

JURNAL REKAYASA

TEKNIK SIPIL STTC

PENANGANAN BANJIR DI KAWASAN DRAJAT AKIBAT MELUAPNYA SUNGAI KALISUBA DENGAN MENGGUNAKAN *RETAINING WALL*

Syaebatul Hamdi¹, Edi Rohadi², Nono Carsono³ 6

ANALISIS DISTRIBUSI AIR BERSIH UNTUK KEBUTUHAN OPERASIONAL RUMAH SAKIT IBU DAN ANAK CAHAYA BUNDA KOTA CIREBON

Ananda Maura Qonitatun Zahra¹, Lia Amaliah², Arif Hanif Hidayat³ 18

ANALISIS KEBUTUHAN AIR IRGASI PADA DAERAH TIRTANEGARA KABUPATEN MAJALENGKA

Reyhan Adhitya Ramdhan¹, Sonie Apriyanto², Dedi Hermawan³ 27

ANALISIS STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT EMPAT LANTAI MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BAJA DAN PELAT LANTAI KOMPOSIT

Nana Mulyana¹, Nandang Susanto², Dennis Bintang Nugroho³ 37



KATA PENGANTAR

Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC adalah jurnal yang diperuntukan bagi mahasiswa dan dosen program studi teknik sipil dalam menyebarkan ilmu pengetahuan melalui penelitian dan pengabdian dengan ruang lingkup penelitian dan pengabdian mengenai ilmu teknik sipil diantaranya bidang keilmuan struktur bangunan, geoteknik, manajemen konstruksi, hidrologi, dan transportasi.

Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC menyambut baik kontribusi yang mempromosikan pertukaran ide. dan wacana rasional antara pendidik, praktisi dan peneliti teknik sipil.

Hasil kajian dan penelitian dalam Jurnal ini didedikasikan untuk memajukan batas pengetahuan dan teknologi dengan mendorong penelitian lintas disiplin dan aplikasi inovatif dalam proyek-proyek rekayasa teknik sipil. Semoga hasil kajian dan penelitian pada **Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC** Volume 04 No. 01 April 2026 ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya pada keilmuan teknik sipil.

Hormat Saya,
Ketua Editor

Ir. Dedi Hermawan, S.T., M.Sc., IPM.

TIM PENGELOLA

Penanggung Jawab

Ketua Program Studi Teknik Sipil | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon, Indonesia

Sekretaris

Ir. Dertawan Widagdo, S.T., M.T., IPM | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Ketua Editor

Ir. Dedi Hermawan, S.T., M.Sc., IPM | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Editor

Lia Amaliah, S.T., M.Si. | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

H. Edi Rohadi, S.T., M.T. | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Neti Nuryati, SPd., M.P.Mat. | Sekolah Tinggi Sains Islam Bina Cendekia Utama Cirebon

Ir. H. Sumarman, M.T. | Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

Managing Editor

Nono Carsono, ST, MT | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

IT Manager

R. Radian Baratasena, S.Kom., M.Kom | Sekolah Tinggi Ilmu Komputer POLTEK Cirebon

Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC

© Redaksi Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC

Program Studi Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon

Gd.Lt.1 Jl.Evakuasi No.11, Cirebon 45135

Telp. (0231) 482196 - 482616 Fax. (0231) 482196 E-mail jurnaltekniksipil@sttcirebon.ac.id

website : <http://ejournal.sttcirebon.ac.id/Jts>

MITRA BESTARI

Dr. Iwan Purnama, S.T., M.T. | Prodi Arsitektur | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Dr. Adam Safitri, S.T., M.T. | Prodi Teknik Sipil | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Eka Widiyananto, S.T., M.T. | Prodi Arsitektur | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Nurhidayah, S.T., M.Ars. | Prodi Arsitektur | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Dr. Ir. Atie Tri Juniati, M.T. | Prodi Teknik Sipil | Universitas Pancasila Jakarta.

Dr. Ir., Martinus Agus Sugiyanto, M.T. | Prodi Teknik Sipil | Universitas Gunung Jati Cirebon.

Dr. Jimat Susilo, S.Pd., M.Pd. | Prodi Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia | Universitas Gunung Jati Cirebon.

Abdul Khamid, S.T., M.T. | Prodi Teknik Sipil | Universitas Muhadi Setiabudi Brebes.

Agung Biantoro, S.T., M.T. | Prodi Teknik Mesin | Universitas Mercu Buana Jakarta.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	2
TIM PENGELOLA	3
MITRA BESTARI	4
DAFTAR ISI.....	5
PENANGANAN BANJIR DI KAWASAN DRAJAT AKIBAT MELUAPNYA SUNGAI KALISUBA DENGAN MENGGUNAKAN RETAILING WALL <i>Syaebatul Hamdi¹, Edi Rohadi², Nono Carsono³</i>	6
ANALISIS DISTRIBUSI AIR BERSIH UNTUK KEBUTUHAN OPERASIONAL RUMAH SAKIT IBU DAN ANAK CAHAYA BUNDA KOTA CIREBON <i>Ananda Maura Qonitatun Zahra¹, Lia Amaliah², Arif Hanif Hidayat³</i>	18
ANALISIS KEBUTUHAN AIR IRGASI PADA DAERAH TIRTANEGARA KABUPATEN MAJALENGKA <i>Reyhan Adhitya Ramdhan¹, Sonie Apriyanto², Dedi Hermawan³</i>	27
ANALISIS STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT EMPAT LANTAI MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BAJA DAN PELAT LANTAI KOMPOSIT <i>Nana Mulyana¹, Nandang Susanto², Dennis Bintang Nugroho³</i>	37

PENANGANAN BANJIR DI KAWASAN DRAJAT AKIBAT MELUAPNYA SUNGAI KALISUBA DENGAN MENGGUNAKAN *RETAINING WALL*

Syaebatul Hamdi¹, Edi Rohadi¹, Nono Carsono²

Program Studi Teknik Sipil – Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon

radenhamdi323@gmail.com¹, eedirohadi@yahoo.com², nono.carsono@yahoo.com³

ABSTRAK

Kawasan Drajat, Kecamatan Kesambi, Kota Cirebon, merupakan salah satu wilayah rawan banjir yang diakibatkan oleh meluapnya Sungai Kalisuba, terutama saat musim hujan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab banjir serta merancang solusi penanganan dengan pendekatan struktur teknik sipil berupa retaining wall. Metode yang digunakan meliputi analisis hidrologi untuk menentukan debit banjir rencana dan analisis hidrolika untuk mengevaluasi kapasitas penampang sungai eksisting. Debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan metode Haspers dan Mononobe, dan berdasarkan kala ulang 10 tahun ditetapkan sebesar 186,4131 m³/detik. Setelah ditambahkan faktor sedimen sebesar 10%, debit desain menjadi 205,0544 m³/detik. Debit rencana menunjukkan bahwa kapasitas sungai saat ini tidak mampu menampung debit puncak, sehingga dibutuhkan penanganan struktural. Alternatif yang dipilih adalah retaining wall tipe kantilever dengan tinggi total 8 meter, mempertimbangkan kedalaman aliran rencana 6,5 meter dan freeboard 1,5 meter. Hasil evaluasi stabilitas struktur menunjukkan bahwa desain memenuhi syarat teknis: Faktor keamanan terhadap guling: 3,659, Faktor keamanan terhadap geser lateral: 1,869, Faktor keamanan terhadap daya dukung tanah: 3,286. Seluruh nilai tersebut melebihi batas minimum yang disyaratkan, sehingga desain dinyatakan aman dan dapat diterapkan sebagai solusi pengendalian banjir di kawasan terdampak.

Kata kunci : Banjir, Sungai Kalisuba, Drajat, *Retaining Wall*, Pengendalian Banjir.

ABSTRACT

*The Drajat area, located in Kesambi Subdistrict, Cirebon City, is one of the flood-prone regions caused by the overflow of the Kalisuba River, especially during the rainy season. This study aims to analyze the causes of flooding and to design a mitigation solution using a civil engineering approach in the form of a retaining wall. The methods used include hydrological analysis to determine the design flood discharge and hydraulic analysis to evaluate the capacity of the existing river cross-section. The design flood discharge was calculated using the Haspers and Mononobe methods, and based on a 10-year return period, it was determined to be 186.4131 m³/s. By adding a 10% sediment factor, the final design discharge reached 205.0544 m³/s. The calculated discharge indicates that the current river capacity is insufficient to accommodate peak flows, thus requiring structural intervention. The selected alternative is a **cantilever-type retaining wall** with a total height of **8 meters**, considering a planned flow depth of **6.5 meters** and a **1.5-meter freeboard**. Structural stability analysis shows that the design meets the technical requirements, with: Safety factor against overturning: **3.659**, Safety factor against sliding: **1.869**, Safety factor for soil bearing capacity: **3.286** All of these values exceed the minimum safety standards, indicating that the structure is safe and feasible to implement as a flood control solution in the affected area.*

Keywords: Flood, Kalisuba River, Drajat, *Retaining Wall*, Flood Mitigation.

I. PENDAHULUAN

Kota Cirebon, yang terletak di pesisir utara Pulau Jawa bagian timur Provinsi Jawa Barat, memiliki topografi dataran rendah dengan ketinggian rata-rata sekitar 5 meter di atas permukaan laut. Kawasan Drajat, yang berada di Kecamatan Kesambi, merupakan salah satu wilayah yang kerap terdampak banjir, terutama saat musim hujan. Salah satu penyebab utama banjir di kawasan ini adalah meluapnya Sungai Kalisuba yang mengalir melalui daerah padat (BPS, 2022) permukiman dan memiliki panjang sekitar 7,5 km dengan lebar rata-rata antara 10–20 meter.

Kondisi ini diperparah oleh tingginya intensitas curah hujan tahunan, terutama pada bulan Januari dan Februari, yang mencapai lebih dari 500 mm per bulan. Akumulasi curah hujan tinggi menyebabkan meningkatnya debit sungai secara signifikan, yang tidak dapat tertampung oleh kapasitas penampang sungai eksisting. Banjir besar yang terjadi pada 17 Januari 2025 menjadi salah satu bukti nyata, di mana empat dari lima kecamatan di Kota Cirebon terdampak, termasuk kawasan Drajat, dengan tinggi genangan mencapai 1,5 meter.

Permasalahan banjir di kawasan ini membutuhkan solusi teknis yang efektif. Salah satu pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan membangun dinding penahan tanah (retaining wall) sebagai bentuk intervensi struktural. Pendekatan ini dipilih karena mempertimbangkan efisiensi ruang, kekuatan struktural, serta efektivitas dalam menahan aliran air sungai yang meningkat drastis saat debit puncak. Berdasarkan teori pengendalian banjir, solusi struktural seperti pembangunan retaining wall menjadi alternatif yang efisien dalam ruang terbatas (Kodoatie, 2005; Haryanto, 2012).

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi penyebab banjir dan kondisi hidrologis Sungai Kalisuba di kawasan Drajat.
2. Menghitung debit banjir rencana yang terjadi pada kala ulang tertentu.
3. Merancang struktur retaining wall yang mampu mengatasi limpasan air dari Sungai Kalisuba secara teknis dan ekonomis.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana permasalahan banjir di Sungai Kalisuba?
2. Berapa debit banjir rencana pada daerah Sungai Kalisuba?
3. Bagaimana perhitungan Retaining wall sebagai salah satu upaya Pengendalian banjir di Sungai Kalisuba?

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat lebih fokus, maka penelitian ini memiliki Batasan-batasan sebagai berikut :

1. Lokasi studi kasus ini berada di Kawasan Drajat Kota Cirebon Jawa Barat (6.7391086,108.54774,E) titik koordinat, khususnya di Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Kalisuba yang berada di area Jabang Bayi.
2. Penelitian ini berfokus pada perancangan dinding penahan tanah (Retaining wall) sebagai salah satu upaya pengendalian banjir di Sungai Kalisuba, Kawasan Drajat.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan Referensi
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan Referensi dalam penanganan banjir di Kawasan Drajat, Kota Cirebon.
2. Meningkatkan kesadaran Masyarakat
Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran Masyarakat tentang pentingnya penanganan banjir dan pengelolaan lingkungan.
3. Memberikan Kontribusi ilmu pengetahuan
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada ilmu pengetahuan tentang penanganan banjir dan pengelolaan lingkungan.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Sungai

2.1.1 Definisi dan Karakteristik Sungai

Sungai merupakan aliran air alami yang mengalir secara terus-menerus dari daerah dengan elevasi yang lebih tinggi menuju daerah yang lebih rendah melalui suatu saluran tetap hingga bermuara ke laut, danau, atau sungai lainnya. Aliran sungai dapat berasal dari curah hujan, mata air, maupun gabungan dari anak-anak sungai yang membentuk suatu sistem daerah aliran sungai (DAS) (Fuady & Azizah, 2008). Keberadaan sungai memiliki peran penting dalam sistem hidrologi karena berfungsi sebagai media utama pengaliran limpasan permukaan sekaligus menjaga keseimbangan siklus air.

Menurut Suprayogi et al. (2022), sungai memiliki beberapa karakteristik utama, yaitu memiliki aliran air yang berlangsung secara kontinu, saluran atau alur yang relatif tetap, serta bagian hulu dan hilir yang membentuk sistem pengaliran. Sungai juga menerima aliran dari anak-anak sungai (tributary) yang berkontribusi terhadap besarnya debit aliran pada sungai utama. Selain itu, sungai berfungsi sebagai sistem drainase alami yang mengumpulkan air hujan dari daerah tangkapan kemudian mengalirkannya menuju badan air penerima.

Karakteristik sungai dipengaruhi oleh kondisi topografi, geologi, iklim, serta penggunaan lahan di sekitarnya. Pada bagian hulu umumnya sungai memiliki kemiringan dasar yang curam dengan kecepatan aliran tinggi sehingga proses erosi lebih dominan. Sebaliknya, pada bagian hilir kemiringan dasar sungai relatif landai sehingga kecepatan aliran menurun dan proses sedimentasi menjadi lebih dominan. Perubahan karakteristik tersebut menyebabkan bentuk penampang sungai dapat berubah akibat proses erosi dan pengendapan sedimen yang berlangsung secara alami.

Di kawasan perkotaan, perubahan tata guna lahan dan meningkatnya luas permukaan kedap air menyebabkan limpasan permukaan meningkat sehingga debit sungai bertambah secara signifikan pada saat hujan. Apabila kapasitas penampang sungai tidak mampu menampung debit yang terjadi, maka air akan meluap ke wilayah sekitarnya dan menimbulkan banjir. Oleh karena itu, pemahaman terhadap karakteristik sungai menjadi dasar dalam perencanaan bangunan pengendali banjir, termasuk normalisasi sungai maupun pembangunan dinding penahan tanah (*retaining wall*).

2.1.2 Fungsi Ekologis Sungai

Sungai merupakan salah satu komponen utama dalam ekosistem perairan yang memiliki fungsi ekologis penting bagi keberlangsungan lingkungan. Selain berperan sebagai jalur pengaliran air, sungai juga menjadi habitat bagi berbagai jenis flora dan fauna air serta mendukung keberlangsungan keanekaragaman hayati (Mihov & Hristov, 2011). Ekosistem sungai menyediakan tempat hidup, berkembang biak, dan mencari makan bagi berbagai organisme sehingga keberadaannya harus tetap terjaga.

Sungai juga berfungsi sebagai media transportasi alami unsur hara (nutrient) dari daerah hulu menuju hilir. Proses ini mendukung produktivitas ekosistem baik di sepanjang aliran sungai maupun pada wilayah muara. Selain itu, vegetasi riparian, tanah aluvial, dan mikroorganisme yang terdapat di sekitar sungai berperan dalam proses penyaringan alami sehingga membantu mempertahankan kualitas air dengan mengurangi kandungan bahan pencemar.

Menurut National Park Service (2022), kawasan di sepanjang sungai membentuk koridor hijau (*green corridor*) yang menghubungkan berbagai habitat alami. Koridor ini berfungsi sebagai jalur migrasi satwa liar sekaligus menjaga konektivitas ekosistem. Vegetasi riparian juga berkontribusi dalam menstabilkan tebing sungai, mengurangi laju erosi, serta memperlambat limpasan permukaan sehingga dapat membantu mengurangi risiko banjir.

Dalam konteks pengelolaan sungai di kawasan perkotaan, fungsi ekologis perlu dipertimbangkan bersamaan dengan fungsi hidraulik. Upaya penanggulangan banjir, seperti pembangunan dinding penahan tanah, tidak hanya ditujukan untuk meningkatkan kapasitas sungai dalam mengalirkan debit banjir, tetapi juga perlu memperhatikan keberlanjutan fungsi ekologis sungai agar keseimbangan lingkungan tetap terjaga.

2.2 Banjir

2.2.1 Definisi dan Penyebab Banjir

Banjir merupakan peristiwa meluapnya air yang menggenangi daratan yang pada kondisi normal tidak tergenang akibat volume aliran yang melebihi kapasitas sungai, saluran drainase, maupun bangunan pengendali air. Kondisi ini umumnya dipicu oleh curah hujan yang tinggi, sehingga debit aliran meningkat dan melampaui kapasitas penampang sungai (Dino, 2023).

Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2018), banjir dipengaruhi oleh kombinasi faktor alam dan aktivitas manusia. Faktor alam meliputi intensitas hujan yang tinggi, kondisi topografi yang relatif datar, pasang air laut, serta karakteristik tanah yang memiliki kemampuan infiltrasi rendah. Sementara itu, faktor antropogenik meliputi perubahan tata guna lahan, penyempitan badan sungai, kerusakan tanggul dan sistem drainase, penebangan hutan, serta penyumbatan saluran oleh sedimen maupun sampah. Di kawasan perkotaan, meningkatnya luas permukaan kedap air menyebabkan limpasan permukaan bertambah sehingga memperbesar potensi terjadinya banjir.

Berdasarkan mekanisme terjadinya, banjir dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, antara lain banjir sungai (*fluvial flood*), banjir perkotaan (*urban flood*), banjir pesisir (*coastal flood*), banjir bandang (*flash flood*), dan banjir akibat longsoran (*landslide flood*). Penelitian ini berfokus pada banjir sungai, yaitu banjir yang terjadi akibat meluapnya aliran sungai karena debit banjir melebihi kapasitas penampang sungai.

2.2.2 Dampak Banjir

Banjir menimbulkan berbagai dampak terhadap aspek fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan. Dampak fisik meliputi kerusakan jalan, jembatan, bangunan, jaringan drainase, serta infrastruktur publik lainnya. Selain itu, banjir dapat menyebabkan kerusakan permukiman, kerugian ekonomi akibat terhentinya aktivitas masyarakat, serta menurunkan kualitas lingkungan melalui erosi, sedimentasi, dan pencemaran air (Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2018).

Dari aspek sosial, banjir berpotensi mengganggu aktivitas masyarakat, menyebabkan evakuasi

penduduk, meningkatkan risiko penyebaran penyakit berbasis air, serta menimbulkan dampak psikologis bagi korban. Besarnya dampak yang ditimbulkan menunjukkan bahwa upaya pengendalian banjir menjadi bagian penting dalam pengelolaan sumber daya air, khususnya pada kawasan perkotaan yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap genangan.

2.2.3 Strategi Pengendalian Banjir

Pengendalian banjir merupakan serangkaian upaya yang dilakukan untuk mengurangi risiko terjadinya banjir maupun meminimalkan dampak yang ditimbulkannya. Secara umum, strategi pengendalian banjir dibedakan menjadi pendekatan struktural dan nonstruktural. Pendekatan struktural dilakukan melalui pembangunan infrastruktur seperti normalisasi sungai, tanggul, bendungan, kolam retensi, sistem drainase, serta bangunan pelindung tebing sungai. Sementara itu, pendekatan nonstruktural meliputi penataan ruang, konservasi daerah resapan, pengelolaan daerah aliran sungai, dan sistem peringatan dini banjir (Kustamar et al., 2018; Wibowo, 2020).

Pada kawasan perkotaan yang memiliki keterbatasan ruang, pembangunan bangunan pelindung tebing sungai menjadi salah satu alternatif yang efektif untuk meningkatkan kapasitas sungai tanpa memerlukan pelebaran alur yang signifikan. Dinding penahan tanah (retaining wall) tidak hanya berfungsi menjaga stabilitas tebing sungai terhadap tekanan tanah dan aliran air, tetapi juga membantu meningkatkan keamanan sungai dalam mengalirkan debit banjir rencana. Oleh karena itu, penggunaan retaining wall menjadi salah satu solusi struktural yang sesuai untuk diterapkan pada Sungai Kalisuba di Kota Cirebon sebagai upaya pengendalian banjir.

2.3 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi secara umum dilakukan guna mendapatkan karakteristik dari geomorfologi daerah aliran sungai (DAS) dan karakteristik hidrologi. Geomorfologi atau morfometri daerah aliran sungai (DAS) merupakan suatu nilai kuantitatif berdasarkan parameter-parameter pada daerah aliran sungai (DAS) seperti batas dan luas DAS, panjang sungai utama, orde sungai, dan tingkat kerapatan drainase. Sedangkan karakteristik hidrologi juga berhubungan dengan geomorfologi DAS dalam perhitungan hidrograf aliran sehingga dapat diketahui besarnya debit banjir rancangan akibat curah hujan daerah pada suatu DAS.

2.3.1 Analisis Curah Hujan Daerah

Analisis curah hujan daerah dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan maksimum rerata daerah atau wilayah yang ditunjukkan oleh titik-titik stasiun hujan yang berada yang nantinya akan

digunakan dalam analisis curah hujan rancangan dan debit banjir rancangan.

Untuk menentukan curah hujan rata-rata daerah terdapat 3 metode yang umum dapat digunakan, yaitu:

1. Metode Aritmatik

Metode Aritmatik ditentukan dengan cara menjumlahkan tinggi hujan dari semua tempat pengukuran selama periode tertentu, dibagi dengan jumlah pos pengukuran.



Gambar 1. Contoh Penggambaran Metode Aritmatik

Sumber : SNI 2415-2016

Metode ini sebaiknya dipakai pada daerah yang datar, pos hujan banyak dan sifat hujan yang merata, digunakan persamaan:

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

Dimana :

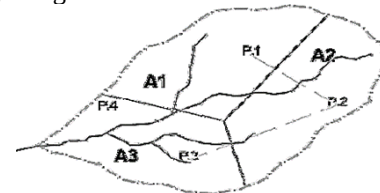
$\bar{P}$ = tinggi hujan rata-rata (mm)

$P_1, \dots, P_n$ = tinggi pada setiap pos hujan yang diamati (mm)

n = banyaknya pos hujan.

2. Metode Thiessen

Metode *Thiessen* ditentukan dengan cara membuat poligon antar pos hujan pada suatu wilayah DAS kemudian tinggi hujan rata-rata daerah dihitung dari jumlah perkalian antara tiap-tiap luas polygon dan tinggi hujannya dibagi dengan luas seluruh DAS.



Gambar 2. Contoh Penggambaran Metode Polygon Thiessen

Sumber : SNI 2415-2016

Metode ini cocok untuk menentukan tinggi hujan rata-rata, apabila pos hujannya tidak merata, digunakan persamaan

$$\bar{P} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{A_{total}}$$

Dengan:

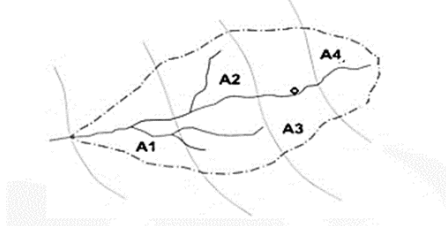
$\bar{P}$ = tinggi hujan rata-rata (mm)

$A_1, \dots, A_n$ = luas yang dibatasi garis polygon (km²)

A_{total} = luas total DAS ($A_1 + A_2 + \dots + A_n$) (km²).

3. Metode Isohyet

Metode *isohyet* ditentukan dengan cara menggunakan peta garis kontur tinggi hujan suatu daerah dan tinggi hujan rata-rata DAS dihitung dari jumlah perkalian tinggi hujan rata-rata diantara garis isohyet dengan luas antara kedua garis isohyet tersebut, dibagi luas seluruh DAS.



Gambar 3. Contoh Penggambaran Metode Isohyet
Sumber : SNI 2415-2016

Metode ini cocok untuk daerah pegunungan dan yang berbukit-bukit, digunakan persamaan:

$$\bar{P} = \frac{A\left(\frac{P_1+P_2}{2} + A_2\frac{(P_2+P_3)}{2} + \dots + A_n\frac{(P_n+P_{n+1})}{2}\right)}{A_{total}}$$

Dengan :

- $\bar{P}$ = tinggi hujan rata-rata (mm)
- $P_1, \dots, P_n$ = tinggi pada setiap pos hujan yang diamati (mm)
- n = banyaknya pos hujan.

2.3.2 Uji Konsistenssi Data Hujan

Uji konsistensi data hujan dilakukan untuk memastikan bahwa data curah hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi memiliki kualitas yang baik, homogen, dan representatif. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi adanya perubahan karakteristik data yang dapat disebabkan oleh perpindahan lokasi stasiun hujan, perubahan alat ukur, perubahan kondisi lingkungan sekitar stasiun, maupun kesalahan dalam pencatatan data. Data yang tidak konsisten berpotensi menghasilkan analisis hidrologi yang kurang akurat sehingga perlu dilakukan pengujian sebelum digunakan pada tahap analisis berikutnya (Soewarno, 1995).

Salah satu metode yang umum digunakan adalah uji Kurva Massa Ganda (*Double Mass Curve*), yaitu dengan membandingkan akumulasi curah hujan suatu stasiun terhadap akumulasi curah hujan rata-rata dari beberapa stasiun pembanding di sekitarnya. Apabila hubungan kedua data membentuk garis lurus, maka data dianggap konsisten. Sebaliknya, perubahan kemiringan kurva menunjukkan adanya ketidakkonsistenan sehingga diperlukan koreksi terhadap data hujan (Lily Montarchih, 2010).

Selain uji konsistensi, kualitas data hujan juga dapat dievaluasi melalui uji stasioner, yang bertujuan untuk mengetahui kestabilan nilai rata-rata dan varians data deret waktu. Pengujian dilakukan menggunakan uji F untuk menilai homogenitas varians dan uji t untuk menguji kestabilan nilai rata-rata. Data yang memenuhi kedua pengujian tersebut dinyatakan stasioner sehingga layak digunakan dalam analisis hidrologi.

Selanjutnya, uji persistensi digunakan untuk mengetahui tingkat ketergantungan antar data dalam suatu deret waktu. Pengujian ini umumnya dilakukan menggunakan metode Spearman untuk menentukan koefisien korelasi serial. Data yang bersifat acak (random) dan tidak memiliki korelasi serial yang signifikan menunjukkan bahwa data tersebut memenuhi asumsi independensi.

Tahapan berikutnya adalah uji *outlier*, yang bertujuan mengidentifikasi data ekstrem yang dapat memengaruhi hasil analisis statistik. Data dengan nilai yang berada di luar batas atas maupun batas bawah perlu dievaluasi karena dapat menyebabkan penyimpangan dalam pemilihan distribusi probabilitas maupun perhitungan debit banjir rencana.

Secara umum, data curah hujan dapat digunakan dalam analisis hidrologi apabila telah memenuhi persyaratan konsistensi, bersifat stasioner, tidak menunjukkan kecenderungan (trend) tertentu, serta tidak mengandung data ekstrem yang dapat memengaruhi hasil analisis (Soewarno, 1995). Data yang telah lolos pengujian tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis frekuensi hujan dan penentuan debit banjir rencana.

2.3.3 Pengukuran Dispersi

Pengukuran dispersi digunakan untuk mengetahui karakteristik penyebaran data hujan sebelum dilakukan analisis distribusi frekuensi. Parameter statistik yang umum digunakan meliputi nilai rata-rata (*mean*), simpangan baku (*standard deviation*), koefisien kemencengan (*skewness*), koefisien kurtosis (*kurtosis*), dan koefisien variasi (*coefficient of variation*) (Soewarno, 1995).

Parameter-parameter tersebut dihitung menggunakan persamaan berikut.

- *Mean*

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Dengan:

$\bar{x}$ = Rerata data

x_i = Jumlah nilai data

n = Jumlah banyaknya data

- Simpangan baku (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

Dengan :

Sd = Simpangan baku

Xi = Jumlah nilai data

$\bar{x}$ = Rerata data

n = Jumlah banyaknya data

- Koefisien kemencengan (Cs)

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot Sd^3}$$

Dengan:

Cs = koefisien kepengcengan

Xi = jumlah nilai data

$\bar{x}$ = Rerata data

Sd = simpangan baku

n = jumlah banyaknya data

- Koefisien kurtosis (Ck)

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}}$$

Dengan:

Cv = koefisien variansi

$\bar{x}$ = Rerata data

s = simpangan baku

- Koefisien variasi

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}}$$

Dengan :

Cv = Koefisien variasi

$\bar{x}$ = Rerata data

s = simpangan baku

Persyaratan parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi ditampilkan pada Tabel 1. berikut ini.

Tabel 1. Distribusi Parameter

No.	Distribusi	Persyaratan
1.	Normal	$(\bar{x} \pm s) = 68,27\%$ $(\bar{x} \pm 2s) = 95,44\%$ $C_s \approx 0$ $C_s \approx 3$
2.	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3.	Gumbel	$C_s \approx 1,14$ $C_s \approx 5,4$
4.	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas

Sumber : Bambang T. (2010, p.250)

2.3.4 Pemilihan Jenis Distribusi

Pemilihan jenis distribusi probabilitas dilakukan untuk memperoleh distribusi yang paling sesuai dengan karakteristik data hidrologi sehingga dapat digunakan dalam analisis curah hujan rancangan. Pemilihan distribusi didasarkan pada parameter statistik hasil analisis dispersi, seperti koefisien variasi (Cv), koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*, Cs), dan koefisien kurtosis (*coefficient of kurtosis*, Ck). Parameter-parameter tersebut dibandingkan dengan kriteria masing-masing distribusi untuk menentukan distribusi yang paling sesuai (Soewarno, 1995; Bambang Triatmodjo, 2010).

Beberapa distribusi probabilitas yang umum digunakan dalam analisis hidrologi meliputi Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Tipe III. Distribusi Normal digunakan apabila data memiliki penyebaran yang simetris, sedangkan Distribusi Log Normal digunakan untuk data yang mengikuti pola logaritmik. Distribusi Gumbel banyak diterapkan dalam analisis nilai ekstrem, khususnya untuk memperkirakan curah hujan atau debit banjir maksimum. Sementara itu, Distribusi Log Pearson Tipe III merupakan distribusi yang paling banyak digunakan dalam analisis hidrologi karena mampu mengakomodasi data yang memiliki tingkat kemencengan tertentu.

Pemilihan distribusi yang digunakan dalam penelitian dilakukan berdasarkan hasil analisis parameter statistik dan selanjutnya diverifikasi menggunakan uji kesesuaian distribusi (*goodness of fit test*) agar distribusi terpilih benar-benar mewakili karakteristik data yang dianalisis.

2.3.5 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya (Suripin, 2004).

Apabila data tersedia adalah data hujan harian, maka dapat digunakan rumus persamaan Metode Mononobe sebagai berikut:

$$I_t = \frac{R_{24}}{t} \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Dengan:

I_t = intensitas hujan untuk lama hujan t (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

R24= hujan harian selama 24 jam (mm/hari)

T = Waktu hujan (jam).

2.3.6 Distribusi Hujan dengan ABM

Alternating Block Method (ABM) merupakan metode yang digunakan untuk mengubah curah hujan rancangan harian menjadi distribusi hujan jam-jaman (hyetograph). Distribusi hujan jam-

jaman diperlukan sebagai masukan dalam analisis hidrograf banjir sehingga besarnya debit banjir rancangan dapat dihitung berdasarkan pola hujan yang terjadi selama durasi tertentu. Menurut Chow et al. (1988), ABM menyusun blok-blok hujan berdasarkan nilai intensitas hujan pada setiap interval waktu, kemudian mengurutkannya secara bergantian dengan intensitas maksimum ditempatkan di bagian tengah hyetograph.

Prosedur penyusunan distribusi hujan menggunakan ABM meliputi penentuan durasi hujan, perhitungan intensitas hujan untuk setiap interval waktu, penentuan kedalaman hujan tiap interval, serta penyusunan blok hujan secara bergantian (alternating) hingga diperoleh pola distribusi hujan jam-jaman. Hasil distribusi hujan tersebut selanjutnya digunakan sebagai data masukan dalam analisis hidrograf satuan sintetik untuk memperoleh debit banjir rancangan (Triatmodjo, 2010).

2.3.7 Koefisien Pengaliran (Run-Off Coefficient)

Aliran permukaan (*run off*) atau dengan istilah lain koefisien permukaan (C) adalah perbandingan besarnya curah hujan yang terjadi dengan jumlah air hujan yang mengalir di daerah tersebut. Koefisien pengaliran ini tergantung pada kondisi yang ada di lapangan berupa kondisi topografi dan klimatologi pada daerah tersebut. Kondisi topografi meliputi luas dan bentuk DAS, kemiringan lereng, geologi tanah, jenis tanah, daya infiltrasi dan perkolasi tanah serta penggunaan lahan (*landuse*). Sedangkan kondisi klimatologi meliputi curah hujan, suhu, evaporasi, kecepatan angin dan lama penyinaran matahari.

Angka koefisien pengaliran (C) berkisar antara 0 sampai 1. Nilai C = 0 menunjukkan bahwa semua air hujan yang jatuh ke permukaan akan terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya untuk nilai C = 1 menunjukkan bahwa semua air hujan jatuh ke permukaan akan melimpas seluruhnya.

Tabel 2. Koefisien Pengaliran didasarkan pada Tata Guna Lahan

Kondisi DAS	Angka Pengaliran
Daerah pegunungan berlereng terjal	0.75 - 0.90
Daerah perbukitan	0.70 - 0.80
Tanah bergelombang dan hutan	0.50 - 0.75
Dataran yang digarap	0.45 - 0.60
Daerah persawahan irigasi	0.70 - 0.80
Sungai di pegunungan	0.75 - 0.85
Sungai di dataran	0.45 - 0.75

Sumber: Sosrodarsono (1977, p.38).

2.3.8 Analisis Debit banjir Rancangan

Analisis debit banjir rancangan adalah tahapan akhir pada analisis hidrologi pada suatu perencanaan teknis bangunan pengairan dengan kemungkinan terjadi pada kala ulang tertentu, sehingga penentuan debit banjir rancangan merupakan hal yang menentukan kualitas dari suatu perencanaan.

2.3.9 Kriteria Perencanaan Penentuan Kala Ulang Banjir

Dalam perencanaan penentuan kala ulang banjir, pertimbangan ekonomi diabaikan untuk mempermudah pemecahan masalah sehingga hanya berdasarkan teori kemungkinan yang sering disebut juga dengan resiko kegagalan (*risk of failure*), atau kemungkinan terjadinya banjir rancangan sekali atau lebih selama umur bangunan (*life time*) yang dalam hal ini khususnya bangunan air. Resiko kegagalan tersebut digambarkan dengan rumus sebagai berikut (Loebis, 1984 p. 196).

$$P = 1 - \exp\left(-\frac{L}{T}\right)$$

Dengan :

P = resiko kegagalan

L = umur rencana (*design life*)

T = tahun berulangunya.

Tabel 3. Kriteria Pemilihan Kala Ulang Banjir Rancangan

No.	Jenis Bangunan Air	Kala Ulang Banjir T (tahun)
1	Bendungan urugan tanah / batu (<i>earth / rockfill</i>)	1000
2	Bendungan beton / batu kali (<i>concrete dam / masonry</i>)	500 – 1000
3	Bendung (<i>weir</i>)	50 – 100
4	Saluran pengelak banjir (<i>flood diversion canal</i>)	20 – 50
5	Tanggul sungai	10 – 20
6	Drainasi saluran di sawah / pemukiman	5 – 10

Sumber : Loebis, (1984, p.196).

2.3.10 Hidrograf Satuan Sintetis

Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) merupakan metode yang digunakan untuk membentuk hidrograf banjir pada daerah aliran sungai (DAS) yang tidak memiliki data hidrograf hasil pengamatan. Metode ini memanfaatkan karakteristik fisik DAS, seperti luas DAS, panjang sungai utama, kemiringan sungai, kerapatan jaringan sungai, serta parameter morfometri lainnya untuk memperkirakan bentuk hidrograf banjir (Soemarto, 1987).

Pada penelitian ini digunakan Hidrograf Satuan Sintetis Gama I yang dikembangkan oleh Sri Harto (1993). Metode HSS Gama I dibangun berdasarkan

karakteristik morfometri DAS yang diperoleh dari peta topografi, sehingga sesuai digunakan pada DAS yang tidak memiliki data pengamatan debit banjir.

Parameter utama yang digunakan dalam metode HSS Gama I meliputi luas DAS (A), panjang sungai utama (L), kerapatan jaringan sungai (D), faktor sumber (SF), faktor simetri (SIM), frekuensi sumber (SN), luas DAS bagian hulu (RUA), jumlah pertemuan sungai (JN), dan kemiringan sungai (S). Parameter-parameter tersebut digunakan untuk menghitung karakteristik hidrograf berupa debit aliran dasar (Qb), waktu naik (TR), debit puncak (Qp), waktu dasar (TB), koefisien tampungan (K), serta debit pada waktu tertentu (Qt).

Perhitungan karakteristik hidrograf dilakukan menggunakan persamaan HSS Gama I sebagai berikut.

- Debit aliran dasar (Qb)
 $Qb = 0,4751A^{0,6444}D^{0,9430}$

Dengan:

Qb = aliran dasar (m³/det)
A = luas DAS (km²)
D = kerapatan jaringan sungai (km/km²).

- Waktu naik hidrograf (TR)
 $TR = 0,43 \times (L/100SF)^3 + 1,0665 \text{ SIM} + 1,2775$

Dengan:

TR = waktu naik (jam)
L = panjang sungai di daerah aliran (km)
SF = faktor sumber = $L1/Ls$ (perbandingan jumlah panjang sungai tingkat 1 dengan jumlah panjang Sungai semua tingkat)
WF = faktor lebar = Lebar DPS pada $\frac{3}{4} L$ / Lebar DPS pada $\frac{1}{4} L$
SIM = faktor simetri = $(WF \times A \text{ relatif RUA}) / (WF \times RUA/L \text{ DAS})$.

- Debit puncak hidrograf (Qp)
 $Qp = 0,1836 \times A^{0,5886} + TR^{-0,4008} + JN^{0,2381}$

Dengan:

Qp = debit puncak (m³/dt)
TR = waktu naik (jam)
JN = jumlah pertemuan sungai.

- Waktu dasar hidrograf (TB)
 $TB = 27,4132 \times TR^{0,1456} \times S^{-0,0956} \times SN^{0,7344} \times RUA^{0,2574}$

Dengan:

TB = waktu dasar (jam)
TR = waktu naik (jam)
S = kemiringan sungai

SN = frekuensi sumber = $J1/Js$ = (perbandingan antara jumlah segmen sungai tingkat 1 dengan jumlah segmen sungai semua tingkat)

RUA = luas DPS sebelah hulu

RUA > 0,50, maka DAS lebar di hulu dan menyempit di hilir

RUA < 0,50, maka DAS menyempit di hulu dan melebar di hilir.

- Koefisien tampungan (K)

$$K = 0,5617 \times A^{0,1798} \times S^{-0,1446} \times SF^{-1,0697} \times D^{0,0452}$$

Dengan:

K = koefisien tampungan

A = luas DAS (km²)

S = kemiringan sungai

SF = faktor sumber = $L1/Ls$ = (perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat 1 dengan jumlah panjang sungai semua tingkat)

D = kerapatan jaringan sungai (km/km²)

D = L/A (perbandingan antara panjang sungai dengan luas DAS)

- Debit hidrograf pada waktu t (Qt)

$$Qt = Qp \times e^{-(t/K)}$$

Dengan:

Qt = debit pada waktu t (m³/dt)

Qp = debit puncak (m³/dt)

e = nilai logaritma

t = waktu dari saat terjadinya TR

K = koefisien tampungan

2.4 Analisis Hidraulika

Analisis hidraulika merupakan tahapan untuk mengevaluasi kapasitas penampang sungai dalam mengalirkan debit banjir rencana sehingga dapat diketahui kondisi aliran dan potensi terjadinya limpasan. Analisis ini menjadi dasar dalam perencanaan dimensi sungai maupun bangunan pengendali banjir agar mampu menampung debit banjir sesuai kala ulang yang ditetapkan. Pada penelitian ini, analisis hidraulika dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS dengan pendekatan aliran tidak tetap (*unsteady flow*).

Model aliran tidak tetap pada HEC-RAS disusun berdasarkan persamaan Saint-Venant yang terdiri atas persamaan kontinuitas dan persamaan momentum. Persamaan kontinuitas digunakan untuk menggambarkan keseimbangan massa aliran, sedangkan persamaan momentum digunakan untuk menggambarkan keseimbangan gaya yang bekerja pada aliran sungai. Kedua persamaan tersebut digunakan untuk menghitung perubahan debit dan muka air terhadap ruang dan waktu sehingga dapat menggambarkan perilaku aliran banjir secara lebih akurat.

Pada simulasi hidraulika diperlukan penentuan kondisi batas (*boundary conditions*) sebagai data masukan model. Kondisi batas yang umum digunakan meliputi *flow hydrograph*, *stage hydrograph*, *rating curve*, maupun *normal depth*. Dalam penelitian ini, kondisi batas hulu ditentukan berdasarkan debit banjir hasil analisis hidrologi, sedangkan kondisi batas hilir menggunakan *normal depth* yang disesuaikan dengan kemiringan dasar sungai.

Hasil simulasi hidraulika berupa profil muka air, kecepatan aliran, distribusi debit, serta kapasitas penampang sungai digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kebutuhan penanganan banjir dan menentukan desain bangunan pengendali banjir berupa *retaining wall*.

2.5 Analisis Perencanaan Teknis Penanggulangan Banjir

Pengendalian banjir merupakan upaya untuk mengurangi risiko genangan melalui kombinasi tindakan struktural maupun non-struktural. Pengendalian secara struktural dilakukan dengan membangun infrastruktur pengendali banjir seperti normalisasi sungai, tanggul, kolam retensi, bendung, dan dinding penahan tanah (*retaining wall*). Pemilihan metode penanganan disesuaikan dengan karakteristik sungai, kondisi lahan, serta besarnya debit banjir rencana (Sosrodarsono & Tominaga, 1994).

2.5.1 Normalisasi Sungai

Normalisasi sungai merupakan upaya meningkatkan kapasitas aliran sungai melalui pelebaran, pendalaman, atau perbaikan penampang sehingga sungai mampu mengalirkan debit banjir rencana tanpa meluap ke daerah sekitarnya. Kapasitas sungai dipengaruhi oleh luas penampang basah, kemiringan dasar sungai, jari-jari hidraulik, serta koefisien kekasaran Manning. Perhitungan kapasitas aliran umumnya menggunakan Persamaan Kontinuitas dan Persamaan Manning sebagai berikut.

$$Q = A \cdot V$$

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{S_o}$$

Dengan :

- Q = debit pengaliran (m³/dt)
- n = nilai kekasaran manning
- v = kecepatan aliran (m/dt)
- R = jari-jari hidrolis (m)
- A = luas penampang basah
- B = lebar dasar saluran (m)
- P = keliling penampang basah
- h = kedalaman air (m)
- m = kemiringan talud
- So = kemiringan dasar sungai (m)
- A = luas tampang basah (m²).

Semakin besar luas penampang dan semakin kecil nilai kekasaran Manning, maka kapasitas pengaliran sungai akan semakin besar sehingga risiko limpasan dapat dikurangi (Priyantoro, 2010).

2.5.2 Perencanaan Tanggul

Tanggul merupakan bangunan pengendali banjir yang dibangun di sepanjang tepi sungai untuk mencegah limpasan air ke wilayah sekitarnya. Berdasarkan material penyusunnya, tanggul dibedakan menjadi tanggul urugan tanah dan tanggul pasangan atau dinding penahan (*retaining wall*). Pemilihan jenis tanggul disesuaikan dengan kondisi geometri sungai, ketersediaan lahan, karakteristik tanah, serta kebutuhan perlindungan terhadap kawasan sekitar (Sosrodarsono & Tominaga, 1994).

Pada kawasan perkotaan yang memiliki keterbatasan ruang, penggunaan *retaining wall* lebih banyak dipilih karena membutuhkan lebar konstruksi yang lebih kecil dibandingkan tanggul urugan tanah, namun tetap mampu meningkatkan kapasitas penampang sungai. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan dinding penahan tanah sebagai alternatif penanganan banjir di Sungai Kalisuba.

2.6 Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*)

2.6.1 Definisi Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah (*retaining wall*) merupakan struktur yang berfungsi menahan tekanan tanah lateral sehingga dapat mencegah terjadinya kelongsoran maupun pergeseran tanah pada lereng atau tebing. Struktur ini banyak digunakan pada pekerjaan jalan, jembatan, tebing sungai, maupun bangunan air yang memiliki perbedaan elevasi tanah. Selain menahan tekanan tanah, *retaining wall* juga berfungsi menjaga kestabilan lereng dan melindungi infrastruktur dari bahaya erosi serta gerusan aliran sungai.

2.6.2 Jenis Dinding Penahan Tanah

Secara umum, dinding penahan tanah dibedakan menjadi beberapa tipe, yaitu *gravity retaining wall*, *cantilever retaining wall*, *counterfort retaining wall*, dan *reinforced soil retaining wall*. Pemilihan tipe dinding dipengaruhi oleh tinggi dinding, kondisi tanah, beban yang bekerja, serta aspek ekonomi pelaksanaan. Pada penelitian ini digunakan *cantilever retaining wall* karena memiliki efisiensi struktur yang baik dan umum digunakan pada pekerjaan pengendalian banjir di kawasan perkotaan.

2.6.3 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Perencanaan dinding penahan tanah dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu identifikasi kondisi sungai, penentuan dimensi dinding, pemilihan tipe konstruksi, perhitungan beban yang bekerja,

analisis stabilitas, serta pemilihan material yang sesuai. Seluruh tahapan tersebut bertujuan menghasilkan struktur yang aman terhadap tekanan tanah, tekanan air, maupun beban eksternal lainnya.

2.6.4 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral merupakan gaya utama yang bekerja pada dinding penahan tanah. Besarnya tekanan dipengaruhi oleh sifat tanah, tinggi dinding, kondisi permukaan tanah, serta pergerakan dinding terhadap tanah urug. Berdasarkan kondisi keseimbangannya, tekanan tanah lateral dibedakan menjadi tekanan tanah diam (*at-rest*), tekanan tanah aktif (*active earth pressure*), dan tekanan tanah pasif (*passive earth pressure*).

Dalam penelitian ini, analisis tekanan tanah menggunakan **Teori Rankine** karena sesuai untuk kondisi dinding vertikal dengan permukaan tanah relatif datar dan mengabaikan gesekan antara tanah dan dinding. Besarnya koefisien tekanan tanah aktif dinyatakan dengan Persamaan Rankine.

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = tg^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Sedangkan tekanan tanah aktif total dihitung menggunakan persamaan:

$$P_p = 0,5 H^2 \gamma K_a$$

Dengan:

- K_a = koefisien tekanan tanah aktif
- γ = berat isi tanah (kN/m³)
- H = tinggi dinding (m).

2.6.5 Beban yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah

Perencanaan *retaining wall* harus mempertimbangkan seluruh beban yang bekerja baik secara vertikal maupun horizontal. Beban vertikal meliputi berat sendiri struktur dan berat tanah di atas pondasi, sedangkan beban horizontal terdiri atas tekanan tanah aktif, tekanan hidrostatik, serta tekanan air apabila muka air tanah berada di belakang dinding. Pada daerah rawan gempa, pengaruh tekanan tanah dinamis juga perlu diperhitungkan sesuai kondisi lokasi penelitian.

2.6.6 Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Stabilitas dinding penahan tanah dievaluasi untuk memastikan struktur mampu menahan seluruh gaya yang bekerja selama umur layan. Pemeriksaan stabilitas meliputi stabilitas terhadap geser (*sliding*), guling (*overturning*), dan daya dukung tanah (*bearing capacity*). Nilai faktor keamanan setiap kondisi harus memenuhi persyaratan yang berlaku sehingga struktur dinyatakan aman untuk digunakan.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif melalui analisis hidrologi dan teknik sipil untuk merancang solusi penanganan banjir yang optimal. Lokasi penelitian terfokus di kawasan Drajat, Kecamatan Kesambi, Kota Cirebon, tepatnya di sepanjang ± 500 meter alur Sungai Kalisuba pada titik kritis di wilayah Jabang Bayi.

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan studi kasus teknik, bertujuan mengidentifikasi permasalahan banjir dan menyusun desain struktural berupa retaining wall. Analisis dilakukan melalui pengumpulan data primer dan sekunder terkait kondisi sungai, curah hujan, serta parameter geoteknik dan hidrologi.

3.2 Data yang digunakan

Data Curah Hujan: Diambil dari beberapa stasiun hujan di sekitar Kota Cirebon selama periode tahunan.

Data Topografi dan Geometri Sungai: Termasuk panjang, lebar, elevasi dasar, dan kondisi penampang sungai.

Data Tanah: Digunakan untuk analisis daya dukung tanah dan stabilitas struktur.

Data Dokumentasi dan Visualisasi Lapangan: Mendukung validasi kondisi eksisting.

3.3 Teknik Analisis

3.3.1 Analisis Hidrologi

Menggunakan metode Haspers dan Mononobe untuk menghitung curah hujan rencana dan debit banjir rencana berdasarkan kala ulang 10 tahun. Metode Thiessen digunakan untuk memperoleh curah hujan rata-rata wilayah. Debit puncak banjir diperoleh sebesar 186,4131 m³/detik, yang kemudian ditambahkan 10% faktor cadangan sedimen menjadi 205,0544 m³/detik.

3.3.2 Analisis Hidraulika

Mengevaluasi kapasitas penampang sungai eksisting dengan memperhitungkan luas penampang basah, kemiringan dasar sungai, dan kecepatan aliran. Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas penampang tidak mencukupi untuk menampung debit rencana.

3.3.3 Perencanaan Retaining Wall

Digunakan tipe cantilever retaining wall dengan tinggi total 8 meter. Desain mempertimbangkan kedalaman aliran maksimum 6,5 meter dan freeboard 1,5 meter. Parameter teknis yang dianalisis meliputi tekanan tanah lateral aktif (menggunakan teori Rankine), stabilitas terhadap guling, geser lateral, dan daya dukung tanah.

Analisis Stabilitas Struktur:

Perhitungan faktor keamanan berdasarkan SNI dan standar teknik sipil menunjukkan bahwa struktur memenuhi persyaratan:

Faktor keamanan terhadap guling: 3,659

Faktor keamanan terhadap geser: 1,869

Faktor keamanan terhadap daya dukung tanah: 3,286

3.4 Alur Penelitian

Penelitian dilakukan melalui tahapan:

1. Studi literatur dan pengumpulan data
2. Survei lapangan
3. Analisis data hidrologi dan hidraulika
4. Perancangan struktur retaining wall
5. Evaluasi dan verifikasi hasil desain

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Lingkungan Terdampak Banjir

Kawasan Drajat termasuk dalam Sub DAS Grenjeng dan dilalui oleh Sungai Kalisuba. Dengan panjang sekitar 7,5 km dan lebar 10–20 meter, Sungai Kalisuba memiliki debit yang meningkat signifikan saat musim hujan. Wilayah sekitar DAS, terutama Jabang Bayi, terdampak secara langsung oleh banjir akibat meluapnya sungai tersebut. Berdasarkan data hujan dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan kejadian banjir pada Januari 2025, tinggi genangan mencapai 1,5 meter di permukiman padat, menyebabkan kerusakan rumah, infrastruktur jalan, serta terhambatnya aktivitas masyarakat.

4.2 Analisis Hidrologi

4.2.1 Data Curah Hujan dan Pemrosesan

Data curah hujan diperoleh dari beberapa stasiun di sekitar Kota Cirebon. Untuk menghitung curah hujan rata-rata wilayah, digunakan metode Thiessen. Uji konsistensi dilakukan dengan kurva massa ganda, sedangkan uji stasioner dilakukan menggunakan uji F dan T.

4.2.2 Penentuan Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana ditentukan menggunakan distribusi Log Pearson III dengan kala ulang 10 tahun. Hasil perhitungan menunjukkan nilai curah hujan rencana yang digunakan untuk menghitung debit banjir rencana.

4.2.3 Debit Banjir Rencana

Debit banjir dihitung menggunakan Metode Mononobe dan Haspers, menghasilkan nilai puncak sebesar 186,4131 m³/detik. Dengan penambahan faktor sedimen 10%, maka debit desain menjadi 205,0544 m³/detik.

4.3 Analisis Kondisi Sungai Eksisting

Penampang Sungai Kalisuba yang ada saat ini tidak cukup besar untuk menampung debit sebesar 205,0544 m³/detik. Kapasitas sungai aktual jauh di

bawah debit rencana. Sungai memiliki batasan lebar 10–20 meter dan kedalaman hanya sekitar 4 meter. Kondisi ini memperparah risiko luapan air ke permukiman penduduk.

4.4 Solusi Penanganan : Retaining Wall

4.4.1 Pemilihan Struktur

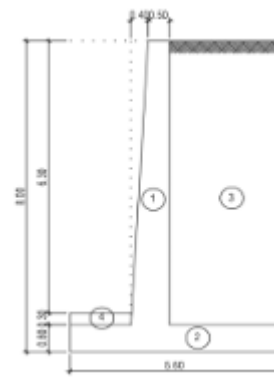
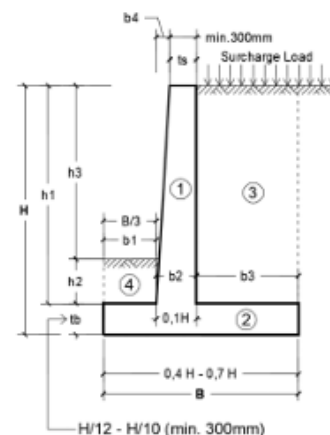
Dari berbagai alternatif penanganan banjir (normalisasi, tanggul tanah, kolam retensi), dipilih struktur retaining wall tipe kantilever karena:

- Efisien lahan di daerah padat penduduk
- Daya tahan tinggi terhadap tekanan air dan tanah
- Perawatan lebih rendah dalam jangka Panjang

4.4.2 Dimensi Desain

Desain retaining wall meliputi:

- Tinggi total: 8 meter
- Tinggi aliran (h): 6,5 meter
- Freeboard: 1,5 meter
- Lebar dasar dinding (b): disesuaikan untuk kestabilan
- Material: beton bertulang



4.5 Analisis Teknis Retaining Wall

4.5.1 Tekanan Tanah Lateral

Dihitung dengan menggunakan teori Rankine, tekanan tanah aktif diasumsikan karena permukaan belakang bebas air.

4.5.2 Evaluasi Stabilitas

Faktor Keamanan terhadap Guling (Overturning):

Hasil = 3,659 ($\geq 1,5 \rightarrow$ aman)

Faktor Keamanan terhadap Geser Lateral (Sliding):

Hasil = 1,869 ($\geq 1,5 \rightarrow$ aman)

Faktor Keamanan terhadap Daya Dukung Tanah (Bearing Capacity):

Hasil = 3,286 ($\geq 2,0 \rightarrow$ aman)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

Banjir yang terjadi di kawasan Drajat, Kota Cirebon, disebabkan oleh meluapnya Sungai Kalisuba yang tidak mampu menampung debit air pada saat curah hujan tinggi, terutama pada musim hujan bulan Januari dan Februari.

Debit banjir rencana yang dihitung menggunakan metode Haspers dan Mononobe dengan kala ulang 10 tahun sebesar 186,4131 m³/detik, dan setelah ditambah faktor sedimen 10% menjadi 205,0544 m³/detik. Debit ini melebihi kapasitas sungai eksisting, sehingga diperlukan solusi teknis untuk mencegah banjir.

Perancangan struktur dinding penahan tanah (retaining wall) tipe kantilever setinggi 8 meter terbukti efektif secara teknis untuk menahan aliran banjir yang melebihi kapasitas sungai. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa struktur tersebut aman digunakan dengan faktor keamanan terhadap: Guling: 3,659
Geser: 1,869
Daya dukung tanah: 3,286

Dengan memenuhi semua persyaratan teknis dan keamanan berdasarkan standar nasional, retaining wall dapat dijadikan solusi struktural yang layak dan dapat diterapkan secara nyata di kawasan rawan banjir seperti Drajat.

5.2 Saran

Pemerintah daerah dan instansi terkait diharapkan dapat menerapkan hasil penelitian ini sebagai referensi teknis dalam pembangunan infrastruktur pengendali banjir di kawasan permukiman padat, terutama pada daerah-daerah dengan risiko tinggi seperti Jabang Bayi.

Diperlukan pemeliharaan berkala pada struktur retaining wall yang akan dibangun agar tetap dalam kondisi optimal dan efektif sepanjang waktu.

Perlu dilakukan kajian lanjutan mengenai efektivitas kombinasi antara solusi struktural

(retaining wall) dengan solusi non-struktural seperti revitalisasi drainase, edukasi masyarakat, dan peringatan dini banjir.

Diharapkan penelitian ini menjadi referensi ilmiah bagi akademisi dan praktisi dalam mengembangkan perencanaan pengendalian banjir berbasis teknik sipil yang berkelanjutan dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (2007). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Chow, V. T. (1988). *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1995). *Perencanaan Dinding Penahan Tanah*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Fattah, M. (2005). *Dasar-Dasar Teknik Sipil dan Lingkungan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Haryanto, H. (2012). *Analisis dan Desain Struktur Penahan Tanah*. Bandung: ITB Press.
- Irsyam, M. (2002). *Teknik Pondasi dan Daya Dukung Tanah*. Bandung: ITB.
- Kodoatie, R. J. (2005). *Manajemen Banjir Berbasis Mitigasi*. Yogyakarta: Andi.
- Mulyani, E. (2004). *Analisa Perencanaan Dinding Penahan Tanah*. Jurnal Teknik Sipil, 12(3), 211–217.
- SNI 8460:2017. *Tata Cara Perencanaan Teknis Bangunan Pelindung Tebing Sungai*. Badan Standardisasi Nasional.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2009). *Teknik Pengelolaan Banjir*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Undang-Undang No. 32 Tahun 2009. *Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.