



# Evaluasi Efektivitas Soil Bioengineering Berbasis Vegetasi Pinus terhadap Pengendalian Sedimen di Lereng DAS Jene'berang

Mahmuddin<sup>1</sup>, Muhammad Yunus Ali<sup>2</sup>, Muh. Asdin Agus Salim<sup>3\*</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

\*Email : [airilmu123@email.com](mailto:airilmu123@email.com)

**Abstract:** The Jene'berang River Basin is one of the main river basins in South Sulawesi Province, which has a high level of sedimentation and landslide vulnerability due to a combination of factors, including steep topography, unstable soil types, high rainfall, and changes in land use. This study aims to analyze the effectiveness of applying pine vegetation-based bioengineering technology in sediment control in the Jene'berang-Jenelata watershed. The research method was conducted from January to June 2025 through field observations, spatial analysis using Geographic Information Systems and measurements of sediment landslide volumes at several variations of pine vegetation planting distances. The parameters analyzed included soil classification, land activity, slope gradient, rainfall, and sediment landslide volume. The results showed that the application of bioengineering had an effect on sediment control, with variations in vegetation planting distance affecting the volume of landslides that occurred. Wider planting distances showed higher sediment retention efficiency compared to very dense planting distances. The appropriate and integrated application of bioengineering technology with the physical characteristics of the watershed is expected to be a sustainable solution for sediment control and landslide mitigation in the Jene'berang watershed.

**Keywords:** Bioengineering; Pine vegetation; Sedimentation; Landslides; Jene'berang watershed

## 1. PENDAHULUAN

Teknologi bioengineering merupakan pendekatan rekayasa lingkungan yang memanfaatkan kombinasi elemen biologis, khususnya vegetasi, dengan prinsip teknik sipil untuk meningkatkan stabilitas tanah dan mengendalikan degradasi lingkungan (Putra dkk., 2025). Dalam konteks pengelolaan daerah aliran sungai (DAS), bioengineering berperan penting sebagai solusi ramah lingkungan dalam mengurangi erosi, memperkuat lereng, serta menekan laju sedimentasi. Keunggulan utama teknologi ini terletak pada kemampuannya meningkatkan kohesi tanah melalui sistem perakaran vegetasi sekaligus menjaga keseimbangan ekosistem secara berkelanjutan (Souisa dkk., 2025).

Vegetasi pinus (pinus merkusii) merupakan salah satu jenis tanaman yang banyak dimanfaatkan dalam penerapan teknologi bioengineering karena memiliki sistem perakaran yang kuat dan mampu beradaptasi pada kondisi tanah marginal (Shobby dkk., 2025). Akar pinus berperan dalam meningkatkan kekuatan geser tanah dan mengurangi pergerakan massa tanah pada lereng curam. Selain itu, tajuk pinus mampu mengurangi energi kinetik curah hujan yang langsung mengenai permukaan

tanah, sehingga berkontribusi dalam menekan laju erosi dan sedimentasi (Sriwati, 2024).

Sedimentasi merupakan proses pengendapan material hasil erosi yang terbawa aliran air dan terakumulasi di dasar sungai (Kurniati dkk., 2024). Tingginya laju sedimentasi di suatu DAS dapat mengakibatkan penurunan kapasitas tampung sungai, pendangkalan alur sungai, serta peningkatan risiko banjir dan kerusakan infrastruktur (Nur dkk., 2024). Di DAS Jene'berang, sedimentasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain jenis tanah yang labil, kemiringan lereng yang curam, serta aktivitas penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan daya dukung lingkungan.

Longsor merupakan salah satu bentuk degradasi lahan yang sering terjadi di wilayah dengan kemiringan lereng tinggi dan kondisi tanah yang tidak stabil (Manakane dkk., 2022). Fenomena ini tidak hanya menyebabkan kerusakan lahan dan infrastruktur, tetapi juga berkontribusi besar terhadap peningkatan suplai sedimen ke badan sungai (Patola dkk., 2023). Di DAS Jene'berang, kejadian longsor kerap terjadi pada wilayah hulu dan tengah DAS akibat kombinasi curah hujan tinggi, kondisi geologi yang rentan, serta berkurangnya tutupan vegetasi alami.

Daerah Aliran Sungai Jene'berang merupakan salah satu DAS strategis di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki fungsi vital dalam penyediaan sumber daya air untuk kebutuhan domestik, pertanian, dan pengendalian banjir (Aisyah dkk., 2022). DAS ini memiliki karakteristik topografi yang bervariasi, mulai dari wilayah hulu dengan kemiringan lereng curam hingga wilayah hilir yang relatif datar. Kondisi fisiografi tersebut menjadikan DAS Jene'berang rentan terhadap permasalahan erosi dan sedimentasi, khususnya pada musim hujan dengan intensitas curah hujan yang tinggi (BPS, 2023).

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan teknologi bioengineering berbasis vegetasi efektif dalam meningkatkan stabilitas lereng dan mengurangi erosi serta sedimentasi. Bioengineering merupakan pendekatan efektif dan berkelanjutan untuk restorasi sungai, dengan manfaat untuk stabilisasi lereng, pengurangan erosi, peningkatan keanekaragaman hayati, dan pemulihan layanan ekosistem (Oktaria dkk., 2025). Bioengineering juga mampu mendukung kestabilan lereng melalui penguatan mekanis dan penguatan hidrologis (Prariz dkk., 2024). Selain itu Metode soil bioengineering mampu meningkatkan nilai faktor keamanan (SF) setara dengan perkuatan tiang sehingga berpotensi menjadi alternatif metode geo-struktur dalam stabilisasi lereng (Adriati dkk., 2024). Meskipun berbagai penelitian menunjukkan efektivitas soil bioengineering dalam meningkatkan stabilitas lereng, sebagian besar studi masih berfokus pada jenis vegetasi dan belum mengkaji secara spesifik pengaruh variasi jarak tanam terhadap pengendalian sedimen

Berdasarkan kajian pustaka tersebut, masih terdapat keterbatasan penelitian yang mengintegrasikan analisis spasial karakteristik fisik DAS dengan evaluasi kuantitatif kinerja soil bioengineering berbasis variasi jarak tanam vegetasi. Oleh karena itu,

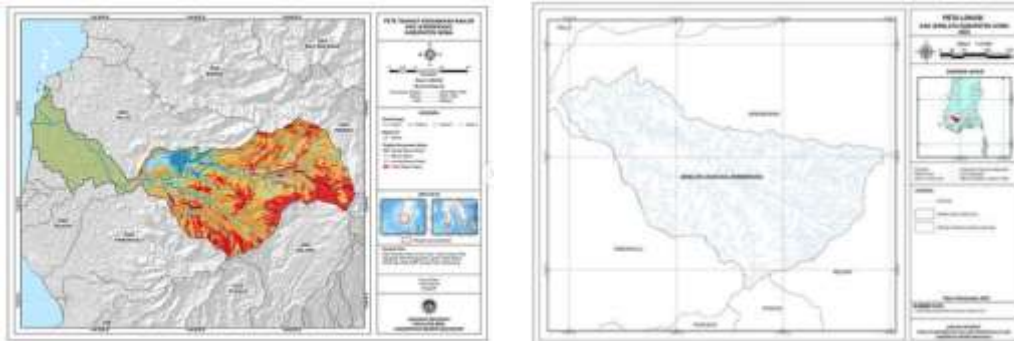
penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif dan kontekstual pada skala DAS.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis efektivitas penerapan teknologi bioengineering berbasis vegetasi pinus dalam pengendalian sedimen di DAS Jene'berang–Jenelata, memperbaiki kualitas lingkungan sungai, dan meningkatkan keberlanjutan sumber daya alam di wilayah tersebut.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif–analitis dengan pendekatan observasional lapangan yang dipadukan dengan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Penelitian difokuskan pada evaluasi efektivitas penerapan teknologi soil bioengineering berbasis vegetasi pinus dalam pengendalian sedimen di DAS Jene'berang–Jenelata. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik fisik DAS, sedangkan pendekatan analitis digunakan untuk mengkaji hubungan antara variasi jarak tanam vegetasi dan volume longsor sedimen.

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Kabupaten Gowa, yang berada di Provinsi Sulawesi Selatan, tepatnya dalam cakupan Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang dengan Panjang 2 km, lebar Sungai 30 m, dengan kedalaman 3 m. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut :



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian

Terdapat tujuh anak sungai pada Daerah Aliran Sungai (DAS) di Jeneberang, yaitu Sungai Bengo, Sungai Jajang, Sungai Jenerakikang, Sungai Sapaya, Sungai Manapa, Sungai Lembong dan Sungai Kausisi. Menurut data yang diperoleh dari BBWS Pompengan Jeneberang, Daerah Aliran Sungai Jeneberang memiliki luas sebesar 860 km<sup>2</sup> dengan panjang sungai utama sebesar 80 km (PUPR, 2015).

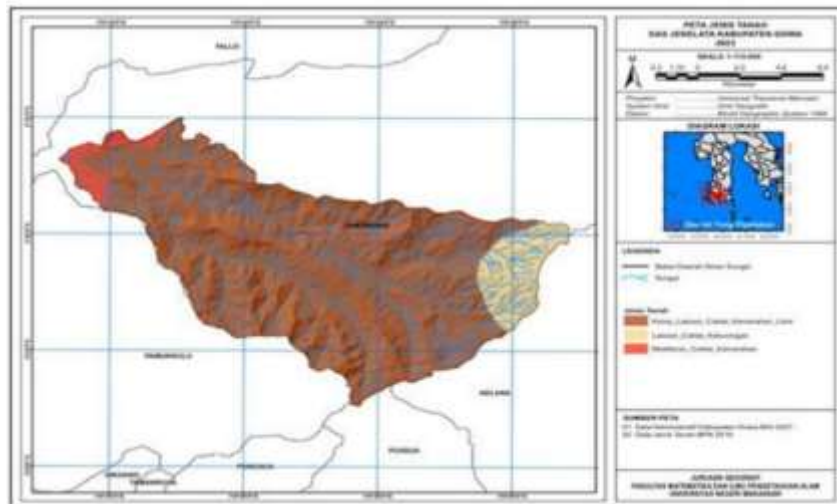
Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, pengukuran langsung, dan pengumpulan data sekunder. Observasi lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi fisik DAS dan penerapan bioengineering di lokasi penelitian, sedangkan pengukuran langsung dilakukan untuk memperoleh data volume longsor sedimen pada variasi jarak tanam vegetasi pinus. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait

dan sumber literatur, meliputi peta jenis tanah, penggunaan lahan, kemiringan lereng, data curah hujan, serta dokumen teknis yang berkaitan dengan DAS Jene'berang.

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dan analisis spasial. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi fisik DAS dan karakteristik sedimen, sedangkan analisis kuantitatif digunakan untuk mengevaluasi perbedaan volume longsor sedimen pada masing-masing variasi jarak tanam vegetasi. Selanjutnya, analisis spasial menggunakan SIG dilakukan untuk memetakan sebaran kerawanan longsor dan keterkaitannya dengan faktor-faktor fisik DAS, sehingga dapat diperoleh gambaran komprehensif mengenai efektivitas penerapan teknologi soil bioengineering dalam pengendalian sedimen (Denaswidhi, 2020).

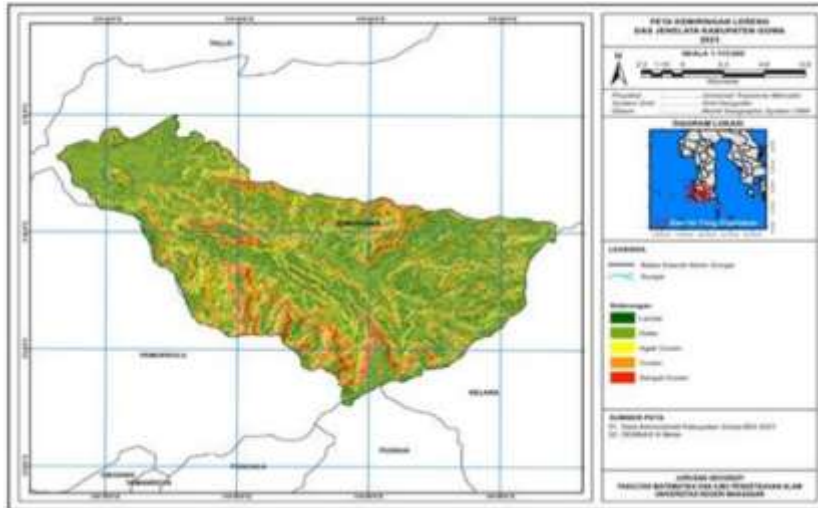
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Karakteristik Fisik DAS sebagai Faktor Pengontrol Longsor dan Sedimentasi



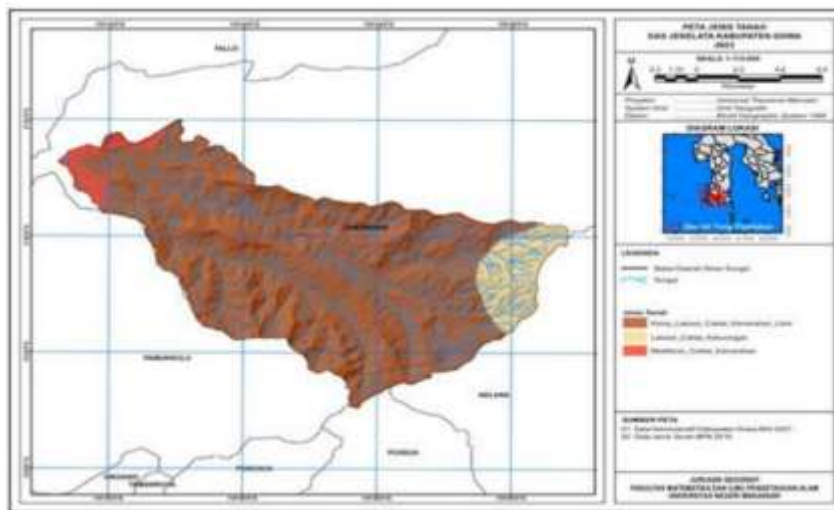
**Gambar 2.** Peta Klasifikasi Tanah Das Jeneberang

Hasil analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) menunjukkan bahwa DAS Jene'berang–Jenelata didominasi oleh tanah latosol dengan kandungan lempung relatif tinggi. Karakteristik tanah ini memiliki tingkat permeabilitas rendah dan kohesi yang dipengaruhi oleh kondisi kadar air, sehingga berpotensi meningkatkan kerentanan terhadap erosi dan longsor.



**Gambar 3.** Peta Sudut DAS Jeneberang

Berdasarkan hasil analisis kemiringan lereng, sebagian besar wilayah DAS Jene'berang–Jenelata berada pada kelas lereng sedang hingga sangat curam. Kondisi lereng yang curam meningkatkan gaya penggerak massa tanah, terutama pada area dengan penutupan lahan terbatas, sehingga memperbesar potensi terjadinya longsor.



**Gambar 3.** Peta Keseringan Terjadi Longsor di DAS Jeneberang–Jenelata

**Tabel 1.** Luasan Kawasan Rawan Longsor DAS Jeneberang–Jenelata

No	Klasifikasi	Luas (Ha)	Persen (%)
1	Sedikit	176,87	5,34
2	Sering	1564,43	64,46
3	Selalu	637,96	27,85
4	Selalu terjadi	8,87	0,54

Integrasi hasil analisis jenis tanah dan kemiringan lereng menunjukkan bahwa zona dengan kombinasi tanah latosol dan lereng curam memiliki tingkat kerawanan longsor yang lebih tinggi dan berkontribusi terhadap peningkatan suplai sedimen ke badan sungai. Sebaran dan luasan kawasan longsor ini menegaskan bahwa kondisi fisik DAS berperan sebagai faktor pengontrol utama dalam proses sedimentasi.

### 3.2. Efektivitas Soil Bioengineering dalam Pengendalian Sedimen

**Tabel 2.** Efisiensi Sedimen yang terjadi

Waktu	Jarak Tanaman (m)	Volume Longsoran Yang Terjadi (m <sup>3</sup> )	Persen (%)
27-Apr-25	0,5	0,12	2,401441
4 Mei 2025	1	1	20,01201
11 Mei 2025	2	1,754	35,10106
18 Mei 2025	3	2,123	42,48549
		4,997	100

Penerapan teknologi soil bioengineering berbasis vegetasi pinus menunjukkan pengaruh terhadap pengendalian sedimen di lokasi penelitian. Sistem perakaran vegetasi berperan dalam meningkatkan kohesi tanah dan memperkuat struktur lereng, sehingga mampu mengurangi pergerakan massa tanah yang berpotensi menjadi sumber sedimen. Hasil pengamatan lapangan memperlihatkan bahwa area yang menerapkan bioengineering cenderung mengalami penurunan volume longsoran dibandingkan area dengan perlakuan yang kurang optimal. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa bioengineering mampu mendukung stabilitas lereng melalui penguatan mekanis dan hidrologis serta berpotensi menjadi alternatif metode geo-struktur dalam stabilisasi lereng.

### 3.3. Pengaruh Jarak Tanam Vegetasi terhadap Volume Longsoran

Analisis terhadap variasi jarak tanam vegetasi pinus menunjukkan adanya perbedaan volume longsoran sedimen yang terjadi. Jarak tanam yang lebih renggang menunjukkan kemampuan penahanan sedimen yang lebih baik dibandingkan jarak tanam yang sangat rapat. Hal ini mengindikasikan bahwa pengaturan jarak tanam memengaruhi efektivitas sistem perakaran dalam mendistribusikan tegangan tanah dan mengontrol aliran permukaan. Dengan demikian, jarak tanam vegetasi merupakan faktor kunci dalam optimalisasi penerapan soil bioengineering untuk pengendalian sedimen di DAS Jene'berang–Jenelata. Hasil ini menegaskan bahwa penerapan bioengineering tidak hanya bergantung pada jenis vegetasi, tetapi juga pada desain dan pola penanaman yang sesuai dengan karakteristik fisik DAS.

#### 4. KESIMPULAN

Karakteristik fisik DAS Jene'berang–Jenelata yang didominasi oleh tanah latosol, kemiringan lereng sedang hingga sangat curam, serta curah hujan yang relatif tinggi menyebabkan wilayah ini rentan terhadap erosi dan longsor yang berkontribusi pada peningkatan sedimen sungai. Penerapan teknologi soil bioengineering berbasis vegetasi pinus terbukti berperan dalam pengendalian sedimen melalui peningkatan stabilitas lereng akibat penguatan mekanis dan hidrologis oleh sistem perakaran vegetasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan jarak tanam vegetasi memengaruhi efektivitas bioengineering, di mana jarak tanam yang lebih renggang menunjukkan kemampuan penahanan sedimen yang lebih baik dibandingkan jarak tanam yang sangat rapat, sehingga optimalisasi desain jarak tanam menjadi faktor penting dalam penerapan soil bioengineering sebagai alternatif metode geo-struktur di DAS Jene'berang–Jenelata.

#### REFERENSI

- Adriati, F., Irawan, D. S., & Mihardja, E. J. (2024). Soil Bioengineering: Metode Alternatif Peningkatan Stabilitas Tanah. *Jurnal Konstruksi*, 22(2), 63–75.
- Aisyah, B. N., Baskoro, D. P. T. ., & Murti Laksono, K. . (2022). Pendugaan Erosi Tanah dan Perencanaan Tutupan Lahan Hulu DAS Jeneberang, Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(2), 302-310.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Gowa. (2023). Kabupaten Gowa Dalam Angka 2023. Gowa: BPS.
- Denaswidhi, E. (2020). Informasi Karakteristik Morfometri DAS Jangkok Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Silva Samalas*, 3(1), 28-35.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2015 tentang kriteria penetapan wilayah sungai*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Kurniati, Musa, R., & Mallombas, A. (2024). Kajian Erosi dan Sedimentasi Pada Sub Das Jenelata Kabupaten Gowa. (2024). *Jurnal TESLINK : Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 6(2), 308-315.
- Manakane, S. E., Latue, P. C., & Rakuasa, H. (2023). Identifikasi Daerah Rawan Longsor Di DAS Wai Batu Gajah, Kota Ambon Menggunakan Metode Slope Morphology Dan Indeks Storie. *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 1(1), 29–36.
- Nur, M. A. R., Nenny, Gaffar, F., & Samsir. (2024). Analisis Pengaruh Transpor Sedimen Terhadap Morfologi Sungai Calendu di Kabupaten Bantaeng. *Jurnal Karajata Engineering*, 4(2), 92-102.

- Oktaria, B. Y., Juniati, A. T., & Prasadha, I. N. T. (2025). Efektifitas Penerapan Bio Engineering Untuk Pengendalian Erosi Di Sungai Cimanuk-Cisanggarung. *Prosiding Seminar Rekayasa Teknologi (Semrestek) 2024*, (pp. 558 - 564).
- Patola, A., & Wirawan, R. (2023). Perencanaan Pencegahan Tanah Longsor Dengan Metode Dinding Penahan Tanah. *Jurnal Karajata Engineering*, 3(1), 59-63.
- Prariz, D. B. S., Parangan, M. P. A., & Wijaya, W. (2024). Pemanfaatan Penahan Lereng Bioengineering Untuk Pembangunan Ibu Kota Negara Baru di Kalimantan Yang Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan. *Jurnal Rekacipta*, 1(1), 1-7.
- Putra, H., Sutoyo, S., Ramadhanis, Z., Apriadi, A., Utami, A. D., Khayyira, A., Aryanti, W. D., Bilqist, F. W., Praditya, M. R., Faiq, M. F., Munawar, M. A. I., Hutapea, J. T., & Athourrohman, M. (2025). Mitigasi Longsor Berbasis Komunitas Melalui Penerapan Metode Bioengineering Rumput Vetiver di Desa Petir. *Jurnal Pustaka Mitra (Pusat Akses Kajian Mengabdikan Terhadap Masyarakat)*, 5(6), 525-530.
- Shobby, A., Yoza, D., & Pebriandi, P. (2025). Understory Plant Species Diversity in Pine Tree Stands in Bukit Cadika Pine Forest Bangkinang. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(3), 4399-4408.
- Souisa, M., Nanlohy, P., Sapulete, S. M., Elake, A. Y., Manuhutu, F., Lebang, A. K., & Ely, S. (2025). Program Edukasi Prevensi Longsor Lereng sebagai Aplikasi Teknologi Bioengineering. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 10(9), 1082-1089.
- Sriwati, M. (2024). *Vegetasi Pelindung Tebing Sungai Untuk Pengendalian Erosi: Penerapan Bio-engineering*. Indonesia: Luminary Press Indonesia.