

Analisis Model Spasial Kondisi Lahan Daerah Aliran Sungai (DAS): Mendukung Pengambilan Keputusan Berkelanjutan di DAS Paguyaman, Indonesia

Waode Faridawaty^{1*}, Fitryane Lihawa², Hasim³, Dewi Wahyuni K. Baderan⁴, Marike Mahmud⁵

Program Doktor Ilmu Lingkungan, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia¹²³⁴⁵

Faridawaty_waode@outlook.com¹

Corresponding Author: Fitryane.lihawa @ung.ac.id²

Informasi Artikel	Abstract
E-ISSN : 3026-6874 Vol: 2 No: 5 Mei 2024 Halaman : 572-585	<i>The Paguyaman watershed in Gorontalo is crucial for life, but it faces land degradation and erosion. This study evaluates land conditions using satellite imagery and spatial data. Results indicate that 58.73% of the area is in moderate condition, while 27.4% is in poor or very poor condition. Recommendations include reforestation with local species and integrated farming systems to improve soil fertility. Regular monitoring using remote sensing technology is proposed for the early detection of vegetation changes. Collaboration between the government, community, and researchers is essential to achieving sustainable watershed management.</i>
Keywords: Paguyaman watershed Remote sensing Sustainable management	

Abstrak

DAS Paguyaman di Gorontalo sangat penting bagi kehidupan, namun mengalami degradasi lahan dan erosi. Penelitian ini mengevaluasi kondisi lahan menggunakan citra satelit dan data spasial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 58,73% wilayah berada dalam kondisi sedang, sedangkan 27,4% berada dalam kondisi buruk atau sangat buruk. Rekomendasinya mencakup reboisasi dengan spesies lokal dan sistem pertanian terpadu untuk meningkatkan kesuburan tanah. Pemantauan berkala dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh diusulkan untuk mendeteksi dini perubahan vegetasi. Kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan peneliti sangat penting untuk mencapai pengelolaan daerah aliran sungai yang berkelanjutan.

Kata Kunci : DAS Paguyaman, Penginderaan jauh, Manajemen berkelanjutan

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan wilayah yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia dan berbagai makhluk hidup lainnya. Di balik kekayaan alamnya, DAS menyimpan potensi berbagai sumber daya alam yang menunjang kehidupan. DAS Paguyaman merupakan salah satu DAS penting di Indonesia. DAS ini memiliki luas 2.396,33 km² dan mengalir di wilayah Kabupaten Pohuwato, Boalemo, Gorontalo. DAS memiliki peran penting dalam menyediakan air bersih, irigasi, dan sumber daya alam lainnya bagi masyarakat di sekitarnya (Andes Putra et al., 2019). Seperti halnya DAS lainnya, DAS Paguyaman juga menghadapi berbagai tantangan dan ancaman, seperti deforestasi, degradasi lahan, dan pencemaran air. Upaya perlindungan dan pengelolaan yang baik sangat diperlukan untuk menjaga keberlangsungan DAS ini dan memastikan manfaatnya dapat dinikmati oleh generasi mendatang (Deshmukh et al., 2018).

Penilaian daya dukung DAS dari aspek kondisi lahan, merupakan langkah awal yang penting dalam upaya pengelolaan yang berkelanjutan. Melalui penelitian yang dilakukan oleh (Kartika & Muryani, 2023) dan (Sutrisno et al., 2023), kita dapat memahami betapa pentingnya memperhitungkan batas kemampuan DAS dalam menampung aktivitas manusia dan pemanfaatan sumber daya alam. Dengan demikian, langkah-langkah perlindungan dan pengelolaan yang tepat dapat diambil untuk menjaga keberlangsungan DAS.

Konservasi sumber daya alam dapat dilakukan secara efektif dengan menyeimbangkan kebutuhan ekosistem dengan batas optimal pemanfaatan sumber daya, Studi-studi ini secara kolektif menggarisbawahi perlunya pendekatan komprehensif untuk menilai dan mengelola daya dukung daerah aliran sungai untuk pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan (Deng et al., 2021; Yan et al., 2021). Namun, sebuah contoh kontraproduktif dari pengelolaan DAS adalah ketika penebangan hutan secara besar-besaran dilakukan tanpa pertimbangan yang tepat terhadap keberlanjutan ekosistem (Bhatt, 2021), menyebabkan kerusakan lingkungan yang parah dan menurunkan kualitas air di sungai-sungai terdekat. Hal ini dapat mengakibatkan degradasi habitat, erosi tanah yang parah, serta penurunan ketersediaan air bersih bagi masyarakat setempat dan generasi mendatang (Bandeira et al., 2021; Răileanu & Bucur, 2019).

Mempelajari kebutuhan ekosistem di dalam DAS, termasuk air, memastikan bahwa ekosistem tetap berfungsi dengan baik dan tidak terganggu oleh aktivitas manusia yang berlebihan. (Lin et al., 2015) lebih jauh menggarisbawahi perlunya pendekatan pengelolaan terpadu yang melibatkan seluruh pemangku kepentingan, sementara (Edwards et al., 2015) menyoroti peran pengelolaan daerah aliran sungai dalam melindungi sumber daya air dan kesehatan perairan, dengan fokus pada praktik pengelolaan terbaik.

Kesenjangan pengetahuan mengenai parameter lingkungan kunci, seperti kualitas air dan kesehatan ekosistem dapat diisi melalui penelitian ini. Meskipun aktivitas pertanian memiliki dampak signifikan terhadap daya dukung lingkungan DAS, pemahaman tentang bagaimana aktivitas tersebut memengaruhi ekosistem DAS dan ketersediaan sumber daya alam masih terbatas, perlunya strategi pengelolaan yang proaktif untuk mengatasi potensi dampak pemicu stres terhadap daya dukung daerah aliran sungai (Sha et al., 2020; Sunde et al., 2018). Penelitian ini bertujuan untuk lebih memahami secara spasial daya dukung DAS dari aspek kondisi lahan DAS Paguyaman untuk pengelolaan yang berkelanjutan. Sehingga penelitian ini, diharapkan dapat dikembangkan model prediktif untuk memahami potensi perubahan dan mengidentifikasi langkah-langkah adaptasi yang diperlukan.

METODE

a. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah DAS Paguyaman yang terletak di bagian tengah Provinsi Gorontalo, secara administrasi dan terdapat di tiga kabupaten yaitu Kabupaten Pohuwato, Kabupaten Boalemo dan Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Penelitian ini difokuskan pada masing-masing bagian pengelolaan DAS Paguyaman, bagian hulu, bagian tengah, dan bagian hilir. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2024 sampai dengan bulan Mei 2024. Lokasi penelitian di DAS Paguyaman disajikan pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

b. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan untuk menunjang penelitian ini adalah citra satelit, peta administratif DAS Paguyaman, Peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Boalemo dan Kabupaten Gorontalo, peta tematik dan data penggunaan lahan, tata air, data penduduk, data kondisi sosial ekonomi masyarakat, data investasi bangunan, dan data pemanfaatan ruang wilayah di DAS Paguyaman. Sedangkan alat yang akan digunakan dalam menunjang penelitian diantaranya adalah seperangkat komputer, software Microsoft Office, software ArcGIS, dan Global Positioning System (GPS).

c. Pengumpulan Data dan Analisis

Jenis data, sumber, dan alat analisis yang digunakan, serta output dari penelitian ini, pertama dimulai dengan mengumpulkan data dan informasi tentang DAS Paguyaman, dengan tujuan untuk menganalisis kondisi lahan DAS Paguyaman. Data sekunder dan primer akan dikumpulkan dan kemudian dianalisis menggunakan metode yang diatur dalam Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P. 61/Menhut-II/2014 tentang pengawasan dan evaluasi Daerah Aliran Sungai (Kemenhut 2014). Data yang dianalisis di DAS Paguyaman adalah (a) lahan kritis, penutupan vegetasi, dan indeks erosi (Tabel 1). Selanjutnya untuk mengetahui keadaan kondisi lahan DAS Paguyaman digunakan kategori Tabel 2.

Tabel 1. Kriteria, sub kriteria, bobot dan nilai parameter Kondisi Lahan di DAS Paguyaman
(Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2014)*

Sub Kriteria dan Bobot	Parameter dan Rumus	Nilai Parameter	Kelas dan Skor
1. Indeks erosi (25%)	$CP = \sum (Ai/A \times Cpi)$ Ket: - CP: Nilai tertimbang pengelolaan lahan dan tanaman - Cpi: Nilai penAgelolaan lahan dan tanaman pada unit lahan ke-i - Ai : Luas unit lahan ke-i pada DAS tertentu (ha) - A : Luas DAS (ha)	$CP \leq 0,10$ $0,10 < CP \leq 0,30$ $0,30 < CP \leq 0,50$ $0,50 < CP \leq 0,70$ $CP > 0,70$	- Sangat rendah: 0,5 - Rendah : 0,75 - Sedang : 1 - Tinggi : 1,25 - Sangat tinggi : 1,5
2. Penutupan vegetasi (25%)	$PPV = (LV \times 100\%) / A$ Ket: - LV: luas vegetasi (ha) - A: Luas DAS (ha)	$PPV > 80$ $60 < PPV \leq 80$ $40 < PPV \leq 60$ $20 < PPV \leq 40$ $PPV \leq 20$	- Sangat baik : 0,5 - baik : 0,75 - sedang : 1 - buruk : 1,25 - Sangat buruk : 1,5
2. Lahan kritis (50%)	$PLK = (LK \times 100\%) / A$ Ket: - PLK: luas lahan kritis (%) - LK: luas lahan kritis dan sangat kritis (ha) - A : luas DAS (ha)	$PLK \leq 5$ $5 < PLK \leq 10$ $10 < PLK \leq 15$ $15 < PLK \leq 20$ $PLK > 20$	- Sangat rendah: 0,5 - Rendah: 0,75 - Sedang: 1 - Tinggi: 1,25 - Sangat tinggi: 1,5

*) Dengan modifikasi

Tabel 2. Kategori Kondisi Lahan DAS Paguyaman dari Persentase Luas (Ha)

No	Nilai	Kategori
1	≤ 42	Sangat Baik
2	$42 > \text{Sampai dengan } \leq 54$	Baik

3	54 > Sampai dengan ≤ 66	Sedang
4	66 > Sampai dengan ≤ 78	Buruk
5	> 78	Sangat Buruk

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Indeks Erosi

Tabel 3 menunjukkan tingkat erosi di DAS Paguyaman, dengan klasifikasi dan luas area yang terkena dampaknya. Sebagian besar DAS Paguyaman (75,13%) mengalami tingkat erosi rendah hingga sedang. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tanah di sebagian besar wilayah masih tergolong baik. Namun, 14,21% mengalami tingkat erosi tinggi hingga sangat tinggi. Ini merupakan area yang perlu diprioritaskan untuk upaya konservasi dan pengelolaan lahan yang berkelanjutan. Tingkat erosi tertinggi terjadi di area seluas 9.610,72 Ha (4,01%). Area ini kemungkinan memiliki kemiringan lereng yang curam, tutupan vegetasi yang sedikit, atau praktik pengelolaan lahan yang tidak berkelanjutan.

Tabel 3. Luas (Ha) dan Persentase (%) Erosi di DAS Paguyaman

No	Erosi DAS Paguyaman	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat Rendah	71.411,01	29,79
2	Rendah	108.677,83	45,34
3	Sedang	25.559,77	10,66
4	Tinggi	24.439,00	10,20
5	Sangat Tinggi	9.610,72	4,01
Total		239.698,33	100,00

Analisis terjadinya erosi DAS Paguyaman menunjukkan bahwa, meskipun sebagian besar wilayah masih dalam kondisi baik, terdapat area yang perlu diprioritaskan untuk upaya konservasi dan pengelolaan lahan yang berkelanjutan. Upaya-upaya ini dapat mencakup Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RHL) vegetatif, sipil teknis dan penerapan praktik pertanian yang ramah lingkungan. Penelitian upaya konservasi lahan dan pengelolaan lahan berkelanjutan oleh (Tesfaye et al., 2022) dan (Daugaliene, 2019) mengidentifikasi tindakan fisik sebagai tindakan yang lebih berkelanjutan dan Daugaliene menganjurkan penggunaan konsolidasi lahan sebagai alat pembangunan pedesaan berkelanjutan. (Lennon, 2019) dan (Koshkalda et al., 2023) menggarisbawahi peran keterlibatan masyarakat dan pertukaran pengetahuan dalam keberhasilan konservasi lahan.

Analisis tingkat erosi di DAS Paguyaman. Hal ini akan membantu dalam mengidentifikasi area yang paling rentan terhadap erosi dan target upaya konservasi dengan lebih tepat. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap erosi di DAS Paguyaman perlu diidentifikasi dan dianalisis lebih lanjut. Hal ini akan membantu dalam mengembangkan strategi pencegahan dan pengendalian erosi yang lebih efektif. Analisis spasial telah efektif digunakan untuk memetakan kerentanan erosi di berbagai daerah aliran sungai, membantu dalam identifikasi wilayah berisiko tinggi dan menentukan sasaran upaya konservasi. (Szatten et al., 2022) dan (Belloula et al., 2023) menggunakan data spasial dan teknik pemodelan untuk memprediksi erosi, Szatten menekankan dampak tutupan lahan dan Belloula menggunakan proses hierarki analitik untuk mengukur kehilangan tanah. Studi-studi ini secara kolektif menunjukkan pentingnya analisis spasial dalam memahami dan mengatasi kerentanan erosi. Berikut ini peta sebarab erosi di DAS Paguyaman.

b. Penutupan vegetasi

Tabel 4 menunjukkan kondisi vegetasi di DAS Paguyaman, dengan klasifikasi dan luas area yang termasuk dalam setiap kategori. Sebagian besar DAS Paguyaman (66,41%) memiliki kondisi vegetasi yang

baik atau sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa tutupan vegetasi di sebagian besar wilayah masih tergolong memadai. Hampir sepertiga DAS Paguyaman (29,38%) memiliki kondisi vegetasi yang buruk. Kemungkinan memiliki tingkat deforestasi yang tinggi, degradasi lahan, atau konversi lahan menjadi penggunaan lain yang tidak ramah lingkungan. Data kondisi vegetasi DAS Paguyaman menunjukkan bahwa, meskipun sebagian besar wilayah masih memiliki tutupan vegetasi yang baik, terdapat area yang signifikan yang perlu dipulihkan. Upaya pemulihan vegetasi di area yang terdegradasi dapat membantu meningkatkan kualitas air, mengurangi erosi tanah, dan meningkatkan keanekaragaman hayati di DAS Paguyaman.

Tabel 4. Luas (Ha) dan Persentase (%) Kondisi Vegetasi DAS Paguyaman

No	Kondisi Vegetasi DAS Paguyaman	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat Baik	65.755,19	27,43
2	Baik	93.430,42	38,98
3	Sedang	10.007,24	4,17
4	Buruk	70.414,29	29,38
5	Sangat Buruk	91,20	0,04
Total		239.698,33	100,00

Analisis kondisi vegetasi di DAS Paguyaman. Hal ini akan membantu dalam mengidentifikasi area yang paling terdegradasi dan menargetkan upaya pemulihan vegetasi dengan lebih tepat. Analisis spasial terhadap kondisi vegetasi merupakan alat yang berharga untuk mengidentifikasi kawasan terdegradasi dan menargetkan upaya restorasi. (Qiu et al., 2022) menemukan bahwa perubahan pola spasial vegetasi dapat menandakan keberhasilan proyek restorasi, sedangkan (Huang et al., 2021) mengembangkan sistem untuk mengidentifikasi prioritas spasial untuk restorasi ekologi berdasarkan tren kualitas lanskap. (Durbecq et al., 2020) menguraikan waktu yang diperlukan untuk mengidentifikasi komunitas referensi dalam restorasi berdasarkan kondisi lingkungan yang mendukung komposisi vegetatif. Studi-studi ini secara kolektif menyoroti perlunya analisis spasial dalam mencapai restorasi vegetasi yang efektif dan berkelanjutan.

Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap degradasi vegetasi di DAS Paguyaman perlu diidentifikasi dan dianalisis lebih lanjut. Hal ini akan membantu dalam mengembangkan strategi pencegahan dan pemulihan vegetasi yang lebih efektif. Berbagai faktor berkontribusi terhadap degradasi vegetasi, termasuk perubahan lingkungan, aktivitas manusia, dan herbivora (Li et al., 2023). Faktor-faktor ini dapat menyebabkan berkurangnya produktivitas dan keanekaragaman tanaman, sehingga mempengaruhi fungsi ekosistem seperti penyimpanan karbon dan siklus nutrisi. Strategi restorasi yang efektif harus mempertimbangkan faktor-faktor ini, dengan langkah-langkah pengelolaan pengembalaan yang ditargetkan dan pengecualian herbivora yang diidentifikasi sebagai solusi potensial (Xu et al., 2023). Dalam beberapa kasus, proyek perubahan iklim dan ekologi juga dapat berperan dalam mendorong restorasi vegetasi (He et al., 2021).

Pemantauan kondisi vegetasi secara berkala perlu dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas upaya pemulihan vegetasi. Penting untuk memverifikasi data kondisi vegetasi untuk membuat keputusan dalam pengelolaan DAS. Beberapa penelitian menekankan perlunya pemantauan vegetasi untuk menilai efisiensi restorasi dalam pengelolaan daerah aliran sungai. Jia et al., (2023) menggunakan penginderaan jarak jauh untuk mengevaluasi dampak proyek restorasi ekologi di Tiongkok, yang menunjukkan peningkatan besar pada tutupan vegetasi dan stabilitas ekosistem. Campbell et al., (2022) menggarisbawahi pentingnya kerangka terstruktur untuk mengukur dan mengevaluasi respons vegetasi lahan basah terhadap pengelolaan air, yang mempertimbangkan data ekologi dan nilai-nilai sosial. Tangen et al., (2022) menggunakan indeks vegetasi untuk menilai kondisi lahan basah di Kawasan Prairie Pothole, yang menunjukkan prioritas restorasi seperti berfokus pada komunitas vegetasi alami. (Camarretta et al., 2019) meneliti penggunaan penginderaan jarak jauh untuk memantau restorasi hutan, menekankan kemampuannya dalam menangkap kompleksitas struktural dan memperkirakan efektivitas restorasi.

c. Indeks Lahan Kritis

Tingkat kekritisan lahan di DAS Paguyaman, dengan klasifikasi dan luas area yang termasuk dalam setiap kategori (Tabel 5). Lebih dari setengah DAS Paguyaman (66,94%) memiliki tingkat kekritisan lahan yang rendah atau sangat rendah. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi lahan di sebagian besar wilayah masih tergolong baik. Sepertiga DAS Paguyaman (32,86%) memiliki tingkat kekritisan lahan yang sedang hingga tinggi. Area ini kemungkinan mengalami degradasi lahan, erosi tanah, atau konversi lahan yang tidak berkelanjutan. Tingkat kekritisan lahan yang sangat tinggi hanya terjadi di area seluas 7.655,48 Ha (3,19%).

Data tingkat kekritisan lahan DAS Paguyaman (Tabel 5) menunjukkan sebagian besar wilayah masih memiliki kondisi lahan yang baik, terdapat area yang signifikan yang perlu dipulihkan atau dilindungi dari degradasi. Upaya pengelolaan lahan yang berkelanjutan, seperti reboisasi, konservasi tanah, dan praktik pertanian ramah lingkungan, perlu diterapkan di area yang kritis untuk mencegah degradasi lahan lebih lanjut.

Tabel 5. Luas (Ha) dan Persentase (%) Lahan Kritis DAS Paguyaman

No	Lahan Kritis DAS Paguyaman	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat Rendah	98.762,03	41,20
2	Rendah	61.689,17	25,74
3	Sedang	32.826,20	13,69
4	Tinggi	38.765,45	16,17
5	Sangat Tinggi	7.655,48	3,19
Total		239.698,33	100,00

Analisis spasial tingkat kekritisan lahan di DAS Paguyaman. Hal ini akan membantu dalam mengidentifikasi area yang paling kritis dan menargetkan upaya pemulihan atau perlindungan lahan dengan lebih tepat. Penelitian yang dilakukan Ni et al., (2022) menerapkan pendekatan ini untuk menilai pasokan dan permintaan jasa ekosistem di wilayah tepi sungai Shanghai, dengan mengidentifikasi wilayah kritis pasokan dan permintaan. Demikian pula Supriyono, (2018) menggunakan pemodelan spasial dan GIS untuk mendeteksi perubahan luas lahan kritis dan dampaknya terhadap wilayah pesisir di DAS Sungai Bengkulu. Benzougagh et al., (2021) memanfaatkan analisis morfometrik dan GIS untuk mengidentifikasi kawasan yang berisiko erosi tanah di cekungan Inaouene, dan memprioritaskan sub-DAS untuk inisiatif konservasi. (Stein et al., 2022) mengembangkan seperangkat alat untuk memprioritaskan tindakan perlindungan, restorasi, dan pengelolaan sungai di California, menggunakan pemodelan lanskap dan analisis spasial untuk mengidentifikasi jangkauan sungai yang rentan dan terdegradasi. Studi-studi ini secara kolektif menunjukkan pentingnya analisis spasial dalam memetakan kawasan lahan kritis dan memandu upaya restorasi di daerah aliran sungai.

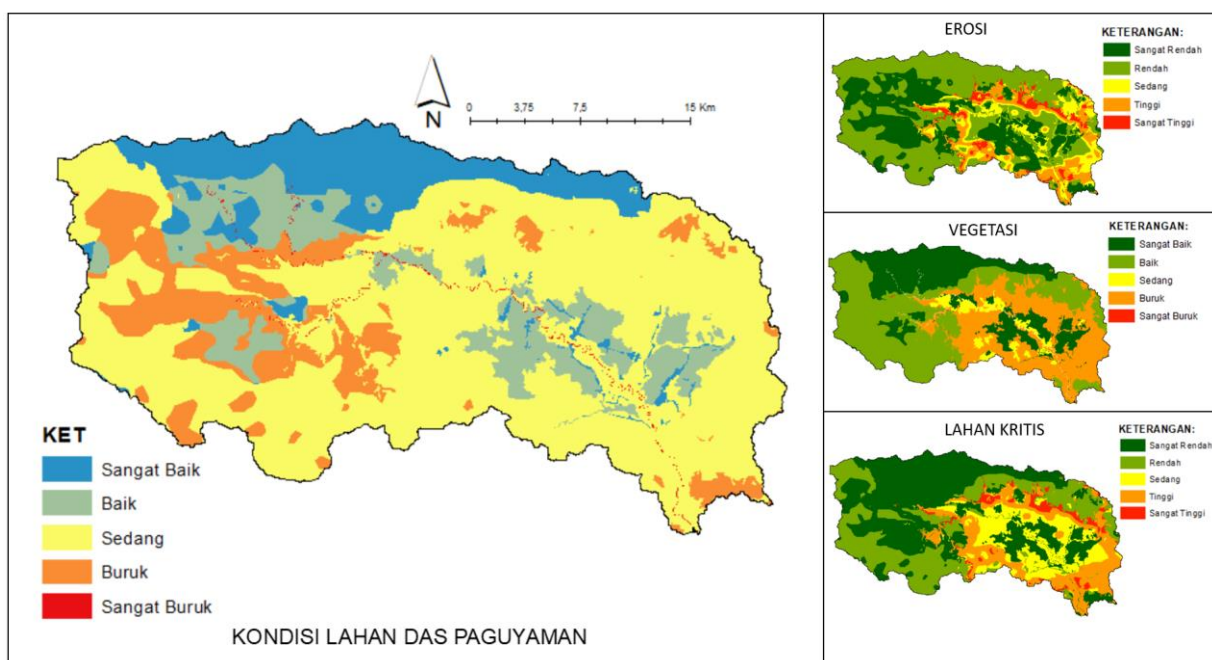
Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap degradasi lahan di DAS Paguyaman perlu diidentifikasi dan dianalisis lebih lanjut. Hal ini akan membantu dalam mengembangkan strategi pencegahan dan pengendalian degradasi lahan yang lebih efektif. Berbagai faktor berkontribusi terhadap degradasi lahan di daerah aliran sungai, termasuk perubahan jenis penggunaan lahan, pertumbuhan populasi, serta praktik penggunaan dan pengelolaan lahan yang tidak berkelanjutan (Moges & Bhat, 2020; Rahman et al., 2021). Faktor-faktor ini dapat menyebabkan erosi tanah, berkurangnya produksi pertanian, dan hilangnya keanekaragaman hayati. Strategi untuk mencegah dan mengendalikan degradasi lahan mencakup penggunaan teknik konservasi air dan tanah secara tradisional dan modern (Melalih & Mazour, 2021), dan penerapan program pengelolaan daerah aliran sungai (Mamo, 2022). Strategi-strategi ini dapat membantu meningkatkan keseimbangan ekosistem, meningkatkan produktivitas lahan, dan mengurangi risiko degradasi.

Pemantauan tingkat kekritisn lahan secara berkala perlu dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas upaya pemulihan dan perlindungan lahan. Penelitian untuk mengevaluasi kekritisn lahan dan efektivitas upaya restorasi dan perlindungan, seperti oleh Pandit et al., (2020) menekankan perlunya pendekatan multi-kriteria yang mempertimbangkan faktor biofisik dan sosial ekonomi, sementara Takoutsing et al., (2022) menggunakan teknik pemantauan dan pemetaan sistematis untuk mengidentifikasi kawasan yang membutuhkan restorasi. Maroeto & Priyadarshini, (2020) dan (Erwanto et al., 2021) sama-sama fokus pada kawasan tertentu, Maroeto mengidentifikasi lahan kritis di DAS Welang dan mengusulkan upaya konservasi lahan, dan Erwanto mengidentifikasi kawasan kritis di DAS Badeng dan menyarankan tindakan konservasi spesifik. Secara umum penelitian-penelitian menyoroti pentingnya mempertimbangkan berbagai faktor dan menggunakan teknik pemantauan dan pemetaan sistematis untuk mengevaluasi kekritisn lahan dan efektivitas upaya restorasi dan perlindungan.

d. Kategori Kondisi Lahan DAS Paguyaman

Hasil overlay data spasial DAS Paguyaman diperoleh kondisi lahan adalah sebagai berikut, (58,73%) memiliki kondisi lahan yang sedang. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi lahan di sebagian besar wilayah masih tergolong cukup baik. Hampir seperempat DAS Paguyaman (27,4%) memiliki kondisi lahan yang buruk atau sangat buruk. Area ini mengalami degradasi lahan, erosi tanah, atau konversi lahan yang tidak berkelanjutan. Kondisi lahan yang baik dan sangat baik hanya terjadi di area seluas 65.190,79 Ha (27,19%).

Area ini merupakan area yang memiliki tutupan vegetasi yang baik. Data kondisi lahan DAS Paguyaman (Tabel 5) menunjukkan sebagian besar wilayah masih memiliki kondisi lahan yang cukup baik, terdapat area yang signifikan yang perlu dipulihkan atau dilindungi dari degradasi. Upaya pengelolaan lahan yang berkelanjutan, seperti reboisasi, konservasi tanah, dan praktik pertanian ramah lingkungan, perlu diterapkan di area yang kritis untuk mencegah degradasi lahan lebih lanjut. Analisis spasial kondisi lahan di DAS Paguyaman digunakan untuk membantu dalam mengidentifikasi area yang paling kritis dan menargetkan upaya pemulihan atau perlindungan lahan dengan lebih tepat. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap degradasi lahan di DAS Paguyaman perlu diidentifikasi dan dianalisis lebih lanjut. Hal ini akan membantu dalam mengembangkan strategi pencegahan dan pengendalian degradasi lahan yang lebih efektif.



Gambar 2. Peta Kategori Kondisi Lahan DAS Paguyaman**Tabel 6. Luas (Ha) dan Persentase (%) Kategori Kondisi Lahan DAS Paguyaman**

No	Kategori Kondisi Lahan DAS Paguyaman	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat Buruk	890,96	0,37
2	Buruk	32.838,33	13,70
3	Sedang	140.779,25	58,73
4	Baik	32.201,10	13,43
5	Sangat Baik	32.988,69	13,76
Total		239.698,33	100,00

Pada lahan dengan kondisi yang sangat buruk, penanaman kembali dengan spesies lokal yang cepat tumbuh dan memiliki akar kuat untuk menahan erosi. Sejumlah penelitian telah menunjukkan efektivitas penanaman kembali dengan spesies lokal untuk merehabilitasi lahan terdegradasi. (Shahanim et al., 2022) menemukan bahwa spesies dipterokarpa, jika disesuaikan dengan topografi lokasi, dapat meningkatkan kelangsungan hidup dan laju pertumbuhan secara signifikan. Scotton & Andreatta, (2021), (2021) juga menekankan pentingnya penggunaan spesies kayu asli di kawasan rawan erosi, karena spesies tersebut cenderung bertahan dan mendominasi dalam jangka panjang. Felix et al., (2021)) lebih lanjut mendukung hal ini dengan menunjukkan bahwa tanaman asli Amazon dapat tumbuh dan bertahan hidup di tanah yang kekurangan unsur hara dan tanah liat. Mattar et al., (2023) menekankan keberhasilan pendekatan penanaman campuran dalam memicu suksesi alami dan memulihkan lingkungan hutan di kawasan terdegradasi.

Lahan Sedang (58,73% - 140.779,25 Ha) menerapkan sistem pertanian terpadu yang mengkombinasikan tanaman pangan, hortikultura, dan peternakan untuk mengurangi tekanan pada lahan. Gunakan rotasi tanaman untuk menjaga kesuburan tanah dan mengurangi risiko penyakit tanaman. Sistem pertanian terpadu yang menggabungkan tanaman pangan, hortikultura, dan peternakan dapat mengurangi tekanan terhadap lahan dengan meningkatkan produktivitas lahan, meningkatkan pembangunan pertanian, dan meningkatkan kelestarian lingkungan (Prabowo & Pradana, 2022; Tui et al., 2020). Sistem ini juga dapat saling menguntungkan, seperti pemanfaatan limbah peternakan sebagai pupuk pertanian dan limbah pertanian sebagai pakan ternak (Prabowo & Pradana, 2022) Integrasi sistem tanaman dan peternakan dapat semakin mengurangi penggunaan input eksternal, seperti pestisida dan pupuk, serta meningkatkan jasa ekosistem (Lemaire, 2023). Namun penerapan sistem tersebut, khususnya pada pertanian organik, mungkin menghadapi hambatan terkait produksi, sumber daya alam, sikap dan pengetahuan, infrastruktur, organisasi, dan faktor pasar (Purnomo et al., 2019).

Monitoring kondisi tanah dan vegetasi secara berkala untuk mendeteksi perubahan dini dan mengambil tindakan preventif. Sejumlah penelitian telah menekankan pentingnya pemantauan berkala terhadap kondisi tanah dan vegetasi untuk mengidentifikasi perubahan dini. Gholizadeh & Kopaková, (2019) menggarisbawahi potensi teknik optik proksimal dan penginderaan jauh untuk mengidentifikasi perubahan tanaman yang disebabkan oleh pencemaran tanah. Salata & Couch, (2022) menggunakan indeks vegetasi perbedaan ternormalisasi untuk memantau kerusakan tanah di suatu wilayah tertentu, sedangkan Almalki et al., (2022) mengkaji penggunaan teknologi penginderaan jauh untuk memantau dan memetakan perubahan tutupan tanaman di lingkungan kering dan semi-kering.

Menjaga dan memulihkan DAS Paguyaman dari degradasi lahan, diperlukan upaya pengelolaan jangka panjang yang berbasis bukti. Kami dapat mengurangi dampak negatif terhadap lahan dan mendorong kelestarian lingkungan dengan menerapkan langkah-langkah seperti reboisasi menggunakan spesies asli, sistem pertanian terpadu, dan pemantauan kondisi tanah secara teratur. Kolaborasi antara

pemerintah, masyarakat, dan peneliti sangat penting untuk mengembangkan dan menerapkan solusi efektif yang menjamin keseimbangan ekologi dan kesejahteraan sosial ekonomi di masa depan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kondisi lahan DAS Paguyaman, sebagian besar wilayah masih memiliki kondisi lahan yang cukup baik (58,73%). Namun, hampir seperempat dari DAS Paguyaman mengalami kondisi lahan yang buruk atau sangat buruk (27,4%), yang mengindikasikan adanya degradasi lahan, erosi tanah, atau konversi lahan yang tidak berkelanjutan. Hanya sekitar 27,19% area yang memiliki kondisi lahan yang baik atau sangat baik.

Mengatasi kondisi lahan yang sangat buruk, penanaman kembali dengan menggunakan spesies lokal yang cepat tumbuh dan memiliki akar kuat untuk menahan erosi dapat menjadi solusi efektif. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penanaman kembali dengan spesies lokal dapat merehabilitasi lahan yang terdegradasi dengan baik. Lahan dengan kondisi sedang dapat menerapkan sistem pertanian terpadu yang menggabungkan tanaman pangan, hortikultura, dan peternakan untuk mengurangi tekanan pada lahan. Menggunakan rotasi tanaman juga dapat menjaga kesuburan tanah dan mengurangi risiko penyakit tanaman. Sistem pertanian terpadu ini dapat meningkatkan produktivitas lahan, pembangunan pertanian, dan kelestarian lingkungan.

Penting untuk melakukan pemantauan kondisi tanah dan vegetasi secara berkala guna mendeteksi perubahan dini dan mengambil tindakan preventif. Teknik optik proksimal dan penginderaan jauh dapat digunakan untuk mengidentifikasi perubahan tanaman yang disebabkan oleh pencemaran tanah. Indeks vegetasi perbedaan ternormalisasi juga dapat digunakan untuk memantau kerusakan tanah. Penggunaan teknologi penginderaan jauh dapat membantu memetakan perubahan tutupan tanaman di lingkungan yang kering dan semi-kering. Untuk menjaga dan memulihkan DAS Paguyaman dari degradasi lahan, perlu dilakukan upaya pengelolaan jangka panjang yang berbasis bukti. Langkah-langkah seperti reboisasi dengan menggunakan spesies asli, sistem pertanian terpadu, dan pemantauan kondisi tanah secara teratur dapat mengurangi dampak negatif terhadap lahan dan mendorong kelestarian lingkungan. Kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan peneliti juga penting dalam mengembangkan dan menerapkan solusi yang efektif guna mencapai keseimbangan ekologi dan kesejahteraan sosial ekonomi di masa depan.

REFERENCES

- Almalki, R., Khaki, M., Saco, P. M., & Rodríguez, J. F. (2022). Monitoring and Mapping Vegetation Cover Changes in Arid and Semi-Arid Areas Using Remote Sensing Technology: A Review. *Remote. Sens.*, 14, 5143. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:252975705>
- Andes Putra, D., Putra Utama, S., & Mersyah, R. (2019). Pengelolaan Sumberdaya Alam Berbasis Masyarakat Dalam Upaya Konservasi Daerah Aliran Sungai Lubuk Langkap Desa Suka Maju Kecamatan Air Nipis Kabupaten Bengkulu Selatan. *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 8(2), 77–86. <https://doi.org/10.31186/naturalis.8.2.9211>
- Bandeira, A. P. N., Macedo, C. C. A., Clarindo, G. S., de Sousa Lima, M. G., & de Souza Neto, J. B. (2021). *Assessment of potential surface degradation resulting from erosion processes in environmentally protected area*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:233421332>
- Belloula, M., Dridi, H., & Kalla, M. (2023). Spatialization of water erosion using analytic hierarchy process (AHP) method in the high valley of the Medjerda, eastern Algeria. *Journal of Water and Land Development*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:222076427>
- Benzougagh, B., Meshram, S. G., Dridri, A., Boudad, L., Baamar, B., Sadkaoui, D., & Khedher, K. M. (2021). Identification of critical watershed at risk of soil erosion using morphometric and geographic information system analysis. *Applied Water Science*, 12. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:245010397>
- Bhatt, G. D. (2021). *Sustainable Impact of Deforestation on Global Environment*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:235432939>

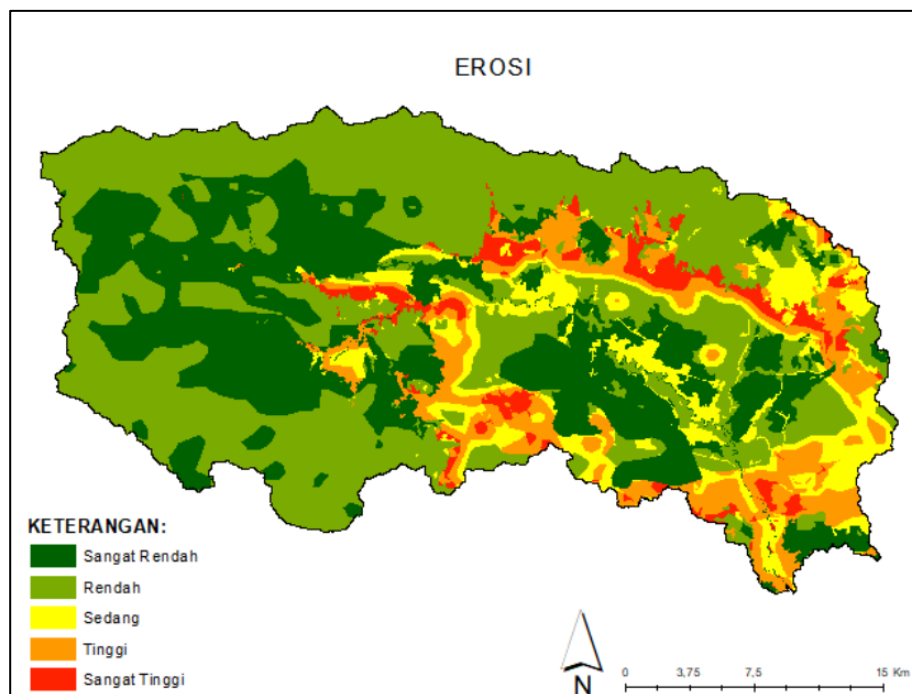
- Camarretta, N., Harrison, P. A., Bailey, T. G., Potts, B. M., Lucieer, A., Davidson, N., & Hunt, M. (2019). Monitoring forest structure to guide adaptive management of forest restoration: a review of remote sensing approaches. *New Forests*, 51, 573–596. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:254864224>
- Campbell, C. J., Thompson, R. M., Capon, S. J., & Dyer, F. J. (2022). Rethinking Condition: Measuring and Evaluating Wetland Vegetation Responses to Water Management. *Frontiers in Environmental Science*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:246065817>
- Daugaliene, V. (2019). LAND CONSOLIDATION – A TOOL FOR SUSTAINABLE RURAL DEVELOPMENT. *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:216523106>
- Deng, L., Yin, J., Tian, J., Li, Q., & Guo, S. (2021). Comprehensive Evaluation of Water Resources Carrying Capacity in the Han River Basin. *Water*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:234189063>
- Deshmukh, N. B. M., Lohiya, L. J., Hase, U. C., & Satpute, M. B. (2018). *Sustainable Development-A Case Study of Mhasavandi Village*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:134806993>
- Durbecq, A., Jaunatre, R., Buisson, E., Cluchier, A., & Bischoff, A. (2020). Identifying reference communities in ecological restoration: the use of environmental conditions driving vegetation composition. *Restoration Ecology*, 28. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:225766189>
- Edwards, P. J., Schoonover, J. E., & Williard, K. W. J. (2015). Guiding Principles for Management of Forested, Agricultural, and Urban Watersheds. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 154, 60–84. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:109001737>
- Erwanto, Z., Holik, A., Pranowo, D. D., & Afifa, S. (2021). Identification of Land Criticism for Land Conservation Actions in the Badeng Watershed with Regulation of Watershed and Protection Forest Management. *Proceedings of the 4th International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:256315622>
- Felix, R. W., Pereira, F. G. B., Bevilacqua, M., Zandonadi, D. B., Bozelli, R. L., & Figueiredo-Barros, M. P. (2021). Vegetative Propagation of Amazonian Indigenous Species for Restoration Practices Over a Riverscape Floodplain Disturbed by Silting. *Floresta e Ambiente*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:231827831>
- Gholizadeh, A., & Kopaková, V. (2019). Detecting vegetation stress as a soil contamination proxy: a review of optical proximal and remote sensing techniques. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16, 2511–2524. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:109286417>
- He, X., Yu, Y., Cui, Z., & He, T. (2021). Climate Change and Ecological Projects Jointly Promote Vegetation Restoration in Three-River Source Region of China. *Chinese Geographical Science*, 31, 1108–1122. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:243866528>
- Huang, J., Wang, Y., & Zhang, L. (2021). Identifying Spatial Priority of Ecological Restoration Dependent on Landscape Quality Trends in Metropolitan Areas. *Land*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:245483466>
- Jia, X., Jin, Z., Mei, X., Wang, D., Zhu, R., Zhang, X., Huang, Z., Li, C., & Zhang, X. (2023). Monitoring and Effect Evaluation of an Ecological Restoration Project Using Multi-Source Remote Sensing: A Case Study of Wuliangshuai Watershed in China. *Land*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:256452465>
- Kartika, F. D., & Muryani, C. (2023). Water-Carrying capacity in Siwaluh Watershed, Karanganyar Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1180. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:258862760>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2014). *Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.61/Menhut-II/2014 tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. <https://jdih.menlhk.go.id/new2/home/portfolioDetails/61/2014/5#>
- Koshkalda, I., Dombrowska, O., Stoiko, N., & Riasnianska, A. (2023). Land resource management system in the sustainable development context: scientific and practical approaches. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1254. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:265007847>

- Lemaire, G. (2023). Crop-herbivore livestock integration systems remains the basis for a productive and sustainable agriculture. *Notes Académiques de l'Académie d'agriculture de France / Academic Notes of the French Academy of Agriculture*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:266261010>
- Lennon, Jane. (2019). *Landcare as a Tool in Sustainable Rural Conservation*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:213884183>
- Li, X., Chen, J., & Wang, J. (2023). Editorial: Structure and function of vegetation during ecological restoration of degraded land. *Frontiers in Environmental Science*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:257927820>
- Lin, H., Miyanaga, K., & Thornton, J. A. (2015). *Watershed Governance for Sustaining Ecosystem Services: Public Policies, Planning and Management*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:127389540>
- Mamo, A. (2022). Factors Affecting Adoption of Watershed Management Program in MirabAbaya Districts of Southern Ethiopia. *Journal of Agriculture and Horticulture Research*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:253436961>
- Maroeto, & Priyadarshini, R. (2020). *STANDARD CRITERIA FOR LAND DAMAGE AS THE BASIS FOR EVALUATION OF LOWLAND IN WELANG WATERSHED, PASURUAN REGENCY, EAST JAVA*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:237111906>
- Mattar, E. A., Nakajima, N. Y., Ângelo, A. C., Carpanezzi, A. A., Neves, E. J. M., & Britez, R. M. (2023). NATURAL REGENERATION IN MIXED PLANTING FOR ECOLOGICAL RESTORATION IN THE COASTAL PLAIN OF PARANÁ STATE, BRAZIL. *FLORESTA*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:259730713>
- Melalih, A., & Mazour, M. (2021). Analysis of water and soil conservation techniques at the Ain Sefra arid watershed (Ksour Mountains, southwest Algeria). *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 1–18. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:230718709>
- Moges, D. M., & Bhat, H. G. (2020). Watershed degradation and management practices in north-western highland Ethiopia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:222007038>
- Ni, Y., Wei, J., Wu, T., Guo, M., Han, Q., & Zhang, M. (2022). Mapping and assessing ecosystem service supply-demand to identify critical areas: A case study of a waterside area in Shanghai metropolitan area. *Frontiers in Earth Science*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:250928615>
- Pandit, R., Parrotta, J. A., Chaudhary, A. K., Karlen, D. L., Vieira, D. L. M., Anker, Y., Chen, R., Morris, J., Harris, J. A., & Ntshotsho, P. (2020). A framework to evaluate land degradation and restoration responses for improved planning and decision-making. *Ecosystems and People*, 16, 1–18. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:213296503>
- Prabowo, C. M., & Pradana, M. S. (2022). PENERAPAN SISTEM PERTANIAN TERPADU UNTUK MENSEJAHTERAKAN PETANI DESA. *Jurnal Pengabdian Masyarakat: BAKTI KITA*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:254910654>
- Purnomo, S. H., Emawati, S., Sari, A. I., Rahayu, E. T., Handayanta, E., & Hanifa, A. M. (2019). INVESTIGATION OF BARRIERS TO INTEGRATED PADDY AND BEEF CATTLE FARMING IN ORGANIC AGRICULTURAL SYSTEM. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:134826054>
- Qiu, Y., Xu, Z., Xu, C., & Holmgren, M. (2022). Can remotely sensed vegetation patterns signal dryland restoration success? *Restoration Ecology*, 31. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:250378266>
- Rahman, A., Cyio, M. B., Darman, S., & Hasanah, U. (2021). *Outlooks for Developing Land Degradation Mitigation Policy Plans in the Lindu Watershed Hope for the Present and the Future*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:235820903>
- Răileanu, S.-M., & Bucur, D. (2019). *EFFECTS OF SOIL EROSION ON AGRICULTURAL LAND: A CURENT GLOBAL AND NATIONAL ANALYSIS*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:219326347>
- Salata, S., & Couch, V. T. (2022). Monitoring Soil Degradation Processes for Ecological Compensation in the Izmir Institute of Technology Campus (Turkey). *Eng.* <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:250471848>

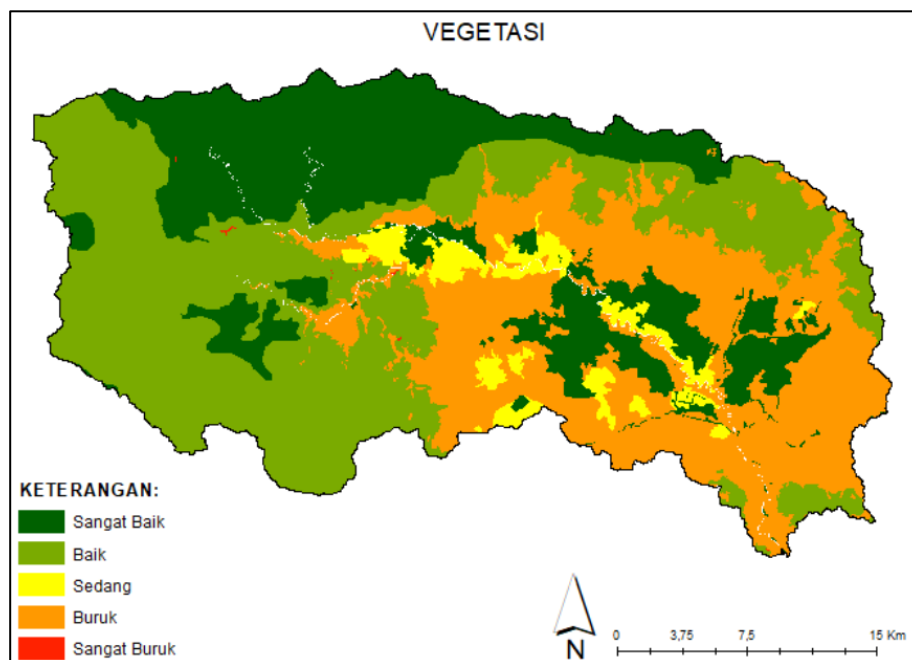
- Scotton, M., & Andreatta, D. (2021). Anti-erosion rehabilitation: Effects of revegetation method and site traits on introduced and native plant cover and richness. *The Science of the Total Environment*, 776, 145915. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:232090496>
- Sha, J., Zhao, Y., Li, X., & Wang, Z.-L. (2020). Assessing impacts of future climate change on hydrological processes in an urbanizing watershed with a multimodel approach. *Journal of Water and Climate Change*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:225552785>
- Shahanim, M. M. F., Khairany, M. A. N., & Zahirah, M. T. (2022). Rehabilitation of degraded forest area using dipterocarp species in Merlimau Forest Reserve, Melaka. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1053. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:250290032>
- Stein, E. D., Brown, J. S., Canney, A., Mirkhanian, M., Lowman, H. E., O'Connor, K., & Clark, R. P. (2022). Prioritizing Stream Protection, Restoration and Management Actions Using Landscape Modeling and Spatial Analysis. *Water*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:248383180>
- Sunde, M. G., He, H. S., Hubbart, J. A., & Urban, M. A. (2018). An integrated modeling approach for estimating hydrologic responses to future urbanization and climate changes in a mixed-use midwestern watershed. *Journal of Environmental Management*, 220, 149–162. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:29150140>
- Supriyono, S. (2018). Critical Land Detection Watershed River Bengkulu and Effect of Coastal Area using Geographic Information System. *Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:73647592>
- Sutrisno, A., Wahyuni, E., Agang, M. W., & Titing, D. (2023). Modeling and mapping of the environmental carrying capacity of the Sebuk and Sesayap watersheds based on food and water provision. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:259008086>
- Szatten, D., Herman, O., & Tęgowska, N. (2022). FUNCTIONALITY OF SPATIAL ANALYSIS IN THE ASSESSMENT OF THE IMPACT OF LAND COVER ON THE EROSION PROCESS PREDICTION. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:257605817>
- Takoutsing, B., Winowiecki, L. A., Bargués-Tobella, A., & Vågen, T. (2022). Determination of land restoration potentials in the semi-arid areas of Chad using systematic monitoring and mapping techniques. *Agroforestry Systems*, 1–17. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:245709069>
- Tangen, B. A., Bansal, S., Jones, S. W., Dixon, C. S., Nahlik, A. M., DeKeyser, E. S., Hargiss, C. L. M., & Mushet, D. M. (2022). Using a vegetation index to assess wetland condition in the Prairie Pothole Region of North America. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1–12. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:252093541>
- Tesfaye, B., Lengoiboni, M., Zevenbergen, J., & Simane, B. (2022). Land Preservation Uptakes in the Escarpments of North-Eastern Ethiopia: Drivers, Sustainability, and Constraints. *Land*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:248548755>
- Tui, S. H.-K., Valdivia, R. O., Descheemaeker, K., Senda, T. S., Masikati, P., Makumbe, M. T., & van Rooyen, A. F. (2020). Crop-livestock integration to enhance ecosystem services in sustainable food systems. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:211775251>
- Xu, C., Silliman, B. R., Chen, J., Li, X., Thomsen, M. S., Zhang, Q., Lee, J., Lefcheck, J. S., Daleo, P., Hughes, B. B., Jones, H. P., Wang, R., Wang, S., Smith, C. S., Xi, X., Altieri, A. H., van de Koppel, J., Palmer, T. M., Liu, L., ... He, Q. (2023). Herbivory limits success of vegetation restoration globally. *Science*, 382, 589–594. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:264935785>
- Yan, B., Wang, Y., Li, G., & Ding, X. H. (2021). Comprehensive evaluation of the water environment carrying capacity of a river basin: a case study of the Weihe River Basin in China. *Water Policy*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:244544549>

LAMPIRAN

a. Peta Indeks Erosi



b. Peta Vegetasi



c. Peta lahan Kritis

