

IDENTIFIKASI TINGKAT BAHAYA EROSI MENGGUNAKAN USLE DAN SIG DI DAS MEKURIS SEBAGAI UPAYA KONSERVASI SEMPADAN SUNGAI

Mrabawani Insan Rendra^{1*}, Deka Wahyu Prakasa², Mohammad Zainul Ikhwan³, Toni Budi Santoso⁴, Ichwan Hadi Saputra⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bojonegoro, Indonesia.

*email: m.insanrendra@gmail.com

Informasi Artikel:

Dikirim: 26-06-2025 Diterima: 12-07-2025; Diterbitkan: 21-07-2025

Doi : <http://dx.doi.org/10.31602/tji.v16i3.19723>

Abstrak

Kawasan sempadan sungai memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan lahan dan mengurangi risiko bencana seperti longsor. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi wilayah rawan longsor di sempadan Sungai Mengkuris menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan metode Universal Soil Loss Equation (USLE). Pendekatan ini memberikan kontribusi dalam mengintegrasikan analisis spasial dan estimasi kehilangan tanah sebagai dasar perencanaan konservasi. Analisis dilakukan berdasarkan empat parameter: erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), serta penggunaan lahan dan tindakan konservasi (CP). Survei lapangan digunakan untuk validasi hasil spasial. Hasil menunjukkan bahwa wilayah rawan longsor di DAS Mengkuris didominasi oleh kelas erosi sedang seluas 5.127 hektar (99,90%). Kategori erosi ringan ditemukan di permukiman seluas 0,399 hektar, sedangkan erosi sangat ringan di sawah tadah hujan seluas 0,059 hektar. Kondisi ini menunjukkan bahwa kawasan sempadan sungai, yang seharusnya berfungsi sebagai zona konservasi, masih dimanfaatkan untuk kegiatan lain yang meningkatkan potensi longsor. Pendekatan USLE dan SIG terbukti efektif dalam mendukung perencanaan kebijakan konservasi berbasis data spasial.

Keywords: USLE, DAS Mengkuris, Sempadan Sungai, Erosi



This is an open-access article under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0) License. Copyright ©2025 by authors.

Pendahuluan

Perilaku dan tindakan manusia terhadap lingkungan tanpa mempertimbangkan aspek ekologis dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan lingkungan fisik pada tanah serta vegetasi sekitar sungai [1]. Kondisi ini berdampak pada menurunnya kesuburan tanah dan mempercepat kerusakan lahan, terutama di wilayah lereng yang rentan. Jika tidak dikelola dengan baik, erosi tidak hanya mengancam produktivitas lahan, tetapi juga menurunkan ketahanan masyarakat terhadap terjadinya bencana alam [2]. Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan kawasan hidrologis yang berfungsi sebagai satu kesatuan sistem, di mana aliran air dari sungai utama dan seluruh anak sungainya terintegrasi secara alami. Oleh karena itu, pengelolaan DAS meliputi berbagai upaya perlindungan, pemeliharaan, dan perbaikan kondisi fisik wilayah DAS agar tetap mampu menyediakan sumber daya air yang cukup, berkualitas, dan berkelanjutan [3].

Pengelolaan DAS dikatakan berhasil apabila dapat mengindikasikan kelestarian yang ada pada sumber-sumber air. Sehingga dibutuhkan perencanaan pengelolaan DAS yang berkelanjutan, yaitu memperhatikan nilai fungsi dari adanya DAS. Selain itu, limbah, sampah secara sembarangan dibuang ke aliran sungai menambah pencemaran DAS. Selanjutnya pada lahan kritis masyarakat memilih untuk menanam tanaman produksi sehingga ketika curah hujan tinggi tanah tersebut akan terkikis dan terbawa oleh air. Tindakan seperti ini akan menyebabkan pengikisan lahan sehingga dapat mengakibatkan erosi [4].

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa erosi adalah proses pengikisan tanah yang terjadi karena kondisi alamiah [5]. Selain karena kondisi alamiah erosi juga terjadi karena manusia itu sendiri [6]. Erosi merupakan proses terlepasnya lapisan tanah atau sedimen akibat adanya tekanan dari gaya eksternal, seperti aliran air atau hembusan angin, yang bekerja pada permukaan lahan maupun dasar badan air [7]. Laju erosi dipengaruhi oleh kecepatan aliran air serta karakteristik sedimen. Selain itu, beberapa pengaruh eksternal yang berperan dalam proses erosi meliputi intensitas curah hujan dan aliran permukaan pada lereng DAS. Hal tersebut dibuktikan jika curah hujan yang tinggi serta kemiringan lereng yang tajam memicu terjadinya erosi [8]. Kemudian faktor yang menyebabkan erosi juga terjadi karena perpindahan permeabilitas tanah yang disebabkan oleh air dan angin [9]. Hal tersebut menjadi masalah serius yang dapat mengakibatkan dampak lingkungan dan menurunnya produktivitas pada lahan pertanian [10]. Dikutip dari laman berita di internet dan dari berbagai website sudah sejak 2015 sampai 2024 peristiwa erosi banyak terjadi di Kecamatan Kanor kejadian tersebut banyak terjadi pada tanggul Bengawan Solo dan akses jalan serta kawasan lahan pertanian di sekitar DAS Mekuris. Kanor merupakan salah satu Kecamatan di Kabupaten Bojonegoro sekaligus memiliki DAS, salah satunya DAS Mekuris pada Kecamatan Kanor. Wilayah tersebut merupakan salah satu rawan erosi di Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur. Jika ditinjau, terjadi karena beberapa faktor meliputi intensitas curah hujan yang tinggi, topografi tanah yang tidak stabil, dan faktor pada penggunaan lahan [11].

Penelitian sebelumnya banyak berfokus pada analisis erosi secara umum, namun belum banyak yang mengkaji wilayah sempadan sungai secara spesifik dengan pendekatan spasial di DAS Mengkuris. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran informasi melalui pemetaan terkait daerah yang rawan akan bencana erosi di Kecamatan Kanor dengan mengintegrasikan model USLE dengan mengidentifikasi Kawasan sempadan sungai. Penggunaan model SIG dalam proses prediksi erosi dapat meningkatkan ketepatan model prediksi sekaligus memperluas cakupan wilayah kajian, serta memungkinkan penyajian hasil dalam bentuk spasial yang lebih informatif. Sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk memutuskan pengelolaan konservasi tanah dan air [12]. Faktor vegetasi dan praktik pengelolaan lahan menjadi determinan penting dalam tingkat keparahan erosi. Selain itu, metode ini memiliki kelebihan karena kesederhanaannya, bersifat luas penggunaannya, dan mudah diterima oleh berbagai pihak. [13].

Metodologi

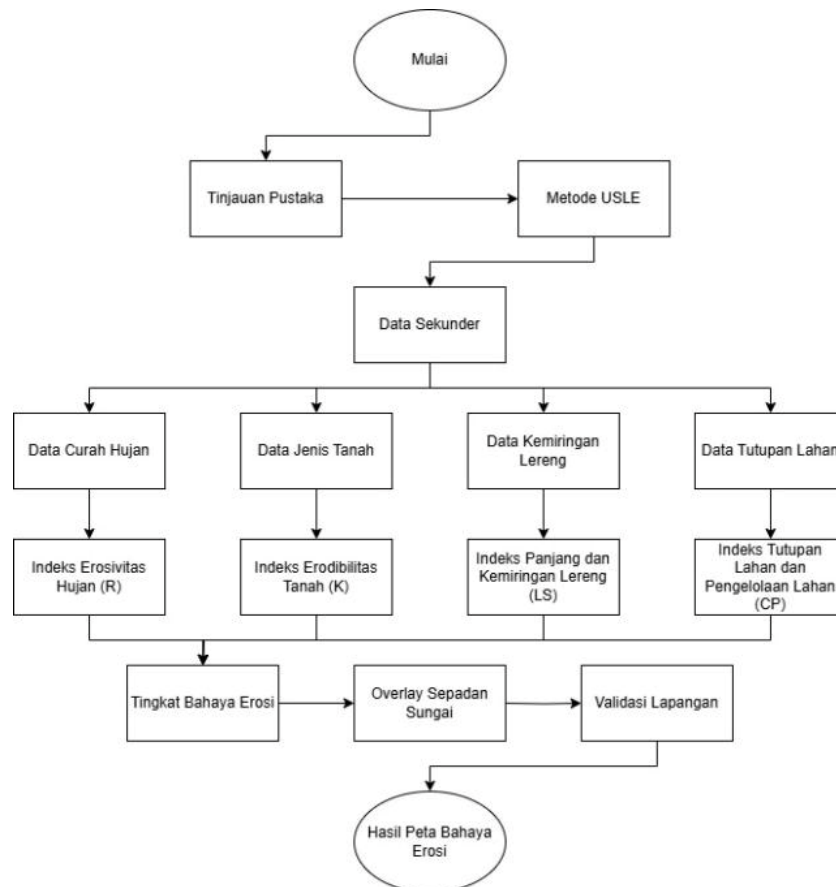
Penelitian ini dilakukan di DAS Mekuris pada Kecamatan Kanor Kabupaten Bojonegoro Provinsi Jawa Timur, dengan wilayah DAS juga mencakup sepanjang sungai di Kecamatan Sumberjo. Data pada penelitian ini antara lain peta curah hujan, data peta jenis tanah, peta kelerengan tanah. Sedangkan untuk data primer didapatkan dari survey lapangan yang bertujuan untuk mengetahui lokasi erosi serta menentukan penyebab

terjadinya erosi di kawasan Das Mengkuris. Analisis potensi erosi dilakukan menggunakan metode Universal Soil Loss Equation (USLE) yang dikembangkan oleh Wischmeier & Smith, 1978 [14]. Metode ini dipilih karena memiliki struktur parameter yang jelas, bersifat empiris, dan telah banyak digunakan dalam berbagai studi konservasi tanah, terutama pada wilayah-wilayah dengan data terbatas. Dibandingkan metode lain seperti RUSLE atau MUSLE, USLE dinilai lebih sederhana dalam penerapan serta sesuai untuk estimasi laju erosi rata-rata tahunan [15]. Bobot parameter USLE pada penelitian ini disesuaikan dengan pedoman teknis dari Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai [16].

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot CP$$

Description :

- A : Erosion value
 R : Rainfall erosion index (Erosivity)
 K : Index of soil sensitivity to erosion (Erodibility)
 LS : Slope factor
 CP : Land use factor



Gambar 1. Alur Penelitian

Hasil

Parameter Tingkat Bahaya Erosi di DAS Menkuris

Nilai Indeks Erosivitas Hujan (R)

Pada proses ini data curah hujan yang telah diperoleh dari UPT PSDA Kabupaten Bojonegoro akan diolah perhitungannya untuk mendapatkan indeks erosivitas hujan. dan hasil dari pembobotan dan perhitungan Indeks erosivitas dijelaskan pada tabel 1. Nilai R tertinggi terdapat di wilayah Stasiun Sumberejo (100,97), diikuti oleh Balen (97,15), menunjukkan bahwa wilayah ini menerima curah hujan tahunan yang tinggi dan memiliki potensi energi kinetik hujan yang besar. Secara spasial, zona dengan nilai R tinggi ini menunjukkan korelasi kuat terhadap peningkatan potensi erosi, terutama jika dikombinasikan dengan nilai LS yang tinggi.

Tabel 1. Perhitungan Nilai R

No	Nama Stasiun	Curah Hujan	Bobot	Nilai R
1	Kanor	1548,5	30%	81,67
2	Sumberejo	1858,9	30%	100,97
3	Balen	1813,6	30%	97,15
4	Baureno	1687,2	30%	89,77

Sumber : Hasil Analisis (2024)

Nilai Indeks Erosdibilitas Tanah (K)

Nilai erodibilitas tanah yang dihitung berdasarkan temuan penelitian tanah yang dilakukan oleh USGS (United States Geological Survey) dari data tersebut akan di olah dan dihitung sehingga mendapatkan nilai indek erodibiltas tanah di sekitar DAS Mekuris. Tanah jenis Gleisol Vertik dan Kambisol Eutrik memiliki nilai K relatif tinggi (0,29 dan 0,334) yang tersebar di sekitar 1.144,45 ha dan 1.510,19 ha. Tanah ini mudah terurai dan terangkut oleh aliran permukaan. Pada wilayah dengan K tinggi dan CP rendah dapat meningkatkan potensi erosi yang signifikan. Berikut pembobotan dan nilai erodibilitas tanah diuraikan pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Persebaran Jenis Tanah dan Tingkat Erodibilitas Tanah (K)

No	Jenis Tanah	Tekstur	Erosi	Bobot	Nilai K	Luas (ha)
1	Gleisol Eutrik	Silt Loam	Sedang	20%	0,23	70,72
2	Kambisol Eutrik	Silt Caly-clay	Sedang	20%	0,334	1.510,19
3	Kambisol Ustik	Silt Clay	Sedang	20%	0,14	11.071,14
4	Gleisol Vertik	Silt Loam	Sangat Tinggi	20%	0,29	1.144,45

Nilai Indeks Kemiringan Lereng (LS)

Kemiringan dan panjang lereng yang tinggi merupakan faktor morfometri lahan yang berkontribusi terhadap peningkatan kecepatan aliran permukaan. Hal ini secara langsung berdampak pada intensitas erosi, karena semakin besar energi kinetik aliran air, semakin tinggi pula potensi pengikisan lapisan tanah pada wilayah tersebut.. DAS Mekuris didominasi dengan lahan yang datar seluas 12.573,1 ha dengan kemiringan datar, untuk kemiringan landai dengan luas 28.4 ha, Selanjutnya hasil pembobotan dan nilai kemiringan lereng bisa dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Nilai Hasil LS

No	Kemiringan (%)	Deskripsi	Bobot	Nilai LS	Luas (ha)
1	0-8	Datar	40%	0,40	12.573,1
2	8-15	Landai	40%	1,40	28,4
3	15-25	Bergelombang	40%	3,10	836,3
4	25-40	Curam	40%	6,80	367,6
5	>40	Sangat Curam	40%	9,50	134,8
Total					13.934

Nilai Indeks Penutupan Vegetasi dan Konservasi Tanah (CP)

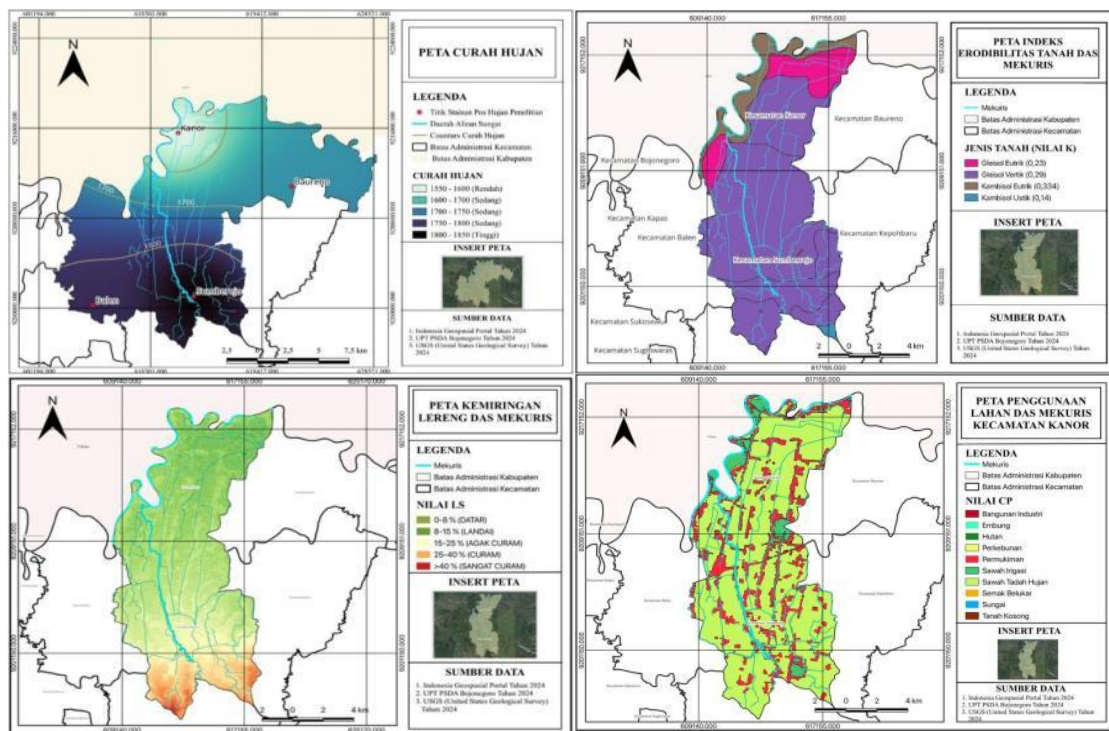
Berdasarkan hasil analisa faktor penutupan lahan CP diketahui yaitu DAS Mekuris didominasi oleh sawah tadah hujan dan permukiman dengan luas 91,11%, selanjutnya hutan dengan luas 0,07%, bangunan industri dengan luas 0,06%. Perkebunan dengan luas 0,08%, semak belukar dengan luas 0,17%, tanah kosong dengan luas 4,01%, sawah irigasi dengan luas 7,55% dan sungai dengan luas 1,39% serta embung dengan luas 0,32%. Jika nilai parameter CP tinggi, penggunaan lahan di wilayah tersebut akan meningkat. Ini berarti lahan yang memiliki penutupan vegetatif yang rendah sangat rentan terhadap proses erosi, terutama jika dikombinasikan dengan nilai LS dan R yang tinggi. Wilayah permukiman pada lereng landai hingga curam menjadi zona krusial dalam upaya mitigasi erosi. Kemudian hasil nilai CP dan pembobotan dijelaskan di Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Klasifikasi Nilai CP

No	Penggunaan Lahan	Nilai CP	Bobot	Luas (ha)
1	Sungai	0,001	10%	195,73
2	Embung	0,001	10%	45,01
3	Sawah Irigasi	0,02	10%	559,93
4	Tanah Kosong	0,02	10%	9,72
5	Sawah Tadah Hujan	0,05	10%	10.302,54
6	Semak Belukar	0,1	10%	12,46
7	Perkebunan	0,3	10%	395,12
8	Bangunan Industri	1	10%	11,24
9	Hutan	1	10%	8,07
10	Pemukiman	1	10%	2.395,87
Total				13.934

Peta Tingkat Bahaya Erosi

Berdasarkan Perhitungan dengan metode USLE diolah dengan menggunakan software Quantum GIS agar dapat menghasilkan peta bahaya erosi. Dalam membuat peta bahaya erosi digunakan arameter yang mempengaruhi terjadinya erosi meliputi erosivitas



hujan (nilai R), erodibilitas tanah (nilai K), kemiringan dan panjang lereng (nilai LS), serta jenis penggunaan lahan (nilai CP)

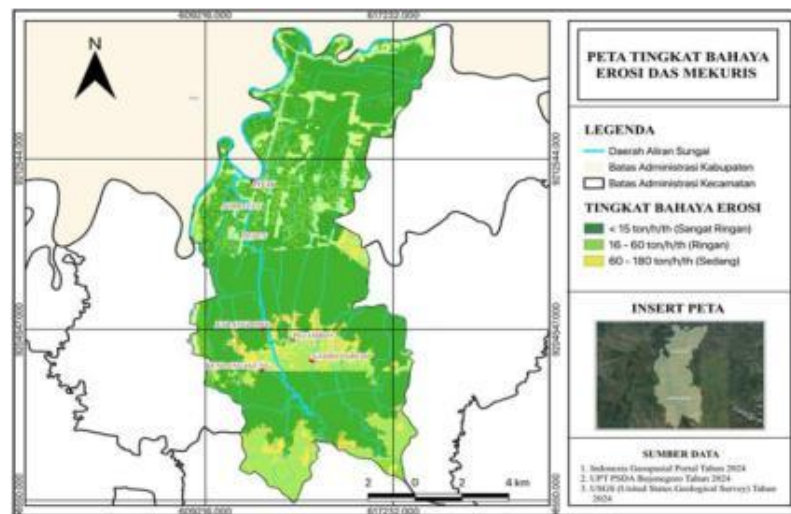
Gambar 2. Pembobotan Nilai R, K, LS dan CP

Kemudian hasil perhitungan pada kondisi kelas erosi di DAS Mekuris Kecamatan Kanor dan Kecamatan Sumberejo diperoleh presentase tertinggi sebesar 99,92% pada kelas erosi "Sedang" dengan luas area 5.127,81 ha, kelas erosi "Sangat Ringan" dengan presentase sebesar 0,01 % dengan luas 0,059 ha, kelas "Ringan" dengan presentase 0,07 % dengan luas sebesar 0,399 ha. Sementara itu, kelas erosi "Berat" dan "Sangat Berat" tidak ditemukan sama sekali. Ketidakhadiran kelas erosi yang lebih tinggi ini perlu dianalisis secara lebih mendalam. Salah satu kemungkinan penyebabnya adalah karakteristik morfologi wilayah yang relatif datar, sehingga nilai faktor LS (kemiringan dan panjang lereng) cenderung rendah dan tidak berkontribusi besar terhadap potensi kehilangan tanah. Nilai erosi terendah pada DAS Mekuris diketahui dengan nilai 0 ton/ha/th, dan nilai erosi tertinggi pada DAS Mekuris mencapai 161,053 ton/ha/th. Rekapitan tingkat bahaya erosi pada DAS Mekuris diuraikan pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Hasil Klsifikasi Tingkat Bahaya Erosi

No	Tingkat	Kehilangan	Keterangan	Luas (ha)	Luas %
1	I	<15	Sangat Ringan	0,059	0,01%
2	II	16-60	Ringan	0,399	0,07%
3	III	60-180	Sedang	5,127	99,92%
4	IV	180-480	Berat	0,00	0,00%
5	V	>480	Sangat Berat	0,00	0,00%
Totsl Luas Wilayah				5.127,458	100,00%

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat dibuat peta tingkat bahaya erosi yang dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut:



Gambar 3. Peta Tingkat Bahaya Erosi di DAS Mekuris

Hasil Observasi Lapangan

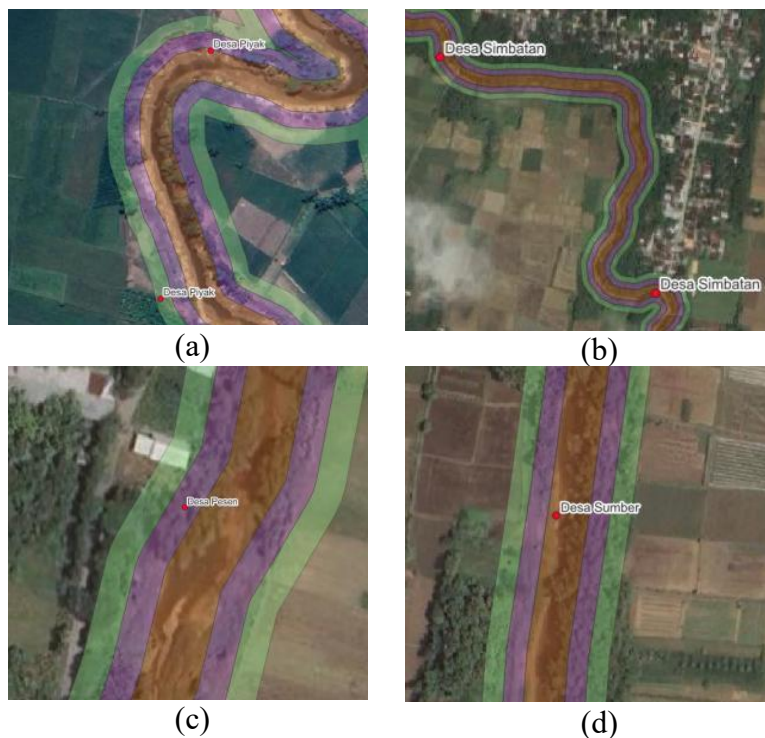
Hasil observasi lapangan pada Desa Piyak dan Desa Simbatan menunjukkan bahwa kejadian erosi dan tanah longsor umumnya terjadi di sekitar sempadan sungai

dengan karakteristik lereng yang curam dan tutupan lahan yang minim. Kejadian tanah longsor tersebut terjadi di Desa Piyak dan Desa Simbatan yang berkawasan yang terletak di sekitar aliran sungai dengan karakteristik kemiringan lereng yang curam cenderung memiliki potensi erosi yang tinggi akibat percepatan aliran permukaan yang meningkatkan laju pengikisan tanah, kejadian tersebut mengakibatkan rusaknya lahan pada area sekitar daerah aliran sungai, serta menurut warga setempat tidak jarang ketika curah hujan yang cukup tinggi seketika air sungai meluap hingga area persawahan serta permukiman tergenang air, faktor tersebut yang menyebabkan lahan semakin terkikis. Curah hujan tinggi selama beberapa hari berturut-turut meningkatkan risiko longsor, terutama pada lereng dengan kemiringan curam dan tutupan lahan yang minim [17], [18]. Kondisi ini diperparah dengan curah hujan tinggi dan kemiringan lereng yang curam yang secara signifikan meningkatkan laju kehilangan tanah, di mana area pertanian di lembah hilir mengalami erosi yang substansial [19]. Hal ini sesuai dengan hasil analisis spasial berbasis metode USLE, yang mengindikasikan tingkat bahaya erosi sedang hingga tinggi pada wilayah tersebut.



Gambar 4. Erosi di DAS Mekuris,
(a) Desa Piyak, (b) Desa Simbatan Kecamatan Kanor

Hasil analisis pemetaan tingkat bahaya erosi menggunakan metode USLE (Universal Soil Loss Equation) sangat membantu sekali dalam mengidentifikasi tingkat bahaya erosi pada DAS Mekuris. Observasi lapangan melalui perbandingan antara hasil analisis dan kondisi aktual di lokasi penelitian merupakan metode yang efektif dalam mendukung validitas temuan pada studi ini. Hasil tinjauan lapangan rata-rata erosi di dengan tingkat kerawanan yang cukup tinggi terjadi di wilayah sepadan sungai. Namun berbeda dengan penelitian sebelumnya, bahwaterjadinya erosi yaitu kurangnya vegetasi terhadap lahan kritis pada area DAS sehingga menyebabkan kerawanan erosi serta pada lokasi penelitian ditemukan aktivitas masyarakat saat musim kemarau banyak melakukan kegiatan bercocok tanah dilahan kritis dengan menanam tanaman produksi dan juga tanah saat ditanami akan menurunkan kualitas tanah sehingga, jika terjadi hujan dengan curah hujan cukup tinggi pula bisa mengakibatkan tanah menjadi mudah terjadi erosi. Hal ini sejalan dengan penelitian dari [20], [21], [22] yang mengungkapkan bahwa kawasan daerah aliran sungai cenderung mengalami tingkat erosi yang tinggi, khususnya pada wilayah dengan kemiringan lereng yang curam serta kondisi tutupan lahan yang kurang memadai. Tingkat erosi yang sangat berat umumnya ditemukan pada area dengan tutupan lahan berupa permukiman dan lahan terbuka [23].



Gambar 5. Overlay Sempadan DAS Mekuris,
(a) Desa Piyak, (b) Desa Simbatan, (c) Desa Pesen, (d) Desa Sumber

Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai, kawasan sempadan sungai merupakan zona lindung yang berfungsi menjaga kestabilan aliran, mengurangi potensi erosi dan longsor, serta mempertahankan kualitas perairan. Namun, kegiatan pertanian intensif yang dilakukan di wilayah ini tanpa memperhatikan prinsip-prinsip konservasi justru dapat memperburuk kondisi lingkungan. Vegetasi alami yang semestinya berperan sebagai penahan tanah hilang, sehingga memperbesar risiko degradasi lahan dan bencana longsor, terutama pada musim hujan.

Kejadian erosi yang didapat melalui hasil observasi lokasi penelitian, hasil pengolahan data dari analisis spasial dalam bentuk peta bahaya erosi menunjukkan bahwa daerah terdampak bencana erosi umumnya memiliki kemiringan lereng yang berkisar dari sedang hingga tinggi, serta mengalami curah hujan dengan intensitas yang cukup tinggi. Lalu untuk wilayah yang kemudian longsor cenderung terjadi di sepanjang aliran sungai disebabkan banjir dan erosi di wilayah sekitar DAS Mekuris. Peta bahaya erosi ini diharapkan dapat berfungsi sebagai dasar dalam perencanaan tindakan mitigasi bencana erosi di Kecamatan Kanor, sekaligus berkontribusi dalam pengurangan frekuensi kejadian erosi pada periode mendatang.

Kesimpulan

Hasil analisis spasial yang dilakukan dalam penelitian ini telah cukup untuk merekomendasikan pemetaan bahaya erosi di DAS Mekuris. Namun, penggabungan dengan survei lapangan dapat memperkuat akurasi hasilnya. Temuan ini dapat dijadikan dasar yang kuat bagi pembuat kebijakan dalam merancang dan melaksanakan strategi mitigasi erosi tanah dan pengelolaan wilayah sempadan sungai secara efektif. Salah satu rekomendasi konkret yang dapat diambil adalah penetapan zona sempadan sungai dengan vegetasi pelindung minimal sejauh 50 meter dari tepi sungai, guna mencegah aktivitas

permukiman dan pertanian yang berpotensi mempercepat degradasi lahan. Selain itu, diperlukan pengendalian terhadap alih fungsi lahan, terutama di zona dengan tingkat erosi sedang yang mendominasi wilayah DAS. Selain itu dari hasil overlay sepadan sungai dengan hasil pemetaan tanah longsor menunjukkan bahwa perlu adanya peran pemerintah mengingat wilayah yang seharusnya sepadan sungai menjadi wilayah penggunaan lain yaitu permukiman dan pertanian. Hal tersebut bisa digunakan untuk pengambilan keputusan terkait dengan konservasi sungai. Hasil peta dari persebaran tingkat bahaya erosi ini dapat menjadi bahan referensi dalam penelitian lain guna menentukan suatu kebijakan. Untuk penelitian lanjutan, disarankan untuk mengintegrasikan data curah hujan bulanan dan parameter iklim jangka panjang lainnya guna menghasilkan prediksi bahaya erosi yang lebih dinamis dan adaptif terhadap perubahan iklim.

Daftar Pustaka

- [1] I. Andriyani, S. Wahyuningsih, and R. S. Arumsari, "Penentuan Tingkat Bahaya Erosi Di Wilayah Das Bedadung Kabupaten Jember," *J. Ilm. Rekayasa Pertan. dan Biosist.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–11, 2020, doi: 10.29303/jrpb.v8i1.122.
- [2] I. Rudiarto, I. Rahmawati, and A. W. Sejati, *Land Degradation and Community Resilience in Rural Mountain Area of Java, Indonesia*. 2020. doi: 10.1007/978-3-030-23243-6_19.
- [3] T. Herawati, "Spatial Analysis of Erosion Danger Level at Cisadane Watershed Area Bogor District," *Pus. Litbang Hutan dan Konserv. Alam*, 2010.
- [4] E. Herawati, "Permodelan Erosi di Daerah Aliran Sungai Dengan Menggunakan Penginderaan Jarak Jauh," 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.13268.55682.
- [5] R. K. Taslim, M. Mandala, and I. Indarto, "Prediksi Erosi di Wilayah Jawa Timur," *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 17, no. 2, pp. 323–332, 2019, doi: 10.14710/jil.17.2.323-332.
- [6] A. R. As-syakur, "Prediksi Erosi Dengan Menggunakan Metode USLE Dan Sistem Informasi Geografis (SIG) Berbasis Pikel Di Daerah Tangkapan Air Danau Buyan," *Pit Mapin Xvii*, no. December 2008, pp. 1–11, 2016.
- [7] Poerbandono, A. Basyar, and A. B. Harto, "Evaluasi Perubahan Perilaku Erosi Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu dengan Pemodelan Spasial," *J. Infrastruktur dan Lingkung. Binaan*, pp. 21–28, 2006.
- [8] M. A. Nearing, F. F. Pruski, and M. R. O'Neal, "Expected climate change impacts on soil erosion rates: A review," *J. Soil Water Conserv.*, vol. 59, no. 1, pp. 43–50, 2004.
- [9] N. H. N. Muhana, M. S. Al Ghifari, A. N. Putri, M. M. A. Saputri, and A. T. S. Haji, "Pemetaan Tingkat Bahaya Erosi dan Rekomendasi Mitigasi di Kawasan UB Forest, Desa Tawangargo, Kabupaten Malang," *J. Sumberd. Alam dan Lingkung.*, vol. 11, no. 1, pp. 42–53, 2024, doi: 10.21776/ub.jsal.2024.011.01.5.
- [10] R. B. Anggara, M. D. M. Manessa, and H. Setiadi, "Pemetaan Tingkat Bahaya Erosi di Desa Ciputri," *Media Komun. Geogr.*, vol. 25, no. 1, pp. 167–179, 2024, doi: 10.23887/mkg.v25i1.73245.
- [11] R. Hartono, "Identifikasi Bentuk Erosi Tanah Melalui Interpretasi Citra Google Earth Di Wilayah Sumber Brantas Kota Batu," *J. Pendidik. Geogr.*, vol. 21, no. 1, pp. 30–43, 2016, doi: 10.17977/um017v21i12016p030.
- [12] S. M. Yusuf, K. Murtalaksono, and D. M. Laraswati, "Spatial mapping of soil erosion prediction through integration USLE model into Geography Information System," *J. Pengelolaan Sumberd. Alam dan Lingkung.*, vol. 10, no. 4, pp. 594–

- 606, 2020, doi: 10.29244/jpsl.10.4.594-606.
- [13] F. Arifandi and C. Ikhsan, "Pengaruh Sedimen Terhadap Umur Layanan Pada Tampungan Mati (Dead Storage) Waduk Krisak Di Wonogiri Dengan Metode Usle (Universal Soil Losses Equation)," *Matriks Tek. Sipil*, vol. 7, no. 4, pp. 430–439, 2019, doi: 10.20961/mateksi.v7i4.38482.
 - [14] W. H. Wischmeier and D. D. Smith, "Predicting rainfall erosion losses," *Agric. Handb. no. 537*, no. 537, pp. 285–291, 1978.
 - [15] S. Arsyad, *Konservasi Tanah dan Air*, IPB, no. 333.72 Ars k. 1989.
 - [16] N. Adibah, S. Kahar, and B. Sasmito, "Aplikasi Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis Untuk Analisis Daerah Resapan Air (Studi Kasus : Kota Pekalongan)," *J. Geod. Undip*, vol. 2, no. 2, pp. 141–153, 2013.
 - [17] T. Arrisaldi, W. Wilopo, and T. F. Fathani, "Landslide Susceptibility Mapping and Their Rainfall Thresholds Model in Tinalah Watershed, Kulon Progo District, Yogyakarta Special Region, Indonesia," *J. Appl. Geol.*, vol. 6, no. 2, p. 112, 2021, doi: 10.22146/jag.59185.
 - [18] R. F. N. Aliffian, M. I. Rendra, and Zainuddin, "Pemetaan Laju Erosi Dengan Pendekatan Sistem Informasi Geografis Di Kecamatan Kedewan Kabupaten Bojonegoro," *J. Tek.*, vol. 18, no. April, pp. 1–6, 2024.
 - [19] S. Chen *et al.*, "Mapping Potential Soil Water Erosion and Flood Hazard Zones in the Yarlung Tsangpo River Basin, China," *Atmosphere (Basel)*, vol. 14, no. 1, pp. 1–18, 2023, doi: 10.3390/atmos14010049.
 - [20] M. G. Ali *et al.*, "Estimation of potential soil erosion and sediment yield: A case study of the transboundary chenab river catchment," *Water (Switzerland)*, vol. 13, no. 24, pp. 1–23, 2021, doi: 10.3390/w13243647.
 - [21] E. C. Purba, L. Suryani, A. N. H. Musthofa, and H. Syafe'i, "Analisis Tingkat Bahaya Erosi Area Hulu dan Hilir Menggunakan Metode USLE Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang, Kota Semarang, Jawa Tengah," *J. Geosains dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, pp. 73–82, 2020, doi: 10.14710/jgt.3.2.2020.73-82.
 - [22] M. I. Rendra, R. A. Sandy, and M. M. Huda, "Pendekatan Spasial Tingkat Bahaya Erosi DAS Bogowonto Kabupaten Magelang," *Zo. J. Urban Reg. Plan.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–25, 2023, doi: 10.33019/zoning.v1i1.15.
 - [23] C. N. Salma, A. Sukmono, and H. S. Firdaus, "Analisis Laju Erosi di Sub DAS Serayu Hulu Pada Tahun 2022 Menggunakan Sistem Informasi Geografis," *JGISE J. Geospatial Inf. Sci. Eng.*, vol. 7, no. 1, p. 53, 2024, doi: 10.22146/jgise.91925.