

STRATEGI KONSERVASI UNTUK MENGURANGI EROSI HULU DAERAH ALIRAN SUNGAI BRANTAS, JAWA TIMUR

CONSERVATION STRATEGIES FOR REDUCING EROSION IN THE UPPER BRANTAS WATERSHED, JAWA TIMUR

Andi Setyo Pambudi^{1*}, Rahmat Junaidi², Bambang Pramuj³

¹Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, Jalan H.R. Rasuna Said Jakarta, Indonesia 12920

²Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, Jalan Ahmad Yani Surabaya, Indonesia 60237

³Balai Wilayah Sungai Kalimantan V Tanjung Selor, Jalan Bhayangkara Tarakan, Indonesia 77111

*Email: andi.pambudi@bappenas.go.id; andisetyopambudi@gmail.com

disubmit: 19 September 2023, direvisi: 09 Oktober 2023, diterima: 30 Oktober 2023

ABSTRAK

Sedimentasi yang disebabkan erosi di Sub-DAS Lesti dan bagian hulu DAS Brantas secara keseluruhan berdampak pada terganggunya peran Bendungan Sengguruh dalam mendukung aktivitas ekonomi di Jawa Timur. Pengurangan erosi di kawasan hulu dalam perkembangannya memerlukan pendekatan ilmu lingkungan yang menyelaraskan aspek ekonomi, sosial dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menilai pengaruh tekanan penduduk, perilaku masyarakat dan penggunaan lahan terhadap erosi di Sub-DAS Lesti; memprediksi erosi pada Sub-DAS Lesti; dan memberikan strategi konservasi Sub-DAS Lesti berbasis ilmu lingkungan dalam rangka pembangunan berkelanjutan. Metode penelitian yang digunakan mixed methods, baik melalui bantuan SIG untuk rumus erosi Modify Universal Soil Loss Equation, dan juga melalui kuesioner serta wawancara terhadap masyarakat di kawasan Sub-DAS Lesti. Dari penelitian pada Sub-DAS Lesti ini diperoleh nilai 153,868 ton/ha/tahun untuk laju erosi rata-rata yang berarti melampaui batas minimal toleransi. Dari 12 kecamatan di wilayah Sub-DAS Lesti, ada 6 kecamatan mempunyai masalah dari aspek lingkungan melalui kondisi beberapa kecamatan dengan Tingkat Bahaya Erosi tinggi. Erosi berkorelasi dengan pengetahuan, sikap dan perilaku masyarakat dalam wujud aspek ekonomi melalui tekanan penduduk dan aspek sosial melalui pola penggunaan lahan. Berbasis ilmu lingkungan, rekomendasi prioritas konservasi diutamakan untuk 6 kecamatan tersebut dengan perbaikan upaya konservasi tanah dan air, baik secara vegetatif dan sipil teknis (lingkungan), edukasi lingkungan (sosial) dan pemberdayaan ekonomi masyarakat (ekonomi).

Kata kunci: *Lingkungan, Erosi, Konservasi, DAS*

ABSTRACT

Sedimentation caused by erosion in the Lesti Sub-Watershed and the upstream part of the Brantas Watershed as a whole has an impact on disrupting the role of the Sengguruh Dam in supporting economic activity in East Java. Reducing erosion in upstream areas during their development requires an environmental science approach that harmonizes economic, social, and environmental aspects. This study aims to: Assess the influence of population pressure, community behavior, and land use on erosion in the Lesti Sub-watershed; Predict erosion in the Lesti Sub-watershed; and Provide an environmental science-based conservation strategy for the Lesti Sub-watershed in the context of sustainable development. The research method used was mixed methods, both through GIS assistance for the Modify Universal Soil Loss Equation erosion formula and also through questionnaires and interviews with communities in the Lesti sub-watershed area. From research on the Lesti sub-watershed, the average erosion rate obtained is 153,868 tons/ha/year, which means it exceeds the minimum tolerance limit. Of the 12 sub-districts in the Lesti sub-watershed area, 6 (six) sub-districts have problems from the environmental aspect through the condition of several sub-districts with high erosion hazard levels. Erosion is correlated with people's knowledge, attitudes, and behavior in the economic aspects through population pressure and social conditions through land use patterns. Based on environmental science, conservation priority recommendations are for these 6 (six) sub-districts by improving soil and water

conservation efforts, both vegetatively and civil-technically (environmentally), environmental education (social), and community economic empowerment (economy).

Keywords: *Environment, Erosion, Conservation, Watershed.*

PENDAHULUAN

Erosi dan sedimentasi terkait erat dengan batas hidrologi (Anache *et al.*, 2018; Bisri *et al.*, 2017; Asdak, 2010). Daerah Aliran Sungai (DAS) atau *watershed* merupakan batas hidrologis kegiatan ekonomi yang berbasis lingkungan (Reddy *et al.*, 2017; Common & Stagl, 2005). Wilayah DAS sering digunakan sebagai unit biofisik dan sosio-ekonomi atau politik untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya alam dimana secara hidrologis wilayah ini sangat selaras dengan konsep ilmu lingkungan (Pambudi & Kusumanto, 2023; Pambudi, 2019). Ilmu lingkungan sendiri secara konsep ditujukan untuk memahami kompleksitas sistem lingkungan, menganalisis dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan, serta merumuskan solusi untuk mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan dan melindungi lingkungan dari kerusakan yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan keanekaragaman hayati. Dalam kaitannya dengan DAS, ilmu lingkungan mendorong aspek pengelolaan dan pelestarian yang berbasis hubungan timbal balik antara ekosistem (termasuk manusia) dan bentang lahan dalam lingkup siklus hidrologi.

Pentingnya pemulihan dan pelestarian kondisi DAS disikapi pemerintah melalui

Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2015-2019 dan juga tahun 2020-2024. Hal ini dilatarbelakangi bahwa terjadinya perubahan iklim global, bertambahnya jumlah penduduk dengan berbagai aktivitas ekonominya turut mendorong penambahan lahan kawasan budidaya dan pemukiman yang merubah kondisi DAS dan laju erosi (Kindu *et al.*, 2018; Euler *et al.*, 2018; Bellfield *et al.*, 2016). Dalam dokumen RPJMN tersebut, DAS Brantas termasuk salah satu dari 15 (lima belas) DAS prioritas yang akan dipulihkan (Bappenas, 2015; GoI, 2014a). Sub-DAS Lesti adalah salah bagian hulu DAS Brantas yang memiliki posisi strategis terkait erosi dan konservasi.

Wischmeier dan Smith (1978) menyatakan bahwa nilai laju erosi atau nilai *tolerable soil erosion* (T) dalam setiap hektar lahan yang dapat ditoleransi untuk tanah di Amerika adalah 4,48 –11,21 ton/ha/tahun. Laju maksimum erosi tanah dalam setiap hektar lahan yang ditoleransi yang banyak diacu peneliti untuk Indonesia adalah berdasarkan penelitian Hardjowigeno (1995) yaitu sebesar 30 ton/ha/tahun. Angka ini diacu sampai saat ini, khususnya untuk mengukur *tolerable soil erosion* pada DAS di wilayah Pulau Jawa.

Idealnya, data erosi pada DAS harus diperbaharui secara berkala agar kebijakan penanganannya dapat sesuai dengan kondisi faktual yang ada (Pambudi & Moersidik, 2019). Hal ini penting berkaitan dengan nilai laju erosi rata-rata yang harus dijaga agar dapat ditoleransi dimana di Sub-DAS Lesti dijaga untuk sebesar maksimal 30 ton/ha/tahun. Ketika laju erosi melampaui batas toleransi tersebut, maka diperlukan upaya konservasi yang berbasis faktor-faktor penyebab erosi dalam rangka mengendalikan laju erosi sehingga sedimentasi di hilir dapat dikurangi (Jeloudar *et al.*, 2018; Nabi *et al.*, 2017). Upaya konservasi yang tidak sebanding dengan laju erosi di Sub-DAS Lesti berdampak pada semakin besarnya sedimentasi di Bendungan Sengguruh yang berakibat fungsi waduk menjadi tidak optimal (Djajasinga *et al.*, 2013).

Erosi yang terjadi pada Sub-DAS Lesti dan segenap wilayah hulu DAS Brantas mengakibatkan terganggunya peran Bendungan Sengguruh dalam mendukung aktivitas ekonomi di Jawa Timur. Hal ini mengingat bendungan secara umum memiliki peran multifungsi yang secara historis berdampak pada kehidupan masyarakat (Maulana *et al.*, 2023). Pertimbangan kebijakan konservasi pada skala Sub-DAS memerlukan data laju erosi dan juga solum tanah yang secara spasial akan menggambarkan nilai Tingkat Bahaya

Erosi (TBE). Korelasi erosi (aspek lingkungan) terhadap sikap, perilaku dan pengetahuan masyarakat yang terwujud dalam tekanan penduduk (aspek ekonomi) serta tata guna lahan (aspek sosial) menjadi hal yang menarik diulas lebih dalam. Hal ini mengingat pada era modern upaya pengurangan erosi pada skala DAS atau Sub-DAS berkembang untuk juga memenuhi kebutuhan keberlanjutan sehingga pendekatan ilmu lingkungan yang menyelaraskan aspek ekonomi, sosial dan lingkungan menjadi hal yang tidak terhindarkan (Pambudi, 2021).

Berbagai penelitian sebelumnya tentang erosi di Sub-DAS Lesti menunjukkan tren peningkatan laju erosi yang signifikan. Yupi (2006) telah menghitung laju erosi dalam rata-rata setiap hektar lahan di Sub-DAS Lesti yaitu sebesar 30,57 ton/ha/tahun. Hasil kajian Setyono dan Prasetyo (2012) menyatakan bahwa laju erosi rata-rata setiap hektar lahan pada Sub-DAS Lesti sebesar 105,763 ton/ha/tahun. Sementara itu, kajian Ma'wa *et al.* (2015) mendapatkan hasil laju erosi rata-rata per hektar 131,098 ton/ha/tahun. Laju erosi tersebut perlu untuk diturunkan dan dikendalikan sesuai dengan ketentuan sehingga memerlukan studi lanjutan, termasuk strategi konservasinya.

Berdasarkan *gap* penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah: 1) Menilai

pengaruh tekanan penduduk, perilaku masyarakat dan penggunaan lahan terhadap erosi di Sub-DAS Lesti; 2) Memprediksi erosi pada Sub-DAS Lesti dan; 3) Memberikan strategi konservasi Sub-DAS Lesti berbasis ilmu lingkungan dalam rangka pembangunan berkelanjutan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan pemangku kebijakan ataupun masyarakat terkait pemilihan lokasi konservasi yang tepat, serta upaya konservasi yang harus dilakukan agar berkelanjutan. Secara teoritis, penelitian ini dapat berkontribusi dalam pola berpikir ilmiah dalam bidang pengelolaan DAS, kebijakan publik, dan ilmu lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan selama 12 bulan (bulan Februari 2019 sampai bulan Januari 2020). Penelitian diawali dengan pembuatan konsep, pengumpulan data, analisis data dan pelaporan. Penelitian dilaksanakan pada bagian hulu DAS Brantas yaitu di Sub-DAS Lesti. Lokasi penelitian terletak di Kabupaten Malang dengan luasan total sebesar 64.740,84 ha. Secara administratif ada 12 kecamatan pada lokasi penelitian, yang dimulai dari Kecamatan Poncokusumo sampai *outlet* Bendungan Sengguruh.

Data-data yang dipakai dalam penelitian ini berupa data sekunder dari berbagai instansi yang berada di DAS

Brantas, antara lain: 1) Data hujan selama 10 tahun terakhir (Dinas PU SDA Provinsi Jawa Timur; 2) Data peta topografi, jenis tanah, tekstur tanah, solum tanah dan peta tata guna lahan tahun 2018 (BPDAS-HL Brantas); 3) Data mengenai tanah dari para ahli yang telah banyak disepakati peneliti sebelumnya; 4) Data peta sungai dan kemiringan lahan dengan skala 1:25.000 (BIG) yang terdiri dari 7 *sheet* peta sebagai berikut: Ranupane (1607-444), Gamping (1607-423), Sumber Manjing Wetan (607-414), Tumpang (1607-443), Turen (1607-432), Bululawang (1607-434), dan Tlogosari(1607-441); 5) Data monografi (BPS); serta 6) Data primer berupa data kuesioner.

Desain penelitian melalui pembagian kuesioner dilakukan sebagai berikut: lembar kuesioner sikap, lembar kuesioner perilaku, dan lembar kuesioner pengetahuan terkait aktivitas lingkungan di Sub-DAS Lesti. Pengumpulan data kuesioner dilaksanakan melalui kunjungan langsung maupun secara daring terhadap 358 responden di 12 kecamatan pada lokasi penelitian pada tanggal 17 – 30 Juli 2019. Untuk analisis yang digunakan *Software Arc GIS 10.3*, *SPSS* Versi 22 dan *Microsoft Excel 2019*.

Penelitian ini menggunakan metode *mixed method* (Creswell, 2014), serta metode analisis statistik *cross tabulation* untuk analisis perilaku masyarakat. Desain analisis perilaku didasarkan pada hasil

kuesioner terhadap 358 responden yang berada di 12 kecamatan di Sub-DAS Lesti untuk mengetahui keterkaitan antara sikap, perilaku dan pengetahuan masyarakat. Etika penelitian yang digunakan adalah kerahasiaan dan persetujuan. Hasil survei akan dijadikan dasar dalam perhitungan korelasi *bivariate pearson* dalam ilmu statistik. Deliniasi Sub-DAS Lesti dilaksanakan melalui pembangkitan data menggunakan *Digital Elevation Model* (DEM) dari peta kontur dan sungai. Perhitungan hujan maksimum daerah menggunakan metode *Polygon Thiessen* dengan uji konsistensi data hujan menggunakan pendekatan kurva lengkung massa ganda (Soemarto, 1987). Analisis curah hujan rancangan menggunakan distribusi *Log Pearson Type III* dengan kala ulang 1,01 untuk. Dalam menghitung debit limpasan permukaan digunakan rumus rasional modifikasi. Tahapan untuk memperoleh nilai debit limpasan yaitu: 1) Penentuan koefisien pengaliran; 2) Penentuan waktu konsentrasi, koefisien tampungan serta intensitas hujan; 3) Menghitung debit limpasan yang digambarkan dalam bentuk peta sebaran debit limpasan permukaan dalam berbagai kala ulang menggunakan perangkat lunak *Arc GIS 10.3*.

Analisis terkait tekanan penduduk menggunakan rumus (Soemarwoto,1985) dan analisis perilaku menggunakan metode

statistik *bivariate pearson*. Laju erosi dihitung dengan metode MUSLE dengan basis data indeks erosivitas limpasan permukaan, erodibilitas, panjang dan kemiringan lereng serta faktor pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi (CP). Komponen untuk mendapatkan nilai CP juga dikaitkan faktor perilaku masyarakat dan tekanan penduduk terhadap lahan. Sementara untuk mendapatkan tingkat bahaya erosi dilakukan *overlay* antara peta laju erosi dan peta solum tanah dengan bantuan *tools* Sistem Informasi Geografis (SIG). Rekomendasi tindakan konservasi berbasis ilmu lingkungan menggunakan teknik *overlay* dari atribut yang dimasukkan berdasarkan kaidah yang ada dalam UU 37 Tahun 2014 tentang Konservasi Tanah dan Air (GoI, 2014b).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Tekanan Penduduk terhadap Erosi

Analisis erosi perlu mempertimbangkan faktor tekanan penduduk terhadap lahan (TP). Tekanan penduduk merupakan kekuatan yang mendorong penduduk, khususnya penduduk petani untuk memperluas lahan garapannya atau keluar dari lapangan kerja pertanian. Nilai $TP < 1$ menandakan sebuah daerah belum terjadi tekanan penduduk atau masih bisa memenuhi kebutuhan hidup penduduk dalam jumlah yang lebih dari cukup (Ariani

& Harini, 2012). Nilai TP sama dengan 1 bermakna daerah itu masih mampu memenuhi secara layak kebutuhan hidup penduduknya. Nilai TP lebih besar dari 1, berarti pada suatu daerah tersebut telah terjadi tekanan penduduk terhadap lahan sehingga sudah tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan hidup penduduknya secara layak (Pambudi *et al.*, 2021; Rusli *et al.*, 2009). Tekanan Penduduk terhadap lahan dihitung dengan rumus Soemarwoto (1985) sebagai berikut:

$$TP = Zx \frac{fPo(1+r)^t}{L}$$

Dimana TP = Tekanan penduduk, Po = Jumlah penduduk tahun awal, L = To (1) wilayah lahan pertanian, Z = Luas lahan minimal tiap petani untuk dapat hidup layak. f = Proporsi petani dalam populasi (%), r = Rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk setiap tahun, t = Rentang waktu dalam tahun.

Luas lahan minimum/minimal tiap petani untuk bisa hidup layak (nilai Z) dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$Z = \frac{(0.25 LSI_2) + (0.25 LSI_1) + (0.5LST) + (0.76LLK)}{(LSI_1 + LSI_2 + LST + LLK)} \quad (2)$$

Dimana Z = Luas lahan minimal tiap petani untuk dapat hidup layak (ha), LST = Luas lahan sawah tadah hujan (ha), LLK = Luas lahan kering (ha), LSI1 = Luas lahan sawah

irigasi 1 kali panen setahun (ha), LSI2 = Luas lahan sawah irigasi dari 2 kali panen setahun (ha).

Nilai proporsi petani dalam populasi (f) didapat dari persamaan yang disampaikan oleh Soemarwoto (1985) yaitu:

$$f = \frac{\text{Jumlah petani}}{\text{Jumlah Penduduk}} \times 100\% \quad (3)$$

Laju pertumbuhan penduduk dihitung dengan persamaan geometrik sebagai berikut:

$$Pt = Po (1+r)^t \quad (4)$$

Dimana r = Laju pertumbuhan penduduk, Pt = Jumlah penduduk pada tahun ke t, t = Jangka waktu, yang dinyatakan dalam tahun, Po = Jumlah penduduk tahun awal.

Hasil perhitungan tingkat tekanan penduduk terhadap lahan ditampilkan dalam Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, tingkat tekanan penduduk terhadap lahan pada Kecamatan Turen, Kecamatan Gondanglegi, dan Kecamatan Dampit menunjukkan bahwa di daerah ini sudah tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan hidup penduduknya secara layak. Sementara itu, kecamatan lainnya dapat dinyatakan belum terjadi tekanan penduduk atau masih bisa memenuhi kebutuhan hidup penduduk dalam jumlah yang lebih dari cukup.

Tabel 1
 Tingkat Tekanan Penduduk Terhadap Lahan

Kecamatan Pada Sub-DAS Lesti	Jumlah Penduduk	Jumlah Petani	Proporsi Petani	Laju Pertumbuhan Penduduk	Luas Lahan Min Hidup Layak	Luas Lahan Pertanian (Ha)	Nilai Tekanan Penduduk	Kriteria
Wajak	74.121	66.292	0,89	1,20	0,19	4.621,481	0,87528	< 1
Turen	107.607	61.445	0,57	1,68	0,16	3.713,927	3,68583	> 1
Tirtoyudo	44.121	28.991	0,66	1,44	0,17	3.029,741	0,86021	< 1
Sumbermanjing Wetan	24.739	15.099	0,61	1,47	0,19	1.548,180	0,55234	< 1
Poncokusumo	26.221	24.460	0,93	1,53	0,17	4.226,381	0,97542	< 1
Pagak	7.683	7.123	0,93	1,49	0,26	1.082,391	0,38289	< 1
Gondanglegi	82.052	57.984	0,70	1,50	0,16	5.444,617	1,95847	> 1
Gedangan	12.032	5.043	0,42	0,19	0,26	1.329,656	0,00001	< 1
Dampit	108.914	89.087	0,82	1,50	0,19	8.361,963	3,61627	> 1
Bululawang	12.282	4.927	0,40	0,72	0,16	209,196	0,00427	< 1
Bantur	20.384	13.051	0,64	0,66	0,26	1.757,160	0,01192	< 1
Ampelgading	14.823	9.084	0,69	1,24	0,16	307,824	0,13464	< 1

Keterangan:

- < 1 = daerah belum terjadi tekanan penduduk atau masih bisa memenuhi kebutuhan hidup penduduk dalam jumlah yang lebih dari cukup
- = 1 = daerah itu masih mampu memenuhi secara layak kebutuhan hidup penduduknya
- > 1 = daerah tersebut telah terjadi tekanan penduduk terhadap lahan sehingga sudah tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan hidup penduduknya secara layak

Hubungan Perilaku Masyarakat dan Tekanan Penduduk terhadap Erosi

Penelitian tentang pengetahuan, sikap, dan perilaku serta keterkaitannya dengan tekanan penduduk telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Analisis terkait tersebut dinilai relevan untuk mengukur kesehatan sebuah DAS dilihat dari aspek sosial dan ekonomi dalam perhitungan erosi berbasis lahan (Cahyo & Yusuf, 2023; Fuady & Indriani, 2020; Silalahi, 2017).

Dalam konsep pengelolaan DAS terpadu, keseimbangan kebijakan infrastruktur, konservasi ekosistem, dan pendekatan kepada masyarakat setempat adalah kunci pembangunan berkelanjutan (Pambudi, 2022). Analisis pengetahuan, sikap dan perilaku di Sub-DAS Lesti adalah bagian dari pendekatan masyarakat yang secara kuantitatif dapat menggunakan

analisis korelasi *bivariate pearson*. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien korelasi yang menggambarkan keeratan hubungan antar variabel. Untuk proses analisis korelasi digunakan perangkat lunak SPSS. Dalam analisis korelasi *bivariate pearson* terdapat 3 cara yang digunakan sebagai dasar pengambil keputusan, yaitu berdasarkan nilai r hitung (*pearson correlations*), berdasarkan nilai *signifikansi sig. (2-tailed)*, dan berdasarkan tanda bintang (*) pada *software* SPSS.

Dalam menentukan kebijakan pada skala DAS, perlu juga menganalisis pengetahuan, sikap, dan perilaku masyarakat setempat sebagai tiga konsep yang penting dalam psikologi dan ilmu sosial. Pengetahuan adalah pemahaman atau informasi yang dimiliki oleh seseorang tentang berbagai topik, fakta, konsep, atau keterampilan tertentu. Ini mencakup semua

informasi yang telah dipelajari dan dipahami oleh individu melalui pengalaman, pendidikan, penelitian, atau interaksi dengan lingkungan sekitar. Sementara itu, sikap adalah predisposisi mental atau evaluasi individu terhadap suatu objek, gagasan, atau situasi. Ini mencerminkan bagaimana seseorang merasa atau memandang sesuatu. Sikap dapat positif, negatif, atau netral, dan mereka dapat berubah seiring waktu berdasarkan pengalaman dan informasi baru. Sikap juga dapat memengaruhi perilaku seseorang. Perilaku adalah tindakan konkret atau respons yang dapat diamati dari individu. Ini mencakup semua tindakan, keputusan, atau respons fisik dan verbal yang dilakukan oleh seseorang dalam berbagai situasi. Perilaku adalah manifestasi dari sikap, nilai, dan pengetahuan seseorang. Hasil analisis *software* SPSS untuk hubungan antara perilaku, sikap dan pengetahuan masyarakat yang ada di lokasi penelitian disampaikan pada Tabel 2.

Tabel 2
 Hubungan antara Variabel Perilaku dengan Variabel Sikap dan Pengetahuan terkait Tingkat Bahaya Erosi

		Pengetahuan	Sikap
Perilaku	<i>Pearson Correlation</i>	.629**	.188**
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	.000	.000
	<i>N</i>	358	358

***. Korelasi signifikan pada tingkat 0,01 (2-tailed).*

Dari hasil analisis pada Tabel 2, didapatkan bahwa ada keterkaitan antara

variabel perilaku dengan variabel pengetahuan dan variabel sikap, dimana pengetahuan akan sejalan dengan perilaku dan sikap. Dalam analisis spasial, yang akan dipakai adalah variabel perilaku karena secara statistik sudah mewakili pengetahuan dan sikap masyarakat.

Analisis selanjutnya dilakukan penilaian terhadap kuesioner yang sudah diisi oleh responden. Jika nilai responden berada di atas nilai tengah maka nilai digolongkan positif, dan jika nilai responden berada di bawah nilai tengah maka digolongkan negatif. Nilai tengah atau median untuk tiap variabel didapatkan data untuk pengetahuan sebesar 50, sikap 60, serta perilaku 80. Proses selanjutnya adalah dibuat rangkuman dalam tabulasi silang dari nilai tiap responden pada tiap kecamatan. Persentase Perolehan Nilai Pengetahuan, Sikap, dan Perilaku Tiap Kecamatan ditampilkan pada Tabel 3.

Dari hasil Tabel 3 tabulasi silang, Kecamatan Poncokusumo, Kecamatan Pagak, Kecamatan Bululawang, dan Kecamatan Ampelgading mendapatkan nilai baik dalam perilaku pengelolaan lahan dengan nilai positif lebih dari 70%. Nilai ini sejalan dengan nilai yang baik pula pada sikap dan pengetahuan terkait pengelolaan lahan. Kecamatan yang mendapatkan nilai

Tabel 3
 Persentase Perolehan Nilai Pengetahuan, Sikap, dan Perilaku Tiap Kecamatan

Kecamatan	n	Pengetahuan		Sikap		Perilaku		Ket.
		Negatif	Positif	Negatif	Positif	Negatif	Positif	
Wajak	30	18 (60%)	12 (40%)	12 (40%)	18 (60%)	21 (70%)	9 (30%)	-
Turen	31	19 (61%)	12 (39%)	11 (35%)	20 (65%)	16 (52%)	15 (48%)	-
Tirtoyudo	30	8 (27%)	22 (73%)	15 (50%)	15 (50%)	21 (70%)	9 (30%)	-
Sumbermanjing Wetan	31	25 (81%)	6 (19%)	21 (68%)	10 (32%)	17 (55%)	14 (45%)	-
Poncokusumo	26	4 (15%)	22 (85%)	0 (0%)	26 (100%)	2 (8%)	24 (92%)	+
Pagak	25	10 (40%)	15 (60%)	7 (28%)	18 (72%)	7 (28%)	18 (72%)	-
Gondanglegi	30	14 (47%)	16 (53%)	10 (33%)	20 (67%)	20 (67%)	10 (33%)	-
Gedangan	31	22 (71%)	9 (29%)	18 (58%)	13 (42%)	18 (58%)	13 (42%)	-
Dampit	31	29 (94%)	2 (6%)	31 (100%)	0 (0%)	28 (90%)	3 (10%)	-
Bululawang	30	0 (0%)	30 (100%)	1 (3%)	29 (97%)	1 (3%)	29 (97%)	+
Bantur	31	25 (81%)	6 (19%)	12 (39%)	19 (61%)	17 (55%)	14 (45%)	-
Ampelgading	32	1 (3%)	31 (97%)	1 (3%)	31 (97%)	2 (6%)	30 (94%)	+
Total	358	175 (49%)	183 (51%)	139 (39%)	219 (61%)	170 (47%)	188 (53%)	

Ket : + Kecamatan dengan kualifikasi positif pada variabel perilaku lebih dari 50%
 - Kecamatan dengan kualifikasi negatif pada variabel perilaku lebih dari 50%
 n: jumlah sampel

kurang untuk variabel perilaku dengan nilai negatif (-), yaitu Kecamatan Wajak, Turen, Tirtoyudo, Sumbermanjing Wetan, Gondanglegi, Gedangan, Dampit dan Bantur. Kecamatan dengan nilai kurang bagus dalam pengetahuan juga cenderung kurang dalam sikap dan perilaku.

Dalam konteks ilmu lingkungan, hasil analisis ini menunjukkan ada keterkaitan antara pemahaman, pengelolaan, dan pelestarian lingkungan alam yang berhubungan dengan kesejahteraan manusia dan kelangsungan ekosistem. Berbasis hasil analisis secara statistik dan spasial, didapatkan keterkaitan antara perilaku masyarakat dengan tata guna lahan yang ada saat ini di Sub-DAS Lesti. *Overlay* peta spasial perilaku dengan penggunaan lahan didapatkan hasil analisis bahwa pada kecamatan yang didominasi nilai negatif cenderung memiliki penggunaan lahan yang

berpotensi rawan erosi, yaitu lahan terbuka atau semi terbuka seperti permukiman, sawah, pertanian lahan kering campuran, pertanian lahan kering serta tanah terbuka. Ada korelasi antara erosi dengan pengetahuan, sikap dan perilaku masyarakat dalam bentuk tekanan penduduk (aspek ekonomi) dan pola penggunaan lahan (aspek sosial).

Untuk perhitungan erosi, diperlukan analisis hidrologi berdasarkan deliniasi DAS menggunakan perangkat lunak *ArcGIS*. Deliniasi diawali dengan mengubah peta kontur menjadi DEM, selanjutnya menentukan arah aliran, akumulasi aliran, pendefinisian jaringan sungai secara sintetik, menentukan *outlet*, kemudian yang terakhir pendefinisian DAS dan perhitungan parameter DAS. *Outlet* suatu DAS mempengaruhi luas dan bentuk dari DAS. Sub-DAS Lesti mempunyai luas

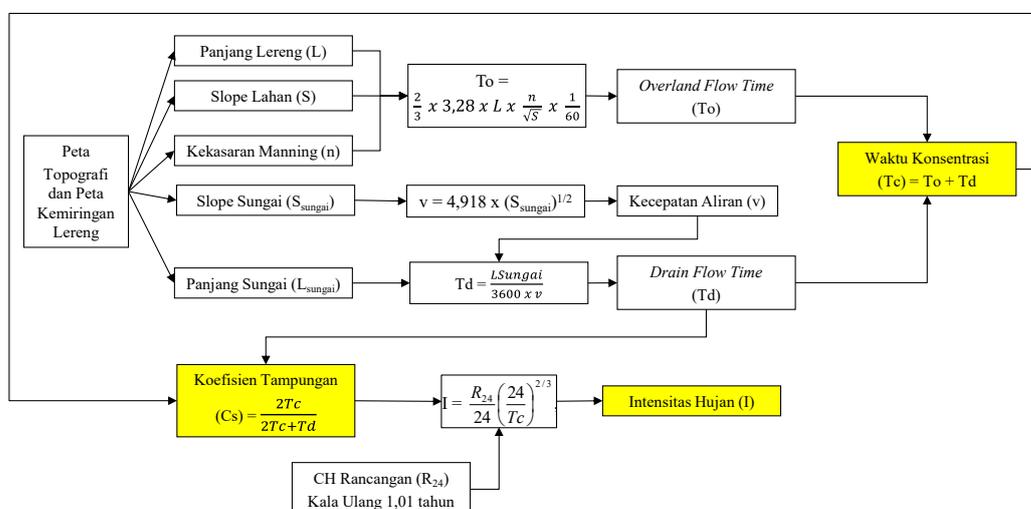
sebesar 64.740,84 ha dan secara administratif terletak pada Kabupaten Malang. Lokasi penelitian terdiri atas 12 wilayah kecamatan yaitu kecamatan Wajak, Turen, Tirtoyudo, Sumbermanjing Wetan, Poncokusumo, Pagak, Gondanglegi, Gedangan, Dampit, Bululawang, Bantur dan Ampelgading. Batasan wilayah penelitian dari Kecamatan Poncokusumo yang merupakan hulu Sungai Lesti sampai outlet di Bendungan Sengguruh.

Berdasarkan pengujian konsistensi data hujan menggunakan metode lengkung massa ganda, didapatkan bahwa data hujan yang ada dapat digunakan untuk analisis selanjutnya. Untuk mendapatkan curah hujan rerata daerah, digunakan metode *Poligon Thiessen*. Untuk memperoleh peta sebaran stasiun hujan di Sub-DAS Lesti, digunakan perangkat lunak *ArcGIS 10.3* dengan memasukkan koordinat dari 4

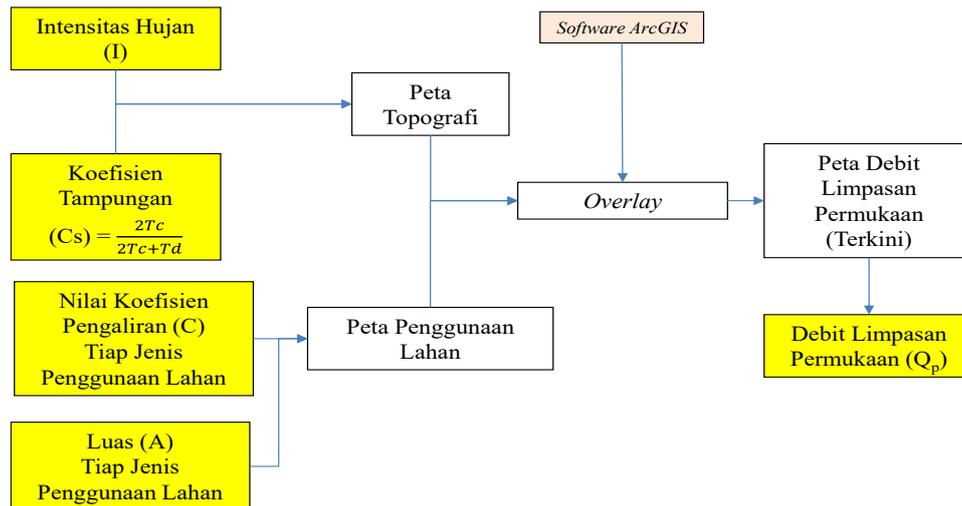
stasiun hujan. Selanjutnya dibuat *Poligon Thiessen* melalui *assign proximity* menggunakan peta stasiun hujan Sub-DAS Lesti sebagai batasan daerah pengaruh. Dari hasil analisis, didapatkan luas pengaruh sebagai berikut: Stasiun Hujan Turen dalam *Poligon Thiessen* adalah sebesar 26.496,837 Ha (40,93%); Stasiun Dampit 23.731,127 Ha (36,67%); Stasiun Poncokusumo 13.257,853 Ha (20,48%) dan Stasiun Tajinan 1.255,021 Ha (1,94%).

Langkah selanjutnya dalam analisis hidrologi untuk memprediksi erosi di Sub-DAS Lesti adalah melakukan perhitungan curah hujan rancangan, yaitu curah hujan terbesar yang kemungkinan terjadi pada suatu daerah dengan peluang tertentu. Dalam penelitian ini digunakan metode *Log Pearson Type III*.

Untuk menentukan kala ulang (T_r), dilakukan perhitungan dengan mengambil



Gambar 1. Skema Analisis Waktu Konsentrasi, Koefisien Tampung dan Intensitas Hujan
 Sumber: Diolah dari Kindu *et al.*, 2018; Utomo, 1994; Soemarto, 1987



Gambar 2. Skema Analisis Perhitungan Debit Limpasan Permukaan.
Sumber: Diolah dari Kindu *et al.*, 2018; Utomo, 1994; Soemarto, 1987

berbagai peluang yang diinginkan dengan persamaan $Tr = (1/\text{peluang}) \times 100\%$. Dengan asumsi tidak ada peluang pasti 100% maka dalam analisis ini akan digunakan kala ulang dengan peluang terbesar yaitu 99%, sehingga didapatkan kala ulang sebesar 1,01 tahun. Secara umum skema analisis waktu konsentrasi, koefisien tampungan dan intensitas hujan ditampilkan pada Gambar 1.

Perhitungan debit limpasan (Q_p) diperlukan untuk analisis erosivitas limpasan permukaan (R_w) yang selanjutnya dipergunakan untuk pendugaan erosi menggunakan metode *MUSLE*. Berikut tahapan untuk memperoleh data debit limpasan: 1) Menentukan koefisien pengaliran; 2) Menentukan waktu konsentrasi, koefisien tampungan dan juga intensitas hujan; 3) Menghitung debit limpasan serta digambarkan dalam bentuk

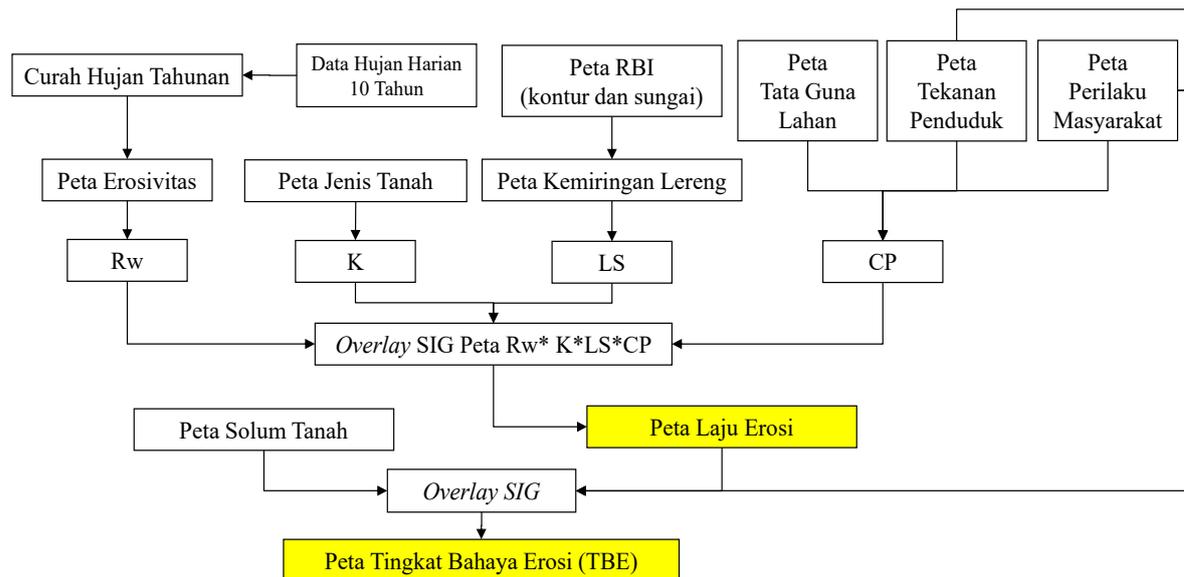
peta sebaran debit limpasan permukaan dalam berbagai kala ulang.

Langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan debit limpasan melalui *overlay* dari analisis *geoprocessing* menggunakan perangkat lunak *ArcGIS* untuk menentukan debit limpasan. Skema Analisis Perhitungan Debit Limpasan Permukaan ditampilkan dalam Gambar 2.

Perhitungan persamaan debit limpasan menggunakan rumus rasional modifikasi yaitu:

$$Q = 0,00278 \cdot C_s \cdot C \cdot I \cdot A \quad (5)$$

Nilai C (koefisien limpasan permukaan/pengaliran) yang besar mengindikasikan terjadinya limpasan permukaan yang besar pada lahan tersebut. Hal ini mengindikasikan rusaknya kondisi penggunaan lahan serta tata air pada lahan tersebut. Sebaliknya, nilai C yang kecil mengindikasikan bahwa limpasan permukaan yang terjadi pada lahan tersebut



Gambar 3. Alur Analisis Laju Erosi dan Tingkat Bahaya Erosi di Sub-DAS Lesti
 Sumber: Diolah dari Kindu *et al.*, 2018; Arsyad, 2006; Utomo, 1994; Soemarto, 1987; Soemarwoto, 1985

juga kecil. Jumlah limpasan yang kecil karena banyak air yang meresap ke dalam tanah, sehingga menjadi imbuhan (*recharge*) yang besar terhadap air tanah.

Dalam menghitung laju erosi, digunakan rumus metode *MUSLE* (*Modify Universal Soil Loss Equation*)

$$A = R_w \times K \times LS \times CP \quad (6)$$

Dimana : $R_w = 9,05 (V_o \times Q_p)^{0,56}$

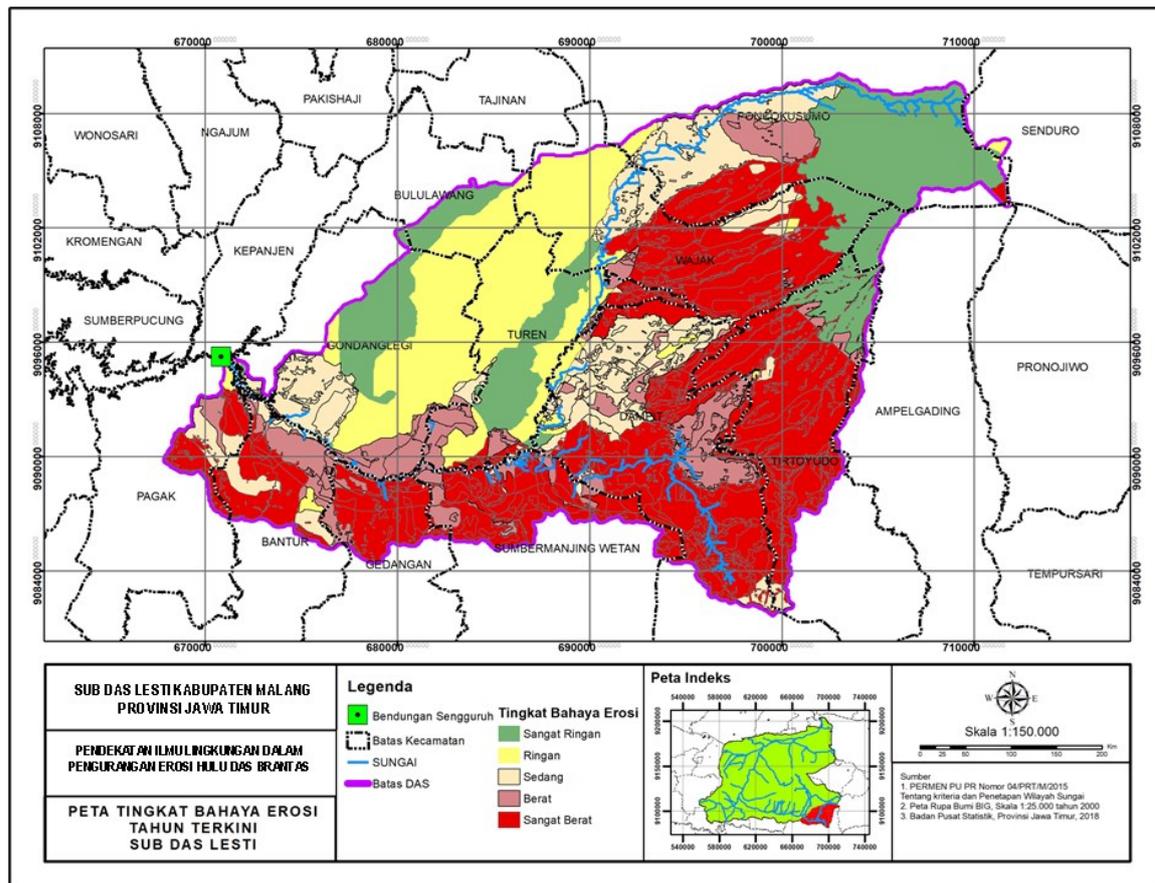
Keterangan A = Laju Erosi (ton/ha/tahun), R_w = Indeks erosivitas limpasan permukaan (*run-off*), K = Faktor erodibilitas tanah, LS = Faktor kemiringan lereng, CP = Faktor penggunaan lahan dan pengolahan tanah, V_o = Volume limpasan permukaan (m^3).

Sementara itu, untuk mendapat area dengan tingkat bahaya erosi (TBE) tertentu dilakukan melalui *overlay* antara peta laju

erosi dan peta solum tanah. Alur analisis ini ditampilkan pada Gambar 3.

Berdasar hasil perhitungan yang dilakukan, penulis yang menyatakan laju erosi terkini sebesar 153,868 ton/ha/tahun, yang berarti dapat dikatakan bahwa selalu terjadi peningkatan laju erosi di Sub-DAS Lesti pada 14 tahun terakhir sehingga diperlukan penanganan konservasi yang lebih baik. Selain itu, hasil analisis juga menunjukkan nilai ini melebihi laju erosi yang dapat ditoleransi yaitu sebesar 30 ton/ha/tahun.

Perhitungan laju erosi pada Sub-DAS Lesti digunakan sebagai dasar mendapatkan luasan dan informasi Kategori Tingkat Bahaya Erosi (TBE). Nilai TBE memperkirakan kehilangan tanah maksimum yang akan terjadi pada suatu lahan (Utomo,



Gambar 4. Peta TBE Terkini Sub-DAS Lesti
 Sumber: Hasil Analisis, 2023

1994; Suresh, 1993). Secara spasial, peta TBE memudahkan melihat kondisi wilayah tertentu sebagai wilayah prioritas konservasi. Peta TBE diperoleh dengan melalui *overlay* antara peta laju erosi terkini, peta perilaku dan peta tekanan penduduk dengan peta solum tanah yang ada di Sub-DAS Lesti.

Beberapa kecamatan yang diidentifikasi memiliki luasan Tingkat Bahaya Erosi (TBE) tertinggi yang ditandai dengan warna merah pada gambar 4 adalah di Kecamatan Wajak, Tirtoyudo, Dampit, Sumbermanjing Wetan, Gedangan dan

Kecamatan Bantur. Secara spasial Peta TBE Sub-DAS Lesti ditampilkan pada Gambar 4.

Strategi Konservasi Sub-DAS Lesti

Analisis kualitatif dan kuantitatif melalui teknik *overlay* dalam konsep Sistem Informasi Geografis mengacu pada 3 peta beserta atributnya, yaitu Peta Tingkat Bahaya Erosi (TBE), Peta Tekanan Penduduk Terhadap Lahan tiap kecamatan serta Peta Perilaku Masyarakat tiap kecamatan di Sub-DAS Lesti. Pemberian rekomendasi juga mempertimbangkan

Tabel 4
 Strategi Konservasi DAS pada 6 Kecamatan Prioritas

Kecamatan	Arahan Konservasi DAS Berwawasan Lingkungan	Penggunaan Lahan Terkini yang Dominan
Wajak	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada penggunaan lahan sawah dan pemukiman disarankan untuk melakukan tindakan konservasi berupa penyuluhan dan penegakan hukum, serta pemberdayaan masyarakat untuk meningkatkan kapasitas dan kemandirian masyarakat melalui pemberian akses terhadap pendidikan, pelatihan dan sumberdaya. 2. Pada kawasan pertanian lahan kering serta hutan tanaman disarankan melakukan kegiatan konservasi konservasi secara agronomis dengan menggunakan vegetasi penutup tanaman kayu, perdu, rumput-rumputan dan vegetasi penutup lainnya. 	Sawah, Pertanian Lahan Kering, Pemukiman, Hutan Tanaman
Tirtoyudo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada penggunaan lahan didominasi lahan pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campur, pemukiman dan perkebunan disarankan untuk melakukan tindakan konservasi berupa penyuluhan dan penegakan hukum, serta pemberdayaan masyarakat untuk meningkatkan kapasitas dan kemandirian masyarakat melalui pemberian akses terhadap pendidikan, pelatihan dan sumberdaya. 2. Pada kawasan yang sudah berupa hutan tanaman disarankan untuk dibiarkan alamai tanpa intervensi karena sudah sesuai dengan kaidah konservasi berwawasan lingkungan. 	Pertanian lahan Kering Campur, Pemukiman, Perkebunan, Pertanian Lahan Kering, Hutan Tanaman
Dampit	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada penggunaan lahan didominasi lahan pemukiman, pertanian lahan kering campur, pertanian lahan kering, sawah memiliki tingkat bahaya erosi sangat berat dengan tekanan penduduk besar dan perilaku negatif disarankan untuk dilakukan relokasi penduduk secara bertahap. 2. Pada sebagian wilayah skala tertentu dapat disarankan upaya pemberian pendidikan penyadaran lingkungan dan pembangunan sipil teknis dalam bentuk pembuatan teras guludan yang dilengkapi dengan saluran air dan perkuatan rumput pada bagian lereng atasnya. 	Pemukiman, Pertanian Lahan Kering Campur, Pertanian Lahan Kering, Sawah
Sumbermanjing Wetan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada penggunaan lahan didominasi lahan pertanian lahan kering campur dan pemukiman disarankan untuk melakukan tindakan konservasi berupa penyuluhan dan penegakan hukum, serta pemberdayaan masyarakat untuk meningkatkan kapasitas dan kemandirian masyarakat melalui pemberian akses terhadap pendidikan, pelatihan dan sumberdaya.. 2. Sementara itu pada wilayah tertentu yang memiliki penggunaan lahan berupa hutan tanaman dapat dilakukan upaya konservasi secara agronomis untuk menahan laju run-off lebih rendah lagi dengan menggunakan vegetasi penutup tanaman kayu, perdu, rumput-rumputan dan vegetasi penutup lainnya. 	Pertanian Lahan Kering Campur, Pemukiman, Hutan Tanaman
Gedangan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada penggunaan lahan didominasi lahan pertanian lahan kering campur, pemukiman, sawah disarankan untuk melakukan tindakan konservasi berupa penyuluhan dan penegakan hukum, serta pemberdayaan masyarakat untuk meningkatkan kapasitas dan kemandirian masyarakat melalui pemberian akses terhadap pendidikan, pelatihan dan sumberdaya.. 2. Pada wilayah tertentu yang memiliki tingkat bahaya erosi sangat berat dengan tekanan penduduk besar dan perilaku negatif disarankan untuk dilakukan relokasi penduduk skala kecil. 	Pertanian lahan Kering Campur, Pemukiman, Sawah

Kecamatan	Arahan Konservasi DAS Berwawasan Lingkungan	Penggunaan Lahan Terkini yang Dominan
Bantur	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada penggunaan lahan didominasi lahan pertanian lahan kering campur, pemukiman, hutan tanaman disarankan untuk melakukan tindakan konservasi berupa penyuluhan dan penegakan hukum, serta pemberdayaan masyarakat untuk meningkatkan kapasitas dan kemandirian masyarakat melalui pemberian akses terhadap pendidikan, pelatihan dan sumberdaya. 2. Pada wilayah tertentu yang memiliki tingkat bahaya erosi sangat berat dengan tekanan penduduk besar dan perilaku negatif disarankan untuk dilakukan relokasi penduduk skala kecil. 	Pertanian Lahan Kering Campur, Pemukiman, Hutan Tanaman

sesuai kondisi lapangan. Selain pada 6 kecamatan prioritas, diberikan juga arahan konservasi berwawasan lingkungan pada 6 kecamatan lain yang memiliki Tingkat Bahaya Erosi (TBE) lebih rendah dengan tetap memperhatikan penggunaan lahan yang ada. Tindakan konservasi disarankan terhadap 6 kecamatan prioritas melalui penerapan konservasi tanah dan air, baik secara vegetatif dan sipil teknis (lingkungan), edukasi lingkungan (sosial) dan pemberdayaan ekonomi masyarakat (ekonomi). Strategi konservasi DAS pada 6 kecamatan prioritas ditampilkan dalam Tabel 4.

Pada kecamatan-kecamatan yang memiliki nilai tekanan penduduk >1 dan perilaku negatif secara umum berbanding lurus dengan kondisi penggunaan lahan rentan erosi maupun lahan-lahan dengan nilai koefisien limpasan tinggi seperti pemukiman, sawah lahan kering maupun lahan terbuka. Pada kecamatan dengan tekanan penduduk rendah dan perilaku positif ditandai dengan penggunaan lahan

tertutup vegetasi seperti hutan tanaman dan pertanian campuran yang secara teori konservasi DAS sangat baik meredam laju erosi. Strategi konservasi yang diperlukan disesuaikan dengan kondisi kerentanan erosi atau tingkat bahaya erosi, tekanan penduduk terhadap lahan serta perilaku masyarakat yang ada di lokasi tersebut dengan perhatian utama pada 6 kecamatan prioritas.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Simpulan

Berbasis hasil analisis, baik secara spasial, statistik maupun numerik yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut: 1) Ada korelasi antara erosi dengan pengetahuan, sikap dan perilaku masyarakat dalam bentuk tekanan penduduk (aspek ekonomi) dan pola penggunaan lahan (aspek sosial); 2) Pada Sub-DAS Lesti, ada hubungan antara perilaku masyarakat dan tekanan penduduk terhadap penggunaan lahan sehingga berdampak kerentanan erosi. Laju erosi terkini dalam setiap ha lahan (laju erosi rata-

rata) di Sub-DAS Lesti sebesar 153,868 ton/ha/tahun. Hasil ini melampaui laju erosi yang dapat ditoleransi di yaitu sebesar 30 ton/ha/tahun; 3) Pada kecamatan-kecamatan yang memiliki nilai tekanan penduduk >1 dan perilaku negatif secara umum berbanding lurus dengan kondisi penggunaan lahan rentan erosi maupun lahan-lahan dengan nilai koefisien limpasan tinggi seperti pemukiman, sawah lahan kering maupun lahan terbuka. Pada kecamatan dengan tekanan penduduk rendah dan perilaku positif ditandai dengan penggunaan lahan tertutup vegetasi seperti hutan tanaman dan pertanian campuran yang secara teori konservasi DAS sangat baik meredam laju erosi.

Rekomendasi

Secara spesifik dan operasional, beberapa saran/rekomendasi dapat diberikan, baik per wilayah prioritas konservasi, maupun rekomendasi umum dari sudut pandang ilmu lingkungan.

1. Penerapan kebijakan konservasi berbasis ilmu lingkungan disarankan memperhatikan kondisi pengetahuan, sikap dan perilaku masyarakat dalam bentuk tekanan penduduk (aspek ekonomi) dan pola penggunaan lahan (aspek sosial).
2. Penerapan upaya meredam laju erosi secara umum skala DAS dilakukan melalui kebijakan yang efisien dengan

melibatkan masyarakat dan kearifan lokalnya melalui konservasi secara sipil teknis, agronomi, maupun vegetatif dan upaya lainnya di hulu DAS.

3. Strategi konservasi Sub-DAS Lesti disarankan dilakukan pada 6 kecamatan prioritas yang rentan erosi, khususnya Kecamatan Wajak, Kecamatan Tirtoyudo, Kecamatan Dampit, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kecamatan Gedangan, dan Kecamatan Bantur melalui tindakan konservasi berupa penyuluhan dan penegakan hukum, serta pemberdayaan masyarakat untuk meningkatkan kapasitas dan kemandirian masyarakat melalui pemberian akses terhadap pendidikan, pelatihan dan sumberdaya, termasuk relokasi penduduk skala kecil jika diperlukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepada pihak-pihak yang membantu dalam penelitian ini dari Universitas Indonesia, Universitas Brawijaya dan Kementerian Teknis terkait.

DAFTAR PUSTAKA

Anache, J. A. A., Flanagan, D. C., Srivastava, A., & Wendland, E. C. (2018). Land use and climate change impacts on runoff and soil erosion at the hillslope scale in the Brazilian

- Cerrado. *Science of The Total Environment*, 622-623, 140–151. <https://doi.org/10.1016/j.scitoten.v.2017.11.257>
- Ariani, R.D., & Harini, R. (2012). Tekanan Penduduk Terhadap Lahan Pertanian Di Kawasan Pertanian (Kasus Kecamatan Minggir Dan Moyudan). *Jurnal Bumi Indonesia*, 1(3), 1-8.
- Arsyad, S. (2006). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Edisi Kelima (Revisi)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Bappenas. (2015). *Kajian Pengaruh Kebijakan Konservasi Sumber Daya Air di dalam DAS Terhadap Sektor Kehutanan dan Sektor lainnya*. Jakarta: Bappenas.
- Bellfield, B., Leggett, M., Trivedi, M., Pareira, J., Gangga, A. (2016). *How Can Indonesia Achieve Water, Energy and Food Security?*. Jakarta: WCS and Global Canopy Programme.
- Bisri, M., Limantara, L. M., Prasetyorini, L., & Chasanawati, D. (2017). Application of the Kineros model for predicting the effect of land use on the surface run-off Case study in Brantas sub-watershed, Klojen District, Malang City, East Java Province of Indonesia. *Journal of Water and Land Development*, 35(1), 3–9. <https://doi.org/10.1515/jwld-2017-0062>
- Cahyo, S. N., & Yusuf, D. N. (2023). Analisis Spasial Tekanan Penduduk Terhadap Lahan Pertanian di Daerah Aliran Sungai Laeya Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Perencanaan Wilayah*, 8(1), 44-55. <https://doi.org/10.33772/jpw.v8i1.367>
- Common, M. & Stagl, S. (2005). *Ecological Economic: An Introduction*. New York: Cambridge University Press.
- Creswell, J.W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Los Angeles: SAGE Publications
- Djajasinga, V., Masrevaniah, A., & Juwono, P. T. (2013). Kajian Ekonomi Penanganan Sedimen Pada Waduk Seri Di Sungai Brantas (Sengguruh, Sutami Dan Wlingi). *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 3(2), pp.143–152. Retrieved from <https://jurnalpengairan.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/159>
- Euler, J., & Heldt, S. (2018). From information to participation and self-organization: Visions for European river basin management. *Science of The Total Environment*, 621, 905–914. <https://doi.org/10.1016/j.scitoten.v.2017.11.072>
- Fuady, I., Prasanti, D., & Indriani, S. S. (2020). Penerapan teori plan behavior: faktor yang mempengaruhi niat perilaku hidup bersih dan sehat. *Jurnal Berkala Kesehatan*, 6(1), 24-30.
- GoI. (2014a). *Peraturan Presiden No. 2 Tahun 2015 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional Tahun 2015 – 2019*. Jakarta: Pemerintah Indonesia (Government of Indonesia)
- GoI. (2014b). *Undang-undang Nomor 37 Tahun 2014 tentang Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta: Pemerintah Indonesia (Government of Indonesia)
- Hardjowigeno S. (1995). *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Jeloudar, F. T., Sepanlou, M.G., Emadi, S.M. (2018). Impact of land use change on soil erodibility. *Global Journal Environment Science Manage.*, 4(1): 59-70. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2018.04.01.006>
- Kindu, M., Schneider, T., Döllner, M., Teketay, D., & Knoke, T.

- (2018). Scenario modelling of land use/land cover changes in Munessa-Shashemene landscape of the Ethiopian highlands. *Science of The Total Environment*, 622-623, 534–546. <https://doi.org/10.1016/j.scitoten.v.2017.11.338>
- Mas, S.R., Sukung, A., & Haris, I. (2021). Asistensi dan Edukasi Penerapan Keseimbangan Tiga Dimensi Pembangunan Berkelanjutan (Lingkungan, Sosial dan Ekonomi) dalam Mendukung Pencapaian SDGs Desa. *J-ABDI: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2), 87–98. <https://doi.org/10.53625/jabdi.v1i2.45>
- Maulana, R., Halim, I., Salmande, A., & Hakim, A. (2023). Analisis Kesiapan Masyarakat Desa dalam Mengembangkan Wisata Bendungan Lama Pamarayan Kabupaten Serang. *Jurnal Kebijakan Pembangunan Daerah*, 7(1), 32 - 47. <https://doi.org/https://doi.org/10.56945/jkpd.v7i1.208>
- Ma'wa, J., Andawayanti, U., & Juwono, P.T. (2015). Studi Pendugaan Sisa Usia Guna Waduk Sengguruh dengan Pendekatan Erosi dan Sedimentasi. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*
- Nabi, G., Hussain, F., Wu, R.-S., Nangia, V., Bibi, R., and Majid, A. (2017). Optimizing micro watershed management for soil erosion control under various slope gradient and vegetation cover conditions using SWAT modeling. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/hess-2017-532>.
- Pambudi, A.S., & Kusumanto, T. (2023). Water Resources Governance in Indonesia Towards Environmental Sustainability Along with Social and Economic Development. In: *Triyanti, A., Indrawan, M., Nurhidayah, L., Marfai, M.A. (eds) Environmental Governance in Indonesia. Environment & Policy*, vol 61. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15904-6_16
- Pambudi, A.S. (2022). Balancing infrastructure, ecosystem conservation, and community approaches on integrated development planning of Citarum Watershed. *Indonesian Journal of Applied Environmental Studies (InJAST)*, 3(1), 34-41. <https://doi.org/10.33751/injast.v3i1.4209>
- Pambudi, A. S., Moersidik, S.S. & Karuniasa, M. (2021). Analysis of Recent Erosion Hazard Levels and Conservation Policy Recommendations for Lesti Subwatershed, Upper Brantas Watershed. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*, 5(1), 71-93. <https://doi.org/10.36574/jpp.v5i1.167>
- Pambudi, A. S. (2021). Watershed Approach of Integrated Water Resources Conservation in Indonesia. *Academia Letters, Article 3225*. <https://doi.org/10.20935/AL3225>
- Pambudi, A. S., & Moersidik, S. S. (2019). Conservation direction based on estimation of erosion in Lesti sub-watershed, Malang District. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 399(1), [012097]. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/399/1/012097>
- Pambudi, A.S. (2019). Watershed Management in Indonesia: A Regulation, Institution, and Policy Review. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*, 3(2), 185-202. <https://doi.org/10.36574/jpp.v3i2.74>
- Silalahi, B. (2017). Pengaruh Pengetahuan

- tentang Sampah dan Ketersediaan Sarana Prasarana terhadap Perilaku Ibu Membuang Sampah yang Berpotensi Bencana Banjir di Daerah Aliran Sungai Deli Kota Medan. *Jurnal Ilmiah Keperawatan IMELDA*, 3(1), 43-52. Retrieved <https://jurnal.uimedan.ac.id/index.php/jurnalkeperawatan/article/view/256>
- Reddy, V.R., Saharawat, Y. S., & George, B. (2017). Watershed management in South Asia: A synoptic review. *Journal of Hydrology*, 551, 4–13. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.05.043>
- Rusli, S., Widono, S., & Indriana, H. (2009). Tekanan Penduduk, Overshoot Ekologi Pulau Jawa, dan Masa Pemulihannya. *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*, 3(1), 77-112. <https://doi.org/10.22500/sodality.v3i1.5871>
- Setyono, E., & Prasetyo, B. (2012). Analisis Tingkat Bahaya Erosi Pada Sub-DAS Lesti Kabupaten Malang Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Media Teknik Sipil*, 10 (2), 114 – 127. <https://doi.org/10.22219/jmts.v10i2.1786>
- Soemarwoto, O. (1985). *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta: Jambatan.
- Soemarto, C.D. (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Penerbit Usaha Nasional.
- Suresh, R. (1993). *Soil and Water Conservation Engineering*. Nem Chand Jain, Delhi: Standard Publisher Distributors Nai Sarak
- Utomo, W.H. (1994). *Erosi dan Konservasi Tanah*. Malang: IKIP
- Yupi, H.M. (2006). *Studi Model WEPP (Water Erosion Prediction Project) dalam Upaya Pengaturan Fungsi Kawasan Pada Sub-DAS Lesti Berbasis Sistem Informasi Geografi (SIG)*. Tesis. Malang: Universitas Brawijaya