

Agroengineering Vegetatif Menggunakan Tanaman Vetiver untuk Pengendalian Erosi Bantaran Sungai dalam Mendukung Ketahanan Pertanian Berkelanjutan di Kabupaten Luwu Utara

Jusmidah¹, Muhammad Fikri¹, Sumantri²

¹Teknik Sipil, Universitas Andi Djemma, Indonesia

²Agribisnis, Universitas Andi Djemma, Indonesia

e-mail: jusmidah@gmail.com

Abstrak

*Erosi bantaran sungai merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang berkontribusi terhadap degradasi lahan, sedimentasi sungai, serta meningkatnya risiko banjir yang berdampak pada penurunan produktivitas pertanian. Kabupaten Luwu Utara merupakan salah satu wilayah di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki tingkat kejadian banjir tinggi sehingga memerlukan pendekatan konservasi yang efektif dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan menyusun model agroengineering vegetatif menggunakan tanaman vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) sebagai alternatif pengendalian erosi bantaran sungai dalam mendukung ketahanan pertanian berkelanjutan. Penelitian menggunakan pendekatan studi konseptual berbasis studi literatur dengan analisis deskriptif kualitatif terhadap berbagai artikel ilmiah, buku, dan dokumen resmi pemerintah yang berkaitan dengan konservasi tanah dan air, soil bioengineering, Vetiver System, serta pengelolaan daerah aliran sungai. Hasil sintesis menunjukkan bahwa vetiver memiliki sistem perakaran yang dalam, kuat, dan adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan sehingga mampu meningkatkan kohesi tanah, mengurangi laju erosi, menekan sedimentasi, dan memperkuat stabilitas bantaran sungai. Penelitian ini menghasilkan model agroengineering vegetatif yang terdiri atas tahapan identifikasi lokasi, analisis karakteristik biofisik, perencanaan penanaman, implementasi dan pemeliharaan, serta monitoring dan evaluasi. Model tersebut diharapkan menjadi alternatif konservasi yang ramah lingkungan, ekonomis, dan mendukung ketahanan pertanian berkelanjutan pada kawasan rawan banjir.*

Kata kunci: *Agroengineering Vegetatif; Bantaran Sungai; Erosi; Ketahanan Pertanian; Vetiver.*

PENDAHULUAN

Sungai merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki peran strategis dalam mendukung pembangunan ekonomi berkelanjutan, khususnya pada sektor pertanian. Selain berfungsi sebagai sumber irigasi, sungai juga berperan dalam menjaga keseimbangan hidrologi, mempertahankan produktivitas lahan, serta menopang keberlanjutan ekosistem daerah aliran sungai (DAS) (Asdak, 2023; Naiman et al., 2010). Namun demikian, meningkatnya tekanan terhadap DAS akibat perubahan tata guna lahan, eksploitasi sempadan sungai, serta intensitas curah hujan yang semakin tinggi telah mempercepat terjadinya erosi bantaran sungai di berbagai wilayah (Morgan, 2009; Stokes et al., 2014). Erosi bantaran sungai tidak hanya menyebabkan hilangnya lapisan tanah produktif dan meningkatnya sedimentasi sungai, tetapi juga menurunkan kapasitas tampung aliran sehingga meningkatkan frekuensi dan intensitas banjir. Kondisi tersebut pada akhirnya berdampak langsung terhadap produktivitas pertanian, kerusakan infrastruktur, dan menurunnya ketahanan pangan Masyarakat (Asdak, 2023; Indeks Risiko Bencana Indonesia, 2023). Oleh karena itu, pengendalian erosi bantaran sungai telah menjadi bagian penting dalam pengelolaan DAS yang berkelanjutan melalui penerapan *Nature-Based Solutions* (NbS) dan pendekatan konservasi berbasis ekosistem.

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap

bencana hidrometeorologi, dengan banjir sebagai kejadian yang paling dominan berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (Indonesia, 2020). Peningkatan frekuensi banjir dipengaruhi oleh degradasi DAS, berkurangnya vegetasi riparian, perubahan penggunaan lahan, serta tingginya laju erosi yang menyebabkan pendangkalan sungai dan menurunkan kapasitas tampung aliran (Asdak, 2023; Indeks Risiko Bencana Indonesia, 2023). Pendekatan konvensional melalui pembangunan talud beton, bronjong, *sheet pile*, maupun *retaining wall* memang mampu memberikan perlindungan terhadap gerusan sungai, namun memerlukan biaya konstruksi dan pemeliharaan yang tinggi serta sering kali mengurangi fungsi ekologis kawasan riparian (Norris et al., 2008). Sejalan dengan perkembangan konsep pembangunan berkelanjutan, berbagai penelitian mulai mengarahkan pengendalian erosi menuju pendekatan *soil bioengineering* yang mengombinasikan prinsip teknik sipil dengan fungsi vegetasi untuk meningkatkan stabilitas tanah secara alami (Cohen-Shacham et al., 2016; Stokes et al., 2014).

Provinsi Sulawesi Selatan merupakan salah satu wilayah yang memiliki tingkat kejadian banjir relatif tinggi dibandingkan provinsi lain di Indonesia. Berdasarkan rekapitulasi jumlah kejadian banjir Provinsi Sulawesi Selatan periode 2021–2025, Kabupaten Luwu mencatat jumlah kejadian tertinggi, sedangkan Kabupaten Luwu Utara menempati urutan kedua dengan 107 kejadian banjir hingga pertengahan tahun 2025 (Badan Penanggulangan Bencana Daerah Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan, 2025). Tingginya frekuensi banjir tersebut menunjukkan bahwa wilayah ini memiliki tingkat kerentanan hidrologi yang tinggi, terutama pada kawasan pertanian yang berada di sepanjang aliran sungai. Genangan yang berulang tidak hanya merusak tanaman dan menghambat aktivitas budidaya, tetapi juga mempercepat proses erosi bantaran sungai akibat meningkatnya kecepatan aliran dan gerusan tebing sungai. Dampak lanjutan berupa longoran bantaran, sedimentasi, penyempitan penampang sungai, serta hilangnya lahan produktif menjadi ancaman serius terhadap keberlanjutan sistem pertanian di Kabupaten Luwu Utara. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa upaya pengendalian banjir perlu diintegrasikan dengan strategi konservasi bantaran sungai agar mampu mengurangi laju erosi sekaligus mempertahankan produktivitas lahan pertanian.

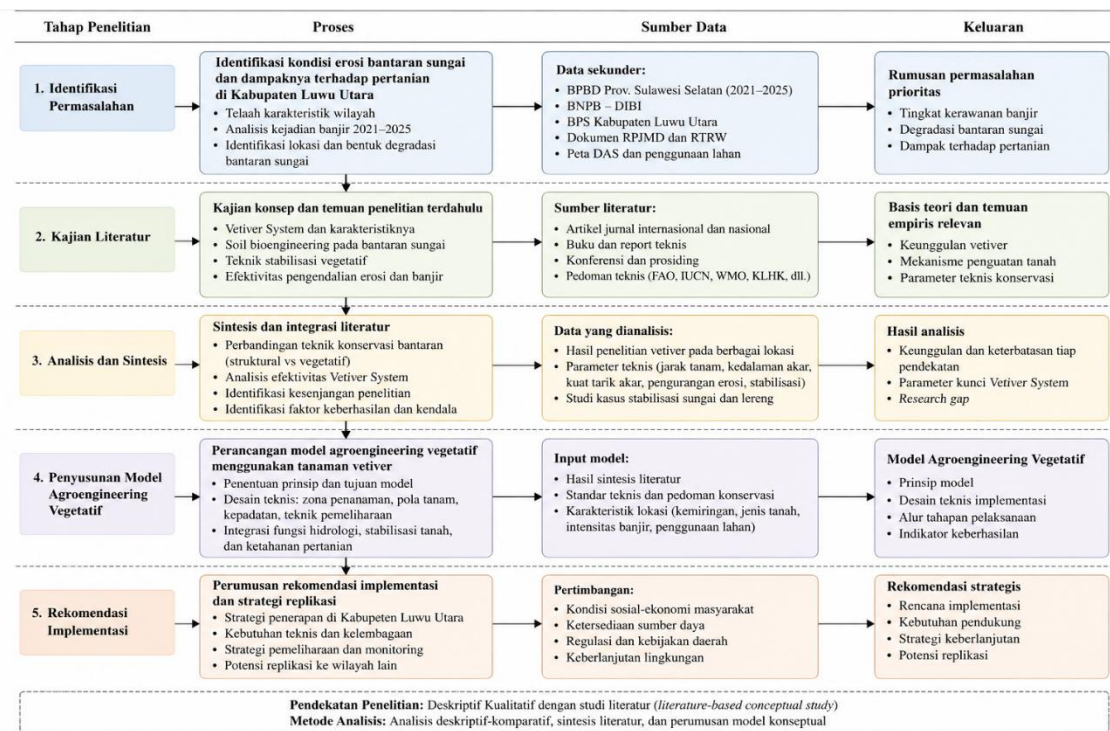
Salah satu pendekatan konservasi yang berkembang dalam beberapa dekade terakhir adalah agroengineering vegetatif melalui pemanfaatan tanaman vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) sebagai elemen utama penguat tanah. Vetiver memiliki sistem perakaran yang tumbuh hampir vertikal dengan kedalaman lebih dari 3 m, memiliki kuat tarik akar yang tinggi, mampu meningkatkan kohesi tanah, serta toleran terhadap kondisi genangan maupun kekeringan sehingga efektif digunakan sebagai vegetasi konservasi pada lereng dan bantaran Sungai (Catarci et al., 2008; Danh et al., 2009). Berbagai penelitian melaporkan bahwa Vetiver System mampu menurunkan laju erosi, meningkatkan stabilitas lereng, mengurangi sedimentasi, dan mendukung rehabilitasi lahan terdegradasi dengan biaya yang relatif lebih rendah dibandingkan pendekatan struktural (Morgan, 2009; Norris et al., 2008; Stokes et al., 2014). Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengujian efektivitas vetiver sebagai tanaman konservasi, sementara kajian yang menyusun model agroengineering vegetatif sebagai kerangka implementasi pengendalian erosi bantaran sungai dalam mendukung ketahanan pertanian berkelanjutan masih relatif terbatas. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan menyusun model agroengineering vegetatif menggunakan tanaman vetiver sebagai pendekatan konservasi bantaran sungai yang dapat diterapkan pada kawasan rawan erosi di Kabupaten Luwu Utara guna mendukung ketahanan pertanian yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif melalui studi literatur (literature-based conceptual study) (Creswell & Creswell, 2017; Snyder, 2019) untuk menyusun model agroengineering vegetatif menggunakan tanaman vetiver sebagai alternatif pengendalian erosi bantaran sungai dalam mendukung ketahanan pertanian berkelanjutan di Kabupaten Luwu Utara. Pendekatan ini dipilih karena penelitian difokuskan pada sintesis konsep, teori, hasil penelitian terdahulu, serta data sekunder yang relevan untuk menghasilkan kerangka implementasi agroengineering vegetatif yang dapat diterapkan pada kawasan pertanian rawan erosi.

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber, meliputi artikel ilmiah internasional dan nasional mengenai *Vetiver System*, *soil bioengineering*, *riverbank stabilization*, konservasi tanah dan air, serta pengelolaan daerah aliran sungai (DAS). Selain itu, penelitian juga memanfaatkan dokumen resmi pemerintah berupa data kejadian banjir Provinsi Sulawesi Selatan periode 2021–2025, publikasi Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), Badan Pusat Statistik (BPS), serta dokumen pendukung lainnya yang berkaitan dengan kondisi hidrologi dan pertanian di Kabupaten Luwu Utara.

Tahapan penelitian terdiri atas empat tahap sesuai yang ditunjukkan pada Gambar 1. Tahap pertama adalah identifikasi permasalahan, yaitu mengidentifikasi kondisi erosi bantaran sungai, kejadian banjir, dan dampaknya terhadap keberlanjutan lahan pertanian berdasarkan data sekunder dan hasil penelitian terdahulu. Tahap kedua adalah kajian literatur, yang dilakukan dengan menelaah berbagai publikasi ilmiah mengenai karakteristik tanaman vetiver, mekanisme pengendalian erosi, teknik *soil bioengineering*, dan penerapan rekayasa vegetatif pada stabilisasi lereng maupun bantaran sungai. Tahap ketiga adalah analisis dan sintesis, yaitu membandingkan berbagai hasil penelitian untuk mengidentifikasi keunggulan, keterbatasan, serta peluang penerapan vetiver sebagai solusi konservasi bantaran sungai. Tahap keempat adalah penyusunan model agroengineering vegetatif, yaitu merancang kerangka konseptual implementasi penanaman vetiver yang mencakup identifikasi lokasi rawan erosi, persiapan lahan, pola penanaman, pemeliharaan vegetasi, serta evaluasi keberhasilan konservasi sebagai dasar pengendalian erosi bantaran sungai.



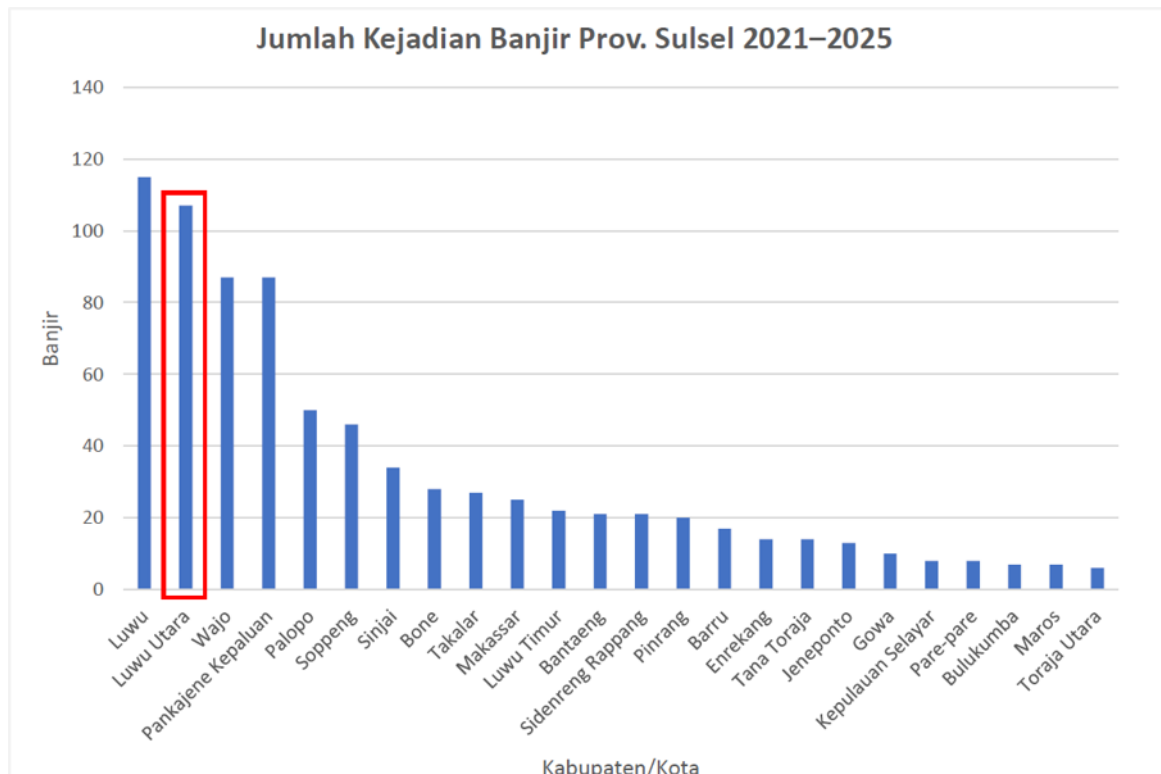
Gambar 1. Tahapan penelitian model agroengineering vegetative menggunakan tanaman vetiver

Analisis data dilakukan secara deskriptif-komparatif melalui proses reduksi, pengelompokan, interpretasi, dan sintesis informasi yang diperoleh dari berbagai sumber literatur. Hasil analisis selanjutnya digunakan untuk merumuskan model agroengineering vegetatif yang mengintegrasikan aspek konservasi tanah, stabilisasi bantaran sungai, dan perlindungan lahan pertanian. Model yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi alternatif pendekatan konservasi yang ramah lingkungan, ekonomis, serta mudah diimplementasikan pada kawasan pertanian yang memiliki tingkat kerawanan erosi dan banjir tinggi, khususnya di Kabupaten Luwu Utara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Kerawanan Banjir dan Potensi Erosi Bantaran Sungai di Kabupaten Luwu Utara

Kabupaten Luwu Utara merupakan salah satu wilayah di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki tingkat kerawanan banjir tinggi akibat karakteristik topografi dataran rendah, keberadaan daerah aliran sungai (DAS), serta tingginya intensitas curah hujan. Berdasarkan rekapitulasi kejadian banjir kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan periode 2021–2025, Kabupaten Luwu menempati urutan pertama, sedangkan Kabupaten Luwu Utara berada pada urutan kedua dengan 107 kejadian banjir hingga pertengahan tahun 2025 (Badan Penanggulangan Bencana Daerah Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan, 2025). Tingginya frekuensi banjir menunjukkan bahwa wilayah ini memiliki tekanan hidrologi yang cukup besar sehingga meningkatkan risiko degradasi bantaran sungai. Kondisi tersebut berpotensi memicu gerusan tebing sungai, longsoran bantaran, sedimentasi, serta penurunan kapasitas aliran sungai yang pada akhirnya meningkatkan peluang terjadinya banjir berulang dan kerusakan lingkungan.



Gambar 2. Jumlah banjir di Provinsi Sulawesi Selatan (Si-Andalan, 2025) (Badan Penanggulangan Bencana Daerah Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan, 2025)

Banjir yang terjadi secara berulang tidak hanya berdampak terhadap sistem hidrologi, tetapi juga mengancam keberlanjutan sektor pertanian di Kabupaten Luwu Utara. Gerusan bantaran sungai menyebabkan hilangnya lapisan tanah produktif, mengurangi stabilitas tebing sungai, serta meningkatkan sedimentasi pada saluran irigasi dan badan sungai. Akibatnya, lahan pertanian di sepanjang sempadan sungai menjadi lebih rentan terhadap genangan, kehilangan produktivitas, bahkan gagal panen pada kejadian banjir dengan durasi genangan yang lama. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengendalian erosi bantaran sungai tidak hanya menjadi bagian dari konservasi tanah dan air, tetapi juga merupakan strategi penting dalam mendukung ketahanan pertanian berkelanjutan. Hubungan antara tingginya kejadian banjir, proses erosi bantaran sungai, dan dampaknya terhadap sektor pertanian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Dampak Kejadian Banjir terhadap Erosi Bantaran Sungai dan Pertanian

Aspek	Dampak
Banjir Berulang	Meningkatkan gerusan tebing Sungai Morgan (Hardwick et al., 2025; Pertiwi et al., 2021)
Erosi Bantaran	Menurunkan stabilitas tebing dan menyebabkan longsor (Hardwick et al., 2025; Pertiwi et al., 2021)
Sedimentasi	Mengurangi kapasitas aliran sungai dan saluran irigasi (Setyawan et al., 2025; World Bank Group, 2025)
Kerusakan lahan	Mengurangi luas lahan produktif (Setyawan et al., 2025)
Pertanian	Meningkatkan risiko gagal panen dan menurunkan produktivitas (Setyawan et al., 2025; Yeni et al., 2025)

Analisis Potensi Tanaman Vetiver sebagai Teknologi Agroengineering

Agroengineering vegetatif merupakan pendekatan konservasi yang memanfaatkan vegetasi sebagai komponen rekayasa untuk meningkatkan stabilitas tanah sekaligus mempertahankan fungsi ekologis kawasan. Dibandingkan dengan pendekatan struktural seperti talud beton, bronjong, atau *sheet pile*, teknologi agroengineering menawarkan solusi yang lebih ramah lingkungan, ekonomis, dan adaptif terhadap perubahan kondisi hidrologi. Salah satu tanaman yang telah banyak direkomendasikan dalam pendekatan ini adalah vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), yang memiliki sistem perakaran serabut tumbuh hampir vertikal dengan kedalaman dapat mencapai lebih dari 3 m sehingga mampu meningkatkan kohesi tanah dan memperkuat struktur lereng. Selain memiliki kuat tarik akar yang tinggi, vetiver juga mampu tumbuh pada berbagai kondisi tanah, toleran terhadap genangan maupun kekeringan, serta memiliki kemampuan menahan sedimen dan mengurangi kecepatan limpasan permukaan. Karakteristik tersebut menjadikan vetiver sebagai salah satu vegetasi konservasi yang efektif dalam mengendalikan erosi, meningkatkan stabilitas bantaran sungai, serta mendukung rehabilitasi daerah aliran sungai (Danh et al., 2009; Morgan, 2009; Setyawan et al., 2025).

Tabel 2. Karakteristik Tanaman Vetiver sebagai Teknologi Agroengineering untuk Pengendalian Erosi Bantaran Sungai dari berbagai penelitian terdahulu (Aziz & Islam, 2023; Ciawi et al., 2023; Fata et al., 2022; Gautam & Agrawal, 2021; Kumar & Kumari, 2023)

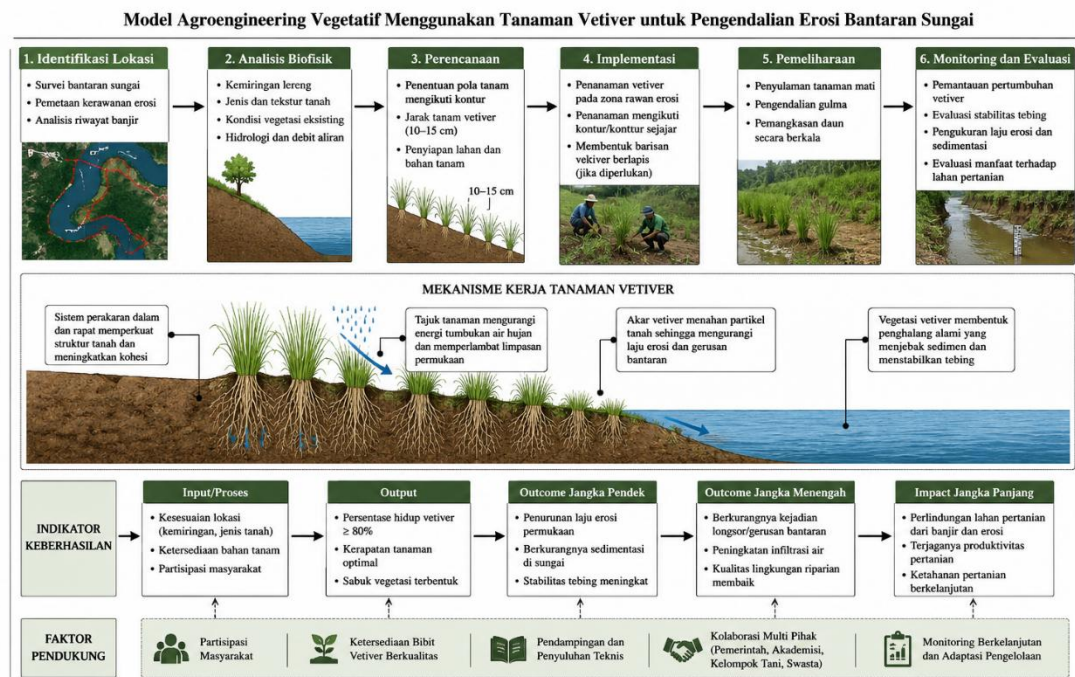
Karakteristik	Peran dalam Agroengineering	Manfaat terhadap Bantaran Sungai
Sistem perakaran dalam (>3 m)	Memperkuat struktur tanah	Meningkatkan stabilitas tebing sungai
Kuat tarik akar tinggi	Meningkatkan kohesi tanah	Mengurangi risiko longsor bantaran
Toleran genangan dan kekeringan	Adaptif terhadap perubahan hidrologi	Tetap tumbuh pada kondisi banjir maupun musim kemarau
Tajuk tanaman rapat	Mengurangi energi tumbukan hujan	Menekan erosi permukaan
Kemampuan menjebak sedimen	Mengurangi laju sedimentasi	Mempertahankan kapasitas aliran sungai
Tidak invasif	Aman untuk kawasan konservasi	Mudah dikendalikan dan dipelihara
Biaya pemeliharaan rendah	Efisien untuk konservasi jangka panjang	Mendukung keberlanjutan pengelolaan bantaran sungai

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Vetiver System* mampu memberikan manfaat tidak hanya pada aspek konservasi tanah dan air, tetapi juga terhadap keberlanjutan sektor pertanian. Sistem perakaran vetiver berfungsi sebagai penguat alami (*natural soil reinforcement*) yang mampu meningkatkan ketahanan tanah terhadap gaya geser akibat aliran sungai, sedangkan tajuk tanaman berperan mengurangi energi tumbukan air hujan dan

memperlambat limpasan permukaan sehingga kehilangan tanah akibat erosi dapat ditekan. Selain itu, kemampuan vetiver dalam menjebak sedimen membantu mempertahankan kapasitas aliran sungai dan mengurangi pendangkalan saluran. Dibandingkan vegetasi konservasi lainnya, vetiver memiliki keunggulan berupa pertumbuhan yang cepat, kebutuhan pemeliharaan yang relatif rendah, serta tidak bersifat invasif karena berkembang secara berumpun tanpa stolon maupun rimpang. Kombinasi karakteristik tersebut menjadikan vetiver sebagai alternatif teknologi agroengineering yang layak diterapkan pada kawasan bantaran sungai rawan erosi, khususnya di Kabupaten Luwu Utara yang memiliki frekuensi banjir tinggi dan didominasi oleh lahan pertanian dataran rendah (Hardwick et al., 2025; Stokes et al., 2014; Truong et al., 2008).

Model Agroengineering Vegetatif Menggunakan Tanaman Vetiver untuk Pengendalian Erosi Bantaran Sungai

Hasil sintesis berbagai penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan penerapan vetiver dalam pengendalian erosi tidak hanya ditentukan oleh karakteristik biologis tanaman, tetapi juga oleh perencanaan dan pengelolaan yang tepat sesuai kondisi biofisik lokasi. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan model agroengineering vegetatif sebagai kerangka implementasi konservasi bantaran sungai yang mengintegrasikan tahapan identifikasi lokasi, perencanaan teknis, pelaksanaan penanaman, pemeliharaan, serta evaluasi keberhasilan konservasi. Model ini dikembangkan berdasarkan prinsip *soil bioengineering*, yaitu memanfaatkan vegetasi sebagai elemen rekayasa yang mampu meningkatkan stabilitas tanah sekaligus mempertahankan fungsi ekologis kawasan riparian. Pendekatan tersebut diharapkan dapat menjadi alternatif konservasi yang lebih berkelanjutan dibandingkan penggunaan struktur keras secara penuh, terutama pada kawasan pertanian yang memiliki tingkat kerawanan banjir dan erosi tinggi.



Gambar 3. Model Agroengineering Vegetatif Menggunakan Tanaman Vetiver untuk Pengendalian Erosi Bantaran Sungai

Tahap pertama dalam model yang diusulkan adalah **identifikasi lokasi prioritas**, yaitu menentukan segmen bantaran sungai yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap gerusan dan longsor berdasarkan karakteristik kemiringan lereng, jenis tanah, kondisi vegetasi eksisting, serta riwayat kejadian banjir. Tahap kedua adalah **perencanaan penanaman vetiver**, yang meliputi penentuan jarak tanam, pola penanaman mengikuti kontur bantaran, dan penyiapan lahan agar pertumbuhan tanaman berlangsung optimal. Selanjutnya dilakukan **implementasi penanaman** pada zona rawan erosi yang diikuti dengan **pemeliharaan vegetasi**, seperti

penyulaman tanaman mati, pengendalian gulma, dan pemangkasan berkala untuk menjaga pertumbuhan akar dan tajuk tanaman. Tahap terakhir adalah **monitoring dan evaluasi**, yang bertujuan menilai perubahan kondisi bantaran sungai melalui indikator seperti berkurangnya gejala erosi, meningkatnya stabilitas tebing, berkurangnya sedimentasi, serta terjaganya produktivitas lahan pertanian di sekitar bantaran sungai.

Model agroengineering vegetatif yang diusulkan tidak hanya berorientasi pada perlindungan fisik bantaran sungai, tetapi juga mendukung keberlanjutan sistem pertanian melalui pendekatan konservasi yang ramah lingkungan. Penguatan tanah oleh sistem perakaran vetiver mampu mengurangi kehilangan tanah akibat gerusan aliran, sedangkan tajuk tanaman berfungsi memperlambat limpasan permukaan dan meningkatkan infiltrasi air. Dengan demikian, penerapan model ini diharapkan dapat mengurangi risiko erosi bantaran sungai, mempertahankan kapasitas aliran sungai, serta melindungi lahan pertanian dari dampak banjir berulang. Hubungan antar tahapan implementasi model agroengineering vegetatif disajikan pada Gambar 3.

KESIMPULAN

Hasil kajian menunjukkan bahwa agroengineering vegetatif menggunakan tanaman vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) merupakan pendekatan konservasi yang berpotensi efektif dalam mengendalikan erosi bantaran sungai sekaligus mendukung ketahanan pertanian berkelanjutan. Karakteristik sistem perakaran vetiver yang dalam, kuat, dan toleran terhadap berbagai kondisi lingkungan berperan dalam meningkatkan stabilitas bantaran sungai, mengurangi laju erosi dan sedimentasi, serta melindungi lahan pertanian dari dampak banjir berulang. Berdasarkan sintesis berbagai penelitian, artikel ini menghasilkan model agroengineering vegetatif yang terdiri atas lima tahapan utama, yaitu identifikasi lokasi rawan erosi, analisis karakteristik biofisik, perencanaan penanaman, implementasi dan pemeliharaan, serta monitoring dan evaluasi. Model tersebut menjadi kontribusi utama penelitian sebagai kerangka implementasi konservasi bantaran sungai yang sistematis dan adaptif terhadap karakteristik wilayah rawan banjir.

Penerapan model agroengineering vegetatif diharapkan dapat menjadi alternatif konservasi yang lebih ramah lingkungan, ekonomis, dan berkelanjutan dibandingkan pendekatan struktural pada lokasi dengan tingkat kerawanan erosi tinggi, khususnya di Kabupaten Luwu Utara. Penelitian selanjutnya perlu mengimplementasikan dan mengevaluasi model ini melalui pengukuran indikator kuantitatif, seperti perubahan laju erosi, stabilitas bantaran sungai, sedimentasi, dan produktivitas lahan pertanian, sehingga efektivitas model dapat divalidasi sebagai dasar pengembangan kebijakan konservasi sungai dan pengelolaan pertanian berkelanjutan.

REFERENSI

- Asdak, C. (2023). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. Ugm Press.
- Aziz, S., & Islam, M. S. (2023). Erosion and runoff reduction potential of vetiver grass for hill slopes: A physical model study. *International Journal of Sediment Research*, 38(1), 49–65.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan. (2025). *Grafik Kejadian Bencana Berdasarkan Kabupaten/Kota*. Si-Andalan Sistem Analisis Data Dan Laporan Kejadian Bencana Provinsi Sulawesi Selatan. <https://siandalan.sulselprov.go.id/>
- Catarci, T., De Leoni, M., Marrella, A., Mecella, M., Salvatore, B., Vetere, G., Dustdar, S., Juszczuk, L., Manzoor, A., & Truong, H.-L. (2008). Pervasive software environments for supporting disaster responses. *IEEE Internet Computing*, 12(1), 26–37.
- Ciawi, Y., Hidayati, A. M., Kedaton, K. H., & Tonyes, S. G. (2023). Exploring The Mechanism Of Vetiver System For Slope Reinforcement On Diverse Soil Types—A Review. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 8(2), 123–130.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (2016). Nature-based solutions to address global societal challenges. *IUCN: Gland, Switzerland*, 97(2016), 2036.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Danh, L. T., Truong, P., Mammucari, R., Tran, T., & Foster, N. (2009). Vetiver grass, *Vetiveria*

- zizanioides: a choice plant for phytoremediation of heavy metals and organic wastes. *International Journal of Phytoremediation*, 11(8), 664–691.
- Fata, Y. A., TARIGAN, S. D., & WIBOWO, C. (2022). Vetiver root cohesion at different growth sites in Bogor, Indonesia. *Biodiversitas: Journal of Biological Diversity*, 23(3).
- Gautam, M., & Agrawal, M. (2021). Application potential of *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty for the remediation of red mud-treated soil: an analysis via determining alterations in essential oil content and composition. *International Journal of Phytoremediation*, 23(13), 1356–1364.
- Hardwick, J., Hackney, C., Keen, L., Fitzsimmons, C., Willby, N., & Pattison, Z. (2025). The Role of Non-Native Plant Species in Modulating Riverbank Erosion: A Systematic Review. *River Research and Applications*, 41(4), 757–772.
- Indeks Risiko Bencana Indonesia (2023). <https://inarisk.bnpb.go.id/IRBI-2023/mobile/index.html#p=1>
- Indonesia, B. N. P. B. (2020). Data Informasi Bencana Indonesia. *Jakarta: BNPB*.
- Kumar, N., & Kumari, S. (2023). The efficiency of vetiver grass for slope stabilization and erosion control: a comprehensive review. *Journal of Chemical Health Risks*, 13, 3755–3767.
- Morgan, R. P. C. (2009). *Soil erosion and conservation*. John Wiley & Sons.
- Naiman, R. J., Decamps, H., & McClain, M. E. (2010). *Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities*. Elsevier.
- Norris, J. E., Stokes, A., Mickovski, S. B., Cammeraat, E., Van Beek, R., Nicoll, B. C., & Achim, A. (2008). *Slope stability and erosion control: ecotechnological solutions*. Springer Science & Business Media.
- Pertiwi, N., Rauf, B., & Lullulangi, M. (2021). Analysis of riverbank stability due to bamboo vegetation in Walanae River, South Sulawesi, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 22(9), 176–184.
- Setyawan, C., Nugraheni, Y., Ngadisih, N., Maftukhah, R., & Safrina, D. (2025). Assessment of Soil and Water Conservation Potential Using Vetiver Crops (*Chrysopogon zizanioides*) as a Nature-Based Solution for Watershed Restoration. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 14(5), 1785–1797.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339.
- Stokes, A., Douglas, G. B., Fourcaud, T., Giadrossich, F., Gillies, C., Hubble, T., Kim, J. H., Loades, K. W., Mao, Z., & McIvor, I. R. (2014). Ecological mitigation of hillslope instability: ten key issues facing researchers and practitioners. *Plant and Soil*, 377(1), 1–23.
- Truong, P., Van, T. T., & Pinners, E. (2008). Vetiver system applications technical reference manual. *The Vetiver Network International*, 89.
- World Bank Group. (2025). *Mobilizing Nature-Based Solutions for Disaster and Climate Resilience*. World Bank Group. <https://www.worldbank.org/en/results/2025/07/10/mobilizing-nature-based-solutions-nbs-for-disaster-and-climate-resilience>
- Yeni, M., Azka, C. N., & Nurzal, E. (2025). Integrating Natural Vegetation on Riverbanks as Part of Sustainable City Planning. *Jurnal Kolaborasi Akademika*, 2(2), 162–166.