

SKRIPSI

PERENCANAAN PERKUATAN TEBING DENGAN BRONJONG PADA SUNGAI AIR HITAM DI DESA PAUH ANGIT KECAMATAN PANGEAN KABUPATEN KUANTAN SINGINGI

**(Studi Kasus : Sungai Air Hitam Desa Pauh Angit, Kecamatan Pangean,
Kabupaten Kuantan Singingi)**



OLEH :

HARI PANDRA
160204010

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM KUANTAN SINGINGI
TELUK KUANTAN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN
PERENCANAAN PERKUATAN TEBING DENGAN BRONJONG PADA SUNGAI AIR HITAM
DI DESA PAUH ANGIT KECAMATAN PANGEAN KABUPATEN KUANTAN SINGINGI

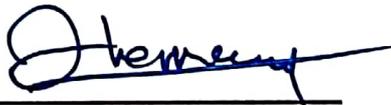
(Studi Kasus : Sungai Air Hitam Desa Pauh Angit, Kecamatan Pangean,
Kabupaten Kuantan Singingi)

Diajukan Kepada Universitas Islam Kuantan Singingi Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil

Disusun Oleh
HARI PANDRA
160204010

Telah diperiksa dan disahkan oleh :

CHITRA HERMAWAN., S.T., M.T.
Dosen Pembimbing I


Tanggal : 04 November 2022

ADE IRAWAN., S.T., M.T.
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 04 November 2022

LEMBAR TIM PENGUJI
SKRIPSI

**“PERENCANAAN PERKUATAN TEBING DENGAN BRONJONG PADA SUNGAI AIR HITAM
DI DESA PAUH ANGIT KECAMATAN PANGEAN KABUPATEN KUANTAN SINGINGI”**

**(Studi Kasus Sungai Air Hitam Desa Pauh Angit, Kecamatan Pangean,
Kabupaten Kuantan Singingi)**

Disusun Oleh :

HARI PANDRA

160204010

Telah Dipertahankan Di Depan Dosen Penguji

Pada Hari Jum'at, tanggal 04 November 2022 Pada Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Islam Kuantan Singingi

Ketua	: JASRI, S.Kom., M.Kom	: ()
Penguji I	: SURYA ADINATA, S.T., M.T.	: ()
Penguji II	: JOKO TRIYANTO, S.T., M.T.	: ()
Pembimbing I	: CHITRA HERMAWAN, S.T., M.T.	: ()
Pembimbing II	: ADE IRAWAN, S.T., M.T.	: ()

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini telah diuji didepan Dosen Penguji dan dinyatakan diterima sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Kuantan Singingi.

Pada hari : Jum'at

Tanggal : 04 November 2022

Dosen Penguji

1. JASRI, S.Kom., M.Kom

NIDN. 1001019001

2. SURYA ADINATA, S.T., M.T.

NIDN. 1005097703

3. JOKO TRIYANTO, S.T., M.T.

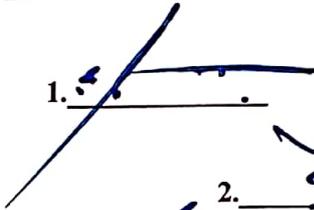
NIDN. 1007078803

4. CHITRA HERMAWAN, S.T., M.T.

NIDN. 1022068901

5. ADE IRAWAN, S.T., M.T.

NIDN. 1027117901

1. 

2. 

3. 

4. 

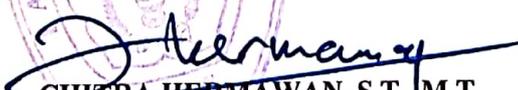
5. 

Teluk Kuantan, 04 November 2022

Dekan

Fakultas Teknik

Universitas Islam Kuantan Singingi


CHITRA HERMAWAN, S.T., M.T.
NIDN. 1022068901

Ketua

Program Studi Teknik Sipil


ADE IRAWAN, S.T., M.T.
NIDN. 1027117901

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini telah diuji didepan Dosen Penguji dan dinyatakan diterima sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Kuantan Singingi.

Pada hari : Jum'at

Tanggal : 04 November 2022

Dosen Penguji

1. JASRI, S.Kom., M.Kom

NIDN. 1001019001

2. SURYA ADINATA, S.T., M.T.

NIDN. 1005097703

3. JOKO TRIYANTO, S.T., M.T.

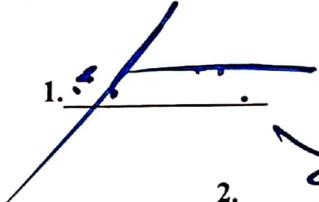
NIDN. 1007078803

4. CHITRA HERMAWAN, S.T., M.T.

NIDN. 1022068901

5. ADE IRAWAN, S.T., M.T.

NIDN. 1027117901

1. 

2. 

3. 

4. 

5. 

Teluk Kuantan, 04 November 2022

Dekan

Fakultas Teknik

Universitas Islam Kuantan Singingi


CHITRA HERMAWAN, S.T., M.T.
NIDN. 1022068901

Ketua

Program Studi Teknik Sipil


ADE IRAWAN, S.T., M.T.
NIDN. 1027117901

LEMBAR PERSETUJUAN

**“PERENCANAAN PERKUATAN TEBING DENGAN BRONJONG PADA SUNGAI AIR HITAM
DI DESA PAUH ANGIT KECAMATAN PANGEAN KABUPATEN KUANTAN SINGINGI”**

**(Studi Kasus : Sungai Air Hitam Desa Pauh Angit, Kecamatan Pangean, Kabupaten
Kuantan Singingi)**

Yang Dipersiapkan Dan Disusun Oleh

HARI PANDRA
NPM. 160104010

Skripsi ini telah disetujui untuk dilaksanakan ujian pada tanggal 04 November 2022.

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II


CHITRA HERMAWAN, S.T., M.T.
NIDN. 1022068901


ADE IRAWAN, S.T., M.T
NIDN. 1027117901

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah SAW yang mengantarkan manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang terang benderang ini. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian syarat-syarat guna mencapai gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Kuantan Singingi.

Penulis menyadari bahwa penulisan ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak baik moril maupun materil. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. orang tua, ibunda tercinta Sadeti binti Sahamin yang telah bersusah paya membesarkan, mendidik, mengarahkan, memberikan kasih sayang, memberikan dukungan baik moril maupun materil serta doa yang tiada hentihentinya kepada penulis. Semoga Allah Subhanahu Wa ta'ala selalu memberikan rahmat dan maghfiroh kepada ibunda saya, Aamiin.
2. Segenap keluarga Besar saya yang berada di tanjung Pinang, kakak, abang dan Utia Saya Naswati Binti Sahamin yang Selalu menyemangati dan mendoakan saya dalam penyelesaian skripsi ini.

3. Bapak Chitra Hermawan, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Kuantan Singingi.
4. Bapak Ade Irawan, S.T., M.T. selaku Ketua Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kuantan Singingi
5. Bapak Chitra Hermawan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah berkenan memberikan tambahan ilmu dan solusi pada setiap permasalahan atas kesulitan dalam penulisan skripsi ini.
6. Bapak Ade Irawan, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing II yang telah bersedia membimbing dan mengarahkan penulis selama menyusun skripsi dan memberikan banyak ilmu serta solusi pada setiap permasalahan atas kesulitan dalam penulisan skripsi ini.
7. Seluruh Bapak/Ibu dosen Fakultas Teknik yang telah memberikan pengetahuan yang sangat bermanfaat selama masa perkuliahan.
8. Seluruh staf dan karyawan Universitas Islam Kuantan Singingi yang telah memberikan bantuan kepada penulis.
9. Untuk sahabat-sahabat dan Teman-Teman yang tak bisa disebutkan satu persatu, yang senantiasa banyak memberikan motivasi dan doa kepada penulis.
10. Almamaterku tercinta Universitas Islam Kuantan Singingi.
11. *Last but not least, i wanna thank me, i wanna thank me for believing in me, i wanna thank me for doing all these hard work, i wanna thank me for having no days off, i wanna thank me for never quitting, i wanna thank me for always being a giver and trying to do more than i receive. I wanna thank me for trying do more right than wrong, i wanna thank me for just being me all times.*

Teluk Kuantan, 4 November 2022
Penulis

Hari Pandra, S.T.

**PERENCANAAN PERKUATAN TEBING DENGAN BRONJONG
PADA SUNGAI AIR HITAM
DI DESA PAUH ANGIT KECAMATAN PANGEAN
KABUPATEN KUANTAN SINGINGI**

Hari Pandra

Dibawah Bimbingan Chitra Hermawan dan
Ade Irawan Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Kuantan Singingi, Teluk Kuantan 2022

ABSTRAK

Sungai air hitam merupakan sungai yang melintasi beberapa desa di kecamatan pangean, salah satunya Desa Pauh Angit Kecamatan Pangean Kabupaten Kuantan Singingi Provinsi Riau. Sungai ini berada di wilayah Desa Pauh Angit Kecamatan Pangean.

Tujuan dari penelitian ini adalah perencanaan perkuatan menggunakan beronjong di Sungai air hitam Desa Pauh Angit Kecamatan Pangean Kabupaten Kuantan Singingi. Penelitian ini dilakukan dengan mencari debit sungai, debit banjir, dimensi sungai dan data hujan.

Data Hujan rancangan berbagai periode ulang 2, 5, 10, 25 tahun adalah sebesar 122.55 mm ; 137.36 mm ; 139.37 mm, Waktu yang diperlukan oleh hujan untuk mengalir dari titik terjauh (hulu) sampai ke tempat pengeluaran drainase (hilir) atau disebut dengan waktu konsentrasi selama 23 menit atau 0.38 jam. Dari hasil penelitian diperoleh nilai koefisien pengaliran (c) Rata – rata sebesar 0,233. Debit banjir berbagai periode ulang 2, 5, 10, 25 tahun adalah sebesar 1.722 m²/detik ; 1.884 m²/detik ; 1.930 m²/detik ; 1.958 m²/detik. Dimensi sungai dari hasil perhitungan periode ulang 25 tahun.

Kata Kunci : Beronjong, Debit, dimensi sungai, hujan, daerah aliran sungai.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul " *Perencanaan Perkuatan Tebing Dengan Bronjong Pada Sungai Air Hitam Di Desa Pauh Angit Kecamatan Pangean Kabupaten Kuantan Singingi* ".

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Chitra Hermawan, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing I dan Bapak Ade Irawan, S.T., M.T sebagai dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, saran, pemikiran, dan pengarahan yang bermanfaat. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada Dekan dan Staff fakultas Teknik, ketua Program Studi Teknik Sipil, Dosen, Orang tua dan rekan-rekan serta semua pihak yang telah membantu baik secara moril maupun materi. Tidak ada yang dapat penulis berikan selain mengharapkan balasan yang terbaik dari Allah SWT.

Dalam penulisan ini penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Penulis harapkan, demi kesempurnaan dalam penulisan skripsi ini sehingga dapat bermanfaat untuk untuk masa yang akan datang. Atas segala perhatiannya penulis mengucapkan terimakasih.

Teluk Kuantan, 4 november 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	0
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan <u>Umum</u>	4
2.2 Penelitian Sebelumnya	4
2.3 Landasan Teori	6
2.3.1 Sungai.....	6
2.3.1.1 Morfologi Sungai	7
2.3.1.2 Prilaku Sungai	8
2.3.1.3 Bentuk-bentuk Sungai	8
2.3.1.4 Struktur Sungai.....	9
2.3.2 Analisa Hidrologi	10
2.3.3 Hujan.....	12
2.3.3.1 Hujan Maksimum Tahunan.....	12
2.3.3.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana	12
2.3.3.3 Waktu Konsentyrasi	20
2.3.3.4 Intensitas Curah Hujan.....	21
2.3.3.5 Koefisien Pengaliran	21
2.3.3.6 Debit Banjir	22
2.3.4 Analisa Hidrolika.....	23
2.3.4.1 Brojong	23
2.3.4.2 Sifat-sifat Bronjong	24
2.3.4.3 Alasan Menggunakan Bronjong	25
2.3.4.4 Cara Membuat Bronjong Kawat.....	26
2.3.4.5 Spesifikasi Bronjong	28
2.3.4.6 Keuntungan menggunakan kawat Bronjong	28
2.3.4.7 Kekurangan menggunakan kawat Bronjong	28
2.3.4.8 Dimensi Bronjong	29
III. METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	30
3.2 Teknik Pengumpulan Data	30
3.3 Teknik Analisa Data	31

3.4	Flow Chart Penelitian	32
IV.	PEMBAHASAN DAN HASIL.....	33
4.1	Penentuan Kawasan Daerah Pengaliran	33
4.2	Kondisi Kawasan Daerah Pengaliran	34
4.3	Analisis Data Hidrologi	34
4.3.1	Curah Hujan Maksimum Tahunan.....	34
4.3.2	Analisis Frekuensi Hujan Rencana	35
4.3.2.1	Analisis Statistik	35
4.3.2.2	Uji Kecocokan (<i>Goodness of fit test</i>).....	36
4.3.2.3	Perhitungan Curah Hujan Rencana	37
4.4	Waktu Konsentrasi.....	37
4.5	Intensitas Curah Hujan	38
4.6	Analisis Debit Banjir	39
4.6.1	Koefisien Pengaliran.....	39
4.6.2	Debit Banjir	40
4.7	Dimensi Sungai.....	40
4.7.1	Kecepatan Rata-Rata Aliran	40
4.7.2	Analisis Dimensi Saluran	41
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
1	kesimpulan.....	43
2	Saran	43
	DAFTAR PUSTAKA	44
	LAMPIRAN.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.Kriteria desain hidrologi sistem drainase perkotaan.....	11
2.Faktor Frekuensi Kt Untuk Metode Normal	14
3.Variabel Standar k Untuk Log Normal	15
4.Reduced Variabel (Yt).....	16
5.Reduced mean (Yn).....	16
6.Reduced Standar Deviasi (Sn).....	16
7.Variabel Standar K Untuk Log Person III Dengan Koefisien Skewness (Cs) Positif.....	17
8.Variabel Standar K Untuk Log Person III Dengan Koefisien Skewness (Cs) Negatif	18
9.Nilai Kritis Untuk Uji Chi-Square.....	19
10. Koefisien (C) untuk Metode Rasional	22
11. Koefisien Manning	23
12. Ukuran Kawat Bronjong.....	29
13. Flow chart Penelitian	32
14. Tata Guna Lahan Kawasan Daerah Pengaliran	34
15. Data hujan maksimum tahunan stasiun pengamatan Pangean	35
16. Hitungan Statistik Hujan Maksimum	36
17. syarat parameter statistik distribusi	36
18. Hasil Uji Chi-Square	37
19. Hujan Rencana Berbagai Periode Ulang	37
20. Intensitas Hujan jam-jaman	38
21. Perhitungan Koefisien Pengaliran	39
22. Debit Banjir	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.Kondisi Tebing Sungai air hitam.....	2
2.Sistem proses pembentukan dasar sungai / morfologi sungai.....	7
3.Bentuk-bentuk sungai buatan maupun alamiah.....	8
4.Bentuk morfologi sungai dimodifikasi.....	9
5.Siklus Hidrologi.....	11
6.Kawasan Daerah Pengaliran.....	21
7.contoh pola bronjong.....	27
8.Bronjong batu.....	28
9.Lokasi Penelitian.....	30
10. Peta Kawasan Daerah Pengaliran.....	33
11. Peninjauan Lokasi Penelitian.....	46
12. Sungai Air Hitam.....	47

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar	Halaman
1. Dokumentasi Penelitian Perencanaan Perkuatan Tebing Dengan Bronjong Pada Sungai Air Hitam Di Desa Pauh Angit Kecamatan Pangean Kabupaten Kuantan Singingi	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai adalah saluran terbuka yang terbentuk secara alami di muka bumi yang mengalir menurut kondisi permukaan bumi dari mata air melewati beberapa alur sungai menuju ke danau atau laut secara dinamis. Air yang mengalir di dalam sungai akan mengakibatkan penggerusan tanah dasarnya. 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 (datum) karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai (Hoffmans and Verheij, 1997 dalam Rahmadani, 2014).

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

Proses gerusan tebing sungai dapat terjadi karena adanya perubahan morfologi sungai berupa tikungan dan pelebaran sungai akibat aliran air sungai yang mengalami kenaikan tinggi muka air. Penambahan gerusan akan terjadi dimana ada perubahan setempat dari geometri sungai seperti karakteristik tanah dasar setempat. Terjadinya gerusan tebing sungai tersebut akan menyebabkan perubahan pola aliran yang mengakibatkan terjadinya pelebaran disekitar tebing sungai tersebut.

Akibat dari kerusakan tersebut mengalami kelongsoran tebing. Proses kelongsoran terjadi akibat adanya proses gerusan yang terus menerus di dasar saluran. Pola gerusan yang terjadi sangat dipengaruhi oleh debit, kemiringan dasar sungai, dan waktu. Makin lama terjadinya limpasan air dan makin besar debit aliran, maka makin dalam dan makin panjang gerusan yang akan terjadi. Tidak hanya menimbulkan kerusakan pada tempat terjadinya gerusan, tetapi juga merusak daerah-daerah penerima hasil gerusan. Dampak gerusan tersebut membuat menipisnya lapisan permukaan tanah bagian atas yang akan menyebabkan menurunnya kemampuan lahan (degradasi lahan). Selain butiran tanah yang terangkut oleh aliran permukaan pada akhirnya akan

mengendap di sungai atau biasa disebut dengan sedimentasi yang menyebabkan pendangkalan sungai.

Banyak kasus yang terjadi di berbagai sungai mengenai kerusakantebing sungai yang diakibatkan oleh gerusan, salah satunya di Sungai Batang Kuantan yang merupakan salah satu sungai yang berada di Kecamatan Pangean Kabupaten Kuantan Singingi Provinsi Riau. Kerusakan tebing sungai yang terjadi setiap tahunnya di sungai tersebut semakin parah terutama di musim penghujan. Dengan pertimbangan diatas, maka Penulis menyusun Skripsi dengan judul

“ PERENCANAAN PERKUATAN TEBING DENGAN BRONJONG PADA SUNGAI AIR HITAM DI DESA PAUH ANGIT KECAMATAN PANGEAN KABUPATEN KUANTAN SINGINGI”.

Berdasarkan survey awal, Jalan Semenisasi masyarakat Desa Pauh Angit yang berada di dekat tepi sungai terkikis akibat gerusan, bahkan ada perumahan penduduk yang jaraknya sudah mendekati sungai. Jalan Semenisasi masyarakat yang tergerus aliran sungai dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Kondisi Tebing Sungai air hitam

(Sumber :Dokumentas Lapangan)

Hal itu disebabkan oleh adanya perubahan kecepatan aliran dan terjadinya banjir yang mengakibatkan erosi tebing dan serta memungkinkan terjadinya degradasi pada tebing sungai. Hal ini berdampak buruk bagi masyarakat, terutama yang tinggal di sekitar bantaran aliran sungai. Tingkat kerusakan tebing sungai perlu ditekan agar tidak menambah kerusakan lainnya.

Jadi dapat di asumsikan bahwa setiap titik tinjau memiliki kerusakan akibat pengaruh dari kecepatan aliran normal ataupun kecepatan aliran pada kondisi debit maksimum yang menyebabkan terjadinya gerusan pada tebing sungai secara perlahan-lahan sehingga mengakibatkan terjadinya pelebaran dimensi sungai yang berdampak pada lingkungan pemukiman sekitar, tingkat kerusakan ini dapat dikurangi dengan dibangunnya bangunan perkuatan tebing sungai yang berfungsi untuk melindungi tebing terhadap gerusan pada tebing sungai.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana bentuk dan dimensi perencanaan perkuatan tebing dengan beronjong di Sungai air hitam Desa Pauh Angit Kecamatan Pangean Kabupaten Kuantan Singingi.

1.3 Tujuan Penelitian

Dengan mengacu pada rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk perencanaan perkuatan menggunakan beronjong di Sungai air hitam Desa Pauh Angit Kecamatan Pangean Kabupaten Kuantan Singingi.

1.4 Batasan Masalah

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

1. Analisis yang dilakukan yaitu analisis hidrologi, analisis hidrolika
2. Perkuatan menggunakan beronjong untuk pengendalian gerusan di tebing Sungai Air Hitam Desa Pauh Angit Kecamatan Pangean Kabupaten Kuantan Singingi
3. Panjang penelitian Tebing Sungai yaitu 200 m yang berada di Desa Pauh Angit Kecamatan Pangean Kabupaten Kuantan Singingi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

- 1) Melindungi dan memperkuat tebing sungai
- 2) Pengendalian gerusan pada tebing sungai
- 3) Dapat menjaga tepi sungai terhadap aliran air

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Sebagian besar air hujan yang turun ke permukaan tanah, mengalir ke tempat-tempat yang lebih rendah dan setelah mengalami bermacam-macam perlawanan akibat gaya berat, akhirnya melimpah ke danau atau ke laut. Suatu alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan disebut alur sungai. Bagian yang senantiasa tersentuh aliran air ini disebut alur sungai. Dan perpaduan antara alur sungai dan aliran air di dalamnya disebut sungai. (*Sosrodarsono, 1984 : 1*) Sungai adalah suatu saluran drainase yang terbentuk secara alamiah. Akan tetapi di samping fungsinya sebagai saluran drainase dan dengan adanya air yang mengalir di dalamnya, sungai menggerus tanah dasarnya secara terus-menerus sepanjang masa existensinya dan terbentuklah lembah-lembah sungai. Volume sedimen yang sangat besar yang dihasilkan dari keruntuhan tebing-tebing sungai di daerah pegunungan dan tertimbun di dasar sungai tersebut, terangkut ke hilir oleh aliran sungai. Hal ini diakibatkan karena pada daerah pegunungan kemiringan sungainya curam dan gaya tarik aliran airnya cukup besar, setelah itu gaya tariknya menjadi sangat menurun ketika mencapai dataran. Dengan demikian beban yang terdapat dalam arus sungai berangsur-angsur diendapkan. (*Sosrodarsono, 1984:4*)

2.2 Penelitian Sebelumnya

Dalam penelitian ini adapun tinjauan pustaka yang penulis padukan sebagai pedoman adalah sebagai berikut:

1. Muhammad R Dan Andi i

Dengan judul "Perencanaan Perkuatan Tebing Di sungai Jenelata Kabupaten Gowa"

Analisa yang dilakukan meliputi analisa curah hujan rencana, debit banjir rencana, profil muka air banjir, desain ukuran bronjong dan stabilitas bronjong. Desain ukuran bronjong yang digunakan adalah bronjong kode C dengan dimensi 4 x 1 x 1 (m). Hasil perhitungan stabilitas terhadap guling diperoleh $2,20 > 1,5$ (aman). Hasil perhitungan stabilitas terhadap geser diperoleh $1,58 > 1,5$ (aman). Berdasarkan hasil analisis, menunjukkan bahwa struktur desain konstruksi bronjong aman terhadap gaya

guling dan gaya geser. Peletakan bangunan bronjong pada tebing di bagian hilir sungai Jenelata sepanjang 100 meter.

2. Elshinta A. Benyamin, I Made Udiana dan Sudiyo Utomo

Dengan judul “Perkuatan tebing menggunakan bronjong sungai manikin” Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir dengan kala ulang 50 tahun yang didapat, maka dihitung stabilitas kekuatan krib bronjong terhadap debit yang terjadi, dan diadakan analisis kontrol terhadap stabilitas krib bronjong pada potongan I-I diperoleh momen tahan sebesar 67,100 ton meter dan momen guling 8,487 ton meter, besarnya gaya vertikal = 37,400 ton dan gaya horizontal = 5,004 ton. Pada potongan II-II diperoleh momen tahan sebesar 62,700 ton meter dan momen guling 8,926 ton meter. Besarnya gaya vertikal = 35,200 ton dan gaya horizontal = 5,579 ton. Pada potongan IIIII diperoleh momen tahan sebesar 50,325 ton meter dan momen guling 12,621 ton meter. Besarnya gaya vertikal = 29,700 ton dan gaya horizontal = 5,513 ton.

3. Irwan kurniawan Dan maslan agus

Dengan Judul ”Desain Bronjong Untuk Perkuatan Tebing Pada Hilir Jembatan Moncongloe di Sungai Jenelata Kabupaten Gowa” Tingkat kerusakan tebing sungai perlu ditekan agar tidak menambah kerusakan lainnya. Penelitian ini dilakukan langsung di lapangan, dengan pengambilan data difokuskan pada 4 titik jarak 100m. Hasil perhitungan debit dan kecepatan aliran dapat disimpulkan bahwa Debit maksimum (Q_{max}) : 1995,14 m³/dtk > dari Debit normal (Q_n) : 23,98 m³/dtk, dan nilai rata-rata kecepatan aliran (V_{max}) : 2,81 m/dtk > dari (V_n) : 0,77 m/dtk, maka dapat di simpulkan bahwa pada debit (Q_{max}) dan kecepatan aliran (V_{max}) maksimum dapat menimbulkan terjadinya gerusan pada tebing sungai. Kata kunci : Kecepatan Aliran, Erosi Tebing, Desain Perkuatan Tebing.

4. Penddy Arisandy, A. Agus Santosa dan Eri Andrian Yudianto

Dengan Judul “ Studi Perencanaan stabilitas lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah tipe bronjong pada lereng jalan kemuning lor kecamatan arjasa kabupaten jember” Perhitungan analisis stabilitas lereng yang digunakan adalah metode BISHOP sedangkan software yang digunakan untuk perhitungan menggunakan software Microsoft Excel. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai faktor keamanan lereng sebelum terjadinya longsor adalah 1,4 dan sesudah

terjadinya longsor menjadi 1,2 dimana hal itu menunjukkan bahwa lereng tersebut rawan terjadinya longsor. Kemungkinan lereng ini tidak 100% tanah, dimungkinkan terdiri dari tanah, batu, pasir, dan gravel tapi lebih banyak lempungnya. Setelah dilakukan perencanaan perkuatan dengan tinggi lereng 24 meter lebar 20 sehingga diperoleh nilai SF (Safety Factor) yang memenuhi standar. Gabion diperoleh nilai SFguling sebesar $4,137 > 2$ (aman), SFgeser sebesar $3,054 > 1,5$ (aman), SFkeruntuhan sebesar $164,694 \text{ kN/m}^2$, dengan nilai q_a sebesar $5626,728 \text{ kN/m}^2$, jadi $164,694 \text{ kN/m}^2 < 5626,728 \text{ kN/m}^2$ (aman). Dan gaya gesek antar bronjong adalah 1825 dengan nilai P sebesar 888,47, jadi $888,47 \text{ KN} < 1825 \text{ KN}$.

2.3 Landasan Teori

2.3.1 Sungai

Air hujan yang turun ke permukaan tanah sebagian besar mengalir ke tempat-tempat yang lebih rendah hingga akhirnya melimpah ke danau atau laut setelah mengalami bermacam-macam perlawanan akibat gaya berat. Alur sungai adalah suatu alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air dan berasal dari hujan. bagian yang senantiasa tersentuh aliran air ini di sebut alur sungai. Dan perpaduan antara alur sungai dan aliran air di dalamnya di sebut sungai (Suyono Sosrodarsono, 2008).

Defenisi di atas merupakan defenisi sungai yang alami, sedangkan menurut undang-undang tentang peraturan pemerintah RI Nomor 35 Tahun 1991 tentang sungai yaitu dalam peraturan pemerintah pasal 1 ayat 1 ini yang di maksud dengan sungai adalah suatu tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan di batasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan. Sungai atau saluran terbuka menurut Bambang Triatmodjo (1993) merupakan saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), variabel aliran sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit dan sebagainya.

Sedangkan undang-undang persungai jepang menjelaskan mengenai daerah sungai sebagai berikut (Suyono Sosrodarsono, 2008):

- 1) Suatu daerah yang tofografisnya, keadaan tanamannya dan keadaan lainnya mirip dengan daerah yang didalamnya terdapat air yang mengalir secara terus-menerus termasuk tanggul sungai, tetapi tidak termasuk bagian daerah yang

hanya secara sementara memenuhi keadaan tersebut diatas, yang disebabkan oleh banjir atau peristiwa alam lainnya.

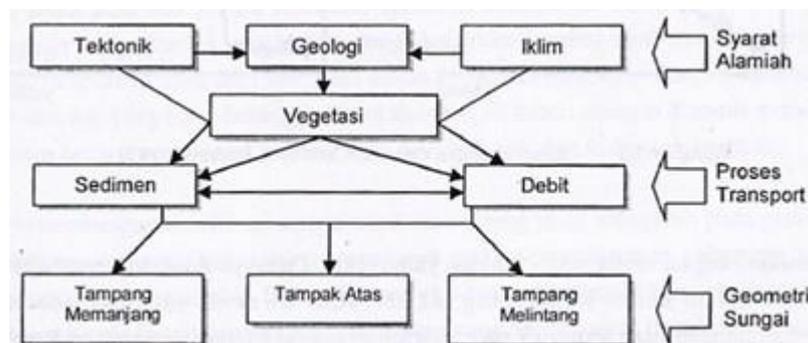
- 2) Suatu daerah yang didalamnya terdapat air yang mengalir secara terus menerus

2.3.1.2 Morfologi Sungai

Morfologi sungai merupakan hal menyangkut tentang geometri (bentuk atau ukuran), jenis, sifat, dan perilaku sungai dengan segala aspek perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu, dengan demikian menyangkut sifat dinamik sungai dan lingkungannya yang saling berkaitan (Sidharta S.K. 1997).

Faktor dominan yang mempengaruhi terhadap pembentukan permukaan bumi adalah aliran air, termaksud didalamnya sungai permukaan. Aliran air ini melintasi permukaan bumi dan membentuk aliran sungai dan morfologi sungai tertentu. Morfologi sungai tersebut menggambarkan keterpaduan antara karakteristik abiotik (fisik – hidrologi, hidrolika, sedimen, dan lain-lain) dan karakteristik biotik (biologi atau ekologi – flora dan fauna) daerah yang dilaluinya.

Mangelsdorf & Scheurmann (1980) dalam Agus Maryono 2009 mengusulkan empat faktor utama yang berpengaruh terhadap pembentukan alur morfologi sungai selain sosia-antropogenetik, yaitu tektonik, geologi, iklim, dan vegetasi. Hubungan antara faktor-faktor tersebut di sajikan pada grafik di bawah ini. Proses tektonik, adanya geografi tanah dan batuan, perubahan iklim, serta vegetasi merupakan syarat awal terjadinya alur Morfologi sungai.



Gambar 2.1 Sistem proses pembentukan dasar sungai / morfologi sungai (Mangelsdorf & Scheurmann, 1980 dalam Agus Maryono.2009)

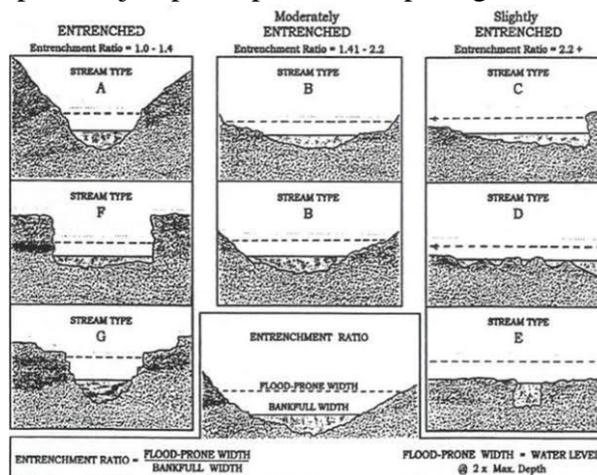
2.3.1.2 Perilaku Sungai

Sungai adalah suatu saluran drainase yang terbentuk secara alamiah dan sumber utamanya berasal dari alam. Akan tetapi di samping fungsinya sebagai saluran drainase dan dengan adanya air yang mengalir didalamnya, terbentuk lembah-lembah sungai yang dapat menggerus tanah dasarnya secara terus-menerus sepanjang masa eksistensinya (Suyono Sosrodarsono, dkk, 2008). Volume sedimen yang sangat besar yang dihasilkan dari keruntuhan tebing. Tebing sungai di daerah pegunungan kemiringan sungainya curam, gaya tarik aliran airnya cukup besar. Tetapi setelah aliran sungai mencapai dataran, maka gaya tariknya sangat menurun. Dengan demikian beban yang terdapat dalam arsn sungai berangsur-angsur diendapkan. Karena itu ukuran butir sedimen yang mengendap di bagian hulu, sungai itu lebih besar dari pada di bagian hilir (Sidharta S.K. 1997).

Terjadinya perubahan kemiringan yang mendadak pada saat alursungai ke luar dari daerah pegunungan yang curam dan memasuki dataran yang lebih landai, maka pada lokasi ini terjadi proses pengendapan yang sangat intensif yang menyebabkan mudah berpindahnya alur sungai dan berbentuk apa yang di sebut kipas pengendapan. Pada lokasi tersebut sunagibertambah lebar dan dangkal, erosi dasar sungai tidak lagi dapat terjadi, bahkan sebaliknya terjadi pengendapan yang sangat intensif. Dasar sungai secara terus-menerus naik, dan sedimen yang hanyut terbawa arus banjir, bersama dengan luapan air banjir tersebar dan mengendap secara luas membentuk alluvial. Pada daerah dataran yang rata alur sungai tidak stabil dan apabila sungai mulai membelok, maka terjadilah erosi pada tebing belokan luar yang berlansung sangat intensif sehingga membentuk meander.

2.3.1.3 Bentuk-Bentuk Sungai

Bentuk-Bentuk sungai menurut bambang hardianto (2014) baik buatan maupun alamia yang dapat kita jumpai, diperlihatkan pada gambar berikut.

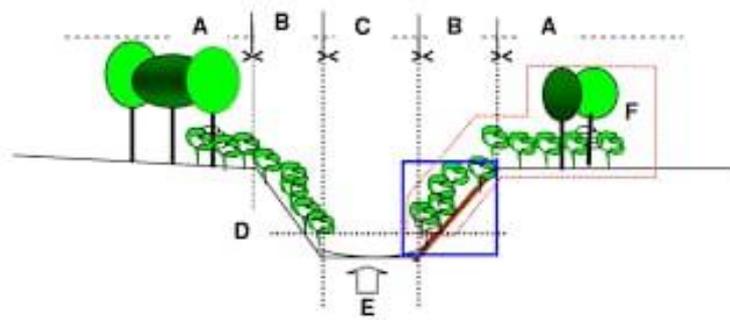


Gambar 2.2 Bentuk-bentuk sungai buatan maupun alamiah a) segi empat, b)segi tiga, c) setengah elipse, d) tak beraturan, e) persegi panjang, f) trapesium,g)lingkaran,h)setengahlingkaran

(<http://teknikmesinunisma.blogspot.com/2015/05/>)

2.3.1.3 Struktur Sungai

Menurut Forman dan Gordon (1983) dalam Agus Maryono (2009), morfologi sungai pada hakekatnya merupakan bentuk luar, yang secara rinci di gambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.3 Bentuk morfologi sungai dimodifikasi (<http://4.bp.blogspot.com>)

Keterangan :

- A = Bantaran Sungai
- B = Tebing/Jering Sungai
- C = Badan Sungai
- D = Batas Tinggi Air Semu
- E = Dasar Sungai
- F = Vegetasi Riparian

Lebih Jauh Forman (1983) dalam agus maryono (2009) menyebutkan bahwa bagian dari bentuk luar sungai secara rinci dapat dipelajari melalui bagian-bagian dari sungai, yang di sebut dengan istilah struktur sungai. Struktur sungai dapat

dilihat dari tepian aliran sungai (tanggul sungai), alur bantaran, bantaran sungai dan tebing sungai, yang secara rinci diuraikan sebagai berikut :

1) Alur dan Tanggul Sungai

Alur sungai adalah bagian dari muka bumi yang selalu berisi air yang mengalir yang bersumber dari aliran limpasan, aliran *sub surface run-off*, mata air di bawah tanah (*base flow*).

2) Dasar dan gradien sungai

Dasar sungai sangat bervariasi dan sering mencerminkan batuan dasar yang keras. Jarang di temukan bagian yang rata, kadangkala bentuknya bergelombang, landai atau dari bentuk keduanya sering terendapkan material yang terbawa oleh aliran sungai (endapan lumpur), tebal tipisnya dasar sungai sangat di pengaruhi oleh batuan dasarnya.

3) Bantaran sungai

Bantaran sungai merupakan bagian dari struktur sungai yang sangat rawan. Terletak antara badan sungai dengan tanggul sungai, mulai dari tebing sungai hingga bagian yang datar. Peranan fungsinya cukup efektif sebagai penyaring (*filter nutrient*), menghambat aliran permukaan dan pengendali besaran laju erosi. Bantaran sungai merupakan habitat tetumbuhan yang spesifik (*vegetasi riparian*), yaitu tumbuhan yang komunitasnya tertentu mampu mengendalikan air pada saat musim penghujan dan kemarau.

4) Tebing sungai

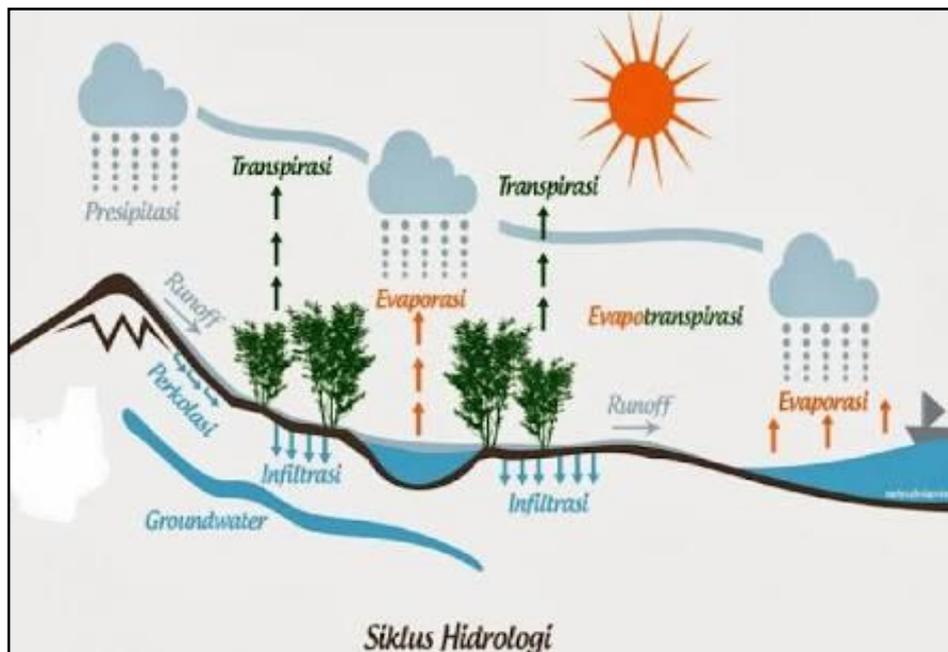
Bentang alam yang menghubungkan antara dasar sungai dengan tanggul sungai disebut dengan "tebing sungai". Tebing sungai umumnya membentuk lereng atau sudut lereng, yang tergantung dari medannya. Semakin terjal akan semakin besar sudut lereng yang terbentuk. Tebing sungai merupakan habitat dari komunitas vegetasi riparian, kadangkala sangat rawan longsor karena batuan dasarnya sering berbentuk cadas.

2.3.2 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi merupakan suatu analisa awal dalam menangani penanggulangan banjir dan perencanaan system drainase untuk mengetahui besarnya debit yang akan dialirkan sehingga dapat ditentukan dimensi saluran drainase. Besarnya debit yang dipakai sebagai dasar perencanaan dalam penanggulangan banjir adalah debit rancangan

yang didapat dari penjumlahan debit hujan rencana pada periode ulang tertentu dengan debit air buangan dari daerah tersebut.

Hidrologi terdiri dari serangkaian proses yang terjadi dengan air yang terdiri dari penguapan, presipitasi, infiltrasi dan pengaliran keluar (*out flow*). Berikut adalah gambaran dari siklus hidrologi :



Gambar 3.7 Siklus Hidrologi
(Sumber : Wesli, 2008)

Kala ulang yang digunakan untuk desain hidrologi sistem drainase perkotaan berpedoman pada standar yang telah ditetapkan, seperti terlihat pada table 3.1 berikut ini.

Table 3.1 Kriteria desain hidrologi sistem drainase perkotaan

Luas DAS (Ha)	Kala Ulang (tahun)	Metode perhitungan debit banjir
< 10	2	Rasional
10-100	2-5	Rasional
100-500	5-20	Rasional
>500	10-25	Hidrograf satuan

(Sumber : Suripin, 2004)

2.3.3 Hujan

2.3.3.1 Hujan Maksimum Tahunan

Cara yang dipakai dalam menghitung hujan maksimum tahunan adalah dengan menganalisa, mengamati dan mengolah data curah hujan dari stasiun curah hujan yang ada dan mengkonversikannya ke *hujan maksimum tahunan* dengan cara memilih curah hujan tertinggi di suatu tahun tertentu, di penelitian ini peneliti mengambil data curah hujan di stasiun pengamatan Pangean.

2.3.3.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Dalam perhitungan curah hujan rancangan ini digunakan analisa frekuensi. “Suripin (2003) Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan” Frekuensi adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampau. Sebaliknya kala ulang (*return*) periode dalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampau.

Untuk dapat memperoleh perkiraan hujan/debit rancangan diperlukan jenis distribusi yang sesuai dengan sifat statistik data. Untuk keperluan tersebut diperlukan pengujian statistik tertentu, misalnya dengan membandingkan fungsi distribusi data (*empirical distribution function*) dengan fungsi distribusi teoritik (*theoretical probability distribution function*) dan pengujian dengan chi kuadrat (Sri Harto, 2000).

Sebagai salah satu cara untuk memperkirakan besaran hujan/debit rancangan dengan kala ulang tertentu, analisis frekuensi dilakukan melalui pendekatan statistik.

1. Parameter statistik

Parameter statistik digunakan sebagai dasar dalam menentukan distribusi probabilitas teoritik yang cocok terhadap data yang ada.

$$\text{Rerata} \quad : \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\text{Simpangan baku} \quad : S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)} \right]^{0.5}$$

$$\text{Koefisien asimetri (skewness)} : C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

$$\text{Koefisien variasi} : C_v = \frac{S}{\bar{x}}$$

$$\text{Koefisien kurtosis} : C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

dengan :

x : variat,

\bar{x} : rerata,

S : simpangan baku,

C_s : koefisien asimetri,

C_v : koefisien variasi,

C_k : koefisien kurtosis, dan

n : jumlah data.

2. Distribusi probabilitas

Distribusi probabilitas yang sering dipakai dalam analisis hidrologi yaitu distribusi Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Person III. Fungsi kerapatan kemungkinan (*probability density function*) keempat distribusi tersebut dijelaskan seperti berikut ini (Sri Harto, 1993).

a. Distribusi Normal

Distribusi Normal memiliki ciri khas $C_s \approx 0$ dan $C_k \approx 3$

$$X_t = \bar{X} + k.Sx$$

dengan :

X_t : Curah hujan rencana (mm/hari),

\bar{X} : Curah hujan maksimum rata-rata (mm/hari),

k : Faktor frekuensi, dan

Sx : Standar deviasi.

Tabel 3.2 Faktor Frekuensi Kt Untuk Metode Normal

No	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	Kt
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,01	0,99	-2,33
4	1,05	0,95	-1,64
5	1,11	0,9	-1,28
6	1,25	0,8	-0,84
7	1,33	0,75	-0,67
8	1,43	0,7	-0,52
9	1,67	0,6	-0,25
10	2	0,5	0
11	2,5	0,4	0,25
12	3,33	0,3	0,52
13	4	0,25	0,67
14	5	0,2	0,84
15	10	0,1	1,28
16	20	0,05	1,64
17	50	0,02	2,05
18	100	0,01	2,33
19	200	0,005	2,58
20	500	0,002	2,88
21	1.000	0,001	3,09

(Sumber : Suripin,2004)

b. Distribusi Log Normal

Ciri khas distribusi Log Normal adalah $C_s \approx 3C_v$ dan $C_s > 0$

$$X_T = \bar{X} + K_T S$$

dengan :

X_T : besaran dengan kala ulang T tahun,

\bar{X} : rerata,

K_T : faktor frekuensi, dan

S : simpangan baku.

Nilai standar variabel k untuk metode distribusi log normal dapat dilihat pada tabel ketentuan sesuai dengan nilai koefisien variasi (Cv). Nilai standar variabel k dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.3 Variabel Standar k Untuk Log Normal

Koefisien Variasi (Cv)	Peluang Kumulatif P (%)					
	50	80	90	95	98	99
	Periode Ulang (Tahun)					
	2	5	10	20	50	100
0,0500	-0,0250	0,8334	1,2965	1,6863	2,1341	2,4570
0,1000	-0,0496	0,8222	1,3078	1,7247	2,2130	2,5489
0,1500	-0,0738	0,8085	1,3156	1,7598	2,2899	2,2607
0,2000	-0,0971	0,7926	1,3200	1,7911	2,3640	2,7761
0,2500	-0,1194	0,7746	1,3209	1,8183	2,4318	2,8805
0,3000	-0,1406	0,7646	1,3183	1,8414	2,5015	2,9866
0,3500	-0,1604	0,7333	1,3126	1,8602	2,5638	3,0890
0,4	-0,1788	0,7100	1,3037	1,8746	2,6212	3,1870
0,4500	-0,1957	0,6870	1,2920	1,8848	2,6731	3,2799
0,5000	-0,2111	0,6626	1,2778	1,8909	2,7201	3,3673
0,5500	-0,2251	0,6379	1,2613	1,8931	2,7613	3,4488
0,6000	-0,2375	0,6129	1,2428	1,8915	2,7971	3,5211
0,6500	-0,2485	0,5879	1,2226	1,8866	2,8279	3,3930
0,7000	-0,2582	0,5631	1,2011	1,8786	2,8532	3,3663
0,7500	-0,2667	0,5387	1,1784	1,8677	2,8735	3,7118
0,8000	-0,2739	0,5118	1,1548	1,8543	2,8891	3,7617
0,8500	-0,2801	0,4914	1,1306	1,8388	2,9002	3,8056
0,9000	-0,2852	0,4686	1,1060	1,8212	2,9071	3,8137
0,9500	-0,2895	0,4466	1,0810	1,8021	2,9103	3,8762
1,0000	-0,2929	0,4254	1,0560	1,7815	2,9098	3,9035

(Sumber : Soemarto,1999)

c. Distribusi Gumbel

Ciri khas distribusi Gumbel adalah $C_s = 1.1396$ dan $C_k = 5.4002$.

$$X_T = \bar{X} + \frac{Sn(Y - Y_n)}{\sigma_n}$$

dengan :

Y_t : reduced variate,

Y_n : mean dari reduced variate,

σ_n : simpangan baku dari reduced variate, dan

n : jumlah data.

Untuk mengetahui nilai *reduced variabel* (Yt), *reduced mean* (Yn), dan *reduced Standar deviasi* (Sn) untuk metode Gumbel dapat dilihat pada tabel ketentuan, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.4 Reduced Variabel (Yt)

Periode Ulang	Reduced Variate
2	0,3665
5	1,5004
10	2,2510
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
100	4,6012
200	5,2969
500	62.149
1.000	6,9087
5.000	8,5188
10.000	9,2121

(Sumber : Suripin,2004)

Tabel 3.5 Reduced mean (Yn)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5225	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5402	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,5432
40	0,5436	0,5422	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5519	0,5518
60	0,5521	0,5534	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5552	0,5555	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5595	0,5598	0,5599
100	0,5600									

(Sumber : Soewarno,1995)

Tabel 3.6 Reduced Standar Deviasi (Sn)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	0,0696	1,0696	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
30	1,1124	1,1159	1,1159	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1436	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1623	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1759	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1859	1,1863	1,1863	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1945	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

(Sumber : Soewarno,1995)

d. Distribusi Log Person III

$$X_T = \bar{X} + K_T S$$

dengan :

X_T : besaran dengan kala ulang T tahun,

\bar{X} : rerata,

K_T : faktor frekwensi, dan

S : simpangan baku.

Tabel 3.7 Variabel Standar K Untuk Log Person III Dengan Koefisien Skewness (Cs) Positif

Kemencengan (Cs)	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	20	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,360	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,853	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,362	2,576	3,090

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 3.8 Variabel Standar K Untuk Log Person III Dengan Koefisien Skewness (Cs) Negatif

Kemencengan (Cs)	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,545	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,095	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

(Sumber : Suripin,2004)

3. Uji Kecocokan (*Goodness of fit test*)

Dibutuhkan penguji parameter untuk mengkaji kecocokan (*Goodness of fit test*) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah *Chi-Kuadrat* dan *Smirnov-Kolmogorov*.

- Uji Chi-Kuadrat

Menurut Danapriatna dan Setiawan (2005), pada dasarnya uji ini merupakan pengecekan terhadap penyimpangan rerata data yang dianalisis berdasarkan distribusi yang terpilih. Penyimpangan tersebut diukur dari perbedaan antara nilai probabilitas setiap varian X menurut hitungan distribusi frekuensi teoritik (diharapkan) dan menurut hitungan pendekatan empiris. Teknik pengujiannya yaitu menguji apakah ada perbedaan yang nyata antara data yang diamati dengan data berdasarkan hipotesis nol (H_0).

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistic sampel data yang dianalisis. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$X^2 = \sum_{i=1}^k + \left[\frac{(Ef - Of)^2}{Ef} \right]$$

Dimana : X^2 = Parameter Chi-Kuadrat terhitung

Ef = Frekuensi yang diharapkan untuk kelas i

Of = Frekuensi terbaca pada kelas i

k = Jumlah kelas

Syarat uji Chi-Kuadrat adalah senilai $X^2 < X^2_{\text{Kritik}}$ yang besarnya tergantung pada derajat kebebasan (DK) dan derajat nyata (α). Pada analisis frekuensi umumnya digunakan nilai $\alpha = 5\%$, sedangkan DK didapat dengan rumus :

$$DK = K - (P+1)$$

Dengan : DK = Derajat kebiasaan

K = Jumlah kelas

P = Jumlah parameter distribusi terpilih

Tabel 3.9 Nilai Kritis Untuk Uji Chi-Square

DK	Taraf Signifikansi					
	50%	30%	20%	10%	5%	1%
1	0,455	1.074	1.642	2.706	3.481	6.635
2	0,139	2.408	3.219	3.605	5.591	9.210
3	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	11.341
4	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	13.277
5	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	15.086
6	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	16.812
7	6.346	8.383	9.803	12.017	14.017	18.475
8	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	20.090
9	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	21.666
10	9.342	11.781	13.442	15.987	18.307	23.209
11	10.341	12.899	14.631	17.275	19.675	24.725
12	11.340	14.011	15.812	18.549	21.026	26.217

DK	Taraf Signifikansi					
	50%	30%	20%	10%	5%	1%
13	12.340	15,19	16.985	19.812	22.368	27.688
14	13.332	16.222	18.151	21.064	23.685	29.141
15	14.339	17.322	19.311	22.307	24.996	30.578
16	15.338	18.418	20.465	23.542	26.296	32.000
17	16.337	19.511	21.615	24.785	27.587	33.409
18	17.338	20.601	22.760	26.028	28.869	34.805
19	18.338	21.689	23.900	27.271	30.144	36.191
20	19.337	22.775	25.038	28.514	31.410	37.566
21	20.337	23.858	26.171	29.615	32.671	38.932
22	21.337	24.939	27.301	30.813	33.924	40.289
23	22.337	26.018	28.429	32.007	35.172	41.638
24	23.337	27.096	29.553	33.194	35.415	42.980
25	24.337	28.172	30.675	34.382	37.652	44.314
26	25.336	29.246	31.795	35.563	38.885	45.642
27	26.336	30.319	32.912	36.741	40.113	46.963
28	27.336	31.391	34.027	37.916	41.337	48.278
29	28.336	32.461	35.139	39.087	42.557	49.588
30	29.336	33.530	36.250	40.256	43.775	50.892

(Sumber : Soewarno,1991)

• Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji ini dilakukan dengan mencari nilai selisih probabilitas tiap varian X menurut distribusi teoritik, yaitu Δ_i . Nilai Δ_i terbesar harus $< \Delta_i$ kritik yang besarnya ditetapkan berdasarkan jumlah data dan derajat nyata α . Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{m}{n+1}100\%$$

Dimana : P = Probabilitas (%)

m = Nomor urut dari data yang telah diurutkan

n = Banyaknya data

2.3.3.3 Waktu Konsentrasi

Menurut Wesli (2008; 35) pengertian waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran. Waktu

konsentrasi (t_c) dihitung dengan menggunakan rumus Kirpich (1940) pada Persamaan $t_c = (3,97 \cdot L^{0,77}) \cdot (S^{-0,385})$,

Dimana:

t_c = Waktu Konsentrasi (Jam)

S = Kemiringan lahan

L = Panjang lintasan aliran dipermukaan lahan (m)

2.3.3.4 Intensitas Curah Hujan

Dalam perencanaan ini penulis menggunakan metode *Mononobe*, karena metode ini lebih terarah dengan adanya ketersediaan bahan. Adapun rumusnya adalah:

$$I = R/24 (24/t)^{0,67}$$

Dimana:

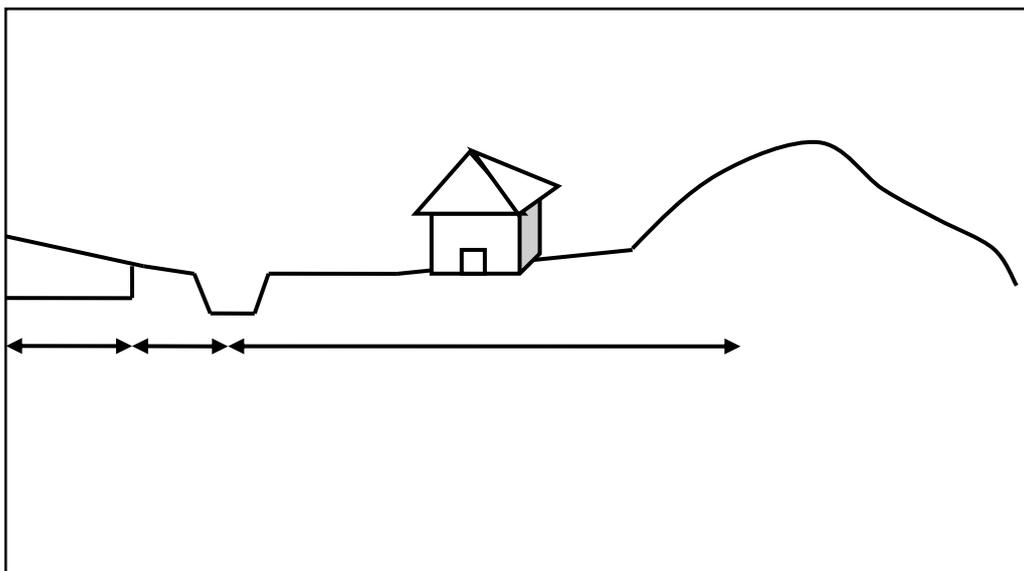
R_{24} = tinggi hujan maksimum dalam 24 jam dalam mm

t = lama waktu konsentrasi dalam jam

I = intensitas hujan dalam mm/jam

2.3.3.5 Koefisien Pengaliran

Berdasarkan tata cara perencanaan drainase *SNI-03-3424-1994*, luas daerah pengaliran batas-batasnya tergantung dari daerah pembebasan dan daerah sekelilingnya ditetapkan seperti pada Gambar berikut :



Gambar 3.8 Kawasan Daerah Pengaliran

Dimana:

L_1 = Dari As jalan sampai ke tepi perkerasan

L2 = Dari tepi perkerasan sampai tepi bahu

L3 = Tergantung keadaan setempat

L = L1 + L2 + L3

Tabel 3.10 Koefisien (C) untuk Metode Rasional

Type Area	Koefisien, C
Pegunungan yang curam	0,75 – 0,90
Tanah yang bergelombang & hutan	0,50 – 0,75
Dataran yang ditanami	0,45 – 0,60
Atap yang tidak tembus air	0,75 – 0,90
Perkerasan aspal, beton	0,80 – 0,90
Tanah padat sulit diresapi	0,40 – 0,55
Tanah agak mudah diresapi	0,05 – 0,35
Taman/Lapangan terbuka	0,05 – 0,25
Kebun	0,05 – 0,20
Perumahan tidak begitu rapat (20 rumah/ha)	0,25 – 0,40
Perumahan kerapatan sedang (21-60 rumah/ha)	0,40 – 0,70
Perumahan rapat (61-160 rumah/ha)	0,70 – 0,80
Daerah rekreasi	0,20 – 0,30
Daerah industri	0,80 – 0,90
Daerah perniagaan	0,90 – 0,95

(Sumber : Halim Hasmar,2002)

2.3.2.6 Debit Banjir

Ada banyak cara yang bisa dilakukan dalam perhitungan banjir rancangan, antara lain dengan metode Rasional. Ide yang melatar belakangi metode Rasional ini adalah jika curah hujan dengan intensitas I terjadi secara terus-menerus, maka laju limpasan langsung akan bertambah sampai mencapai waktu konsentrasi t_c (Chow,1988).

$$Q = 0,278 CIA$$

Dimana:

Q = Debit banjir maksimum (m^3/dt)

C = Koefisien pengaliran/limpasan

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

A = Luasan daerah pengaliran (Km^2)

2.3.4 Analisa Hidrolika

Perencanaan saluran drainase harus berdasarkan pertimbangan kapasitas tampungan saluran yang ada baik tinjauan hidrolis maupun elevasi kondisi

lapangan. Tinjauan hidrolis dimaksudkan untuk melakukan elevasi kapasitas tampungan saluran debit banjir ulang 5 tahun, sedangkan kondisi di lapangan adalah didasarkan pengamatan secara langsung di lapangan untuk mengetahui apakah saluran yang ada mampu atau tidak untuk mengalirkan air secara langsung pada saat hujan. Rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi saluran menggunakan rumus Manning :

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

Dimana :

V = kecepatan rata-rata (m/dt)

n = koefisien Manning

R = jari-jari hidrolis

S = kemiringan dari muka air atau *gradient energy* dari dasar saluran.

Tabel 3.11 Koefisien Manning

Bahan	n
Besi tulang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran Beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

(sumber : Tata cara perencanaan sistem drainase perkotaan, no.12/prt/M/2014)

2.3.4.1 Bronjong

Bangunan bronjong adalah struktur yang tidak kaku, oleh karena itu bronjong dapat menahan gerakan baik vertikal maupun horizontal dan apabila runtuh masih bisa dimanfaatkan lagi. Selain itu bronjong mempunyai sifat yang lolos terhadap air, sehingga air dapat terus lewat sementara pergerakan tanah dapat ditahan oleh bronjong. Bronjong pada umumnya dipasang pada kaki lereng, biasanya berfungsi sebagai penahan longsoran, dapat juga berfungsi mencegah penggerusan atau erosi tanah. Keberhasilan penggunaan bronjong sangat tergantung dari kemampuan bangunan ini untuk menahan geseran pada tanah di bawah alasnya. Oleh karena itu, bronjong harus diletakkan pada lapisan yang

mantap dengan kuat geser besar di bawah bidang gelincir. (Bina Marga, 1986).

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

Bronjong merupakan suatu anyaman kawat yang diisi batu, konstruksinya sangat sederhana dan sifatnya tidak kaku malia sering digunakan dilokasi yang tanahnya yang belum stabil, seperti pelindung dinding penahan tanah pada tebing sungai.

Bronjong kawat dianyam dengan dua cara :

- a. Dianyam dengan cara tellaga ma,nusia
- b. Dianyam dengan buatan pabrik

Untuk memperoleh kualitas bronjong yang baik ,diperlukan pengawasan yang tinggi terhadap factor-faktor yang mempengaruhinya seperti pengadaan kawat bronjong dan kawat pengikat .kualitas anyaman dan kualitas pelaksana yang mengerjakan, Untuk k bronjong kawat buatan pabrik, kualitas bronjorig biasanya sudah dibuat standarisasi berdasarkan SNI (standarisasi Nasional Indonesia)

2.3.4.2 Sifat-sifat bronjong

- a. Tidak kaku

Bentuk bangunan bronjong mengikuti tanah dibaawahnya sehingga apabila terjadi penurunan atau penggesaran tanah dibawahnya, konstruksi bronjong mudah menyesuaikan diri dengan perubahan bentuk kedudukanya

- b. Lolos Air

Karena isi bronjong dibuat padat dan rapat diantara isian batu masih terdapat rongga sehingga air masih bias lolos.

- c. Daya tahan terhadap gesekan kurang kuat

Tidak dapat men,rhan benturan-benturan atau gesekan-gesekan benda keras.

- d. Diperhkan lapisan pelindung apabila dipergunakan pada daerah pantai

Yang berkadar asam tinggi

Bronjong kawat yang tidak dilapisi dengan lapisan pelindung tidak cocok

untuk digunakan bagi pekerjaan-pekerjaan yang terletak di daerah pantai yang mengandung garam karena akan cepat berkarat dan anyamannya cepat rusak.

Untuk pekerjaan-pekerjaan di tepi laut, kawat bronjong harus diberi "lapisan pelindung" berupa campuran aspal cair dengan pasir, atau diberi isolasi plastic atau dari bahan galvanis tahan karat. Yaug spesial berlapis PVC (Polyviuly clrloride) serebal 0,4 - 0,6 mm

Ciri-ciri khusu bronjong.

- a. Tidak boleh kedap air.
- b. konstmkxi akan mudah berubah bentuk.
- c. memerlukan pemeliharaan yang terus menerus
- d. pelaksanaar pekerjaan dapat dilakukan dengan cepat.

2.3.4.3 Alasan Menggunakan Bronjong

- a. Untuk penanggulangan darurat

Untuk pekerjaan - pekerjaan yang harus dapat dilaksanakan dalam waktu yang sesingkat mungkin, antara lain sebagai usaha darurat untuk mengatasi keadaan yang perlu ditanggulangi secara segera.

- b. Sifat bronjong yang flexi bel

Karena konstruksi bronjong, bersifat flexible dan mudah rnyesuaikan diri Apabila terjadi perubahan keadaan kedudukan bangunan

- c. Cocok untuk daerah terpencil

Dapat dimanfaatkan untuk usaha pembangunan di daerah-daerah yang terletaknya terpencil meskipun masih bersifat darurat.

- d. Bahan baku dan tenaga kerja tersedia didaerah

Bahan bronjong seperti batu mudah diperoleh didaerah lokasi pekrjaan, tenaga kerja penganyam dan pemasangan bronjong relatip gampang diperoleh daerah setempat.

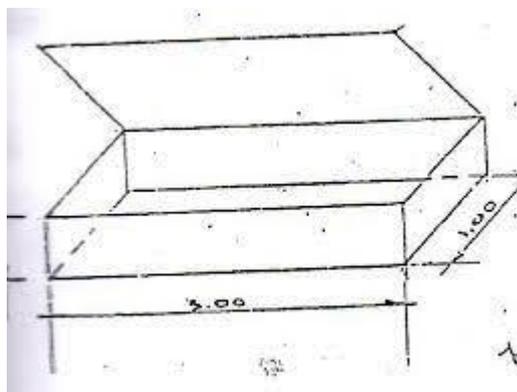
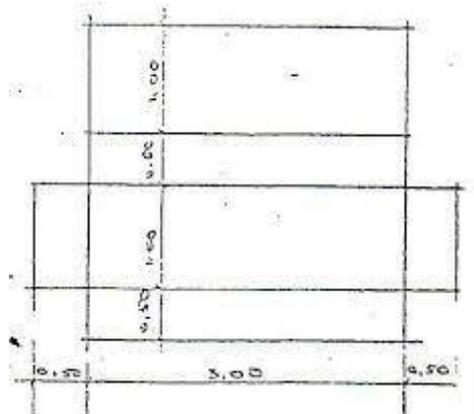
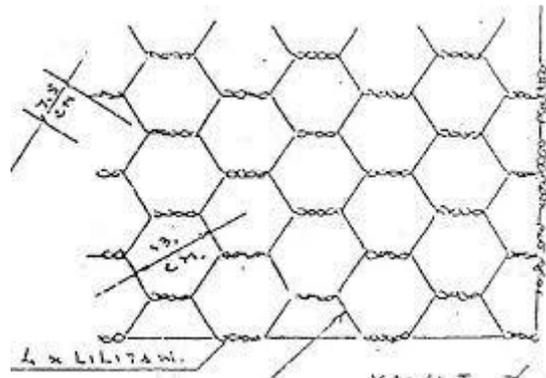
- e. Pelaksanaan pekerjaan dapat dilakukan dengan tenaga manusia dan tidak perlu mempunyai keterampilan khusus.

- f. Hanya memerlukan pengawasan yang cermat dan terus menerus selama pelaksanaan pekerjaan.

2.3.4.4 Cara Membuat Boniong Kawat

- a. Kawat bronjong dianyam berbentuk segi enan sama sisi, masing - masing sisi bcrukuran 7,5 cm, jarak antara kedua sisi yang berlawanan 1 3 cm.

- b. Untuk bronjong buatan pabrik, karena dibuat dengan mesin maka akan dihasilkan bronjong dengan ukuran dan kualitas seragam.
- c. Setiap kedua sisi yang sejajar harus saling berlilitan dengan sisi lubang bronjong yang letaknya bersebelahan dengan-jumlah lilitan 3-4 kali (tergantung kekuatan yang diharapkan) banyaknya atau jumlah lilitan kawat pada tiap liap lubang anyaman mempunyai pengaruh pula terhadap kekuatan bronjong maupun terhadap biaya yang dikeluarkan .





Gambar 2.6 contoh pola bronjong : 3 x 1 x 1 terbuat dari kawat diameter 4 mm

d. Cara Mengisi

1. Alat yang digunakan

Pengisian batu ke dalam bronjong dapat dilakukan dengan menggunakan Alat atau dengan tenaga manusia

2. Hal yang perlu diperhatikan

- Anyaman bronjong tidak rusak pada Waktu dilakukan pengisian bronjong
- Isi bronjong harus padat, sehingga bentuk bronjong tidak cepat berubah
- Pengisian dilakukan secara berlapis, terdiri atas macam - macam ukuran batu
- Pengisian batu untuk sisi - sisi bronjong sebaiknya dilakukan oleh tenaga manusia, karena batu batunya harus di pilih yang mempunyai permukaan rata agar anyaman bronjong dapat menempel pada permukaan batu dan harus dapat menutup lubang lubang anyaman
- Supaya sisi-sisi bronjong nampak rapi dan rata, sebaiknya pengisian batu untuk bagian-bagian sisi bronjong dilakukan oleh tukang batu, - terutama pada bagian-bagian yang akan selalu terlihat pada bagian luar
- Bronjong harus padat, tapi harus dapat mengalirkan resapan air melalui sela-sela batu pengisi bronjong, karena adanya aliran air yang melalui tubuh bronjong akan ikut membantu stabilitas bangunan yang dibuat dari bronjong.

2.3.4.5 Spesifikasi Bronjong

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



Gambar 2.6 Bronjong batu (https://www.academia.edu/121631_82/tipe-tipe_struktur_pelindung_tebing_sungai)

2.3.4.6 Keuntungan Kawat Bronjong

- a. Cukup tahan lama.
- b. Fleksibel, dapat mengikuti perubahan keadaan.
- c. Tidak memerlukan drainase.
- d. Dapat dikerjakan oleh setiap pekerja yang terlatih dan untuk mengisi bronjong dapat dipakai batu kali atau batu pecahan dan pula dapat dikerjakan dalam waktu pendek.

2.3.7.7 Sedangkan kekurangannya adalah

- a. Memerlukan pekerjaan tukang yang intensif
- b. Diperlukan keahlian untuk pemasangan yang tepat
- c. Diperlukan biaya yang mahal untuk membetulkannya jika pemasangannya tidak tepat

2.3.7.8 Dimensi Bronjong

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

seperti berikut :

Tabel 2.5 Ukuran Kawat Bronjong

Kode	Ukuran (m)			Jumlah	Kapasitas
	panjang	Lebar	tinggi	Sekat	m ³
A	2	1	0.5	3	2
B	3	1	0.5	2	3
C	4	1	0.5	3	4
D	2	1	0,5	1	1
E	3	1	0,5	2	1,5
F	4	1	0,5	3	2

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

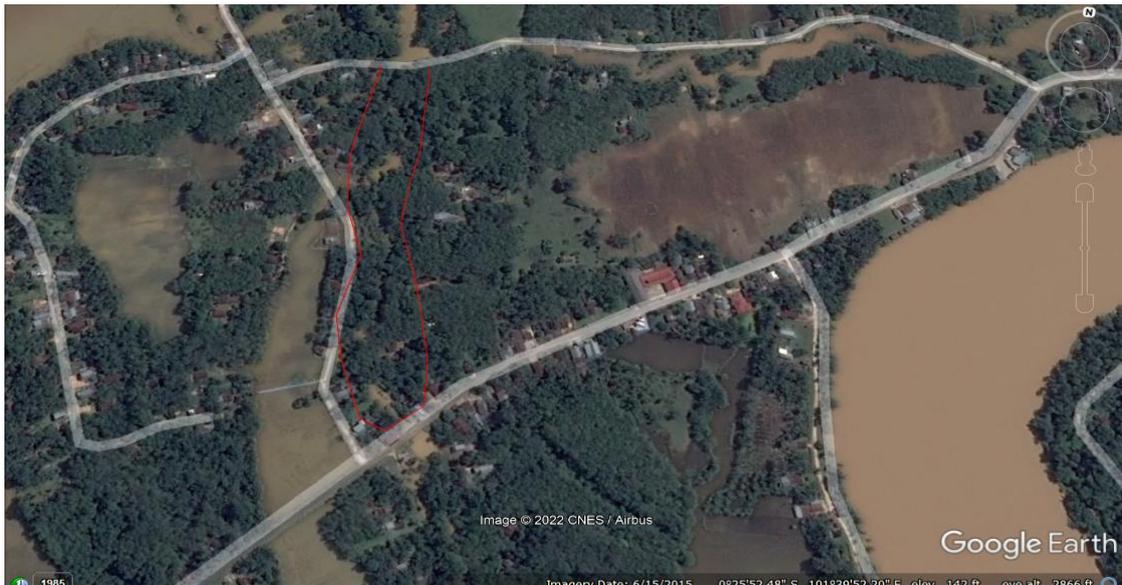
Kolom kode menunjukkan ukuran bronjong kawat sedangkan untuk ukuran anyaman bronjong kawat 80 x 100 mm. Dalam hal ini kami menggunakan bronjong Kode C dengan dimensi 4 x 1 x 1 (m).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Sungai air hitam merupakan sungai yang melintasi beberapa desa di kecamatan pangean, salah satunya Desa Pauh Angit Kecamatan Pangean Kabupaten Kuantan Singingi Provinsi Riau. Sungai ini berada di wilayah Desa Pauh Angit Kecamatan Pangean.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian (*Sumber : Google Earth, 2021*)

Penelitian ini dilakukan di daerah aliran Sungai (DAS) Batang Kuantan, Kabupaten Kuantan Singingi, Dimana pada lokasi penelitian merupakan Gelanggang Pacu Jalur Tradisional. Selain itu kondisi tebing di lokasi penelitian memiliki kemiringan yang sangat terjal. Panjang daerah penelitian adalah 50 meter yang dibagi menjadi 2 section, dimana jarak antar section adalah 25 meter. Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan (empat bulan) yaitu dari bulan Agustus 2021. Dimana pada bulan pertama melakukan pengurusan administrasi dan studi literatur, pada kedua, dan ke tiga adalah pengumpulan data dan analisa data, dan pada bulan ke empat adalah proses penyelesaian penelitian.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Berdasarkan teknik pengumpulan datanya, penelitian yang akan dilakukan menggunakan teknik pengumpulan data primer dan data sekunder. Untuk lebih jelasnya berikut uraian pengambilan data:

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diambil langsung dilapangan, dalam hal ini adalah ada titik/ordinat saluran, titik koefisien daerah pengaliran.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diambil dari data yang sudah ada, dalam penelitian ini data sekunder yang dimaksud adalah data curah hujan yang diambil dari dinas Pertanian Kabupaten Kuantan Singingi, dan Peta Citra Provinsi Riau (2013-2016).

3.3 Teknik Analisa Data

Teknik analisa data terdiri dari analisa Hidrologi dan analisa Hidrolika.

1. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi yang dilakukan adalah untuk mengetahui besaran banjir kala ulang yang terjadi pada kawasan genangan tersebut. Dengan urutan sebagai berikut:

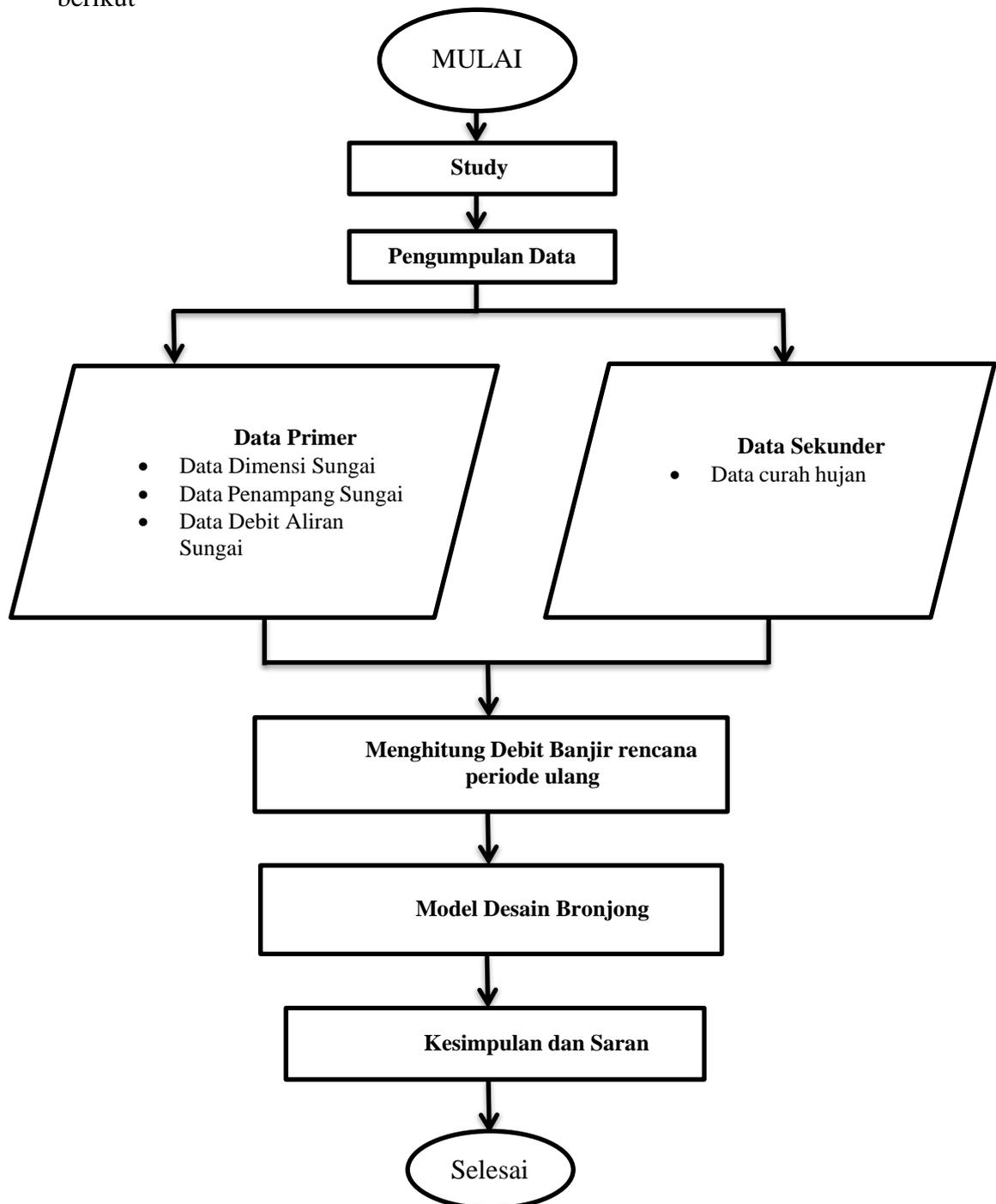
- a. Mempersiapkan data hujan maksimum tahunan
- b. Melakukan analisis frekuensi
- c. Menentukan intensitas hujan
- d. Menghitung nilai koefisien dan luasan daerah pengaliran
- e. Menghitung banjir rancangan

2. Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika terkait dengan pola aliran dan dimensi dari saluran drainase itu sendiri, artinya dengan besaran banjir yang sudah dihitung pada analisa hidrologi, maka dimensi saluran bisa direncanakan

3.4 Flow chart Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan sesuai dengan bagan alur pada gambar berikut



Gambar 3.2 : Bagan alur penelitian

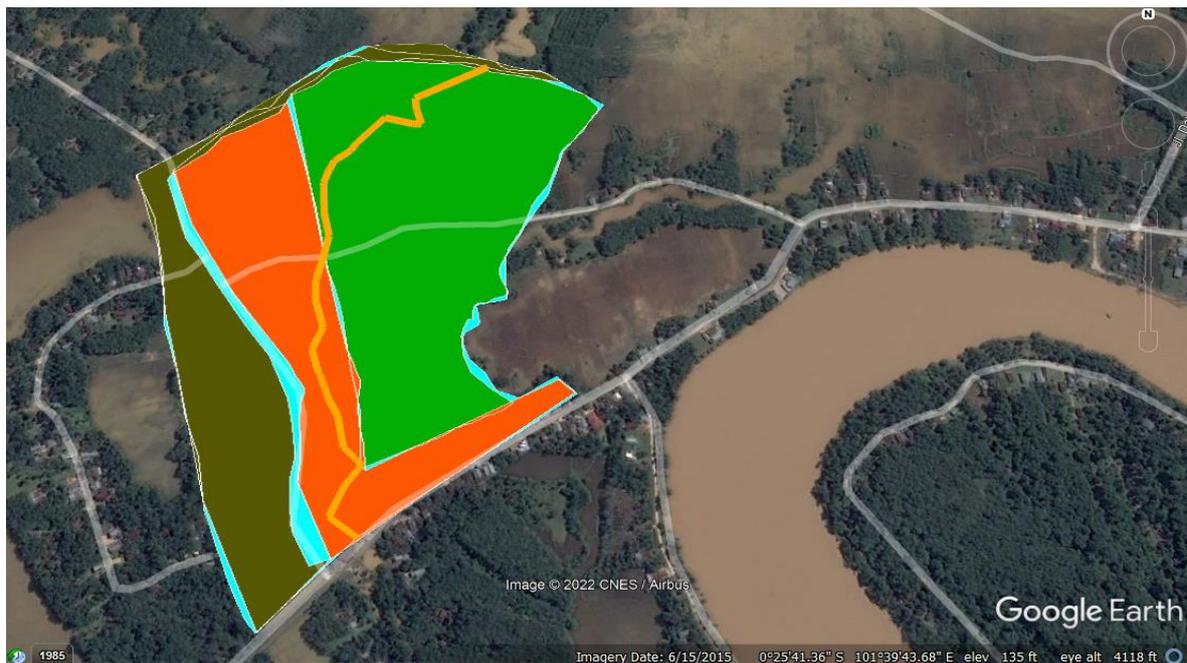
BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Penentuan Kawasan Daerah Pengaliran

Kawasan daerah pengaliran yang diteliti oleh penulis adalah salah satu sungai yang terletak di desa pauh angit kecamatan pangean.

Dalam menentukan batas kawasan daerah pengaliran penulis melakukan peninjauan langsung ke lapangan dengan membuat garis dari titik-titik survey lapangan yang ditinjau. Dilapangan batas daerah pengaliran tersebut berupa punggung-punggung bukit (kawasan elevasi tertinggi) dimana air hujan mengalir menuju sungai yang direncanakan.

Peta Kawasan Daerah Pengaliran desa petapahan yang datanya diambil menggunakan *GPS Waypoints*, kemudian didigitasi menggunakan *software QuantumGIS*. Peta kawasan daerah pengaliran dapat dilihat pada gambar berikut :



*Gambar 5.1 Peta Kawasan Daerah Pengaliran
(Sumber : Hasil Penelitian)*

- Perkebunan
- Perumahan
- Persawahan
- Sungai Air Hitam
- Jalan Penduduk

4.2 Kondisi Kawasan Daerah Pengaliran

Data kondisi kawasan daerah pengaliran yang diperoleh dari lapangan yang diambil menggunakan Elevasi diambil menggunakan *aplikasi google eart* adalah sebagai berikut :

Luas kawasan (A)= 0,2812 km²

Panjang Sungai = 850 m = 0,850 km

Elevasi hulu = 45 msl

Elevasi hilir = 40 msl

Kelandaian / kemiringan (S)

$$S = \frac{\text{Elevasi hulu} - \text{Elevasi hilir}}{\text{Panjang aliran sungai}} = \frac{45 - 40}{850} = 0.0058823529$$

Kondisi tata guna lahan di kawasan daerah pengaliran terdiri dari perkebunan, perumahan, dan sawah. Berdasarkan peta tata guna lahan yang ada, kawasan daerah pengaliran dapat dikelompokkan kedalam beberapa penggunaan lahan yang luas masing-masing lahan adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1 Tata Guna Lahan Kawasan Daerah Pengaliran

No	Jenis Penutup Lahan	A (km ²)
1	Perkebunan	0,14
2	Perumahan	0,04
3	Sawah	0,10
Total		0,28 km ²

(Sumber : Data yang diperoleh dengan pengukuran dilapangan)

4.3 Analisis Data Hidrologi

4.3.1 Curah Hujan Maksimum Tahunan

Untuk mengetahui besarnya curah hujan maksimum di kawasan daerah pengaliran desa pauh angit diperlukan data curah hujan harian selama beberapa tahun terakhir pada stasiun hujan terdekat. Data hujan yang digunakan diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten Kuantan Singingi, yang merupakan data curah hujan harian selama 10 tahun (2011-2020) dari stasiun pengamatan kecamatan Pangean.

Data curah hujan yang diperoleh terlebih dahulu dianalisis untuk mendapatkan data curah hujan maksimum. Penentuan data curah hujan maksimum harian ini dilakukan dengan cara memilih hujan tertinggi di tahun 2011-2020. Data curah hujan yang digunakan dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 5.2 Data hujan maksimum tahunan stasiun pengamatan Pangean

data curah hujan harian maksimum								
Bulan	Tahun (Hujan dalam mm)							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Januari	81	32	22.1	30	81	40,4	37	98
Februari	27	50	10	30	72	70	60	36
Maret	72	21	41	30	27	33	34	88
April	41	44	27	42	56	24	105	112
Mei	57	93	72	55	92	97	93	30
Juni	64	26	93	3	55	112	46	53
Juli	88	108	99	21.4	12	69	20	20
Agustus	76	53	80	105	79	11	18	76
September	100	23	115	30	103	86	25	41
Oktober	34	41	19	66	73	12	31	68
November	55	88	26	1	22	70	58	170
Desember	112	59	14	60	81	92	72	26
Curah Hujan Max	112	108	115	105	103	112	105	170

(Sumber : Dinas Pertanian)

4.3.2 Analisis Frekuensi Hujan Rencana

4.3.2.1 Analisis Statistik

Dalam analisis statistik data, terdapat parameter-parameter yang akan membantu dalam menentukan jenis sebaran yang tepat dalam menghitung besarnya hujan rencana. Analisis parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu : *central tendency (mean)*, *simpangan baku (standar deviasi)*, *koefisien variasi*, *koefisien skewness*, dan *koefisien puncak (kurtosis)*. Dari perhitungan statistik data hujan maksimum maka diperoleh parameter statistik sebagai berikut :

Tabel 5.3 Hitungan Statistik Hujan Maksimum

Hitungan Statistik Hujan Maksimum DAS Sungai air hitam					
m	Tahun	$x_i = \text{Hujan (mm)}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^3$	$(x_i - \bar{x})^4$
1	2013	112	53.4361	390.617891	2855.416783
2	2014	108	10.9561	36.264691	120.0361272
3	2015	115	106.2961	1095.912791	11298.86088
4	2016	105	0.0961	0.029791	0.00923521
5	2017	103	2.8561	-4.826809	8.15730721
6	2018	112	53.4361	390.617891	2855.416783
7	2019	105	0.0961	0.029791	0.00923521
8	2020	170	4265.3961	278573.0193	18193603.89
Jumlah		930	4492.5688	280481.6653	18210741.8
jumlah data		8			
Nilai Rata-Rata		116.25			
Standar Deviasi		22.34220918			
Koefisien Skewness		3.492960223	Cs		
Koefisien Variasi		0.192191047	Cv		
Koefisien Kurtosis		14.50082281	Ck		

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Untuk pemilihan jenis sebaran dari hasil perhitungan parameter statistik data hujan maka sesuai dengan tabel syarat parameter statistik distribusi dengan diketahui nilai $C_v = 0.192191047$; $C_s = 3.492960223$; dan $C_k = 14.50082281$ maka diasumsikan data terdistribusi Log person tipe III. Berikut adalah tabel persyaratan parameter statistik distribusi:

Tabel 5.4 syarat parameter statistik distribusi

Jenis distribusi	Persyaratan	Hasil
Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$	$C_s = 3.492960223$ $C_k = 14.50082281$
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	$C_s = 0.5836$ $C_k = 0.075$
Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$	$C_s = 3.492960223$ $C_k = 14.50082281$
Log Person Tipe III	Selain data diatas	

(Sumber : Hasil perhitungan)

4.3.2.2 Uji Kecocokan (Goodness of Fit Test)

Dari distribusi yang telah diketahui, maka dilakukan uji statistik untuk mengetahui kesesuaian distribusi yang dipilih dengan hasil empiris. Pada penelitian ini, uji statistik dilakukan dengan metode *Chi-Square*. Hasil perhitungan *Chi-square* hujan maksimum kawasan daerah pengaliran desa petapahan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.5 Hasil Uji Chi-Square

Uji Kecocokan	Nilai Tabel	Nilai Hitung
Chi-Square	3,841	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan uji kecocokan metode *Chi-square* dengan menggunakan persamaan :

$$X^2 = \sum_{i=1}^k + \left[\frac{(E_f - O_f)^2}{E_f} \right]$$

Sesuai dengan syarat uji chi-square dimana $X^2 < X^2_{\text{kritik}}$ yang besarnya tergantung pada derajat kebebasan (DK) dan derajat nyata (α), metode distribusi yang paling mendekati adalah distribusi log person tipe III dengan nilai $X^2 = 0 : X^2_{\text{kritik}} = 3,841 : DK = 1 : \alpha = 5\%$

4.3.2.3 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Hasil perhitungan curah hujan dengan metode *Distribusi log person tipe III* dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.6 Hujan Rencana Berbagai Periode Ulang

No	Kala Ulang (Tahun)	Hujan Rancangan (mm)
1	2	122.55 mm
2	5	134.10 mm
3	10	137..36 mm
4	25	139.37 mm

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.4 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi digunakan untuk menentukan lamanya air hujan mengalir dari hulu kawasan pengaliran hingga ketempat keluaran perencanaan drainase. Waktu konsentrasi (t_c) dihitung dengan menggunakan rumus Kirpich (1940) pada Persamaan $t_c = (3,97 \cdot L^{0,77}) \cdot (S^{-0,385})$, Berikut adalah hasil perhitungan waktu konsentrasi $t_c = (3,97 \cdot 808^{0,77}) \cdot (0,017327^{-0,385}) = 16,0543 \sim 16$ menit. Berdasarkan data panjang dan kemiringan

drainase rencana sebelumnya, diperoleh nilai waktu konsentrasi sebesar 16 menit. Hal ini berarti bahwa waktu yang diperlukan oleh air hujan untuk mengalir dari titik terjauh (hulu) sampai ke tempat keluaran drainase (hilir) sebesar 0,26 jam. Durasi hujan yang sering dikaitkan dengan waktu konsentrasi sehingga sangat berpengaruh pada besarnya debit yang masuk ke saluran. Hal ini menunjukkan bahwa durasi hujan dengan intensitas tertentu sama dengan waktu konsentrasi dapat terpenuhi sehingga metode rasional layak digunakan.

4.5 Intensitas Curah Hujan

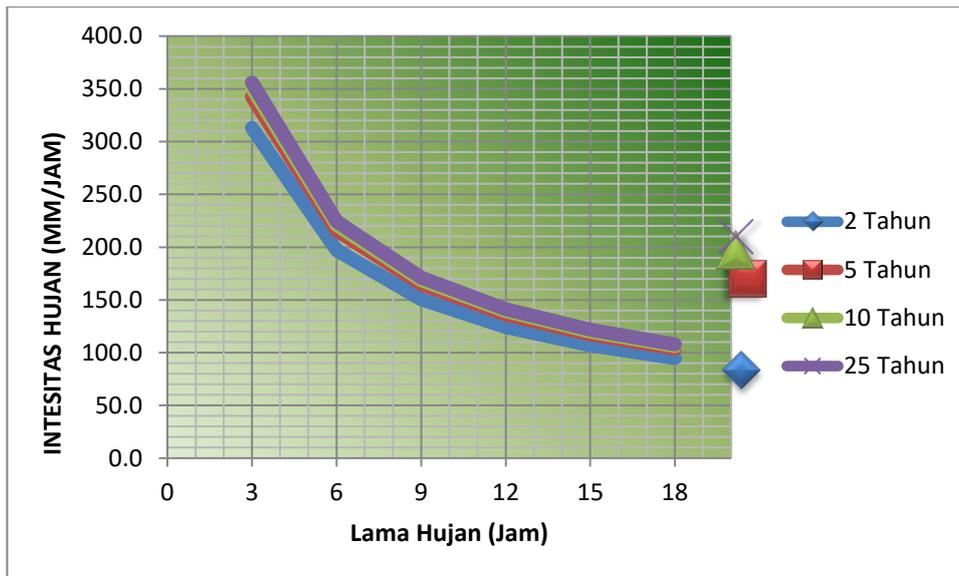
Untuk mendapatkan intensitas hujan dalam periode 1 jam dari data curah hujan harian maksimum digunakan persamaan $I = R/24 (24/t)^{0,67}$. Hal ini disebabkan karena data curah hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada Cuma data curah hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus *Mononobe* pada persamaan diatas sesuai dengan persyaratan Loebis (1992) bahwa intensitas hujan ($\frac{mm}{jam}$) dapat diturunkan dari data hujan harian empiris menggunakan metode *Mononobe*. Hasil analisis ditunjukkan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 5.7 Intensitas Hujan jam-jaman

Kala Ulang				
T Menit	2	5	10	25
3	313.0	342.5	350.9	356.0
6	197.2	215.8	221.0	224.3
9	150.5	164.7	168.7	171.2
12	124.2	135.9	139.2	141.3
15	107.1	117.1	120.0	121.8
18	94.8	103.7	106.3	107.8

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Hasil analisis berupa intensitas hujan dengan durasi dan periode ulang tertentu dihubungkan kedalam sebuah kurva *Intensity Duration Frequency (IDF)*. Kurva IDF menggambarkan hubungan antara dua parameter penting hujan yaitu durasi dan intensitas hujan selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk menghitung debit banjir/rencana dengan metode rasional. Hal ini sesuai dengan persyaratan Sosrodarsono dan Takeda (2003), yang mengatakan bahwa lengkung IDF ini digunakan dalam menghitung debit banjir/rencana dengan metode rasional untuk menentukan intensitas curah hujan rata-rata dari waktu konsentrasi yang dipilih dari tabel diatas dapat dibuat kurva IDF seperti gambar dibawah ini :



Gambar 5.2 Kurva IDF (Intensity Duration Frequency)
(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari kurva IDF diatas terlihat bahwa intensitas hujan yang tertinggi berlangsung dengan durasi pendek. Hal ini menunjukkan bahwa hujan deras pada umumnya berlangsung dalam jangka waktu singkat, namun hujan tidak deras berlangsung dalam waktu lama. Interpretasi kurva IDF diperlukan untuk menentukan debit banjir rencana menggunakan metode rasional.

4.6 Analisis Debit Banjir

4.6.1 Koefisien Pengaliran

Dalam perhitungan debit banjir menggunakan metode rasional diperlukan data koefisien pengaliran. Koefisien pengaliran ini diperoleh dengan menghitung data luasan dari masing-masing tata guna lahan yang ada. Luas masing-masing tata guna lahan untuk kawasan daerah pengaliran desa petapahan diperoleh dari pengukuran langsung oleh peneliti dilapangan.

Berdasarkan tabel 5.1 dapat dihitung koefisien pengaliran untuk masing-masing luasan, seperti tabel dibawah ini :

Tabel 5.8 Perhitungan Koefisien Pengaliran

No	Jenis Penutup Tanah	A (km ²)	C
1	Perkebunan	0.014	0.2
2	Perumahan	0.04	0.2
3	Sawah	0.10	0.3
Jumlah		0,28 km ²	0.233

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari nilai koefisien pengaliran ini dapat diketahui bahwa dari air hujan yang akan turun akan mengalir/melimpas ke permukaan yang kemudian akan mengalir ke daerah hilir.

Nilai koefisien pengaliran dapat juga digunakan untuk menentukan kondisi fisik kawasan daerah pengaliran (Subdas). Hal ini sesuai dengan pernyataan Kodoatie dan Syarieff (2005), yang menyatakan bahwa angka koefisien aliran permukaan ini merupakan indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu kawasan pengaliran. Nilai C berkisar antara 0-1. Nilai C=0 menunjukkan semua air hujan terintersepsi dan terinfiltrasi kedalam tanah, sebaliknya untuk C=1 menunjukkan bahwa air hujan mengalir sebagai aliran permukaan.

Perubahan tata guna lahan yang terjadi secara langsung mempengaruhi debit banjir rencana. Untuk itu kondisi di daerah desa petapahan harus ada upaya pelestarian lingkungan sehingga air hujan bisa terintersepsi guna koefisien aliran tidak naik drastis.

4.6.2 Debit Banjir

Berdasarkan data yang diperoleh diatas maka dapat dihitung debit banjir/rencana di kawasan daerah pengaliran petapahan dengan metode rasional sesuai persamaan $Q = 0,278$ CIA untuk berbagai kala ulang tertentu. Lama hujan dengan intensitas hujan tertentu sama dengan waktu konsentrasi. Sehingga diperoleh seperti pada tabel berikut :

Tabel 5.9 Debit Banjir

No	Kala Ulang (Tahun)	Intensitas (mm/jam)	Debit Banjir (m ³ /detik)
1	2	94.804841	1.722
2	5	103.74061	1.884
3	10	106.26406	1.930
4	25	107.81961	1.958

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.7 Dimensi Saluran Sungai

4.7.1 Kecepatan Rata-Rata Aliran

Kecepatan rata-rata dalam kasus ini adalah proses mengalirnya air melalui aliran dari hulu kehilir yang ditempuh tiap satuan waktu (m/detik).

Penentuan kecepatan rata-rata juga dapat ditentukan berdasarkan dengan kemiringan saluran drainase sesuai dengan tabel 3.12, dengan adanya kemiringan sungai 1,7 % maka berdasarkan tabel didapatkan kecepatan rata-rata yaitu 0,60 m/detik.

Selain itu rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi saluran menggunakan rumus Manning :

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

4.7.2 Analisis Dimensi Saluran

Debit aliran harus dialirkan pada saluran berbentuk penampang segitiga, penampang segi empat, penampang trapesium, dan bentuk penampang setengah lingkaran untuk drainase muka tanah (*surface drainage*), dalam hal ini peneliti memilih penampang Trapesium, dan untuk Debit Banjir diambil periode ulang 25 tahun.

Diketahui :

Debit aliran : Q = 1.958 m³/detik

Kemiringan saluran : s = 0.0058

Dasar saluran : B = 0,50 H (trial)

Maka :

Luas penampang saluran

$$A = (B + M \cdot Y) \cdot Y$$

$$A = (2 + 1,0 \cdot 0,5) \cdot 0,5$$

$$A = 1,25 \text{ m}^2$$

Keliling basah

$$P = B + 2 \cdot Y \cdot \sqrt{1 + M^2}$$

$$P = 2 + 2 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{1 + 1^2}$$

$$P = 4,24 \text{ M}$$

Radius hidrolis R_s

$$R = \frac{A}{P}$$

$$= \frac{1,25}{4,24}$$

$$= 0,29 \text{ M}$$

Kecepatan Aliran

$$V = C \cdot R^{\frac{1}{2}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 45 (0,29)^{\frac{1}{2}} (0,0058)^{\frac{1}{2}}$$

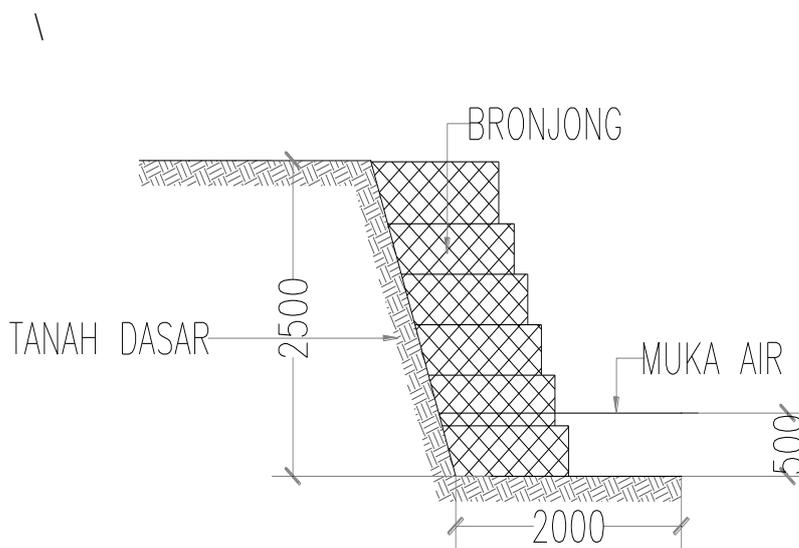
$$V = 1,828 \text{ m/det}$$

Debit Aliran

$$\begin{aligned} Q &= V.A \\ &= 1,812 \cdot 1,25 \\ &= 2.265 \text{ m}^2/\text{det} \end{aligned}$$

Jadi untuk hasil tinggi keliling basah adalah 0,50 m, dan sesuai dengan ketentuan tinggi drainase ditambah dengan tinggi jagaan yaitu 2H. kemudian didapat tinggi saluran drainase (H) = 0,50 + (tinggi jagaan) = 0,50+2H= 2,50 m. Dan untuk lebar saluran (B) yaitu 2 H.

$$B = 0,50H = 0,50 \cdot 1,958 = 0,979 \text{ meter}$$



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari Hasil **PERENCANAAN PERKUATAN TEBING PADA SUNGAI AIR HITAM DENGAN BRONJONG (STUDI KASUS DI DESA PAUH ANGIT KECAMATAN PANGEAN KABUPATEN KUANTAN SINGINGI)** maka penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan berdasarkan pada hasil analisa dan perhitungan yaitu sebagai berikut :

1. Hujan rancangan berbagai periode ulang 2, 5, 10, 25 tahun adalah sebesar 122.55 mm ; 134,10 mm ; 137.36 mm ; 139.37 mm.
2. Waktu yang diperlukan oleh hujan untuk mengalir dari titik terjauh (hulu) sampai ketempat keluaran drainase (hilir) atau disebut dengan waktu konsentrasi selama 23 menit atau 0.38 jam.
3. Dari hasil penelitian diperoleh nilai koefisien pengaliran (C) Rata – Rata sebesar 0,233
4. Debit banjir berbagai periode ulang 2, 5, 10, 25 tahun adalah sebesar 1.722 m³/detik ; 1.884 m³/detik ; 1.930 m³/detik ; 1.958 m³/detik.
5. Dimensi sungai dari hasil perhitungan periode ulang 25 tahun adalah sebagai berikut tinggi saluran (H) = 2.5 m, Lebar Saluran (B) = 2 m, dengan penampang trapezium
6. Penyebab banjir di desah pauh angit adalah hujan yang terus menerus dan desakan air dari hulu sungai kuantan.

5.2 Saran

1. Dalam penelitian selanjutnya diharapkan untuk menghitung kekua bronjong kekuatan tanah dan hal hal penting lainnya dalam pembuatan penelitian skripsi tersebut.
2. Diperlukan Pada penelitian yang lebih lanjut dengan menggunakan jenis perkuatan yang lain seperti dinding penahan tanah, geotextile atau sejenisnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N., Akhmad, M., Luki, W., & Rendi Addetya, Y. (2015). Studi Debit Aliran Pada Sungai Antasan Kelurahan Sungai Andai Banjarmasin Utara. *Jurnal Poros Teknik Volume 7 No. 1, 8*.
- Asdak, C., 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Elshinta A.B (2017) . Perkuatan Tebing Menggunakan Bronjong di Sungai Manikin . *Jurnal Teknik Sipil Vol. VI . No. 2*.
- Handayani Dewi (2012). Metode Thiessen Poligon untuk Ramalan Sebaran Curah Hujan Periode Tertentu pada Wilayah yang Tidak Memiliki Data Curah Hujan. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK Volume 17, No 2*.
- Dr. Ir. H. Darwis, M. (2018). *Pengelolaan Air Tanah*. Makassar: Pena Indris Bekerja sama dengan Pustaka AQ.
- Garde, & Raju. (1977). *Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problem*. New Delho: Willy Eastern Limited.
- Hanwar. (1999). *Gerusan Lokal di Sekitar Abutmen Jembatan*. Yogyakarta: PPS UGM.
- Hardiyatmo, H.C., 1996, Teknik Pondasi 1, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Hardiyatmo, H.C.2003. Mekanika Tanah II. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo. (2006). Mekanka Tanah 1. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hendar, P., & Helmi, H. (2013). Analisis Angkutan Sedimen Total Pada Sungai Dawas Kabupaten Musi Banyuasin. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 103.
- Hutagaol, R. R. (2015). *konservasi tanah dan air*. Yogyakarta: Group penerbitan CV BUDI UTAMA.
- Lihawa, F. (2017). *Daerah Aliran Sungai Alo Erosi,Sedimentsi Dan Longsoran*. yogyakarta: Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA.
- Maryono, A (2008). Eko-Hidrolik Pengelolaan Sungai Eamah Lingkungan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

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

Lampiran 1 Dokumentasi Penelitian Perencanaan Perkuatan Tebing Dengan Bronjong Pada Sungai Air Hitam Di Desa Pauh Angit Kecamatan Pangean Kabupaten Kuantan Singingi



Gambar 11. Peninjauan Lokasi Penelitian



Gambar 12. Sungai Air Hitam