JOURNAL FLYOVER (JFO)
Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana UMI

Vol. 06, No. 01 Tahun 2026
E-ISSN: 2829-5684

Perbaikan Perkuatan Tebing dengan Menggunakan Batu Gajah
(Studi Kasus Sungai Walanae Kabupaten Soppeng)

Nurdiana Karim [1*], Ratna Musa [2], Andi Amin Latief [3]

1*) Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang, Kementerian Pekerjaan Umum,
anhakarim46@gmail.com
2) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar
3) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

Abstract

The Walanae River is the largest and longest river within the Walanae–Cenranae Watershed. The catchment area of the Walanae River is approximately 3,210 km², representing about 27% of the total area of the Walanae–Cenranae Watershed, while the river length reaches 213 km. The study area is located in Kebo Village. This research aims to design river embankments along riverbanks that frequently experience flooding and erosion. Therefore, proper planning is required to protect the riverbanks from flood hazards and to minimize damage caused by soil movement and slope instability. The objective of this study is to determine the design flood discharge and to provide recommendations for riverbank reinforcement structures along the Walanae River in Soppeng Regency. The research was conducted by analyzing both primary and secondary data, including existing river conditions, topographic data, and hydraulic analysis using HEC-RAS, followed by the design of riverbank protection and retaining wall structures. Based on the results and discussion, the design flood discharge calculated using the Gumbel method shows that Q2 = 1,403.8231 m³/s is used for riverbank protection as the dominant discharge, while Q10 = 2,648.0813 m³/s is used for flood embankment planning.

Keywords: Design Flood Discharge, Embankment, HEC-RAS, River, Riverbank Reinforcement.

Abstrak

Sungai Walanae merupakan sungai dengan tangkapan paling luas dan juga merupakan paling panjang dalam WS. Walanae - Cenranae. Luas tangkapan Sungai Walanae 3.210 km^2 atau sekitar 27 % dari Luas Wilayah Sungai Walanae Cenranae, sedangkan panjang Sungai Walanae adalah 213 Km, Lokasi Penelitian Berada di Desa Kebo. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan tanggul pada tebing Sungai yang sering mengalami banjir dan erosi tebing sungai, maka perlu di lakukan perencanaan untuk melindungi tebing dan dari banjir agar kerusakan yang terjadi akibat pergeseran tanah dapat diminimalisir. Tujuan dari Penelitian ini Untuk Mengetahui Debti Banjir Rancangan dan Rekomendasi bangunan perkuatan tebing pada Sungai Walanae Kab. Soppeng, Penelitian ini dilakukan dengan menganalisa data-data primer dan sekunder yaitu analisis kondisi existing Sungai, topografi, analisis HEC-RAS kemudian merencanakan Perkuatan Tebing dan dinding penahan Sungai. Dari hasil dan pembahasan mengenai debit banjir rancangan dengan metode Gumbel didapatkan debit banjir rancangan Q2th = 1403.8231 m3/det untuk Pengaman Tebing yang merupakan debit dominan sungai, dan Q10th = 2648.0813 m3/det untuk Perencanaan Tanggul Banjir

Kata Kunci: Debit Banjir Rancangan, HEC-RAS, Perkuatan Tebing, Sungai, Tanggul Sungai.

1. PENDAHULUAN

Definisi sungai secara umum adalah perpaduan antara alur sungai dan aliran air. Sungai merupakan suatu alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan. Aliran air merupakan bagian yang senantiasa tersentuh oleh air. Daerah aliran sungai merupakan lahan total dan permukaan air yang dibatasi oleh suatu batas

topografi dan salah satu cara memberikan sumbangan terhadap debit suatu sungai pada suatu irisan melintang (Sehyan, 1990).

Debit Aliran Sungai adalah volume air sungai yang mengalir dalam satuan waktu tertentu, atau debit air Sungai adalah tinggi permukaan air sungai yang terukur oleh alat ukur pemukaan air sungai. Pengukurannya dilakukan tiap hari dengan *Automatic Water Level Record* (AWLR), atau dengan pengertian yang lain debit atau aliran sungai adalah laju aliran air atau volume air yang melewati suatu penampang melintang sungai persatuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik.

Sungai Walanae merupakan sungai dengan tangkapan paling luas dan juga merupakan paling panjang dalam WS. Walanae - Cenranae. Luas tangkapan (*Catchman area*) Sungai Walanae 3.210 km2 atau sekitar 27 % dari Luas Wilayah Sungai Walanae Cenranae, sedangkan panjang Sungai Walanae adalah 213 Km. Sungai Walanae merupakan sungai utama pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Bila - Walanae Wilayah Sungai (WS) Walanae-Cenranae sesuai Keppres Nomor 12 Tahun 2012. Sungai Walanae di bagian hulu melintasi Kabupaten Bone sedangkan pada bagian hilir sungai Walanae melintasi Kabupaten Soppeng dan Kabupaten Wajo yang mengakibatkan banjir setiap tahun dengan ketinggian mencapai lebih dari satu meter, menggenangi permukiman warga dan lahan pertanian yang mengakibatkan kerugian baik secara material maupun immaterial pada beberapa wilayah di Kabupaten Wajo dan Kabupaten Soppeng. Selain menyebabkan banjir, pada beberapa titik/ruas Sungai Walanae juga memberikan dampak buruk akibat perubahan alur dan longsoran tebing sungai yang mengancam fasilitas umum (jalan), permukiman dan lahan masyarakat.

Penyelidikan lebih lanjut mengenai perkuatan tebing telah dilakukan oleh Eko Noerhayati, Warsito (2021) Mengenai "Kajian Perencanaan Teknik Perkuatan Tebing Sungai Di Kelurahan Guntung" dapat disimpulkan bahwa perencanaan penanganan perkuatan tebing perlu dilakukan akibat bencana yang ditimbulkan oleh sungai diantaranya adalah banjir dan erosi tebing sungai. serta penelitian oleh Arif Gunawan, Eko Nurhayati, Azizah Rachmawati (2018) Mengenai "Studi Perencanaan Dinding Penahan Tanah Pada Tebing Sungai Brantas di Area Kampus Universitas Muhammadiyah Malang (UMM) Kota Malang" dimana penelitian ini bertujuan untuk merencanakan tanggul pada tebing Sungai Brantas yang sering mengalami banjir dan erosi tebing sungai, maka perlu di lakukan perencanaan untuk melindungi tebing dan dari banjir di area Sungai dengan menggunakan DPT (Dinding Penahan Tanah) agar kerusakan yang terjadi akibat pergeseran tanah dapat diminimalisir.

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui debit banjir rancangan Sungai Walanae Kabupaten Soppeng serta untuk mengetahui jenis bangunan perkuatan tebing pada Sungai Walanae Kabupaten Soppeng.

2. METODE

A. Lokasi Penelitian

Sungai Walanae merupakan sungai utama pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Bila–Walanae yang termasuk dalam Wilayah Sungai (WS) Walanae - Cenranae sesuai Keputusan Presiden Nomor 12 Tahun 2012. Pada bagian hulu, Sungai Walanae melintasi Kabupaten Bone, sedangkan pada bagian hilir mengalir melalui Kabupaten Soppeng dan Kabupaten Wajo. Kondisi ini menyebabkan banjir yang hampir terjadi setiap tahun dengan ketinggian air mencapai lebih dari satu meter, sehingga menggenangi permukiman penduduk dan lahan pertanian. Dampak dari kejadian tersebut menimbulkan kerugian, baik

material maupun immaterial, di beberapa wilayah Kabupaten Soppeng dan Kabupaten Wajo **(Ganbar 1)**.

Gambar 1 Lokasi Penelitian

Selain menyebabkan banjir, pada beberapa titik atau ruas, Sungai Walanae juga menimbulkan dampak negatif akibat perubahan alur sungai dan longsoran tebing yang mengancam fasilitas umum, seperti jalan, permukiman, serta lahan masyarakat. Sungai Walanae sendiri merupakan bagian dari Sub DAS Bila Walanae pada Wilayah Sungai Walanae Cenranae. Aliran sungai ini bergerak dari selatan, yaitu wilayah Kabupaten Bone, menuju utara melintasi Kabupaten Soppeng, lalu bermuara ke Sungai Cenranae di Kabupaten Wajo. Sungai Walanae tercatat sebagai sungai terpanjang dalam cakupan WS Walanae Cenranae, dengan panjang sungai utama sekitar 213 km dan luas tangkapan mencapai 3.210 km².

Salah satu lokasi yang mengalami kerusakan cukup serius berada pada ruas Desa Kebo (Km 29+00), Kecamatan Lilirilau, Kabupaten Soppeng. Pada lokasi ini terjadi longsoran tebing di area tikungan sungai yang berpotensi memutus akses jalan penghubung antar desa di Kabupaten Soppeng dan Kabupaten Wajo. Lebar sungai pada ruas tersebut berkisar ±50 m dengan kedalaman sekitar ±10 m. Upaya perlindungan tebing sungai sebenarnya telah dilakukan di beberapa titik sepanjang Sungai Walanae melalui pembangunan dinding penahan berupa *revetment*, beton *sheet pile*, dan pasangan batu. Namun, pada ruas Desa Kebo, konstruksi dinding penahan berupa *sheet pile* yang telah dipasang belum mampu mengendalikan kerusakan tebing secara optimal. Akibatnya, hingga saat ini masih terus terjadi keruntuhan tebing sungai, termasuk pada struktur *sheet pile* yang telah dibangun (Sumber: BBWS Pompengan Jeneberang).

B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengukuran langsung pada sungai yang diteliti untuk mengamati kondisi lapangan secara rinci dan detail. Pada tahap ini, pengukuran penampang sungai dilakukan secara langsung di lapangan dengan mengambil data eksisting, meliputi karakteristik sungai dan debit sungai.

Sementara itu, data sekunder diperoleh dari bahan kepustakaan yang relevan dan dari instansi terkait, khususnya Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang. Data sekunder yang dibutuhkan meliputi data topografi untuk mengetahui penampang Sungai Walanae, data debit eksisting untuk mengetahui kondisi debit sungai di wilayah tersebut, detail peta lokasi untuk menunjukkan posisi, arah, jarak, serta perencanaan di Sungai

Walanae, dan skema sungai untuk mengetahui alur sungai yang akan diteliti. Adapun teknik pengumpulan data, baik primer maupun sekunder, dilakukan melalui observasi, wawancara, studi kepustakaan, dan dokumentasi berupa foto-foto kondisi lapangan.

C. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan ialah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data yang diperlukan dalam hal ini merupakan data primer dan data sekunder
2. Membuat penampang Sungai Walanae
3. Menghitung Debit Sungai menggunakan data primer dan sekunder
4. Uji Penampang Menggunakan HEC-RAS
5. Merencanakan Perkuatan tebing Sungai Walanae
6. Memberikan kesimpulan dan saran.

D. Metode Analisis Data

Penelitian dilaksanakan dengan melakukan analisis data-data sekunder yang diperoleh Analisa data dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Analisis kondisi eksisting sungai untuk mengetahui kapasitas tampungan minimum dan maksimum pada sungai.
2. Analisis profil aliran sungai menggunakan bantuan Program HEC-RAS untuk mengetahui kapasitas sungai dan kondisi kritis pada sungai
3. Merencanakan bangunan perkuatan tebing dan dinding penahan sungai
4. Menganalisa profil aliran sungai setelah dilakukan perencanaan perkuatan tebing sungai

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Hidrologi

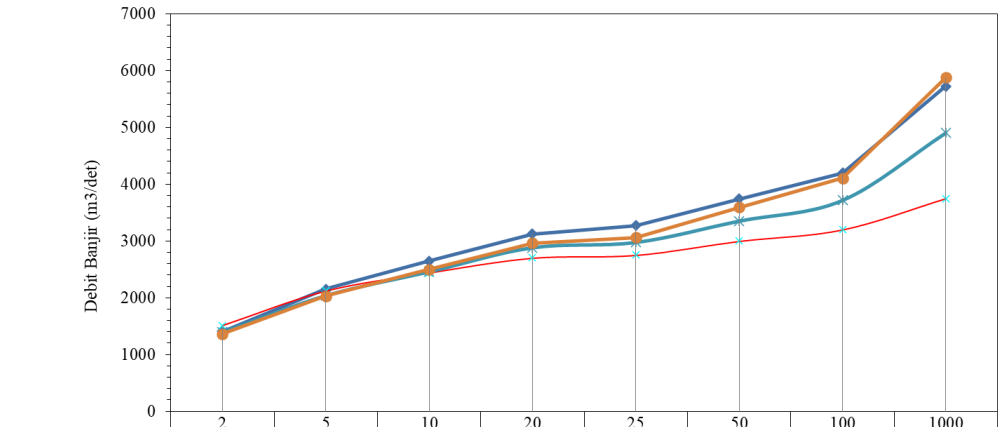
Analisis debit banjir Sungai Walanae pada lokasi rencana penanganan didukung oleh data catatan tinggi muka air dan debit sungai dari Pos Duga Air Sungai Walanae Sempajeruk–Ujung yang terletak di Desa Ujung (Jalan Sengka–Cabenge), sekitar ±150 m di hilir Jembatan Cabenge atau pada koordinat 3°19'55.99" LS dan 119°59'3.98" BT. Data debit yang digunakan mencakup periode tahun 1999 hingga 2025, sehingga dengan tersedianya data tinggi muka air dan debit sungai harian selama 26 tahun tersebut, analisis debit banjir dapat dilakukan melalui analisis frekuensi menggunakan beberapa metode, yaitu Distribusi Gumbel, Log Normal, Distribusi Normal, dan Log Pearson Tipe III.

Analisis debit banjir rencana dengan Metode Gumbel Tipe I dilakukan melalui analisis frekuensi untuk memperoleh besarnya debit banjir pada berbagai kala ulang berdasarkan parameter statistik data debit maksimum tahunan. Dalam metode ini, besarnya debit banjir rencana $X_t$ditentukan oleh nilai rata-rata debit maksimum $\bar{X}$, simpangan baku S, serta faktor frekuensi Kyang diperoleh dari reduced mean (Y_n), reduced variate (Y_t), dan reduced standard deviation (S_n)sesuai dengan jumlah data dan kala ulang yang digunakan. Berdasarkan jumlah data yang tersedia, digunakan nilai $Y_n = 0{,}532$dan $S_n = 1{,}096$, sedangkan nilai $Y_t$ditentukan menurut kala ulang, seperti 0,367 untuk 2 tahun, 1,500 untuk 5 tahun, 2,250 untuk 10 tahun, 2,970 untuk 20 tahun, hingga 6,907 untuk 1000 tahun. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa debit banjir rencana meningkat seiring bertambahnya kala ulang, yaitu sebesar 1.403,823 m³/det untuk kala ulang 2 tahun, 2.152,435 m³/det untuk 5 tahun, 2.648,081 m³/det untuk 10 tahun, 3.123,517 m³/det untuk 20 tahun, 3.274,332 m³/det untuk 25 tahun, 3.738,920 m³/det untuk 50 tahun, 4.200,078 m³/det untuk 100 tahun, dan 5.723,887 m³/det untuk 1000 tahun.

Analisis debit banjir rencana dengan metode Log Pearson Tipe III dilakukan melalui transformasi data debit ke dalam bentuk logaritmik, sehingga distribusi data mengikuti pola Pearson Tipe III yang mempertimbangkan koefisien kemencengan *(skewness)*. Dalam metode ini, besarnya debit banjir rencana $X_t$dihitung berdasarkan rata-rata logaritma data $(\log \bar{X})$, standar deviasi logaritma (S), serta faktor frekuensi Gyang dipengaruhi oleh nilai koefisien kemencengan C_s. Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai $C_s = -0{,}2763$, yang menunjukkan adanya kemencengan distribusi ke arah kiri. Nilai debit banjir rencana meningkat seiring bertambahnya kala ulang, dimana untuk kala ulang 2 tahun diperoleh sebesar 1.393,3283 m³/det, kala ulang 5 tahun sebesar 2.040,2380 m³/det, kala ulang 10 tahun sebesar 2.460,2578 m³/det, kala ulang 20 tahun sebesar 2.884,5734 m³/det, hingga mencapai 4.905,1507 m³/det pada kala ulang 1000 tahun.

Analisis debit banjir rencana dengan metode Log Normal dilakukan dengan mengubah data debit ke dalam bentuk logaritmik dan mengasumsikan bahwa distribusi data memiliki koefisien kemencengan (*skewness*) sebesar $C_s = 0$, sehingga merupakan bentuk khusus dari distribusi Log Pearson Tipe III. Dalam metode ini, perhitungan debit banjir rencana didasarkan pada parameter statistik data logaritmik, yaitu nilai rata-rata dan simpangan baku, serta faktor frekuensi yang sesuai dengan periode ulang yang dianalisis.

Analisis debit banjir rencana dengan metode Distribusi Normal dilakukan dengan menggunakan data debit maksimum tahunan tanpa transformasi logaritmik, dengan asumsi bahwa data berdistribusi normal (simetris) sehingga koefisien kemencengan mendekati nol. Perhitungan debit banjir rencana dalam metode ini didasarkan pada nilai rata-rata debit dan simpangan baku, serta faktor frekuensi yang ditentukan sesuai dengan periode ulang yang dianalisis. **Gambar 2** menunjukkan rekapitulasi Banjir rancangan dari tiap-tiap metode yang digunakan



	2	5	10	20	25	50	100	1000
Gumbel	1403.8231	2152.4350	2648.0813	3123.5171	3274.3316	3738.9199	4200.0778	5723.8873
Distribusi Normal	1513.1249	2121.2496	2439.7911	2700.4159	2749.8864	2997.2387	3199.9469	3750.1550
Log Pearson III	1393.3283	2040.2380	2460.2578	2884.5734	2977.8430	3353.6204	3718.7414	4905.1507
Distribusi Log Normal	1363.3558	2028.4126	2497.6875	2961.3302	3058.6051	3595.0608	4104.1378	5879.4398

Gambar 2 Debit Banjir Rancangan Sungai Walanae dengan Berbagai Metode

B. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi dilakukan untuk menilai apakah distribusi teoritis yang digunakan dalam analisis frekuensi debit banjir dapat mewakili data pengamatan secara memadai, baik terhadap simpangan vertikal maupun horizontal. Pada pengujian vertikal digunakan

metode *Chi-Square*, yaitu dengan membandingkan nilai frekuensi pengamatan (*observed frequency*/OF) dan frekuensi harapan (*expected frequency*/EF) pada setiap kelas distribusi. Suatu distribusi dinyatakan dapat diterima apabila nilai X^2hitung lebih kecil dari nilai X^2kritis pada derajat kebebasan dan taraf signifikansi tertentu. Berdasarkan hasil pengujian, Distribusi Gumbel memiliki nilai X^2hitung sebesar 5,385, Distribusi Log Pearson Tipe III sebesar 4,923, dan Distribusi Log Normal sebesar 5,846, yang seluruhnya lebih kecil dari nilai X^2kritis sebesar 7,815, sehingga ketiga distribusi tersebut dinyatakan memenuhi syarat. Sementara itu, Distribusi Normal menghasilkan nilai X^2hitung sebesar 13,231, lebih besar dari nilai X^2kritis 7,815, sehingga dinyatakan tidak memenuhi. Dengan demikian, berdasarkan uji Chi-Square, distribusi yang layak digunakan untuk analisis debit banjir rencana pada Sungai Walanae adalah Distribusi Gumbel, Log Pearson Tipe III, dan Log Normal, sedangkan Distribusi Normal tidak direkomendasikan.

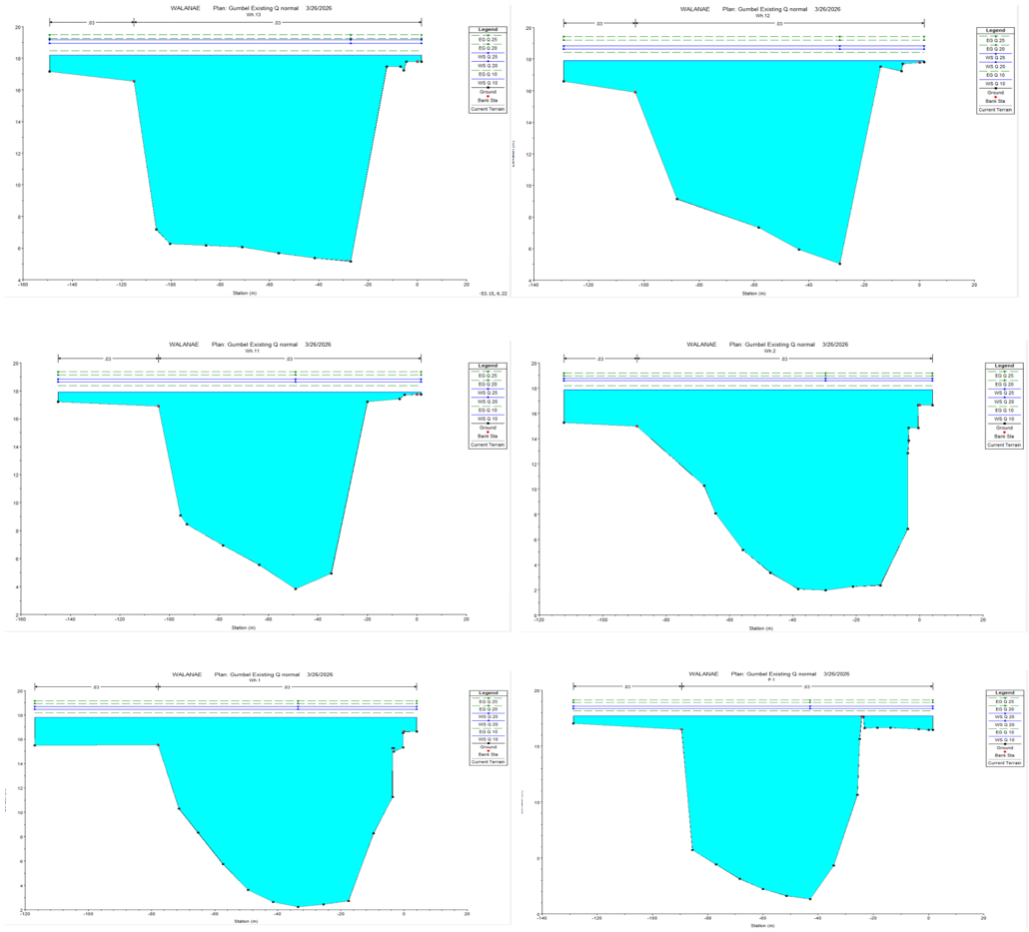
Uji Smirnov–Kolmogorov digunakan untuk menguji kesesuaian distribusi secara horizontal, yaitu dengan membandingkan selisih maksimum antara probabilitas teoritis dan probabilitas empiris ($\Delta maks$), dimana suatu distribusi dinyatakan dapat diterima apabila $\Delta maks < \Delta cr$. Prosedur pengujian dilakukan dengan mengurutkan data debit dari yang terkecil hingga terbesar, menghitung peluang empiris menggunakan rumus Weibull, kemudian membandingkannya dengan peluang teoritis dari masing-masing distribusi. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh metode distribusi yang dianalisis memenuhi syarat uji Smirnov–Kolmogorov, yaitu Distribusi Gumbel dengan nilai 0,1671, Distribusi Log Pearson Tipe III sebesar 0,1467, Distribusi Log Normal sebesar 0,2155, dan Distribusi Normal sebesar 0,1988, dimana semuanya lebih kecil dari nilai kritis 0,2804. Namun, jika dikombinasikan dengan hasil uji *Chi-Square* sebelumnya, hanya Distribusi Gumbel, Log Pearson Tipe III, dan Log Normal yang memenuhi kedua persyaratan uji, sedangkan Distribusi Normal tidak memenuhi uji *Chi-Square*. Oleh karena itu, untuk penentuan debit banjir rancangan pada analisis hidrolis dan pengaliran Sungai Walanae Ruas Kebo dipilih metode Distribusi Gumbel, karena selain memenuhi uji kesesuaian distribusi juga memberikan nilai debit banjir rencana yang lebih besar sehingga memberikan tingkat keamanan yang lebih tinggi.

C. Analisis Debit Banjir Menggunakan *Software* HEC-RAS

Simulasi/pemodelan hidrolis Sungai Walanae dilakukan pada kondisi eksisting sungai dan simulasi untuk kondisi dengan penanganan (pengendalian banjir dan perbaikan tebing sungai). Pemilihan debit banjir sungai untuk simulasi dilakukan terhadap beberapa kala ulang banjir berdasarkan hasil analisis hidrologi yang telah dilakukan. Dari hasil *running* HEC-RAS diketahui bahwa kondisi kapasitas sungai eksisting di beberapa patok pada kala ulang 2, 5 dan 10 Tahun. Sebagai contoh, ditampilkan hasil *running* pada kala ulang 10 Tahun pada **Gambar 3**.

Berdasarkan hasil analisis muka air banjir untuk kala ulang 10 tahun ($Q_{10} = 2648{,}08\ \mathrm{m^3/det}$), diketahui bahwa hampir seluruh segmen sungai mengalami kondisi banjir atau limpasan pada sisi kiri dan kanan tebing/tanggul eksisting, dengan elevasi muka air maksimum tertinggi mencapai 18,20 m. Hasil pada menunjukkan bahwa sebagian besar titik pengamatan, mulai dari patok Wh.13 hingga Wl.3, berada dalam kondisi melimpas pada kedua sisi, dengan tinggi luapan bervariasi antara 0,13 m hingga 3,92 m di sisi kiri dan antara 0,16 m hingga 2,24 m di sisi kanan. Limpasan tertinggi di sisi kiri terjadi pada patok Wl.3 sebesar 3,92 m, sedangkan limpasan tertinggi di sisi kanan juga terjadi pada patok Wl.3 sebesar 2,24 m. Hanya pada titik P.1 sisi kanan tercatat dalam kondisi aman karena elevasi tebing sama dengan elevasi muka air banjir, namun sisi kirinya tetap mengalami limpasan sebesar 1,20 m. Temuan ini menunjukkan bahwa kapasitas tebing atau tanggul existing pada ruas penelitian belum mampu menahan debit banjir kala ulang 10 tahun, sehingga diperlukan penanganan berupa peninggian tanggul dan perkuatan

tebing untuk mengurangi risiko limpasan dan kerusakan yang lebih besar pada kawasan sekitar Sungai Walanae.



Gambar 3 Hasil Analisis Level Banjir Kala Ulang 10 Tahun (Q=2648.08 m3/det)

D. Prioritas Penanganan Daerah Banjir

Desa Kebo di Kecamatan Lilirilau menjadi prioritas penanganan banjir karena memiliki luas genangan sebesar 512,18 ha, sebanyak 468 rumah di bantaran sungai, serta prasarana umum penting seperti jalan sepanjang 11,9 Km, 2 sekolah, dan 1 masjid. Kondisi sungai di lokasi ini juga mengalami gerusan pada tebing dan jalan, serta memiliki riwayat banjir yang cukup parah pada tahun 2006, 2007, 2010, dan 2017 yang menyebabkan rumah warga tergenang, lahan pertanian dan perikanan terendam, jalan rusak, tanggul jebol, hingga akses jalan tertutup total. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa Desa Kebo merupakan wilayah dengan tingkat kerawanan banjir yang tinggi sehingga perlu menjadi prioritas utama dalam penanganan.

E. Kriteria Perencanaan Penanganan

Kriteria perencanaan penanganan banjir dalam studi ini dilakukan dengan menetapkan bobot penilaian terhadap beberapa aspek utama, yaitu kemampuan mengurangi debit banjir sebesar 35%, risiko kegagalan struktur sebesar 25%, biaya pelaksanaan sebesar 23%, dan tingkat pemeliharaan sebesar 17%. Berdasarkan kriteria tersebut, dilakukan analisis

kesesuaian terhadap beberapa alternatif bangunan pengendali banjir, yaitu tanggul pasangan batu, tanggul tanah, dan kolam retensi, dengan skala penilaian 1 sampai 4, dimana nilai 4 menunjukkan sangat baik dan nilai 1 menunjukkan kurang. Selanjutnya, nilai setiap alternatif dikalikan dengan bobot masing-masing kriteria untuk memperoleh nilai keterpilihan sebagai dasar pemilihan bangunan perkuatan tebing sungai. Hasil skoring menunjukkan bahwa konstruksi *sheet pile*/*mini pile* dan bronjong memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan alternatif lainnya, namun dengan mempertimbangkan kemudahan pelaksanaan serta skala prioritas percepatan pekerjaan di Sungai Walanae Desa Kebo, maka desain perkuatan tebing yang dipilih adalah kombinasi antara pasangan batu/urugan batu dan sheet pile/mini pile **(Tabel 1)**.

Tabel 1 Kriteria dan Bobot Penilaian Alternatif Bangunan Pengendali

No	Kriteria	Bobot	Bobot x Nilai			
			Pas.Batu /Urugan Batu	Bronjong	Sheetpile Beton/Mini Pile	Sheetpile Baja
1	Kemampuan melindungi tebing sungai dari kecepatan aliran	30	60	120	120	90
2	Kekuatan dan Kestabilan	20	40	60	80	60
3	Stabil terhadap pengaruh gerusan	5	5	10	15	15
4	Kemudahan Pemasangan	15	45	45	30	15
5	Estetika	15	45	45	30	15
6	Biaya Investasi	10	30	20	10	20
7	Biaya Operasional dan Pemeliharaan	5	10	15	5	10
		Jumlah	235	300	305	255

F. Analisis stabilitas konstruksi

Analisis stabilitas konstruksi tanggul pada Sungai Walanae Desa Kebo dilakukan menggunakan Metode Bishop Sederhana dan Metode Fellenius dengan parameter timbunan batu berupa berat isi $\gamma = 25{,}00$ kN/m³, kohesi $c = 35{,}28$ kN/m², dan sudut geser dalam $\varphi = 41°$. Pada metode Bishop, perhitungan dilakukan dengan pendekatan metode potongan (*slice method*) untuk memperoleh faktor keamanan (*Safety Factor*/SF) berdasarkan keseimbangan gaya dan momen. Hasil perhitungan menunjukkan nilai SF sebesar 1,738, yang lebih besar dari nilai minimum yang disyaratkan yaitu 1,5, sehingga kondisi lereng dinyatakan stabil. Metode ini memberikan hasil yang cukup akurat karena mempertimbangkan keseimbangan gaya pada setiap irisan serta pengaruh tekanan antar irisan.

Selanjutnya, analisis stabilitas menggunakan metode Fellenius juga dilakukan dengan pendekatan keseimbangan gaya sederhana pada bidang gelincir. Hasil perhitungan menunjukkan nilai SF sebesar 2,429, yang juga lebih besar dari batas minimum 1,5, sehingga memperkuat kesimpulan bahwa lereng dalam kondisi stabil terhadap potensi longsor. Selain itu, analisis gerusan menunjukkan bahwa kedalaman gerusan berkisar antara 1,16 m hingga 1,20 m, yang perlu diperhatikan dalam desain perlindungan tebing. Dengan demikian, berdasarkan kedua metode analisis tersebut, stabilitas lereng Sungai Walanae di Desa Kebo dinyatakan aman terhadap kelongsoran, serta desain konstruksi yang direncanakan telah memenuhi kriteria keamanan teknis yang dipersyaratkan.

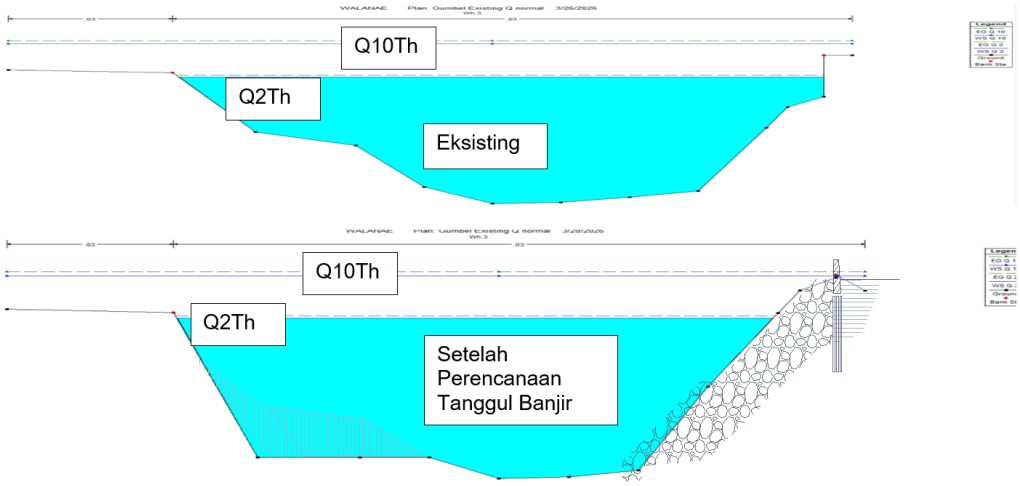
G. Upaya Perbaikan Perkuatan Tebing Sungai Walanae

Dari hasil analisa penampang dan profil muka air di Sungai Walanae Desa Kebo Kec. Lilirilau dapat diketahui bahwa di beberapa daerah sepanjang alur sungai merupakan daerah yang rawan terjadi banjir. Dalam studi ini perencanaan perbaikan perkuatan tebing yang dimaksud adalah melindungi daerah yang rawan banjir dan untuk jangka panjang terhadap lingkungan sungai. Terdapat 2 Opsi yang akan dilakukan untuk mengatasi masalah di Sungai Walanae Khususnya pada Desa Kebo

1. Penanganan Tebing Sungai berupa pemasangan Batu Gajah/*Dumping Stone* di sepanjang Sungai Walanae dengan harapan agar sungai memiliki perlindungan terhadap erosi, kecepatan aliran, dan banjir terkhusus pada Sungai Walanae Desa Kebo Kec. Lilirilau Patok Wh.13 – Wl.3 yang merupakan Sungai Berbentuk S (Meander).
2. Penanganan Tebing Berupa Konstruksi Batu Gajah/*Dumping Stone* dikombinasikan dengan *Mini Pile* (sebagai Pondasi parapet) dengan Beton K-225 untuk Pengendalian Banjir Pada Titik yang rawan Longsor/Gerusan dan dekat dengan Area Perkampungan Pada Patok Wh.4-Wh-1.

H. Analisis HEC-RAS Pengendalian Banjir

Gambar 4 menunjukkan perbandingan kondisi penampang Sungai Walanae sebelum dan setelah perencanaan tanggul banjir terhadap debit kala ulang Q2 tahun dan Q10 tahun.



Gambar 4 Potongan Melintang Eksisting dan Setelah Penanganan Tebing dan Tanggul Banjir

Pada Patok Wh.3 kondisi Eksisting bisa menampung Debit Q2th = 1403.82 m3/det, setelah dilakukan Perencanaan Tanggul Banjir dengan Konstruksi Batu Gajah Sebagai Pengaman tebing dan Parapet Beton dikombinasikan dengan minipile (sebagai pondasi parapet), Patok Wh.3 Mampu menampung Debit Banjir Rancangan Q10th = 2648.08 m3/det. Sehingga dapat disimpulkan pada **Gambar 5** berikut.

No	Patok		Elevasi Tebing		Elevasi MA Q10 Tahun (m)	Tinggi Luapan Kiri (m)	Tinggi Luapan Kanan (m)	Keterangan Tanggul	
	Patok	m	Kiri	Kanan				Kiri	Kanan
1	Wh.13	1772	16.55	18.680	18.2	1.65	0	Melimpas	Aman
2	Wh.12	1716	15.91	18.790	17.93	2.02	0	Melimpas	Aman
3	Wh.11	1637	16.91	18.730	17.93	1.02	0	Melimpas	Aman
4	Wh.10	1592	16.69	18.090	17.96	1.27	0	Melimpas	Aman
5	Wh.09	1574	16.86	18.220	18	1.14	0	Melimpas	Aman
6	Wh.08	1554	15.78	18.060	18.03	2.25	0	Melimpas	Aman
7	Wh.07	1535	16.12	18.060	17.99	1.87	0	Melimpas	Aman
8	Wh.06	1510	16.14	18.090	18.01	1.87	0	Melimpas	Aman
9	Wh.05	1494	16.21	18.090	18.01	1.8	0	Melimpas	Aman
10	Wh.04	1473	15.94	18.020	17.86	1.92	0	Melimpas	Aman
11	Wh.03	1462	15.1	17.980	17.89	2.79	0	Melimpas	Aman
12	Wh.02	1449	14.98	17.840	17.8	2.82	0	Melimpas	Aman
13	Wh.01	1422	15.53	17.820	17.72	2.19	0	Melimpas	Aman
14	P.1	1372	16.51	18.130	17.79	1.28	0	Melimpas	Aman
15	Wl.1	1343	14.1	18.110	17.82	3.72	0	Melimpas	Aman
16	Wl.2	1295	14.96	17.660	17.83	2.87	0.170	Melimpas	Melimpas (Pendangkalan)
17	Wl.3	1233	13.91	16.790	17.8	3.89	1.010	Melimpas	Melimpas (Pendangkalan)

Gambar 5 Elevasi Tanggul Eksisting dan Elevasi Muka Air Pada Q10th (2648.08 m^3/det)

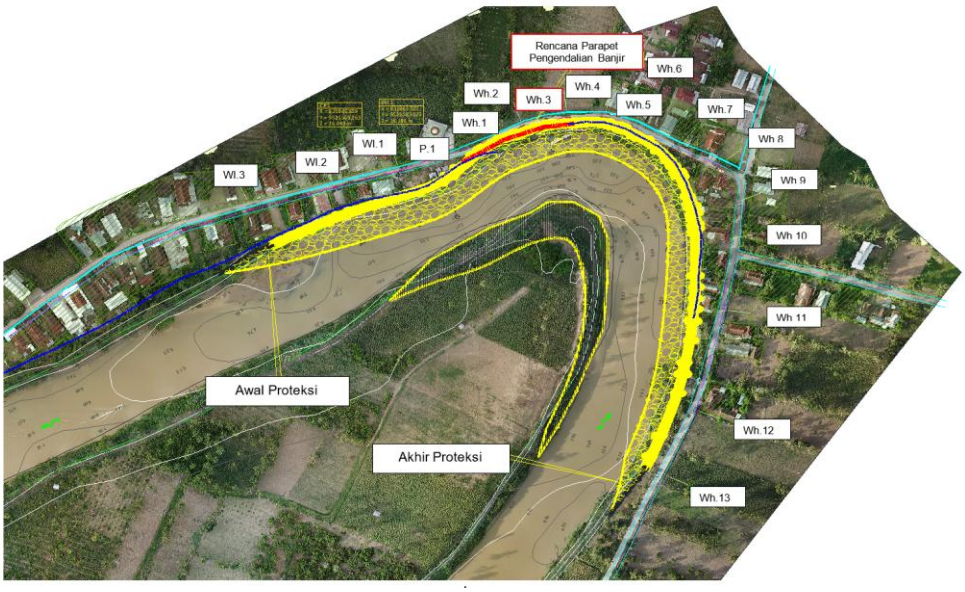
I. Pembahasan

Data debit yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Pos Duga Air Sempajeruk dengan rentang waktu pengamatan yang cukup panjang, yaitu tahun 1999–2025, sehingga memberikan tingkat keandalan yang tinggi dalam analisis hidrologi. Berdasarkan pengujian kesesuaian distribusi menggunakan metode Chi-Square, diketahui bahwa Distribusi Gumbel, Log Pearson Tipe III, dan Log Normal memenuhi kriteria kecocokan karena nilai X^2hitung lebih kecil dari nilai kritis, sedangkan Distribusi Normal tidak memenuhi kriteria tersebut. Namun, pada pengujian menggunakan metode Smirnov–Kolmogorov, seluruh metode distribusi menunjukkan hasil yang memenuhi kriteria karena nilai Δhitung lebih kecil dari nilai kritis. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum ketiga distribusi utama (Gumbel, Log Pearson Tipe III, dan Log Normal) layak digunakan dalam analisis, sementara Distribusi Normal kurang direkomendasikan karena tidak lolos uji Chi-Square.

Perbandingan hasil debit banjir rancangan menunjukkan adanya variasi nilai antar metode, terutama pada kala ulang yang besar. Pada kala ulang rendah, seperti 2, 5, dan 10 tahun, hasil perhitungan dari keempat metode relatif mendekati satu sama lain, namun perbedaan menjadi signifikan pada kala ulang yang lebih tinggi. Metode Gumbel memberikan nilai debit yang relatif lebih besar dan konservatif dibandingkan metode lainnya, sehingga dipilih sebagai dasar dalam analisis lanjutan. Dalam pemodelan hidraulik menggunakan HEC-RAS, debit rencana dari metode Gumbel menunjukkan bahwa pada kondisi debit Q2th penampang sungai masih mampu menampung aliran, sedangkan pada debit Q5th dan Q10th terjadi limpasan di sisi kiri dan kanan sungai. Selain itu, hubungan antara debit dan tinggi muka air menunjukkan tren peningkatan yang sebanding, dimana semakin besar debit maka semakin tinggi muka air yang terjadi di sepanjang sungai.

Berdasarkan hasil analisis hidraulik dan identifikasi lokasi rawan, beberapa segmen sungai, khususnya pada ruas Desa Kebo, merupakan titik kritis yang memberikan dampak kerugian cukup besar sehingga menjadi prioritas penanganan. Oleh karena itu, alternatif penanganan yang dipilih berupa kombinasi pengaman tebing menggunakan batu gajah dan parapet beton yang didukung dengan mini pile sebagai pondasi. Desain ini direncanakan untuk

mampu mengendalikan debit banjir hingga kala ulang 10 tahun sebesar 2648,08 m³/det, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kapasitas penampang sungai serta mengurangi risiko limpasan dan kerusakan pada wilayah sekitar **(Gambar 6)**.



Gambar 6 Layout Pengaman Tebing dan Pengendalian Banjir Sungai Walanae (Patok Wh.13-Wl.3)

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, diperoleh debit banjir rancangan sebesar Q2th = 1403,8231 m³/det yang digunakan untuk pengaman tebing sebagai debit dominan sungai, serta Q10th = 2648,0813 m³/det yang digunakan untuk perencanaan tanggul banjir dengan menyesuaikan kondisi bangunan eksisting di lapangan. Selain itu, perbaikan perkuatan tebing untuk menghindari longsor direncanakan menggunakan konstruksi batu gajah/*dumping stone* sebagai pengaman tebing sungai dan parapet beton yang dikombinasikan dengan *mini pile* sebagai pondasi parapet untuk pengendali banjir.

5. DAFTAR PUSTAKA

Amiruddin, Amiruddin, Ratna Musa, and Hanafi Ashad. "PERBAIKAN PERKUATAN TEBING DENGAN MENGGUNAKAN BATU GAJAH dan Krib." Jurnal Teknik Sipil MACCA 7.2 (2022): 116-127.

Aunurrafiq, Musa, R., & Sar, M. (2024). Kajian Pengaruh Tata Guna Lahan terhadap Debit Banjir. Jurnal Flyover, 4(1), 87–98. https://doi.org/10.52103/JFO.V4I1.2168

Fruwahyudi, A., Ashad, H., & SAR, M. (2025). Kajian Luas Genangan Banjir dan Dampak yang Ditimbulkan Sub DAS Klagison. Jurnal Flyover, 5(2), 313–324.

Husna, A., Wahab, A. A. M., & Latif, A. A. (2024). Evaluasi Jumlah Penakar Hujan pada DAS Tabo – Tabo Kabupaten Pangkep. 9(2).

Ishak, M. G., Arafat, Y., & Tunas, I. G. (2023). Sungai dan Muara. Penerbit NEM.

Ishak, M. Galib 2020, Rekayasa Sungai, Universitas Tadulako, Palu.

Kasnawawi, Musa, R., & Mallombassi, A. (2022). Perbaikan Alur Sungai Akibat Debit Banjir. Jurnal Flyover, 2(1), 48–55. https://doi.org/10.52103/JFO.V2I1.871

Kurniawati, A., Musa, R., Mallombassi, A., & Wellang, M. (2021). Kajian Debit Banjir di Wilayah Sungai Saddang Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan dengan Menggunakan Grafik Creager. Jurnal Flyover, 1(2), 1–7. https://doi.org/10.52103/JFO.V1I2.755

Latif, A., Musa, R., & Mallombassi, A. (2022). Kajian Pengendalian Banjir Sungai Kera Kabupaten Wajo. Jurnal Konstruksi: Teknik, Infrastruktur dan Sains, 1(4), 37-48.
Maddi, H. C., Musa, R., & Ashad, H. (2021). Kajian Pengendalian Banjir dengan Menggunakan Waduk Regulasi. Jurnal Flyover, 1(1), 21–32. https://doi.org/10.52103/JFO.V1I1.658
Musa, R., & Mallombas, A. (2024). Kajian Erosi dan Sedimentasi Pada Sub Das Jenelata Kabupaten Gowa. Jurnal TESLINK: Teknik Sipil dan Lingkungan, 6(2), 308-315. https://doi.org/10.52005/teslink.v6i2.413
Musa, R., & Mallombasi, A. (2022). Kajian Penanggulangan Banjir dengan Menggunakan Tanggul pada Sungai Mata Allo Kabupaten Enrekang. Jurnal Teknik Sipil MACCA, 7(1), 1-7. https://doi.org/10.33096/89507v83
Musa, R., Pallu, M. S., Samang, L., & Putra, M. (2014). Experimental study of hydrograph model of catchment area based on regional characteristic. Int. J. Civ. Environ. Eng. IJCEE-IJENS, 14, 11-16.
Musa, Ratna. 2024. Model Hidrograf Daerah Aliran Sungai, PT. Nas Media Indonesia, Makassar
Noerhayati, E., & Warsito, W. (2021). KAJIAN PERENCANAAN TEKNIS PERKUATAN TEBING SUNGAI DI KELURAHAN GUNTUNG. Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal), 10(5), 122-131.
Permatasari, A. (2015). Studi Perencanaan Tanggul dan Dinding Penahan untuk Pengendalian Banjir di Sungai Cileungsi Kabupaten Bogor Jawa Barat (Doctoral dissertation
Putri, A. S. S., Ashad, H., & SAR, M. (2024). Kajian Model Debit Banjir Hidrograf Daerah Aliran Sungai Maros. Jurnal Flyover, 4(2), 247–256. https://doi.org/10.52103/JFO.V4I2.2193
Putri, Y. E., & Hermawati, H. (2022). Penggunaan Program Hec-Ras Dalam Pengendalian Banjir Sungai. Jurnal Deformasi, 7(2), 117-126.
Putri, Yuliantini Eka, and Hermawati Hermawati. "Penggunaan Program Hec-Ras Dalam Pengendalian Banjir Sungai." Jurnal Deformasi 7.2 (2022): 117-126.
Ribowo, L., Ashad, H., & SAR, M. (2024). Analisis Pola Hujan Terhadap Parameter Iklim Subdas Klagison Kota Sorong. Jurnal Flyover, 4(2), 313–322. https://doi.org/10.52103/JFO.V4I2.2199
Riduan, Musa, R., & Latif, A. A. (2024). Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Jongaya dengan Menggunakan Software HEC-RAS. Jurnal Flyover, 4(2), 225–234. https://doi.org/10.52103/JFO.V4I2.2181
Saiful Rizal, Nanang. 2022. Aplikasi HEC-RAS Versi 6.1 Untuk Rekayasa Bangunan Air
Saputra, R. E., Musa, R., & Ashad, H. (2024). Kajian Debit Banjir Sungai terhadap Kala Ulang pada Sungai Wanggu di Kota Kendari Sulawesi Tenggara. Jurnal Flyover, 4(2), 323–332. https://doi.org/10.52103/JFO.V4I2.2200
Syamsuddin, A. P., Musa, R., & Ashad, H. (2022). Kajian Pengaruh Parameter Hidrograf Satuan Sintetik Berdasarkan Karakteristik Daerah Aliran Sungai: Studi Kasus Daerah Irigasi Kiru-Kiru Kab. Barru. Jurnal Teknik Sipil MACCA, 7(1), 50-56.
Syamsuddin, P. A., Musa, R., & Ashad, H. (2022). Kajian Pengaruh Parameter Hidrograf Satuan Sintetik Berdasarkan Karakteristik Daerah Aliran Sungai (Studi Kasus Daerah Irigasi Kiru-Kiru Kab. Barru). Jurnal Teknik Sipil MACCA, 7(1), 50-56. https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/jtsm
Tate, E., & Maidment, D. (1999). Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcView GIS. University of Texas at Austin Center For Research in Water Resources.
Triatmodjo, Bambang. "Hidrologi terapan". ed. 2 Yogyakarta: Beta Offset, 2010. Buku.
Wibisono, A. G., Noerhayati, E., & Rachmawati, A. (2019). Studi Perencanaan Dinding Penahan Tanah Pada Tebing Sungai Brantas Di Area Kampus Universitas Muhammadiyah Malang (UMM) Kota Malang. Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal), 6(1), 55-62.
Wigati, R., & Soedarsono, S. (2016). Analisis Banjir Menggunakan Software Hec-Ras 4.1 (Studi Kasus Sub DAS Cisimeut hilir HM 0+ 00 Sampai dengan HM 69+ 00). Fondasi: Jurnal Teknik Sipil, 5(1).
Zenna, Z., Priana, S. E., & Yusman, A. S. (2023). Perencanaan Pelindung Bantaran Sungai (Revetment) Pada Sungai Ulu Masang Nagari Ganggo Mudiak Kecamatan Bonjol Kabupaten Pasaman. Ensiklopedia Research and Community Service Review, 2(3), 132-138.