nilai K untuk Distribusi Log-Pearson III.....	19
Tabel 6. Harga Kritis Uji Kecocokan Smirnow-Kolmogorov.....	20
Tabel 7. Nilai Ka.....	30
Tabel 8. Nilai Kp.....	30
Tabel 9. Nilai Ka.....	32
Tabel 10. Nlai Kp.....	32
Tabel 11. Ukuran Kawat Bronjong.....	39
Tabel 12. Flow Chart (Bagan Alur Penelitian).....	46
Tabel 13. Pembagian Daerah Aliran (<i>Polygon Thiessen</i>).....	47
Tabel 14. Rekapitulasi Hujan Maksimum Harian Rata-Rata Metode <i>Polygon Thiessen</i>	48
Tabel 15. Analisis Parameter Statistik Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata	51
Tabel 16. Kesimpulan Pemilihan Jenis Metode.....	51
Tabel 17. Analisis Curah Hujan Rencana dengan Metode <i>Log Pearson Type III</i>	53
Tabel 18. Rekapitulasi Analisis Curah Hujan Rencana Untuk Periode Ulang Tahun (t) Dengan Distribusi <i>Log Pearson Type III</i>	54

Tabel 19. Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Efektif	57
Tabel 20. Waktu Lengkung Hidrograf Nakayasu.....	58
Tabel 21. Ordinat Hidrograf Satuan Sintetik Dengan Metode Nakayasu.....	59
Tabel 22. Rekapitulasi Debit Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu	61
Tabel 23. Hasil Pengukuran Dimensi Sungai Jenelata	63
Tabel 24. Hasil Perhitungan Tampunguan Sungai Jenelata Kondisi Debit Normal (Q_n).....	66
Tabel 25. Hasil Perhitungan Tampunguan Sungai Jenelata Kondisi Debit Maksimum (Q_{Max}).....	69
Tabel 26. Hasil Prhitungan Debit.....	70
Tabel 27. Rekapitulasi Tinggi Muka Air Sungai Jenelata Pada Debit Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{25} , Q_{50} , dan Q_{100}	72
Tabel 28. Dimensi Bronjong.....	73
Tabel 29. Tabel Perhitungan Momen Tahanan.....	77
Tabel 30. Tabel Perhitungan Momen Guling.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Daerah Pengaliran Sungai Dan Pola Susunan Anak-Anak Sungai	7
Gambar 2. Klasifikasi Sungai Berdasarkan Vegetasi	9
Gambar 3. Siklus Hidrologi.....	13
Gambar 4. DAS Dengan Perhitungan Curah Hujan Poligon Thiessen.....	15
Gambar 5. Bronjong Batu.....	37
Gambar 6. Lokasi Penelitian	41
Gambar 7. Grafik Hidrograf Rancangan HSS Nakayasu.....	60
Gambar 8. Grafik Rekapitulasi Hidrograf Banjir Metode HSS Nakayasu.....	62
Gambar 9. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Q_n STA 0 + 000.....	64
Gambar 10. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Q_n STA 0 + 025.....	65
Gambar 11. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Q_n STA 0 + 050.....	65
Gambar 12. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Q_n STA 0 + 075.....	65
Gambar 13. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Q_n STA 0 + 100.....	65
Gambar 14. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Q_{Max} STA 0 + 000.....	67
Gambar 15. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Q_{Max} STA 0 + 025.....	68
Gambar 16. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Q_{Max} STA 0 + 050.....	68
Gambar 17. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Q_{Max} STA 0 + 075.....	68
Gambar 18. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Q_{Max} STA 0 + 100.....	69
Gambar 19. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Debit kala ulang 2 tahun ...	71
Gambar 20. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Debit kala ulang 5 tahun ...	71
Gambar 21. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Debit kala ulang 10 tahun .	71
Gambar 22. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Debit kala ulang 25 tahun .	71

Gambar 23. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Debit kala ulang 50 tahun .	71
Gambar 24. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Debit kala ulang 100 tahun	71
Gambar 25. Profil Muka Air Sungai Jenelata Pada Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{25} , Q_{50} , dan Q_{100}	72
Gambar 26. Gambar Potongan Dinding Penahan Tanah Bronjong.....	75
Gambar 27. Sketsa Diagram Tekanan Tanah.....	76



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN



P	= Curah Hujan Yang Tercatat
A	= Luas Area Polygon
n	= Banyaknya Pos Penakar Hujan
X_i	= Curah Hujan Di Stasiun
X	= Nilai Curah Hujan Rata-Rata (mm)
N	= Jumlah Data
S_d	= Standar Deviasis
X	= Nilai Rerata Sampel
S	= Standar Deviasi Nilai Sampel
Y_t	= Reduce Variate
Y_n	= Reduce Mean
S_n	= Reduce Standard Deviation
X	= Nilai Rata-Rata Dari Curah Hujan
K	= Faktor Frekuensi
S_x	= Standar Deviasi
A	= Luas Daerah Aliran Sungai (m ²)
I	= Intensitas Hujan Maksimum
C	= Angka Pengaliran (tak terdefenisi)
Q	= Debit Aliran (m ³ /dtk)
V	= Kecepatan Aliran
A	= Luas Penampang (m ²)
R	= Jari-Jaari Hidrolis (m)

P	= Keliling Basah Sungai
n	= Koefisien Manning
B	= Lebar Sungai
L	= Jarak Perseksi
m	= Kemiringan Talud
Fr	= Angka Froude
v	= Kecepatan Rata-Rata Aliran (m/dtk)
h	= Kedalaman Air (m)
g	= Gaya Gravitasi
I	= Kemiringan Saluran
q	= Beban Merata Permukaan
H	= Tinggi Turap Di Atas Tanah
Ha	= Tinggi Muka Air
Hb	= Tinggi Tebing Di Atas Muka Air
C	= Kohesi
Φ	= Sudut Geser Dalam
Ka	= Koefisien Tanah Aktif
Kp	= Koefisien Tanah Pasif

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Sungai memberikan manfaat yang tidak sedikit dalam kehidupan manusia. Hal ini dapat dilihat dari pemanfaatan sungai yang beragam. Mulai dari sarana transportasi, sumber tenaga listrik, sumber air baku dan sebagainya. Sungai merupakan salah satu saluran drainase yang terbentuk secara alami yang memiliki fungsi sebagai saluran. Air yang mengalir di dalam sungai akan mengakibatkan proses penggerusan tanah dasarnya. Penggerusan yang terjadi secara terus menerus akan membentuk lubang-lubang gerusan di dasar sungai. Proses penggerusan dapat terjadi karena adanya pengaruh morfologi sungai yang berupa tikungan atau adanya penyempitan saluran sungai.

Daerah aliran sungai di Indonesia sekarang ini mengalami banyak kerusakan lingkungan pada sungai meliputi kerusakan pada aspek biofisik ataupun kualitas air, sebagian Daerah Aliran Sungai di Indonesia mengalami kerusakan sebagai akibat dari perubahan tata guna lahan, penambahan jumlah penduduk serta kurangnya kesadaran masyarakat terhadap pelestarian lingkungan sekitar sungai dan kerusakan lahan terutama kawasan hutan lindung.

Akibat dari kerusakan tersebut mengalami kelongsoran tebing. Proses kelongsoran terjadi akibat adanya proses gerusan yang terus menerus di dasar saluran. Pola gerusan yang terjadi sangat dipengaruhi oleh debit, kemiringan dasar sungai, dan waktu. Makin lama terjadinya limpasan air dan makin besar debit

aliran, maka makin dalam dan makin panjang gerusan yang akan terjadi. Tidak hanya menimbulkan kerusakan pada tempat terjadinya gerusan, tetapi juga merusak daerah-daerah penerima hasil gerusan. Dampak gerusan tersebut membuat menipisnya lapisan permukaan tanah bagian atas yang akan menyebabkan menurunnya kemampuan lahan (degradasi lahan). Selain butiran tanah yang terangkut oleh aliran permukaan pada akhirnya akan mengendap di sungai atau biasa disebut dengan sedimentasi yang menyebabkan pendangkalan sungai.

Banyak kasus yang terjadi di berbagai sungai mengenai kerusakan tebing sungai yang diakibatkan oleh gerusan saat terjadi banjir, salah satunya di Sungai Jenelata yang merupakan salah satu anak sungai Jeneberang yang berada di Kecamatan Manuju Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan. Hal itu disebabkan oleh adanya perubahan kecepatan aliran dan terjadinya banjir pada tanggal 23 Januari 2019 dengan debit maksimum (Q_{max}) $2065.95 \text{ m}^3/\text{dtk}$ > dari Debit normal (Q_n) $23,98 \text{ m}^3/\text{dtk}$ yang mengakibatkan erosi tebing dan serta terjadinya degradasi pada tebing sungai. Hal ini berdampak buruk bagi masyarakat, terutama yang tinggal di sekitar bantaran aliran sungai. Banjir tersebut mengakibatkan perkebunan masyarakat yang berada di dekat tepi sungai terkikis akibat gerusan. Pada dasarnya bencana banjir tidak lepas dari perlakuan manusia terhadap sungai dan wilayah pengaruhnya, baik yang berada di hulu, tengah maupun hilir. Banjir yang terjadi pada sungai mengakibatkan terjadinya gerusan pada bagian tebing sungai. Banyak upaya yang dilakukan oleh pemerintah dalam usaha untuk meminimalkan kerusakan tebing yang terjadi, namun

dengan adanya perubahan tingkat curah hujan setiap tahunnya, maka proses kerusakan tebing pun terus menerus berlangsung. Sesuai dengan peta sunagi Jenelata, kerusakan tebing terjadi di Sungai Jenelata yang berjarak \pm 700 meter ke arah hilir dari jembatan Bili-Bili 2, dan akan dilakukan perencanaan tebing dimana pada daerah tebing sungai sudah dilakukan perkuatan tebing dengan bronjong sedangkan sebagiannya yang belum, dan panjang daerah penelitian 100 meter. Untuk mencegah kerusakan tebing dan meluasnya sungai akibat gerusan maka perlu dibuat penahan tebing berupa bronjong.

Dengan pertimbangan diatas maka kami tertarik untuk menyusun tugas akhir dengan judul ***“PERENCANAAN PERKUATAN TEBING DI SUNGAI JENELATA KABUPATEN GOWA”***

B. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana bentuk dan dimensi perencanaan perkuatan tebing yang efektif di Sungai Jenelata Kabupaten Gowa ?

C. TUJUAN PENELITIAN

Dengan mengacu pada rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bentuk dan dimensi perencanaan perkuatan tebing yang efektif di Sungai Jenelata Kabupaten Gowa.

D. MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Melindungi dan memperkuat tebing sungai
- 2) Pengendalian gerusan pada tebing sungai
- 3) Dapat menjaga tepi sungai terhadap aliran air
- 4) Dapat meningkatkan efektifitas sungai yang lebih berkualitas.

E. BATASAN MASALAH

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan efektif untuk mencapai sasaran yang ingin kita capai, maka batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

- 1) Analisis yang dilakukan yaitu analisis hidrologi, analisis hidrolika dan data tanah
- 2) Analisis ini hanya sampai perencanaan struktur perkuatan saja namun tidak sampai menghitung biaya (RAB)
- 3) Selain itu juga untuk mengetahui model perkuatan yang paling efektif untuk pengendalian gerusan di tebing Sungai Jenelata

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk mendapatkan gambaran umum isi tulisan, penulis membuat sistematika penulisan sebagai berikut;

BAB I PENDAHULUAN : Merupakan pembahasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA : Menguraikan tentang teori singkat yang berkaitan dengan permasalahan dalam penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN : Menguraikan tahap penelitian yang terdiri dari lokasi dan waktu penelitian, jenis penelitian dan sumber data, perencanaan dan pembuatan model, analisis data serta kerangka pikir dan flow chart penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN : Menguraikan tentang tahap penelitian yang dilaksanakan, terdiri dari ; analisis hidrologi, analisis hidrolika, dan desain perkuatan tebing sungai jenelata di bagian hilir.

BAB V PENUTUP : Menguraikan tentang kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian dan saran- saran terkait dengan kekurangan dalam penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sungai

1. Pengertian Sungai

Sungai adalah air tawar yang mengalir dari sumbernya di daratan menuju dan bermuara di laut, danau atau sungai yang lebih besar, aliran sungai merupakan aliran yang bersumber dari hujan, gletser, limpasan dari anak-anak sungai dan limpasan dari air tanah (Hendar & Helmi, 2013).

2. Klasifikasi Sungai

a. Tipe Sungai

Tipe sungai dipengaruhi oleh faktor topografi sungai sendiri, sehingga di Negara kepulauan seperti Indonesia, piliphina, jepang dan inggris, maka panjang sungai relatif tidak panjang dan DAS tidak luas, jika dibandingkan dengan sungai yang ada di benua Eropa , Afrika, Australia dan Amerika. Menurut (Oehadijono, 1993) berdasarkan topografi susunan sungai induk dan cabang-cabang dapat dibedakan atas 3 (tiga) tipe yaitu:

1) Tipe Sejajar

Susunan sungai tipe sejajar yaitu cabang-cabang besar mengalir parallel (sejajar) kemudian setelah mendekati muara mereka bertemu dan berkumpul menjadi sungai induk (gambar 2.a)

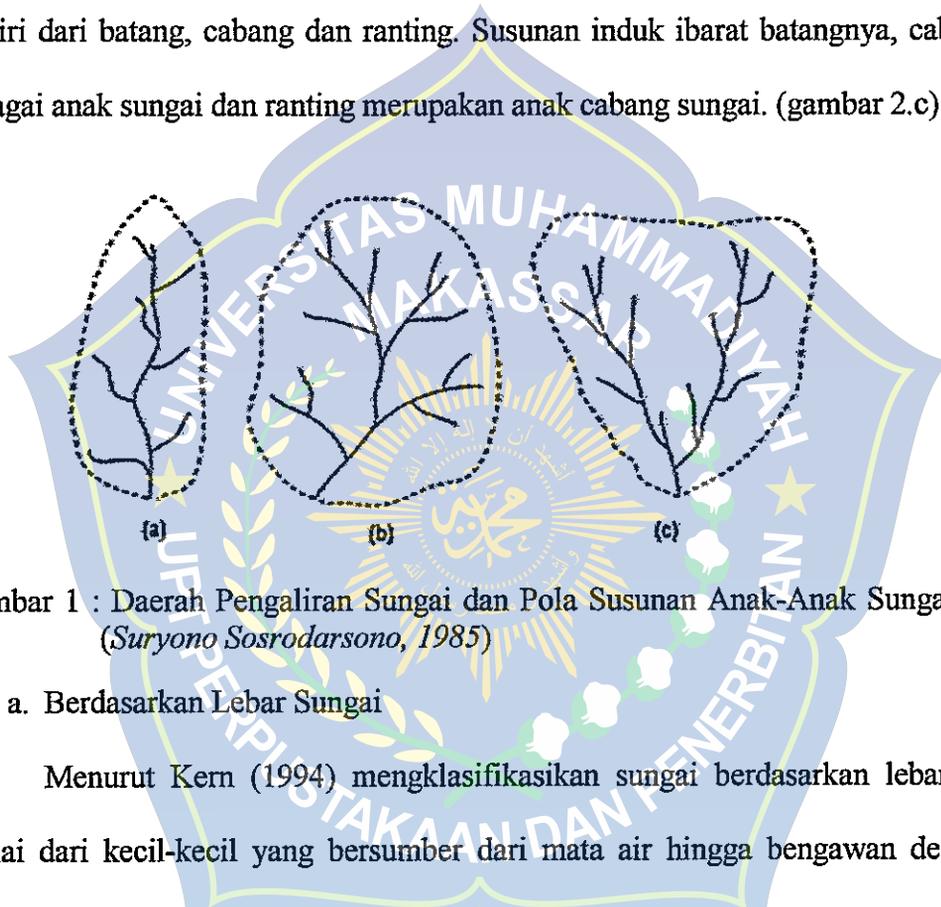
2) Tipe Kipas

Susunan tipe kipas yaitu anak-anak sungai yang mengalir dari segala

penjuru menuju ke titik pusat lalu kemudian mengalir ke laut (gambar 2.b)

3) Tipe Bulu Ayam atau Cabang Pohon

Susunan sungai induk dengan anak-anak sungai semacam bulu ayam yang terdiri dari batang, cabang dan ranting. Susunan induk ibarat batangnya, cabang sebagai anak sungai dan ranting merupakan anak cabang sungai. (gambar 2.c)



Gambar 1 : Daerah Pengaliran Sungai dan Pola Susunan Anak-Anak Sungai
(Suryono Sosrodarsono, 1985)

a. Berdasarkan Lebar Sungai

Menurut Kern (1994) mengklasifikasikan sungai berdasarkan lebarnya, mulai dari kecil-kecil yang bersumber dari mata air hingga bengawan dengan lebar lebih dari 220 meter seperti ditunjukkan pada tabel 1 dibawah ini. Menurut Heinrich dan Hergt dalam Agus Maryono, (2008) mengklasifikasikan sungai berdasarkan lebar dan luas DAS seperti pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 1. Klasifikasi sungai menurut Kern (1994)

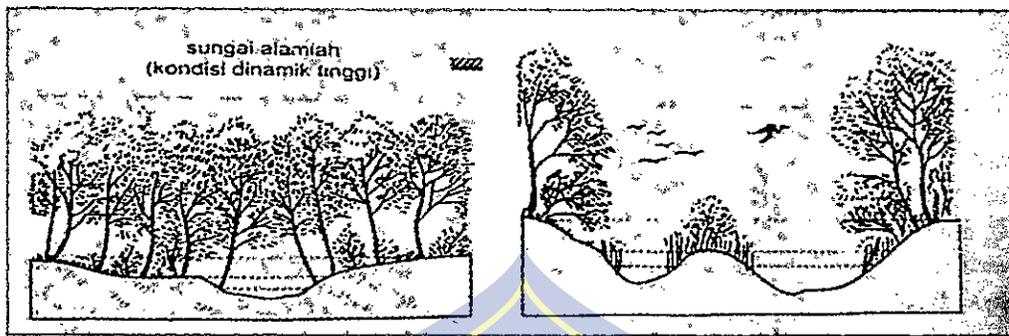
Klasifikasi Sungai	Nama	Lebar Sungai
Sungai Kecil	Kali kecil dari suatu mata air Kali kecil	< 1 m 1 - 10 m
Sungai Menengah	Sungai kecil Sungai menengah Sungai	10 - 20 m 20 - 40 m 40 - 80 m
Sungai Besar	Sungai besar Bengawan	80 - 220 m > 220 m

Tabel 2. Klasifikasi menurut Heinrich dan Hergt

Nama	Luas DAS	Lebar Sungai
Kali kecil dari suatu mata air	0 - 2 km ²	0 - 1 m
Kali kecil	2 - 50 km ²	1 - 3 m
Sungai kecil	50 - 300 km ²	3 - 10 m
Sungai Besar	> 300 km ²	> 10 m

b. Klasifikasi Berdasarkan Vegetasi

Menurut (Ahmad, Akhmad, Luki, & Rendi Addetya, 2015) dalam buku Agus Maryono (2008) mengklasifikasikan sungai kecil atau sungai besar berdasarkan kondisi vegetasi alamiah di pinggirnya. Disebut sungai kecil bila dahan dan ranting vegetasi pada kedua sisi tebingnya bertautan dan dapat menutupi sungai yang bersangkutan (gambar 3.a). Sedangkan pada sungai besar, dahan vegetasi pada kedua sisi tebingnya tidak dapat bertautan karena terpisah cukup jauh (gambar 3.b).



(a)

(b)

Gambar 2 : Klasifikasi sungai berdasarkan vegetasi (Maryono, A. 2007)

B. Erosi

Menurut (Banuwa, 2013) dalam (Arsyad, 2010) Erosi adalah proses pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat yang lain oleh media alami. Pada peristiwa erosi, tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat terkikis dan terangkut kemudian diendapkan pada suatu tempat lain.

1. Jenis-Jenis Erosi

Berdasarkan factor penggerak butiran-butiran tanah, maka erosi dapat dibedakan menjadi 3 (tiga), yaitu erosi karena air hujan, erosi oleh angin, dan erosi oleh glasial (es).

a. Proses erosi oleh air hujan

Erosi ini terjadi karena air hujan, yakni sejak tetes air hujan memukul dan memecah tanah sampai membentuk aliran air. Dengan kata lain, dari aliran perluasan, limpasan (*run off*), hingga aliran sungai.

Ada 5 macam proses erosi oleh air hujan dan aliran sungai, yaitu:

1) Erosi percik (*splash erosion*), adalah berpindahnya sebagian material tanah akibat percikan air hujan. Erosi ini ditandai dengan adanya material tanah yang menempel pada daun atau batang tumbuhan yang tumbuh dekat permukaan tanah.

2) Erosi lembar (*sheet erosion*), adalah pengangkutan lapisan (dalam geologi, tanah juga merupakan batuan) yang merata tebalnya dari suatu permukaan bidang tanah (*surface run off*) yang mengalir merata di permukaan.

3) Erosi alur (*rill erosion*), adalah terjadi karena air terkonsentrasi mengalir pada tempat-tempat tertentu di permukaan tanah, sehingga pemindahan tanah lebih banyak terjadi pada tempat tersebut.

4) Erosi parit (*gully erosion*), adalah proses lanjutan dari erosi alur, sehingga saluran yang terbentuk lebih lebar dan dalam. Akibatnya parit ini tidak dapat dihilangkan dengan pengolahan tanah biasa.

5) Erosi tebing sungai, terjadi karena pengikisan tebing oleh air yang mengalir dari atas tebing, atau oleh terjangan arus air kuat pada kelokan sungai.

b. Erosi oleh angin

Erosi ini disebabkan oleh angin. Biasanya terjadi di gurun pasir, di daerah tropis basah, erosi ini jarang terjadi. Biasanya hasil dari erosi angin adalah endapan pasir di tempat lain yang dinamakan gumpuk pasir (*sand dune*).

c. Erosi oleh glasial

Erosi oleh glasial terjadi karena adanya es yang mencair yang melewati tanah yang relative luas. Ini mengakibatkan terkikisnya tanah oleh gerakan gletser

tersebut. Biasanya hasil dari erosi ini membentuk *fford* (perbukitan memanjang dan berulang yang khas pada daerah dingin).

C. Hidrologi

Istilah hidrologi berasal dari bahasa Yunani "*Hydrologia*" yang mempunyai arti harfiah "ilmu air". Lalu istilah ini dipergunakan untuk nama cabang ilmu yang mempelajari tentang air yang ada di bumi yakni proses kejadiannya, sirkulasinya, serta pembagiannya.

Menurut (Dr. Ir. H. Darwis, 2018) dalam Ray K. Linsley (1986), menyatakan bahwa hidrologi ialah suatu ilmu yang mengkaji tentang air yang ada di bumi, yakni mengenai tentang kejadian, perputaran dan pembagiannya, sifat fisika dan kimia serta reaksinya terhadap suatu lingkungan sekitarnya, termasuk hubungan air dengan kehidupan. Marta dan Adidarma (1993), menyatakan bahwa hidrologi ialah ilmu yang mempelajari tentang terjadinya suatu pergerakan dan distribusi air di bumi baik di atas ataupun di bawah permukaan bumi, tentang sifat kimia dan fisika air dengan suatu reaksi terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan. Sedangkan menurut Singh (1992), menyatakan bahwa hidrologi ialah suatu ilmu yang membahas tentang karakteristik, kuantitas dan kualitas air di bumi menurut waktu dan ruang. Proses hidrologi tersebut mencakup pergerakan, sirkulasi, penyebaran, tampungan, eksplorasi, sampai pada tahap pengembangan dan manajemen.

Berdasarkan beberapa pengertian yang telah dipaparkan, peneliti menyimpulkan bahwa pengertian hidrologi adalah cabang Ilmu geografi yang

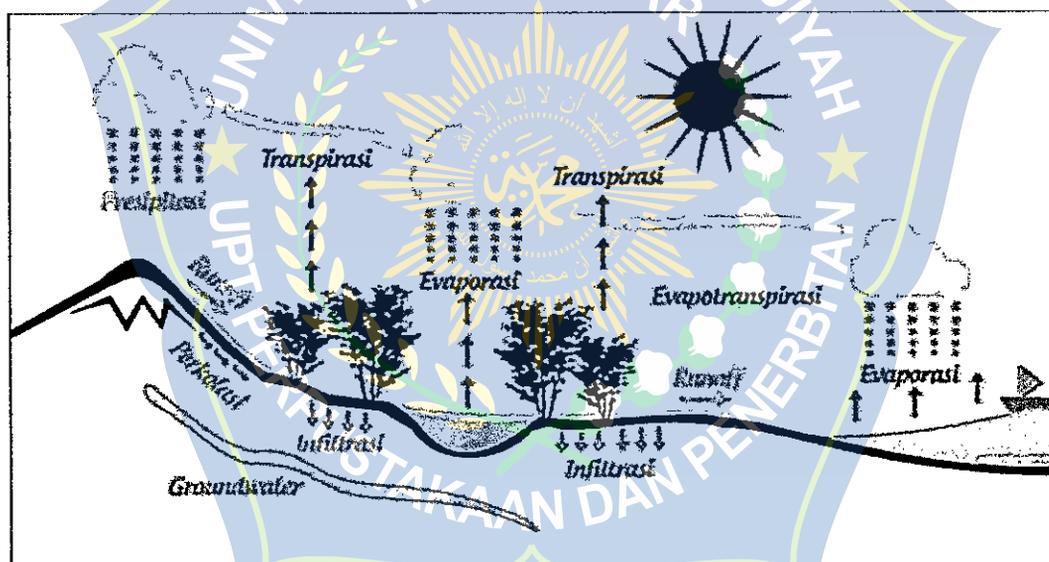
mempelajari pergerakan, distribusi, dan kualitas air diseluruh bumi termasuk siklus hidrologi dan sumber daya air.

Berangkat dari istilah hidrologi, kemudian muncul istilah “siklus hidrologi” yang secara umum orang mengartikan siklus hidrologi merupakan siklus air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer, dan proses ini berlangsung terus menerus. Melalui siklus hidrologi, ketersediaan air di bumi dapat terjaga, sehingga keteraturan suhu lingkungan, cuaca, hujan, dan keseimbangan bumi dapat tercipta karena adanya proses siklus hidrologi ini.

Menurut (Dr. Ir. H. Darwis, 2018) dalam Asdak (2004) siklus hidrologi ialah perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti, air tersebut akan tertahan (sementara) di sungai, danau/waduk, dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya.

Sebagaimana yang telah diuraikan di atas bahwa siklus hidrologi terjadi beberapa tahapan proses perpindahan tempat dan wujud dari air, yang berjalan secara terus menerus (sirkulasi). Proses sirkulasi tersebut dapat terjadi dari penguapan air baik di laut (*water evaporation*), di permukaan tanah (*soil evaporation*), dan pada tanaman (*evapotranspiration*) akibat pengaruh panas dari matahari. Uap air tersebut akan naik dan terkondensasi di udara, hal ini dikarenakan udara di atas permukaan bumi lebih rendah dari titik embun uap air. Proses kondensasi inilah yang menyebabkan terjadinya awan. Terbentuk awan pembawa hujan (*cumulonimbus*), dari adanya angin yang mendorong

berkumpulnya beberapa awan kecil (*cumulus*). Setelah awan tersebut jenuh air, maka akan terjadi hujan (*precipitation*). Presipitasi tersebut ada yang kembali berevaporasi ke angkasa, ada yang langsung jatuh ke bawah, sebagian ada diintersepsi oleh tanaman, dan sebagian yang jatuh mencapai tanah. Air yang mencapai tanah, ada yang masuk mengisi lubang-lubang pada permukaan tanah (*surface detention*) di danau dan sungai-sungai, kemudian ada yang langsung mengalir di permukaan (*surface run-off*), dan sebagian lagi yang diserap ke dalam tanah (*infiltration*). Berikut merupakan gambar siklus hidrologi;



Gambar 3 : Siklus Hidrologi (Asdak, 2010)

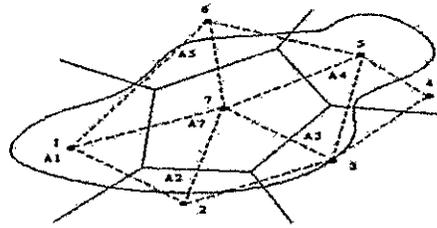
1. Curah Hujan

Data curah hujan yang tercatat diproses berdasarkan areal yang mendapatkan hujan sehingga didapat tinggi curah hujan rata-rata dan kemudian diramalkan besarnya curah hujan pada periode tertentu. Berikut dijabarkan tentang cara menentukan tinggi curah hujan areal. Dengan melakukan penakaran atau pencatatan hujan, kita hanya mendapat curah hujan di suatu titik tertentu (*point rainfall*). Jika di dalam suatu areal terdapat beberapa alat penakar atau

pencaat curah hujan, maka dapat diambil nilai rata-rata untuk mendapatkan nilai curah hujan areal.

Ada 3 macam cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada areal tertentu dari angka-angka curah hujan di beberapa titik pos penakar atau pencaat (Sosrodarsono dan Takeda, 1987), yaitu Metode Aljabar, Metode Polygon Thiessen dan Metode Ishoyet. Namun pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode Polygon Thiessen.

Metode Polygon Thiessen digunakan untuk mengetahui luas daerah pengaruh. Pemilihan stasiun hujan yang akan dianalisis harus meliputi daerah yang dekat dengan bangunan yang akan direncanakan. Metode perhitungan ini yaitu dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili stasiun hujan yang disebut Koefisien Thiessen. Koefisien Thiessen didapatkan dengan cara membentuk daerah pengaruh, cara mencari daerah pengaruh yaitu dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos hujan. Untuk metode ini harus menggunakan minimal 3 stasiun hujan. Kelemahan menggunakan metode ini yaitu karena tidak memasukkan faktor topografi, tetapi penggunaan Metode Thiessen lebih teliti, obyektif dan dapat dipakai pada daerah yang memiliki titik pengamatan tidak merata. Koefisien Thiessen dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.



Gambar 4 : DAS Dengan Perhitungan Curah Hujan Poligon Thiessen (Dewi Handayani, Jurnal Teknologi DINAMIK, 2012)

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + \dots + P_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (1)$$

Keterangan :

P = curah hujan yang tercatat

A = Luas area polygon

n = banyaknya pos penakar hujan

2. Parameter statistick

Variat dari suatu variabel hidrologi tidak semua sama dengan nilai rata-rata dan kemungkinan nilai variabel lebih kecil atau lebih besar dari rata-ratanya yang disebut dispersi. Maka dari itu perlu dilakukan parameter statistik, parameter yang dihitung meliputi :

a) Standar Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(x-x')^2}{n-1}} \quad (2)$$

Keterangan :

X_i = curah hujan di stasiun hujan ke I (mm)

X = curah hujan rata-rata (mm)

N = jumlah data

b) Koefisien Skewess (Cs)

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n [(x) - \bar{x}]^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

X_i = curah hujan di stasiun hujan ke I (mm)

X = curah hujan rata-rata (mm)

N = jumlah data

c) Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n [(x) - \bar{x}]^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

X_i = curah hujan di stasiun hujan ke I (mm)

X = curah hujan rata-rata (mm)

N = jumlah data

d) Koefisien Variasi (Cv)

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{x}} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

S_d = Standar deviasis

X = curah hujan rata-rata (mm)

3. Curah Hujan Rencana

Dalam menganalisis curah hujan rencana dengan periode tertentu, digunakan metode statistik yaitu Metode Gumbel, Log Pearson III, dan Metode Log Normal.

a. Metode gumbel

Metode Gumbel banyak digunakan untuk analisis data maksimum, seperti penggunaan pada analisis frekuensi banjir. . Persamaan yang digunakan dalam metode ini adalah :

$$X = \bar{X} + S_n \cdot K_t \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

\bar{X} = nilai rerata sampel

S_n = standar deviasi nilai sampel

Frekuensi pada distribusi gumbel dapat dicari dengan pendekatan:

$$K_t = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

Y_t = Reduce Variate,

Y_n = Reduce Mean .

S_n = Reduce Standard Deviation

Tabel 1. Reduce Variataed (Y_t)

Periode Ulang (Tahun)	Reduced Variate
2	0,3665
5	14,999
10	22,502
20	29,606
25	31,985
50	39,019
100	46,001
200	5,296
500	6,214
1000	6.919

Sumber : Suripin, *Buku Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan*, 2004

Tabel 2. Reduced Mean (Y_n)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4990	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5403	0.5410	0.5418	0.5424	0.5436
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5578	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600	0.5602	0.5603	0.5604	0.5606	0.5607	0.5608	0.5609	0.5610	0.5611

Sumber : Suripin, *Buku Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan*, 2004

b. Metode Log Person III

Data-data yang dibutuhkan dalam menggunakan metode ini adalah nilai rata-rata, standard deviasi dan koefisien kepengangan. Rumus yang digunakan dalam metode ini adalah (Triatmodjo, 2009) :

$$\text{Log } X_t = \log X + K \cdot S_x \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

X = nilai rata-rata dari curah hujan

K = faktor frekuensi, yang merupakan fungsi dari kala ulang dan koefisien kepengangan

Sx = standar deviasi

Tabel 3. Nilai K untuk Distribusi Log-Pearson III

Koef.G	Interval Kejadian (<i>Recurrence interval</i>), tahun (periode ulang)							
	1.0101	1.2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui (<i>Percent Change Of beingexceeded</i>)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	2.889
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.192	3.605
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.785	1.340	2.043	2.542	3.022
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.2	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.0	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.051	2.326
-0.2	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178
-0.4	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-1.0	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.282	1.366	1.492	1.588
-1.2	-2.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.4	-2.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318
-1.6	-2.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-2.0	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.2	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.4	-3.800	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832
-2.6	-3.889	-0.490	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769
-2.8	-3.973	-0.469	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714
-3.0	-7.051	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667

Sumber : Suripin, *Buku Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan*, 2004

c. Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov – Kolmogorov merupakan uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Cara menggunakan uji yaitu dengan membandingkan probabilitas untuk setiap

varian, dari distribusi empiris dan teoritisnya akan terdapat perbedaan (D) tertentu. Syarat persamaan distribusiditerima apabila harga D_{maks} yang dihitung lebih kecil dari D_0 kritis, namun apabila D_{maks} lebih besar dari D_0 kritis maka distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.

Tabel 4. Harga Kritis Uji Kecocokan Smirnow-Kolmogorov

Jumlah Data	Derajat Kepercayaan			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
$n > 50$	$1.07/n$	$1.22/n$	$1.36/n$	$1.63/n$

Sumber : Suripin, *Buku Sistem Drainase Perkotaan yang berkelanjutan*, 2004

4. Perhitungan Debit Rencana

Ada beberapa metode yang biasa digunakan untuk menghitung debit aliran permukaan. Pada umumnya metode perhitungan aliran permukaan yang disajikan adalah metode empirik yang merupakan hasil penelitian lapangan dari para ahli hidrologi.

a. Metode Rasional

Menurut Imam Subarkah (1980). Metode ini mengasumsikan bahwa laju pengaliran maksimum terjadi jika lama hujan sam adengan waktu konsentrasi daerah alirannya. Atau dapat juga diartikan debit puncak akibat intensitas berlangsung selama atau lebih lama dari waktu tiba banjir atau konsentrasi. Waktu

konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh hujan yang jatuh pada titik terjauh DAS untuk mencapai outletnya.

Rumus rasional ini hanya digunakan untuk menemukan banjir maksimum nagi saluran – saluran (sungai – sungai) dengan daerah aliran kecil. Kira – kira 100 -200 acres atau kira – kira 40 – 80 ha.

Metode ini pertama kali digunakan di Irlandia oleh Mulvaney pada tahun 1847 dengan pemikiran secara rasional yang dinyatakan secara aljabar dengan:

$$Q = C.I.A \text{ cfs (cubic feet per second atau second feet)} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

- A = luas daerah aliran sungai (m^2)
- I = intensitas hujan maksimum selama waktu yang sama tenggang trasi (innci/jam)
- C = angka pengaliran (tak terdefenisi)

Jika digunakan satuan metric, maka rumus tersebut diatas menjadi :

$$Q = 0,278 C.I.A \text{ m}^3/\text{det}$$

Persamaan ini dapat diartikan bahwa jika hujan sebesar 1 mm/jam selama 1 jam pada DAS seluas 1 km pada permukaan yang licin

($c = 1$) maka akan terjadi debit air sebesar $0,278 \text{ m}^2/\text{det}$.

Untuk melengkapi kebutuhan persamaan tersebut di atas maka perlu dicari nilai intensitas 1 dan waktu konsentrasi tc.

D. Hidrolika

Saluran yang mengalirkan air dengan suatu permukaan bebas disebut saluran terbuka, menurut asalnya saluran dapat digolongkan menjadi saluran alam (*natural*) dan saluran buatan (*artificia*) (Ven Te Chow.1992 dalam Rosalina Nensi.E. V).

Saluran alam meliputi semua alur air yang terdapat secara alamiah di bumi, mulai dari anak selokan kecil di pegunungan, selokan kecil, kali, sungai kecil dan sungai besar sampai ke muara sungai. Aliran air di bawah tanah dengan permukaan bebas juga dianggap sebagai saluran terbuka alamiah.

Sifat-sifat hidrolis saluran alam biasanya sangat tidak menentu. Dalam beberapa hal dapat dibuat anggapan pendekatan yang cukup sesuai dengan pengamatan dan pengalaman sesungguhnya sedemikian rupa, sehingga persyaratan aliran pada saluran ini dapat diterima untuk menyelesaikan analisa hidrolika teoritis. Studi selanjutnya tentang perilaku aliran pada saluran alam memerlukan pengetahuan dalam bidang lain, seperti hidrologi, geomorfologi, angkutan sedimen dan sebagainya. Hal ini merupakan ilmu tersendiri yang disebut hidrolika sungai.

1. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran disebabkan oleh tekanan pada muka air akibat adanya perbedaan fluida udara dan air dan juga akibat gaya gesekan pada dinding saluran (dasar maupun tebing saluran) maka kecepatan aliran pada suatu potongan melintang saluran tidak seragam (Addison, 1944; Chow 1959 dalam Robert. J Kodatie, 2009). Ketidakteraturan ini juga disebabkan oleh bentuk tampang

melintang saluran, kekerasan saluran dan lokasi saluran (saluran lurus atau pada belokan).

Selanjutnya Chow mengatakan bahwa kecepatan maksimum umumnya terjadi pada jarak 0,05 sampai 0,25 dikalikan kedalaman airnya dihitung dari permukaan air. Namun pada sungai yang sangat lebar dengan kedalaman dangkal (*shallow*), kecepatan maksimum terjadi pada permukaan air (Addison, 1994 dalam Robert. J Kodatie, 2009). Makin sempit saluran kecepatan maximumnya makin dalam. Kekasaran dasar saluran juga mempengaruhi distribusi kecepatan.

2. Debit Aliran

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai persatuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/det) (Chay Asdak, 2014).

Pengukuran debit aliran dilapangan pada dasarnya dapat dilakukan melalui empat kategori (Gordon Et Al, 1992 dalam Chay Asdak, 2014).

- 1) Pengukuran volume air
- 2) Pengukuran debit dengan cara mengukur kecepatan aliran dan menentukan luas penampang melintang sungai menggunakan rumus :

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots (10)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (11)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (12)$$

$$P = b + 2h \sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots (13)$$

$$A_1 = \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) \times L \dots\dots\dots (14)$$

Dimana :

Q = debit aliran (m³/det.)

V = kecepatan aliran (m³/det.)

A = luas penampang (m²)

R = Jari-jari Hidrolis (m)

P = Keliling Basah Sungai (m)

n = Koefisien Manning

m = Kemiringan Talud

b = Lebar Sungai (m)

L = Kemiringan saluran

I = Kemiringan saluran

E. Gerusan Tebing

Defenisi gerusan secara umum, gerusan (scouring) merupakan suatu proses alamian yang terjadi di sungai sebagai akibat pengaruh morfologi sungai (dapat) berupa tikungan atau bagian penyempitan aliran sungai) atau adanya bangunan air (*hydraulic structur*) seperti; jembatan, bending, pintu air dan lain-lain. Menurut Laursen (1952) dalam (Hanwar, 1999), gerusan didefinisikan sebagai pembesaran dari suatu aliran yang disertai pemindahan material melalui aksi gerakan fluida. Gerusan merupakan fenomena alam yang disebabkan oleh

aliran air yang mengikis dasar dan tebing saluran. Gerusan local (*local scouring*) terjadi pada suatu kecepatan aliran dimana sedimen transfer lebih besar dari sedimen disuplai.

Transfer sedimen bertambah dengan meningkatnya tegangan geser sedimen, gerusan terjadi ketika perubahan kondisi aliran menyebabkan peningkatan tegangan geser dasar. Perbedaan tipe gerusan yang diberikan oleh Raudkivi dan Ettema (1982) dalam (Sucipto & Nur, 2004) adalah sebagai berikut:

- a. Gerusan umum di alur sungai, tidak berkaitan sama sekali dengan ada atau tidak adanya bangunan sungai. Gerusan umum ini merupakan suatu proses alami yang terjadi pada saluran terbuka. Gerusan ini disebabkan oleh energi dari aliran air pada saluran atau sungai.
- b. Gerusan dilokalisasi di alur sungai, terjadi karena penyempitan aliran sungai menjadi terpusat
- c. Gerusan local di sekitar bangunan, terjadi karena pola aliran local di sekitar bangunan sungai. Gerusan local ini pada umumnya disebabkan oleh adanya bangunan air, misalnya tiang, pilar atau abutment jembatan.

Gerusan local (*local scouring*) dipengaruhi langsung oleh bentuk/pola aliran. Penggerusan local (Garde & Raju, 1977) terjadi akibat adanya turbulensi air yang disebabkan oleh terganggunya aliran, baik besar maupun arahnya, sehingga menyebabkan hanyutnya material-material dasar atau tebing sungai/saluran. Turbulensi disebabkan oleh berubahnya kecepatan terhadap tempat, waktu dan keduanya.

F. Tanah

Tanah, didalam tanah terdiri dari campuran butiran-butiran mineral sengan atau tanpa atau kandungan organik. Tanah berasal dari pelapikan batuan, yang prosesnya dapat secara fisik maupun kimia. Sifat-sifat teknis tanah, kecuali dipengaruhi oleh unsur-unsur luar menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut. Istilah-istilah seperti krikil, pasir, lanau, dan lempung digunakan dalam teknik sipil untuk membedakan jenis-jenis tanah. Sebagai contoh lempung berlanau adalah tanah lempung yang mengandung lanau, dengan material utamanya adalah lempung dan seterusnya. (Junaidi, H, & Zulfan, 2017).

Kondisi geologi, geografi, hidrologi, dan karakteristik tanah menjadi faktor utama dalam tinjauan keamanan suatu struktur bangunan. Kondisi ini sangat berpengaruh terhadap struktur bangunan yang terletak disekitar daerah lereng atau pun tanah yang dalam keadaan labil. karena dengan kondisi tanah yang demikian serta dengan mendapatkan beban dari struktur diatasnya maka kestabilan tanah dapat terganggu. Fenomena saat ini sering dijumpai dalam perencanaan tata wilayah adalah penetapan kawasan permukiman atau pusat perkembangan justru di daerah – daerah rawan terhadap air sungai, terlebih lagi perkembangan tata wilayah juga sering tidak bisa dikendalikan. (Yusuf & Dona, 2017)

1. Jenis-Jenis dan Identifikasi Tanah

Tanah berbutir kasar dapat diidentifikasi berdasarkan ukuran butiran. Menurut *Massachusetts of institute Technology (MIT)* butiran-butiran yang berdiameter lebih besar dari 2 mm diklasifikasikan sebagai kerikil. Jika

butiran dapat dilihat oleh mata, tetapi ukurannya kurang dari 2 mm , disebut pasir. Tanah pasir kasar jika diameter berkisar antara 2-0,6 mm, pasir sedang jika diameter antara 0,6-0,2 mm, dan pasir halus bila diameter antara 0,2- 0,06 mm (Hardiyatmo, C.H. 2006)

Menurut Bowles,dkk 2004,(hal:32) dalam Buku “Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah) (Amiwarti & Eko, 2018). Tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut ini:

- a. Berangkal (boulders), potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 sampai 300 mm. Untuk kisaran ukuran 150 sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (cobbles) atau pebbles.
- b. Kerikil (gravel), partikel batuan yang berukuran 5 sampai 150 mm.
- c. Pasir (sand), partikel batuan yang berukuran 0,074 sampai 5 mm. Berkisar dari kasar (3 sampai 5 mm) sampai halus (<1 mm)
- d. Lanau (silt), partikel batuan yang berukuran dari 0,002 sampai 0,074 mm. Lanau dalam jumlah besar ditemukan dalam defosit yang disedimentasikan ke dalam danau atau dekat garis pantai pada muara sungai.
- e. Lempung (clay), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang “kohesif”.
- f. Koloid (colloids), partikel mineral yang “diam”. Berukuran lebih kecil dari 0,001 mm

2. Sifat-Sifat Teknis Tanah

Penjelasan umum dari sifat-sifat teknis berbagai jenis tanah

a. Tanah Granular

Tanah-tanah Granuler, seperti pasir, kerikil, batuan dan campurannya, mempunyai sifat-sifat teknis yang sangat baik. Sifat-sifat tanah tersebut, antara lain :

- 1) Merupakan material yang baik untuk mendukung bangunan dan badan jalan, karena mempunyai kapasitas dukung yang tinggi dan penurunan kecil, asalkan tanahnya relative padat. Penurunan terjadi segera setelah penerapan beban. Jika dipengaruhi getaran pada frekuensi tinggi, penurunan yang besar dapat terjadi pada tanah yang tidak padat.
- 2) Merupakan material yang baik untuk tanah urug pada tembok penahan tanah, struktur bawah tanah dan lain-lain, karena menghasilkan tekanan lateral yang kecil.
- 3) Tanah yang baik untuk urugan karena mempunyai kuat geser yang tinggi .

b. Tanah Kohesif

Tanah kohesif seperti lempung, lempung berlanau, lempung berpasir atau berkerikil yang sebagian besar butirannya tanahnya terdiri dari butiran halus. Kuat geser tanah jenis ini ditentukan terutama dari kohesinya.

c. Tanah Organik

Sembarang tanah yang mengandung bahan organik, yang mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah disebut *tanah organik*. Menurut Rosyidah dan Wirosedarmo (2013) dalam (Ahmad, Isrun, & Danang, 2017) sifat fisik tanah yang perlu diperhatikan adalah terjadinya masalah degradasi struktur tanah akibat

fungsi pengelolaan. Bahan-bahan organik terdiri tumbuh-tumbuhan atau binatang. Jumlah bahan organik dinyatakan dalam istilah *kadar organik*, yaitu nilai banding antara berat bahan organik dapat ditentukan dengan memanaskan contoh tanah untuk membakar bahan organiknya (McFarland, 1959).

3. Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Tebing

Analisis stabilitas lereng merupakan analisis stabilitas tanah pada permukaan yang miring. Tujuannya untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian dan lereng urugan tanah (hardiyatmo, 1994). 3

a) Teori Tekanan Tanah Rankine

Teori Rankine dalam buku bahan ajar Rekayasa Pondasi-1 (IR.H. DARWIS PANGURISENG, M.Sc,2014), Asumsi dasar Teori Tekanan Tanah Rankine sebagai berikut :

- Tanah adalah isotropic, homogeny, dan memiliki sudut geser dalam dan kohesi
- Bidang runtuhnya berbentuk bidang datar
- Gaya-gaya geser terdistribusi sepanjang permukaan runtuh, koef gesek $(f) = \tan\phi$
- Failure wedge adalah sebuah benda tegar
- Failure wedge bergerak sepanjang bagian belakang dinding, dan menimbulkan gaya gesek sepanjang batas dinding
- Tinjauan dalam satu satuan panjang dari panjang dinding yang tak terhingga.

Koefisien Tanah Aktif Menurut Rankine

$$K_a = \left[\frac{(\cos i) - \sqrt{\cos^2 \phi + \cos^2 i}}{(\cos i) + \sqrt{\cos^2 \phi - \cos^2 i}} \right] \cdot \cos i$$

Koefisien Tanah Pasif Menurut Rankine

$$K_p = \left[\frac{(\cos i) + \sqrt{\cos^2 \phi - \cos^2 i}}{(\cos i) - \sqrt{\cos^2 \phi + \cos^2 i}} \right] \cdot \cos i$$

Nilai K_a (koefisien tekanan tanah aktif) dan K_p (koefisien tekanan tanah pasif) dapat dihitung dengan rumus diatas, namun cukup rumit dan membutuhkan waktu yang lama. Untuk itu Rankine memberikan tabel untuk mendapatkan nilai K_a dan K_p sesuai dengankondisi tanah dan dinding penahan yang dirancang. Nilai K_a dan K_p Rankine dapat dilihat pada tabel 7 dan 8 berikut:

Tabel 7. Nilai K_a

β	$\phi=26$	$\phi=28$	$\phi=30$	$\phi=32$	$\phi=34$	$\phi=36$	$\phi=38$	$\phi=40$	$\phi=42$
0	0,3905	0,3610	0,3333	0,3073	0,2827	0,2596	0,2379	0,2174	0,1982
5	0,3959	0,3656	0,3372	0,3105	0,2855	0,2620	0,2399	0,2192	0,1997
10	0,4134	0,3802	0,3495	0,3210	0,2944	0,2696	0,2464	0,2247	0,2044
15	0,448	0,4086	0,3730	0,3405	0,3108	0,2834	0,2581	0,2346	0,2129
20	0,5152	0,4605	0,4142	0,3739	0,3381	0,3060	0,2769	0,2504	0,2262
25	0,6999	0,5727	0,4936	0,4336	0,3847	0,3431	0,3070	0,2750	0,2465
30	0,0000	0,0001	0,8660	0,5741	0,4776	0,4105	0,3582	0,3151	0,2784
35	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5971	0,4677	0,3906	0,3340
40	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7660	0,4668

Tabel 8. Nilai K_p

β	$\phi=26$	$\phi=28$	$\phi=30$	$\phi=32$	$\phi=34$	$\phi=36$	$\phi=38$	$\phi=40$	$\phi=42$
0	2.5611	2.7698	3.0000	3.2546	3.5371	3.8518	4.2037	4.5989	5.0447
5	2.5070	2.7145	2.9431	3.1957	3.4745	3.7875	4.1360	4.5272	4.9684
10	2.3463	2.5507	2.7748	3.0216	3.2946	3.5979	3.9365	4.3161	4.7437
15	2.0826	2.2836	2.5017	2.7401	3.0024	3.2925	3.6154	3.9766	4.3827
20	1.7141	1.9175	2.1318	2.3618	2.6116	2.8857	3.1888	3.5262	3.9044
25	1.1736	1.4343	1.6641	1.8942	2.1352	2.3938	2.6758	2.9867	3.3328
30	0,0000	0,0000	0.866	1.3064	1.5705	1.8269	2.0937	2.3802	2.6940
35	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1.1238	1.4347	1.7177	2.0088
40	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0.7660	1.2570

b) Teori Tekanan Tanah Coulomb

Teori Coulomb dalam buku bahan ajar Rekayasa Pondasi-1 (IR.H. DARWIS PANGURISENG, M.Sc,2014), Asumsi dasar Teori Tekanan Tanah Coulomb sebagai berikut :

- Tanah adalah isotropic, homogeny, dan memiliki sudut geser dalam dan kohesi
- Bidang runtuhnya berbentuk bidang datar
- Gaya-gaya geser terdistribusi sepanjang permukaan runtuh, koef gesek (f) = $\tan\phi$
- Failure wadge adalah sebuah benda tegar
- Failure wedge bergerak sepanjang bagian belakang dinding, dan menimbulkan gaya gesek sepanjang batas dinding
- Tinjauan dalam satu satuan panjang dari panjang dinding yang tak terhingga.

Koefisien Tanah Aktif Menurut Coulmb

$$K_a = \frac{\operatorname{cosec} \beta \sin (\beta - \phi)}{\sqrt{\sin (\beta + \delta)} \left[1 + \sqrt{\frac{\sin (\phi + \delta) \sin (\phi - i)}{\sin (\beta - i)}} \right]}$$

Koefisien Tanah Pasif Menurut Coulmb

$$K_p = \frac{\operatorname{cosec} \beta \sin (\beta + \phi)}{\sqrt{\sin (\beta - \delta)} \left[1 + \sqrt{\frac{\sin (\phi + \delta) \sin (\phi + i)}{\sin (\beta - i)}} \right]}$$

Nilai K_a (koefisien tekanan tanah aktif) dan K_p (koefisien tekanan tanah pasif) dapat dihitung dengan rumus diatas, namun cukup rumit dan membutuhkan waktu yang lama. Untuk itu Renkine memberikan tabel untuk mendapatkan nilai K_a dan

Kp sesuai dengankondisi tanah dan dinding penahan yang dirancang. Nilai Ka dan Kp Renkine dapat dilihat pada tabel 9 dan 10 berikut:

Tabel 9. Nilai Ka

$\alpha = 90 \text{ \& } \beta = 0$								
δ	$\phi=26$	$\phi=28$	$\phi=30$	$\phi=32$	$\phi=34$	$\phi=36$	$\phi=38$	$\phi=40$
0	0,390	0,361	0,333	0,307	0,283	0,260	0,238	0,217
16	0,349	0,324	0,300	0,278	0,257	0,237	0,218	0,201
17	0,384	0,323	0,299	0,277	0,256	0,237	0,218	0,200
20	0,345	0,320	0,297	0,276	0,255	0,235	0,217	0,199
22	0,343	0,319	0,296	0,275	0,254	0,235	0,217	0,199

$\alpha = 90 \text{ \& } \beta = 5$								
δ	$\phi=26$	$\phi=28$	$\phi=30$	$\phi=32$	$\phi=34$	$\phi=36$	$\phi=38$	$\phi=40$
0	0,414	0,382	0,352	0,323	0,297	0,272	0,249	0,227
16	0,373	0,345	0,319	0,295	0,272	0,250	0,229	0,210
17	0,372	0,344	0,318	0,294	0,271	0,249	0,229	0,210
20	0,370	0,342	0,316	0,292	0,270	0,248	0,228	0,209
22	0,369	0,241	0,316	0,292	0,269	0,248	0,228	0,209

$\alpha = 90 \text{ \& } \beta = 10$								
δ	$\phi=26$	$\phi=28$	$\phi=30$	$\phi=32$	$\phi=34$	$\phi=36$	$\phi=38$	$\phi=40$
0	0,443	0,407	0,374	0,343	0,314	0,286	0,261	0,238
16	0,404	0,372	0,342	0,315	0,289	0,265	0,242	0,221
17	0,404	0,371	0,342	0,314	0,288	0,264	0,242	0,221
20	0,402	0,370	0,340	0,313	0,287	0,263	0,241	0,220
22	0,401	0,369	0,340	0,312	0,287	0,263	0,241	0,220

Tabel 10. Nilai Kp

$\alpha = 90 \text{ \& } \beta = 0$								
δ	$\phi=26$	$\phi=28$	$\phi=30$	$\phi=32$	$\phi=34$	$\phi=36$	$\phi=38$	$\phi=40$
0	2.561	2.770	3.000	3.255	3.537	3.852	4.204	4.599
16	4.195	4.652	5.174	5.775	6.469	7.279	8.230	9.356
17	4.346	4.83	5.385	6.025	6.767	7.636	8.662	9.882
20	4.857	5.436	6.105	6.886	7.804	8.892	10.194	11.771
22	5.253	5.910	6.675	7.574	8.641	9.919	11.466	13.364

$\alpha = 90 \text{ \& } \beta = 5$								
δ	$\phi=26$	$\phi=28$	$\phi=30$	$\phi=32$	$\phi=34$	$\phi=36$	$\phi=38$	$\phi=40$
0	2.943	3.203	3.492	3.815	4.177	4.585	5.046	5.572
16	5.25	5.878	6.609	7.464	8.474	9.678	11.128	12.894
17	5.475	6.146	6.929	7.850	8.942	10.251	11.836	13.781
20	6.429	7.074	8.049	9.212	10.613	12.321	14.433	17.083
22	6.864	7.820	8.960	10.334	12.011	14.083	16.685	20.011

$\alpha = 90 \text{ \& } \beta = 10$								
δ	$\phi=26$	$\phi=28$	$\phi=30$	$\phi=32$	$\phi=34$	$\phi=36$	$\phi=38$	$\phi=40$
0	3.385	3.713	4.080	4.496	4.968	5.507	6.125	6.841
16	6.652	7.545	8.605	9.876	11.417	13.309	15.665	18.647
17	6.692	7.956	9.105	10.492	12.183	14.274	16.899	20.254
20	8.186	9.414	10.903	12.733	15.014	17.903	21.636	26.569
22	9.164	10.625	12.421	14.659	17.497	21.164	26.013	32.602

c) Teori Tekanan Tanah Simplified

Koefisien Tanah Aktif Menurut Simplified

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$$

Koefisien Tanah Pasif Menurut Simplified

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$$

1. Stabilitas Terhadap Penggeseran

Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh:

- Gesekan antara tanah dan dasar fondasi.
- Tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahanan terdapat penggeser

(F_{gs}), didefinisikan sebagai :

$$F_{gs} = \frac{\sum Rh}{\sum Ph} \geq 1.5$$

Dimana :

$\sum Rh$ = tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran

$\sum Ph$ = jumlah gaya-gaya horizontal

Faktor aman terhadap penggeseran dasar fondasi (F_{gs}) minimum diambil 1.5.

Bowles (1997) menyarankan :

$$F_{gs} \geq 1.5 \text{ untuk tanah dasar granuler}$$

$$F_{gs} \geq 2 \text{ untuk tanah dasar kohesif}$$

2. Stabilitas Terhadap Penggulingan

Faktor aman terhadap penggulingan (F_{gl}), didefinisikan sebagai :

$$F_{gs} = \frac{\sum Mw}{\sum Mgl} \geq 1.5$$

Dimana :

$\sum Mw$ = momen yang melawan penggulingan (kN.m)

$\sum Mgl$ = momen yang mengakibatkan penggulingan (kN.m)

$$F_{gl} \geq 1.5 \text{ untuk tanah dasar granuler}$$

$$F_{gl} \geq 2 \text{ untuk tanah dasar kohesif}$$

3. Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas Daya Dukung Tanah

Kapasitas dukung ultimit dihitung dengan menggunakan persamaan Hansen (1970) dalam Hardiyanto (2002) untuk beban miring dan eksentris.

$$q_u = d_c i_c c N_c + d_q i_q D_f \gamma N_q + d_y i_y 0.5 B \gamma N_y$$

Dimana :

q_u = kapasitas hitung ultimit

d_c, d_q, d_y = faktor kedalaman

i_c, i_q, i_y = faktor kemiringan beban

B = lebar dasar fondasi (m)

c = kohesi tanah (kN/m^2)

D_f = kedalaman fondasi (m)

γ = berat volume tanah (kN/m^3)

N_c, N_q dan N_γ = faktor-faktor kapasitas dukung

Faktor aman terhadap kapasitas dukung :

$$F = \frac{q_{ult}}{q} \geq 3$$

Dimana :

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

Lebar efektif :

$$B' = B - 2e$$

Dengan :

q = tekanan akibat beban struktur (kN/m)

F = faktor aman terhadap keruntuhan tanah dasar minimum diambil sama dengan

3

V = beban vertical total (kN)

B' = lebar efektif (m)

G. Penanganan Gerusan Tebing Dengan Konvensional Murni

1. Pengertian Pelindung Tebing Sungai

Pelindung tebing sungai adalah bangunan untuk melindungi tebing sungai secara langsung terhadap kerusakan akibat serangan arus, pelindung tebing (*revetment*) merupakan struktur perkuatan yang ditempatkan di tebing sungai untuk menyerap energy air yang masuk guna melindungi suatu tebing sungai atau permukaan tebing tanggul terhadap erosi dan secara khusus berperan meningkatkan stabilitas alur sungai.

Tebing sungai merupakan yang penting pada kestabilan alur pada sungai karena membatasi aliran sungai. Menurut asal mulanya tebing sungai ini dapat dibagi menjadi dua, yaitu: tebing sungai asli dan tebing sungai buatan berupa timbunan (tanggul) ataupun galian. Sungai di daerah hulu pada umumnya mengalir diantara pegunungan berupa lembah maupunpalung. Maka tebing sungai ini masih merupakan tebing alam. Sedangkan didaerah rendah, sungai-sungai sering meluap menyebabkan kerusakan pada dinding sungai.

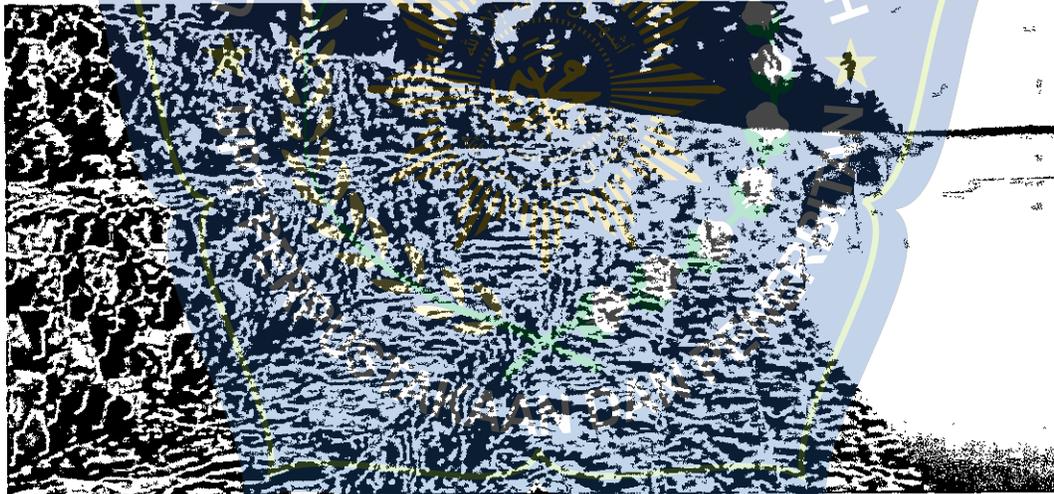
2. Pelindung Tebing Sungai Menggunakan Bronjong

Perlindungan tebing sungai secara langsung (*revetment*). *Revetment* yang berfungsi sebagai perkuatan lereng adalah bangunan yang ditempatkan pada permukaan suatu lereng guna melindungi suatu tebing sungai terhadap serangan arus yang dapat mengakibatkan terjadinya gerusan pada tebing sungai. Namun yang sering di jumpai di lapangan adalah revertment yang terbuat dari tumpukan batu dengan lapis luarnya terdiri dari batu dengan ukuran yang lebih besar.

Adapun salah satu jenis revertment penanggulangan gerusan pada tebing sungai yaitu bronjong.

a. Spesifikasi Bronjong

Spesifikasi teknis untuk kawat bronjong digunakan acuan SNI 03-0090-1999, tentang mutu dan uji bronjong dan kawat bronjong. Dalam acuan SNI tersebut mendeskripsikan bahwa yang dimaksud dengan Bronjong adalah kotak yang terbuat dari anyaman kawat baja berlapis seng yang pada penggunaannya diisi batu-batu untuk pencegah erosi yang dipasang pada tebing-tebing, tepi-tepi sungai, yang proses penganyamannya menggunakan mesin.



Gambar 1 : Bronjong batu (https://www.academia.edu/121631_82/tipe-tipe_struktur_pelindung_tebing_sungai)

Bangunan bronjong adalah struktur yang tidak kaku, oleh karena itu bronjong dapat menahan gerakan baik vertikal maupun horizontal dan apabila runtuh masih bisa dimanfaatkan lagi. Selain itu bronjong mempunyai sifat yang lolos terhadap air, sehingga air dapat terus lewat sementara pergerakan tanah dapat ditahan oleh bronjong. Bronjong pada umumnya dipasang pada kaki lereng,

biasanya berfungsi sebagai penahan longsor, dapat juga berfungsi mencegah penggerusan atau erosi tanah. Keberhasilan penggunaan bronjong sangat tergantung dari kemampuan bangunan ini untuk menahan geseran pada tanah di bawah alasnya. Oleh karena itu, bronjong harus diletakkan pada lapisan yang mantap dengan kuat geser besar di bawah bidang gelincir. (Bina Marga, 1986).

Bronjong dapat menahan longsor apabila gaya dorong yang terjadi lebih rendah daripada gaya gesek statik. Struktur bronjong sebaiknya dikombinasikan dengan pelandaian lereng. Dasar bronjong sebaiknya diletakkan pada batuan dasar untuk mengurangi gerusan dasar bronjong. Keuntungan menggunakan bronjong menurut Hardiyatmo (2006) adalah tidak memerlukan pelat pondasi, tidak rusak oleh penurunan tanah yang tidak seragam.

Adapun keuntungan menggunakan bronjong sebagai berikut:

- a) Relatif murah jika batu pengisi tersedia
- b) Cukup tahan lama
- c) Bersifat fleksibel, dapat mengikuti perubahan keadaan
- d) Tidak memerlukan drainase
- e) Sangat efektif untuk melindungi tebing yang tidak stabil dengan segera
- f) Dapat dikerjakan oleh setiap pekerja terlatih dan untuk mengisi bronjong dapat dipakai batu kali atau batu pecahan dan dapat pula dikerjakan dalam waktu pendek.

Sedangkan kekurangannya adalah:

- g) Memerlukan pekerjaan tukang yang intensif
- h) Diperlukan keahlian untuk pemasangan yang tepat

- i) Diperlukan biaya yang mahal untuk membetulkannya jika pemasangannya tidak tepat
- j) Tidak baik bagi ekologi sungai dan keindahan
- k) Dapat memburuk erosi pada hilir jika pemasangan tidak tepat.

b. Dimensi Bronjong

Ukuran bronjong kawat bentuk I, menurut SNI 03-0090-1999, adalah seperti berikut :

Tabel 11. Ukuran Kawat Bronjong

Kode	Ukuran (m)			Jumlah	Kapasitas
	A	B	C	Sekat	m ³
A	2	1	4	3	2
B	3	1	1	2	3
C	4	1	1	3	4
D	2	1	0,5	1	1
E	3	1	0,5	2	1,5
F	4	1	0,5	3	2

(Sumber: SNI 03-0090-1999 Kementrian Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Konstruksi)

Kolom kode menunjukkan ukuran bronjong kawat sedangkan untuk ukuran anyaman bronjong kawat 80 x 100 mm. Dalam hal ini kami menggunakan bronjong Kode C dengan dimensi 4 x 1 x 1 (m).

Untuk menghitung kapasitas Bronjong menggunakan rumus :

$$G = V \cdot B_j \dots\dots\dots (15)$$

Dimana :

G = Berat Bronjong (ton)

V = Volume Bronjong (m³)

Bj = Berat jenis batu (ton)



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Sungai Jenelata merupakan salah satu anak sungai Jeneberang yang berada di Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan. Sungai ini berada di wilayah Desa Moncongloe Kecamatan Manuju. Secara geografis terletak $5^{\circ} 17'24,02''$ LS dan $119^{\circ} 36' - 119^{\circ} 34'46,75''$ BT, dengan panjang sungai 40 kilometer.



Gambar 6 : Lokasi Penelitian (Sumber : Google Earth, 2019)

Penelitian ini dilakukan di daerah aliran Sungai (DAS) Jenelata, Kabupaten Gowa, tepatnya di pertemuan antara sungai Jeneberang dengan hilir sungai Jenelata. Dimana pada lokasi penelitian merupakan lahan perkebunan

warga dan jauh dari perumahan warga setempat. Selain itu kondisi tebing di lokasi penelitian memiliki kemiringan yang sangat terjal. Panjang daerah penelitian adalah 100 meter yang dibagi menjadi 4 section, dimana jarak antar section adalah 25 meter. Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan (empat bulan) yaitu dari bulan September 2019. Dimana pada bulan pertama melakukan pengurusan administrasi dan studi literatur, pada kedua, dan ke tiga adalah pengumpulan data dan analisa data, dan pada bulan ke empat adalah proses penyelesaian penelitian.

B. Jenis Penelitian Dan Sumber Data

1. Jenis penelitian

Penelitian Kasus/Lapangan adalah penelitian yang mempelajari secara intensif latar belakang keadaan sekarang dan interaksi lingkungan

2. Sumber Data

Penelitian ini dilaksanakan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Jenelata dimulai pada bulan September 2019. Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

a. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara observasi langsung ke lapangan yaitu di sungai Jenelata. Dalam observasi lapangan ini dilakukan pengamatan kondisi fisik pada daerah aliran sungai jenelata. dan pengambilan data dimensi sungai dan data kecepatan aliran sungai yang diperoleh dari pengukuran langsung di lokasi penelitian yang selanjutnya di buat hubungan dengan luas penampang sungai sehingga diperoleh nilai debit air. adapun yang termaksud kedalam data tersebut berupa data lebar dan kedalaman sungai yang

nantinya akan di gunakan untuk memperoleh profil dan luas dari penampang sungai.

- b. Sedangkan pengumpulan data sekunder yaitu mengumpulkan data yang bersifat teoritis, dokumen, diperoleh melalui skripsi-skripsi kepustakaan, diklat, jurnal, buku lain yang sesuai dengan materi penelitian serta dari instansi terkait. adapun data yang di peroleh dari instansi yaitu data curah hujan.

C. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam kegiatan ini adalah :

1. Peta DAS Jenelata.
2. Meteran panjang, untuk mengukur panjang lereng.
3. Kamera untuk dokumentasi hasil kegiatan.
4. Alat tulis menulis.
5. *Current* meter
6. Kertas label

D. Prosedur Penelitian

Secara garis besar prosedur penelitian adalah sebagai berikut :

- 1) Survei lapangan

Survei dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi di lapangan dan juga melihat langsung kondisi yang ada di lokasi penelitian dan menentukan titik pengambilan data.

- 2) Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengkaji buku-buku dan referensi dari artikel penelitian yang ada di perpustakaan maupun hasil download dari internet untuk pemuatan hasil penelitian.

3) Pengumpulan data

Mengumpulkan data primer dilakukan dengan pengambialn data secara langsung di lokasi studi penelitian dan data sekunder di peroleh pada instansi terkait : Pemerintah Desa/Kecamatan, Dinas PU Provinsi Sulawesi Selatan, masyarakat setempat, dan lain-lain.

4) Analisis dan pembahasan dari semua data yang diperoleh kemudian menyimpulkan hasil penelitian yang telah ada.

E. Analisis Data

Analisis Yang Dilakukan Pada Penelitian Ini Sebagai Berikut :

- 1). Mengumpulkan Data Curah Hujan
- 2). Menghitung Curah Hujan Rencana

Dalam menganalisis curah hujan rencana dengan periode tertentu, digunakan metode statistik yaitu :

- Metode Gumbel

Menggunakan rumus, $K_t = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$

- Metode Log Person III

Menggunakan rumus, $\text{Log } X_t = \log X + K \cdot S_x$

3). Menghitung Debit Aliran

Menggunakan rumus, $Q = V \times A$

4). Perhitunga Debit Rencana

Menggunakan rumus, $Q = C.I.A$

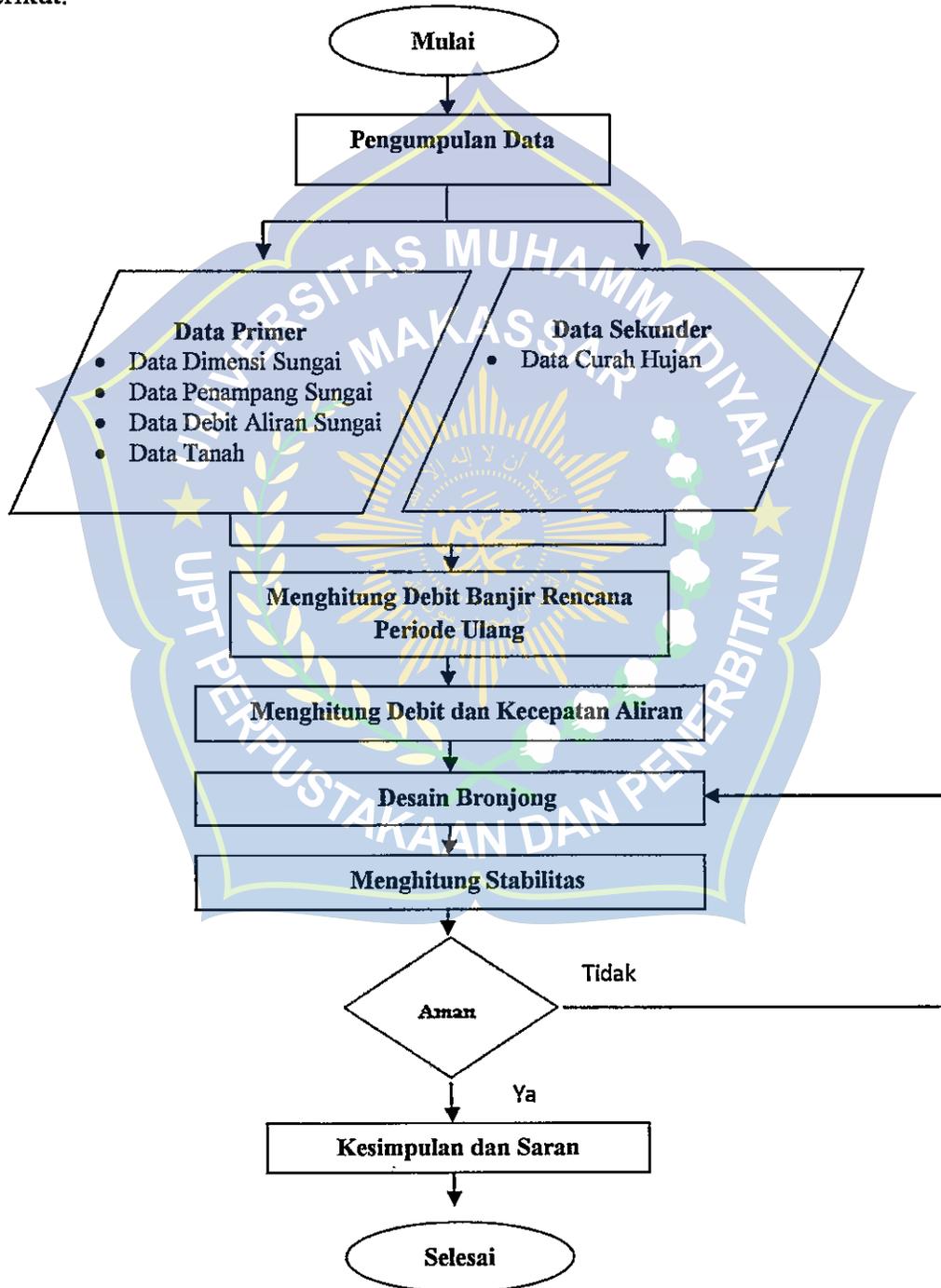
- 5). Melakukan Perencanaan Dimensi Dinding Penahan Tanah
- 6). Analisis Dengan Perkuatan Bronjong

$$G = V \cdot B_j$$



F. Flow chart Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan sesuai dengan bagan alur pada tabel berikut:



Tabel 12 : Bagan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Hidrologi

1. Analisis Curah Hujan Wilayah dan Hujan Harian Maksimum

Curah hujan rata-rata wilayah dihitung dengan menggunakan metode *polygon thiessen* yang terdiri dari 3 stasiun pencatatan curah hujan yaitu curah hujan Stasiun Malino, curah hujan Stasiun Malakaji, curah hujan Stasiun Tanralili dengan masing-masing stasiun curah hujan selama 10 tahun mulai tahun 2008 sampai dengan tahun 2017 dan memiliki luas daerah aliran sungai (DAS) sebesar 222,60 km². Adapun pembagian daerah aliran menggunakan metode *polygon thiessen* dapat dilihat pada tabel 8 berikut;

$$\begin{aligned} B &= A : \sum A \\ &= 135 : 222,60 \\ &= 0,609 \end{aligned}$$

Untuk langkah perhitungan selanjutnya dapat dihitung dengan cara yang sama. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 8 berikut.

Tabel 13. Pembagian Daerah Aliran (*Polygon Thiessen*)

No.	Stasiun Hujan	Luas (km ²) (A)	Koefisien Thiessen (B)
1	Malino	135,65	0,609
2	Malakaji	12,75	0,057
3	Tanralili	74,20	0,333
Total		222,60	1,000

Sumber: Data

Selanjutnya dilakukan perhitungan hujan harian maksimum pada tanggal, bulan, dan tahun kejadian yang sama, dapat dilihat pada tabel 9.

Untuk rekapitulasi hasil perhitungan hujan maksimum harian rata-rata menggunakan metode *Poligon Thiessen* dapat dilihat pada tabel 9, sebagai berikut

Tabel 14. Rekapitulasi Hujan Maksimum Harian Rata-Rata Metode Poligon Thiessen

NO	Kejadian			Hujan Maksimum Harian Rata-Rata
	Tahun	Bulan	Tanggal	
1	2008	Maret	12	24.67
2	2009	Januari	26	26.00
3	2010	Januari	8	23.16
4	2011	April	25	18.72
5	2012	Desember	11	38.00
6	2013	Januari	5	102.28
7	2014	Januari	17	60.53
8	2015	Maret	4	48.67
9	2016	Oktober	1	51.61
10	2017	Desember	21	15.33

2. Analisis Frekuensi dan Curah Hujan Rencana

Dari tabel 8 curah hujan maksimum harian rata-rata kemudian diurutkan dari yang terbesar ke terkecil dan dihitung dengan menggunakan analisis parameter statistik untuk mengetahui metode perhitungan curah hujan rencana yang dapat digunakan.

a. Analisa Parameter Statistik

$$\text{Harga rata-rata (Xi)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n xi$$

$$= \frac{1}{10} (408,97)$$

$$= 40,90$$

Standar deviasi (S) $= \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$

$$= \sqrt{\frac{6281,45}{9}}$$

$$= 26,42$$

Koefisien variasi (C_v) $= \frac{S}{\bar{X}}$

$$= \frac{26,42}{40,90}$$

$$= 0,65$$

Koefisien Skewnes (C_s) $= \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2)26,42^3} (199716,75)^3$$

$$= 1,50$$

Koefisien kurtosis (C_k) $= \frac{n^2}{(n-1)(n-2) \cdot S^4} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$

$$= \frac{10^2 \times 15255157,27}{(10-1)(10-2)(10-3)26,42^4}$$

$$= 6,21$$

Dari perhitungan di atas, selanjutnya dihitung analisis parameter statistik curah hujan maksimum harian rata-rata.

$$(A) = \text{Curah hujan max}$$

$$(B) = (A - X_r)$$

$$= (102 - 40,90)$$

$$= 61,38$$

$$(C) = (B)^2$$

$$= (61,38)^2$$

$$= (3767,40)$$

$$(D) = (B)^3$$

$$= (61,38)^3$$

$$= (231239,87)$$

$$(E) = (B)^4$$

$$= (61,38)^4$$

$$= 14193308,20$$

Untuk langkah perhitungan selanjutnya dapat dihitung dengan cara yang sama.

Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 10 berikut.

Tabel 15. Analisis Parameter Statistik Curah Hujan Maksimum Harian Rata- Rata

No	Tahun	CH (mm) (Xi) (A)	(Xi - X) (B)	(Xi - X) ² (C)	(Xi - X) ³ (D)	(Xi - X) ⁴ (E)
1	2013	102.28	61.38	3767.40	231239.87	14193308.20
2	2014	60.53	19.63	385.52	7569.42	148622.13
3	2016	51.61	10.71	114.76	1229.34	13169.26
4	2015	48.67	7.77	60.37	469.06	3644.45
5	2012	38.00	-2.90	8.39	-24.31	70.43
6	2009	26.00	-14.90	221.92	-3305.88	49247.44
7	2008	24.67	-16.23	263.42	-4275.38	69390.35
8	2010	23.16	-17.74	314.54	-5578.57	98938.18
9	2011	18.72	-22.17	491.64	-10901.11	241709.87
10	2017	15.33	-25.56	653.50	-16705.69	427056.96
	Jumlah	408.97		6281.45	199716.75	15245157.27
	Rata-rata (Xr) =	40.90				

Setelah diperoleh hasil pada tabel 10, selanjutnya untuk menentukan jenis metode yang digunakan dapat dilihat pada tabel 11, sebagai berikut;

Tabel 16. Kesimpulan Pemilihan Jenis Metode

Metode	Syarat	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
Normal	$C_s = 0,00$	$C_s = 1,50$	Tidak dipilih
	$C_k = 3,00$	$C_k = 6,21$	
Gumbel	$C_s = 1,1396$	$C_s = 1,50$	Tidak dipilih
	$C_k = 5,4002$	$C_k = 6,21$	
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$	$C_s = 1,50$	Tidak dipilih
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^4 + 3$	$C_k = 6,21$	
Log Pearson Type III	tidak memiliki syarat nilai C_s dan C_k seperti distribusi di atas		Dipilih

Dari analisis parameter statistik di atas, dapat dilihat pada tabel 11 diperoleh nilai C_s dan C_k tidak memenuhi syarat untuk metode Normal dan Gumbel. Maka, metode yang digunakan adalah metode *log pearson type III*

karena untuk metode ini tidak memiliki syarat nilai Cs dan Ck seperti distribusi yang lain.

b. Analisis Curah Hujan Rencana Metode *Log Pearson Type III*

Adapun langkah perhitungannya sebagai berikut;

$$\text{Nilai rata-rata (Log } X_i) = \frac{\sum \log x}{n}$$

$$= \frac{15,40}{10}$$

$$= 1,54$$

$$\text{Standar deviasi (Sx)} = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \log \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,59773}{9}}$$

$$= 0,26$$

$$\text{Koefisien skewnes (Cs)} = \frac{n \sum (\log x - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(S \log x)^3}$$

$$= \frac{10 \cdot (0,05177)}{(10-1)(10-2)0,285^3}$$

$$= 0,42$$

$$(B) = (n + A) / A$$

$$= (10 + 1) / 1$$

$$= 11,00$$

$$(C) = (A / (n + 1)) \times 100$$

$$= (1 / (10 + 1)) \times 100$$

$$= 9,09$$

$$(D) = \text{Curah hujan max}$$

$$(E) = \text{Log (D)}$$

$$= \text{Log } (102,28)$$

$$= 2,010$$

$$(F) = (E - \text{Log } \sum E)^2$$

$$= (2,010 - \text{Log } 1,54)^2$$

$$= 0,22056$$

$$(G) = (E - \text{Log } \sum E)^3$$

$$= (2,010 - \text{Log } 1,54)^3$$

$$= 0,10358$$

Untuk langkah perhitungan selanjutnya dapat dihitung dengan cara yang sama. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 12 berikut.

Tabel 17. Analisis Curah Rencana dengan Metode *Log Pearson Type III*

No. (A)	Periode Ulang (B)	P (%) (C)	Xi (D)	Log Xi (E)	(Log Xi - Log Xrt) ² (F)	(Log Xi - Log Xrt) ³ (G)
1	11.00	9.09	102.28	2.010	0.22056	0.10358
2	6.00	18.18	60.53	1.782	0.05849	0.01414
3	4.33	27.27	51.61	1.713	0.02979	0.00514
4	3.50	36.36	48.67	1.687	0.02164	0.00318
5	3.00	45.45	38.00	1.580	0.00157	0.00006
6	2.67	54.55	26.00	1.415	0.01567	-0.00196
7	2.43	63.64	24.67	1.392	0.02191	-0.00324
8	2.25	72.73	23.16	1.365	0.03076	-0.00539
9	2.11	81.82	18.72	1.272	0.07169	-0.01919
10	2.00	90.91	15.33	1.186	0.12567	-0.04455
Jumlah			409	15.40	0.59773	0.05177
Rata-Rata			40.90	1.54	0.05977	0.00941

Hitung curah hujan rencana untuk kala ulang 2 tahun:

$$\text{Log } X_t = \text{Log } X_i + G.S_x$$

$$= 1,54 + (-0,069).(0,26)$$

$$= 1,52$$

$$X_t = 10^{\text{log } X_t}$$

$$X_t = 10^{\log 1,522}$$

$$X_t = 33,285$$

Untuk langkah perhitungan selanjutnya dapat dihitung dengan cara yang sama.

Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 8 berikut.

Tabel 18. Rekapitulasi Analisis Curah Hujan Rencana untuk Periode Ulang Tahun (t) dengan Distribusi *Log Pearson Type III*

No	Periode Ulang	P (%)	G	Log Xt	Xt
1	2	50	-0.069	1.522	33.285
2	5	20	0.814	1.750	56.236
3	10	10	1.318	1.880	75.832
4	25	4	1.886	2.026	106.216
5	50	2	2.271	2.125	133.479
6	100	1	2.629	2.218	165.093

Dari tabel 13, dapat dinyatakan bahwa hasil perhitungan curah hujan rencana untuk periode ulang 2 tahun = 33,285 mm, 5 tahun = 56,236 mm, 10 tahun = 75,832 mm, 25 tahun = 106,216 mm, 50 tahun = 133,479mm, 100 tahun = 165,093 mm.

3. Analisis Debit Banjir Rencana

a. Curah Hujan Jam-Jaman

Pada perencanaan ini tidak memiliki data pencatatan hujan jam-jaman, maka perhitungan pola distribusi hujan menggunakan rumus Mononobe;

$$I_t = \left[\frac{R_{24}}{t} \right] \left[\frac{t}{T} \right]^{2/3}$$

Dimana:

I_t = Intensitas hujan dalam t jam (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan efektif dalam 1 hari

T = Waktu mulai hujan

t = Waktu konsentrasi hujan

Adapun lama waktu konsentrasi hujan (t) di Indonesia rata-rata $t = 5$ jam, maka diperoleh;

$$\text{Untuk } t = 1 \text{ jam, maka diperoleh } R_1 = \left[\frac{R_{24}}{5} \right] \left[\frac{5}{1} \right]^{2/3} = 0,5848 \cdot R_{24}$$

$$\text{Untuk } t = 2 \text{ jam, maka diperoleh } R_2 = \left[\frac{R_{24}}{5} \right] \left[\frac{5}{2} \right]^{2/3} = 0,3684 \cdot R_{24}$$

$$\text{Untuk } t = 3 \text{ jam, maka diperoleh } R_3 = \left[\frac{R_{24}}{5} \right] \left[\frac{5}{3} \right]^{2/3} = 0,2811 \cdot R_{24}$$

$$\text{Untuk } t = 4 \text{ jam, maka diperoleh } R_4 = \left[\frac{R_{24}}{5} \right] \left[\frac{5}{4} \right]^{2/3} = 0,2321 \cdot R_{24}$$

$$\text{Untuk } t = 5 \text{ jam, maka diperoleh } R_5 = \left[\frac{R_{24}}{5} \right] \left[\frac{5}{5} \right]^{2/3} = 0,2000 \cdot R_{24}$$

Dari perhitungan di atas mengenai intensitas hujan jam-jaman, maka dengan menggunakan rumus di bawah ini diperoleh hujan jam-jaman sebagai berikut;

$$Rt = [t \cdot Rt] - [(t - 1) \cdot (T - 1)]$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk } 1 \text{ jam, diperoleh } R_1 &= [1 \times 0,5848 R_{24}] - [(1 - 1) \times (1 - 1)] \\ &= (0,5848 R_{24}) - (0 \times 0) \end{aligned}$$

$$= 0,5848 \times 100\% = 58,48 \%$$

$$\text{Untuk } 2 \text{ jam, diperoleh } R_2 = [2 \times 0,3684 R_{24}] - [(2 - 1) \times (0,5848)]$$

$$= (0,7368 R_{24}) - (1 \times 0,5848)$$

$$= 0,1520 \times 100\% = 15,20 \%$$

$$\text{Untuk } 3 \text{ jam, diperoleh } R_3 = [3 \times 0,2646 R_{24}] - [(3 - 1) \times (0,3467 R_{24})]$$

$$= (0,7937 R_{24}) - (2 \times 0,3467)$$

$$= 0,1066 \times 100\% = 10,66 \%$$

$$\begin{aligned}
 \text{Untuk 4 jam, diperoleh } R_4 &= [4 \times 0,2184R_{24}] - [(4 - 1) \times (0,2646R_{24})] \\
 &= (0,8736R_{24}) - (3 \times 0,2646) \\
 &= 0,0849 \times 100\% = 8,49 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Untuk 5 jam, diperoleh } R_5 &= [5 \times 0,1882R_{24}] - [(5 - 1) \times (0,2184R_{24})] \\
 &= (0,9410R_{24}) - (4 \times 0,2184) \\
 &= 0,0717 \times 100\% = 7,17 \%
 \end{aligned}$$

b. Curah Hujan Efektif

Untuk mencari curah hujan rancangan efektif jam-jaman dalam periode ulang tertentu, data yang diperlukan:

Untuk prosedur perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

$$T_r = 2 \text{ tahun}$$

$$R_{maks} = 33,285$$

$$C = 0,78 \text{ (koefisien pengaliran)}$$

$$R_n = c \cdot R_{maks}$$

$$= 0,78 \times 33,285$$

$$= 25,962 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Jadi, curah hujan efektif} = 58,480\% \times R_n$$

$$= 58,480\% \times 25,962$$

$$= 15,183 \text{ mm/hari}$$

Untuk langkah perhitungan selanjutnya dapat dihitung dengan cara yang sama.

Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 14 berikut.

Tabel 19. Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Efektif

Waktu	Ratio	Kumulatif	Curah Hujan Rencana					
			2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)
1	58.480	58.480	15.183	25.652	34.591	48.450	60.886	75.307
2	15.200	73.681	3.946	6.667	8.991	12.593	15.826	19.574
3	10.663	84.343	2.768	4.677	6.307	8.834	11.101	13.731
4	8.489	92.832	2.204	3.723	5.021	7.033	8.838	10.931
5	7.168	100.000	1.861	3.144	4.240	5.939	7.463	9.231
Hujan Efektif			25.962	43.864	59.149	82.848	104.113	128.773
Koefesien Pengaliran			0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Prob. Hujan Maksimum			33.285	56.236	75.832	106.216	133.479	165.093

c. Analisis Debit Banjir Metode HSS Nakayasu

Untuk menganalisis debit banjir rancangan, terlebih dahulu harus dibuat hidrograf banjir pada sungai yang bersangkutan. Adapun data-data diketahui sebagai berikut:

$$\text{Luas DAS (A)} = 222,60 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang sungai utama (L)} = 40,00 \text{ km}$$

$$\text{Koefisien Pengaliran (c)} = 0,78$$

$$\text{Parameter alfa } (\alpha) = 1,679$$

$$\text{Hujan satuan (Ro)} = 1,000$$

$$t_g = 0,40 + (0,058 \times L) \quad (L > 15 \text{ km}) = 2,720$$

$$t_r = 0 \text{ (0,5 sd. 1,0) } t_g, \text{ diambil } t_r = 0,8 t_g = 2,176$$

$$T_p = t_g + (0,8 * t_r) = 4,461$$

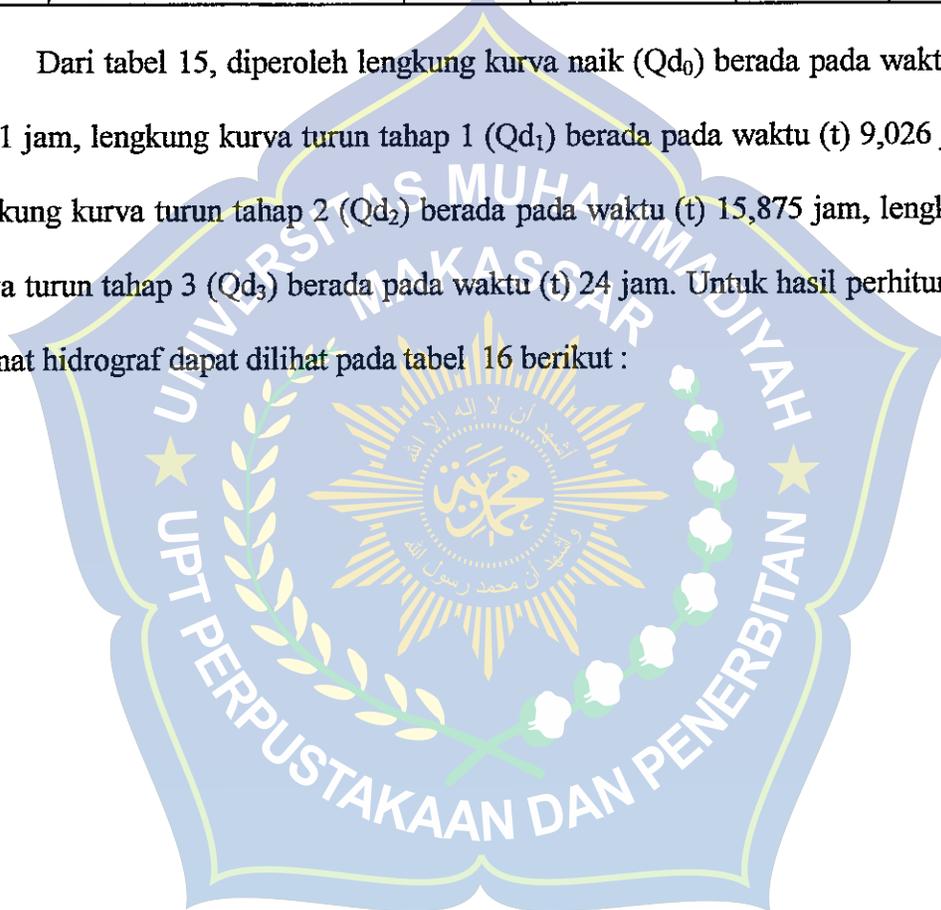
$$T_{0,3} = a \times t_g = 4,566$$

$$Q_p = (A \times R_o) / (3,6 * ((0,3 * T_p) + T_{0,3})) = 10,473$$

Tabel 20. Waktu Lengkung Higrograf Nakayasu

NO	Karakteristik	Awal (jam)		Akhir (jam)	
		Notasi	Nilai	Notasi	Nilai
1	Lengkung (Kurva) Naik	Qd_0	0	T_p	4.461
2	Lengkung (Kurva) Turun Tahap 1	Qd_1	T_p	$T_p + T_{0,3}$	9.026
3	Lengkung (Kurva) Turun Tahap 2	Qd_2	$T_p + T_{0,3}$	$T_p + 2.5 T_{0,3}$	15.875
4	Lengkung (Kurva) Turun Tahap 3	Qd_3	$T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$	~	~

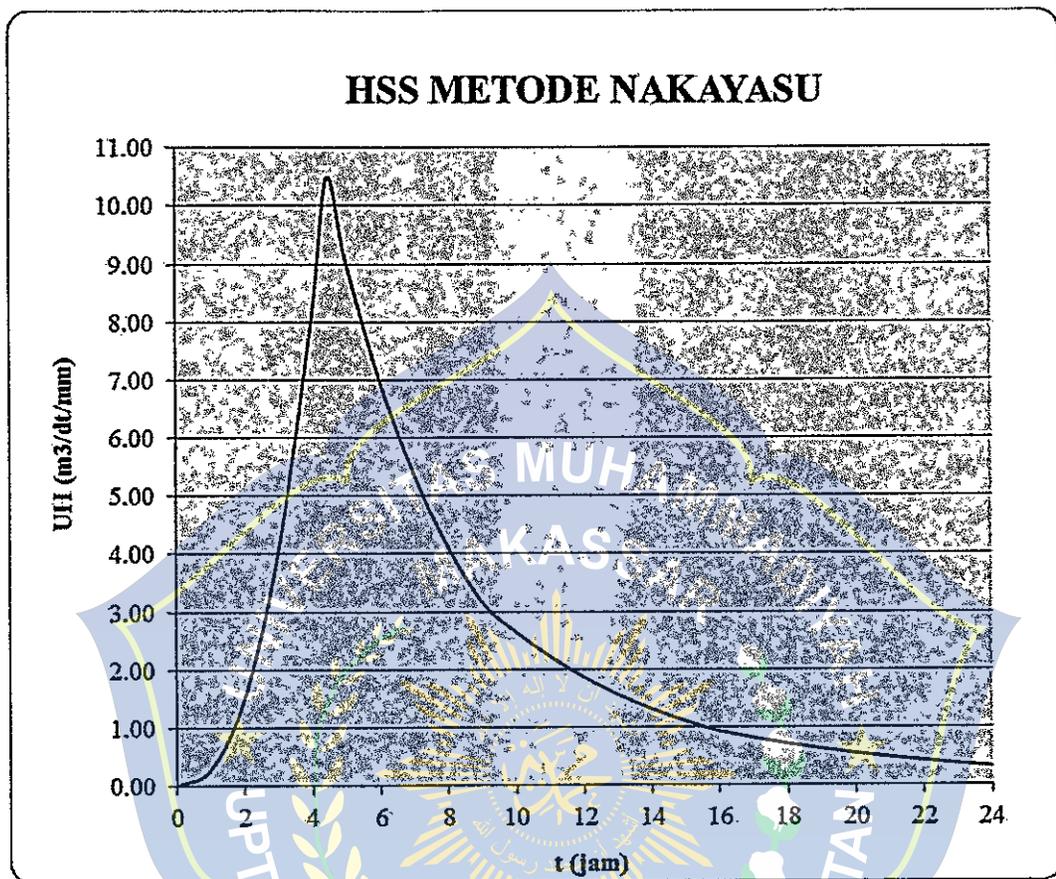
Dari tabel 15, diperoleh lengkung kurva naik (Qd_0) berada pada waktu (t) 4,461 jam, lengkung kurva turun tahap 1 (Qd_1) berada pada waktu (t) 9,026 jam, lengkung kurva turun tahap 2 (Qd_2) berada pada waktu (t) 15,875 jam, lengkung kurva turun tahap 3 (Qd_3) berada pada waktu (t) 24 jam. Untuk hasil perhitungan ordinat hidrograf dapat dilihat pada tabel 16 berikut :



Tabel 21. Ordinat Hidrograf Satuan Sintetik dengan Metode Nakayasu

t (jam)	Q (m ³ /dt)	ket
0.000	0.00000	Qd0
1.000	0.28940	
2.000	1.52747	
3.000	4.04195	
4.000	8.06203	
4.461	10.47348	
5.000	9.08528	Qd1
6.000	6.97929	
7.000	5.36148	
8.000	4.11868	
9.026	3.14204	
10.000	2.64773	Qd2
11.000	2.22087	
12.000	1.86282	
13.000	1.56250	
14.000	1.31060	
15.000	1.09930	
15.875	0.94261	
16.000	0.92717	
17.000	0.81263	
18.000	0.71225	
19.000	0.62426	Qd3
20.000	0.54715	
21.000	0.47956	
22.000	0.42032	
23.000	0.36840	
24.000	0.32289	

Dari tabel 16 di atas, diperoleh grafik hidrograf rancangan dengan metode HSS Nakayasu. Yang dapat dilihat pada gambar 9 di bawah ini :



Gambar 7. Grafik Hidrograf Rancangan HSS Nakayasu

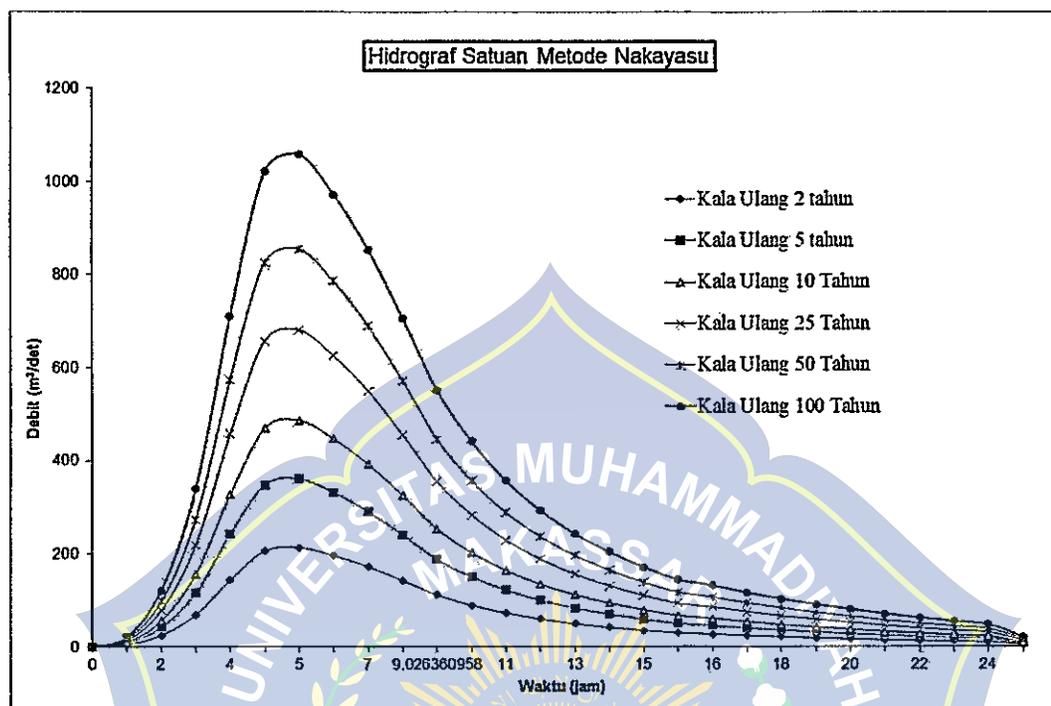
Dari gambar 9, dapat dinyatakan bahwa debit puncak pada perhitungan hidrograf banjir dengan metode HSS Nakayasu Q_{puncak} sebesar $10,47438 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan berada pada waktu 4,461 jam.

Adapun rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir rencana dengan menggunakan metode HSS Nakayasu, dapat dilihat pada tabel 17;

Tabel 22. Rekapitulasi Debit Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu

Jam Ke	Kala Ulang (Tahun)					
	2	5	10	25	50	100
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	4.39	7.42	10.01	14.02	17.62	21.79
2	24.33	41.11	55.44	77.65	97.58	120.69
3	68.20	115.22	155.37	217.62	273.48	338.26
4	143.22	241.98	326.30	457.03	574.34	710.38
4.4608	205.93	347.92	469.16	657.13	825.80	1021.39
5	213.34	360.45	486.05	680.79	855.53	1058.17
6	196.10	331.32	446.77	625.78	786.40	972.66
7	172.18	290.91	392.27	549.45	690.48	854.02
8	142.53	240.80	324.71	454.81	571.55	706.93
9.0264	111.09	187.69	253.09	354.50	445.49	551.00
10	88.81	150.04	202.32	283.39	356.13	440.47
11	71.92	121.51	163.85	229.51	288.41	356.73
12	58.97	99.63	134.34	188.17	236.47	292.47
13	48.91	82.63	111.42	156.06	196.12	242.57
14	41.04	69.34	93.51	130.97	164.59	203.57
15	34.43	58.16	78.43	109.86	138.06	170.75
15.875	29.19	49.31	66.50	93.14	117.05	144.77
16	26.64	45.00	60.68	85.00	106.82	132.12
17	23.47	39.65	53.47	74.89	94.11	116.40
18	20.71	34.99	47.18	66.09	83.05	102.72
19	18.34	30.98	41.77	58.51	73.53	90.95
20	16.26	27.47	37.04	51.88	65.20	80.64
21	14.25	24.08	32.47	45.47	57.15	70.68
22	12.49	21.10	28.46	39.86	50.09	61.95
23	10.95	18.50	24.94	34.93	43.90	54.30
24	9.59	16.21	21.86	30.62	38.48	47.59
0	4.11	6.95	9.37	13.12	16.49	20.40
Qmax	213.34	360.45	486.05	680.79	855.53	1058.17

Dari tabel 22, rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir rencana metode HSS Nakayasu dapat dinyatakan bahwa debit banjir rencana maksimum periode ulang 2 tahun = 213,34 m³/dtk, 5 tahun = 360,45 m³/dtk, 10 tahun = 486,05 m³/dtk, 25 tahun = 680,78 m³/dtk, 50 tahun = 855,53 m³/dtk, 100 tahun = 1058,17 m³/dtk. Untuk grafik hidrograf banjir HSS Nakayasu dapat dilihat pada gambar 10 berikut ;



Gambar 8. Grafik Rekapitulasi Hidrograf Banjir Metode HSS Nakayasu

Dari gambar 8, dapat dinyatakan bahwa debit puncak pada perhitungan hidrograf banjir dengan metode HSS Nakayasu pada periode ulang 100 tahun sebesar $1058,17 \text{ m}^3/\text{det}$ pada waktu 4,461 jam.

B. Analisis Hidrolika

1. Analisis Kapasitas Sungai

Analisa dan perhitungan debit di Sungai Jenelata dibagi menjadi 2 bagian yaitu Debit normal (Q_n) dan debit maksimum (Q_{max})

a. Perhitungan Debit Normal (Q_n)

Berikut ini adalah perhitungan debit sungai jenelata pada saat sungai dalam kondisi normal, yang mana sebelumnya telah dilakukan survei lapangan dengan menggunakan alat ukur kecepatan aliran (*current meter*) di 5 titik pengamatan ;

Tabel 23. Hasil pengukuran dimensi Sungai Jenelata

NO	LOKASI	Lebar sungai (B)	kedalama sungai (h)		kecepatan aliran (V)		V rata-rata
		m	M		m/detik	m/detik	
1	STA 0 + 00	23.00	h ₁	0.70	V ₁	0.3	0.23
			h ₂	1.10	V ₂	0.2	
			h ₃	2.30	V ₃	0.2	
2	STA 0 + 25	25.00	h ₁	0.90	V ₁	0.3	0.27
			h ₂	1.30	V ₂	0.3	
			h ₃	1.90	V ₃	0.2	
3	STA 0 + 50	32.50	h ₁	0.80	V ₁	0.2	0.17
			h ₂	1.50	V ₂	0.2	
			h ₃	2.90	V ₃	0.1	
4	STA 0 + 75	30.60	h ₁	0.50	V ₁	0.2	0.17
			h ₂	2.90	V ₂	0.2	
			h ₃	1.50	V ₃	0.1	
5	STA 0 + 100	35.00	h ₁	0.80	V ₁	0.3	0.20
			h ₂	2.40	V ₂	0.1	
			h ₃	1.70	V ₃	0.2	

Dari data pengukuran yang dilakukan maka dilakukanlah analisa dan perhitungan debit sungai Jenelata sebagai berikut :

1) STA 0 + 000

Data yang diperoleh ialah :

Lebar Sungai (B)

$$= 23,00 \text{ m}$$

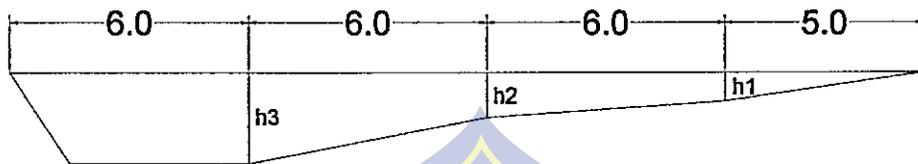
Kedalaman Sungai (h)

$$h_1 = 0,70 \text{ m} ; h_2 = 1,10 \text{ m} ; h_3 = 2,30 \text{ m}$$

Kecepatan Aliran (V)

$$V_1 = 0,3 \text{ m/dtk} ; V_2 = 0,2 \text{ m/dtk} ; V_3 = 0,2 \text{ m/dtk}$$

Maka nilai V rata-rata = $0,23 \text{ m/dtk}$ $A_1 =$



Gambar 9. Sketsa Penampang Sungai Jenelata STA 0 + 000

Luas Penampang (A)

$$A_1 = A_{1,1} = 4,5 \times 2,30 = 10,35$$

$$A_{1,2} = \frac{1}{2} (1,5) \times 2,30 = 1,76$$

$$A_1 T = 12,11$$

$$A_2 = A_{2,1} = 1,1 \times 6,0 = 6,6$$

$$A_{2,2} = \frac{1}{2} (6,0) \times 1,20 = 3,6$$

$$A_2 T = 10,2$$

$$A_3 = A_{3,1} = 0,7 \times 6,0 = 4,2$$

$$A_{3,2} = \frac{1}{2} (6,0) \times 0,4 = 1,2$$

$$A_3 T = 5,4$$

$$A_4 = \frac{1}{2} (5,0) \times 0,70 = 1,75$$

$$A_{\text{total}} = 29,46$$

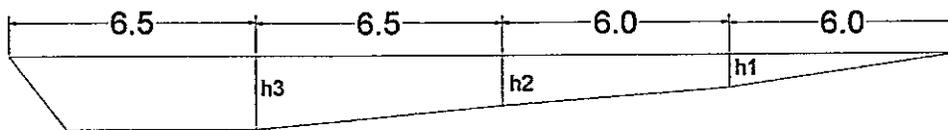
Maka diperoleh debit sebesar : A_2

$$Q = V \times A$$

$$Q = 0,23 \times 29,46$$

$$Q = 6,76 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

2) STA 0 + 025



Gambar 10. Sketsa Penampang Sungai Jenelata STA 0 + 025

3) STA 0 + 050



Gambar 11. Sketsa Penampang Sungai Jenelata STA 0 + 050

4) STA 0 + 075



Gambar 12. Sketsa Penampang Sungai Jenelata STA 0 + 075

5) STA 0 + 100



Gambar 13. Sketsa Penampang Sungai Jenelata STA 0 + 100

Selanjutnya untuk perhitungan STA 0+25 , 0+50 , 0+75 , 0+100 dapat dihitung dengan cara yang sama seperti pada STA 0+000 diatas. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 19 berikut.

Tabel 24. Hasil perhitungan tampungan Sungai Jenelata Kondisi debit Normal (Q_n)

NO.	LOKASI	Lebar sungai (B)	Kedalaman sungai (h)		Kecepatan aliran (V)		$V_{Rata-rata}$	A_{Total}	Q_n
		m	m		m/detik		m/detik	m^2	$m^3/detik$
1	STA 0 + 000	23.00	h_1	0.70	V_1	0.3	0.23	29.46	6.87
			h_2	1.10	V_2	0.2			
			h_3	2.30	V_3	0.2			
2	STA 0 + 100	25.00	h_1	0.9	V_1	0.3	0.27	30.82	8.22
			h_2	1.30	V_2	0.3			
			h_3	1.90	V_3	0.2			
3	STA 0 + 200	32.50	h_1	0.80	V_1	0.2	0.17	52.46	8.74
			h_2	1.50	V_2	0.2			
			h_3	2.90	V_3	0.1			
4	STA 0 + 300	30.60	h_1	0.50	V_1	0.2	0.17	42.46	7.08
			h_2	2.90	V_2	0.2			
			h_3	1.50	V_3	0.1			
5	STA 0 + 400	35	h_1	0.80	V_1	0.3	0.20	50.05	10.01
			h_2	2.40	V_2	0.1			
			h_3	1.70	V_3	0.2			
Debit Rata-rata								8.18	

Jadi, dari perolehan debit diatas dapat diambil rata-ratanya sebesar 8,18 m^3/dtk dengan kondisi air normal.

b. Perhitungan Debit Maksimum (Q_{max})

1) STA 0 + 000

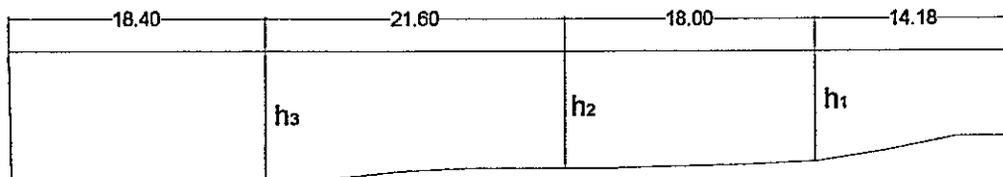
Data yang diperoleh ialah :

Lebar Sungai (B)

$$= 72,18 \text{ m}$$

Kedalaman Sungai (H)

$$= 8,37 \text{ m}$$



Gambar 14. Sketsa Penampang Sungai Jenelata STA 0 + 000

Luas Penampang (A)

$$A_1 = 18,40 \times 9,0 = 165,6$$

$$A_2 = \left(\frac{9,0 + 8,30}{2} \right) \times 21,60 = 186,84$$

$$A_3 = \left(\frac{8,30 + 7,80}{2} \right) \times 18,0 = 144,90$$

$$A_4 = \left(\frac{7,80 + 6,0}{2} \right) \times 14,18 = 97,98$$

$$A_{\text{total}} = 595,32$$

Keliling basah (P) :

$$\begin{aligned} P &= B + 2H\sqrt{1 + m^2} \\ &= 72,20 + 2 \times 8,37\sqrt{1 + 0,72^2} \\ &= 92,82 \text{ m} \end{aligned}$$

Kemiringan dasar sungai (I) :

$$I = \left(\frac{9,30 - 7,80}{16,50} \right) = 0,000909 \text{ m}$$

Jari – jari hidrolis (R) :

$$R = \frac{A}{P} = \frac{595,32}{92,82} = 6,41 \text{ m}$$

Kecepatan aliran (V) :

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,030} \times 6,41^{\frac{2}{3}} \times 0,000909^{\frac{1}{2}}$$

$$= 3,47 \text{ m/dtk}$$

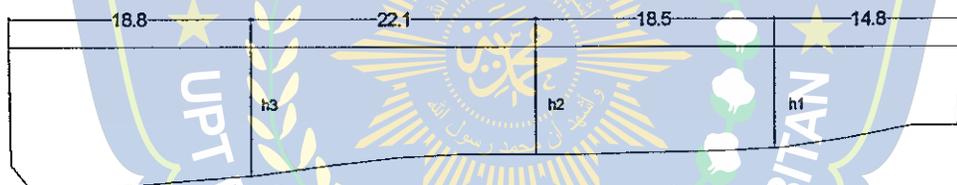
Debit sungai (Q) :

$$Q = A \cdot V$$

$$= 595,32 \times 3,47$$

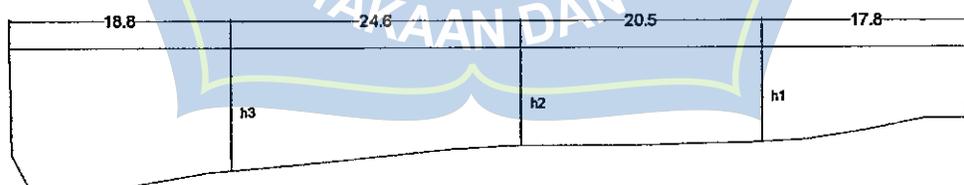
$$= 2065,76 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

2) STA 0 + 25



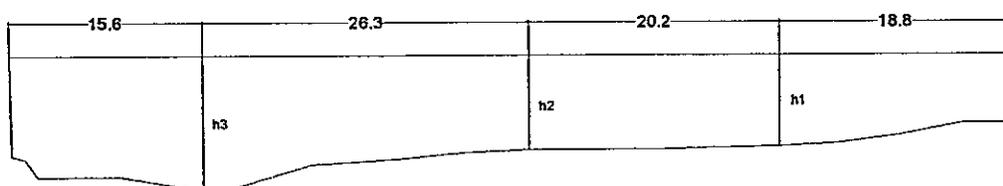
Gambar 15. Sketsa Penampang Sungai Jenelata STA 0 + 25

3) STA 0 + 50



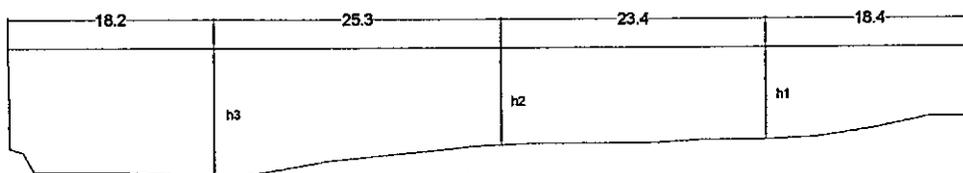
Gambar 16. Sketsa Penampang Sungai Jenelata STA 0 + 50

4) STA 0 + 75



Gambar 17. Sketsa Penampang Sungai Jenelata STA 0 + 75

5) STA 0 + 100



Gambar 18. Sketsa Penampang Sungai Jenelata STA 0 + 100

Selanjutnya untuk perhitungan STA 0+25 , 0+50 , 0+75 , 0+100 dapat dihitung dengan cara yang sama seperti pada STA 0+000 diatas. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 25 berikut.

Tabel 25. Hasil Perhitungan Tampunguan Sungai Jenelata Kondisi Debit Maksimum (Q_{max})

NO.	LOKASI	B	b	kedalaman sungai (H)		A	P	I	R	V	Q_{max}
		m	m	m		m^2	m	m	m	m/detik	$m^3/detik$
1	STA 0 + 000	72.18	16.50	h_1	9.00	595.32	92.82	0.000909	6.41	3.47	2065.76
				h_2	8.30						
				h_3	7.80						
2	STA 0 + 25	74.18	17.50	h_1	9.00	611.42	95.95	0.000628	6.37	2.87	1254.78
				h_2	8.30						
				h_3	7.80						
3	STA 0 + 50	81.68	23.10	h_1	9.00	671.75	99.96	0.000909	6.72	3.58	1704.86
				h_2	8.30						
				h_3	7.90						
4	STA 0 + 75	80.85	22.00	h_1	9.00	664.13	101.98	0.000454	6.51	2.48	1647.04
				h_2	8.30						
				h_3	8.00						
5	STA 0 + 100	85.28	26.00	h_1	9.00	704.59	105.06	0.000384	6.71	2.32	1634.65
				h_2	8.40						
				h_3	8.00						
Debit Rata-rata											1201.42

Jadi, dari perolehan debit diatas dapat diambil rata-ratanya sebesar $1201,42 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

Tabel 26. Hasil Perhitungan

No	Jenis Debit	Besar Debit m ³ /detik
1	Debit normal (Q _n)	8.18
2	Debit maksimum (Q _{max})	1201.42
3	Debit kala ulang 2 tahun (Q ₂)	213.34
4	Debit kala ulang 5 tahun (Q ₅)	360.45
5	Debit kala ulang 10 tahun (Q ₁₀)	486.05
6	Debit kala ulang 25 tahun (Q ₂₅)	680.79
7	Debit kala ulang 50 tahun (Q ₅₀)	855.53
8	Debit kala ulang 100 tahun (Q ₁₀₀)	1058.17

2. Analisis Tinggi Muka Air Sungai

Dari hasil perhitungan debit yang di peroleh kita bisa memperhitungkan tinggi muka air sesuai dengan debit yang terjadi, adapun perhitungannya untuk memperoleh tinggi muka air sungai Jenelata adalah sebagai berikut :

- a. Perhitungan tinggi muka air Q₂ :

Luas penampang sungai (A) :

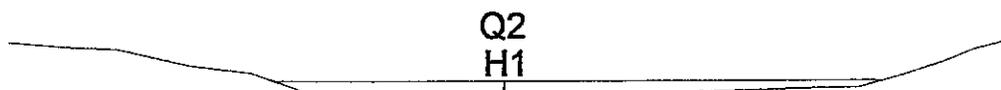
$$A = \frac{Q}{V} = \frac{213,34}{2,94}$$

$$= 72,56 \text{ m}^2$$

Tinggi muka air maksimum (H) :

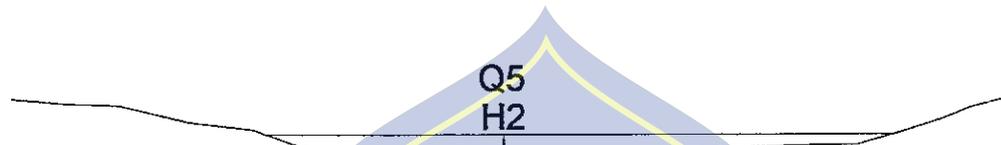
$$H1 = \sqrt{\frac{A}{n+m}} = \sqrt{\frac{72,56}{0,030 + 3,45}}$$

$$= 4,57 \text{ m}$$



Gambar 19. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Debit kala ulang 2 tahun

b. Perhitungan tinggi muka air Q_5 :



Gambar 20. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Debit kala ulang 5 tahun

c. Perhitungan tinggi muka air Q_{10} :



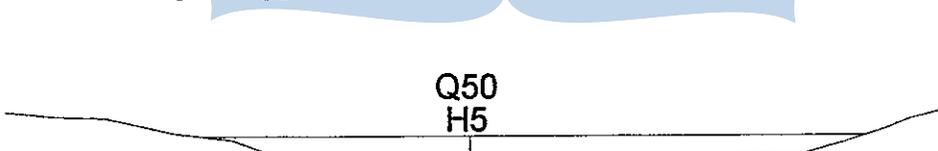
Gambar 21. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Debit kala ulang 10 tahun

d. Perhitungan tinggi muka air Q_{25} :



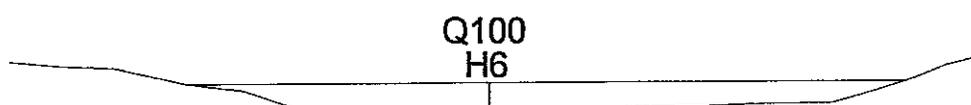
Gambar 22. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Debit kala ulang 25 tahun

e. Perhitungan tinggi muka air Q_{50} :



Gambar 23. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Debit kala ulang 50 tahun

f. Perhitungan tinggi muka air Q_{100} :



Gambar 24. Sketsa Penampang Sungai Jenelata Debit kala ulang 100 tahun

Selanjutnya untuk perhitungan Tinggi muka air Q5, Q10, Q25, Q50, Q100 dapat dihitung dengan cara yang sama seperti pada Q2 diatas. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 23 berikut.

Tabel 27. Rekapitulasi Tinggi Muka Air Sungai Jenelata Pada Debit Q₂, Q₅, Q₁₀, Q₂₅, Q₅₀, dan Q₁₀₀

Debit	Q	V _{rata-rata}	A	H
	m ³ /detik	m ³ /detik	m ²	m
Q ₂	213.34	2.49	72.56	4.57
Q ₅	360.45	2.49	122.60	5.93
Q ₁₀	486.05	2.49	165.32	6.89
Q ₂₅	680.79	2.49	231.56	7.15
Q ₅₀	855.53	2.49	291.00	7.85
Q ₁₀₀	1058.17	2.49	359.92	8.14
Q _{max}	1201.42	2.49	424.74	9.25

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi perkuatan tebing} &= H_{\text{max}} + \text{Clearance} \\
 &= 9,25 + 1,5 \\
 &= 10,75 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh profil muka air rata-rata seperti ilustrasi penampang Sungai Jenelata pada gambar berikut :



Gambar 25. Profil Muka Air Sungai Jenelata Pada Q₂, Q₅, Q₁₀, Q₂₅, Q₅₀, dan Q₁₀₀

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa tampungan Sungai Jenelata pada debit Q₂, Q₅, Q₁₀, Q₂₅, Q₅₀, dan Q₁₀₀ berada pada titik jagaan tanggul sungai

C. Desain Bronjong untuk Perkuatan Tebing Sungai

1. Dimensi Bronjong

Ukuran bronjong kawat bentuk I, menurut SNI 03-0090-1999, adalah seperti berikut :

Tabel 28. Ukuran Kawat Bronjong

Kode	Ukuran dalam m			Jumlah sekat	Kapasitas m ³
	A	B	C		
A	2	1	1	1	2
B	3	1	1	2	3
C	4	1	1	3	4
D	2	1	0.5	1	1
E	3	1	0.5	2	1.5
F	4	1	0.5	3	2

(Sumber: SNI 03-0090-1999 Kementerian Pekerjaan Umum Badan Pembinaan Konstruksi)

Kolom kode menunjukkan ukuran bronjong kawat sedangkan untuk ukuran anyaman bronjong kawat 80 x 100 mm. Dalam hal ini kami menggunakan bronjong Kode C dengan dimensi 4 x 1 x 1 (m).

2. Analisis Kapasitas Bronjong

➤ Volume bronjong (V)

$$V = 4 \times 1 \times 1 = 4 \text{ m}^3$$

➤ Berat jenis batu (Bj)

$$Bj = 1500 \text{ kg} = 1,5 \text{ ton}$$

➤ Berat bronjong (G)

$$G = V \times Bj$$

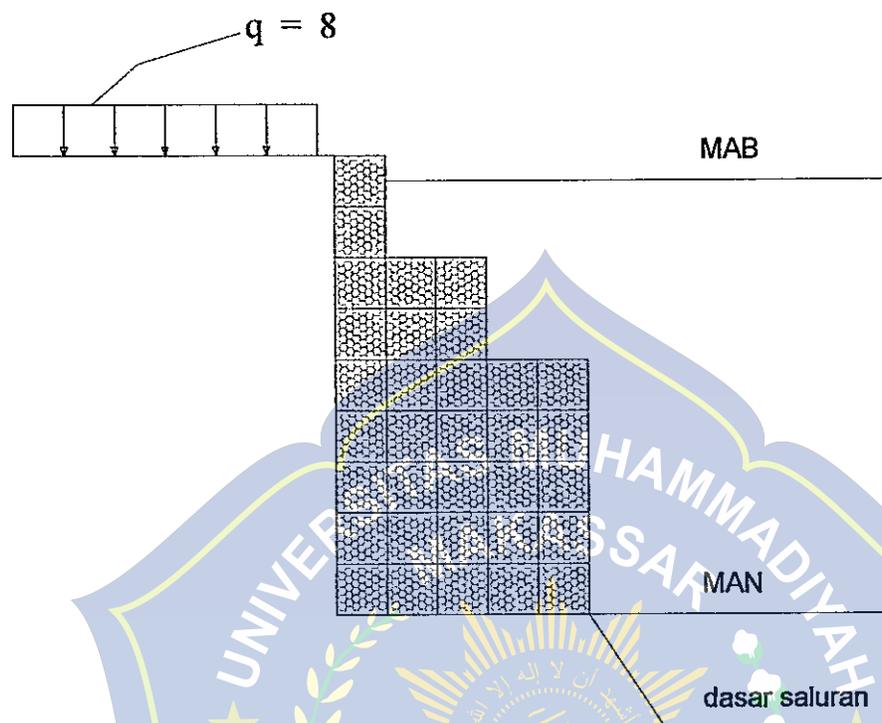
$$= 4 \times 1,5$$

$$= 6 \text{ ton}$$

➤ Volume Bronjong (100 m) dengan jumlah 33 trap

$$= (33 \times 1,5) \times 100$$

$$= 4950 \text{ ton}$$



Gambar 26. Gambar Potongan Dinding Penahan Tanah Bronjong

Diketahui suatu konstruksi bronjong yang menahan tanah dibelakangnya seperti gambar terlampir, dengan data-data :

- Beban merata permukaan (q)
 $q = 8 \text{ KN/m}^2$
- Tinggi bronjong diatas tanah (H)
 $H = 9 \text{ m}$
- Tinggi Muka Air Normal (MAN)
 $H_{\text{normal}} = 2,90 \text{ m}$
- Tinggi Muka Air Banjir (MAB)
 $H_{\text{max}} = 9,25 \text{ m}$

- Data Tanah :

$$\gamma_1 = 10,944 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi = 20,02^\circ$$

$$C_1 = 0,353$$

1. Menghitung Nilai K_a

$$K_a = \tan^2 (45 - \phi / 2)$$

$$= 0,49$$

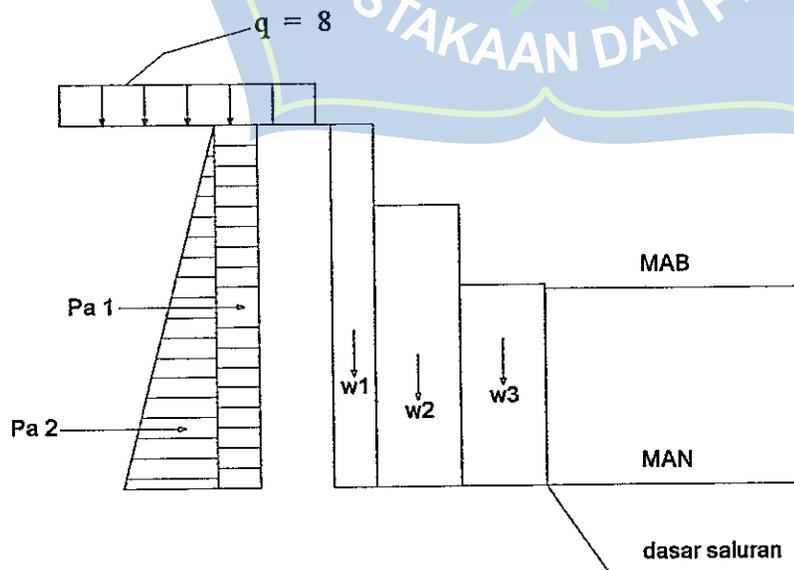
2. Menghitung P_a akibat beban merata

$$P_a = q \cdot H \cdot K_a$$

$$P_a = 8 \cdot 9 \cdot 0,49$$

$$P_a = 31,36$$

3. Menghitung Stabilitas Guling dan Stabilitas Geser



Gambar 27. Sketsa Diagram Tekanan Tanah

a. Menghitung Stabilitas Guling

Tabel 29. Tabel Perhitungan Momen Tahanan

Bagian	Berat	Lengan	Momen
W1	$(9).(1).(10.944) = 98.50$	4.5	443.25
W2	$(7).(2).(1.5) = 21$	3	63
W3	$(5).(2).(1.5) = 15$	1	15
	$\Sigma W = 134.50$		$\Sigma Mw = 521.25$

Tabel 30. Tabel Perhitungan Momen Guling

Gaya Lateral (kN)	Lengan (m)	Momen (kN.m)
$Pa 1 = (9).(8).(0.49) = 35.28$	4	141.12
$Pa 2 = 1/2.(10.944).(9)^2.(0.49) = 42.90$	2.23	95.67
$\Sigma W = 78.18$		$\Sigma Mgl = 236.79$

Faktor Keamanan Terhadap Guling:

$$F_{gs} = \frac{\Sigma Mw}{\Sigma Mgl} \geq 1.5$$

$$F_{gs} = \frac{521,25}{236,79} \geq 1.5$$

$$= 2,20 \geq 1.5 \text{ (Aman)}$$

b. Menghitung Stabilitas Geser

Gunakan parameter-parameter dari tanah dasar

$$\text{Koheesi efektif } (c') = 0,67 \cdot c = (0,67) \cdot (0,353) = 0,237$$

$$\tan \phi = \tan 20,02 = 0,36$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya tahanan geser} &= c' \cdot b + \Sigma W \cdot \tan \phi \\ &= (0,237).(5) + (134,50) \cdot (0,36) \\ &= 49,61 \end{aligned}$$

Maka :

$$F_{gs} = \frac{\Sigma Rh}{\Sigma Ph} \geq 1.5$$

$$= \frac{49,61}{31,36} \geq 1.5 \sim 1,58 \geq 1.5 \text{ (Aman)}$$

PEMBAHASAN:

Berdasarkan hasil analisis di atas maka didesain perkuatan tebing menggunakan bronjong dengan dimensi 4 x 1 x 1 (m) .

$$\begin{aligned}\text{Dimana Tinggi perkuatan tebing} &= H_{\text{max}} + \text{Clearance} \\ &= 9,25 + 1,5 \\ &= 10,75 \text{ m}\end{aligned}$$

Perkuatan menggunakan bronjong ini dinyatakan aman karena tinggi perkuatan tebing $10,75 > 9,25$ tinggi mukair max. dan telah memenuhi kontrol terhadap guling $2,20 \geq 1,5$ (Aman) dan kontrol terhadap geser $1,58 \geq 1,5$ (Aman) . Hasil dari faktor keamanan yang telah dianalisis dapat disimpulkan bahwa struktur pelindung tebing dalam kondisi stabil dan aman akibat kenaikan tinggi muka air sungai.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai perencanaan perkuatan tebing di sungai Jenelata Kabupaten Gowa maka digunakan Bronjong. Adapun hasil analisis perhitungan bronjong Adapun dimensi Bronjong yang digunakan adalah $4 \times 1 \times 1$ (m). Stabilitas guling $2,20 \geq 1.5$ (Aman) dan Stabilitas geser $1,58 \geq 1.5$ (Aman).

B. Saran

1. Hasil penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi masukan yang berguna dalam proses pengambilan keputusan untuk kepentingan perkuatan pada tebing Sungai Jenelata.
2. Pengambilan sampel tanah pada lokasi penelitian tersebut diperlukan pengambilan sampel lebih banyak sehingga untuk mendapatkan karakteristik pada lapisan tanah yang lebih detail untuk membantu keakuratan pada perhitungan Sheet Pile.
3. Diperlukan pada penelitian yang lebih lanjut dengan menggunakan jenis perkuatan yang lain seperti dinding penahan tanah, geotextile atau sejenisnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N., Akhmad, M., Luki, W., & Rendi Addetya, Y. (2015). Studi Debit Aliran Pada Sungai Antasan Kelurahan Sungai Andai Banjarmasin Utara. *Jurnal Poros Teknik Volume 7 No. 1, 8.*
- Asdak, C., 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.* Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Banuwa, I. S. (2013). *Erosi Edisi I.* Jakarta: PRENADADIA GROUP.
- Elshinta A.B (2017) . Perkuatan Tebing Menggunakan Bronjong di Sungai Manikin . *Jurnal Teknik Sipil Vol. VI . No. 2.*
- Handayani Dewi (2012). Metode Thiessen Poligon untuk Ramalan Sebaran Curah Hujan Periode Tertentu pada Wilayah yang Tidak Memiliki Data Curah Hujan. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK Volume 17, No 2.*
- Dr. Ir. H. Darwis, M. (2018). *Pengelolaan Air Tanah.* Makassar: Pena Indris Bekerja sama dengan Pustaka AQ.
- Garde, & Raju. (1977). *Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problem.* New Delho: Willy Eastern Limited.
- Hanwar. (1999). *Gerusan Lokal di Sekitar Abutmen Jembatan.* Yogyakarta: PPS UGM.
- Hardiyatmo, H.C., 1996, Teknik Pondasi 1, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Hardiyatmo, H.C.2003. Mekanika Tanah II. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo. (2006). *Mekanka Tanah 1.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hendar, P., & Helmi, H. (2013). Analisis Angkutan Sedimen Total Pada Sungai Dawas Kabupaten Musi Banyuasin. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan,* 103.
- Hutagaol, R. R. (2015). *konservasi tanah dan air.* Yogyakarta: Group penerbitan CV BUDI UTAMA.
- Lihawa, F. (2017). *Daerah Aliran Sungai Alo Erosi,Sedimentsi Dan Longsor.* yogyakarta: Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA.

- Maryono, A (2008). *Eko-Hidrolik Pengelolaan Sungai Eamah Lingkungan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Maryono, A (2007). *Restorasi Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Mey Malasari, M (2014). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Pemasangan Bronjong (Studi Kasus di Sungai Gajah Putih, Surakarta). *Jurnal Matriks Teknik Sipil*. Vol.2 No.1
- Nurrizqi, E,H, dan Suyono, 2013. Pengaruh Perubahan Penggunaan lahan Terhadap Perubahan Debit Puncak Banjir di Sub-DAS Brantas Hulu, *Jurnal Bumi Indonesia*, Vol. 1, No, 3:363 - 371 ISSN 1858-1110.
- Oehadijono. (1993). *Dasar-Dasar Teknik Sungai (Principles River Engineering)*. Makassar: Unhas Makassar.
- Sosrodarsono.S. (2008). *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta: PT. Tradnya Paramita.
- Sucipto, & Nur, Q. (2004). Analisis Gerusan Lokal di Hilir Bed Protection. *Jurnal Teknik Sipil Dan perencanaan*, Nomer 1 volume 6.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta
- Suroso dan Susanto, H,A, (2006). Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir DAS Banjaran, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 3, No, 2:75 – 80 ISSN 1693-5756.

L

A

M

P

I

R

A

N





Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi Teknik Sipil - Fakultas Teknik. Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar. (90231) E-mail: labmftsumi@outlook.com

Nomor : No. 07/SP-MT/XI/2019
Lampiran : -
Perihal : Laporan Hasil Pemeriksaan

Kepada Yang Terhormat,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan
Universitas Muhammadiyah Makassar

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Bersama dengan surat ini, kami menyampaikan data hasil pengujian Laboratorium dengan pengujian **Water Content, Specific Gravity, Unit Weight, Atterberg Limits Test**, dan **Direct Shear** pada penelitian Tugas Akhir mahasiswa yang berketerangan dibawah ini:

No.	Stambuk	Nama
1.	105 81 2528 15	Muhammad Rahmat
2.	105 81 2541 15	Andi Ismayanti

Adapun data hasil pengujian dapat dilihat pada *Summary* hasil *test* bagian Lampiran.

Demikian penyampaian Kami, semoga dengan data ini dapat membantu kegiatan aktifitas selanjutnya.

Makassar, 14 November 2019



ii. Arifuddin Karim, M.Sc



Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar. (90231) E-mail: labmftsumi@outlook.com

DIRECT SHEAR - UU

Proyek	: Penelitian	Contoh No.	: Titik I
Lokasi	: Sungai Jenelata	Kedalaman	: 0.2 - 0.4 m
Jenis Tanah	: Pasir Padat	Tanggal	: 12/11/2019

Jenis pengujian : Unconsolidated Undrained (UU)
Jenis contoh tanah : Undisturbed Disturbed
Diameter (D) : 6.330 cm
Luas, $A = 1/4\pi D^2$: 31.470 cm²
Tinggi (t) : 2.00 cm
Volume (V) : 62.940 cm³
Load Ring Constant : 0.1988 /div

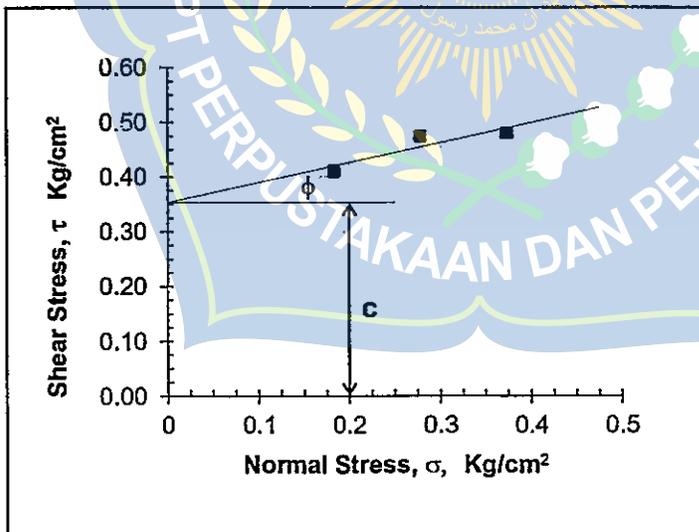
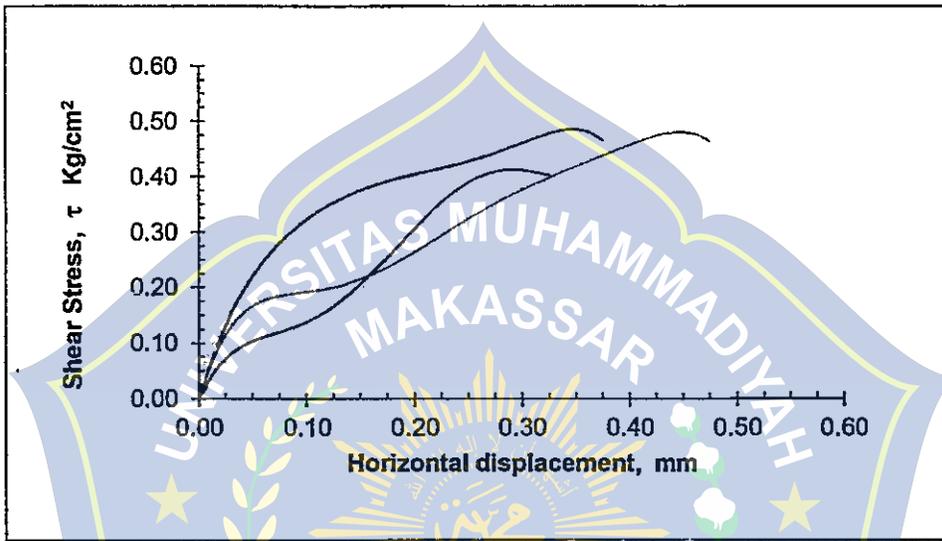
Beban Normal (N)	Tegangan Normal, $\sigma = N/A$
$N1 = 5.75$ Kg	$\sigma1 = 0.183$ Kg/cm ²
$N2 = 8.75$ Kg	$\sigma2 = 0.278$ Kg/cm ²
$N3 = 11.75$ Kg	$\sigma3 = 0.373$ Kg/cm ²



Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar. (90231) E-mail: labmftsumi@outlook.com

GRAFIK - DIRECT SHEAR



Parameter

Kuat Geser

Sudut geser dalam :

$$\phi = 20.02^\circ$$

Kohesi :

$$c = 0.353 \text{ Kg/cm}^2$$

Dikerjakan

Zulfikar Ahmad



Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar (90231) E-mail: labmftsumi@outlook.com

WATER CONTENT

Proyek : Penelitian
Lokasi : Sungai Jenelata
Jenis tanah : Pasir Padat

Contoh No. : Titik I
Kedalaman : 0.2 - 0.4 m
Tanggal : 12/11/2019

Uraian	Pengujian No.		
	1	2	3
Container No.	1	2	3
Berat Container, W_1 (g)	7.10	13.40	7.30
Berat Cont. + Tanah basah, W_2 (g)	44.50	53.40	48.40
Berat Cont. + Tanah kering, W_3 (g)	39.40	48.20	42.50
Berat Air, $W_2 - W_3$ (g)	5.10	5.20	5.90
Berat Tanah kering, $W_3 - W_1$ (g)	32.30	34.80	35.20
Kadar Air $w (\%) = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100$	15.789	14.943	16.761
Kadar Air rata-rata, w	15.831 %		

Dikerjakan


Andi Ega Fidela



Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar (90231) E-mail: labmtftsumi@outlook.com

LIQUID LIMIT

Proyek : Penelitian	Contoh No. : Titik I			
Lokasi : Sungai Jenelata	Kedalaman : 0.2 - 0.4 m			
Jenis tanah : Pasir	Tanggal : 13/11/2019			
Uraian	Pengujian No.			
	1	2	3	4
Container No.	1	2	3	4
Berat container, W_1 (g)	13.50	13.80	14.60	12.30
Berat container + tanah basah, W_2 (g)	52.10	52.00	52.80	50.00
Berat container + tanah kering, W_3 (g)	41.40	41.50	42.60	40.10
Berat air, $W_4 = W_2 - W_3$ (g)	10.70	10.50	10.20	9.90
Berat tanah kering, $W_5 = W_3 - W_1$ (g)	27.90	27.70	28.00	27.80
Kadar air, $w = (W_4 / W_5) \times 100$ (%)	38.35	37.91	36.43	35.61
Jumlah ketukan (N) (N kali)	5	7	9	11
	Liquid Limit (Batas Cair), $N < 25$			
	LL = Non-Plasticity PL = Non-Plasticity PI = Non-Plasticity			

Dikerjakan

Andi Ega Fidela
Andi Ega Fidela



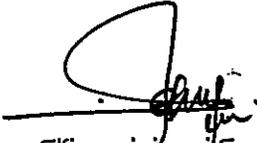
Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi Teknik Sipil - Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar. (90231) E-mail: labmtftsumi@outlook.com

SPECIFIC GRAVITY

Proyek : Penelitian	Contoh No. : Titik I		
Lokasi : Sungai Jenelata	Kedalaman : 0.2 - 0.4 m		
Jenis tanah : Lanau	Tanggal : 13/11/2019		
Temperatur : 25 °C (K = 0.9988)			
: 28 °C (K = 0.9980)			
Uraian	Pengujian No.		
	1	2	3
Berat Tanah (g)	50.0	50.0	50.0
Berat Picno (w_1) (g)	160.0	160.1	161.4
Berat Picno + Tanah (w_2) (g)	210.0	210.1	211.4
Berat Picno + Tanah + Air (w_3) (g)	685.9	662.9	690.5
Berat Picno + Air (w_4) (g)	653.9	631.8	659.3
Temperatur (°C)	25	25	28
Berat Jenis $G_s = \frac{w_2 - w_1}{(w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)} (K)$	2.774	2.642	2.654
Berat Jenis Rata-rata, G_s	2.690		

Dikerjakan


Elfiyusriningsi Syara



Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar. (90231) E-mail: labmtftsumi@outlook.com

UNIT WEIGHT

Proyek : Penelitian	Contoh No. : Titik I		
Lokasi : Sungai Jenelata	Kedalaman : 0.2 - 0.4 m		
Jenis tanah : Lempung Lunak	Tanggal : 12/11/2019		
Berat Cincin : 97.60 g (w_1)	Diameter : 6.33 cm		
Tinggi Cincin : 2.00 cm	Volume : 62.940 cm ³ (V)		
Uraian	Pengujian No.		
	1	2	3
Berat Cincin + Tanah Basah (w_2) (g)	206.20	200.60	205.80
Berat Tanah Kering (w_3) (g)	80.10	77.20	83.00
Berat Tanah Basah (w_4) (g)	108.60	103.00	108.20
Kadar Air, $w = (w_4 - w_3) / w_3 \times 100\%$ (%)	35.58	33.42	30.36
Berat Volume Tanah Basah, $\gamma = w_4 / V$ (g/cm ³)	1.725	1.636	1.719
Berat Volume Tanah Kering, $\gamma_{dry} = \gamma / (1 + w)$ (g/cm ³)	1.273	1.227	1.319
Void Ratio, $e = G_s \gamma_w / \gamma_{dry} - 1$	1.114	1.193	1.040
Void Ratio Rata-rata	1.116		

Ket: Void Ratio di isi setelah pengujian G_s

Dikerjakan

Hamka Putra Ryandani



Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar, 190231 | E-mail: labmftsumi@outlook.com

DOKUMENTASI PENGUJIAN Lokasi Contoh Tanah : Sungai Jenelata



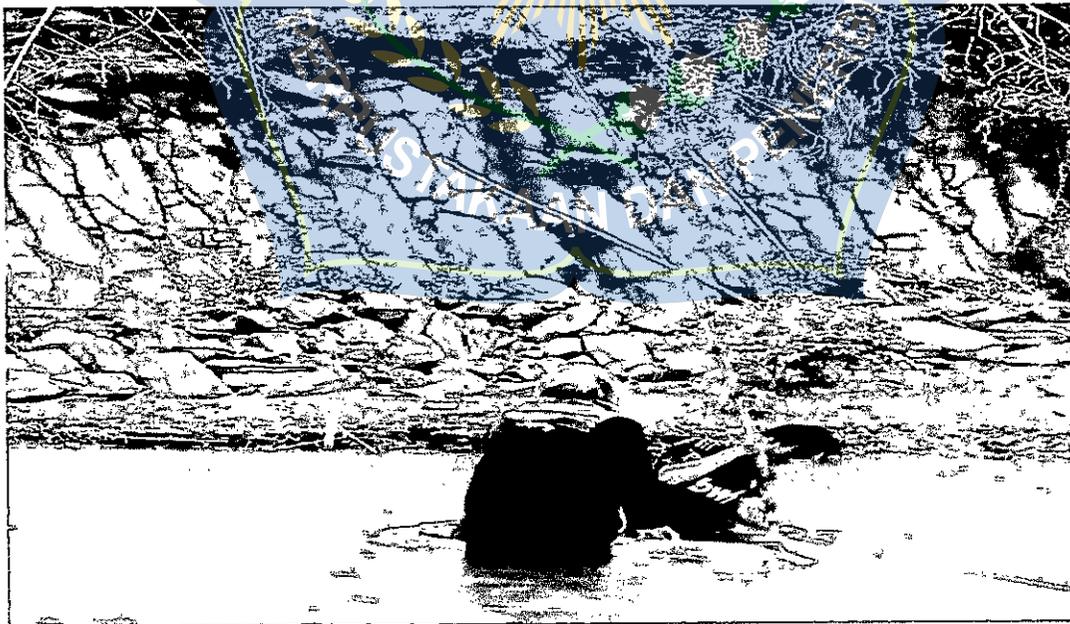
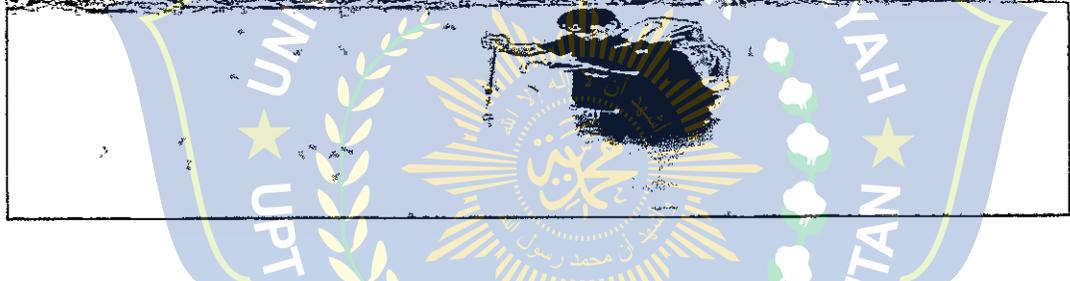
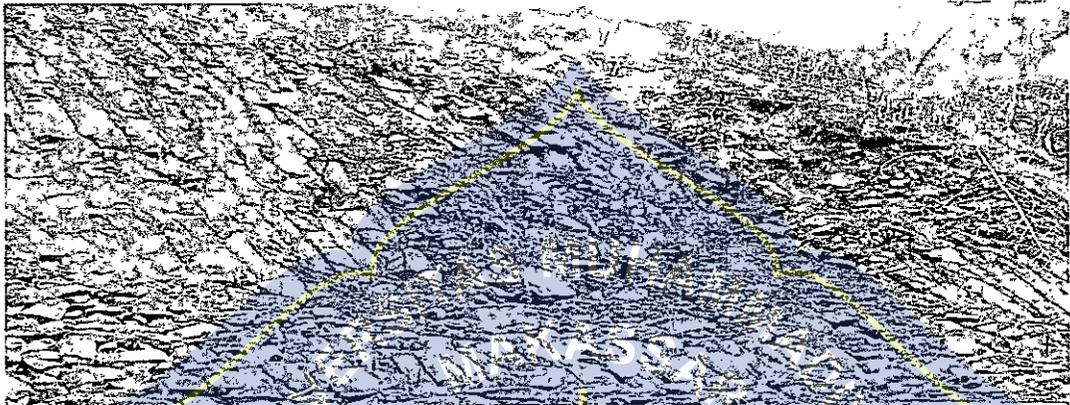
CONTOH TANAH



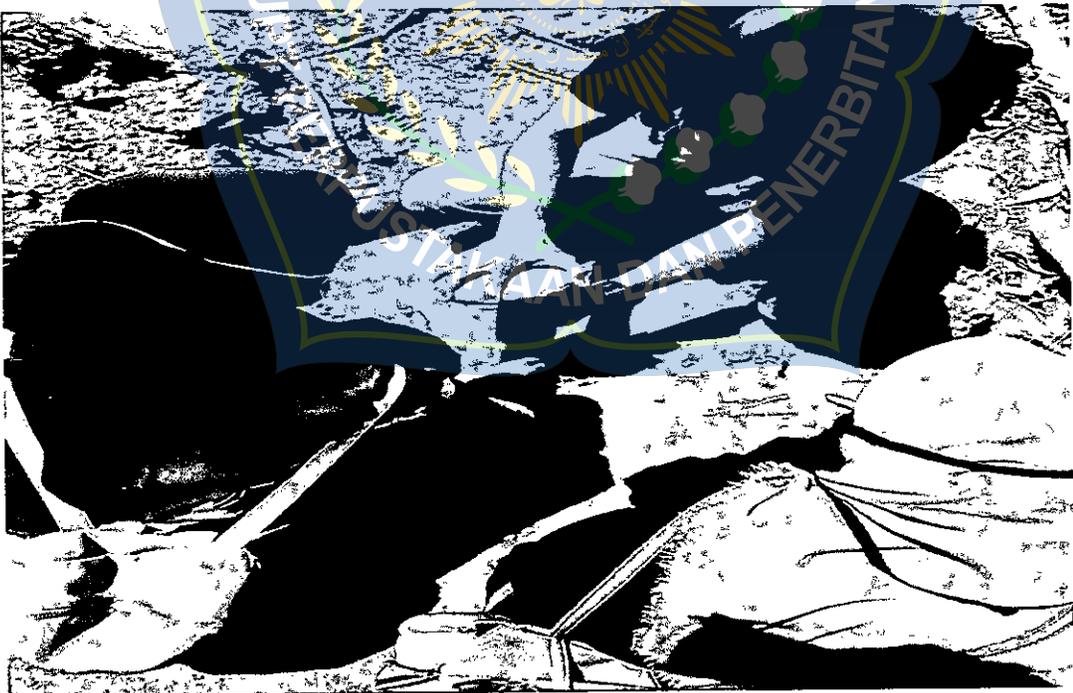
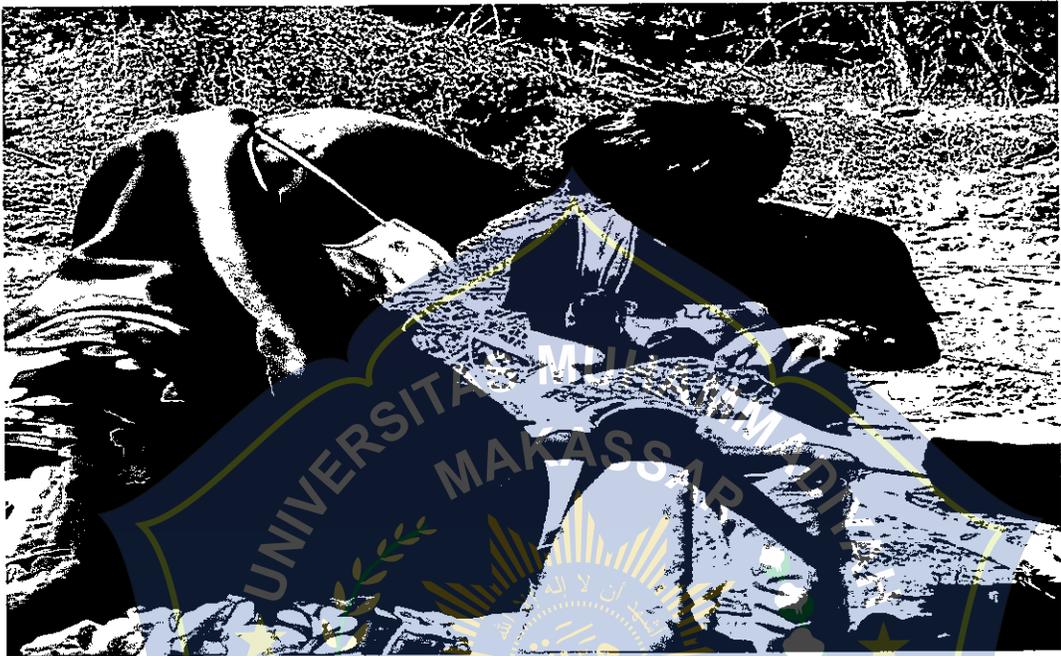
PENGUJIAN TANAH DI LABORATORIUM

©2019 LMT-UMI

DOKUMENTASI

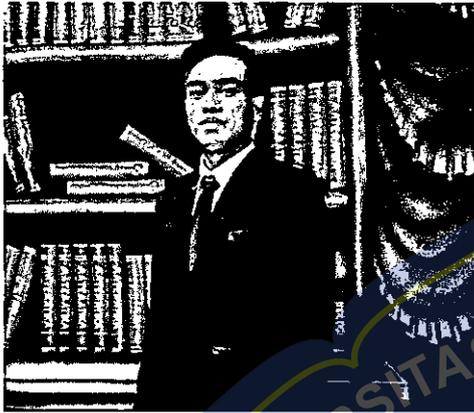


PENGUKURAN KECEPATAN ALIRAN DAN PENAMPANG SUNGAI



PENGAMBILAN SAMPEL TANAH

RIWAYAT HIDUP



Nama lengkap penulis adalah **MUHAMMAD RAHMAT**, lahir di Garutu pada Tanggal 24 November 1996.

Penulis bertempat tinggal di Bumi Tamalanrea Permai Makassar. Penulis beragama Islam, hobi Berolahraga. Penulis

mendapatkan pendidikan pertama di SDN 48 Garutu. Setelah tamat dari SD kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Noling dan tamat pada tahun 2012. Setelah tamat SMP penulis melanjutkan sekolah di SMA Negeri 1 Enrekang dan tamat pada tahun 2015. Setelah tamat dari SMA melanjutkan pendidikannya ke Universitas Muhammadiyah Makassar mengambil Jurusan Sipil Pengairan Fakultas Teknik. Sekarang penulis telah menyelesaikan pendidikan S1 Jurusan Sipil Pengairan pada tahun 2020.