

**EVALUASI TINGGI TANGGUL SUNGAI SEBAGAI
PENGENDALIAN BANJIR PADA KRUENG RAYA
SANGGEUE, KECAMATAN PIDIE, ACEH**

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat-syarat
yang Diperlukan untuk Memperoleh
Ijazah Sarjana Teknik

Oleh:

NAUVAL ANNAS
NIM: 2003120045



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATOH - BANDA ACEH
2026**

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

Tugas Akhir dengan judul “Evaluasi Tinggi Tanggul Sungai Sebagai Pengendalian Banjir Pada Krueng Raya Sanggeu, Kecamatan Pidie, Aceh”, disusun oleh:

Nama Mahasiswa : Nauval Annas
NIM : 2003120045
Program Studi : Teknik Sipil

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat-syarat yang diperlukan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh, telah lulus pada tanggal 11 Februari 2026.

Banda Aceh, 11 Februari 2026

Disetujui Oleh,

Pembimbing,


Yulia ST., MT, IPM
NIDN. 1319078601

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Ir. Maimunah ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng
NIK. 19790420 200405 2 001

Menyetujui/Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh


Dr. Ir. Wahyuni MT., IPM
NIDN. 0106116802

LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI

“Evaluasi Tinggi Tanggul Sungai Sebagai Pengendalian Banjir Pada Krueng
Raya Sanggeu, Kecamatan Pidie, Aceh”

Disusun oleh

Nama Mahasiswa : Nauval Annas
NIM : 2003120045
Program Studi : Teknik Sipil

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata-1 (S-1) di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh.

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji untuk disahkan.

Banda Aceh, 11 Februari 2026

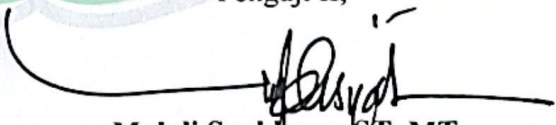
Pembimbing,


Yulia, ST, MT, IPM
NIDN. 1319078601

Penguji I,


Akmal, ST, M.Eng, IPM
NIDN. 1308068301

Penguji II,


Mahdi Syahbana, ST, MT
NIDN. 1325116701

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng
NIK. 19790420 200405 2 001

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini ;

Nama : Nauval Annas

NIM : 2003120045

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Di dalam tugas akhir saya tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari tugas akhir/skripsi, tesis, disertasi, buku, atau bentuk lain yang saya kutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan.
2. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah saya tulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah-olah karya asli saya sendiri.
3. Apabila ternyata terdapat tugas akhir saya bagian – bagian yang memenuhi unsur penjiplakan, maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan atau seluruhnya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Batoh, 11 Februari 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Nauval Annas

NPM. 2003120045

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran ALLAH SWT, yang melimpahkan karunia-Nya sehingga penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan pada waktunya.

Tugas akhir ini berjudul “Evaluasi Tinggi Tanggul Sungai Sebagai Pengendalian Banjir Pada Krueng Raya Sanggeu, Kecamatan Pidie, Aceh”, ditulis dalam rangka melengkapi dan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Sarjana Teknik Sipil pada Universitas Muhammadiyah Aceh.

Dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini, penulis telah memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak terutama pembimbing. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada pembimbing saya Ibu Yulia, ST, MT, IPM.

Selanjutnya, pada kesempatan ini penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

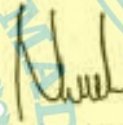
1. Dr. Ir. Wahyuni., MT., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh.
2. Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh.
3. Bapak Akmal, ST, M.Eng, IPM selaku penguji I dan Bapak Mahdi Syahbana, ST, MT selaku penguji II, yang telah memberikan banyak masukan dan saran dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Tenaga pengajar pada Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh.
5. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua saya, Tanpa kasih sayang dan dorongan yang tiada henti dari mereka, saya tidak akan mampu mencapai titik ini. Terima kasih telah menjadi inspirasi terbesar dalam hidup saya, memberikan semangat di saat-saat sulit, dan selalu percaya pada kemampuan saya.
6. Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada seluruh rekan-rekan Grup

NTR (Atha Qadr Marendra, Alfis Nur Ramadhan, Alfi Syahrin, Haykal Vitra Arrazi, Ilham Aksal, Muhammad Fajar, Muhammad Rizky Rahmadi, Muhammad Althaf Ashari, Muhammad Fauzun, Muhammad Fauzan, Muhammad Farhan, Nauval Annas, Rizki Kurniawan, Rahmat Hidayatullah) yang telah membantu dan memberikan semangat untuk menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.

7. Rekan-rekan mahasiswa/i pada Prodi Teknik Sipil yang telah banyak membantu penulis hingga selesainya penulisan.

Akhirnya kepada ALLAH SWT jugalah penulis berserah diri dan berharap semoga tulisan ini dapat berguna bagi pembaca, Aamiin.

Batoh, 11 Februari 2026
Penulis


Nauval Annas
NPM. 2003120045



Evaluasi Tinggi Tanggul Sungai Sebagai Pengendalian Banjir Pada Krueng Raya Sanggeu, Kecamatan Pidie, Aceh

Oleh:

Nauval Annas
2003120045

Pembimbing:

Yulia, ST, MT, IPM

ABSTRAK

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di Indonesia dan memiliki dampak signifikan terhadap aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Sungai Krueng Raya Sanggeu yang terletak di Desa Raya Sanggeu, Kecamatan Pidie, Kabupaten Pidie, Aceh, merupakan salah satu sungai yang sering mengalami luapan air yang menyebabkan kerusakan pada infrastruktur dan gangguan terhadap aktivitas masyarakat. Sungai ini memiliki peran penting bagi masyarakat setempat, yang memanfaatkannya untuk berbagai kebutuhan, seperti pertanian, perikanan, dan kebutuhan rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas penampang Sungai Krueng Raya Sanggeu dalam menampung debit puncak banjir yang terjadi pada periode ulang 25 tahun. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode distribusi Gumbel untuk menghitung debit banjir rencana, yang diperoleh sebesar 181,88 m³/detik. Selanjutnya, kapasitas penampang sungai dihitung berdasarkan data geometrik yang diperoleh dari pengukuran lapangan, yang menunjukkan nilai kapasitas sebesar 266,784 m³/detik. Perbandingan antara debit banjir rencana dan kapasitas penampang sungai menunjukkan adanya selisih yang kecil, yaitu 84,904 m³/detik, yang menunjukkan bahwa kapasitas sungai saat ini sudah mendekati batas maksimum yang dapat ditampung. Evaluasi terhadap kondisi penampang sungai juga dilakukan untuk mengetahui kemampuan aliran dalam menampung debit banjir rencana. Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas penampang Sungai Krueng Raya Sanggeu masih mampu mengalirkan debit banjir periode ulang 25 tahun, meskipun selisih kapasitas yang tersedia relatif kecil. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perubahan geometri sungai akibat sedimentasi maupun penyempitan alur berpotensi menurunkan kapasitas aliran. Oleh karena itu, pemantauan dan pemeliharaan sungai secara berkala diperlukan agar kapasitas penampang tetap terjaga dan risiko banjir di masa mendatang dapat diminimalkan. Penelitian menunjukkan bahwa meskipun kapasitas sungai dan tanggul masih memadai, evaluasi dan pemeliharaan rutin diperlukan untuk mengantisipasi perubahan hidrologi dan sedimentasi di masa depan.

Kata Kunci: Banjir, Debit Puncak Banjir, Kapasitas Penampang, Freeboard, Tanggul, Analisis Hidrologi, Distribusi Gumbel, Pengendalian Banjir.



DAFTAR ISI

	Halaman
PENGESAHAN FAKULTAS	ii
PENGESAHAN PROGRAM STUDI.....	iii
PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN A	xiii
DAFTAR LAMPIRAN B	xiv
DAFTAR LAMPIRAN C	xv
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 4
2.1 Banjir	4
2.2 Muka Air Sungai.....	4
2.2.1 Muka Air Normal	5
2.2.2 Muka Air Banjir.....	5
2.3 Tanggul Sungai.....	6
2.4 Aliran Maksimum	6
2.5 Debit Puncak Banjir.....	8
2.6 Analisis Penampang Sungai	9
2.7 Freeboard Tanggul.....	11
2.8 Penelitian Terdahulu	12
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	 16
3.1 Lokasi Penelitian	16

3.2	Persiapan Pendahuluan	16
3.3	Metode Pengumpulan Data.....	16
3.3.1	Data Primer	17
3.3.2	Data Sekunder	17
3.4	Metode Pengolahan Data	17
3.4.1	Pengolahan Aliran Maksimum	17
3.4.2	Pengolahan Debit Puncak Banjir	18
3.4.3	Pengolahan Penampang Sungai.....	18
3.4.4	Pengolahan Freeboard Tanggul	19
3.5	Metode Analisis Data	19
3.5.1	Analisis Aliran Maksimum.....	19
3.5.2	Analisis Debit Puncak Banjir.....	20
3.5.3	Analisis Penampang Sungai	21
3.5.4	Analisis Freeboard Tanggul	21
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1	Hasil.....	23
4.1.1	Hasil Analisis Aliran Maksimum	23
4.1.2	Hasil Analisis Debit Puncak Banjir	24
4.1.3	Hasil Analisis Penampang Sungai	24
4.2	Pembahasan	25
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	28
5.1	Kesimpulan.....	28
5.2	Saran.....	29
DAFTAR KEPUSTAKAAN		30

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Koefisien Limpasan.....	7
Tabel 2.2	Menurut Supardi (1984)	9
Tabel 2.3	Koefisien manning (kondisi sungai).....	10
Tabel 2.4	Penelitian Terdahulu.....	13



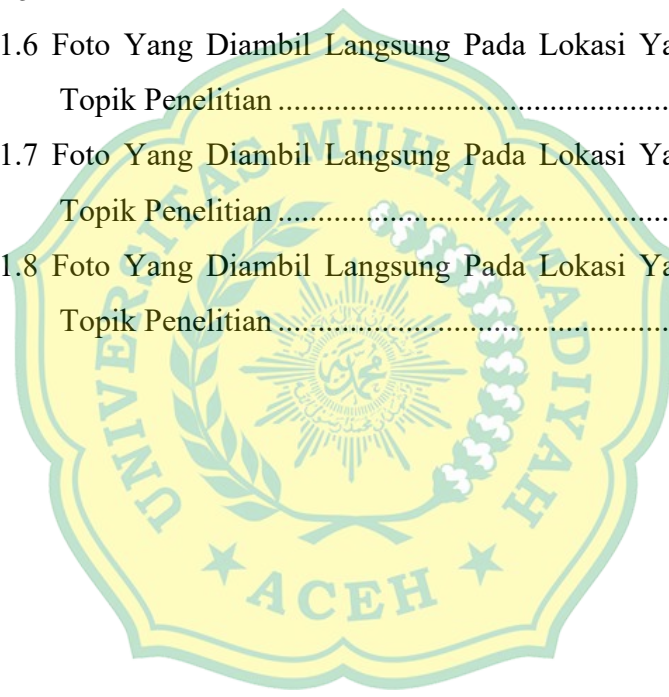
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Penampang Sungai	5
Gambar 2.2 Penampang tanggul sungai dengan freeboard	12
Gambar 4.1 Penampang sungai dan debit banjir hasil simulasi aplikasi HEC- RAS pada STA 2+250	25
Gambar 4.2 Penampang sungai dan debit banjir hasil simulasi aplikasi HEC- RAS pada STA 2+300	26



DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR

LAMPIRAN A	Halaman
Gambar A.1.1 Bagan Alir	32
Gambar A.1.2 Peta Provinsi Aceh	33
Gambar A.1.3 Peta Kota Sigli	34
Gambar A.1.4 Peta Daerah Aliran Sungai	35
Gambar A.1.5 Lokasi Penelitian	36
Gambar A.1.6 Foto Yang Diambil Langsung Pada Lokasi Yang Akan Menjadi Topik Penelitian	36
Gambar A.1.7 Foto Yang Diambil Langsung Pada Lokasi Yang Akan Menjadi Topik Penelitian	37
Gambar A.1.8 Foto Yang Diambil Langsung Pada Lokasi Yang Akan Menjadi Topik Penelitian	37



DAFTAR LAMPIRAN TABEL

LAMPIRAN B	Halaman
Tabel B.2.1 Nilai Koefisien Limpasan.....	39
Tabel B.2.2 Koefisien Faktor K	39
Tabel B.2.3 Koefisien manning (kondisi permukaan lahan).....	40
Tabel B.2.4 Koefisien manning (kondisi sungai).....	40



DAFTAR LAMPIRAN PERHITUNGAN

LAMPIRAN C	Halaman
Gambar C.1 Perhitungan Analisis Aliran Maksimum.....	41
Gambar C.2 Perhitungan Analisis Debit Puncak Banjir	42
Gambar C.3 Perhitungan Analisis Penampang Sungai	43



BAB I

PENDAHULUAN

Banjir merupakan bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di Indonesia dan menimbulkan dampak signifikan terhadap aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Kondisi banjir umumnya terjadi akibat meluapnya aliran sungai yang melebihi kapasitas tampung alur sungai. Peningkatan debit sungai tersebut dipengaruhi oleh intensitas curah hujan yang tinggi, perubahan tata guna lahan, sedimentasi, serta aktivitas manusia di kawasan sempadan sungai. Selain itu, perubahan iklim turut meningkatkan frekuensi hujan ekstrem yang berpotensi memperbesar debit puncak aliran sungai. Ketidakseimbangan antara debit aliran dan kapasitas sungai dapat meningkatkan risiko banjir dan memperluas dampak kerugian bagi masyarakat.

Perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali berkontribusi langsung terhadap peningkatan limpasan permukaan menuju badan sungai. Aktivitas pembukaan lahan, pembangunan permukiman, dan berkurangnya daerah resapan air menyebabkan peningkatan debit aliran pada musim hujan. Kondisi ini dapat memicu luapan sungai apabila kapasitas alur tidak mampu menampung debit tersebut. Selain itu, perubahan tata guna lahan juga meningkatkan laju erosi yang berujung pada sedimentasi di dasar sungai. Akumulasi sedimen mengurangi luas penampang basah sehingga menurunkan kapasitas sungai dalam menyalurkan aliran. Oleh karena itu, evaluasi kapasitas penampang sungai menjadi aspek penting dalam upaya pengendalian banjir yang berkelanjutan.

Sungai Krueng Raya Sanggeue yang terletak di Desa Raya Sanggeue, Kecamatan Pidie, Kabupaten Pidie, Aceh, memiliki peranan strategis bagi masyarakat setempat. Masyarakat memanfaatkan sungai ini sebagai sumber air untuk kegiatan pertanian, perikanan, dan kebutuhan rumah tangga. Secara geometrik, sungai ini memiliki lebar penampang sekitar 12 meter dan kedalaman aliran sekitar 4 meter. Berdasarkan analisis hidraulika, kapasitas penampang Sungai Krueng Raya Sanggeue sebesar 266,784 m³/detik, yang menunjukkan

kemampuan maksimum sungai dalam menyalurkan aliran sebelum terjadi limpasan.

Hasil analisis hidrologi menggunakan distribusi Gumbel menunjukkan bahwa debit puncak banjir rencana periode ulang 25 tahun sebesar 181,88 m³/detik. Luapan Sungai Krueng Raya Sanggeue dapat menimbulkan dampak negatif berupa gangguan aktivitas masyarakat, kerusakan lahan pertanian, dan kerusakan infrastruktur di sekitar sungai. Selain kerugian material, banjir juga berpotensi menimbulkan masalah kesehatan dan menurunkan produktivitas ekonomi masyarakat. Kejadian banjir yang berulang menunjukkan perlunya evaluasi terhadap sistem pengendalian banjir yang ada, khususnya terkait kapasitas penampang sungai dan kondisi tanggul sebagai bangunan pengendali banjir.

Keberadaan tanggul berperan penting dalam mencegah limpasan air sungai. Hasil pengukuran lapangan menunjukkan bahwa tinggi tanggul eksisting sebesar 0,45 meter. Dengan mempertimbangkan kedalaman aliran normal sungai sebesar 3 meter. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debit banjir rencana periode ulang 25 tahun pada Sungai Krueng Raya Sanggeue. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas penampang sungai terhadap debit banjir rencana tersebut. Penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan kebutuhan tinggi freeboard tanggul guna meningkatkan keamanan bangunan pengendali banjir.

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan gambaran kondisi hidrologi dan hidraulika Sungai Krueng Raya Sanggeue secara kuantitatif. Penelitian ini diharapkan menjadi dasar dalam perencanaan dan pengelolaan tanggul sungai yang lebih aman. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan mendukung upaya mitigasi bencana banjir dan meningkatkan keselamatan serta kesejahteraan masyarakat di sekitar daerah aliran sungai.

Penelitian ini dibatasi pada analisis debit banjir rencana periode ulang 25 tahun menggunakan metode distribusi Gumbel. Evaluasi dilakukan terhadap kapasitas penampang Sungai Krueng Raya Sanggeue berdasarkan kondisi eksisting hasil pengukuran lapangan. Penelitian ini difokuskan pada evaluasi

tinggi tanggul dan kebutuhan freeboard sebagai upaya pengendalian banjir, tanpa membahas desain struktur tanggul secara rinci.

Penelitian ini menggunakan metode analisis hidrologi dan hidraulika. Analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan debit banjir rencana berdasarkan data curah hujan menggunakan distribusi Gumbel. Analisis hidraulika dilakukan untuk menghitung kapasitas penampang sungai berdasarkan data geometrik hasil pengukuran lapangan. Evaluasi tinggi tanggul dilakukan dengan membandingkan elevasi muka air banjir terhadap tinggi tanggul eksisting dan penambahan freeboard.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas penampang Sungai Krueng Raya Sanggeue sebesar $266,784 \text{ m}^3/\text{detik}$, sedangkan debit banjir rencana periode ulang 25 tahun sebesar $181,88 \text{ m}^3/\text{detik}$. Kapasitas penampang Sungai Krueng Raya Sanggeue berada mendekati debit banjir rencana periode ulang 25 tahun, sehingga sungai berpotensi mengalami limpasan apabila terjadi peningkatan debit. Kondisi ini menunjukkan perlunya evaluasi kapasitas penampang sungai dan tinggi tanggul sebagai upaya pengendalian banjir. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk menilai tingkat keamanan sungai dan tanggul eksisting serta menentukan kebutuhan freeboard yang memadai guna meningkatkan perlindungan terhadap risiko banjir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

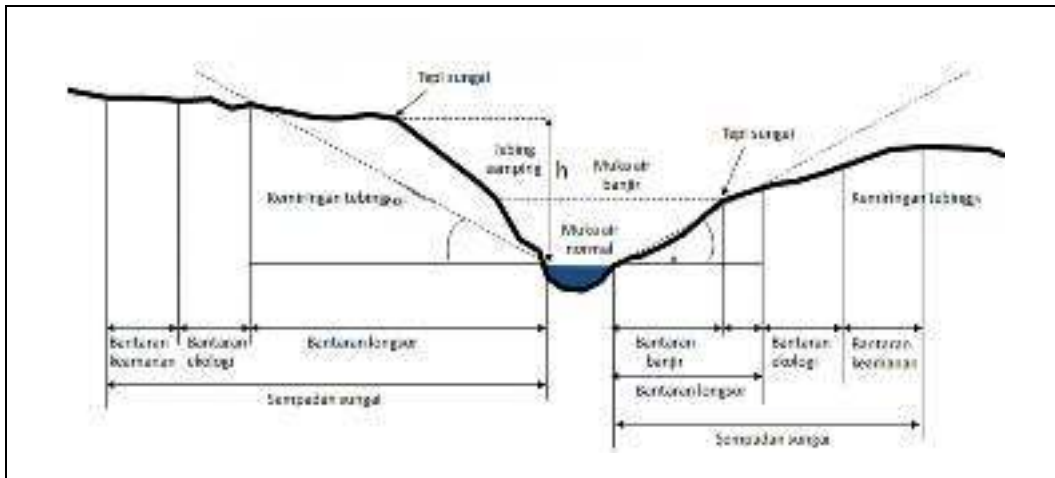
Dalam tinjauan pustaka ini akan dikemukakan beberapa teori dan rumusan yang akan digunakan untuk menjawab permasalahan yang terkait dengan penulisan penelitian ini. Berdasarkan teori dan rumusan tersebut, beberapa aspek akan dikaji untuk mendukung kelancaran penelitian ini.

2.1 Banjir

Menurut Nugroho & Handayani (2021), banjir dalam perspektif wilayah sungai terjadi karena sistem drainase yang lemah dan alur sungai yang menyempit. Kondisi ini membuat sungai tidak mampu menampung debit air yang meningkat, terutama saat curah hujan tinggi. Selain itu, sedimentasi yang menumpuk di dasar sungai mengurangi kapasitas tampung aliran air. Ketika ditambah dengan pembangunan di bantaran sungai yang mempersempit ruang aliran, risiko banjir menjadi semakin besar. sehingga diperlukan evaluasi terhadap kondisi fisik sungai dan bangunan pengendali banjir untuk memastikan fungsinya tetap optimal.

2.2 Muka Air Sungai

Menurut Muldiyatno et al (2017), muka air sungai adalah tinggi permukaan air sungai yang selalu berubah menurut tempat dan waktunya, dipengaruhi oleh faktor hidrologi dan hidraulika, termasuk pasang surut laut pada sungai yang bermuara ke laut. Selain itu, muka air sungai juga menjadi parameter penting dalam analisis hidrologi dan hidraulika, karena data tinggi muka air normal digunakan untuk menentukan kapasitas saluran sungai, merencanakan elevasi dasar struktur pengendali banjir, serta menjadi acuan dalam evaluasi risiko banjir di masa mendatang. Informasi ini membantu memastikan bahwa pembangunan tanggul, jembatan, maupun sistem drainase.



Gambar 2.1 : Penampang sungai

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) No. 28/PRT/M/2015

2.2.1 Muka Air Normal

Menurut Alfa Dipo Sundalangi Jeffry S. F. Sumarauw (2020), muka air normal adalah kondisi tinggi permukaan air sungai pada saat aliran berada dalam keadaan stabil, yaitu ketika debit sungai masih dalam kapasitas penampang dan belum meluap ke daratan. Mengetahui tinggi muka air normal sangat penting untuk perencanaan kapasitas saluran sungai, karena menjadi acuan dasar dalam menentukan apakah suatu sungai mampu menampung debit banjir rencana. Selain itu, informasi ini juga digunakan untuk perencanaan kapasitas saluran sungai dan evaluasi risiko banjir di masa mendatang.

2.2.2 Muka Air Banjir

Menurut Tangkudung & Hendratta (2019), muka air banjir adalah tinggi permukaan air sungai yang terjadi ketika debit banjir rencana melampaui kapasitas penampang sungai, sehingga air meluap ke daratan. Kondisi ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain intensitas dan durasi curah hujan, luas daerah tangkapan hujan, serta karakteristik fisik sungai seperti lebar, kedalaman, dan kemiringan dasar sungai. Tinggi muka air banjir dipengaruhi oleh

faktor-faktor seperti intensitas dan durasi curah hujan, luas daerah tangkapan hujan, serta kondisi fisik saluran sungai, termasuk lebar, kedalaman, dan kemiringan dasar sungai analisis tinggi muka air banjir penting dilakukan untuk menentukan elevasi tanggul yang aman dan efektif dalam mengendalikan luapan air di sungai.

2.3 Tanggul Sungai

Menurut M. Afif Salim (2021), pembangunan tanggul sungai merupakan salah satu strategi teknis yang efektif dalam penanganan dampak banjir. Tanggul berfungsi sebagai penghalang fisik yang menahan aliran air agar tidak meluap ke wilayah permukiman maupun lahan produktif. Penelitian tersebut menekankan bahwa keberadaan tanggul tidak hanya berfungsi sebagai penahan air, tetapi juga menjadi bagian dari sistem pengendalian banjir yang lebih luas, yang mencakup normalisasi sungai, perbaikan drainase, serta pemeliharaan berkala. Tanggul sungai dibangun mengikuti alur sungai dengan elevasi tertentu yang harus dievaluasi kesesuaiannya terhadap kondisi tinggi muka air banjir yang terjadi.

Penelitian tersebut juga menekankan bahwa keberhasilan fungsi tanggul sangat bergantung pada hasil evaluasi elevasi tanggul dan kondisi stabilitas konstruksi. Apabila tinggi tanggul lebih rendah dari muka air banjir, maka potensi terjadinya luapan dan genangan tetap besar. Sebaliknya, tanggul dengan elevasi yang tidak dievaluasi secara teknis terhadap kondisi tanah dan daya dukung pondasi berpotensi mengalami tekanan berlebih yang dapat menyebabkan longsor atau keruntuhan struktur.

2.4 Aliran Maksimum

Menurut Suheri et al. (2019), untuk memperkirakan debit puncak atau aliran maksimum yang terjadi akibat hujan intens, salah satu metode yang sering digunakan adalah metode rasional. Metode ini menghubungkan tiga faktor utama yang mempengaruhi aliran air di suatu daerah, yaitu koefisien limpasan (C),

intensitas hujan (I), dan luas daerah aliran (A). Dengan menggunakan pendekatan ini, kita dapat menghitung besarnya aliran yang mungkin terjadi, yang kemudian menjadi dasar untuk perencanaan dan perancangan sistem drainase yang efektif, seperti saluran pembuangan atau tanggul. Dalam penelitian yang dilakukan di kawasan Sentul City, Bogor, rumus ini digunakan untuk memperkirakan aliran puncak berdasarkan penggunaan lahan dan rencana tata ruang. Berikut adalah rumus yang digunakan dalam perhitungan aliran maksimum:

$$Q = 0,2778 \times C \times I \times A \dots \dots \dots (2.1)$$

Nilai C didapat dari:

Tabel 2.1 Koefisien limpasan.

	Koefisien Limpasan (C)
Tanah kosong, sangat porous	0.05 - 0.10
Tanah kosong, sedikit porous	0.10 - 0.20
Tanah pertanian (sawah, ladang)	0.20 - 0.30
Tanah pertanian (kebun, ladang kering)	0.30 - 0.40
Rumput	0.30 - 0.35
Tanah berbatu	0.35 - 0.50
Permukaan beraspal (jalan, trotoar)	0.70 - 0.90
Beton	0.85 - 0.95
Atap bangunan	0.90 - 1.00

Nilai I didapat dari :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

I = intensitas hujan rata-rata untuk durasi T_c (umumnya mm/jam)

R_{24} = curah hujan maksimum selama 24 jam (umumnya mm)

24 = konstanta durasi 24 jam (jam)

T_c = durasi hujan rancangan yang dipakai (sering dianggap = waktu konsentrasi) dalam jam

Nilai T_c didapat dari :

$$T_c = 0,00195 \times L^{0.77} \times S^{-0.385} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

T_C = waktu konsentrasi (dalam jam)

L = panjang aliran (dalam meter)

S = kemiringan (tanpa satuan)

Nilai A didapat dari :

Merujuk pada luas daerah aliran sungai (DAS), merupakan komponen penting dalam perhitungan aliran maksimum pada suatu saluran atau sistem drainase. Luas DAS dihitung berdasarkan batas topografi atau kontur wilayah yang mengalirkan air menuju titik tertentu, yang dapat diperoleh melalui pemetaan topografi atau dengan menggunakan teknologi GIS (Geographic Information System) untuk akurasi yang lebih tinggi.

2.5 Debit Puncak Banjir

Menurut Ruhiat (2022), metode Gumbel digunakan untuk menganalisis frekuensi hujan dengan tujuan menentukan besarnya curah hujan rencana pada periode ulang tertentu. Penelitian ini menjelaskan bahwa distribusi Gumbel merupakan salah satu metode statistik yang banyak dipakai dalam hidrologi karena mampu menggambarkan kejadian ekstrem, seperti hujan lebat yang berpotensi menimbulkan banjir. Rumus yang digunakan adalah:

$$Q_{25} = \bar{Q} + K \times SD \dots\dots\dots(.2.4)$$

Dimana :

Q = debit banjir (mm)

$\bar{Q}$ = aliran maksimum (mm)

SD = standar deviasi (mm)

K = faktor frekuensi Gumbel

Nilai faktor K didapat dari :

$$K = (Y_t - Y_n) / S_n \dots\dots\dots(.2.5)$$

Keterangan :

Y_t = periode ulang 25 tahun

Y_n = rata-rata reduced variate sampel

S_d = standar deviasi reduced variate sampel

Oleh karena itu, tabel berikut disajikan sebagai acuan untuk menentukan nilai Y_n dan S_d sesuai dengan jumlah data hujan (n) yang digunakan dalam analisis:

Tabel 2.2 Menurut Supardi (1984)

Jumlah Data (n)	Y_n (Mean Reduced Variate)	S_d (Standar Deviasi Reduced Variate)
5	0.4590	0.5649
10	0.4952	0.5362
15	0.5128	0.5251
20	0.5236	0.5296
25	0.5236	0.5342
50	0.5485	0.5558
75	0.5570	0.5643
100	0.5600	0.5704

2.6 Analisis Penampang Sungai

Menurut Suheri et al. (2020), dalam analisis hidrologi, rumus $Q = A \times V$ digunakan untuk mengetahui penampang sungai dengan menghubungkan luas penampang saluran (A) dan kecepatan aliran (V). Penampang saluran ini merujuk pada area melintang dari saluran yang mempengaruhi kapasitas saluran untuk mengalirkan air. A dihitung berdasarkan dimensi saluran, seperti lebar dan kedalaman saluran, sedangkan V menggambarkan seberapa cepat air mengalir di dalam saluran tersebut. Perhitungan ini penting dalam perencanaan dan desain

infrastruktur drainase untuk memastikan bahwa saluran yang dirancang dapat menangani debit air dengan baik tanpa menimbulkan masalah banjir.

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

A = luas penampang (m)

V = kecepatan aliran

Nilai A didapat dari :

$$A = B \times Y \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

B = lebar penampang

Y = tinggi penampang

Nilai V didapat dari :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

n = Koefisien Manning (dimensionless), menggambarkan kekasaran permukaan saluran (misalnya, beton, tanah, batu).

R = Jari-jari hidraulik (dalam m), dihitung dengan A / P , di mana A adalah luas penampang aliran dan P adalah keliling basah.

S = Kemiringan

Tabel 2.3 Koefisien manning (kondisi sungai)

Kondisi Sungai	Rentang Nilai n
Vegetasi ringan	0,045 – 0,075
Vegetasi sedang	0,075 – 0,150
Vegetasi lebat / banyak hambatan	0,150 - 0,200

2.7 Freeboard Tanggul

Menurut Gnan, E., et al. (2024), eneraan *freeboard* pada bangunan untuk mengurangi risiko banjir. Studi ini menunjukkan bahwa penambahan *freeboard* tidak hanya meningkatkan keamanan terhadap banjir dengan memberikan margin ekstra di atas muka air banjir rencana, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi yang signifikan. Dengan menerapkan *freeboard* yang lebih tinggi pada struktur bangunan, risiko kerugian akibat banjir dapat diminimalkan, baik untuk penghuni maupun penyedia asuransi. Menurut Elvida, M., Arifaini, N., & Tugiono, S. (2023), nalisis hidrologi dan hidraulika menggunakan program HEC-RAS menunjukkan bahwa perencanaan tinggi jagaan (*freeboard*) harus mempertimbangkan muka air banjir untuk periode ulang yang lebih besar, seperti 50 dan 100 tahun. Penentuan nilai *freeboard* yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa struktur pengendali banjir, seperti tanggul atau tembok penahan banjir, dapat berfungsi secara efektif dalam menghadapi potensi banjir ekstrem yang lebih jarang terjadi namun berisiko tinggi.

Penelitian ini menekankan pentingnya mengantisipasi ketidakpastian yang terkait dengan variasi curah hujan, perubahan penggunaan lahan, serta kondisi hidrologi yang dapat berubah seiring waktu. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, perencanaan *freeboard* dapat memberikan tingkat perlindungan yang lebih tinggi terhadap wilayah yang rentan terhadap banjir besar.

Menurut Sri Wanto dan Sigit Riswanto (2025), *freeboard* adalah tambahan ketinggian di atas muka air banjir rencana yang diberikan pada tanggul sebagai faktor keamanan. *Freeboard* umumnya berkisar antara 0,5 hingga 1,0 meter, tergantung pada tingkat risiko banjir, karakteristik sungai, serta keandalan data hidrologi yang digunakan. Pemberian *freeboard* menjadi sangat penting terutama pada wilayah yang padat penduduk atau berdekatan dengan infrastruktur vital, karena berfungsi sebagai cadangan untuk mengantisipasi ketidakpastian dalam perhitungan debit banjir dan fluktuasi muka air sungai. Nilai ketinggian tanggul selanjutnya ditambah *freeboard* sebesar 0,5 hingga 1,0 meter sebagai pengaman dari faktor ketidakpastian, seperti sedimentasi, perubahan tata guna lahan, atau

perubahan. intensitas hujan.. Ketinggian tanggul (H_t) ditentukan dengan menambahkan muka air banjir maksimum (H) dengan cadangan tinggi pengaman (F):

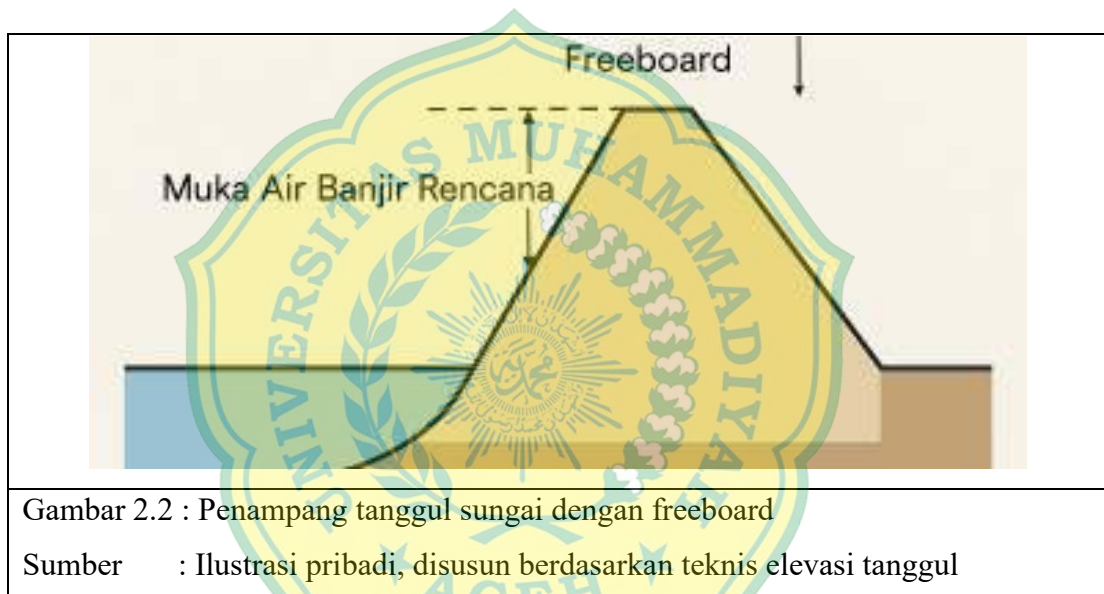
$$H_t = H + F \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

H_t = tinggi total tanggul (m)

H = tinggi muka air banjir maksimum (m)

F = freeboard, tambahan tinggi pengaman (biasanya 0,5–1,0 m)



2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu menjadi landasan penting dalam merancang dan mengembangkan penelitian ini. Dengan meninjau berbagai studi sebelumnya yang relevan, peneliti dapat memahami metode yang telah digunakan, perangkat lunak yang umum dipakai dalam perencanaan tanggul, serta efektivitas solusi yang pernah diterapkan untuk mitigasi banjir. Selain itu, kajian ini membantu dalam mengidentifikasi celah penelitian dan memperkuat dasar teoritis serta metodologis dari penelitian yang dilakukan.

Penelitian terdahulu juga memberikan wawasan mengenai perkembangan terbaru dalam teknik dan pendekatan yang digunakan dalam mitigasi banjir, khususnya terkait desain tanggul dan struktur pengendali banjir lainnya. Dengan mengkaji berbagai referensi yang ada, peneliti dapat mengetahui tantangan yang dihadapi, seperti perubahan kondisi hidrologi dan iklim, serta kebutuhan untuk desain yang lebih adaptif. Selain itu, kajian sebelumnya juga menunjukkan pentingnya perencanaan yang berbasis data empiris, baik itu melalui survei lapangan, analisis hidrologi, maupun pemodelan komputer untuk memastikan bahwa desain tanggul yang dihasilkan mampu bertahan dalam menghadapi potensi banjir yang semakin besar.

Tabel berikut menyajikan ringkasan beberapa penelitian yang berkaitan langsung dengan tema perencanaan tanggul sungai, pengendalian banjir, serta dampak sosial ekonominya. Setiap penelitian dikaji berdasarkan nama peneliti, judul dan tahun, metode yang digunakan, serta kesimpulan utama yang diperoleh dari studi tersebut.

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

No	Nama/Judul/Tahun Penelitian	Metode	Kesimpulan
1.	Nugroho & Handayani – <i>Analisis Banjir Wilayah Sungai</i> (2021)	Studi Literatur & Analisis Spasial	Banjir terjadi akibat sistem drainase yang lemah, alur sungai menyempit, sedimentasi dasar sungai, dan pembangunan di bantaran yang mempersempit aliran.
2.	Suheri et al. (2020) – Analisis Debit Aliran Sunga	Metode Rasional & Rumus $Q = A \times V$	Menghitung debit aliran sungai berdasarkan penampang dan kecepatan aliran untuk perencanaan saluran drainase.
3.	M. Afif Salim – <i>Strategi Teknis Pembangunan Tanggul Sungai untuk Pengendalian Banjir</i> (2021)	Analisis Hidrologi & Hidraulika berbasis data topografi	Pembangunan tanggul sungai efektif sebagai penghalang fisik banjir, bagian dari sistem pengendalian banjir yang lebih luas. Keberhasilan

No	Nama/Judul/Tahun Penelitian	Metode	Kesimpulan
			fungsi tanggul bergantung pada perencanaan elevasi dan stabilitas konstruksi.
4.	Sri Wanto, Sigit Riswanto – <i>Kajian Freeboard pada Desain Tanggul Sungai</i> (2025)	Analisis Hidrologi & Hidraulika berbasis data banjir rencana	Freeboard adalah tambahan ketinggian di atas muka air banjir rencana sebagai faktor keamanan. Umumnya berkisar 0,5–1 meter, dan sangat penting di wilayah padat penduduk atau dekat infrastruktur vital. Penambahan freeboard ini berfungsi untuk mengantisipasi ketidakpastian dalam perhitungan hidrologi maupun hidraulika, seperti variasi curah hujan ekstrem, perubahan tata guna lahan, serta kemungkinan terjadinya sedimentasi.
5.	Andri Kurniawan, Rizki Wijaya – <i>Optimasi Tanggul dalam Pengendalian Banjir di Wilayah Perkotaan</i> (2020)	Simulasi Hidrologi & Analisis Spasial	Pembangunan tanggul di daerah perkotaan membutuhkan perencanaan yang lebih rinci untuk mengantisipasi potensi risiko banjir dengan mempertimbangkan urbanisasi, permukaan yang keras, dan sistem drainase yang ada.

No	Nama/Judul/Tahun Penelitian	Metode	Kesimpulan
6	Heru Santoso, Dedi Firmansyah – <i>Studi Kasus: Evaluasi Tanggul Sungai dalam Mengatasi Banjir Rob</i> (2021)	Analisis Hidrologi & Pemodelan Simulasi Banjir	Tanggul sungai memiliki peran besar dalam pengendalian banjir rob, namun perlu diperhitungkan faktor perubahan tinggi muka air laut dan efek perubahan iklim yang mempengaruhi elevasi tanggul serta daya tampung aliran sungai.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini diuraikan mengenai lokasi penelitian, metode pengumpulan data dan langkah-langkah yang ditempuh dalam analisis ini adalah studi pustaka/literatur, survei lapangan, pengumpulan data primer, pengumpulan data sekunder, analisis data dan analisa rencana dan pembahasan untuk menghasilkan kesimpulan dan saran.

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sungai Krueng Raya Sanggeue, Desa Raya Sanggeu, yang terletak di Kabupaten Pidie, Provinsi Aceh. Lokasi ini dipilih karena merupakan wilayah yang rawan terhadap banjir musiman akibat luapan air sungai, khususnya pada musim hujan. Sungai Krueng Raya Sanggeue menjadi fokus utama penelitian karena memiliki debit air besar dan sering menyebabkan kerusakan pada tanggul sungai.

3.2 Persiapan Pendahuluan

Tahap persiapan berupa rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Tahap ini dilakukan pengamatan pendahuluan agar mendapat gambaran umum dalam mengidentifikasi kondisi pada lokasi penelitian dan merumuskan masalah yang terdapat pada lokasi penelitian.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Pengurnpulan data merupakan hal yang paling penting yang harus dilakukan dalam sebuah penelitian, sehingga data-data yang bersangkutan dengan penelitian sangat rnendukung penyelesaian penelitian ini. Adapun pengurnpulan data pada penelitian ini meliputi:

3.3.1 Data primer

Data Primer adalah data yang diperoleh secara langsung dilapangan. Adapun data primer yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Wawancara Masyarakat: Mendapatkan informasi tentang riwayat banjir, dampak yang dirasakan, dan kebutuhan tanggul dari warga sekitar.
2. Observasi Visual: Melihat kondisi fisik eksisting tanggul, bantaran sungai, dan titik rawan luapan.
3. Pengukuran Eksisting Sungai: Melakukan pengukuran langsung di lapangan terhadap dimensi sungai, seperti lebar, kedalaman, penampang sungai.

3.3.2 Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak lain/pihak kedua, tidak langsung diperoleh oleh peneliti dari subyek penelitiannya. Adapun data-data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data Curah Hujan: Minimal 5 tahun terakhir dari stasiun BMKG terdekat
2. Dokumen Studi Sebelumnya: Sebagai acuan teknis mengevaluasi tanggul.
3. Data DAS Sungai: Didapat dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Sumatera I.

3.4 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan tahapan penting dalam penelitian ini untuk memperoleh hasil evaluasi tinggi tanggul sungai yang akurat dan sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Proses pengolahan data dilakukan setelah seluruh data yang diperlukan terkumpul, baik data primer maupun data sekunder. Pengolahan data bertujuan untuk mengolah dan menganalisis data hidrologi serta hidraulika guna menilai kesesuaian tinggi tanggul sungai eksisting terhadap muka air banjir yang terjadi.

3.4.1 Pengolahan Aliran Maksimum

Pengolahan aliran maksimum dilakukan untuk mengetahui besarnya debit puncak yang terjadi akibat hujan dengan intensitas tertentu pada suatu daerah aliran sungai. Debit puncak merupakan parameter penting dalam perencanaan

bangunan pengendali banjir karena menggambarkan kondisi aliran terbesar yang berpotensi menimbulkan limpasan. Salah satu metode yang umum digunakan dalam menentukan debit puncak adalah metode rasional. Metode ini digunakan untuk memperkirakan debit banjir berdasarkan hubungan antara intensitas curah hujan, luas daerah tangkapan air, serta koefisien limpasan yang mencerminkan karakteristik permukaan lahan. Perhitungan debit puncak menggunakan metode rasional dapat dilihat pada Persamaan (2.4).

3.4.2 Pengolahan Debit Puncak Banjir

Pengolahan data debit puncak banjir adalah langkah awal dalam analisis hidrologi yang bertujuan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana yang mungkin terjadi di daerah tangkapan air Sungai Krueng Raya Sanggeue. Data utama yang digunakan dalam pengolahan ini adalah data curah hujan historis minimal 5 tahun terakhir yang diperoleh dari stasiun BMKG terdekat.

Analisis ini akan menggunakan Distribusi Gumbel untuk menganalisis frekuensi hujan dan menentukan curah hujan rencana pada periode ulang tertentu. Curah hujan rencana ini selanjutnya digunakan untuk menghitung debit puncak banjir. Perhitungan debit puncak banjir akan mengacu pada persamaan yang relevan (misalnya persamaan 2.5). Nilai debit puncak banjir hasil analisis ini kemudian digunakan sebagai dasar dalam evaluasi tinggi muka air banjir maksimum, yang selanjutnya dibandingkan dengan elevasi tanggul sungai eksisting untuk menilai tingkat keamanan terhadap potensi luapan banjir.

3.4.3 Pengolahan Penampang Sungai

Pengolahan penampang sungai dilakukan untuk mengetahui kapasitas aliran yang dapat ditampung oleh suatu penampang sungai terhadap debit air yang mengalir. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sungai dalam menyalurkan aliran tanpa menimbulkan limpasan atau banjir. Kapasitas penampang sungai dipengaruhi oleh bentuk penampang, luas penampang basah, keliling basah, kemiringan dasar sungai, serta kekasaran permukaan saluran. Perhitungan kapasitas aliran pada penampang sungai umumnya menggunakan persamaan hidraulika yang

menghubungkan luas penampang dengan kecepatan aliran. Perhitungan kapasitas penampang sungai dapat dilihat pada Persamaan (2.6)

3.4.4 Pengolahan Freeboard Tanggul

Pengolahan freeboard tanggul dilakukan untuk menentukan tinggi tambahan tanggul di atas muka air banjir rencana sebagai faktor keamanan terhadap kemungkinan terjadinya limpasan air. Freeboard berfungsi untuk mengantisipasi ketidakpastian perhitungan hidrologi, pengaruh gelombang, sedimentasi, serta perubahan kondisi aliran sungai. Penentuan nilai freeboard sangat penting dalam perencanaan tanggul agar bangunan pengendali banjir tetap aman dan berfungsi secara optimal. Perhitungan freeboard tanggul dalam penelitian ini mengacu pada persamaan yang dapat dilihat pada Persamaan (2.7).

3.5 Metode Analisis Data

Metode yang digunakan untuk analisis data hidrologi dan hidraulika dalam penelitian ini mengikuti rumus yang telah dijelaskan di Bab II. Tahapan analisis adalah sebagai berikut:

3.5.1 Analisis Aliran Maksimum

Berdasarkan data curah hujan, karakteristik daerah aliran sungai, serta kondisi tutupan lahan pada Sungai Krueng Raya Sanggeue, analisis aliran maksimum dilakukan untuk menentukan debit puncak aliran yang berpotensi terjadi. Perhitungan dilakukan dengan mengacu pada metode yang telah dijelaskan pada Bab II. Tahapan analisis dilakukan sebagai berikut:

1. Menentukan koefisien limpasan (C) berdasarkan kondisi tutupan/penggunaan lahan pada daerah tangkapan air Sungai Krueng Raya Sanggeue dengan mengacu pada Tabel Koefisien Limpasan (Tabel 2.1).
2. Menentukan waktu konsentrasi (tc) menggunakan persamaan (2.3) berdasarkan panjang lintasan aliran (L) dan kemiringan rata-rata (S) pada daerah tangkapan.

3. Menentukan curah hujan maksimum 24 jam (R_{24}) dari data curah hujan historis (minimal 5 tahun terakhir) dari stasiun BMKG terdekat.
4. Menghitung intensitas hujan (I) menggunakan persamaan (2.2) dengan memasukkan nilai R_{24} dan durasi hujan rancangan, di mana durasi hujan rancangan diasumsikan sama dengan waktu konsentrasi (t_c).
5. Menentukan luas daerah tangkapan air (A) berdasarkan batas DAS dari peta topografi/hasil pengolahan GIS.
6. Menghitung aliran maksimum/debit puncak (Q_{maks}) menggunakan persamaan (2.1) dengan parameter C , I , dan A sebagai debit rencana awal di Sungai Krueng Raya Sanggeue.

3.5.2 Analisis Debit Puncak Banjir

Kondisi geometrik penampang sungai dan karakteristik aliran pada Sungai Krueng Raya Sanggeue, analisis debit puncak banjir dilakukan untuk mengetahui kemampuan sungai dalam menampung debit aliran. Perhitungan dilakukan dengan mengacu pada metode hidraulika yang telah dijelaskan pada Bab II. Tahapan analisis dilakukan sebagai berikut:

1. Menentukan lokasi titik penampang sungai yang dianalisis (penampang representatif) berdasarkan hasil survei lapangan dan kondisi eksisting pada Sungai Krueng Raya Sanggeue.
2. Mengukur dimensi penampang sungai pada lokasi terpilih untuk mendapatkan lebar penampang (b) dan tinggi/kedalaman penampang (h).
3. Menghitung luas penampang aliran (A) berdasarkan dimensi penampang (b dan h) sesuai bentuk penampang yang digunakan.
4. Menentukan keliling basah (P) pada penampang aliran, kemudian menghitung jari-jari hidraulik (R) dengan $R = A/P$.
5. Menentukan koefisien Manning (n) berdasarkan kondisi saluran (misalnya beton, tanah, vegetasi) dengan mengacu pada tabel koefisien Manning (Tabel 2.4).
6. Menentukan kemiringan dasar/energi saluran (S) dari data topografi atau hasil pengukuran elevasi pada segmen sungai yang dianalisis.

3.5.3 Analisis Penampang Sungai

Analisis penampang sungai dilakukan untuk mengetahui kapasitas aliran yang mampu ditampung oleh penampang Sungai Krueng Raya Sanggeue terhadap debit banjir rencana. Perhitungan kapasitas penampang dilakukan dengan mengacu pada metode hidraulika yang telah dijelaskan pada Bab II. Tahapan analisis dilakukan sebagai berikut:

1. Menentukan bentuk penampang sungai eksisting berdasarkan hasil pengukuran lapangan pada lokasi penelitian di Sungai Krueng Raya Sanggeue.
2. Menghitung luas penampang aliran (A) menggunakan dimensi lebar sungai (b) dan kedalaman aliran (h).
3. Menghitung keliling basah (P) berdasarkan dimensi penampang sungai untuk memperoleh jari-jari hidraulik ($R = A/P$).
4. Menghitung kecepatan aliran (V) menggunakan persamaan Manning dengan memasukkan nilai koefisien kekasaran (n), jari-jari hidraulik (R), dan kemiringan dasar sungai (S).
5. Menghitung kapasitas debit sungai (Q_{sungai}) menggunakan hubungan antara luas penampang aliran (A) dan kecepatan aliran (V).
6. Membandingkan nilai kapasitas debit sungai (Q_{sungai}) dengan debit banjir rencana periode ulang 25 tahun (Q_{25}) untuk mengetahui kemampuan penampang sungai dalam menampung aliran banjir.

3.5.4 Analisis Freeboard Tanggul

Kondisi geometrik penampang sungai dan karakteristik aliran pada Sungai Krueng Raya Sanggeue, analisis debit puncak banjir dilakukan untuk mengetahui kemampuan sungai dalam menampung debit aliran. Perhitungan dilakukan dengan mengacu pada metode hidraulika yang telah dijelaskan pada Bab II. Tahapan analisis dilakukan sebagai berikut:

1. Menentukan elevasi muka air banjir rencana berdasarkan hasil analisis debit banjir periode ulang 25 tahun.
2. Mengidentifikasi kondisi tanggul eksisting berdasarkan hasil survei lapangan, termasuk tinggi tanggul terhadap muka air sungai normal.

3. Menentukan nilai freeboard sebagai tambahan tinggi tanggul di atas muka air banjir rencana dengan mempertimbangkan standar perencanaan pengendalian banjir.
4. Menghitung elevasi rencana tanggul dengan menjumlahkan tinggi muka air banjir rencana dengan nilai freeboard yang direncanakan.
5. Membandingkan elevasi tanggul eksisting dengan elevasi tanggul rencana untuk mengetahui kebutuhan peningkatan tinggi tanggul.
6. Mengevaluasi apakah tinggi tanggul setelah penambahan freeboard mampu menahan debit banjir rencana dan mencegah terjadinya limpasan sungai.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dikemukakan seluruh hasil pengolahan data dan pembahasan dari pokok permasalahan penelitian. pengolahan data dan pembahasan dari penelitian ini akan dipaparkan berdasarkan pada teori-teori dan persamaan yang telah di kemukakan pada bab II.

4.1. Hasil

Pada bagian ini, disajikan hasil perhitungan analisis debit puncak, aliran maksimum, kapasitas penampang sungai, serta evaluasi freeboard tanggul. Semua perhitungan ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi aliran air dan kapasitas sungai dalam menampung debit air, serta memverifikasi kecukupan kondisi tanggul terhadap potensi banjir yang ada.

4.1.1 Hasil Analisis Aliran Maksimum

Perhitungan aliran maksimum dilakukan untuk memperkirakan besarnya aliran yang terjadi akibat hujan intens pada daerah penelitian. Berdasarkan perhitungan, aliran maksimum dihitung dengan menggunakan nilai koefisien aliran permukaan (C) sebesar 0,25, luas daerah aliran sungai (DAS) sebesar 271 km², dan intensitas hujan yang telah dihitung sebelumnya. Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa aliran maksimum yang dapat terjadi di wilayah tersebut adalah 157,418m³/s.

Hasil ini memberikan gambaran mengenai potensi aliran air yang dapat terjadi akibat hujan intens, yang menjadi dasar penting dalam evaluasi pengelolaan air dan mitigasi banjir. Angka ini juga menunjukkan kapasitas sungai dalam menangani debit air besar yang dapat mengalir setelah hujan lebat, dan menjadi acuan untuk perencanaan sistem drainase serta langkah-langkah mitigasi yang diperlukan di masa depan. perhitungannya dapat dilihat pada lampiran C.1 halaman 55.

4.1.2 Hasil Analisis Debit Puncak Banjir

Perhitungan debit puncak banjir dilakukan menggunakan distribusi Gumbel untuk menghitung curah hujan rencana dengan periode ulang 25 tahun. Berdasarkan perhitungan ini, debit puncak banjir yang dihasilkan untuk periode 25 tahun adalah $181,88 \text{ }^3/\text{s}$. Angka ini memperkirakan besar debit air yang dapat menyebabkan banjir dengan periode ulang 25 tahun, yang merupakan standar yang umum digunakan dalam analisis hidrologi untuk kejadian hujan ekstrem.

Hasil ini memberikan gambaran tentang potensi debit banjir yang mungkin terjadi pada periode 25 tahun, yang menjadi dasar untuk mengevaluasi kapasitas sungai dan sistem pengendali banjir. Dengan hasil perhitungan ini, perencanaan infrastruktur pengelolaan air dan mitigasi banjir dapat lebih efektif dalam mengantisipasi potensi banjir yang terjadi dalam jangka waktu tersebut. perhitungannya dapat dilihat pada lampiran C.2 halaman 56.

4.1.3 Hasil Analisis Penampang Sungai

Perhitungan analisis penampang sungai dilakukan untuk mengetahui kapasitas sungai dalam menampung debit aliran yang terjadi. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan debit aliran dengan mempertimbangkan luas penampang sungai dan kecepatan aliran yang dihitung menggunakan rumus Manning, diperoleh kapasitas penampang Sungai sebesar $276,00 \text{ m}^3/\text{detik}$. Nilai tersebut menggambarkan kemampuan sungai dalam mengalirkan debit air yang melewati penampang sungai pada kondisi eksisting.

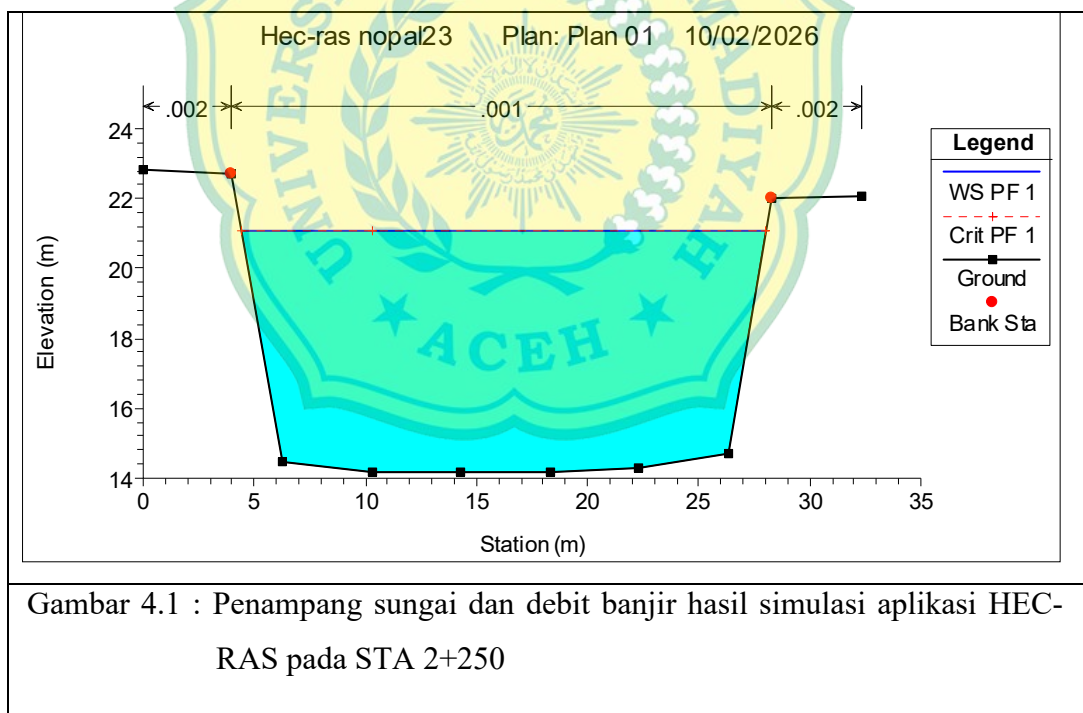
Hasil perhitungan kapasitas penampang sungai kemudian dibandingkan dengan debit puncak banjir periode ulang 25 tahun yang diperoleh sebesar $181,88 \text{ m}^3/\text{detik}$. Berdasarkan perbandingan tersebut, kapasitas penampang sungai masih lebih besar dibandingkan debit banjir rencana, sehingga secara hidrolis sungai masih mampu menampung debit banjir yang terjadi.

Namun demikian, selisih kapasitas debit yang relatif kecil menunjukkan bahwa kondisi sungai berada pada batas kemampuan tampung aliran. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengamanan tambahan seperti penambahan freeboard tanggul untuk mengantisipasi potensi luapan akibat perubahan kondisi

hidrologi, sedimentasi, maupun faktor ketidakpastian lainnya. Perhitungan analisis penampang sungai dapat dilihat pada Lampiran C.3 halaman 57.

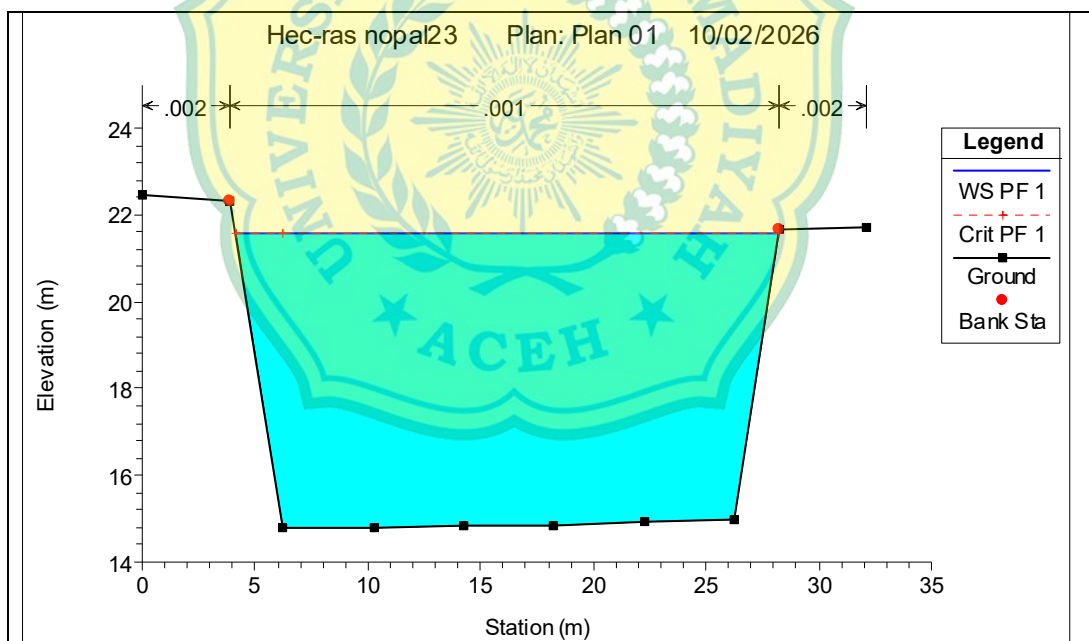
4.2. Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis hidrologi yang telah dilakukan, perhitungan debit puncak banjir pada Sungai Krueng Raya Sanggeue menggunakan metode distribusi Gumbel menghasilkan debit banjir rencana periode ulang 25 tahun sebesar 181,88 m³/detik. Nilai debit tersebut merupakan debit maksimum yang diperkirakan berpotensi terjadi akibat hujan ekstrem dengan peluang kejadian sekali dalam 25 tahun. Debit banjir rencana ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi kemampuan penampang sungai dalam menampung aliran banjir.



Secara keseluruhan, hasil analisis hidrologi dan hidraulika menunjukkan bahwa sistem penampang sungai dan tanggul pada lokasi penelitian masih berada dalam kondisi aman untuk menampung debit banjir rencana. Namun demikian, pengawasan terhadap perubahan kondisi sungai seperti sedimentasi, pertumbuhan vegetasi, serta aktivitas manusia di sekitar sungai tetap perlu

dilakukan agar kapasitas aliran sungai dapat dipertahankan dalam jangka panjang. Dalam konteks pengelolaan jangka panjang, pengawasan terhadap perubahan kondisi sungai seperti sedimentasi, pertumbuhan vegetasi, serta aktivitas manusia di sempadan sungai harus dilakukan secara berkala dan terukur. Sedimentasi yang tidak terkendali akan mengurangi luas penampang basah, vegetasi yang terlalu rapat dapat meningkatkan kekasaran aliran, sedangkan pemanfaatan ruang sempadan yang tidak sesuai berpotensi mempersempit alur efektif sungai. Jika kondisi tersebut dibiarkan, kapasitas aliran akan menurun dan risiko genangan di kawasan sekitar sungai akan meningkat pada saat debit puncak terjadi. Dengan demikian, upaya normalisasi terbatas, pemeliharaan rutin, dan evaluasi ulang kapasitas hidraulika secara periodik merupakan langkah strategis untuk menjaga kinerja sistem pengendalian banjir tetap optimal.



Gambar 4.2 : Penampang sungai dan debit banjir hasil simulasi aplikasi HEC-RAS pada STA 2+300

Untuk memperkuat hasil analisis manual, dilakukan simulasi hidraulika menggunakan aplikasi HEC-RAS pada beberapa penampang representatif Sungai Krueng Raya Sanggeue, salah satunya pada STA 2+250 dan STA 2+300.

Simulasi ini bertujuan untuk melihat profil muka air, distribusi kecepatan aliran, serta respons penampang sungai terhadap debit banjir rencana periode ulang 25 tahun.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan mengenai Evaluasi Tinggi Tanggul Sungai sebagai Pengendalian Banjir pada Krueng Raya Sanggeue dapat dibuat beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut :

5.1. Kesimpulan

Pada sub bab kesimpulan ini dibahas mengenai hasil analisis yang telah dilakukan berdasarkan data dan observasi lapangan. Berikut merupakan kesimpulan dari penelitian yang berjudul Evaluasi Tinggi Tanggul Sungai sebagai Pengendalian Banjir pada Krueng Raya Sanggeue yaitu :

1. Hasil analisis menunjukkan bahwa keberadaan tanggul pada Sungai Krueng Raya Sanggeue saat ini masih mampu menampung debit banjir rencana untuk periode ulang 25 tahun yang diperkirakan sebesar 181,88 m³/detik. Perhitungan kapasitas penampang sungai eksisting yang dihitung sebesar 266,784 m³/detik menunjukkan bahwa secara hidraulis, sungai ini masih mampu menangani debit puncak banjir tersebut. Namun, kapasitas yang ada saat ini sudah mendekati batas maksimum yang dapat ditampung. Ini menunjukkan bahwa meskipun kondisi tanggul masih cukup baik dalam mengendalikan banjir, ada potensi risiko jika terjadi perubahan iklim atau hujan ekstrem yang dapat menyebabkan debit lebih besar dari kapasitas yang ada.
2. Berdasarkan hasil evaluasi, meskipun tanggul eksisting masih memenuhi kapasitas aliran banjir yang dihitung, proyeksi perubahan hidrologi dan potensi peningkatan curah hujan di masa depan memerlukan perhatian lebih dalam desain pengendalian banjir. Penambahan kapasitas tanggul dalam hal tinggi dan lebar puncak serta penguatan struktur perlu dipertimbangkan untuk mengatasi dampak dari fenomena iklim yang lebih ekstrem. Selain itu, pemeliharaan dan pemantauan berkala terhadap

kondisi fisik tanggul sangat penting untuk menjaga kinerja optimal dalam jangka panjang.

3. Dengan kapasitas yang sudah mendekati batasnya, meskipun tanggul saat ini mampu menahan debit banjir untuk periode 25 tahun, perlu adanya perencanaan jangka panjang yang lebih adaptif terhadap perubahan hidrologi. Mengingat potensi risiko yang muncul akibat perubahan iklim, perencanaan pengendalian banjir yang fleksibel dan berkelanjutan harus menjadi prioritas. Oleh karena itu, penambahan lapisan pengaman pada tanggul yang lebih tinggi atau perubahan desain lainnya bisa menjadi solusi untuk memperpanjang umur dan fungsi dari struktur pengendali banjir ini.

5.2. Saran

Adapun beberapa saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian Evaluasi Tinggi Tanggul Sungai sebagai Pengendalian Banjir pada Krueng Raya Sanggeue antara lain :

1. Untuk perencanaan peningkatan kapasitas tanggul ke depannya, disarankan untuk memperhitungkan faktor perubahan hidrologi dan proyeksi curah hujan ekstrem agar desain tanggul lebih adaptif terhadap kondisi cuaca yang berubah.
2. Diharapkan pemerintah Kabupaten Pidie dapat lebih memperhatikan perawatan mencegah kerusakan lebih lanjut terutama dalam menghadapi potensi banjir yang lebih besar di masa mendatang.

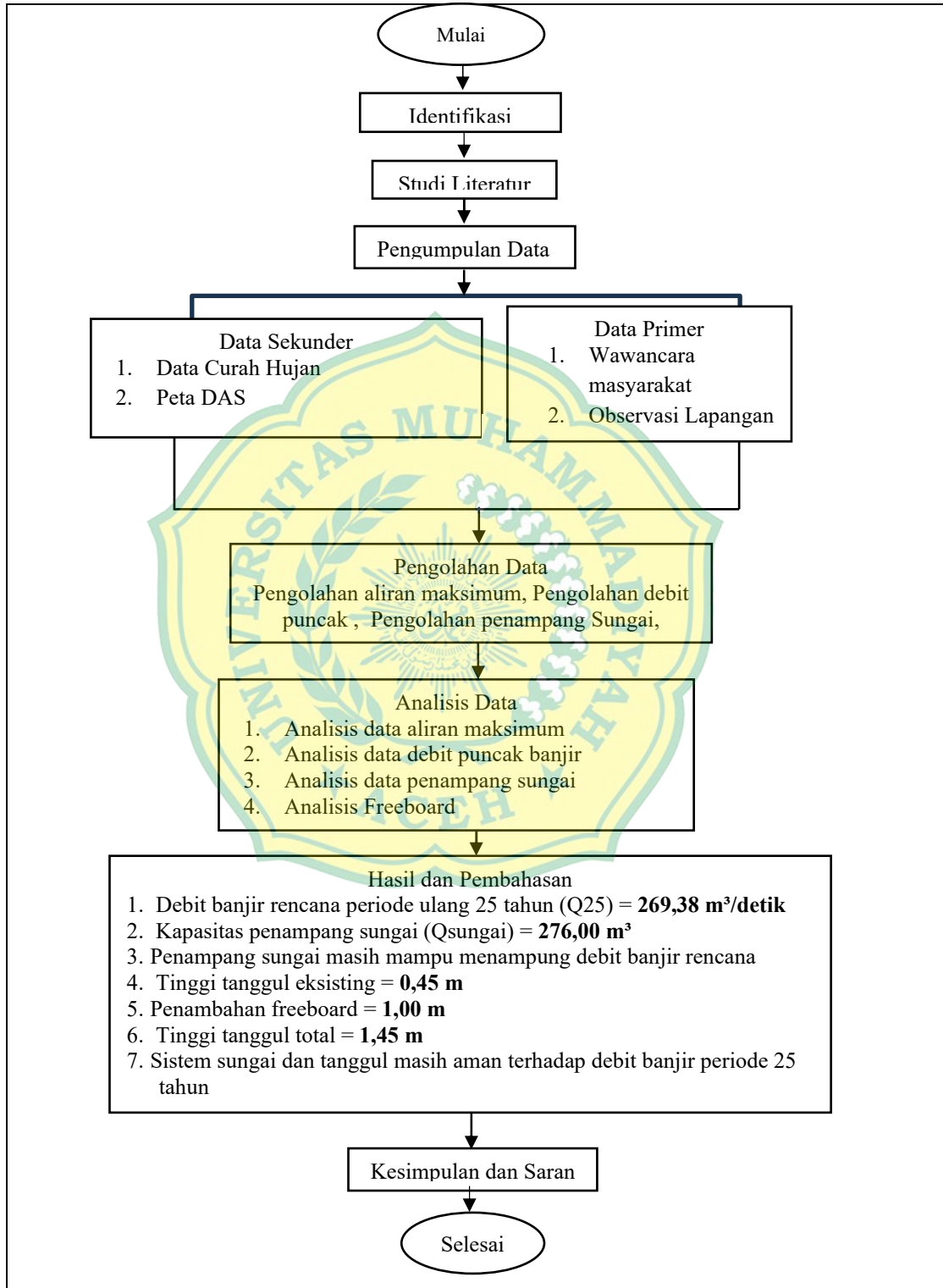
DAFTAR PUSTAKA

- Alfa Dipo Sundalangi Jeffry S. F. Sumarauw, T. M. (2020). *ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR*. 8(3), 395–402.
- Arashi, F. B., Iskandar, A. L., Sarifah, F., Azril, M., Ramadhan, R., Daniswara, M. P., & Rahmadhani, F. (2024). *Analisis Dampak Bencana Banjir terhadap Kondisi Sosial dan Ekonomi pada Masyarakat*. 6(2), 56–64.
- Elvida, M., Arifaini, N., & Tugiono, S. (2023). *Analisis Hidrolika dan Perencanaan Tinggi Jagaan (Freeboard) Jembatan Kereta Api BH-102 KM-53 + 778 pada Sungai Way Tipo Bekri Kabupaten Lampung Tengah*. *Journal of River Structural Design & Development*, 11(1).
- Gnan, E., et al. (2024). *Freeboard Life-cycle Benefit-Cost Analysis of a Rental Single-family Home*. *Frontiers in Climate*, 2(2023).
- Kurniawan, A., & Wijaya, R. (2020). *Optimasi Tanggul dalam Pengendalian Banjir di Wilayah Perkotaan*. *Jurnal Teknik Hidrologi*, 10(2), 145–160.
- M. Afif Salim, A. B. S. (2021). *Kajian Penanganan Dampak Banjir Kabupaten Pekalongan*. 4(2), 295–303.
- Muldiyatno, F., Djunarsjah, E., Adrianto, D., & Pranowo, W. S. (2010). *KAJIAN AWAL PERUBAHAN MUKA AIR SUNGAI UNTUK PENENTUAN DATUM PETA (STUDI KASUS SUNGAI MUSI PALEMBANG)*.
- Nugroho, D. A., & Handayani, W. (2021). *Kajian Faktor Penyebab Banjir dalam Perspektif Wilayah Sungai : Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota PEMBELAJARAN DARI SUB SISTEM DRAINASE SUNGAI BERINGIN STUDY OF THE CAUSE OF FLOOD IN THE PERSPECTIVE OF WATERSHED AREA : LESSONS*. October.
- Putra, T. D., Fatimah, E., Magister, M., Sipil, T., Teknik, F., Kuala, U. S., Sipil, J. T., Teknik, F., & Kuala, U. S. (2018). *Pengaruh pilar jembatan pango terhadap pola aliran sungai krueng aceh*. 1, 1005–1018.
- Ruhiat, D. (2022). *Implementasi distribusi peluang gumbel untuk analisis data curah hujan rencana*. 7(1), 213–224.

- Sri Wanto, Sigit Riswanto, M. W. (n.d.). *ANALISA PENENTUAN ELEVASI TANGGUL SUNGAI DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI HEC-RAS*. 328–335.
- Suheri, A., Kusmana, C., & Purwanto, Y. (2020). *Analisis Debit Puncak dan Tinggi Muka Air*. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(3), 395–402.
- Tangkudung, H., & Hendratta, L. (2019). *ANALISIS DEBIT BANJIR DAN TINGGI MUKA AIR*. 7(8), 1049–1059.



LAMPIRAN A



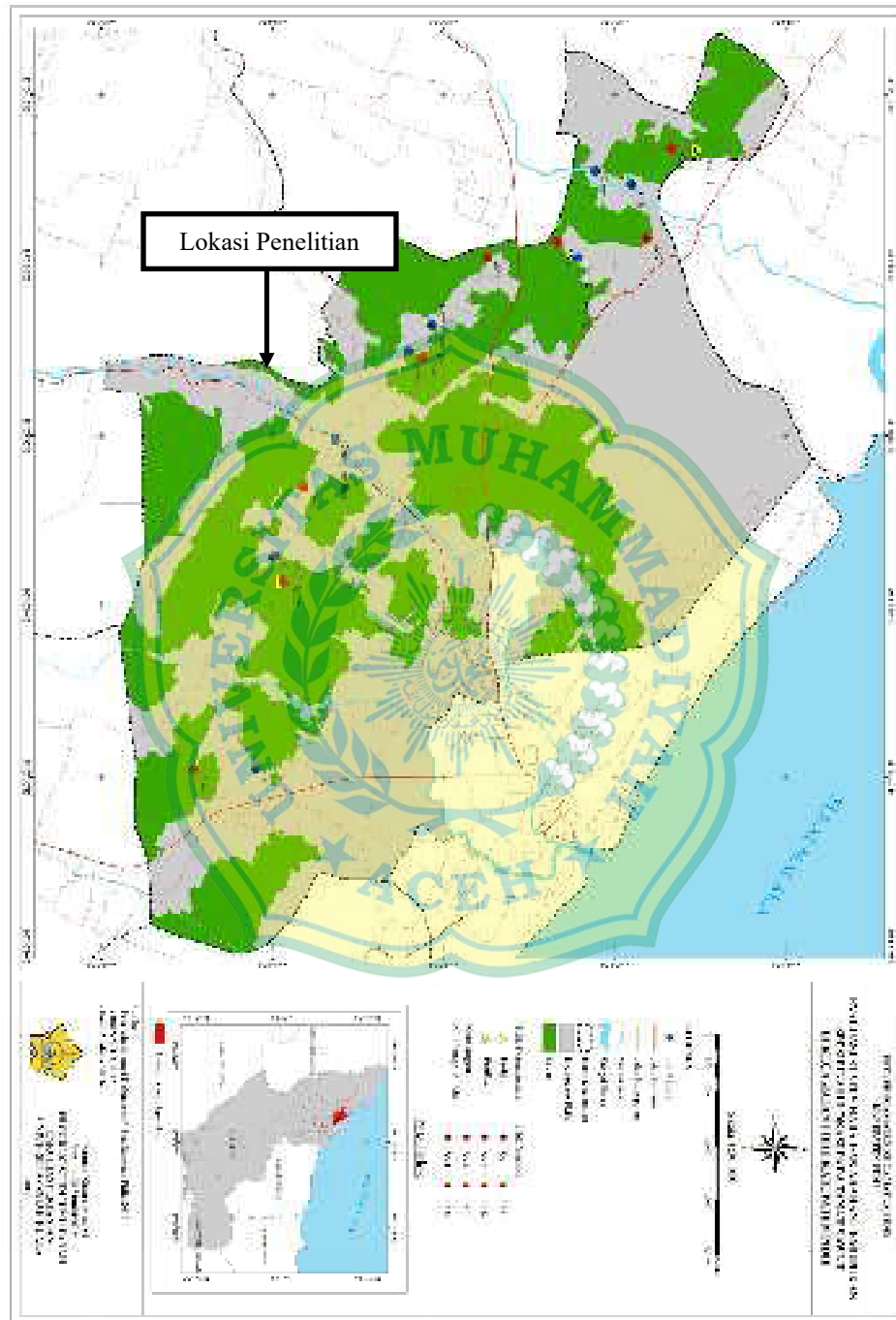
Gambar A.1.1 : Bagan Alir



LAMPIRAN A



LAMPIRAN A



Gambar A.1.3 = Peta Kota Sigli
 Sumber = UPTB GIS Kota Sigli (2018)





Gambar A.1.5 = Lokasi Penelitian
 Sumber = <https://earth.google.com/> (2025)



Gambar A.1.6 = Foto Yang Diambil Langsung Pada Lokasi Yang Akan
 Menjadi Topik Penelitian
 Sumber = Dokumentasi Lapangan



Gambar A.1.7 = Foto Yang Diambil Langsung Pada Lokasi Yang Akan
Menjadi Topik Penelitian
Sumber = Dokumentasi Lapangan



Gambar A.1.8 = Foto Yang Diambil Langsung Pada Lokasi Yang Akan
Menjadi Topik Penelitian

--



LAMPIRAN B

Tabel B.2.1 Nilai Koefisien Koefisien limpasan.

Jenis Permukaan	Koefisien Limpasan (C)
Tanah kosong, sangat porous	0.05 - 0.10
Tanah kosong, sedikit porous	0.10 - 0.20
Tanah pertanian (sawah, ladang)	0.20 - 0.30
Tanah pertanian (kebun, ladang kering)	0.30 - 0.40
Rumput	0.30 - 0.35
Tanah berbatu	0.35 - 0.50
Permukaan beraspal (jalan, trotoar)	0.70 - 0.90
Beton	0.85 - 0.95
Atap bangunan	0.90 - 1.00

Sumber : Suripin, 2004

LAMPIRAN B

Tabel B.2.2 Koefisien Faktor K

Jumlah Data (n)	Yn (Mean Reduced Variate)	Sd (Standar Deviasi Reduced Variate)
5	0.4590	0.5649
10	0.4952	0.5362
15	0.5128	0.5251
20	0.5236	0.5296
25	0.5236	0.5342
50	0.5485	0.5558
75	0.5570	0.5643
100	0.5600	0.5704

Sumber : Menurut Supardi, 1984

LAMPIRAN B

Tabel B.2.3 Koefisien manning (kondisi permukaan lahan)

Jenis Permukaan	Koefisien Limpasan (C)
Tanah kosong, sangat poros	0.05 - 0.10
Tanah kosong, sedikit poros	0.10 - 0.20
Tanah pertanian (sawah, ladang)	0.20 - 0.30
Tanah pertanian (kebun, ladang kering)	0.30 - 0.40
Rumput	0.30 - 0.35
Tanah berbatu	0.35 - 0.50
Permukaan beraspal (jalan, trotoar)	0.70 - 0.90

Sumber : Triatmodjo, 2008

LAMPIRAN B

Tabel B.2.4 Koefisien manning (kondisi sungai)

Kondisi Sungai	Rentang Nilai n
Vegetasi ringan	0,045 – 0,075
Vegetasi sedang	0,075 – 0,150
Vegetasi lebat / banyak hambatan	0,150 - 0,200

Sumber : Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2013. *Kriteria Perencanaan Bangunan Pengaman Sungai (KP-02)*.

LAMPIRAN C

C.1 Perhitungan Analisis Aliran Maksimum

Perhitungan untuk memperkirakan debit puncak atau aliran maksimum yang terjadi akibat hujan intens, yaitu:

$$Q = 0,2778 \times C \times I \times A$$

Nilai C diperoleh dari : berdasarkan Tabel (2.3), yaitu sebesar 0,25. Nilai tersebut dipilih karena kondisi permukaan lahan di daerah penelitian didominasi oleh lahan pertanian berupa sawah dan ladang.

Nilai A didapat dari : berdasarkan hasil pengukuran luas Daerah Aliran Sungai (DAS) yang mengacu pada Lampiran A berupa peta DAS, dengan luas sebesar 271 km².

Nilai I didapat dari :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_C} \right)^{2/3}$$

$$I = \frac{147}{24} \left(\frac{24}{15,04} \right)^{2/3}$$

$$I = 8,364 \text{ mm/jam (intensitas hujan yang telah dihitung)}$$

Nilai T_C didapat dari :

$$T_C = 0,00195 \times L^{0.77} \times S^{-0.385}$$

$$T_C = 0,00195 \times 5000^{0.77} \times 0.002^{-0.385}$$

$$T_C = 15,04$$

Nilai L didapat dari : Panjangnya Sungai 5000 m

Nilai S didapat dari : Kemiringan lantai sungai

Maka nilai untuk Q(aliran maksimum) adalah :

$$Q = 0,2778 \times 0,25 \times 8,364 \times 271$$

$$Q = 0,2778 \times 2,091 \times 271$$

$$Q = 0,2778 \times 566,661$$

$$Q = 157,418 \text{ m}^3/\text{detik}$$

C.2 Perhitungan Analisis Debit Puncak Banjir

Perhitungan curah hujan rencana periode ulang 25 tahun dengan distribusi Gumbel. Perhitungan debit puncak banjir dilakukan menggunakan distribusi Gumbel sesuai dengan persamaan (2.4.2), yaitu:

$$Q_{25} = \bar{Q} + K \times SD$$

Dimana nilai faktor K didapat dari :

$$K = (Y_t - Y_n) / S_d$$

$$K = (25 - 0,5236) / 0,5342$$

$$K = 45,82$$

Nilai Sd didapat dari : tabel (2.2) $S_d = 0.5342$ (Standar Deviasi Reduced Variate periode 25 tahun)

$$\text{Maka : } Q_{25} = \bar{Q} + K \times SD$$

$$Q_{25} = 157,418 + 45,82 \times 0.5342$$

$$Q_{25} = 157,418 + 24,47$$

$$Q_{25} = 181,88 \text{ m}^3/\text{detik}$$

C.3 Perhitungan Analisis Penampang Sungai

Dalam analisis hidrologi, rumus $Q_{\text{sungai}} = A \times V$ digunakan untuk mengetahui kapasitas penampang sungai dengan menghubungkan luas penampang saluran (A) dan kecepatan aliran (V).

Nilai A didapat dari :

$$A = \text{lebar} \times \text{kedalaman}$$

$$A = 12 \times 4$$

$$A = 48 \text{ m}^2$$

Nilai V didapat dari :

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

$$V = \frac{1}{0,012} \times 1,84^{\frac{2}{3}} \times 0,002^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 83,3 \times 1,501 \times 0,0447$$

$$V = 5,588 \text{ m/detik}$$

Nilai n dari rumus diatas didapat dari : berdasarkan Tabel 2.4 sungai alami dengan vegetasi sedang, sehingga diperoleh nilai n sebesar 0,012.

Nilai R(jari jari hidrolis) dari :

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

$$R = \frac{48}{26}$$

$$R = 1,84$$

Untuk mencari nilai P untuk rumus R diatas diperoleh dari :

$$P = B + 2h$$

$$P = 12 + 2(7)$$

$$P = 26$$

Maka nilai untuk Q_{sungai} (kapasitas penampang sungai) adalah :

$$Q_{\text{sungai}} = A \times V$$

$$Q_{\text{sungai}} = 48 \times 5,558$$

$$Q_{\text{sungai}} = 266,784 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Kesimpulan akhir :

$$Q_{\text{sungai}} \geq Q_{\text{banjir}}$$

$$Q_{\text{sungai}} = 266,784 \text{ m}^3/\text{detik} > Q_{25} = 181,88 \text{ m}^3/\text{detik}$$

BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR

Telah dilaksanakan Sidang Tugas Akhir Tahun Ajaran 2025/2026

Hari/Tanggal : Rabu, 11 Februari 2026

Tempat : Ruang Seminar FT

Nama Mahasiswa : Nauval Annas

NIM : 2003120045

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Laporan : Evaluasi Tinggi Tanggul Sungai Sebagai Pengendalian Banjir Pada Krueng Raya Sanggeu, Kecamatan Pidie, Aceh

Dengan hasil Sidang Tugas Akhir :

1. Sidang cukup satu kali
2. Sidang cukup satu kali dengan perbaikan

Mengetahui dan menilai :

1. Dosen Pembimbing

Nama : Yulia, ST., MT, IPM

TTD : 

2. Dosen Penguji I

Nama : Akmal, ST., M.Eng, IPM

TTD : 

3. Dosen Penguji II

Nama : Mahdi Syahhana, ST., MT

TTD : 

Mengetahui,
Ketua Seminar



Yulia, ST., MT, IPM

NIDN : 1319078601