

**PENGARUH DEBIT AIR TERHADAP PERILAKU EROSI DAN IMPLIKASI TERHADAP POTENSI KERUSAKAN INFRASTRUKTUR (STUDI KASUS: SUNGAI APIT AI KECAMATAN LANTUNG KABUPATEN SUMBAWA)**  
*The Impact of Water Discharge on Erosion Behavior and Implications on Potential Infrastructure Damage (Case Study: Apit River, Lantung District, Sumbawa Regency)*

Adi Mawardin\*, M Herul Arta Aryan\*

\* Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Lingkungan dan Mineral,  
Universitas Teknologi Sumbawa,  
Jalan Olat Maras-Batu Alang Moyo Hulu, Kabupaten Sumbawa  
Email: [adi.mawardin@uts.ac.id](mailto:adi.mawardin@uts.ac.id), [herularta@gmail.com](mailto:herularta@gmail.com)

Manuscript received: 30 Juni 2024

Accepted: 25 Oktober 2024

**Abstrak**

*Erosi sungai disebabkan oleh berbagai faktor, salah satunya adalah debit air. Debit air sungai merupakan volume air yang mengalir dalam satu satuan waktu tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debit air di Sungai Apit Ai berdasarkan data curah hujan selama periode 2014 hingga 2023. Data curah hujan diperoleh dari tiga stasiun pengamatan, yaitu Semongkat, Rea Atas, dan Pungkit, yang mewakili luas DAS dengan metode Thiessen. Analisis data menggunakan Distribusi Log Person Tipe III menghasilkan nilai curah hujan kala ulang untuk periode 2, 5, 10, 50, dan 100 tahun, dengan intensitas curah hujan tertinggi pada kala ulang 100 tahun sebesar 126,28 m<sup>3</sup>/detik. Data debit ini kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak HEC-RAS. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa debit tertinggi tercatat pada kala ulang 100 tahun dengan tinggi muka air yang dihasilkan berkisar antara 6,18 hingga 6,21 meter. Temuan ini memiliki implikasi penting bagi pengelolaan sumber daya air dan mitigasi risiko banjir di wilayah tersebut. Sebagai langkah mitigasi terhadap erosi di Sungai Apit Ai, direkomendasikan pemasangan beronjong pada tepi sungai yang rentan terhadap erosi.*

*Kata kunci : Debit, Erosi, Sungai, Kala ulang, HEC-RAS.*

**PENDAHULUAN**

Sungai merupakan salah satu sumber daya alam yang vital bagi kehidupan manusia. Selain berfungsi sebagai sumber air, sungai juga berperan sebagai jalur transportasi, irigasi, dan objek wisata. Namun, keberadaan sungai dapat terancam oleh erosi, yaitu proses pengikisan tanah oleh air yang mengalir. Erosi sungai dapat menyebabkan berbagai dampak negatif, seperti pendangkalan sungai, kerusakan infrastruktur, dan hilangnya lahan pertanian (Suripin, 2014). Salah satu faktor yang mempengaruhi erosi sungai adalah debit air, yang merupakan volume air yang mengalir dalam suatu sungai dalam satuan waktu tertentu. Debit air dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti curah hujan, luas daerah tangkapan air, dan kondisi topografi.

Desa Lantung, Kecamatan Lantung, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat, terletak di daerah aliran sungai (DAS) yang memiliki tingkat erosi cukup tinggi di beberapa lokasi. DAS ini memiliki debit air yang bervariasi tergantung musim. Desa Lantung dilintasi oleh Sungai Apit Ai, yang merupakan salah satu sungai besar di Kabupaten Sumbawa dan dijadikan sebagai sumber air pertanian. Fluktuasi debit air yang signifikan terjadi sepanjang tahun, terutama pada musim hujan, di mana debit air meningkat drastis dan berpotensi memicu erosi yang intensif. Sebaliknya, pada musim kemarau, debit air berkurang secara drastis dan mengurangi daya angkut sedimen, sehingga menyebabkan pendangkalan sungai.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab erosi di Sungai Apit Ai serta dampaknya terhadap infrastruktur dan lingkungan sekitarnya. Manfaat Penelitian: Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna bagi pengambil kebijakan dan masyarakat dalam upaya mitigasi erosi serta perencanaan pengelolaan sumber daya air yang lebih baik.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Erosi Sungai**

Erosi sungai merupakan proses pengikisan tanah yang terjadi akibat aliran air, yang dapat mengakibatkan pendangkalan sungai dan kerusakan infrastruktur di sekitarnya. Erosi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk debit air, kemiringan lereng, dan aktivitas manusia. Tingginya debit air pada saat musim hujan dapat meningkatkan daya erosi, sedangkan pada musim kemarau, sedimentasi dapat terjadi akibat berkurangnya aliran air.

### **Daerah Aliran Sungai**

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan wilayah yang berfungsi sebagai sistem pengumpul air hujan. Karakteristik DAS sangat mempengaruhi pola aliran air, erosi, dan sedimentasi. Dalam konteks penelitian ini, DAS Moyo memiliki fluktuasi debit yang signifikan, yang berdampak pada tingkat erosi sungai.

### **Stadia Sungai**

Menurut (Asdak, 2022) Stadia Sungai merupakan perkembangan pola sungai yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti litologi batuan, kemiringan lereng, tenaga tektonik dan sebagainya. Tahap perkembangan sungai dibagi menjadi 5 stadia, yaitu stadia sungai awal, stadia muda, stadia dewasa, stadia tua, dan stadia remaja kembali.

### **Hujan**

Hujan adalah proses pengembalian air yang telah diuapkan ke atmosfer menuju ke permukaan bumi. Pengembalian ini akibat dari udara yang naik hingga melewati ketinggian kondensasi dan berubah menjadi awan. Di dalam awan terjadi proses tumbukan dan penggabungan antar butir-butir air yang akan meningkatkan massa dan volume butir air, jika butiran air akan turun dalam bentuk hujan. Menurut Iskandar (2020), hujan adalah fenomena alam yang terjadi akibat adanya proses siklus hidrologi. Siklus hidrologi ini merupakan proses pergerakan air secara terus menerus dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi.

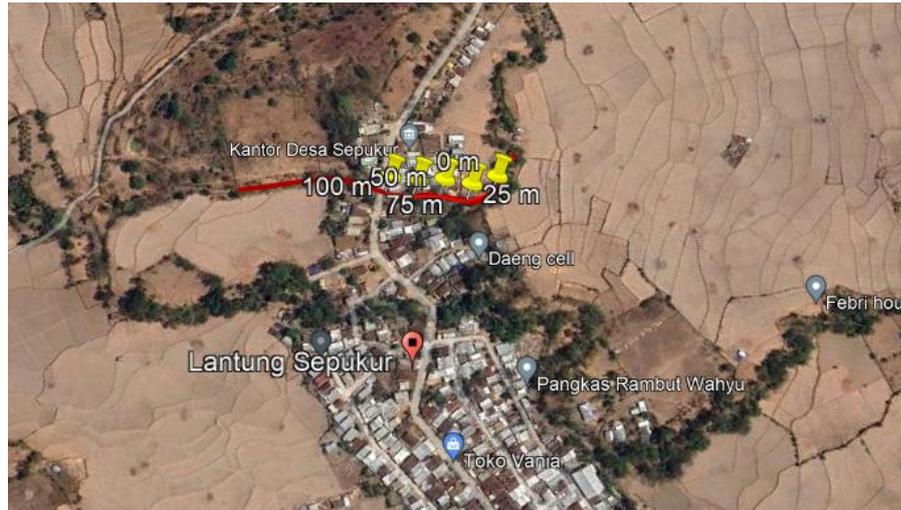
### **HEC-RAS**

HEC-RAS adalah aplikasi *freeware* dari Hydrologic Engineering Center US Army yang fokus pada analisis hidraulika sungai. Berbeda dengan HEC-HMS yang berorientasi pada analisis hidrologi, HEC-RAS dapat menganalisis aliran steady, unsteady, dan sediment transport. Aliran steady memiliki debit konstan, dibagi menjadi uniform dan non-uniform flow, sementara unsteady flow menunjukkan debit yang bervariasi. Dalam HEC-RAS, data disusun dalam proyek sistem saluran, memungkinkan analisis berbagai rencana dengan memasukkan data geometri dan debit. Proses pembangunan model hidrolis

dalam HEC-RAS meliputi langkah-langkah memulai aplikasi, membuat nama pekerjaan, memasukkan data geometri dan debit, serta menjalankan program untuk menghasilkan simulasi yang dapat dibandingkan dalam bentuk tabel dan grafik.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di sungai Apit Ai desa Lantung Sepukur, kecamatan Lantung, kabupaten Sumbawa. lokasi penelitian ini terletak di titik kordinat  $8^{\circ}46'11.53''S$   $117^{\circ}31'03.16''E$ , selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Lokasi Penelitian Sungai Apit ai  
Sumber: Google Earth Pro, 2024

Data penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh langsung dari lokasi penelitian, mencakup dokumentasi dan pengukuran debit aliran Sungai Apit Ai menggunakan alat Current Meter untuk menghitung rata-rata kecepatan aliran. Sementara itu, data sekunder diambil dari instansi terkait, termasuk data curah hujan yang diperlukan untuk mengetahui rata-rata curah hujan yang mempengaruhi debit aliran, dengan perhitungan kala ulang 2, 5, 10, 50, dan 100 tahun, yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Nusa Tenggara 1. Selain itu, data geometrik digunakan untuk mengetahui bentuk dan ukuran dasar Sungai Apit Ai, mencakup lebar sungai, kemiringan dasar, dan ketinggian profil, yang diperoleh melalui *Google Earth Pro*.

Analisis curah hujan dilakukan dengan kala ulang 2, 5, 10, 50, dan 100 tahun menggunakan metode Polygon Thiessen, yang efektif untuk daerah aliran sungai (DAS) dengan distribusi hujan yang tidak merata. Metode ini melibatkan pembuatan poligon yang memotong tegak lurus di tengah garis penghubung antara dua stasiun hujan, sehingga setiap stasiun mewakili wilayah poligon tertutup. Luas poligon dihitung untuk setiap stasiun, dengan rasio  $An/A$ , dimana A adalah luas daerah penampungan. Dengan mengalikan rasio ini dengan curah hujan stasiun, diperoleh curah hujan berimbang yang kemudian dijumlahkan untuk seluruh luas dalam batas daerah penampungan. Metode Polygon Thiessen sangat berguna dalam menghitung curah hujan rata-rata kawasan, tetapi perlu diperbarui jika ada perubahan dalam jaringan stasiun hujan.

Analisis kecepatan rata-rata debit sungai dilakukan dengan menggunakan alat *Current Meter*, yang mengukur kecepatan aliran di titik tertentu dalam sungai. Alat ini bekerja berdasarkan hubungan antara

kecepatan aliran dan putaran baling-baling, dan umumnya digunakan karena ketelitiannya yang baik. Pengukuran dilakukan pada beberapa titik dalam satu penampang aliran, khususnya pada kedalaman 0,2 H, 0,6 H, dan 0,8 H, dengan rumus perhitungan kecepatan rata-rata sebagai berikut:

$$V = \frac{U_{0,2} + U_{0,6} + U_{0,8}}{4} \dots\dots\dots (1)$$

dengan  $U_{0,2} = U$  pada kedalaman 0,2 dari permukaan air;  $U_{0,6} = U$  pada kedalaman 0,6 dari permukaan air;  $U_{0,8} = U$  pada kedalaman 0,8 dari permukaan air.

Analisis HEC-RAS digunakan untuk mengetahui kondisi aliran Sungai Apit ai. Adapun langkah-langkah dasar meliputi menggambar penampang saluran, memasukkan data dari analisis hidrologi dan hidrolis, serta menjalankan program. Terdapat lima langkah utama dalam pembangunan model hidrolis menggunakan HEC-RAS: 1) memulai HEC-RAS, 2) pembuatan nama pekerjaan, 3) memasukkan data geometri, 4) memasukkan data debit dan kondisi batas, dan 5) menjalankan program.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Hidrologi**

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup periode 10 tahun terakhir, yaitu dari tahun 2014 hingga 2023, yang terjadi di wilayah Lantung, DAS Moyo bagian hulu, Kabupaten Sumbawa. DAS Moyo dipengaruhi oleh tiga titik pos pengamatan hujan, yaitu Pos Semongkat yang terletak pada koordinat 8°35'25"S dan 117°20'37"E, mewakili luas wilayah sebesar 67,7 km<sup>2</sup> dengan koefisien pengali 0,086; Pos Rea Atas yang terletak pada koordinat 8°41'43"S dan 117°24'34"E, dengan luas wilayah 213 km<sup>2</sup> dan koefisien pengali 0,270; serta Pos Pungkit yang terletak pada koordinat 8°39'33"S dan 117°31'26"E, mewakili luas 506 km<sup>2</sup> dengan koefisien pengali 0,643. Ketiga pos ini secara geografis mewakili curah hujan di kawasan DAS Moyo dan memberikan kontribusi penting dalam analisis curah hujan wilayah DAS Moyo.

Rata-rata curah hujan di wilayah DAS Moyo, Kabupaten Sumbawa, antara tahun 2014 hingga 2023 dihitung berdasarkan curah hujan maksimum harian tahunan yang dikalikan dengan nilai koefisien pengali masing-masing stasiun. Dari hasil analisis tersebut, diketahui bahwa rata-rata curah hujan terendah terjadi pada tahun 2015, dengan intensitas hujan mencapai 60,86 mm, sedangkan rata-rata curah hujan tertinggi tercatat pada tahun 2017 dengan intensitas 123,24 mm, selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1** Rata-rata curah hujan tahunan (2014-2023)

Tahun	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Rata-rata (mm)
2014	75,00	132,00	145,00	96,46
2015	51,00	82,00	68,00	60,86
2016	116,00	85,00	78,00	104,34
2017	93,00	164,00	221,00	123,24
2018	96,00	60,00	56,00	82,81
2019	97,00	74,00	37,00	85,61
2020	96,00	132,00	62,00	102,82
2021	88,00	120,00	95,00	97,27
2022	105,00	93,00	89,00	100,37
2023	71,73	67,00	88,90	71,93
Jumlah	888,73	1009,00	939,90	925,70
Rata-rata	88,87	100,90	93,99	92,57
N	10			

Untuk mendapatkan hujan rancangan, dilakukan analisis konsistensi data hujan terhadap nilai RAPS  $Q\sqrt{n}$  dan  $R\sqrt{n}$  masing-masing stasiun hujan. Berdasarkan analisis tersebut, dilanjutkan dengan penghitungan hujan rancangan menggunakan metode Log Person Tipe III. Proses ini melibatkan interpolasi nilai koefisien kemiringan (Cs) untuk menentukan nilai K yang diperlukan dalam perhitungan curah hujan untuk berbagai periode ulang. Hasil analisis curah hujan rencana, termasuk nilai Log XT dan XT dalam milimeter, disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2** Hujan Rencana Kala Ulang

Kala Ulang (Tahun)	Hujan Rencana (mm)
2 (50%)	96,63
5 (20%)	110,09
10 (10%)	116,08
50 (2%)	124,47
100 (1%)	126,28

**Analisis Hidrolika**

Sungai Apit Ai terletak di Desa Lantung, Kecamatan Lantung, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara barat. Data geometrik sungai berkaitan dengan bentuk dan ukuran dasar sungai yang dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3** Data Geometrik Sungai Apit Ai

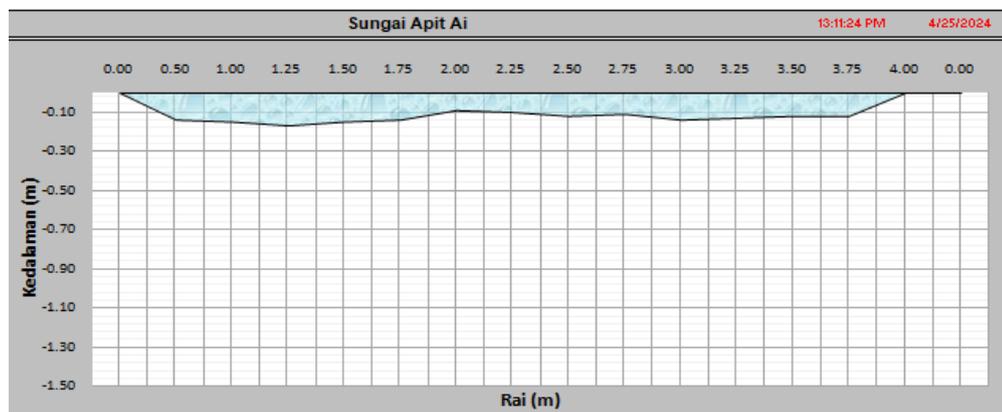
Panjang	100 Meter
Lebar sungai	4.20 Meter
Lebar bawah sungai	3.00 Meter
Kedalam air rata-rata	0.17 Meter
Kemiringan	0.6 Meter

Perhitungan debit mencakup kedalaman sungai di setiap pias, luas pias, serta kecepatan rata-rata pada tiga titik kedalaman. Dengan menggunakan rumus hidrolika, diperoleh hasil perhitungan kecepatan rata-rata dan debit sungai. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4** Perhitungan rata-rata dan debit sungai Apit ai

No Pias	Luas Pias (m <sup>2</sup> )	Kecepatan (m/dt)			Debit (m <sup>3</sup> /dt)		
		V 1	V 2	V 3	Q 1	Q 2	Q 3
Pias 1	0.23	0.20	0.35	0.72	0.05	0.079	0.163
Pias 2	0.14	0.10	0.15	0.32	0.01	0.021	0.046
Pias 3	0.16	0.00	0.10	0.10	0.00	0.016	0.016
Rata-rata		0.22 (m/dt)			0.04 (m <sup>3</sup> /dt)		

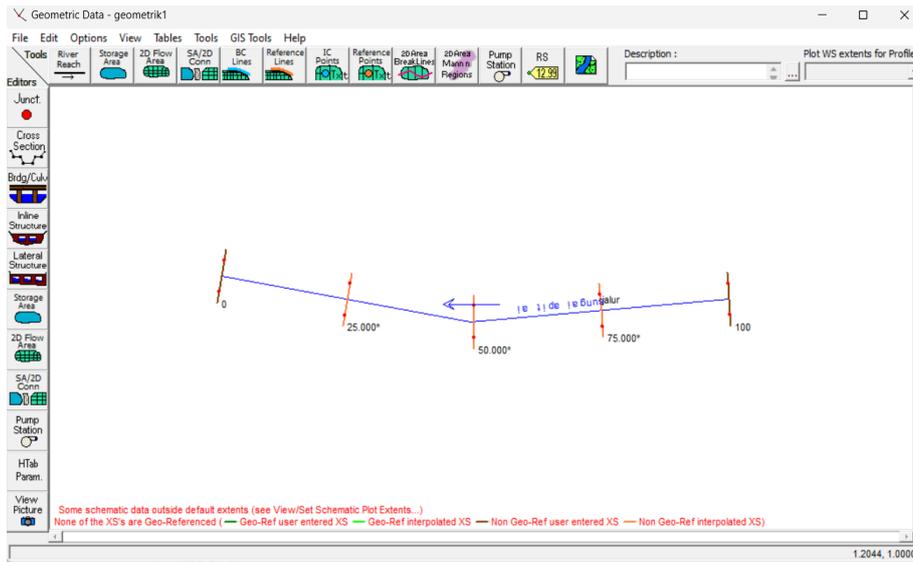
Gambaran penampang eksisting sungai Apit Ai, selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2** Penampang Eksisting Sungai Apit Ai

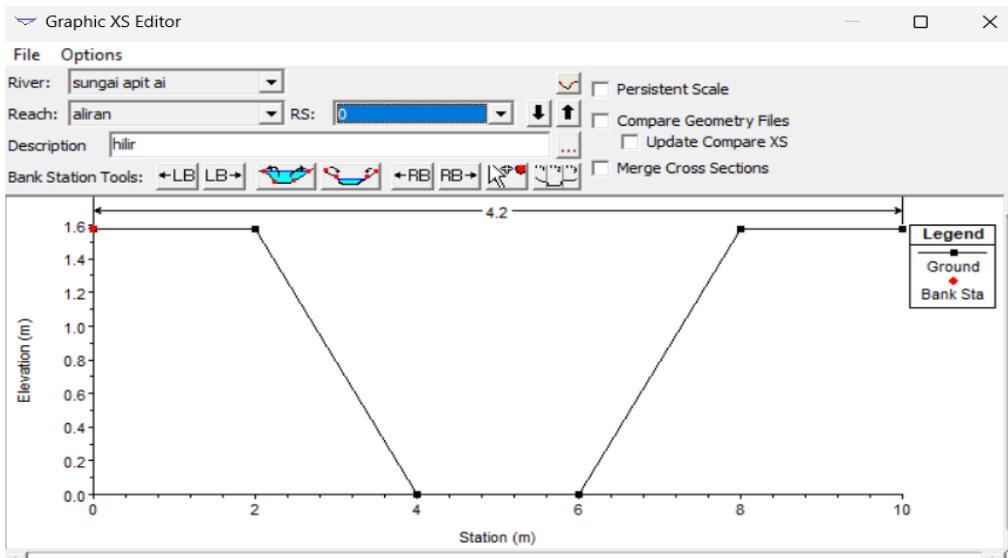
**Analisis HEC-RAS**

Proses dimulai dengan membuka aplikasi HEC-RAS dan membuat judul pekerjaan. Pengguna kemudian menginput data geometri sungai dengan memilih "View" dan "Geometric Data" di menu utama. Setelah itu, pengguna memilih menu "Edit" untuk mengakses jendela input data geometrik, di mana informasi seperti bentuk penampang, panjang saluran, dan parameter lainnya dapat dimasukkan. Input data geometrik yang akurat sangat penting untuk menghasilkan model aliran yang tepat, yang selanjutnya mendukung analisis hidrolik. Proses ini diilustrasikan dalam Gambar 4.3, yang menunjukkan antarmuka HEC-RAS untuk input data geometri.



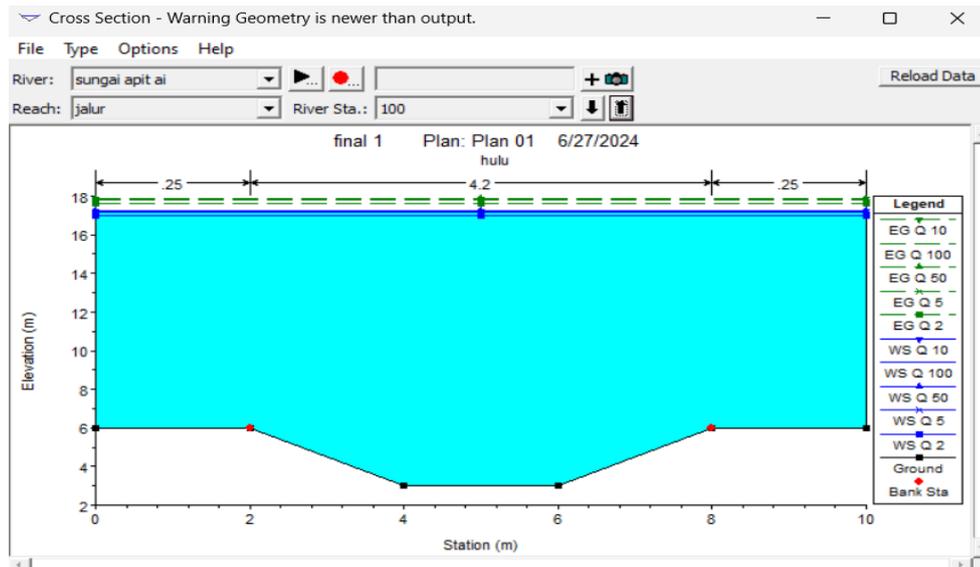
**Gambar 3** Geometrik Data

Elevasi yang tercatat mencakup nilai-nilai sebagai berikut: 1.58, 1.578, 0, 0, 1.578, dan 1.58. Dari data ini, terlihat bahwa ada dua titik di mana elevasi sungai tercatat sebagai 0, yang menunjukkan lokasi di mana sungai berada pada level permukaan tanah atau titik tertentu di mana tidak ada elevasi yang terukur. Nilai elevasi lainnya, yang berkisar antara 1.578 hingga 1.58, menunjukkan sedikit variasi dalam ketinggian sungai di sepanjang jalurnya. Selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4** Penampang Stasiun Pengukuran Elevasi Saluran

Debit sungai berdasarkan kala ulang 2, 5, 10, 50, dan 100 tahun dihitung menggunakan metode Log Person Tipe III dengan data curah hujan selama 10 tahun, dari 2014 hingga 2023. Hasil perhitungan menunjukkan debit maksimal yang dapat dilihat pada Tabel 4.20. Tabel ini mencantumkan nilai debit maksimum berdasarkan curah hujan rencana dalam milimeter untuk masing-masing kala ulang, di mana debit tertinggi tercatat pada kala ulang 100 tahun dengan nilai 126,28 m<sup>3</sup>/detik. Data ini sangat penting untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya air, serta dalam evaluasi risiko banjir di wilayah tersebut. Selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5** Kondisi Saluran dengan Debit Kala Ulang 100 tahun

Hasil dari permodelan HEC-RAS menunjukkan debit air sungai Apit Ai yang diukur pada kala ulang Q2 sebesar 6,18 meter, Q5 sebesar 6,19 meter, Q10 sebesar 6,21 meter, Q50 sebesar 6,20 meter, dan Q100 sebesar 6,20 meter. Hasil ini mengindikasikan bahwa debit air mencapai puncaknya pada kala ulang 10 tahun dengan nilai 6,21 meter. Kenaikan ini menunjukkan pentingnya pengelolaan aliran sungai untuk mencegah potensi banjir dan menjaga keberlanjutan ekosistem sungai.

### Perilaku Erosi Sungai Apit Ai

Perilaku erosi di Sungai Apit Ai menunjukkan bahwa erosi mengikis daerah pinggir sungai, yang mengakibatkan sedimentasi dan pendangkalan. Hal ini mencerminkan bahwa Sungai Apit Ai berada dalam tahap tua, di mana secara umum, erosi lebih dominan terjadi pada sisi lateral, dan sungai cenderung memiliki bentuk yang lebih datar.

### Implikasi Terhadap Kerusakan Infrastruktur

Implikasi dari tingginya debit air sungai dan erosi lateral di Sungai Apit Ai dapat menyebabkan kerusakan infrastruktur, seperti jembatan dan perumahan warga yang berada di dekat sungai. Kerusakan tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6** Kerusakan Bawah Jembatan Akibat Erosi Lateral

Untuk penanggulangan erosi di tepi Sungai Apit Ai, dapat dilakukan dengan cara menanam pepohonan, seperti bambu dan tanaman lain yang mampu menahan tanah. Selain itu, penggunaan beronjong di bagian tepi sungai yang rentan terhadap erosi juga sangat dianjurkan agar tanah di area tersebut tidak terkikis oleh aliran air.

## **SIMPULAN DAN SARAN**

### **Simpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa debit rata-rata Sungai Apit Ai di Desa Lantung adalah sebesar 0,04 m<sup>3</sup>/detik. Selanjutnya, analisis intensitas hujan selama periode 10 tahun (2014-2023) menghasilkan nilai debit maksimum berdasarkan kala ulang sebagai berikut: untuk kala ulang 2 tahun sebesar 96,03 m<sup>3</sup>/detik, kala ulang 5 tahun sebesar 110,09 m<sup>3</sup>/detik, kala ulang 10 tahun sebesar 116,08 m<sup>3</sup>/detik, kala ulang 50 tahun sebesar 124,47 m<sup>3</sup>/detik, dan kala ulang 100 tahun sebesar 126,68 m<sup>3</sup>/detik. Sebagai langkah mitigasi terhadap erosi yang terjadi di Sungai Apit Ai, disarankan untuk memasang bronjong di tepi sungai yang rentan terhadap erosi.

### **Saran**

Untuk peneliti selanjutnya, diharapkan agar memperbanyak referensi dan mengumpulkan data yang lebih lengkap untuk mendukung pemahaman yang lebih mendalam. Selain itu, penting untuk mempelajari dan menguasai perangkat lunak tambahan seperti *Google Earth Pro*, *ArcMap*, *HEC-HMS*, *HEC-RAS*, *RAS Mapper*, dan *Microsoft Office* guna meningkatkan pengolahan data. Penelitian ini juga masih dapat dikembangkan lebih lanjut, terutama terkait masalah erosi dan sedimentasi, agar memberikan kontribusi yang lebih luas dalam bidang ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Aryani, I., Ichwana, I., & Devianti, D. (2022). Perkiraan Erosi dan Sedimen Menggunakan Erosion Potential Method (EPM) Pada Sub DAS Krueng Jreu. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(4), 905-911. Retrieved from <https://jim.usk.ac.id/JFP/article/view/21822/10614>.

Asdak, C. (2014). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Asdak, C. (2022). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai: Edisi Revisi*. Yogyakarta: UGM Press.
- Barokah, I., & Purwantoro, D. (2014). Pengaruh variasi debit aliran terhadap gerusan maksimal di bangunan jembatan dengan menggunakan program HEC-RAS. *INERSIA Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*, 10(2), 175-184. Retrieved from <https://journal.uny.ac.id/index.php/inersia/article/view/9965/7862>.
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Tanah Longsor dan Erosi Kejadian dan Penanganannya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Limantara, L. M. (2018). *Rekayasa Hidrologi*. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- Pambudi, A. S., Moersidik, S. S., & Karuniasa, M. (2021). Analisis Sebaran Limpasan Permukaan pada Sub DAS Lesti Sebagai Pertimbangan Konservasi Hulu DAS Brantas. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 12(2), 104-115. Retrieved from <https://jurnalpengairan.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/548>.
- Rau, M. I., Pandjaitan, N., & Sapei, A. (2015). Analisis Debit Sungai dengan Menggunakan Model SWAT pada DAS Cipasauran, Banten. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 3(2), 113-120. Retrieved from <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep/article/view/10838>.
- Suprpto, B., & Noerhayati, E. (2022). Model Reduksi Erosi Dan Sedimentasi Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas Hulu Sebagai Usaha Konservasi Lahan Dan Sumberdaya Air. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal)*, 12(2), 125-133. <https://jim.unisma.ac.id/index.php/ft/article/view/23341/17483>.
- Sutrisno, A. J., & Arifin, H. S. (2020). Analisis Prediksi dan Hubungan antara Debit Air dan Curah Hujan pada Sungai Ciliwung di Kota Bogor. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 10(1), 25-33. Retrieved from <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jpsl/article/view/17063>.
- Triatmodjo, B. (2016). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (1996). *Hidraulika I*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2014). *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wasono, A., Sari, Y. K., Sangkawati, S., & Nugroho, H. (2023). Analisis Erosi Sub-DAS Bendungan Way Sekampung Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 21(2), 191-196. Retrieved from <https://iptek.its.ac.id/index.php/jats/article/view/15602>.
- Yulistianto, B. (2019). *Hidraulika Saluran Terbuka*. Yogyakarta: Beta Offset.