

# Analisis Hidrolika Aliran Sungai terhadap Potensi Gerusan Tebing Sungai Saddang Kelurahan Teppo menggunakan HEC-RAS

Muhammad Fahri\*, Rahmawati, Andi Bustan Didi, Kasmaida

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Parepare, Sulawesi Selatan

\* Koresponden email : fahrimuhammad238@gmail.com

Diterima: 17 Juni 2026

Disetujui: 27 Juni 2026

## Abstract

Riverbank erosion is a hydraulic problem that threatens the stability of settlements and infrastructure around the Saddang River, particularly in the Masolo area of Teppo Village, Pinrang Regency. This study aims to analyze the distribution of flow velocities obtained from HEC-RAS simulations in relation to potential bank erosion and to identify the cross-sections with the highest erosion potential. The methods used include hydrological analysis using the Log Pearson Type III and Nakayasu HSS models for return periods of 2, 5, 10, and 25 years, as well as HEC-RAS 6.41 modeling using a one-dimensional steady-flow approach and normal-depth boundary conditions at 26 cross-sections (S.1–S.26) over a length of 691.27 m. The Manning roughness coefficient is  $n = 0.030$ . Design flood discharge:  $Q_2 = 2,994.23 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_5 = 3,592.67 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{10} = 4,011.00 \text{ m}^3/\text{s}$ , and  $Q_{25} = 4,567.32 \text{ m}^3/\text{s}$ . All 26 cross-sections have flow velocities exceeding the critical erosion velocity for all discharge scenarios. At  $Q_{25}$ , velocities range from 1.73 m/s (S.10) to 3.18 m/s (S.26), with the average increasing from 1.86 m/s ( $Q_2$ ) to 2.11 m/s ( $Q_{25}$ ). Cross-sections S.26, S.25, S.24, and S.23 in the downstream zone (RM 0.00–81.84 m) are categorized as “Very Critical” due to a narrowing of the cross-sectional width from  $\pm 330$  m to 191–241 m and an increase in the E.G. Slope to 0.000741 m/m. It is recommended that measures such as revetments, gabions, or retaining walls be implemented at cross-sections S.23–S.26.

**Keyword:** *bank erosion, hec-ras, flow velocity, saddang river, steady flow*

## Abstrak

Gerusan tebing sungai merupakan permasalahan hidrolika yang mengancam stabilitas permukiman dan infrastruktur di sekitar Sungai Saddang, khususnya di wilayah Masolo, Kelurahan Teppo, Kabupaten Pinrang. Penelitian ini bertujuan menganalisis distribusi kecepatan aliran hasil simulasi HEC-RAS terhadap potensi gerusan tebing serta mengidentifikasi penampang dengan potensi paling dominan. Metode yang digunakan meliputi analisis hidrologi dengan Log Pearson Type III dan HSS Nakayasu untuk kala ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun, serta pemodelan HEC-RAS 6.41 dengan pendekatan aliran permanen (steady flow) satu dimensi dan kondisi batas normal depth pada 26 penampang (S.1–S.26) sepanjang 691,27 m. Koefisien kekasaran Manning  $n = 0,030$ . Debit banjir rencana:  $Q_2 = 2.994,23 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_5 = 3.592,67 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{10} = 4.011,00 \text{ m}^3/\text{s}$ , dan  $Q_{25} = 4.567,32 \text{ m}^3/\text{s}$ . Seluruh 26 penampang memiliki kecepatan aliran melebihi kecepatan kritis gerusan pada semua skenario debit. Pada  $Q_{25}$ , kecepatan bervariasi antara 1,73 m/s (S.10) hingga 3,18 m/s (S.26), dengan rata-rata meningkat dari 1,86 m/s ( $Q_2$ ) menjadi 2,11 m/s ( $Q_{25}$ ). Penampang S.26, S.25, S.24, dan S.23 di zona hilir (RM 0,00–81,84 m) dikategorikan Sangat Kritis akibat penyempitan lebar penampang dari  $\pm 330$  m menjadi 191–241 m dan peningkatan E.G. Slope hingga 0,000741 m/m. Direkomendasikan penanganan berupa revetment, bronjong, atau dinding penahan pada penampang S.23–S.26.

**Kata kunci:** *gerusan tebing, hec-ras, kecepatan aliran, sungai saddang, steady flow*

## 1. Pendahuluan

Sungai Saddang merupakan salah satu sungai terbesar di Sulawesi Selatan yang berada dalam Wilayah Sungai Saddang–Karama, dengan lebar sungai berkisar antara 60–120 meter dan Daerah Aliran Sungai (DAS) yang mencapai lebih dari 5.000 km<sup>2</sup>. Sungai ini mengalir dari daerah pegunungan di bagian tengah Sulawesi Selatan, melewati Kabupaten Tana Toraja, Enrekang, Pinrang, hingga bermuara di pesisir barat Kabupaten Pinrang. Sungai Saddang memiliki peran penting dalam mendukung kebutuhan air baku, irigasi, perikanan, serta aktivitas masyarakat di sepanjang alirannya [1].

Pada kondisi hidrologi tertentu, terutama pada musim hujan, Sungai Saddang mengalami peningkatan debit aliran akibat curah hujan tinggi di daerah hulu. Peningkatan debit tersebut menyebabkan bertambahnya kecepatan aliran dan energi aliran sungai, sehingga berpotensi menimbulkan perubahan

kondisi hidrolika dan morfologi sungai [2]. Salah satu dampak yang sering terjadi akibat kondisi tersebut adalah gerusan tebing sungai, terutama pada segmen sungai dengan kecepatan aliran tinggi dan tikungan alur yang tajam.

Di wilayah Masolo, Kelurahan Teppo, indikasi gerusan tebing Sungai Saddang telah terlihat dalam beberapa tahun terakhir, ditandai dengan terkikisnya bagian tebing sungai, penyempitan lahan di sekitar bantaran, serta meningkatnya risiko terhadap infrastruktur dan aktivitas masyarakat di sekitarnya [3]. Kondisi ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain karakteristik aliran sungai, bentuk penampang, kondisi material tebing, serta perubahan tata guna lahan di daerah aliran sungai (DAS) [4].

Secara teknis, potensi terjadinya gerusan tebing sangat berkaitan erat dengan parameter hidrolika aliran, seperti kecepatan aliran, kedalaman aliran, dan tinggi muka air sungai pada berbagai kondisi debit [5]. Oleh karena itu, analisis hidrolika menjadi pendekatan yang penting untuk memahami perilaku aliran sungai serta mengidentifikasi lokasi-lokasi yang berpotensi mengalami gerusan tebing.

Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan dalam analisis hidrolika sungai adalah HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System). Program ini mampu mensimulasikan kondisi aliran sungai pada berbagai skenario debit, baik pada kondisi aliran normal maupun aliran banjir, serta menghasilkan parameter hidrolika seperti profil muka air dan distribusi kecepatan aliran pada setiap penampang sungai [6], [7], [8].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan menganalisis distribusi kecepatan aliran Sungai Saddang dalam simulasi HEC-RAS terhadap potensi gerusan tebing, serta menentukan penampang sungai yang memiliki potensi gerusan tebing paling dominan sebagai dasar perencanaan penanganan teknis.

## 2. Metode Penelitian

### *Lokasi dan Waktu Penelitian*

Penelitian ini dilaksanakan pada Sungai Saddang yang berada di wilayah Masolo Kelurahan Teppo, Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan. Lokasi penelitian dipilih karena pada segmen sungai tersebut terdapat indikasi terjadinya gerusan tebing yang berpotensi mengganggu lingkungan sekitar dan aktivitas masyarakat. Proses penelitian ini dilaksanakan selama 3 (tiga) bulan yaitu pada bulan Maret sampai bulan Mei 2026.

### *Data yang digunakan*

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer berupa inventarisasi bangunan eksisting, dokumentasi kondisi sungai, serta data penampang memanjang dan melintang sungai hasil pengukuran lapangan menggunakan alat survei GNSS RTK Receiver. Data sekunder berupa peta, data klimatologi, data curah hujan sepuluh tahun terakhir (2016–2025), dan data topografi yang diperoleh dari instansi terkait.

### *Analisis Hidrologi*

Analisis hidrologi dilakukan menggunakan metode Polygon Thissen untuk menghitung hujan rata-rata, Log Pearson Type III untuk menentukan distribusi frekuensi curah hujan, diikuti dengan uji keselarasan Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov [9]. Debit banjir rencana dihitung menggunakan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu pada kala ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun. Intensitas hujan dihitung menggunakan metode Mononobe.

### *Pemodelan Hidrolika HEC-RAS*

Pemodelan hidrolika menggunakan perangkat lunak HEC-RAS versi 6.41 dengan pendekatan aliran permanen (steady flow) satu dimensi, jenis aliran subkritis, dan kondisi batas normal depth pada ujung hulu dan hilir. Koefisien kekasaran Manning yang digunakan adalah  $n = 0,030$  secara seragam untuk seluruh penampang. Hasil simulasi berupa profil muka air dan distribusi kecepatan aliran pada setiap penampang kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi potensi gerusan tebing berdasarkan kriteria kecepatan kritis [10], [11].

## 3. Hasil dan Pembahasan

### *Curah Hujan Rata-rata*

Data curah hujan harian maksimum yang dianalisis merupakan hasil pencatatan periode 2016–2025. Dengan menggunakan Metode Poligon Thiessen, diperoleh tiga pos hujan yang berpengaruh terhadap DAS

Saddang, yaitu Bendung Benteng, Data, dan Kaballangan. Nilai curah hujan maksimum rata-rata dari ketiga pos tersebut selanjutnya digunakan dalam analisis hidrologi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Perhitungan Curah Hujan Maksimum Rata-Rata

Tahun	Curah Hujan Maksimum Pos Bendung benteng	Curah Hujan Maksimum Pos Data	Curah Hujan Maksimum Pos Kaballangan	Curah Hujan Rata-Rata (mm)
2016	89	95	61	88.68
2017	132	90	103	123.75
2018	108	101	144	108.53
2019	60	337	165	110.42
2020	84	143	120	95.57
2021	99	146	154	109.29
2022	138	200	127	147.68
2023	75	125	187	88.44
2024	140	266	145	160.94
2025	95	137	132	103.63

Sumber: Hasil Perhitungan

Data curah hujan harian maksimum dari tiga pos hujan periode 2016–2025 menghasilkan curah hujan rata-rata daerah sebesar 113,67 mm, dengan nilai tertinggi pada tahun 2024 (160,94 mm) dan terendah pada tahun 2016 (88,68 mm) (Tabel 1). Hasil uji parameter statistik ( $C_s = 0,75$ ;  $C_k = 3,03$ ) menunjukkan bahwa distribusi Log Pearson Type III paling sesuai digunakan, dan diterima berdasarkan uji Chi-Kuadrat ( $\chi^2$  hitung = 3,60) maupun uji Smirnov-Kolmogorov ( $\Delta_{maks} = 0,110$ ), yang keduanya berada di bawah nilai kritis pada taraf signifikansi 5% [12].

#### Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana yang diperoleh meningkat seiring bertambahnya kala ulang (Tabel 2). Selanjutnya, intensitas hujan (metode Mononobe) dan distribusi hujan jam-jaman menunjukkan bahwa curah hujan terbesar terjadi pada jam pertama dan menurun pada jam-jam berikutnya, sehingga sebagian besar limpasan terjadi pada awal hujan.

**Tabel 2.** Perhitungan Curah Hujan Metode Log Person III

Kala Ulang (tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
2	108.82
5	130.57
10	145.77
25	165.99

Sumber: Hasil Perhitungan

Kenaikan nilai hujan rencana menunjukkan bahwa potensi debit banjir juga akan meningkat seiring bertambahnya periode ulang. Kondisi ini dapat menyebabkan peningkatan kecepatan aliran dan potensi gerusan pada tebing sungai [13], [14].

#### Debit Banjir Rancangan

Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir rancangan diperoleh bahwa debit banjir meningkat seiring bertambahnya kala ulang hujan. Kondisi debit maksimum terjadi pada saat mendekati puncak hidrograf. Peningkatan debit menyebabkan bertambahnya energi aliran dan kecepatan arus sungai yang berpotensi menimbulkan gerusan tebing [11]. Semakin besar debit banjir yang terjadi maka tinggi muka air sungai juga meningkat sehingga tekanan terhadap tebing sungai menjadi lebih besar [15].

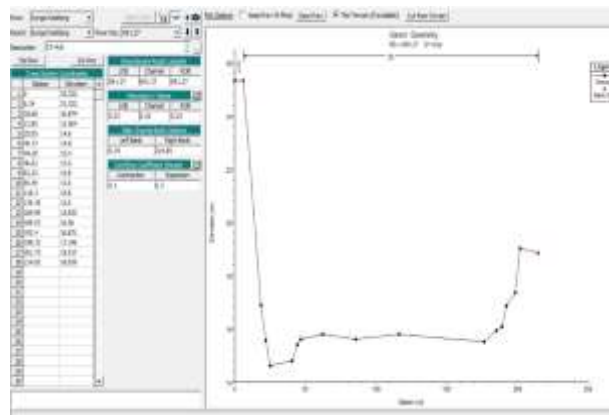
**Tabel 3.** Perhitungan Debit Banjir Rancangan DAS Saddang

Kala Ulang (tahun)	Q (m <sup>3</sup> /s)
2	2,994.23
5	3,592.67
10	4,011.00
25	4,567.32

Sumber: Hasil Perhitungan

*Pemodelan Hidrolika HEC-RAS*

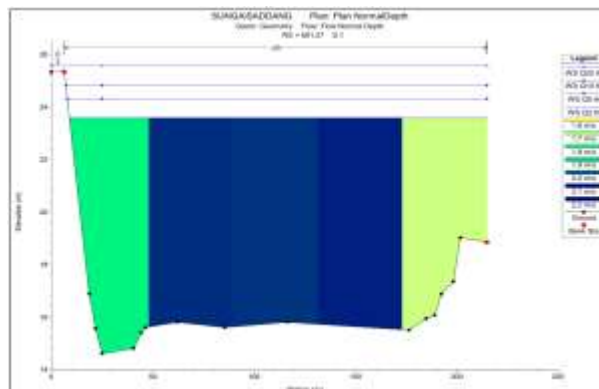
Simulasi hidrolika dilakukan menggunakan HEC-RAS versi 6.41 dengan pendekatan aliran permanen (steady flow) satu dimensi, jenis aliran subkritis, dan kondisi batas normal depth pada ujung hulu dan hilir [7], [10], [8]. Segmen Sungai Saddang yang dikaji memiliki panjang 691,27 m dan dimodelkan menggunakan 26 penampang melintang (S.1–S.26), dengan S.1 berada di hulu (River Sta 691,27 m) dan S.26 di hilir (River Sta 0,00 m). Koefisien kekasaran Manning ditetapkan seragam  $n = 0,030$  pada seluruh penampang. Secara umum, lebar penampang efektif sungai berkisar antara 191–370 m, dengan penyempitan signifikan pada segmen hilir, dari rata-rata  $\pm 330$ –360 m di segmen tengah (S.3–S.18) menjadi 191–241 m pada segmen hilir (S.23–S.26).



**Gambar 1.** Hasil Pemodelan Cross Section Data Geometry pada HEC-RAS

*Simulasi Profil Muka Air dan Distribusi Kecepatan Aliran pada Penampang Melintang Sungai*

Nilai kecepatan aliran yang disajikan dalam penelitian ini bersumber langsung dari Profile Output Table hasil running simulasi HEC-RAS 6.41. Tabel output tersebut menampilkan parameter hidrolika lengkap pada setiap penampang untuk keempat profil debit ( $Q_2$ ,  $Q_5$ ,  $Q_{10}$ ,  $Q_{25}$ ). Kolom yang digunakan sebagai sumber nilai kecepatan adalah kolom "Vel Chnl" (Velocity Channel) yang identik dengan kolom "Vel Total" dalam output.



**Gambar 2.** Hasil Simulasi Profil Muka Air dan Distribusi Kecepatan Aliran

Selain kecepatan, output juga memuat: W.S. Elev (elevasi muka air), E.G. Elev (elevasi garis energi), E.G. Slope (kemiringan garis energi), Flow Area (luas penampang basah), Top Width (lebar permukaan

air), dan Froude # Chl (angka Froude). Semua nilai ini dihasilkan oleh HEC-RAS melalui iterasi Standard Step Method dari hilir ke hulu untuk kondisi aliran subkritis dapat dilihat pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Profil Output Rekapitulasi Hasil Simulasi Muka Air dan Distribusi Kecepatan Aliran untuk setiap Penampang Melintang

River Sta	Profile	W.S Elev	E.G. Elev	E.G Slope	Flow Area	Vel Chnl
691,27 Hulu	Q2	23,57	23,76	0,000247	1534,89	1,95
691,27 Hulu	Q5	24,30	24,53	0,000264	1685,41	2,13
691,27 Hulu	Q10	24,81	25,07	0,000270	1792,29	2,24
691,27 Hulu	Q25	25,56	25,84	0,000269	1948,47	2,34
0,00 Hilir	Q2	21,28	21,68	0,000723	1073,95	2,79
0,00 Hilir	Q5	21,96	22,41	0,000723	1202,82	2,99
0,00 Hilir	Q10	22,90	22,90	0,000724	1288,12	3,11
0,00 Hilir	Q25	23,65	23,65	0,000723	1436,95	2,18

Sumber: Profil Output HEC-RAS

*Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Hasil Simulasi HEC-RAS*

Berdasarkan **Tabel 5** kecepatan minimum pada Q2 terjadi di penampang S.10 (River Sta 433,17 m) sebesar 1,49 m/s, sedangkan kecepatan maksimum pada Q25 terjadi di penampang S.26 (River Sta 0,00 m) sebesar 3,18 m/s. Rata-rata kecepatan pada Q2 adalah 1,86 m/s dan meningkat menjadi 2,11 m/s pada Q25. Terdapat pola peningkatan kecepatan yang progresif dari hulu menuju hilir, dengan lonjakan tajam mulai penampang S.19 ke hilir [1], [6].

**Tabel 5.** Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Hasil Simulasi HEC-RAS

Penampang	River Sta (m)	V Q2 (m/s)	V Q5 (m/s)	V Q10 (m/s)	V Q25 (m/s)
S.1 Hulu	691.27	1.95	2.13	2.24	2.35
S.2	655.81	1.70	1.86	1.94	2.00
S.3	626.99	1.62	1.76	1.85	1.91
S.10	433.17	1.49	1.61	1.68	1.73
S.18	241.18	1.66	1.76	1.82	1.86
S.19	196.32	1.89	1.99	2.07	2.11
S.20	168.67	1.92	2.03	2.11	2.15
S.21	139.48	1.98	2.11	2.19	2.24
S.22	112.56	2.09	2.22	2.31	2.36
S.23	81.84	2.22	2.37	2.47	2.53
S.24	56.05	2.45	2.63	2.74	2.81
S.25	24.35	2.77	2.96	3.08	3.15
S.26 Hilir	0	2.79	2.99	3.11	3.18

Sumber: Profil Output HEC-RAS

*Penampang dengan Potensi Gerusan Tebing Paling Dominan*

Dari **Tabel 6** teridentifikasi bahwa penampang S.26 (River Sta 0,00 m) menempati peringkat pertama dengan kecepatan Q25 tertinggi sebesar 3,18 m/s. Penampang S.25 (River Sta 24,35 m) berada di peringkat kedua dengan kecepatan 3,15 m/s, diikuti S.24 (2,81 m/s), S.23 (2,53 m/s), dan S.22 (2,36 m/s). Seluruh lima penampang teratas ini berada dalam klaster segmen hilir (River Sta 0–112,56 m) dan menunjukkan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan segmen hulu dan tengah [16].

**Tabel 6.** Peringkat Penampang Berdasarkan Kecepatan Aliran Q25 th (Profile Output tabel HEC-RAS)

Rank	Penampang	River Sta (m)	V Q2 (m/s)	V Q5 (m/s)	V Q10 (m/s)	V Q25 (m/s)	Kategori
1	S.26	0.00	2.79	2.99	3.11	3.18	Sangat Kritis
2	S.25	24.35	2.77	2.96	3.08	3.15	Sangat Kritis
3	S.24	56.05	2.45	2.63	2.74	2.81	Sangat Kritis
4	S.23	81.84	2.22	2.37	2.47	2.53	Sangat Kritis
5	S.22	112.56	2.09	2.22	2.31	2.36	Kritis Tinggi
6	S.1	691.27	1.95	2.13	2.24	2.35	Kritis Tinggi
7	S.21	139.48	1.98	2.11	2.19	2.24	Kritis
8	S.20	168.67	1.92	2.03	2.11	2.15	Kritis
9	S.19	196.32	1.89	1.99	2.07	2.11	Kritis
10	S.2	655.81	1.70	1.86	1.94	2.00	Kritis
11	S.18	241.18	1.66	1.76	1.82	1.86	Tinggi
12	S.5	563.62	1.66	1.80	1.89	1.94	Tinggi
13	S.6	534.58	1.64	1.78	1.87	1.93	Tinggi
14	S.4	596.02	1.64	1.78	1.87	1.93	Tinggi
15	S.7	508.07	1.64	1.77	1.85	1.91	Tinggi
16	S.3	626.99	1.62	1.76	1.85	1.91	Tinggi
17	S.16	304.65	1.62	1.72	1.79	1.84	Tinggi
18	S.15	322.02	1.58	1.69	1.76	1.81	Tinggi
19	S.17	274.86	1.60	1.69	1.76	1.80	Tinggi
20	S.9	459.76	1.54	1.66	1.74	1.80	Tinggi
21	S.8	485.35	1.57	1.69	1.77	1.83	Tinggi
22	S.14	336.81	1.57	1.67	1.73	1.78	Tinggi
23	S.13	356.72	1.51	1.62	1.69	1.75	Tinggi
24	S.12	374.76	1.51	1.62	1.69	1.75	Tinggi
25	S.11	405.43	1.50	1.62	1.69	1.75	Tinggi
26	S.10	433.17	1.49	1.61	1.68	1.73	Tinggi

#### 4. Kesimpulan

Seluruh 26 penampang melintang Sungai Saddang menghasilkan kecepatan aliran yang melebihi ambang batas kritis gerusan tebing pada semua skenario debit banjir rencana. Kecepatan aliran pada kondisi Q25 (4.567,32 m<sup>3</sup>/s) bervariasi antara 1,73 m/s (S.10) hingga 3,18 m/s (S.26), dengan rata-rata meningkat dari 1,86 m/s (Q2) menjadi 2,11 m/s (Q25).

Penampang dengan potensi gerusan tebing paling dominan berada di zona hilir (RM 0,00–81,84 m), yaitu S.26 (3,18 m/s), S.25 (3,15 m/s), S.24 (2,81 m/s), dan S.23 (2,53 m/s) yang dikategorikan Sangat Kritis. Faktor utama penyebabnya adalah kombinasi penyempitan geometri penampang dari ±330 m menjadi 191–241 m, peningkatan E.G. Slope hingga 0,000741 m/m, dan rendahnya tinggi tebing kanan pada penampang-penampang tersebut.

Berdasarkan hasil tersebut, direkomendasikan agar penanganan teknis berupa revetment, bronjong, atau dinding penahan sungai diprioritaskan pada penampang S.23–S.26. Pemantauan berkala terhadap perubahan geometri penampang perlu dilakukan minimal satu kali per tahun atau setelah kejadian banjir besar.

#### 5. Referensi

- [1] F. L. Alimuddin, Faisal Rijal, Nenny, "Pengaruh kecepatan aliran terhadap sedimen melayang dan sedimen dasar sungai pangkajene kabupaten pangkajene dan kepulauan," *J. Tek. Hidro*, vol. 17, no. 2, pp. 26–34, 2024.
- [2] S. Murniningsih, "Pengaruh Pergerakan Meander Terhadap Keseimbangan Alur Sungai," *Indones. J. Constr. Eng. Sustain. Dev.*, vol. 1, no. 2, pp. 45–52, 2019, doi: 10.25105/cesd.v1i2.4099.

- [3] A. Kurniawan, "Monitoring Perubahan Pola Alur Sungai Menggunakan Citra Satelit Resolusi Spasial Menengah Berbasis Spectral Classification," *J. Nas. Teknol. Terap.*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.22146/jntt.56613.
- [4] Y. Palaguna Umar, T. Fitria, I. Lestari, and D. F. Anugroho, "Analisis Penggunaan Lahan Pada Tingkat Rawan Bencana Erosi Berbasis di Taman Nasional Gunung Rinjani Nusa Tenggara Barat Land Use Analysis in Areas Prone to Erosion Disasters Based in Mount Rinjani National Park West Nusa Tenggara," *J. Keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist.*, vol. 12, no. 3, pp. 227–240, 2025.
- [5] P. Y. Julien, *River Mechanics*. New York: Cambridge University Press, 2002.
- [6] A. N. Khafifah, W. Mustari, Kasmawati, and F. Gaffar, "Analisis Hidrolika Sungai Tallo Menggunakan Aplikasi Hec-Ras 6.0," *J. Karajata Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 85–90, 2023, doi: 10.31850/karajata.v3i2.2128.
- [7] F. Latif and A. Hakim, "Utilization of Hec-Ras 2D for Flood Influence Modeling Due To Peak Discharge of Walanae River in Wajo District," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 1, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5994.
- [8] R. A. Yansyah, D. I. Kusumastuti, and S. Tugiono, "Analisa hidrologi dan hidrolika saluran drainase box culvert di jalan Antasari Bandar Lampung menggunakan program HEC-RAS," *J. Rekayasa Sipil dan Desain*, vol. 3, no. 1, pp. 1–12, 2015.
- [9] I. Staddal, O. Haridjaja, and Y. Hidayat, "Analisis Debit Aliran Sungai Das Bila Sulawesi Selatan the Analysis of Streamflow on Bila Watershed, South Sulawesi," *J. Sumber Daya Air*, vol. 12, no. 2, pp. 117–130, 2016.
- [10] N. F. T. Hutagalung and Umboro Lasminto, "Jurnal Aplikasi Teknik Sipil Kalibrasi Model Numerik Sungai Bengawan Solo untuk Pembangunan Bendung Gerak Karangnongko Dengan Parameter Nilai Kekasaran Manning menggunakan Program Bantu HEC-RAS," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 19, no. 4, pp. 379–386, 2021.
- [11] M. "Allaam Fauzi, P. Pratikso, and A. Rochim, "Analisis Perilaku Erosi Pada Dasar Sungai Bagian Hilir Bangunan Groundsill," *Wahana Tek. Sipil J. Pengemb. Tek. Sipil*, vol. 29, no. 2, 2024, doi: 10.32497/wahanats.v29i2.6163.
- [12] A. N. Rahmayanti, "Pemanfaatan Sumber Daya Air Dalam Penanganan Banjir," no. DOI: 10.13140/RG.2.2.34918.19524, pp. 1–26, 2023, doi: 10.13140/RG.2.2.34918.19524.
- [13] N. A. S. Purwono, A. Barkah, D. Triyanto, and P. Handino, "Analisis Karakteristik Pola Sedimentasi dan Perubahan Morfologi Muara Sungai Serayu," *J. Tek. Sipil dan Tekonologi Konstr.*, vol. 6, no. 1, pp. 41–51, 2020.
- [14] A. R. Wirawan, Suharyanto, P. Utamaa, and S. Edhisono, "Kajian Pengendalian Erosi Pada Sungai Pedes Kabupaten Brebes," *J. Karya Tek. Sipil*, vol. 5, no. 2, pp. 45–53, 2016.
- [15] F. Setiawan, M. Suprpto, and S. R. I., "Pengendalian Banjir Pada Sungai Berjaln (Braided) Studi Kasus Sungai Ransiki Manokwari Papua Barat," *Matriks Tek. Sipil*, vol. 1, no. 4, p. 385, 2013.
- [16] M. Said *et al.*, "Arus Jurnal Sains dan Teknologi ( AJST )," vol. 2, no. 2, 2024, doi: <https://doi.org/10.57250/ajst.v2i2.493>.