

SKRIPSI

PENANGANAN GERUSAN TEBING SUNGAI DENGAN PASANGAN

BATU PADA SUNGAI MAGALA - RUMPALA

KABUPATEN SINJAI BARAT



JURUSAN SIPIL PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2019

MILIK PERPUSTAKAAN
UNISMUH MAKASSAR

**PENANGANAN GERUSAN TEBING SUNGAI DENGAN PASANGAN
BATU PADA SUNGAI MAGALA-RUMPALA
KABUPATEN SINJAI BARAT**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh
gelar sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Makassar*



Disusun dan Diajukan Oleh:

03110/2019

1 esp
Smb. Ali

R/044/SIP/L900-1
ARP
P

ARPAH

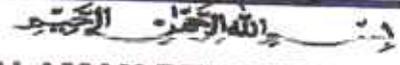
MAKMUR

105 81 1676 12

105 81 1683 12

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

2019



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 : **PENANGANAN GERUSAN TEBING SUNGAI DENGAN PASANGAN BATU PADA SUNGAI MAGALA-RUMPALA KABUPATEN SINJAI BARAT**

Nama : **ARPAH
MAKMUR**

Stambuk : **105 81 1676 12
105 81 1683 12**

Makassar, 6 September 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

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

Dr. Hj. Arsyuni Ali Mustari, ST., MT.

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Pengairan
Jurusan Teknik Sipil

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

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Arpah dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1676 12 dan Makmur dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1683 12, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0006/SK-Y/22201/091004/2019, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 30 Agustus 2019

6 Muharram 1440 H

Makassar,

6 September 2019 M

Panitia Ujian :

Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

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

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

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

Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Sukmasari Antaria, M.Si.

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

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

2. Dr. Ir. Hj. Fenty Daud S, MT.

3. Muh. Syafaat S Kuba, ST., MT

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. H. Muhammad Idrus Ompo, Sp., PSDA. Dr. Hj. Arsyuni Ali Mustari, ST., MT

Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM
NBM : 855/500

PENANGANAN GERUSAN TEBING SUNGAI DENGAN PASANGAN BATU PADA SUNGAI MAGALA-RUMPALA KABUPATEN SINJAI BARAT

Arpah¹, Makmur²,

Mahasiswa Program Study Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

e-mail : Arfah060392@gmail.com / Andimakmur@gmail.com

ABSTRAK

Gerusan merupakan proses alam yang mengakibatkan kerusakan pada struktur lapisan tanah di daerah aliran air. Permasalahan yang terjadi di sungai Magala-Rumpala yaitu banyaknya titik-titik disepanjang sungai yang mengalami gerusan, sehingga membuat sawah disekitar sungai mengalami kelongsoran. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penanganan gerusan dengan pasangan batu pada tebing sungai dan faktor-faktor yang mempengaruhi perancangan bangunan pasangan batu pada tebing sungai Magala-Rumpala. Metode yang digunakan dalam analisis atau kajian ini bersifat deskriptif yang merupakan analisis fenomena atau kejadian pada masa lampau, dengan tujuan untuk mengevaluasi kondisi pada periode tertentu sebagai dasar perencanaan dimasa yang akan datang. Dalam kajian ini perencanaan pengendalian banjir menggunakan debit banjir rancangan Q_{25} th sebesar 214.348,05 m³/detik untuk Sungai Magala dan 58.356,76 m³/detik untuk Sungai Rumpala. Penanganan dilakukan dari 3 titik tebing sungai yang tergerus dengan masing-masing panjang 20 m. pemasangan pasangan batu dengan bentuk trapesium dengan tebal 0,7 m; tinggi direncanakan setinggi kedalaman air banjir ditambah tinggi jagaan, tinggi jagaan 0,50 m, lebar berm 1,2 m, kemiringan lereng 1:1. Analisa faktor-faktor yang mempengaruhi penanganan pasangan batu adalah debit desain, jenis aliran, dan geometri penampang.

Kata Kunci : Gerusan, Pasangan Batu, Sungai Magala-Rumpala

ABSTRACT

Scour is a natural process that causes damage to the structure of the soil layers in the area of water flow. The problem that occurs in the Magala-Rumpala river is the number of points along the scoured river, thus making the rice fields around the river experience landslides. The purpose of this study was to determine the handling of scouring with stone pairs on the river bank and the factors that influence the design of building stone pairs on the river bank of Magala-Rumpala. The method used in this analysis or study is descriptive in nature, which is an analysis of phenomena or events in the past, with the aim of evaluating conditions in a certain period as a basis for planning in the future. In this study the flood control plan uses the Q_{25} th design flood discharge of 214,348.05 m³ / s for the Magala River and 58,356.76 m³ / s for the Rumpala River. treatment is carried out from 3 eroded river bank points with a length of 20 m each. installation of stone pairs in the form of a trapezoid with a thickness of 0.7 m; planned height as high as flood water depth plus guard height, guard height 0.50 m, berm width 1.2 m, slope 1: 1. Analysis of the factors that influence the handling of stone pairs is the design discharge. Broadcast type, and cross-section geometry.

Keywords: Scouring, Stone Pair, Magala-Rumpala River

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Proposal Ujian Komprehensif ini dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah **“Penanganan Gerusan Tebing Sungai Dengan Pasangan Batu Pada Sungai Magala-Rumpala Kabupaten Sinjai Barat”**.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak masukan yang berguna dari berbagai pihak sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu dengan segala ketulusan serta keikhlasan hati, kami mengucapkan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya.

Tugas akhir ini dapat terwujud berkat Ayahanda dan ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa serta pengorbanannya dalam bentuk moril maupun materi dalam menyelesaikan kuliah kami.

Kepada Bapak **Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.** sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Kepada Bapak **Andi Makbul Syamsuri, ST., MT.** sebagai Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Serta Bapak **Dr. Ir. Muhammad Idrus Ompo, SP., PSDA** selaku pembimbing I dan Ibu **Dr. Hj. Arsyuni Ali Mustari, ST., MT.** selaku pembimbing II, yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.

Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.

Tak lupa pula kami ucapkan terimakasih kepada rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik, terkhusus Saudaraku Angkatan 2012 dengan rasa persaudaraan yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Pada akhir penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis meminta saran dan kritik sehingga laporan tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik dan menambah pengetahuan kami dalam menulis laporan selanjutnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat berguna bagi penulis khususnya dan untuk pembaca pada umumnya.

Wassalamu`alaikum, Wr. Wb.

Makassar, 27 Agustus 2019

DAFTAR ISI

| | |
|--------------------------------------|----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| ABSTRAK | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL | xii |
| 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 | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| A. Erosi | 6 |

| | |
|---|--------------|
| B. Gerusan..... | 7 |
| C. Pengaman Tebing Sungai | 8 |
| D. Analisa Geologi dan mekanika tanah..... | 17 |
| E. Analisis Hidrologi | 23 |
| F. Hidrolika Sungai | 30 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 32 |
| A. Lokasi Dan Waktu Penelitian | 32 |
| B. Jenis Penelitian | 33 |
| C. Tahapan penelitian | 34 |
| D. Alat Penelitian | 36 |
| E. Prosedur Penelitian | 37 |
| F. Teknik Analisa Data | 38 |
| G. Flow Chart Penelitian | 40 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 41 |
| A. Penangan Gerusan Menggunakan Pasangan Batu | 41 |
| BAB V PENUTUP | |
| A. Kesimpulan..... | |
| B. Saran..... | |
| DAFTAR PUSTAKA | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Gambar Model Pasangan Batu..... | 9 |
| Gambar 2.2 Siklus Hidrologi..... | 24 |
| Gambar 3.1 lokasi Penelitian..... | 31 |
| Gambar 3.2 Batasan Sungai Magala Rumpala..... | 32 |
| Gambar 3.3 Bagan Alur Penelitian..... | 36 |
| Gambar 4.1 Sketsa Rencana Pasangan Batu..... | 67 |
| Gambar 4.2 Analisa Perhitungan..... | 68 |
| Gambar 4.3 letak resultan gaya-gaya yang bekerja terhadap pusat berat alas pondasi..... | 70 |
| Gambar 4.4 Skema Rencana Titik pemasangan batu..... | 71 |
| Gambar 4.5 Rencana pasangan batu potongan A-A, B-B, dan C-C dengan panjang 20 m..... | 72 |
| Gambar 4.6 Sketsa pemasangan pasangan batu pada Profil Muka Air disungai Magala..... | 72 |
| Gambar 4.7 Sketsa pemasangan pasangan batu pada Profil Muka Air disungai Rumpala I..... | 72 |

Gambar 4.8 Sketsa pemasangan pasangan batu pada Profil Muka Air

disungai Rumpala II. 73



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3.1 Contoh Tabel Pengambilan Data | 35 |
| Tabel 4.1 Curah Hujan Rata Rata Tahunan..... | 41 |
| Tabel 4.2 Curah Hujan Rata-Rata Bulanan..... | 42 |
| Tabel 4.5 Curah Hujan Harian Maksimum..... | 42 |
| Tabel 4.6 Parameter Statistik..... | 43 |
| Tabel 4.7 Distribusi Frekuensi Metode Log person Type 3..... | 45 |
| Tabel 4.8 Distribusi Sebaran Metode Log Person Type III..... | 46 |
| Tabel 4.9 Syarat penggunaan Jenis sebaran..... | 46 |
| Tabel 4.10 Uji Keselarasan Sebaran Smirnov-kolomogorof..... | 47 |
| Tabel 4.11 Data dan Probabilitas Untuk Distribusi Log Person Type III..... | 48 |
| Tabel 4.12 Uji Kesalahan Sebaran Dengan Chi-Kuadrat..... | 49 |
| Tabel 4.13 Intensitas Curah Hujan Jam-Jaman Dan Ratio..... | 50 |
| Tabel 4.14 Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman..... | 50 |
| Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode Rasional jepang Sungai Rumpala..... | 52 |

| | |
|--|----|
| Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode Der Wenduwen Sungai Rumpala | 53 |
| Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode Hasper Sungai Rumpala | 55 |
| Tabel 4.18 Hasil Perhitngan HSS Nakayatsu | 57 |
| Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode Rasional Jepang Sungai Magala | 59 |
| Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode Der Wenduwen Sungai Magala | 60 |
| Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode Haspers Sungai Magala | 62 |
| Tabel 4.22 Hasil Perhitungan HSS Nakayatsu | 64 |
| Tabel Lampiran Hasil pengukuran di lokasi Sungai Magala Rumpala | |

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 sebagai wadah pengantar air dari hulu ke hilir membutuhkan alur yang senantiasa harus dipelihara dan dipertahankan dari kerusakan yang diakibatkan oleh gerusan alirannya.

Aliran sungai yang deras akan semakin mengerus dasar tebing sebagai reaksi perubahan dasar terhadap kondisi pola aliran. Aliran sungai tersebut bisa menyebabkan erosi. Erosi yang terjadi di sungai adalah erosi pada tebing sungai (*river bank erosion*). Erosi ini terjadi sebagai akibat pengikisan tebing sungai oleh terjangan aliran sungai yang kuat. Jika batuan penyusun tebing sungai tidak kompak maka pengikisan tanah sangat mudah terjadi dan dalam jangka yang panjang dapat mengakibatkan tebing sungai semakin terkikis.

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 terkhusus di daerah Sinjai Barat mengalami kerusakan akibat dari perubahan tata

guna lahan, penambahan penduduk, kurangnya kesadaran masyarakat terhadap pelestarian lingkungan sekitar sungai dan kerusakan lahan.

Sungai Magala-Rumpala merupakan salah satu sungai yang terletak di Kabupaten Sinjai. Arus besar yang sering terjadi setiap tahun mengakibatkan kerusakan sarana fasilitas umum, kebun, sawah dan daerah permukiman. Ini lebih diperburuk lagi dengan adanya gerusan aliran sungai yang menimbulkan kerusakan tebing sungai yang mengancam fasilitas-fasilitas penting yang ada disekitarnya, dan merupakan salah satu daerah yang membutuhkan perhatian khusus.

Permasalahan yang terjadi disungai Magala-Rumpala yaitu banyaknya titik-titik disepanjang sungai yang mengalami gerusan, sehingga membuat sawah disekitar sungai mengalami kelongsoran. Untuk menangani hal tersebut biasanya warga setempat hanya membuat susunan batu untuk menahan gerusan tersebut dimana metode ini sangat berbahaya jika musim hujan turun.

Untuk mencegah agar kondisi sungai tidak mengalami penurunan yang drastis, perlu dilakukan upaya konservasi/pemulihan. Upaya pemulihan ini dilakukan pada sungai Magala-Rumpala guna melindungi suatu tebing alur sungai dengan memakai system tadulasi diantaranya perkuatan tebing dengan menggunakan pasangan batu, bronjong kawat, beton dan lain sebagainya. Faktor dari konstruksi pelindung tebing sungai berkaitan factor kelemahan sungai yaitu: 1. Mengubah laju sedimen yang masuk kedaerah tebing sungai, 2. Mengurangi energy gelombang yang

sampai ke tepi sungai, 3. Memperkuat tebing sungai sehingga tahan terhadap gempuran sungai.

Dari permasalahan diatas sehingga kami tertarik menuangkan sebuah konsep pada tugas akhir kami dengan judul **“Penanganan Gerusan Tebing Sungai Dengan Pasangan Batu Pada Sungai Magala-Rumpala diKabupaten Sinjai Barat”**

B. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang tersebut, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana penanganan gerusan menggunakan pasangan batu pada sungai Magala-Rumpala?
2. Faktor-faktor apa yang mempengaruhi perancangan bangunan pasangan batu pada tebing sungai Magala-Rumpala?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah diatas yang telah dirumuskan penulis, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui penanganan gerusan dengan pasangan batu pada tebing sungai Magala-Rumpala.
2. Untuk mengetahui fator-faktor yang mempengaruhi perancangan bangunan pasangan batu pada tebing sungai Magala-Rumpala.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Struktur penanganan tebing yang di desain mampu mengatasi gerusan tebing pada Sungai magala Rumpala.
2. Tebing sungai aman terhadap arus Sungai.
3. Sebagai sarana untuk mengembangkan pengetahuan yang diperoleh dibangku perkuliahan dengan penerapan dilapangan.

E. Batasan Masalah

Agar penelitian ini berjalan dengan efektif dan mencapai sasaran yang diinginkan maka penelitian ini diberikan batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan didaerah Sinjai barat tepatnya di Sungai Magala-Rumpala dengan titik lokasi tertentu
2. Penelitian menggunakan pasangan batu pada Analisa data perkuatan tebing.
3. Karakteristik fisik sungai Magala-Rumpala dilakukan hanya di beberapa titik lokasi (hulu, tengah, hilir).
4. Data yang digunakan adalah data hidrologi dan hidrolika.
5. Bahan yang digunakan untuk pasangan batunya adalah batu kali.
6. Tidak menganalisa anggaran biaya pembangunan dan metode pelaksanaan konstruksi revetmen yang direncanakan.

F. Sitematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan ini dibagi dalam 5 bagian yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN: merupakan pendahuluan yang menguraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian serta batasan masalah.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA: yang menguraikan tentang gambaran umum dan tata bentuk dimana studi kasus penelitian ini dilaksanakan. Dalam hal ini disajikan gambaran tentang model pengerjaan, kondisi sungai, bahan bahan yang dibutuhkan serta data-data pendukung lainnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN: yang menguraikan tentang tahap penelitian diantara lain, bahan penelitian, sumber data, variable sudut yang dibutuhkan, model pelaksanaan, metode penelitian, pengolahan data, dan analisa data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN: yang menguraikan tentang pembahasan terhadap tahap penelitian yang dilaksanakan yaitu: bahan penelitian, sumber data, variabel sudut yang dibutuhkan, model pelaksanaan, metode penelitian, pengolahan data dan analisa data.

BAB V PENUTUP: yang menguraikan tentang kesimpulan dari hasil analisa perhitungan, serta saran-saran dari penulis yang berkaitan dengan hasil analisa tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Erosi

Secara umum erosi ditentukan oleh faktor-faktor iklim (terutama intensitas hujan), topografi, karakteristik tanah, vegetasi penutup tanah, dan tata guna lahan. Penyebab utama terjadinya erosi adalah yaitu alamiah dan aktivitas manusia. Erosi alamiah terjadi karena proses pembentukan tanah sedangkan erosi karena aktivitas manusia disebabkan karena terkelupasnya lapisan tanah akibat cara bercocok tanam yang tidak mengindahkan kaidah-kaidah konservasi tanah.

Adapun beberapa erosi yang sering kita jumpai didaerah tropis yaitu erosi percikan (splash erosion), erosi alur (rill erosion), erosi parit (gully erosion), dan erosi tebing sungai (streambank erosion). Tapi yang akan kita bahas selanjutnya yaitu erosi tebing sungai (streambank erosion).

Erosi tebing sungai (streambank erosion) adalah pengikisan tanah pada tebing-tebing sungai dan penggerusan dasar sungai oleh aliran air sungai. Menurut Hooke (1979) dalam kesimpulannya, ada 3 faktor yang menyebabkan terjadinya erosi tebing sungai berdasarkan karakteristik fisik tebing sungai sebagai berikut:

- a. Erosi tebing sungai yang disebabkan oleh derasnya aliran sungai, dalam hal ini pengaruh debit puncak terhadap terjadinya erosi adalah besar.

- b. Tebing sungai dengan karakteristik tanah terdiri dari bahan berpasir dengan kelembaban tinggi. Erosi yang terjadi umumnya dalam bentuk tanah longsor.
- c. Tebing sungai dengan karakteristik tanah solid mempunyai resistensi tinggi terhadap pengelupasan partikel tanah. Erosi, dalam skala kecil umumnya terjadi oleh penambangan tebing sungai atau ketika berlangsungnya debit aliran yang besar. Dalam penelitiannya tidak ditemukan bukti yang kuat bahwa erosi tebing sungai dipengaruhi oleh besarnya intensitas hujan lokal.

Erosi tebing sungai dipengaruhi oleh kecepatan aliran, kondisi vegetasi disepanjang tebing sungai, kegiatan bercocok tanam dipinggir sungai, kedalaman dan lebar sungai, bentuk alur sungai dan tekstur tanah.

B. Gerusan

Gerusan adalah fenomena alam yang terjadi karena erosi terhadap aliran air pada dasar dan tebing saluran alluvial atau proses menurunnya atau semakin dalamnya dasar sungai di bawah elevasi permukaan alami karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai (Hoffmans and Verheij, 1997 dalam Rahmadani, 2014).

Gerusan merupakan proses alam yang mengakibatkan kerusakan pada struktur lapisan tanah didaerah aliran air. Penambahan gerusan akan terjadi dimana ada perubahan setempat dari geometri sungai seperti karakteristik tanah dasar setempat. Adanya halangan tersebut akan

menyebabkan perubahan pola aliran yang mengakibatkan terjadinya gerusan disekitar tebing dan bangunan sungai. Perubahan pola aliran terjadi karena adanya halangan pada aliran sungai tersebut berupa bangunan sungai seperti pilar dan abutmen jembatan, krib sungai, pintu air dan sebagainya. Bangunan semacam ini dipandang dapat merubah geometri alur dan pola aliran yang selanjutnya diikuti gerusan lokal disekitar bangunan (Legono, 1990).

Menurut Legono (1990), gerusan dapat dibedakan menjadi :

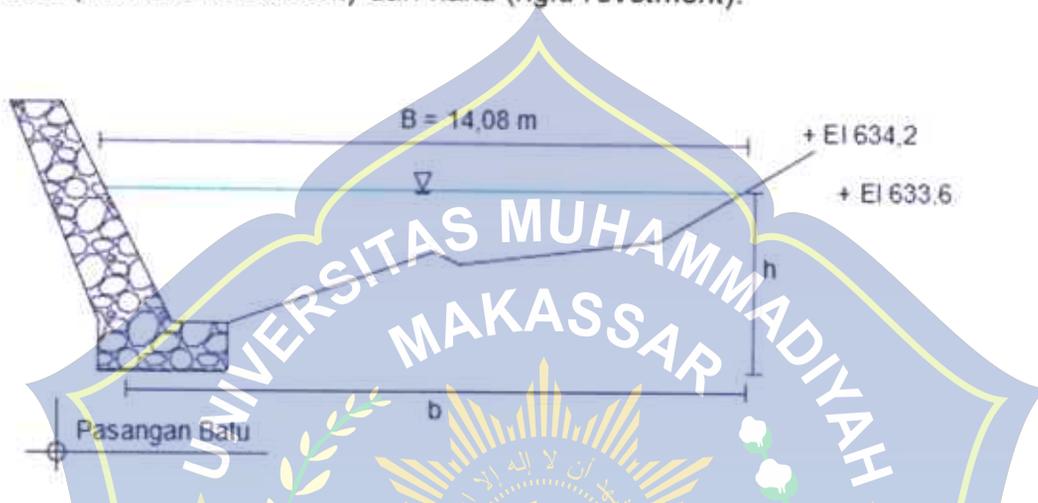
- a. Gerusan umum di alur sungai, gerusan ini tidak berkaitan sama sekali dengan terdapat atau tidaknya bangunan sungai. Gerusan ini disebabkan oleh energi dari aliran sungai.
- b. Gerusan di lokalisir ialah gerusan yang diakibatkan penyempitan alur sungai sehingga aliran menjadi terpusat.
- c. Gerusan lokal merupakan akibat langsung dari struktur pada alur sungai.

C. Pengaman Tebing Sungai

Pengaman tebing sungai adalah bangunan untuk melindungi tebing sungai secara langsung terhadap kerusakan akibat serangan arus dan limpasan gelombang (overtopping). Tebing sungai merupakan bagian yang penting pada kestabilan alur sungai karena membatasi aliran sungai.

Pada bagian ini akan diuraikan masalah perencanaan bangunan pengaman tebing sungai jalan terhadap gerusan. Perencanaan yang

akan diuraikan adalah langkah-langkah desain dan dasar-dasar desain. Pengaman tebing yang akan diuraikan adalah pengaman dengan jenis fleksibel (*flexsible revetment*) dan kaku (*rigid revetment*).



Gambar 2.1. Gambar model pasangan batu

Selain pengaman tebing, akan diuraikan juga bangunan pengarah aliran dan peredam energi. Kedua bangunan ini akan melindungi tebing sungai terhadap gerusan secara tidak langsung.

1. Konsep desain

Dalam mendesain suatu dinding pengaman (*revetment*) harus memperhatikan beberapa faktor. Faktor-faktor ini yang akan mempengaruhi jenis dan ukuran (desain) dari dinding pengaman. Faktor-faktor tersebut terdiri dari debit desain, jenis aliran, geometri penampang, tahanan aliran (*flow resistance*), dan jenis pengaman (*revetment*).

a. Debit desain

Debit aliran yang digunakan untuk desain atau analisis bangunan jalan disekitar sungai biasanya menggunakan debit banjir ulangan dengan periode ulang 10 sampai 50 tahun. Dalam kebanyakan kasus, debit

banjir ini dapat digunakan untuk mendesain pasangan batu dan beberapa macam dinding pengaman sungai. Tetapi seorang perencanaan harus memperhatikan beberapa keadaan khusus, seperti debit yang kecil dapat menyebabkan kerusakan hidraulik terhadap kestabilan pasangan batu. Oleh karena itu, seorang perencana dianjurkan untuk memperhatikan beberapa macam debit desain agar dapat digunakan untuk kondisi pasangan batu yang direncanakan. Disarankan untuk menggunakan debit desain antara 5 – 10 tahun. Cara perhitungan debit desain disesuaikan pada SNI M-18-1989-F.

b. Jenis aliran

Jenis aliran untuk saluran terbuka dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu:

- 1) Seragam (uniform), berubah lambat laun atau berubah berubah
- 2) Tunak (steady) atau tak tunak (unsteady).
- 3) Subkritis atau superkritis.

Penelitian telah dilakukan bahwa aliran superkritis jarang terjadi di saluran alam (sungai). Tetapi, aliran yang terjadi pada saluran curam dan penyempitan saluran biasa aliran transisi yang terjadi diantara subkritis dan superkritis. Eksperimen yang telah dilakukan oleh U.S. Army Corps of Engineer menunjukkan bahwa aliran transisi terjadi pada bilangan Froude antara 0,89 dan 1,13. Ketika aliran terjadi diantara bilangan tersebut, maka terjadi kondisi tidak stabil pada gaya inersia dan gaya gravitasi. Hal ini mengakibatkan terjadinya gelombang yang tidak normal,

lompatan hidraulik (*hydraulic jump*), perubahan lokal kemiringan muka air, dan turbulensi.

c. Geometri penampang

Geometri penampang saluran yang diperlukan seperti kedalaman aliran, lebar basah, jari-jari hidraulik dan sebagainya dalam mendesain pengaman sungai digunakan untuk pemasangan pengaman sungai. Geometri penampang saluran selalu berubah untuk jangka waktu panjang, sehingga pemeriksaan perubahan penampang diperlukan.

Masalah pertama yang akan timbul dalam pemeriksaan geometri penampang adalah menentukan profil dasar saluran yang ada. Masalah ini dapat diatasi dengan mensurvei dasar bagian saluran yang akan dipasang pengaman sungai. Pengaman sungai didesain bukan untuk hanya saat ini, tetapi hingga masa depan, sehingga diperlukan perkiraan profil saluran yang akan terjadi pada masa depan. Berdasarkan pengamatan atas data tahunan, parameter geometri penampang saluran dapat berubah rata-rata bertambah 52 persen dan berkurang 40 persen untuk jangka waktu yang panjang. Dianjurkan bagi perencana, untuk merubah penampang saluran sampai 50 persen dari rata-rata penampang saluran. Dan diperlukan lebih dari satu penampang geometri saluran untuk mendesain pengaman sungai. Bila data tentang penampang saluran tidak tersedia, maka data penampang saluran yang terdahulu dapat digunakan dengan mengadakan perubahan seperti diatas atau menggunakan data penampang yang terdekat.

lompatan hidraulik (*hydraulic jump*), perubahan lokal kemiringan muka air, dan turbulensi.

c. Geometri penampang

Geometri penampang saluran yang diperlukan seperti kedalaman aliran, lebar basah, jari-jari hidraulik dan sebagainya dalam mendesain pengaman sungai digunakan untuk pemasangan pengaman sungai. Geometri penampang saluran selalu berubah untuk jangka waktu panjang, sehingga pemeriksaan perubahan penampang diperlukan.

Masalah pertama yang akan timbul dalam pemeriksaan geometri penampang adalah menentukan profil dasar saluran yang ada. Masalah ini dapat diatasi dengan mensurvei dasar bagian saluran yang akan dipasang pengaman sungai. Pengaman sungai didesain bukan untuk hanya saat ini, tetapi hingga masa depan, sehingga diperlukan perkiraan profil saluran yang akan terjadi pada masa depan. Berdasarkan pengamatan atas data tahunan, parameter geometri penampang saluran dapat berubah rata-rata bertambah 52 persen dan berkurang 40 persen untuk jangka waktu yang panjang. Dianjurkan bagi perencana, untuk merubah penampang saluran sampai 50 persen dari rata-rata penampang saluran. Dan diperlukan lebih dari satu penampang geometri saluran untuk mendesain pengaman sungai. Bila data tentang penampang saluran tidak tersedia, maka data penampang saluran yang terdahulu dapat digunakan dengan mengadakan perubahan seperti diatas atau menggunakan data penampang yang terdekat.

d. Hambatan aliran

Salah satu komponen penting dalam analisis hidraulik dari pengaman saluran, seperti *pasangan batu* adalah koefisien kekasaran Manning. Kekasaran suatu saluran dapat ditentukan dari keadaan fisik saluran. Keadaan fisik tersebut seperti dasar saluran, ketidak teraturan saluran, geometri saluran, vegetasi yang tumbuh di saluran dan sebagainya.

2. Perlindungan tepi sungai

Perlindungan tepi diperlukan untuk melindungi bagian tepi/pinggir sungai. Perlindungan ini terdiri dari dua, yaitu memanjang (longitudinal) dan vertikal.

a. Perlindungan memanjang (Horizontal)

Perlindungan memanjang diperlukan untuk melindungi tepi/pinggir sungai yang mengalami erosi sepanjang tepi saluran tersebut. Secara umum, pengaman yang diperlukan lebih panjang daripada panjang erosi yang dialami tepi/pinggir sungai. Namun perlu diperhatikan panjang pengaman, sehingga pengaman untuk bagian *upstream* tidak terlalu panjang dan untuk bagian *downstream* tidak terlalu pendek.

Penyelidikan lapangan sangat diperlukan untuk mengetahui panjang perlindungan yang digunakan. Perlindungan untuk saluran yang lurus berbeda dengan yang berbelok. Untuk perlindungan saluran yang lurus dianjurkan untuk menambah perlindungan minimal satu kali lebar saluran setelah tempat terjadinya erosi. Sedangkan untuk

saluran yang berbelok, panjang perlindungan yang dibutuhkan adalah minimal satu kali lebar saluran pada *upstream*. Untuk *downstream*, tidak dapat ditentukan hanya dengan melihat tempat terjadinya erosi. Faktor lain yang menentukan adalah proses erosi yang terjadi.

b. Perlindungan vertikal

Selain perlindungan horizontal, diperlukan perlindungan pada arah vertikal. Perlindungan vertikal memerlukan desain ketinggian dan pondasi perlindungan.

1) Desain ketinggian perlindungan

Desain ketinggian perlindungan dari pasangan batu merupakan ketinggian air saluran ditambah *freeboard*. *Freeboard* merupakan ketinggian yang digunakan untuk meliputi kejadian yang tidak terduga. Kejadian tersebut seperti gelombang yang dihasilkan angin maupun kapal yang lewat di sungai, superelevasi di tikungan saluran, lompatan hidraulik dan aliran tak tentu akibat pilar jembatan dan sambungan saluran. Selain itu juga, kejadian yang tidak dapat diperhitungkan seperti pengendapan pasir, tanaman yang tumbuh di saluran dan gelombang yang naik ke tepi saluran.

Dari uraian diatas, diketahui banyak faktor yang mempengaruhi penentuan tinggi *freeboard* (jagaan). Sebagai nilai minimum, disarankan untuk menggunakan nilai *freeboard* sebesar 0,30 sampai 0,61 m untuk jangkauan yang pendek dan 0,61 sampai 0,91 m untuk jangkauan yang panjang (kriteria jangkauan diusulkan oleh *Federal Emergency*

Management Agency, USA). Disarankan juga dalam penentuan tinggi jagaan untuk menyelidiki kondisi gelombang dan aliran pada musim tertentu, melihat catatan tinggi gelombang yang ada dan mewawancarai orang yang mengetahui kondisi masa lalu ketika membuat pengaman.

2) Kedalaman pondasi pengaman

Penggerusan tanah ke bawah dari pengaman merupakan salah satu mekanisme utama yang menentukan kegagalan pengamanan. Dalam mendesain pengaman tepi/pinggir saluran, memperkirakan kedalaman penggerusan sangat penting sehingga pengaman dapat diletakkan pada lapisan tanah yang tepat untuk mencegah terjadinya penggerusan ke bawah (*undermining*). Kedalaman maksimal penggerusan harus memperhatikan terjadinya degradasi saluran seperti proses penggerusan alami dan pengisian tanah.

Kedalaman maksimum penggerusan berkenaan dengan penggerusan alami dan pengisian tanah pada saluran lurus maupun menikung dapat dilihat pada persamaan di bawah ini :

$$H_s = 3.66 \text{ m untuk } D_{50} < 0.0015 \text{ m} \quad (1)$$

$$H_s = 1.14 D_{50}^{-0,11} \quad (2)$$

Dimna :

H_s = kemungkinan kedalaman maksimum penggerusan (m)

D_{50} = diameter rata-rata batuan dasar saluran (m).

3. Bangunan pengaman tebing (revetmen)

a. Pasangan batu

Pasangan batu adalah pengaman yang melindungi tebing dari gerusan dengan menggunakan lapisan batuan dengan campuran agregat halus (semen).

b. Desain konstruksi revetmen

1) Perhitungan berat struktur Pasangan batu

$$W = \gamma_{\text{batu}} \cdot A \cdot L \quad (3)$$

Dimana :

W = berat struktur untuk pasangan batu (ton)

γ_{batu} = berat jenis batu (ton/m^3)

A = luas pias (m^2)

L = panjang revetmen (m)

2) perhitungan berat struktur pasir urugan

$$W = \gamma_{\text{pasir}} \cdot A \cdot L \quad (4)$$

Dimana :

W = berat struktur untuk pasir urugan (ton)

γ_{pasir} = berat jenis pasir (ton/m^3)

A = luas pias (m^2)

L = panjang revetmen (m)

3) berat struktur beton bertulang

$$W = \gamma_{\text{beton}} \cdot A \cdot L \quad (5)$$

Dimana :

W = berat struktur untuk beton bertulang (ton)

γ_{pasir} = berat jenis pasir (ton/m^3)

A = luas pias (m^2)

L = panjang revetmen (m)

$$W_{total} = W_{batu} + W_{pasir} + W_{beton} \quad (6)$$

c. Kontrol kestabilan revetment

1) Kontrol geser

$$\text{Beban air} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_{pasir} \cdot h \cdot t \quad (7)$$

$$\text{Beban tanah} = \frac{\gamma_{tanah} h^2}{2} \left(\frac{1 - \sin 44,5}{1 + \sin 44,5} \right) \quad (8)$$

Σh = beban tanah – beban air

2) Kontrol tegangan tanah

$$\sigma_{min} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) \quad (9)$$

3) Kelongsoran tebing

Adapun persamaan untuk stabilitas kelongsoran tebing yaitu:

$$FS = \frac{\Sigma C.L + (N - U - Ne) \tan \Sigma \phi}{\Sigma (T + Te)} \quad (10)$$

Dimana :

N = beban komponen vertikal yang timbul dari berat setiap irisan bidang

$$\text{luncur} = \gamma \cdot A \cos \alpha$$

T = beban komponen tangensial yang timbul dari berat setiap irisan

$$\text{bidang luncur} = \gamma \cdot A \sin \alpha$$

U = tekanan air pori yang bekerja pada setiap bidang luncur

N_e = komponen vertikal beban seismic yang bekerja pada setiap irisan

$$\text{bidang luncur} = \gamma \cdot A \sin \alpha e$$

T_e = komponen tangensial beban seismic yang bekerja dari berat setiap

$$\text{irisiran bidang luncur} = \gamma \cdot A \cos \alpha e$$

ϕ = sudut geser dalam bahan yang membentuk dasar setiap irisan bidang luncur

C = angka kohesi bahan yang membentuk dasar setiap irisan bidang luncur

e = intensitas seismic horizontal

γ = berat isi dari setiap bahan pembentuk irisan bidang luncur

A = luas irisan bidang luncur.

α = sudut kemiringan rata-rata dasar setiap irisan bidang luncur

D. Analisa Geologi dan Mekanika tanah

1. Daya Dukung Tanah

Dalam tahap pembangunan suatu struktur bangunan dibutuhkan data besaran daya dukung tanah dalam menerima beban. Daya dukung tanah perlu diketahui untuk menghitung dan merencanakan dimensi pondasi yang dapat mendukung beban struktur yang akan dibangun. Apabila daya dukung tanah tidak mampu menerima beban dari struktur yang direncanakan, dengan data daya dukung tanah yang telah diketahui kita dapat melakukan perlakuan tertentu agar nilai daya dukung tanah dapat mencapai nilai yang diinginkan. Penimbunan dan pemadatan

merupakan salah satu perlakuan tertentu untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah .

Di beberapa kota besar di Indonesia data daya dukung tanah menjadi salah satu syarat teknis untuk mendapatkan surat IMB (Ijin Mendirikan Bangunan). Tidak hanya struktur yang besar yang diharuskan melakukan penyelidikan tanah untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah, tetapi struktur bangunan kecil juga diharuskan untuk melakukan penyelidikan tanah.

4) Stabilitas Lereng

Pada permukaan tanah yang tidak horisontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini, disebut analisis stabilitas lereng. Analisis ini sering digunakan dalam perancangan-perancangan bangunan seperti jalan kereta api, jalan raya, bandara, bendungan urugan tanah, saluran, dan lain-lainnya.

Umumnya, analisis stabilitas dilakukan untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian, dan lereng urugan tanah. (Hariyatmo 2003:326). Indrawahjuni (2011:93) menambahkan apabila komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikembangkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran. Dengan kata lain, suatu lereng akan

longsor apabila keseimbangan gaya yang bekerja terganggu yaitu gaya pendorong melampaui gaya penahan.

Hariyatmo (2003:326) menambahkan analisis stabilitas lereng tidak mudah, karena terdapat banyak faktor yang sangat mempengaruhi hasil hitungan. Faktor-faktor tersebut misalnya, kondisi tanah yang berlapis-lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah dan lain-lainnya. Terzaghi (1950) membagi penyebab longsor lereng terdiri dari akibat pengaruh dalam (internal effect) dan pengaruh luar (external effect).

Pengaruh luar yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dengan tanpa adanya perubahan kuat geser tanah. Contohnya, akibat perbuatan manusia mempertajam kemiringan tebing atau memperdalam galian tanah dan erosi sungai. Pengaruh dalam, yaitu longsor yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi. Contoh yang umum untuk kondisi ini adalah pengaruh bertambahnya tekanan air pori di dalam lereng.

5) Tekanan Tanah Lateral

Tanah terbentuk dari pelapukan batuan dan proses pengendapan. Selama proses pengendapan, tanah mengalami konsolidasi, karena pengaruh tekanan over burden (yaitu oleh akibat beban tanahnya sendiri). Untuk merencanakan bangunan penahan tanah sering didasarkan atas keadaan yang menyakinkan keruntuhan total tidak akan terjadi. Gerakan beberapa sentimeter sering tidak begitu penting sepanjang ada jaminan

bahwa gerakan-gerakan yang lebih besar lagi tidak akan terjadi. Dalam perancangan dinding penahan, biasanya dilakukan dengan cara menganalisis kondisi-kondisi yang akan terjadi pada keadaan runtuh, kemudian memberikan faktor aman yang cukup yang dipertimbangkan terhadap keruntuhan tersebut.

Analisis tekanan tanah lateral ditinjau pada kondisi keseimbangan plastis, itu saat massa tanah pada kondisi tepat saat akan runtuh. Kedudukan seimbangan plastis ini hanya dapat dicapai bila terjadi deformasi yang cukup pada massa tanahnya. Besar dan distribusi tekanan tanah adalah fungsi dari perubahan letak (displacement) dan regangan (strain). (Hardiyatmo, 2003:184)

Tekanan Tanah Aktif

Menurut Hardiyatmo (2003:188), tekanan tanah aktif adalah tekanan yang terjadi pada dinding penahan yang mengalami keluluhan atau bergerak ke arah luar dari tanah urugan di belakangnya, sehingga menyebabkan tanah urugan akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya sedangkan nilai banding tekanan horisontal dan tekanan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif atau K_a . Nilai tekanan aktif lebih kecil dari nilai tekanan saat diam. Gerakan dinding tanah menjauhi tanah urugan menghilangkan pertahanan di belakang dinding. Jadi tekanan tanah aktif adalah gaya yang cenderung mengurangi keseimbangan dinding penahan tanahnya.

Persamaan yang digunakan yaitu:

$$K_a = \tan^2 \left[45 - \frac{\phi}{2} \right] \quad (11)$$

Dimana,

K_a = Koefisien aktif

ϕ = sudut geser tanah ($^\circ$)

6) Dinding Penahan Tanah

Dinding atau dinding penahan tanah adalah suatu bangunan yang dibangun untuk mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun di tempat di mana kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri, dipengaruhi oleh kondisi gambaran topografi tempat itu. Bila jalan dibangun berbatasan dengan sungai atau danau tanah paya, dinding penahan itu dibangun untuk melindungi kemiringan tanah dan melengkapi kemiringan dengan pondasi yang kokoh.

7) Stabilitas Dinding Penahan

Besaran tekanan lateral menjadi salah satu faktor utama yang diperhitungkan untuk merencanakan dinding penahan tanah. Tekanan lateral yang terjadi dapat menyebabkan terjadinya geser dan guling. Selain itu hal penting yang harus diperhatikan adalah bentuk struktur dan pelaksanaan konstruksi di lapangan. Oleh karena itu, kestabilan dinding penahan tanah yang harus diperhitungkan antara lain kestabilan tanah terhadap bahaya guling, bahaya geser, serta kapasitas daya dukung. Sehingga konstruksi dinding penahan menjadi aman, dan tidak terjadi keruntuhan.

a. Stabilitas Terhadap Guling

Menurut Hardiyatmo (2002:399), stabilitas terhadap guling merupakan stabilitas yang ditinjau berdasarkan kondisi tanah yang terguling yang diakibatkan oleh tekanan tanah lateral dari tanah urugan di belakang dinding penahan tanah. Penyebab utama bahaya guling ini adalah akibat terjadinya momen, momen ini memiliki kecenderungan menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat pondasi. Gaya yang menahan guling adalah momen gaya yang ditimbulkan karena adanya berat sendiri dinding penahan serta momen akibat berat tanah yang ada di atas pelat pondasi.

Dalam perhitungan stabilitas, tahanan tanah pasif yang berada di depan kaki dinding depan akan diabaikan, karena faktor-faktor seperti pengaruh erosi, iklim, dan retakan akibat tegangan-tegangan tarik tanah dasar yang kohesif tidak dipertimbangkan dalam perhitungan ini.

Adapun persamaan untuk tinjauan stabilitas terhadap gaya guling yaitu:

$$SF = \frac{M_p}{M_a} \quad (12)$$

Dimana :

SF : Stabilitas terhadap gaya guling

Ma : Momen aktif

Mp : Momen pasif

b. Stabilitas Terhadap Geser

Menurut Hardiyatmo (2002:396), stabilitas terhadap geser yaitu perbandingan gaya-gaya yang menahan dan mendorong dinding penahan tanah. Gaya-gaya yang menahan bahaya geser adalah gesekan antara tanah dengan dasar pondasi serta tekanan tanah pasif di depan dinding penahan tanah akibat tanah timbunan.

Adapun persamaan untuk tinjauan stabilitas terhadap gaya geser yaitu:

$$SF = \frac{F}{Eatot} \quad (13)$$

Dimana :

SF : stabilitas terhadap gaya geser

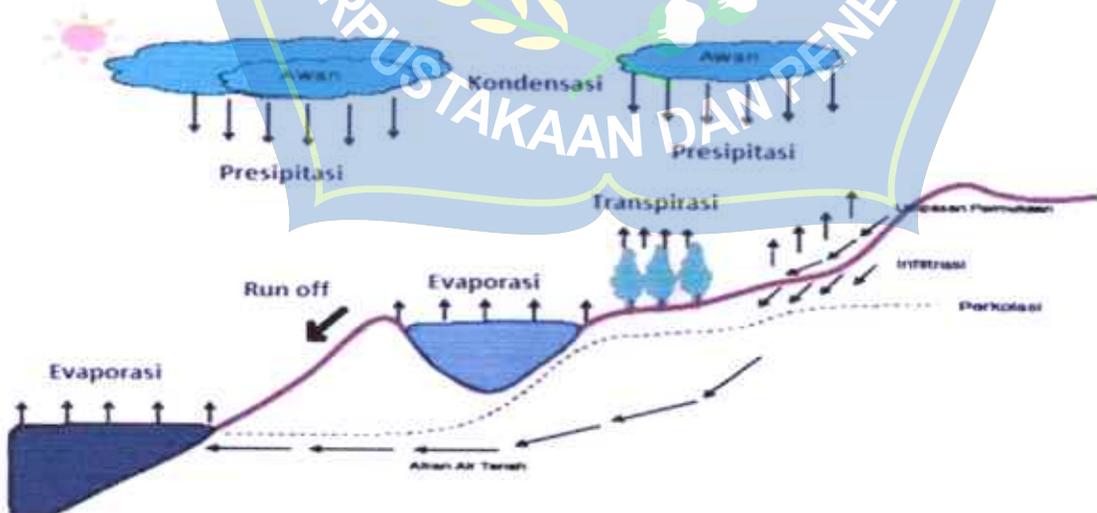
F : gaya lawan

Eatot : gaya dorong

E. Analisis Hidrologi

Menurut Bambang Triatmodjo dalam bukunya, Hidrologi Terapan tahun 2010, siklus hidrologi adalah proses kontinyu di mana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Siklus ini bermula saat air dipermukaan tanah dan laut menguap ke udara akibat energi panas matahari. Uap air tersebut kemudian bergerak naik ke atmosfer. Dalam keadaan yang memungkinkan uap tersebut mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang membentuk awan. Awan kemudian tertiuap oleh angin dan berkumpul sehingga mengakibatkan titik-titik air jatuh ke bumi sebagai presipitasi. Presipitasi

tersebut ada yang jatuh di samudera, di darat, dan sebagian langsung menguap kembali sebelum mencapai ke permukaan bumi. Presipitasi yang jatuh di permukaan bumi menyebar ke berbagai arah dengan beberapa cara. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan sisanya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya akan mengalir di atas permukaan tanah sebagai aliran permukaan. Aliran ini mengisi cekungan tanah, danau, masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir didalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai dan akhirnya kembali lagi menuju laut. Proses ini berlangsung terus menerus dan disebut siklus hidrologi.



Gambar 2.2 Siklus hidrologi.

Hidroklimatologi merupakan satu bagian masukan awal dalam penyusunan penanganan gerusan tebing sungai Rumpala-Magala di

Kabupaten Sinjai dalam penanganan banjir pada lokasi tersebut. Pengertian yang terkandung didalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya.

1. Curah Hujan

Pengukuran hujan di Indonesia dilakukan oleh beberapa instansi diantaranya Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Dirjen Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Kementerian Pertanian, dan beberapa instansi pemerintah dan swasta lainnya yang berkepentingan dengan hujan. Pengukuran hujan dilakukan secara langsung dengan menampung air hujan yang jatuh. Namun tidak mungkin untuk menampung seluruh air hujan yang jatuh di suatu daerah tangkapan hujan. Hujan di suatu daerah hanya dapat diukur di beberapa titik saja dengan menggunakan alat pengukur hujan. Hujan yang terukur pada alat tersebut mewakili suatu luasan daerah di sekitarnya.

2. Penentuan Hujan Kawasan

Alat pengukur hujan hanya memberikan nilai tinggi hujan di suatu titik. Untuk mengetahui tinggi hujan di suatu luasan dapat diperkirakan dari titik pengukuran tersebut. Dalam suatu luasan dapat tersedia beberapa alat pengukur hujan yang pembacaan tinggi hujannya berbeda-beda. Untuk menentukan hujan rerata digunakan metode Aritmatika (Aljabar).

a. Metode rerata aritmatik (aljabar)

Metode rerata aritmatik adalah metode paling sederhana untuk menghitung hujan rerata di suatu daerah. Tinggi hujan terukur di beberapa stasiun dalam waktu bersamaan dijumlahkan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata, alat penakar tersebar merata dan harga curah hujan masing-masing tidak berbeda jauh dengan harga curah hujan rata-rata. Metode ini kurang akurat bila digunakan untuk menghitung hujan di suatu daerah dengan variasi hujan di tiap stasiun cukup besar.

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (14)$$

Keterangan :

P = Hujan Rerata kawasan

P₁, P₂, ..., P_n = Hujan Di Stasiun Di 1, 2, ..., n

N = Jumlah Stasiun

3. Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Dalam analisis frekuensi diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan dimasa yang akan datang. Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi dan koefisien *skewness*.

Koefisien skewness, dihitung dengan persamaan:

$$CS = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (15)$$

Jadi Analisis frekuensi untuk perhitungan selanjutnya dalam bidang hidrologi adalah sebagai berikut.

Distribusi Log Pearson III

Perhitungan curah hujan rencana menurut metode Log Person III, mempunyai langkah-langkah perumusan sebagai berikut.

Menghitung harga rata-rata

$$\text{Log } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \quad (16)$$

Menghitung nilai deviasi standar dari log x

$$S \log x = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n-1} \right] \quad (17)$$

Menghitung koefisien skewness

$$CS = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (18)$$

Menghitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T

$$\log x = \log \bar{X} + G S \log x \quad (19)$$

Nilai G adalah variabel standar untuk log x yang besarnya tergantung koefisien kemencengan cs.

4. Uji Kecocokan

Dalam analisis hidrologi dibutuhkan pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili

distribusi frekuensi tersebut. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah uji chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

a. Uji Chi-kuadrat

Uji chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 yang dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (20)$$

Keterangan :

χ^2 : Parameter chi-kuadrat terhitung

G : Jumlah sub kelompok

O_i : Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

E_i : Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

Prosedur uji chi-kuadrat adalah sebagai berikut.

- 1) Mengurutkan data pengamatan.
- 2) Mengelompokkan data menjadi G sub grup yang masing-masing beranggotakan minimal 4 data pengamatan.
- 3) Menjumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub grup.
- 4) Menjumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i .
- 5) Pada tiap-tiap sub grup dihitung nilai $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$.

- 6) Menjumlahkan seluruh G sub grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai chi-kuadrat terhitung.
- 7) Menentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai $R = 2$ untuk distribusi normal dan binomial).

Interpretasi hasil uji chi-kuadrat adalah sebagai berikut.

- 1) Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima.
- 2) Apabila peluang kurang dari 1%, maka persamaan distribusi yang digunakan tidak dapat diterima.
- 3) Apabila peluang berada di antara 1-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu data tambahan.

b. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering disebut uji kecocokan non parametrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedur uji Smirnov-Kolmogorov adalah sebagai berikut:

- 1) Mengurutkan data (dari besar kekecil atau sebaliknya) dan menentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
- 2) Mengurutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).
- 3) Dari kedua nilai peluang tersebut, menentukan selisih terbesar antar peluang pengamatan dan peluang teoritis.
- 4) Berdasarkan tabel nilai kritis menentukan harga D_0 .

F. Hidrolika Sungai

Analisa hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit yang mengalir dalam sungai magala-rumpala. Karena bahwasanya banjir terjadi akibat ketidak mampuan penampang dalam menampung debit yang terjadi.

Salah satu pendekatan dalam perhitungan hidraulik adalah dengan menggunakan rumus manning yang menganggap aliran sungai adalah aliran tetap sebagai berikut:

$$V = k \times R^{2/3} \times I^{1/2} \quad (21)$$

$$Q = A \cdot V \quad (22)$$

$$V = \frac{A}{P} \quad (23)$$

$$A = b \times h + \pi r^2 \quad (24)$$

$$P = 2h + 2\pi r \quad (25)$$

Dimana :

V = kecepatan Aliran, (m/det)

Q = debit, (m^3/det)

A = luas potongan melintang aliran, (m^2)

R = jari-jari hidroulis, (m)

P = keliling basah, (m)

b = lebar dasar sungai, (m)

h = tinggi muka air, (m)

I = kemiringan memanjang saluran

n = koefisien kekasaran manning, $m^{1/3}/det.$

m = kemiringan talud (1 v : m H)

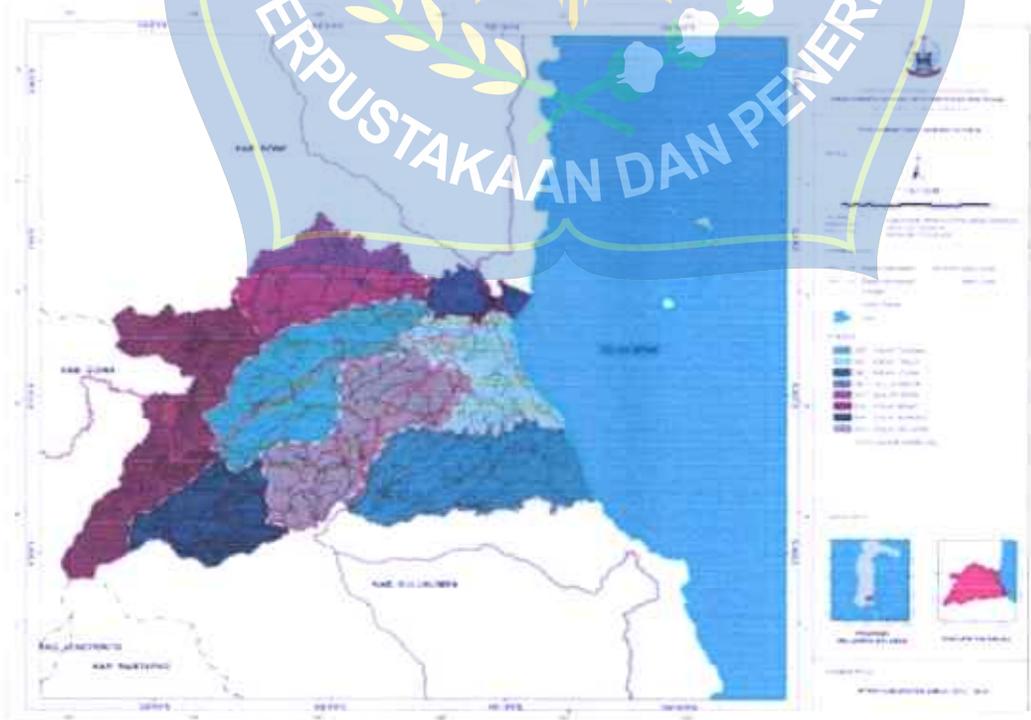
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian penanganan gerusan tebing sungai ini dilaksanakan di Sungai Magala-Rumpala Kabupaten Sijai Barat Provinsi Sulawesi Selatan. Penelitian dimulai dari survey kondisi daerah penelitian, pengumpulan data-data, analisis hidrologi, analisis hidrolika dan mekanika tanah.

Secara Geografis sungai Magala-Rumpala bagian hulu terletak pada posisi $4^{\circ}00'50,08''$ lintang selatan (LS) dan $120^{\circ}03'40,48''$ bujur timur (BT) sedangkan bagian hilir sungai Magala-Rumpala pada posisi $4^{\circ}1'22,58''$ lintang selatan (LS) dan $120^{\circ}00'26,02''$ bujur timur (BT).



Gambar 3.1 Lokasi penelitian

Sungai magala rumpala adalah bagian dari DAS Tangka yang secara administratif berbatasan dengan:

1. Sebelah utara berbatasan dengan sungai Tangka.
2. Sebelah timur berbatasan dengan sungai Bilulu.
3. Sebelah selatan berbatasan dengan sungai Arrango.
4. Sebelah barat berbatasan dengan sungai Bintula.



Gambar 3.2 Batasan sungai Magala-Rumpala.

B. Jenis penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan ini adalah Study kasus disungai Magala-rumpala kabupaten sinjai kecamatan sinjai barat desa bonto salama provinsi sulawesi selatan. Metode yang digunakan dalam analisis atau kajian ini bersifat deskriptif yang merupakan analisis fenomena atau kejadian pada

masa lampau, dengan tujuan untuk mengevaluasi kondisi pada periode tertentu sebagai dasar perencanaan dimasa yang akan datang. Maka berdasarkan data yang dikumpulkan akan dianalisa secara teoritis, empiris dan kemudian ditarik sebuah kesimpulan dari hasil analisa yang telah dilakukan.

C. Tahapan Penelitian

1. Pengumpulan data

Pengumpulan data-data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Pengumpulan data primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dilapangan, data tersebut antara lain:

- 1) Pendataan langsung di lokasi penelitian seperti kondisi permukaan tanah dan keadaan sifat fisik tanah/batuan secara terperinci untuk dipergunakan dalam perencanaan.
- 2) Mengetahui kecepatan aliran, kedalaman sungai, lebar dasar sungai, dan luas penampang sungai.
- 3) Dokumentasi pengumpulan data.

Dokumentasi pengumpulan data adalah salah satu bukti otentik bahwa peneliti benar benar melakukan penelitian sebagaimana dengan acuan yang telah dibuat dan disepakati.

Adapun skema tabel penilitian yang akan digunakan untuk pengambilan data yaitu:

b. Pengumpulan data sekunder

Pengumpulan data sekunder diperoleh dari instansi setempat dan jaringan internet yang berkenaan dengan penelitian yang akan dilakukan.

Adapun data sekunder tersebut yaitu:

1) Data curah hujan

Data curah hujan dalam hal ini adalah stasiun curah hujan yang terdekat dengan lokasi penelitian. Adapun stasiun curah hujan yang akan digunakan yaitu:

a) Stasiun curah hujan Arango (2008 - 2018)

b) Stasiun curah hujan Balakia (2008 - 2018)

2) Peta topografi Sungai Magala-Rumpala

Peta topografi yang dimaksud disini adalah gambar profil memanjang sungai dan profil melintang sungai magala-rumpala dan detail detail bangunan yang ada disepanjang jalur sungai.

D. Alat penelitian

Secara umum alat yang digunakan dalam menunjang penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Current meter untuk mengetahui kecepatan aliran pada masing-masing debit aliran.

b. Roll Meter/Meteran digunakan untuk mengukur tinggi material dasar dan kedalaman aliran di sepanjang sungai.

- c. Stopwatch digunakan untuk menentukan waktu tiap satuan waktu yang ditentukan, untuk mengambil data kedalaman gerusan selama pengaliran (running) berlangsung.
- d. Tabel data untuk mencatat data data yang diukur (alat alat tulis)
- e. Laptop atau Notebook
- f. Kamera digital atau android (HP) digunakan untuk pengambilan data dan dokumentasi selama percobaan berlangsung.

E. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang akan digunakan sebagai acuan untuk penelitian nanti yaitu

1. Pendataan langsung dilokasi penelitian (survey) topografi sungai dan mekanika tanah disekitaran sungai magala-rumpala. Pengambilan data ini diperlukan untuk perencanaan nanti.
2. Mengambil data hidrologi (curah hujan) dan hidrolika sungai (kecepatan aliran sungai, lebar sungai, kedalaman sungai dan luas penampang sungai).
 - a. Untuk data hidrologi (curah hujan) diambil di 2 stasiun terdekat.
 - b. Untuk data hidrolika sungai diambil di 3 titik lokasi (hulu, tengah, hilir).
3. Menganalisa data dengan beberapa persamaan.
4. Analisa debit banjir dengan beberapa metode.
5. Membuat rancangan model pasangan batu sesuai data penelitian.
6. Menyimpulkan hasil penelitian.

F. Teknik Analisa Data

Tahapan analisa data yang akan digunakan dalam penelitian nanti yaitu:

1. Analisa hidrologi meliputi curah hujan, analisa curah hujan rata-rata, dan analisa debit banjir.
2. Analisa hidrolika, meliputi analisa existing sungai, dan analisa profil aliran.
3. Analisa geologi dan mekanika tanah meliputi tekanan tanah dan stabilitas dinding penahan.

Adapun rumus yang digunakan yaitu:

- a. Perhitungan berat struktur Pasangan batu

$$W = \gamma_{\text{batu}} \cdot A \cdot L \quad (3)$$

- b. Perhitungan berat struktur pasir urugan

$$W = \gamma_{\text{pasir}} \cdot A \cdot L \quad (4)$$

- c. berat struktur beton bertulang

$$W = \gamma_{\text{beton}} \cdot A \cdot L \quad (5)$$

- d. Kontrol geser revetmen

$$\text{Beban air} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{pasir}} \cdot h \cdot t \quad (7)$$

$$\text{Beban tanah} = \frac{\gamma_{\text{tanah}} \cdot h^2}{2} \left(\frac{1 - \sin 44,5}{1 + \sin 44,5} \right) \quad (8)$$

$$\Sigma h = \text{beban tanah} - \text{beban air}$$

- e. Kontrol tegangan tanah

$$\sigma_{\text{min}} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) \quad (9)$$

f. Kelonsorang tebing

$$FS = \frac{\sum C.L + (N - U - Ne) \tan \sum \phi}{\sum (T + Te)} \quad (10)$$

g. Persamaan tekanan tanah aktif

$$K_a = \tan^2 \left[45 - \frac{\phi}{2} \right] \quad (11)$$

h. Persamaan terhadap stabilitas guling

$$SF = \frac{Mp}{Ma} \quad (12)$$

i. Persamaan terhadap stabilitas geser

$$SF = \frac{F}{E_{atot}} \quad (13)$$

j. Persamaan menghitung intensitas curah hujan menggunakan metode Aljabar

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (14)$$

k. Persamaan menghitung kecepatan aliran

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (15)$$

l. Persamaan menghitung debit rencana

$$Q = A.V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (16)$$

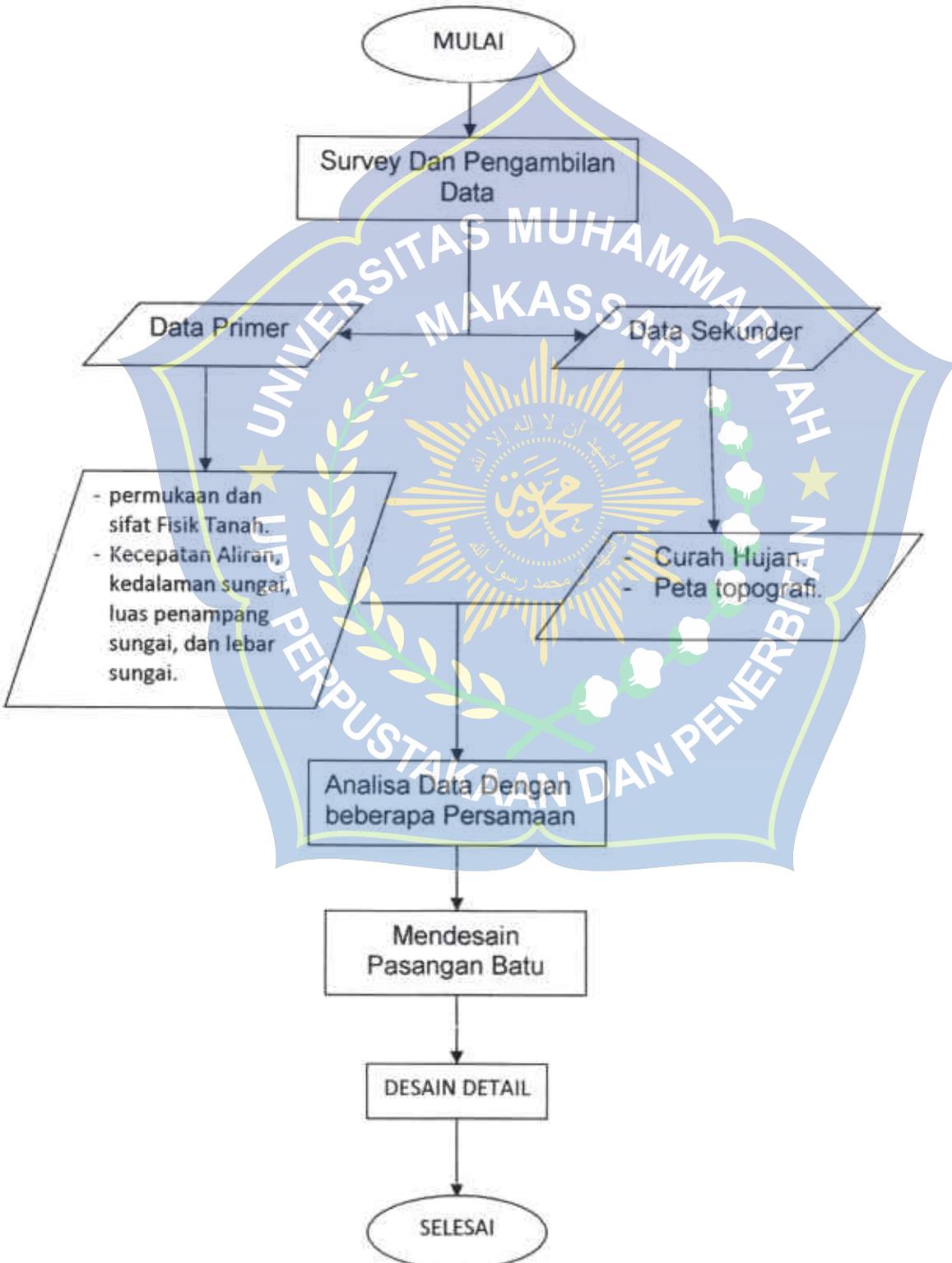
m. Persamaan untuk menghitung luas penampang saluran

$$A = [b + (m.h)] .h \quad (17)$$

n. Persamaan untuk menghitung jari jari hidrolis

$$P = b + 2h \cdot \sqrt{m^2 + 1} \quad (18)$$

G. Flow Chart Penelitian



Gambar 3.2 Bagan Alur Penelitian

PBAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penanganan Gerusan Menggunakan Pasangan Batu

1. Analisa Hidrologi

Data curah hujan sangat diperlukan dalam setiap analisa hidrologi, terutama untuk menghitung debit banjir rencana baik secara rasional, empiris maupun model matematis. Hal tersebut disebabkan karena tidak adanya atau terbatasnya data debit.

Dalam penelitian ini data curah hujan yang dipakai adalah data curah hujan harian yang diambil dari stasiun hujan yang berpengaruh terhadap penelitian yaitu **Stasiun Arrango Dan Stasiun Balakia**.

a. Distribusi Frekuensi Curah Hujan

Untuk analisa curah hujan rata-rata wilayah digunakan dalam perhitungann hujan harian maksimum, hujan 3 harian maksimum, ½ bulanan, hujan bulanan dan hujan tahunan.

1) Curah Hujan Tahunan

Curah hujan rata-rata tahunan pada lokasi pekerjaan berkisar antara 0 mm sampai dengan 378 mm, sebagaimana yang ditunjukkan pada berikut :

Tabel 4.1 Curah hujan Rata-Rata Tahunan

| Stasiun Curah Hujan | Hujan Tahunan (mm) |
|---------------------|--------------------|
| 1. Stasiun Arrango | 108 - 332 |
| 2. Stasiun Balakia | 0 - 378 |

Sumber : Hasil Perhitungan

2) Curah Hujan Bulanan

Curah hujan rata-rata bulanan pada dua lokasi stasiun dapat ditunjukkan pada Tabel sebagai berikut :

Tabel 4.2 Curah hujan Rata- Rata Bulanan

| Stasiun | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Arrango | 37 | 38 | 34 | 42 | 59 | 76 | 56 | 31 | 20 | 20 | 29 | 36 |
| Balakia | 41 | 35 | 36 | 49 | 65 | 90 | 70 | 33 | 13 | 30 | 38 | 41 |

Sumber : Hasil Perhitungan

3) Curah Hujan Harian Maksimum

Analisa curah hujan harian maksimum digunakan untuk perhitungann curah hujan rencana dalam periode tertentu. Curah hujan harian maksimum untuk masing-masing stasiun dapat ditunjukkan pada Tabel di bawah ini.

Tabel 4.3 Curah Hujan Harian Maksimun

| Tahun | Curah Hujan Maksimun |
|-------|----------------------|
| 2006 | 299,5 |
| 2007 | 90 |
| 2008 | 98 |
| 2009 | 79,5 |
| 2010 | 170 |
| 2011 | 145 |
| 2012 | 113 |
| 2013 | 150,5 |
| 2014 | 243,5 |
| 2015 | 223 |
| 2016 | 112 |

Sumber : Hasil Perhitungan.

4) Parameter Statistik (Pengukuran Dispersi)

Besarnya dispersi dapat dilakukan pengukuran dispersi yakni melalui perhitungann parameter statistik untuk $(X_i - X)$, $(X_i - X)^2$, $(X_i - X)^3$, dan $(X_i - X)^4$ terlebih dahulu.

Dimana:

X_i = Besarnya curah hujan daerah (mm)

X = Rata – rata curah hujan maksimum (mm)

Perhitungann parameter statistik dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.4 Parameter statistik

| NO | Curah Hujan (X_i) (mm) | Kala Ulang (tahun) | $(X_i - X_r)$ | $(X_i - X_r)^2$ | $(X_i - X_r)^3$ | $(X_i - X_r)^4$ |
|----------|----------------------------|--------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 299,50 | 0,08 | 142,77 | 20384,05 | 2910286,65 | 415509561,79 |
| 2 | 243,50 | 0,17 | 86,77 | 7529,51 | 653355,79 | 56693463,59 |
| 3 | 223,00 | 0,25 | 66,27 | 4392,07 | 291074,75 | 19290317,36 |
| 4 | 170,00 | 0,33 | 13,27 | 176,17 | 2338,19 | 31034,21 |
| 5 | 150,50 | 0,42 | -6,23 | 38,78 | -241,49 | 1503,81 |
| 6 | 145,00 | 0,50 | -11,73 | 137,53 | -1612,84 | 18914,21 |
| 7 | 113,00 | 0,58 | -43,73 | 1912,07 | -83609,80 | 3656028,44 |
| 8 | 112,00 | 0,67 | -44,73 | 2000,53 | -89478,20 | 4002115,98 |
| 9 | 98,00 | 0,75 | -58,73 | 3448,89 | -202544,05 | 11894859,90 |
| 10 | 90,00 | 0,83 | -66,73 | 4452,53 | -297105,11 | 19825013,83 |
| 11 | 79,50 | 0,92 | -77,23 | 5964,05 | -460587,44 | 35569912,12 |
| Σ | 1724,00 | | 0,00 | 50436,18 | 2721876,44 | 566492725,23 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Macam pengukuran dispersi antara lain sebagai berikut:

a) Nilai rata-rata (X_r) :

$$X_r = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{1724,00}{11}$$

$$= 156,73 \text{ mm}$$

b) Standar Deviasi (S) :

$$\begin{aligned} Sd &= \sqrt{\frac{\sum(Xi-Xr)^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{50436,18}{11-1}} \\ &= 71,02 \end{aligned}$$

c) Koefisien Skewness (Cs) :

$$\begin{aligned} Cs &= \frac{n \sum(Xi-Xr)^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \\ &= \frac{11 \times 2721876,44}{10 \times 9 \times 71,02^3} \\ &= 0,93 \end{aligned}$$

d) Koefisien Kurtosis (Ck) :

$$\begin{aligned} Ck &= \frac{n^2 \sum(Xi-Xr)^4}{(n-1)(n-2)Sd^4} \\ &= \frac{11^2 \times 566492725,2}{10 \times 9 \times 71,02^4} \\ &= 29,94 \end{aligned}$$

e) Koefisien Variasi (Cv) :

$$\begin{aligned} Cv &= \frac{Sd}{Xr} \\ &= \frac{71,02}{156,73} \\ &= 0,45 \end{aligned}$$

5) Analisis Jenis Sebaran

Analisa perhitungan curah hujan rencana untuk curah hujan harian maksimum untuk sungai Magala-Rumpala yang digunakan adalah metode Log Pearson III.

a) Metode Log Pearson Type III

Metode Log Pearson Type III dihitung menggunakan persamaan berikut, dimana nilai standar deviasi (Sd) dan koefisien kemencengan di hitung menggunakan tabel distribusi frekuensi Metode Log Pearson Type III.

Tabel 4.5 Distribusi frekuensi Metode Log Pearson Type III.

| No | Curah Hujan Xi (mm) | Log Xi | (Log Xi - Log X) | (Log Xi - Log X) ² | (Log Xi - Log X) ³ | (Log Xi - Log X) ⁴ |
|--------|---------------------|--------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 79,5 | 1,90 | -0,26 | 0,06594 | -0,01693 | 0,00435 |
| 2 | 90 | 1,95 | -0,20 | 0,04117 | -0,00835 | 0,00170 |
| 3 | 98 | 1,99 | -0,17 | 0,02753 | -0,00457 | 0,00076 |
| 4 | 112 | 2,05 | -0,11 | 0,01165 | -0,00126 | 0,00014 |
| 5 | 113 | 2,05 | -0,10 | 0,01083 | -0,00113 | 0,00012 |
| 6 | 145 | 2,16 | 0,00 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 |
| 7 | 151 | 2,18 | 0,02 | 0,00042 | 0,00001 | 0,00000 |
| 8 | 170 | 2,23 | 0,07 | 0,00537 | 0,00039 | 0,00003 |
| 9 | 223 | 2,35 | 0,19 | 0,03654 | 0,00698 | 0,00134 |
| 10 | 244 | 2,39 | 0,23 | 0,05260 | 0,01206 | 0,00277 |
| 11 | 300 | 2,48 | 0,32 | 0,10192 | 0,03254 | 0,01039 |
| Jumlah | 1724,00 | 23,73 | | 0,35399 | 0,01975 | 0,02157 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Macam pengukuran dispersi antara lain sebagai berikut:

a) Nilai rata-rata (Xr) :

$$X_r = \frac{\sum \text{LogXi}}{n} = \frac{23,73}{11} = 2,16 \text{ mm}$$

b) Standar Deviasi (S) :

$$\begin{aligned} S_d &= \sqrt{\frac{\sum (\text{LogXi} - \text{LogXr})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,35399}{11-1}} \\ &= 0,19 \end{aligned}$$

c) Koefisien Skewness (Cs) :

$$Cs = \frac{n \sum (\text{Log}X_i - \text{Log}X_r)^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

$$= \frac{11 \times 0,01975}{10 \times 9 \times 0,19^3}$$

$$= 0,36$$

Dari nilai cs diatas maka dapat ditentukan nilai G pada tabel berikut:

Tabel 4.6 distribusi sebaran metode log person type III.

| NO | Periode ulang | Log Xr | Sd | Cs | G | Log Xt | Xt (mm) |
|----|---------------|--------|--------|-----|---------|--------|----------|
| 1 | 2 | 2,1572 | 0,1881 | 0,4 | -0,0660 | 2,1447 | 171,2033 |
| 2 | 5 | 2,1572 | 0,1881 | 0,4 | 0,8160 | 2,3107 | 254,8736 |
| 3 | 10 | 2,1572 | 0,1881 | 0,4 | 1,3390 | 2,4091 | 322,6991 |
| 4 | 25 | 2,1572 | 0,1881 | 0,4 | 2,2610 | 2,5825 | 489,1566 |
| 5 | 50 | 2,1572 | 0,1881 | 0,4 | 2,0226 | 2,5377 | 439,2684 |
| 6 | 100 | 2,1572 | 0,1881 | 0,4 | 2,5190 | 2,6311 | 549,5354 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.6 menunjukkan beberapa parameter yang menjadi syarat penggunaan satu metode distribusi. Dari tabel tersebut ditunjukkan beberapa nilai Cs dan Ck yang menjadi persyaratan dari penggunaan tiga metode distribusi.

Tabel 4.7 Syarat Penggunaan Jenis Sebaran

| Jenis Distribusi / Sebaran | Syarat | Hasil Perhitungan | Kesimpulan |
|----------------------------|-------------|-------------------|------------|
| Normal | Cs = 0 | 0,93 | Tidak |
| | Ck = 3 | 29,94 | Memenuhi |
| Gumbel | Cs = 1,1396 | 0,93 | Tidak |
| | Ck = 5,4002 | 29,94 | Memenuhi |
| Log Pearson III | Cs ≠ 0 | 0,36 | Memenuhi |

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tiga metode yang digunakan diatas yang paling mendekati adalah sebaran Metode Log Pearson III dengan nilai $C_s = 0,13$ yang memenuhi persyaratan $C_s \neq 0$. Dari jenis sebaran yang telah memenuhi syarat tersebut perlu diuji kecocokan sebarannya dengan Metode Chi Kuadrat dan Metode Smirnov-Kolmogorov. Hasil uji kecocokan sebaran menunjukan distribusinya dapat diterima atau tidak.

6) Pengujian Kesalahan Sebaran

a) Uji Sebaran Smirnov – Kolmogorov

Uji kesalahan Smirnov – Kolmogorov, sering juga uji kecocokan non permatik, karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Hasil perhitungan uji kesalahan sebaran dengan Smirnov – Kolmogorov untuk Metode Log Pearson Type III dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Uji Keselarasan Sebaran Smirnov-Kolmogorov

| No urut m | Urutan X_i (mm) | $P(x) = m / (n+1)$ | $P(x <) = 1 - P$ | $k = (X_i - X_r) / S_d$ | $P'(x) = m / (n-1)$ | $P'(x <) = 1 - P'(x)$ | $D = P(x <) - P'(x <)$ |
|--------------|----------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 79,5 | 0,08 | 0,92 | -1,09 | 0,1 | 0,9 | 0,02 |
| 2 | 90 | 0,17 | 0,83 | -0,94 | 0,2 | 0,8 | 0,03 |
| 3 | 98 | 0,25 | 0,75 | -0,83 | 0,3 | 0,7 | 0,05 |
| 4 | 112 | 0,33 | 0,67 | -0,63 | 0,4 | 0,6 | 0,07 |
| 5 | 113 | 0,42 | 0,58 | -0,62 | 0,5 | 0,5 | 0,08 |
| 6 | 145 | 0,50 | 0,50 | -0,17 | 0,6 | 0,4 | 0,10 |
| 7 | 150,5 | 0,58 | 0,42 | -0,09 | 0,7 | 0,3 | 0,12 |
| 8 | 170 | 0,67 | 0,33 | 0,19 | 0,8 | 0,2 | 0,13 |
| 9 | 223 | 0,75 | 0,25 | 0,93 | 0,9 | 0,1 | 0,15 |
| 10 | 243,5 | 0,83 | 0,17 | 1,22 | 1 | 0 | 0,17 |
| 11 | 299,5 | 0,92 | 0,08 | 2,01 | 1,1 | -0,1 | 0,18 |

Sumber : Hasil perhitungan

X_i = Curah hujan rencanan

X_r = Rata-rata curah hujan

= 1724,00 mm

$$S_d = 71,02$$

$$n = 1$$

$$\text{Derajat Signifikasi } (\alpha) = 5 \%$$

$$D_{maks} = 0,18$$

$$D_o \text{ Kritis} = 0,354 \text{ untuk } n = 1.$$

Dilihat dari perbandingan diatas bahwa ternyata $D_{maks} < D_o$ kritis, maka hipotesa yang di uji dapat diterima.

Untuk penggunaan kertas probabilitas dilakukan plotting data dengan cara mengurut data dari besar ke kecil atau sebaliknya. Yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data dan Probabilitas untuk Distribusi Log Person Type III

| No urut m | Urutan X_i (mm) | $y = \ln X_i$ (mm) | P (%) | T (tahun) |
|--------------|----------------------|-----------------------|----------|--------------|
| 1 | 79,5 | 4,38 | 8,33 | 12,00 |
| 2 | 90 | 4,50 | 16,67 | 6,00 |
| 3 | 98 | 4,58 | 25,00 | 4,00 |
| 4 | 112 | 4,72 | 33,33 | 3,00 |
| 5 | 113 | 4,73 | 41,67 | 2,40 |
| 6 | 145 | 4,98 | 50,00 | 2,00 |
| 7 | 150,5 | 5,01 | 58,33 | 1,71 |
| 8 | 170 | 5,14 | 66,67 | 1,50 |
| 9 | 223 | 5,41 | 75,00 | 1,33 |
| 10 | 243,5 | 5,50 | 83,33 | 1,20 |
| 11 | 299,5 | 5,70 | 91,67 | 1,09 |

Sumber : Hasil perhitungan

b) Uji Sebaran Dengan Chi Kuadrat

Untuk menguji kesalahan sebaran Metode Log Pearson Type III digunakan Uji Sebaran Chi Kuadrat, digunakan persamaan berikut:

$$X^2_{m} = \frac{\sum_{j=1}^k (O_j - E_j)^2}{E_j}$$

$$\begin{aligned}
 K &= 1 + 3,322 \log n \\
 &= 1 + 3,322 \log 11 \\
 &= 4,45 \approx 5 \text{ (jumlah kelas)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DK &= K - (R+1) \\
 &= 5 - (2 + 1) \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

$$\Delta X = \frac{X_{i \max} - X_{i \min}}{K - 1}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta X &= \frac{2,83 - 2,35}{5 - 1} \\
 &= 0,1181
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_{awal} &= X_{i \min} - \frac{1}{2} \Delta X \\
 &= 2,35 - (0,5 \times 0,1181) \\
 &= 2,30
 \end{aligned}$$

Nilai X^2_{Cr} dicari pada Tabel 3- 8 dengan menggunakan nilai $DK = 2$ dan Derajat kepercayaan 5 %, lalu dibandingkan dengan nilai X^2_{Cr} hasil perhitungann yang dapat dilihat pada Tabel 4.10. Syarat yang harus dipenuhi adalah $X^2_{Cr} \text{ hitung} < X^2_{Cr} \text{ tabel}$.

Tabel 4.10 Uji Kesalahan Sebaran Dengan Chi – Kuadrat

| No | Nilai Batas Tiap Kelas | Jumlah Data | | $(O_j - E_j)^2$ | $(O_j - E_j)^2/E_j$ |
|--------|---------------------------|-------------|-------|-----------------|---------------------|
| | | O_j | E_j | | |
| 1 | 2.30< x_i <2.41 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 2 | 2.41< X_i <2.53 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 3 | 2.53< X_i <2.65 | 2 | 4 | 4 | 2 |
| 4 | 2.65< X_i <2.77 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 5 | 2.77< X_i <2.89 | 3 | 1 | 4 | 1,33 |
| Jumlah | | 11 | 11 | 8 | 3,33 |

Sumber : Hasil perhitungan

Derajat Signifikasi (α) = 5 %

X^2_{Cr} hitung = 3,33

X^2_{Cr} tabel = 5,991

Dilihat dari perbandingan diatas bahwa ternyata X^2_{Cr} hitung < X^2_{Cr} tabel, maka hipotesa yang di uji dapat diterima.

b. Analisa banjir rancangan dengan data curah hujan

Berdasarkan analisis curah hujan rencana dari curah hujan harian maksimum dapat dihitung besarnya debit banjir rencana dengan kala ulang 1, 2, 5, 10, 25, 50, dan 100. Distribusi hujan jam jam daerah sinjai barat dapat dihitung dengan persamaan berikut.

Tabel 4.11 Intensitas Curah Hujan Jam-Jaman dan Ratio

| No | Jam ke | Rata-rata Hujan (Rt) Dari 01 sampai jam ke-t | Nisbah Hujan Jam-jaman $RT = t \cdot Rt - (t-1) \cdot (R1-1)$ | Ratio (%) |
|----|--------|---|--|-----------|
| 1 | 0 - 1 | 0,5503 | R24 | 55,03 |
| 2 | 1 - 2 | 0,3467 | R24 | 14,30 |
| 3 | 2 - 3 | 0,2646 | R24 | 10,03 |
| 4 | 3 - 4 | 0,2184 | R24 | 7,99 |
| 5 | 4 - 5 | 0,1882 | R24 | 6,75 |
| 6 | 5 - 6 | 0,1667 | R24 | 5,90 |

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.12 Distribusi Hujan Efektif Jam – jaman

| Waktu (Jam) | Ratio (%) | Kumulatif | Curah Hujan Rencana (mm) | | | | |
|------------------------------------|-----------|-----------|--------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| | | | 5 tahun | 10 tahun | 25 tahun | 50 tahun | 100 tahun |
| 1 | 55,0321 | 55,03 | 105,1968 | 133,1911 | 201,8949 | 181,3040 | 226,8157 |
| 2 | 14,3040 | 69,34 | 27,3429 | 34,6192 | 52,4767 | 47,1247 | 58,9542 |
| 3 | 10,0339 | 79,37 | 19,1804 | 24,2845 | 36,8112 | 33,0569 | 41,3550 |
| 4 | 7,9880 | 87,36 | 15,2695 | 19,3329 | 29,3054 | 26,3166 | 32,9226 |
| 5 | 6,7456 | 94,10 | 12,8945 | 16,3259 | 24,7473 | 22,2233 | 27,8019 |
| 6 | 5,8964 | 100,00 | 11,2713 | 14,2707 | 21,6320 | 19,4258 | 24,3021 |
| Hujan Efektif | | | 191,1552 | 242,0244 | 366,8675 | 329,4513 | 412,1515 |
| Koefisien Pengaliran | | | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Probabilitas Hujan Maksimum | | | 254,8736 | 322,6991 | 489,1566 | 439,2684 | 549,5354 |

Sumber : Hasil perhitungan

c. Analisa debit banjir

Analisa banjir rancangan di analisa dengan beberapa metode yang disesuaikan dengan luas Daerah Aliran Sungai (DAS). Untuk perhitungan debit banjir digunakan metode Rational Jepang, Metode Weduwen, Metode Haspers, dan Metode Nakayasu.

1) Sungai Rumpala

a) Metode Rational Jepang

Langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

Diketahui : Daerah pengaliran sungai = 12,32 km²

Panjang sungai (L) = 10,20 km

Beda tinggi (H) = 0,580 km

Kita ingin menghitung Q₂₅ (debit dengan periode ulang 25 tahun)

disini dianggap bahwa probability untuk Q = probability untuk R

$$\alpha = \frac{0,75+0,85}{2} = 0,80$$

$$V = 72 \left[\frac{H}{L} \right]^{0,6}$$

$$V = 72 \left[\frac{0,580}{10,20} \right]^{0,6}$$

$$= 12,889 \text{ km/jam}$$

$$i = \frac{H}{0,9 \times L} = \frac{0,258}{0,9 \times 10,20}$$

$$= 0,0632$$

$$t = \frac{L}{v} = \frac{10,20}{12,889}$$

$$= 0,79 \text{ Jam}$$

$$I = \left[\frac{R_{25}}{24} \right] \times \left[\frac{24}{t} \right]$$

$$I = \left[\frac{489,16}{24} \right] \times \left[\frac{24}{0,79} \right]$$

$$= 198,21 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times \alpha \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,80 \times 198,21 \times 12,32$$

$$= 542,66$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.12 Hasil perhitungan debit banjir rancangan metode Rational Jepang Sungai Rumpala.

| Kala Ulang | α | R (mm) | t_c (Jam) | A (Km ²) | I (mm/jam) | Q _{maks} (m ³ /det) |
|------------|----------|--------|-------------|----------------------|------------|---|
| 5 | 0,80 | 254,87 | 0,79 | 12 | 198,21 | 542,66 |
| 10 | | 322,70 | | | 130,76 | 358,00 |
| 25 | | 489,16 | | | 198,21 | 542,66 |
| 50 | | 439,27 | | | 178,00 | 487,32 |
| 100 | | 549,54 | | | 222,68 | 609,64 |

Sumber : Hasil perhitungan

▪ Metode Der Weduwen

Diketahui :

Daerah pengaliran sungai = 12,32 km²

Panjang sungai (L) = 10,20 km

t_{asumsi} = 0,6 jam

$$\beta = \frac{120 + A \left[\frac{t + 1}{t + 9} \right]}{120 + A}$$

$$\beta = \frac{120 + 12,32 \left[\frac{0,6 + 1}{0,6 + 9} \right]}{120 + 12,32}$$

$$= 0,922$$

$$q = \frac{Rn}{240} \times \frac{67,65}{(t + 1,45)}$$

$$q = \frac{489,157}{240} \times \frac{67,65}{(0,6 + 1,45)}$$

$$= 67,259$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta \times q + 7}$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{0,922 \times 67,259 + 7}$$

$$= 0,941$$

$$Q = \alpha \times \beta \times q \times A$$

$$Q = 0,90 \times 0,922 \times 67,259 \times 12,32$$

$$= 718,947 \text{ m}^3/\text{det}$$

Kontrol :

$$t = 0,3 \times L \times Q^{-0,125} \times i^{0,25}$$

$$t = 0,3 \times 10,20 \times 718,947^{-0,125} \times 0,06318^{0,25}$$

$$= 0,56 \text{ Jam}$$

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode Der Weduwen Sungai Rumpala

| Kala Ulang | R24 (mm/hari) | t _{Coba} (Jam) | q | β | α | Qmaks (m ³ /dt) | Kontrol t (Jam) |
|------------|---------------|-------------------------|--------|-------|-------|----------------------------|-----------------|
| 5 | 254,87 | 0,6 | 67,259 | 0,922 | 0,941 | 718,95 | 0,56 |
| 10 | 322,70 | 0,6 | 44,371 | 0,922 | 0,914 | 461,10 | 0,59 |
| 25 | 489,16 | 0,6 | 67,259 | 0,922 | 0,941 | 718,95 | 0,56 |
| 50 | 439,27 | 0,6 | 55,031 | 0,922 | 0,929 | 580,98 | 0,58 |
| 100 | 549,54 | 0,55 | 72,047 | 0,922 | 0,944 | 772,69 | 0,56 |

Sumber : Hasil perhitungan

▪ Metode Haspers

Diketahui :

$$\text{Luas DAS (A)} = 12,32 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Sungai (L)} = 10,20 \text{ km}$$

$$\text{Kemiringan Sungai (i)} = 0,06318$$

$$\alpha = \frac{1 + (0,012 \times A^{0,7})}{1 + (0,075 \times A^{0,7})}$$

$$\alpha = \frac{1 + (0,012 \times 12,32^{0,7})}{1 + (0,075 \times 12,32^{0,7})}$$

$$= 0,745$$

$$t_c = 0,1 \times L^{0,8} \times i^{-0,3}$$

$$t_c = 0,1 \times 10,20^{0,8} \times 0,06318^{-0,3}$$

$$t_c = 1,5 \text{ jam}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + 3,7 \times 10^{-0,4t} \times A^{0,75}}{t^2 + 15} \times \frac{A^{0,75}}{12}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{1,4 + 3,7 \times 10^{-0,4 \times 1,5} \times 12,32^{0,75}}{1,18^2 + 15} \times \frac{12,32^{0,75}}{12}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + 0,141 \times 0,548$$

$$\beta = \frac{1}{1,077}$$

$$\beta = 0,928$$

$$R_t = \frac{t \times R_{24}}{t + 1 - 0,0008 \times (260 - R_{24})(2 - t)^2} \quad (\text{untuk } t < 2 \text{ Jam})$$

$$= \frac{1,18 \times 489,157}{1,18 + 1 - 0,008 \times (260 - 507,722)(2 - 1,18)^2}$$

$$= 291,088 \text{ mm}$$

$$q = \frac{1 \times R}{3,6 \times t} = \frac{1 \times 489,16}{3,6 \times 1,18} = 55,083 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$$

$$\begin{aligned} Q_T &= \alpha \times \beta \times q \times A \\ &= 0,745 \times 0,928 \times 55,083 \times 12,32 \\ &= 469,453 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode Hasper Sungai Rumpala

| Kala Ulang | α | tc Jam | β | R_{24}^{Max} | R (mm) | q ($\text{m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$) | Q_T (m^3/dt) |
|------------|----------|--------|---------|-----------------------|---------|--|----------------------------------|
| 5 | 0,745 | 1 | 0,928 | 254,87 | 151,671 | 28,701 | 244,607 |
| 10 | | | | 322,70 | 190,844 | 36,114 | 307,784 |
| 25 | | | | 489,16 | 284,959 | 53,923 | 459,568 |
| 50 | | | | 439,27 | 257,049 | 48,642 | 414,556 |
| 100 | | | | 549,54 | 318,404 | 60,252 | 513,508 |

Sumber : Hasil perhitungan

▪ Metode Nakayatsu

Diketahui :

Luas DAS = 12,32 km²

Panjang Sungai (L) = 10,20 km

Hujan Satuan (Ro) = 1 mm

Konstanta (α) = 2

Waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (Tg) (L < 15)

$$T_g = 0,21 L^{0,7}$$

$$T_g = 0,21 \times 10,20^{0,7}$$

$$= 1,07 \text{ Jam}$$

Lama Hujan Efektif (T_r)

$$T_r = 0,5 \times T_g$$

$$T_r = 0,5 \times 1,07$$

$$T_r = 0,53 \text{ jam}$$

Waktu mencapai puncak (T_p)

$$T_p = T_g + 0,8 T_r$$

$$T_p = 1,07 + 0,8 \times 0,43$$

$$T_p = 1,49 \text{ jam}$$

Nilai $T_{0,3}$

$$T_{0,3} = \alpha \times T_g$$

$$T_{0,3} = 2,134 \times 1,07$$

$$T_{0,3} = 2 \text{ jam}$$

$$T_p + T_{0,3} = 1,494 + 2,134 = 3,6284 \text{ jam}$$

$$1,5T_{0,3} = 1,5 \times 2,134 = 3,20 \text{ jam}$$

$$T_p + 1,5 T_{0,3} = 1,494 + 2,13 = 4,6956 \text{ jam}$$

$$T_p + T_{0,3} + T_{0,3}^2 = 1,494 + 2,13 + 4,56^2$$

$$= 8,18 \text{ jam}$$

Debit Puncak Banjir (Q_p)

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_0}{3,6 (0,3 t_p + T_{0,3})}$$

$$Q_p = \frac{1 \times 12,32 \times 1}{3,6 (0,3 \times 1,94 + 2,78)}$$

$$Q_p = 1,33 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan HSS Nakayatsu

| t (jam) | Q total | | | | |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 5 thn | 10 thn | 25 thn | 50 thn | 100 thn |
| 0 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 1 | 53,1831 | 67,3359 | 102,0697 | 91,6598 | 114,6687 |
| 1,494 | 153,2212 | 193,9955 | 294,0640 | 264,0729 | 330,3616 |
| 2 | 150,7168 | 190,8247 | 289,2576 | 259,7567 | 324,9619 |
| 3 | 119,9837 | 151,9131 | 230,2742 | 206,7890 | 258,6980 |
| 4 | 95,2644 | 120,6156 | 182,8326 | 164,1858 | 205,4004 |
| 3,628 | 99,4976 | 125,9753 | 190,9570 | 171,4816 | 214,5276 |
| 5 | 78,4528 | 99,3302 | 150,5676 | 135,2115 | 169,1528 |
| 6 | 54,7126 | 69,2724 | 105,0051 | 94,2958 | 117,9663 |
| 7 | 37,3904 | 47,3405 | 71,7600 | 64,4414 | 80,6177 |
| 8 | 25,6890 | 33,7392 | 51,1428 | 45,9268 | 57,4556 |
| 9 | 24,9625 | 31,6054 | 47,9083 | 41,3698 | 51,7546 |
| 8,184 | 20,3747 | 25,7967 | 39,1034 | 35,1153 | 43,9301 |
| 10 | 14,0143 | 17,7437 | 26,8964 | 24,1533 | 30,2163 |
| 11 | 10,2737 | 13,0077 | 19,7175 | 17,7066 | 22,1513 |
| 12 | 7,6490 | 9,6846 | 14,6801 | 13,1829 | 16,4922 |
| 13 | 6,0547 | 7,6659 | 11,6202 | 10,4351 | 13,0545 |
| 14 | 4,8731 | 6,1699 | 9,3526 | 8,3987 | 10,5070 |
| 15 | 3,5332 | 4,4735 | 6,7810 | 6,0894 | 7,6180 |
| 16 | 2,6649 | 3,3741 | 5,1145 | 4,5929 | 5,7458 |
| 17 | 2,0100 | 2,5449 | 3,8576 | 3,4642 | 4,3337 |
| 18 | 1,5160 | 1,9194 | 2,9095 | 2,6128 | 3,2687 |
| 19 | 1,1434 | 1,4477 | 2,1945 | 1,9707 | 2,4654 |
| 20 | 0,8624 | 1,0919 | 1,6552 | 1,4864 | 1,8595 |
| 21 | 0,6505 | 0,8236 | 1,2484 | 1,1211 | 1,4025 |
| 22 | 0,4906 | 0,6212 | 0,9416 | 0,8456 | 1,0578 |
| 23 | 0,3700 | 0,4685 | 0,7102 | 0,6378 | 0,7979 |
| 24 | 0,2791 | 0,3534 | 0,5357 | 0,4810 | 0,6018 |
| 25 | 0,2105 | 0,2665 | 0,4040 | 0,3628 | 0,4539 |
| 26 | 0,1588 | 0,2010 | 0,3047 | 0,2736 | 0,3423 |
| 27 | 0,1198 | 0,1516 | 0,2298 | 0,2064 | 0,2582 |
| 28 | 0,0903 | 0,1144 | 0,1733 | 0,1557 | 0,1947 |
| 29 | 0,0681 | 0,0863 | 0,1307 | 0,1174 | 0,1469 |
| 30 | 0,0514 | 0,0651 | 0,0986 | 0,0886 | 0,1108 |
| 31 | 0,0386 | 0,0491 | 0,0744 | 0,0666 | 0,0836 |
| 32 | 0,0292 | 0,0370 | 0,0561 | 0,0504 | 0,0630 |
| 33 | 0,0220 | 0,0279 | 0,0423 | 0,0380 | 0,0475 |
| 34 | 0,0166 | 0,0211 | 0,0319 | 0,0287 | 0,0359 |
| 35 | 0,0125 | 0,0159 | 0,0241 | 0,0216 | 0,0270 |
| 36 | 0,0095 | 0,0120 | 0,0182 | 0,0163 | 0,0204 |
| 37 | 0,0071 | 0,0090 | 0,0137 | 0,0123 | 0,0154 |
| 38 | 0,0054 | 0,0068 | 0,0103 | 0,0093 | 0,0116 |
| 39 | 0,0041 | 0,0051 | 0,0078 | 0,0070 | 0,0088 |
| 40 | 0,0031 | 0,0039 | 0,0059 | 0,0053 | 0,0066 |
| 41 | 0,0023 | 0,0029 | 0,0044 | 0,0040 | 0,0050 |
| 42 | 0,0017 | 0,0022 | 0,0033 | 0,0030 | 0,0038 |

Sumber : Hasil perhitungan

2) Sungai Magala

▪ Metode Rational Jepang

Langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$\text{Daerah pengaliran sungai} = 3,85 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang sungai (L)} = 2,60 \text{ km}$$

$$\text{Bedat tinggi (H)} = 0,380 \text{ km}$$

Kita ingin menghitung Q_5 (debit dengan periode ulang 5 tahun)

disini dianggap bahwa probability untuk $Q =$ probability untuk R .

$$\alpha = \frac{0,75+0,85}{2} = 0,80$$

$$V = 72 \left[\frac{H}{L} \right]$$

$$V = 72 \left[\frac{0,380}{2,60} \right]^{0,6}$$

$$= 22,710 \text{ km/jam}$$

$$i = \frac{H}{0,9 \times L} = \frac{0,380}{0,9 \times 2,60}$$

$$= 0,1624$$

$$t = \frac{L}{v} = \frac{2,60}{22,710}$$

$$= 0,11 \text{ Jam}$$

$$I = \left[\frac{R_{25}}{24} \right] \times \left[\frac{24}{t} \right]$$

$$I = \left[\frac{489,1566}{24} \right] \times \left[\frac{24}{0,11} \right]^{2/3}$$

$$= 719,24 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 0,278 \times \alpha \times I \times A$$

$$Q = 0,278 \times 0,80 \times 719,24 \times 3,85 = 615,35$$

Tabel 4.16 Hasil perhitungan debit banjir rancangan metode Rational Jepang Sungai Magala

| Kala Ulang | α | R (mm) | tc (Jam) | A (Km ²) | I (mm/jam) | Qmaks (m ³ /det) |
|------------|----------|----------|----------|----------------------|------------|-----------------------------|
| 5 | | 254,8736 | | | 719,24 | 615,35 |
| 10 | | 322,6991 | | | 474,49 | 405,95 |
| 25 | 0,80 | 489,1566 | 0,11 | 4 | 719,24 | 615,35 |
| 50 | | 439,2684 | | | 645,89 | 552,59 |
| 100 | | 549,5354 | | | 808,02 | 691,31 |

Sumber : Hasil perhitungan

▪ Metode Der Weduwen

Diketahui :

Daerah pengaliran sungai = 3,85 km²

Panjang sungai (L) = 2,6 km

Kemiringan (i) = 0,162393

tasumsi = 0,4 jam

$$\beta = \frac{120 + A \left[\frac{t+1}{t+9} \right]}{120 + A}$$

$$\beta = \frac{120 + 3,85 \left[\frac{0,7 + 1}{0,7 + 9} \right]}{120 + 3,85}$$

$$= 0,97354$$

$$q = \frac{Rn}{240} \times \frac{67,65}{(t + 1,45)}$$

$$q = \frac{489,157}{240} \times \frac{67,65}{(0,7 + 1,45)}$$

$$= 74,5302$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta \times q + 7}$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{0,974 \times 74,5302 + 7}$$

$$= 0,948$$

$$Q = \alpha \times \beta \times q \times A$$

$$Q = 0,91 \times 0,974 \times 74,530 \times 3,85$$

$$= 264,954 \text{ m}^3/\text{det}$$

Kontrol :

$$t = 0,3 \times L \times Q^{-0,125} \times x_i^{0,25}$$

$$t = 0,3 \times 2,6 \times 264,954^{-0,125} \times 0,16239^{0,25}$$

$$= 0,21 \text{ Jam (dapat diterima)}$$

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode Der Weduwen Sungai Magala

| Kala Ulang | R24 (mm/hari) | t Coba (Jam) | q | β | α | Qmaks (m ³ /dt) | Kontrol t (Jam) |
|------------|---------------|--------------|--------|---------|----------|----------------------------|-----------------|
| 5 | 254,87 | 0,4 | 74,530 | 0,974 | 0,948 | 264,95 | 0,21 |
| 10 | 322,70 | 0,4 | 49,168 | 0,974 | 0,925 | 170,52 | 0,22 |
| 25 | 489,16 | 0,4 | 74,530 | 0,974 | 0,948 | 264,95 | 0,21 |
| 50 | 439,27 | 0,4 | 55,031 | 0,974 | 0,932 | 192,30 | 0,21 |
| 100 | 549,54 | 0,4 | 72,047 | 0,974 | 0,947 | 255,69 | 0,21 |

Sumber : Hasil perhitungan

- Metode Haspers

Diketahui :

Luas DAS (A) = 3,85 km²

Panjang Sungai (L) = 2,6 km

Kemiringan Sungai (i) = 0,16239

$$\alpha = \frac{1+(0,012 \times A^{0,7})}{1+(0,075 \times A^{0,7})}$$

$$\alpha = \frac{1+(0,012 \times 3,86^{0,7})}{1+(0,075 \times 3,85^{0,7})}$$

$$= 0,864$$

$$tc = 0,1 \times I^{0,8} \times i^{-0,3}$$

$$tc = 0,1 \times 2,6^{0,8} \times 0,16239^{-0,3}$$

$$tc = 0,371 \text{ jam}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + 3,7 \times 10^{-0,4t}}{t^2 + 15} \times \frac{A^{0,75}}{12}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{0,4 + 3,7 \times 10^{-0,4 \times 0,377}}{0,4^2 + 15} \times \frac{3,85^{0,75}}{12}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + 0,198 \times 0,229$$

$$\beta = \frac{1}{1,045}$$

$$\beta = 0,957$$

$$Rt = \frac{t \times R_{24}}{t + 1} \quad (2 \text{ jam} < t < 9 \text{ jam})$$

$$= \frac{0,4 \times 489,157}{0,4 + 1}$$

$$= 133,302 \text{ mm}$$

$$q = \frac{1 \times R}{3,6 \times t}$$

$$= \frac{1 \times 133,302}{3,6 \times 0,4}$$

$$= 99,937 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$$

$$Q_T = \alpha \times \beta \times q \times A$$

$$= 0,864 \times 0,957 \times 99,937 \times 3,85$$

$$= 318,096 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode Haspers Sungai Magala

| T (Tahun) | α | tc Jam | β | $R_{24 \text{ Max}}$ | R (mm) | q ($\text{m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$) | Q_T (m^3/dt) |
|--------------|----------|-----------|---------|----------------------|-----------|---|-------------------------------------|
| 5 | 0,864 | 0 | 0,957 | 254,87 | 262,591 | 196,865 | 626,617 |
| 10 | | | | 322,70 | 237,374 | 177,960 | 566,442 |
| 25 | | | | 489,16 | 211,413 | 158,497 | 504,491 |
| 50 | | | | 439,27 | 216,629 | 162,407 | 516,938 |
| 100 | | | | 549,54 | 206,600 | 154,888 | 493,006 |

Sumber : Hasil perhitungan

▪ Metode Nakayatsu

Diketahui :

Luas DAS = 3,85 km²

Panjang Sungai (L) = 2,6 km

Hujan Satuan (Ro) = 1 mm

Konstanta (α) = 2

Waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (T_g) ($L < 15$)

$$T_g = 0,21 L^{0,7}$$

$$T_g = 0,21 \times 2,6^{0,7} = 0,41 \text{ Jam}$$

Lama Hujan Efektif (T_r)

$$T_r = 0,5 \times T_g$$

$$T_r = 0,5 \times 0,41$$

$$T_r = 0,20 \text{ jam}$$

Waktu mencapai puncak (T_p)

$$T_p = T_g + 0,8 T_r$$

$$T_p = 0,41 + 0,8 \times 0,20$$

$$T_p = 0,57 \text{ jam}$$

Nilai $T_{0,3}$

$$T_{0,3} = \alpha \times T_g$$

$$T_{0,3} = 2 \times 0,41$$

$$T_{0,3} = 0,820 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} T_p + T_{0,3} &= 0,574 + 0,82 \\ &= 1,394 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,5T_{0,3} &= 1,5 \times 0,82 \\ &= 1,23 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p + 1,5T_{0,3} &= 0,574 + 1,23 \\ &= 1,804 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p + T_{0,3} + T_{0,3}^2 &= 0,574 + 0,82 + 0,67^2 \\ &= 2,07 \text{ jam} \end{aligned}$$

Debit Puncak Banjir (Q_p)

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_0}{3,6 (0,3 t_p + T_{0,3})}$$

$$Q_p = \frac{1 \times 34,5 \times 1}{3,6 (0,3 \times 0,57 + 0,82)}$$

$$Q_p = 1.08 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 4.22 Hasil Perhitungan HSS Nakayatsu

| (jam) | 5 thn | 10 thn | 25 thn | 50 thn | 100 thn |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 1 | 429,9875 | 544,4133 | 825,2373 | 741,0728 | 927,1000 |
| 0,574 | 225,1710 | 285,0923 | 432,1511 | 388,0767 | 485,4934 |
| 2 | 121,8431 | 154,2673 | 233,8428 | 209,9936 | 262,7071 |
| 1,394 | 120,7437 | 152,8753 | 231,7327 | 208,0987 | 260,3365 |
| 3 | 87,6168 | 110,9328 | 168,1552 | 151,0053 | 188,9113 |
| 4 | 72,6898 | 92,0335 | 139,5071 | 125,2790 | 156,7271 |
| 5 | 21,7745 | 27,5690 | 41,7899 | 37,5278 | 46,9482 |
| 2,066 | 22,8053 | 28,8741 | 43,7682 | 39,3044 | 49,1707 |
| 6 | 9,9280 | 12,5700 | 19,0540 | 17,1107 | 21,4059 |
| 7 | 4,5459 | 5,9021 | 8,9465 | 8,0341 | 10,0508 |
| 8 | 3,9758 | 5,0338 | 7,6304 | 6,6529 | 8,3229 |
| 9 | 2,7617 | 3,4966 | 5,3003 | 4,7597 | 5,9545 |
| 10 | 3,7610 | 4,7619 | 7,2182 | 6,4821 | 8,1092 |
| 11 | 0,2759 | 0,3493 | 0,5294 | 0,4755 | 0,5948 |
| 12 | 0,1062 | 0,1345 | 0,2038 | 0,1830 | 0,2290 |
| 13 | 0,0510 | 0,0645 | 0,0978 | 0,0878 | 0,1099 |
| 14 | 0,0245 | 0,0310 | 0,0469 | 0,0421 | 0,0527 |
| 15 | 0,0117 | 0,0149 | 0,0225 | 0,0202 | 0,0253 |
| 16 | 0,0056 | 0,0071 | 0,0108 | 0,0097 | 0,0121 |
| 17 | 0,0027 | 0,0034 | 0,0052 | 0,0047 | 0,0058 |
| 18 | 0,0013 | 0,0016 | 0,0025 | 0,0022 | 0,0028 |
| 19 | 0,0006 | 0,0008 | 0,0012 | 0,0011 | 0,0013 |
| 20 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0006 |
| 21 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0003 |
| 22 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| 23 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| 24 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 25 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 26 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 27 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 28 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 29 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |

Sumber : Hasil perhitungan

Dari hasil analisa beberapa metode maka rekapitulasi debit banjir rancangan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.23 Rekapitulasi debit banjir rancangan Sungai Rumpala

| No | Kala Ulang | Metode | | | | Debit Rencana (m ³ /dt) |
|----|------------|----------|---------|--------|----------|------------------------------------|
| | | Rasional | Weduwen | Hasper | Nakayasu | |
| 1 | 5 | 542,66 | 718,95 | 244,61 | 153,22 | 718,95 |
| 2 | 10 | 358,00 | 461,10 | 307,78 | 194,00 | 461,10 |
| 3 | 25 | 542,66 | 718,95 | 459,57 | 294,06 | 718,95 |
| 4 | 50 | 487,32 | 580,98 | 414,56 | 264,07 | 580,98 |
| 5 | 100 | 609,64 | 772,69 | 513,51 | 330,36 | 772,69 |

Sumber : hasil perhitungan

Tabel 4.23 Rekapitulasi debit banjir rancangan Sungai Magala

| No | Kala Ulang | Metode | | | | Debit Rencana (m ³ /dt) |
|----|------------|----------|---------|--------|----------|------------------------------------|
| | | Rasional | Weduwen | Hasper | Nakayasu | |
| 1 | 5 | 615,35 | 264,95 | 626,62 | 429,99 | 626,62 |
| 2 | 10 | 405,95 | 170,52 | 566,44 | 544,41 | 566,44 |
| 3 | 25 | 615,35 | 264,95 | 504,49 | 825,24 | 825,24 |
| 4 | 50 | 552,59 | 192,30 | 516,94 | 741,07 | 741,07 |
| 5 | 100 | 691,31 | 255,69 | 493,01 | 927,10 | 927,10 |

Sumber : hasil perhitungan

2. Analisa Hidrolika

Berdasarkan hasil analisa hidrologi metode Hasper debit Rancangan (Q₂₅) untuk penanganan gerusan dengan pasangan batu adalah sebagai berikut:

a) Sungai Magala

Diketahui

$$Q_{rencana} = 825,24 \text{ (m}^3\text{/detik)}$$

$$A = 3,85 \text{ km}^2 \rightarrow 0,00385 \text{ m}^2$$

$$H = 0,35 \text{ m}$$

$$B = 4,31 \text{ m}$$

$$n \text{ (koefisien kekasaran Manning)} = 0,040$$

Diambil 0,040 karena merupakan saluran terbuka dengan dasar batu dan tebing rumput (Bambang Triatmodjo, 1993)

Dicari berapa kecepatan Aliran (V) ... ?

$n_{\text{coba-coba}}$?

Penyelesaian

$$\bullet \quad Q_{\text{rencana}} = V \times A$$

$$825,24 = V \times 0,00385$$

$$V = \frac{825,24}{0,00385}$$

$$V = 214.348,05 \text{ m/detik}$$

$$\bullet \quad h_c = \frac{Q^2}{g} = \frac{(b+m \cdot h)h^3}{4,31}$$

$$= \frac{(825,24)^2}{9,81} = \frac{(4,31 + 0,45 \times 0,35)0,35^3}{4,31}$$

b) Sungai Rumpala

Diketahui

$$Q_{\text{rencana}} = 718,95 \text{ (m}^3\text{/detik)}$$

$$A = 12,32 \text{ km}^2 \rightarrow 0,01232 \text{ m}^2$$

$$H = 0,38 \text{ m}$$

$$B = 11,23 \text{ m}$$

$$n \text{ (koefisien kekasaran Manning)} = 0,040$$

Diambil 0,040 karena merupakan saluran terbuka dengan dasar batu dan tebing rumput (Bambang Triatmodjo, 1993)

- Dicari berapa kecepatan Aliran (V) ... ?
- h coba-coba ?

Penyelesaian

- $Q_{rencana} = V \times A$

$$718,95 = V \times 0,01232$$

$$V = \frac{718,95}{0,01232}$$

$$V = 58.356,76 \text{ m/detik}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad h_c &= \frac{Q^2}{g} = \frac{(b+m \cdot h)h^3}{4,31} \\ &= \frac{(825,24)^2}{9,81} = \frac{(4,31+0,45 \times 0,35)0,35^3}{4,31} \end{aligned}$$

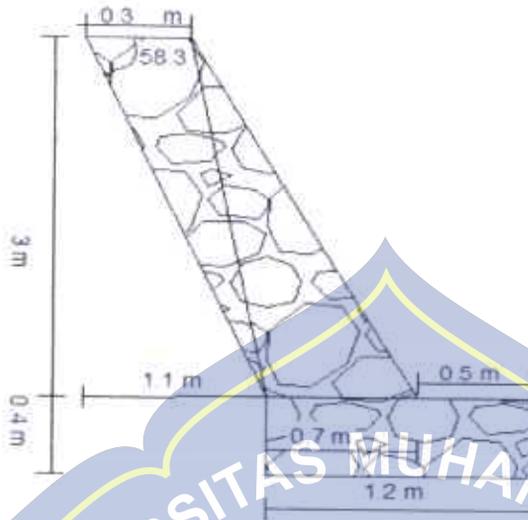
3. Desain pasangan batu

Hasil analisa hidrolika diperoleh kecepatan untuk Sungai Magala (214.348,05 m/detik) dan Sungai Rumpala (58.356,76 m/detik) maka dapat disimpulkan bahwa jenis alirannya adalah super kritis.

Untuk mendesain pasangan batu dalam buku KP pada BAB III dijelaskan bahwa lining permukaan yang keras, Tebal yang dianjurkan adalah 30 Cm.

Kemiringan untuk saluran yang lebih besar , kemiringan samping minimum 1:1 untuk h-0,75 m. jika $Q > 15,0$ maka tinggi pasangan yang dianjurkan adalah 1,00 m dan tinggi jagaan pasangan 0,50 m.

Dari hasil analisa dan syarat untuk pasangan batu maka digunakan tembok penahan dengan taksiran sebagai berikut :



Gambar 4.1 Sketsa rencana pasangan batu

Dari rencana pasangan batu diatas, maka dilakukan pengujian agar bangunan yang direncanakan tidak mengalami kegagalan dalam konstruksinya dengan analisa sebagai berikut :

Data tanah :

$$\text{Sudut gesek internal } (\varphi) = 35^{\circ}$$

$$\text{Berat volume } (\gamma) = 17,3 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Kuat dukung ijin} = 400 \text{ kN/m}^2$$

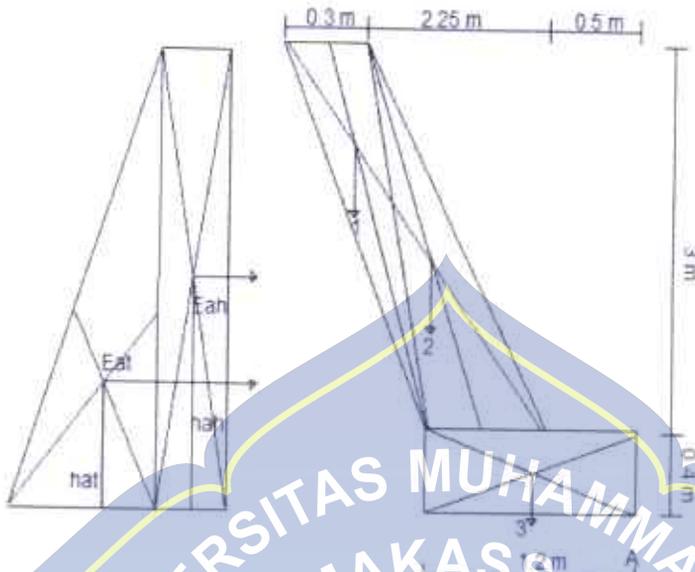
Data Pasangan batu :

$$\text{Berat volume } (\gamma) = 22 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Kuat desak ijin } (\sigma_{\text{desak}}) = 1500 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kuat tarik } (\sigma_{\text{tarik}}) = 300 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kuat geser } (\tau) = 150 \text{ kN/m}^2$$



Gambar 4.2 Analisa perhitungan

Tekanan pasif tidak diperhitungkan karena dinding penahan ditempatkan di tepi sungai sehingga tekanan pasif tidak dapat bekerja secara efektif. Muka tanah di belakang dinding adalah datar, diperoleh

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{35}{2} \right) = 0,27$$

Dicari besarnya gaya momen aktif

Gaya aktif :

*Akibat tanah

$$E_{at} = \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \gamma \cdot K_a$$

$$E_{at} = \frac{1}{2} \times 3,4^2 \times 17,3 \times 0,27$$

$$E_{at} = 27,1 \text{ kN}$$

*Akibat beban hidup, digunakan beban hidup sebesar 1 kPa

$$1 \text{ kPa} = 1 \text{ kN/m}^2 \quad \text{maka,}$$

$$q_{\text{hidup}} = 1 \text{ kN/m}^2 \text{ untuk panjang tembok } 1 \text{ m}$$

$$E_{ah} = K_a \times q_{\text{hidup}} \times H$$

$$E_{ah} = 0,27 \times 3,4 = 0,92 \text{ kN}$$

$$E_{a_{\text{tot}}} = E_{at} + E_{ah}$$

$$E_{a_{\text{tot}}} = 27,1 + 0,92 = 28 \text{ kN}$$

Momen aktif :

$$M_{at} = E_{at} \times h_{at} = 30,7 \text{ kNm}$$

$$M_{ah} = E_{ah} \times h_{ah} = 1,57 \text{ kNm}$$

$$M_{a_{\text{tot}}} = M_{at} + M_{ah} = 32,3 \text{ kNm}$$

Dicari besarnya gaya dan momen pasif.

| No | Berat (kN) | Lengan Terhadap Titik A (m) | Momen Terhadap Titik A (mkN) |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 | $1,5 \times 0,3 \times 22 = 9,9$ | $3,05 - 0,85 = 2,2$ | 21,78 |
| 2 | $1,5 \times 0,7 \times 22 = 23,1$ | $0,5 + 0,85 = 1,35$ | 31,185 |
| 3 | $0,4 \times 1,2 \times 22 = 10,6$ | $1,2 \times 0,5 = 0,6$ | 6,336 |
| Total 43,56 kNm | | | 59,301 kNm |

Tinjauan stabilitas terhadap gaya eksternal

a. Stabilitas terhadap gaya guling

$$M_a = -32,27669 \text{ kNm}$$

$$M_p = +59,301 \text{ kNm}$$

$$SF = \frac{M_p}{M_a} = 1,84 > 1,5$$

ok

b. Stabilitas terhadap bahaya geser

Gaya dorong : $E_{a_{\text{tot}}} = 28 \text{ kN}$, Gaya lawan : $F = 43,6$

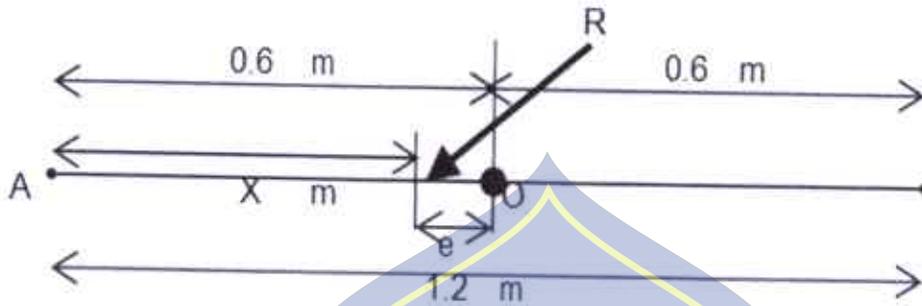
$$SF = \frac{F}{E_{a_{\text{tot}}}} = 1,55 > 1,5$$

ok

c. Stabilitas terhadap kuat dukung tanah

Dicari letak resultan gaya – gaya yang bekerja terhadap pusat berat alas pondasi.

Tinjauan terhadap titik A



Gambar 4.3 letak resultan gaya-gaya yang bekerja terhadap pusat berat alas pondasi

$$X = \frac{\Sigma M_{total}}{\Sigma V}$$

$$= \frac{27,0243}{43,56}$$

$$= 0,62 \text{ m}$$

$$e = X - \frac{b}{2}$$

$$= 0,02 \text{ m} < \frac{b}{6} = 0,2 \text{ m}$$

Berarti seluruh alas pondasi menerima desak

$$\sigma_{min} = \frac{\Sigma V}{b \times 1} \left(1 + \frac{6e}{b} \right)$$

$$= 32,6 \text{ kNm}^2 < \sigma_{tanah}$$

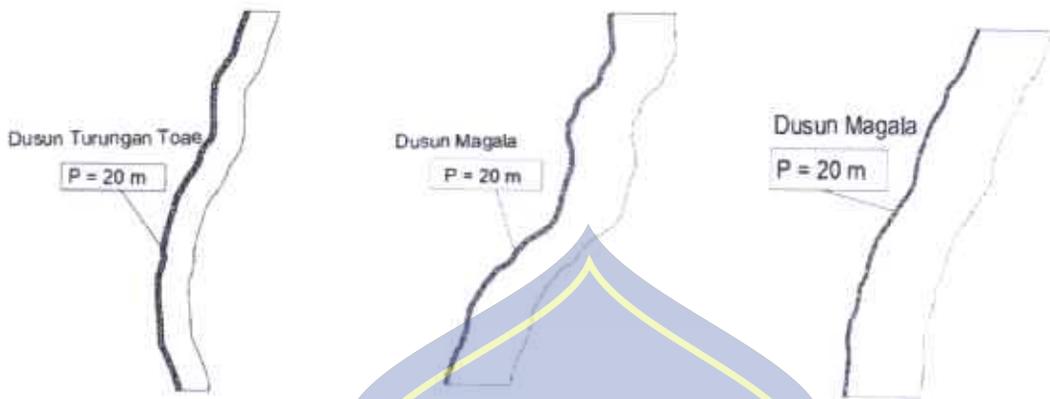
$$\sigma_{min} = \frac{\Sigma V}{b \times 1} \left(1 + \frac{6e}{b} \right)$$

$$= 21,8 \text{ kNm}^2 < 22$$

Berdasarkan hasil Analisa hidrologi, hidrolika dan desain pasangan batu maka kita dapat merencanakan pemasangan batu dengan ketentuan kondisi dilapangan.



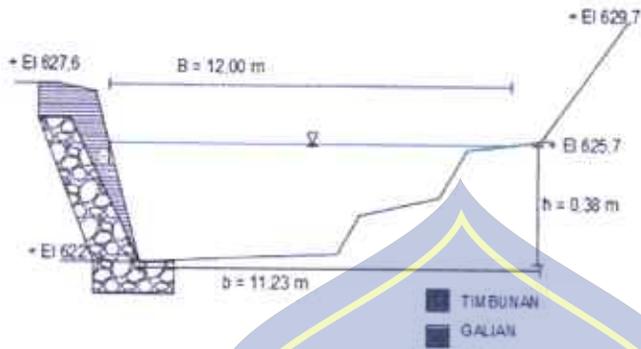
Gambar 4.4 Skema Rencana Titik pemasangan batu



Gambar 4.5 Rencana pasangan batu potongan A-A, B-B, Dan C-C dengan panjang 20 m.



Gambar 4.6 Sketsa pemasangan pasangan batu pada Profil Muka Air disungai Magala.



Gambar 4.7 Sketsa pemasangan pasangan batu pada Profil Muka Air disungai Rumpala I.



Gambar 4.8 Sketsa pemasangan pasangan batu pada Profil Muka Air disungai Rumpala II.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian dan hasil penelitian maka dapat ditarik sebuah kesimpulan sebagai berikut :

1. Penanganan gerusan tebing sungai dengan pemasangan batu pada sungai Magala-Rumpala dikabupaten sinjai yaitu dengan menggunakan debit rencana $Q_{25} = 718,95$ ($m^3/detik$) untuk sungai Rumpala dan $Q^{25} = 825,24$ ($m^3/detik$) untuk sungai Magala. Karena $Q > 15,0$ maka didapat Tinggi pasangan batunya 1,00 m, tinggi jagaan 0,50 m. dan tebal 30 Cm.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemasangan pasangan batu untuk penahan gerusan tebing sungai Magala-Rumpala adalah adanya pengaruh :
 - a. Debit desain yaitu $Q_{25} = 718,95$ ($m^3/detik$) untuk sungai Rumpala dan $Q^{25} = 825,24$ ($m^3/detik$) untuk sungai Magala.
 - b. Jenis aliran yaitu aliran Turbulen karena $V_{magala} = 214.348,05$ m/detik dan $V_{Rumpala} = 58.356,76$ m/detik lebih besar dari pada Angka Reynold.

B. Saran

Saran yang dapat diberikan penulis berdasarkan pembahasan dan pengolahan data yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai perlindungan tebing sungai sehingga upaya penanganan longsor dapat terlaksana.

2. Untuk menyempurnakan desain perlu menggunakan beberapa penampang sungai dan perubahan morfologi sungai dari tahun ke tahun.
3. Penelitian selanjutnya dianjurkan untuk menggunakan data hidrologi 10 tahun dari tahun dimulainya penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2014: Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Darwisal Ahasanul, 2011, Pengaruh kemiringan melintang, perkuatan tebing sungai, Yogyakarta.
- Dyah Risa Suryani. Skripsi, Perencanaan Perbaikan Tebing Begawan Solo Hilir di Kanor, Bojonegoro. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Frenc, 1996, Ensiklopedia Indonesia seri, Geografi, Erlangga, Jakarta.
- Hajrianto, S dan Dawami, 2016: Pola Aliran Pada Perkuatan Lereng Dengan Menggunakan Batu Kosong Dan Rumput Benggala, Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. *Teknik Pondasi I*. Edisi Kedua, Yogyakarta: Beta Offset.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2003. *Mekanika Tanah II*. Edisi Ketiga, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hoffmans, G.J.C.M. and Verheij, 1997, *Scour Manual*, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Kristijatno, Chr dan Kirno. *Pelindung Tebing Sungai dengan Bangunan Krib Lulus Air*. Puslitbang Pengairan.
- Mulatsih, Unik Sri dan Sundoro, Galih Habsoro. 2012. *Studi Kasus Kerusakan Pelindung Tebing Sungai Geocell di Kali Mungkung Desa Patihan Kabupaten Sragen*. Surakarta.
- Maryono, A., 2018: Restorasi Sungai (*River restoration*), Gajah Mada University Press., Yogyakarta.
- Salmani. Bahan Ajar Perbaikan/tanah/tebing, Perencanaan Bangunan Pengaman Tebing Terhadap Gerusan.

Setyono, Ernawan. 2007. *Krib Impermeabel Sebagai Pelindung pada Belokan Sungai*. Universitas Muhammadiyah Malang, Malang

Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Edisi I. Yogyakarta.

Triatmodjo, Bambang. 2013. *Hidraulika II*. Cetakan ke-9. Yogyakarta: Beta Offset.

Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.



DOKUMENTASI



Pemasangan Alat sebelum penelitian disungai Magala-Rumpala



Pengambilan sampel Ukuran Lebar penampang Sungai didusun turungan toae

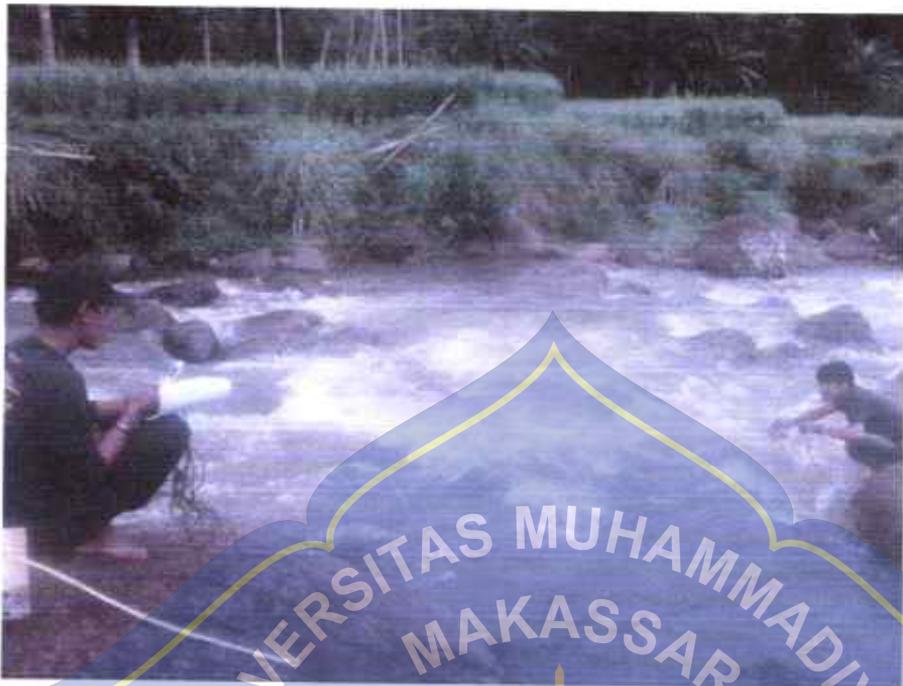
DOKUMENTASI



Pemasangan Alat sebelum penelitian disungai Magala-Rumpala



Pengambilan sampel Ukuran Lebar penampang Sungai didusun turungan toae



Pengukuran kecepatan aliran sungai menggunakan current meter didusun magala



Pengukuran kecepatan disisi kanan sungai rumpala



Skema sungai magala rumpala yang tergerus

TABEL HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN

Tabel Hasil pengukuran di lokasi sungai Magala Rumpala

| Lokasi Penelitian | Titik Penelitian | (V) kecepatan Aliran (m/det) | | | V rata-rata | (h) tinggi Muka air (m) | | | (h) Rata-rata | (H) tinggi tebing (m) | | (H) Rata-rata | Lebar Sungai (B) (m) |
|-------------------|------------------|---------------------------------|--------|------|-------------|----------------------------|--------|------|---------------|--------------------------|------|---------------|-------------------------|
| | | Kanan | Tengah | Kiri | | Kanan | Tengah | Kiri | | Kanan | Kiri | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Magala | Hulu | 2 | 4,2 | 2,6 | 2,93 | 0,31 | 0,55 | 0,18 | 0,35 | 0,71 | 0,97 | 0,84 | 5 |
| | Tengah | 2,6 | 1,7 | 0,6 | 1,63 | 0,19 | 0,23 | 0,13 | 0,32 | 0,97 | 1,25 | 1,11 | 7,4 |
| | Hilir | 2,2 | 1,4 | 0 | 1,20 | 0,32 | 0,39 | 0,26 | 0,32 | 0,74 | 1,33 | 1,04 | 6,1 |
| Rumpala I | Hulu | 0,8 | 2,3 | 0,7 | 1,27 | 0,24 | 0,55 | 0,36 | 0,38 | 1,04 | 2,14 | 1,59 | 12 |
| | Tengah | 0 | 5,9 | 2,7 | 2,87 | 0,38 | 0,4 | 0,25 | 0,34 | 1,56 | 3,01 | 2,29 | 18 |
| | Hilir | 0,5 | 7,8 | 3,1 | 3,80 | 0,46 | 0,69 | 0,23 | 0,46 | 2,18 | 2,05 | 2,12 | 20 |
| Rumpala II | Hulu | 0,5 | 4,2 | 2,3 | 2,33 | 0,21 | 0,29 | 0,64 | 0,38 | 2,30 | 2,58 | 2,44 | 17,72 |
| | Tengah | 0,4 | 11,5 | 0,4 | 4,10 | 0,24 | 0,51 | 0,18 | 0,31 | 2,50 | 2,00 | 2,25 | 12,6 |
| | Hilir | 1,1 | 1,6 | 4,5 | 2,40 | 0,28 | 0,87 | 0,33 | 0,49 | 2,23 | 1,88 | 2,06 | 14,08 |

TABEL DATA CURAH HUJAN STASIUN ARRANGO

Jumlah Curah Hujan Max dan Hari Hujan 2006

| Bulan | Curah Hujan Max | Hari Hujan |
|-----------|-----------------|------------|
| Januari | 26 | 21 |
| Februari | 25 | 16 |
| Maret | 30 | 13 |
| April | 22 | 11 |
| Mei | 33 | 15 |
| Juni | 255 | 22 |
| Juli | 51 | 11 |
| Agustus | 10 | 6 |
| September | 27 | 2 |
| Oktober | 0 | 0 |
| November | 9 | 1 |
| Desember | 44 | 14 |

Jumlah Curah Hujan Max dan Hari Hujan 2007

| Bulan | Curah Hujan Max | Hari Hujan |
|-----------|-----------------|------------|
| Januari | 42 | 16 |
| Februari | 41 | 18 |
| Maret | 32 | 8 |
| April | 43 | 21 |
| Mei | 43 | 15 |
| Juni | 44 | 24 |
| Juli | 45 | 18 |
| Agustus | 43 | 10 |
| September | 16 | 4 |
| Oktober | 8 | 1 |
| November | 38 | 12 |
| Desember | 33 | 19 |

Jumlah Curah Hujan Max dan Hari Hujan 2008

| Bulan | Curah Hujan Max | Hari Hujan |
|-----------|-----------------|------------|
| Januari | 40 | 14 |
| Februari | 25 | 13 |
| Maret | 43 | 16 |
| April | 45 | 19 |
| Mei | 50 | 14 |
| Juni | 49 | 14 |
| Juli | 28 | 12 |
| Agustus | 45 | 15 |
| September | 36 | 6 |
| Oktober | 42 | 16 |
| November | 41 | 17 |
| Desember | 42 | 17 |

Jumlah Curah Hujan Max dan Hari Hujan 2009

| Bulan | Curah Hujan Max | Hari Hujan |
|-----------|-----------------|------------|
| Januari | 33 | 17 |
| Februari | 21 | 12 |
| Maret | 30 | 9 |
| April | 37 | 14 |
| Mei | 31 | 11 |
| Juni | 37 | 6 |
| Juli | 42 | 8 |
| Agustus | 5 | 1 |
| September | 0 | 0 |
| Oktober | 27 | 3 |
| November | 42 | 11 |
| Desember | 43 | 14 |

Jumlah Curah Hujan Max dan Hari Hujan 2010

| Bulan | Curah Hujan Max | Hari Hujan |
|-----------|-----------------|------------|
| Januari | 42 | 15 |
| Februari | 37 | 10 |
| Maret | 43 | 16 |
| April | 45 | 9 |
| Mei | 45 | 19 |
| Juni | 42 | 25 |
| Juli | 56 | 23 |
| Agustus | 45 | 16 |
| September | 45 | 16 |
| Oktober | 41 | 15 |
| November | 92 | 12 |
| Desember | 48 | 13 |

Jumlah Curah Hujan Max dan Hari Hujan 2011

| Bulan | Curah Hujan Max | Hari Hujan |
|-----------|-----------------|------------|
| Januari | 26 | 14 |
| Februari | 35 | 9 |
| Maret | 21 | 7 |
| April | 30 | 12 |
| Mei | 80 | 15 |
| Juni | 19 | 8 |
| Juli | 39 | 12 |
| Agustus | 45 | 6 |
| September | 8 | 4 |
| Oktober | 35 | 14 |
| November | 30 | 18 |
| Desember | 37 | 17 |

Jumlah Curah Hujan Max dan Hari Hujan 2012

| Bulan | Curah Hujan Max | Hari Hujan |
|-----------|-----------------|------------|
| Januari | 20 | 5 |
| Februari | 36 | 17 |
| Maret | 35 | 12 |
| April | 41 | 10 |
| Mei | 37 | 12 |
| Juni | 42 | 8 |
| Juli | 43 | 11 |
| Agustus | 10 | 4 |
| September | 10 | 1 |
| Oktober | 8 | 4 |
| Nopember | 12 | 2 |
| Desember | 0 | 0 |

Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan 2015

| Bulan | Curah Hujan | Hari Hujan |
|-----------|-------------|------------|
| Januari | 33 | 15 |
| Februari | 56 | 9 |
| Maret | 35 | 17 |
| April | 28 | 12 |
| Mei | 70 | 12 |
| Juni | 104 | 11 |
| Juli | 28 | 4 |
| Agustus | 0 | 0 |
| September | 0 | 0 |
| Oktober | 0 | 0 |
| Nopember | 0 | 0 |
| Desember | 43 | 13 |

Jumlah Curah Hujan Max dan Hari Hujan 2013

| Bulan | Curah Hujan Max | Hari Hujan |
|-----------|-----------------|------------|
| Januari | 45 | 16 |
| Februari | 30 | 8 |
| Maret | 35 | 4 |
| April | 34 | 12 |
| Mei | 40 | 15 |
| Juni | 44 | 13 |
| Juli | 92 | 16 |
| Agustus | 35 | 4 |
| September | 18 | 4 |
| Oktober | 0 | 0 |
| Nopember | 40 | 12 |
| Desember | 42 | 16 |

Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan 2016

| Bulan | Curah Hujan Max | Hari Hujan |
|-----------|-----------------|------------|
| Januari | 49 | 7 |
| Februari | 83 | 7 |
| Maret | 45 | 10 |
| April | 85 | 9 |
| Mei | 52 | 5 |
| Juni | 70 | 5 |
| Juli | 112 | 4 |
| Agustus | 17 | 1 |
| September | 64 | 5 |
| Oktober | 35 | 5 |
| Nopember | 0 | 0 |
| Desember | 0 | 0 |

Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan 2014

| Bulan | Curah Hujan Max | Hari Hujan |
|-----------|-----------------|------------|
| Januari | 49 | 22 |
| Februari | 32 | 7 |
| Maret | 25 | 8 |
| April | 51 | 16 |
| Mei | 168 | 13 |
| Juni | 127 | 18 |
| Juli | 77 | 11 |
| Agustus | 84 | 10 |
| September | 0 | 0 |
| Oktober | 24 | 1 |
| Nopember | 18 | 8 |
| Desember | 62 | 17 |

Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan 2017

| Bulan | Curah Hujan Max | Hari Hujan |
|-----------|-----------------|------------|
| Januari | 17 | 9 |
| Februari | 51 | 20 |
| Maret | 62 | 10 |
| April | 26 | 6 |
| Mei | 112 | 18 |
| Juni | 187 | 21 |
| Juli | 105 | 11 |
| Agustus | 17 | 3 |
| September | 40 | 6 |
| Oktober | 15 | 4 |
| Nopember | 0 | 0 |
| Desember | 45 | 11 |

Tabel Curah Hujan Stasiun Balakia

Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan 2006

| Bulan | Curah Hujan | Hari Hujan |
|-----------|-------------|------------|
| Januari | 36 | 25 |
| Februari | 25 | 19 |
| Maret | 49 | 13 |
| April | 10 | 12 |
| Mei | 53 | 18 |
| Juni | 89 | 19 |
| Juli | 57 | 8 |
| Agustus | 12 | 3 |
| September | 18 | 2 |
| Oktober | 0 | 0 |
| Nopember | 4 | 5 |
| Desember | 63 | 16 |

Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan 2009

| Bulan | Curah Hujan | Hari Hujan |
|-----------|-------------|------------|
| Januari | 73 | 20 |
| Februari | 17 | 11 |
| Maret | 42 | 9 |
| April | 65 | 13 |
| Mei | 20 | 15 |
| Juni | 43 | 10 |
| Juli | 66 | 11 |
| Agustus | 8 | 1 |
| September | 0 | 0 |
| Oktober | 21 | 8 |
| Nopember | 55 | 10 |
| Desember | 31 | 15 |

Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan 2007

| Bulan | Curah Hujan | Hari Hujan |
|-----------|-------------|------------|
| Januari | 41 | 14 |
| Februari | 56 | 13 |
| Maret | 59 | 8 |
| April | 48 | 18 |
| Mei | 45 | 14 |
| Juni | 89 | 25 |
| Juli | 84 | 17 |
| Agustus | 64 | 12 |
| September | 19 | 5 |
| Oktober | 7 | 4 |
| Nopember | 51 | 11 |
| Desember | 88 | 18 |

Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan 2010

| Bulan | Curah Hujan | Hari Hujan |
|-----------|-------------|------------|
| Januari | 47 | 28 |
| Februari | 49 | 16 |
| Maret | 46 | 19 |
| April | 55 | 14 |
| Mei | 100 | 24 |
| Juni | 97 | 27 |
| Juli | 155 | 23 |
| Agustus | 32 | 16 |
| September | 42 | 16 |
| Oktober | 63 | 22 |
| Nopember | 90 | 20 |
| Desember | 39 | 16 |

Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan 2008

| Bulan | Curah Hujan | Hari Hujan |
|-----------|-------------|------------|
| Januari | 27 | 14 |
| Februari | 25 | 17 |
| Maret | 44 | 19 |
| April | 68 | 24 |
| Mei | 91 | 19 |
| Juni | 96 | 16 |
| Juli | 51 | 16 |
| Agustus | 70 | 17 |
| September | 24 | 5 |
| Oktober | 47 | 13 |
| Nopember | 52 | 16 |
| Desember | 40 | 18 |

Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan 2011

| Bulan | Curah Hujan | Hari Hujan |
|-----------|-------------|------------|
| Januari | 35 | 17 |
| Februari | 29 | 8 |
| Maret | 29 | 13 |
| April | 52 | 12 |
| Mei | 52 | 9 |
| Juni | 43 | 7 |
| Juli | 26 | 9 |
| Agustus | 20 | 4 |
| September | 25 | 3 |
| Oktober | 130 | 19 |
| Nopember | 28 | 19 |
| Desember | 31 | 14 |

Curah Hujan dan Hari Hujan 2012

| Bulan | Curah Hujan | Hari Hujan |
|-----------|-------------|------------|
| Januari | 15 | 17 |
| Februari | 53 | 21 |
| Maret | 30 | 15 |
| April | 42 | 12 |
| Mei | 57 | 14 |
| Juni | 50 | 13 |
| Juli | 139 | 12 |
| Agustus | 44 | 8 |
| September | 0 | 0 |
| Oktober | 15 | 3 |
| November | 55 | 10 |
| Desember | 53 | 14 |

Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan 2015

| Bulan | Curah Hujan | Hari Hujan |
|-----------|-------------|------------|
| Januari | 28 | 19 |
| Februari | 54 | 18 |
| Maret | 39 | 4 |
| April | 45 | 20 |
| Mei | 60 | 19 |
| Juni | 238 | 17 |
| Juli | 0 | 0 |
| Agustus | 0 | 0 |
| September | 0 | 0 |
| Oktober | 0 | 0 |
| November | 0 | 0 |
| Desember | 0 | 0 |

Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan 2013

| Bulan | Curah Hujan | Hari Hujan |
|-----------|-------------|------------|
| Januari | 91 | 27 |
| Februari | 56 | 19 |
| Maret | 34 | 15 |
| April | 97 | 22 |
| Mei | 91 | 24 |
| Juni | 97 | 22 |
| Juli | 117 | 24 |
| Agustus | 37 | 12 |
| September | 19 | 3 |
| Oktober | 24 | 7 |
| November | 48 | 11 |
| Desember | 78 | 16 |

Curah Hujan dan Hari Hujan 2016

| Bulan | Curah Hujan | Hari Hujan |
|-----------|-------------|------------|
| Januari | 0 | 0 |
| Februari | 0 | 0 |
| Maret | 0 | 0 |
| April | 0 | 0 |
| Mei | 0 | 0 |
| Juni | 0 | 0 |
| Juli | 0 | 0 |
| Agustus | 0 | 0 |
| September | 0 | 0 |
| Oktober | 0 | 0 |
| November | 0 | 0 |
| Desember | 0 | 0 |

Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan 2014

| Bulan | Curah Hujan | Hari Hujan |
|-----------|-------------|------------|
| Januari | 62 | 25 |
| Februari | 23 | 10 |
| Maret | 20 | 12 |
| April | 62 | 21 |
| Mei | 151 | 16 |
| Juni | 146 | 19 |
| Juli | 80 | 13 |
| Agustus | 79 | 13 |
| September | 0 | 0 |
| Oktober | 25 | 1 |
| November | 32 | 8 |
| Desember | 27 | 20 |

Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan 2017

| Bulan | Curah Hujan | Hari Hujan |
|-----------|-------------|------------|
| Januari | 0 | 0 |
| Februari | 0 | 0 |
| Maret | 0 | 0 |
| April | 0 | 0 |
| Mei | 0 | 0 |
| Juni | 0 | 0 |
| Juli | 0 | 0 |
| Agustus | 0 | 0 |
| September | 0 | 0 |
| Oktober | 0 | 0 |
| November | 0 | 0 |
| Desember | 0 | 0 |