

**PENGARUH PENGETAHUAN, SIKAP DAN PERILAKU MASYARAKAT
TERHADAP ARAHAN KONSERVASI SUB DAS LESTI,
KABUPATEN MALANG**

***INFLUENCE OF COMMUNITY KNOWLEDGE, ATTITUDE,
AND BEHAVIOR ON CONSERVATION DIRECTIVES
FOR LESTI SUB-WATERSHED, MALANG REGENCY***

Andi Setyo Pambudi

Fungsional Perencana Ahli Madya,
Direktorat Pemantauan, Evaluasi dan Pengendalian Pembangunan Daerah,
Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas)
Gedung Bappenas Lantai 9, Jl. H.R. Rasuna Said, RT. 10 RW. 07,
Kuningan, Setia Budi, Kota Jakarta Selatan
Email: andi.pambudi@bappenas.go.id

Diserahkan : 14/08/2023; Diperbaiki : 04/10/2023; Disetujui: 13/10/2023
DOI : 10.47441/jkp.v18i2.338

Abstrak

Kesehatan Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas di bagian hulu bernilai krusial bagi upaya konservasi dan pencegahan bencana di wilayah hilirnya. Kesehatan DAS ini diukur dari kerusakan hulu yang berdampak pada keadaan di bawahnya seperti sedimentasi yang mempengaruhi usia guna Waduk Sengguruh pada Kawasan Sub DAS Lesti. Dampak negatif sedimentasi waduk ini mengganggu perannya dalam pasokan air untuk irigasi, pengendalian banjir, dan pasokan listrik di Provinsi Jawa Timur. Oleh karena itu, penelitian terkait laju erosi yang mempengaruhi sedimentasi di Kawasan Sub DAS Lesti menjadi menarik diulas dalam kaitannya dengan pengaruh terhadap upaya konservasi yang diperlukan pada skala wilayah administrasi dalam lingkup DAS/Sub DAS. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi laju dan tingkat bahaya erosi, menganalisis aspek sosial, dan faktor-faktor penting di wilayah Sub DAS Lesti sebagai masukan arahan konservasi berwawasan lingkungan. Metode penelitian yang digunakan adalah *mixed methods* dengan kuantitatif melalui perhitungan *Modify Universal Soil Loss Equation* (MUSLE). Metode kualitatif melibatkan kuisisioner dan wawancara di kawasan Sub DAS Lesti. Hasil penelitian menunjukkan laju erosi rata-rata di Sub DAS Lesti adalah 153,868 ton/ha/tahun (melebihi laju erosi yang dapat ditoleransi yaitu 30 ton/ha/tahun). Penelitian juga menunjukkan ada keterkaitan antara erosi dengan pengetahuan, sikap dan perilaku masyarakat yang jika dikaitkan dengan tekanan penduduk dan pola penggunaan lahan akan berdampak pada erosi. Berbasis analisis lebih lanjut, dari 12 kecamatan di DAS Lesti, sebanyak 6 kecamatan diidentifikasi memiliki tingkat bahaya erosi tinggi (zona merah) sehingga upaya konservasi direkomendasikan untuk fokus pada 6 kecamatan ini dari 12 kecamatan yang ada di lingkup Sub DAS Lesti.

Kata Kunci: Konservasi, Erosi, MUSLE, Perilaku Masyarakat

Abstract

The health of the Brantas Watershed upstream, which impacts the conditions below it, such as sedimentation, is crucial for conservation efforts and disaster prevention in the downstream area. The negative impact of sedimentation of this reservoir disrupts its role in water supply for irrigation, flood control, and most of the hydroelectric power in East Java. This study aims to predict the rate and level of erosion in terms of hydrology, social, and essential factors in the Lesti Sub-watershed area as input for environmental conservation guidelines. The research uses mixed methods with quantitative calculations using the Modify Universal Soil Loss Equation. The results showed that the average

erosion rate per hectare of land was 153,868 tons/ha/year (exceeding the tolerable erosion rate of 30 tons/ha/year). The research also showed that population pressure and land use patterns will impact erosion. Based on further analysis, 6 out of the 12 sub-districts in the Lesti watershed were identified as having a high erosion hazard level. Thus, conservation efforts should focus on these 6 sub-districts within the Lesti sub-watershed.

Keywords: *Conservation, Erosion, MUSLE, Community Behavior*

PENDAHULUAN

Kesehatan Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas di bagian hulu bernilai krusial bagi upaya konservasi dan pencegahan bencana di wilayah hilirnya. Erosi pada skala DAS dapat menyebabkan kehilangan lapisan tanah yang subur. Lapisan tanah yang hilang mengurangi kesuburan tanah dan dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Hal-hal ini dapat mengurangi produktivitas lahan dan potensi pertanian di hulu sungai. Menganalisis erosi dan sedimentasi tidak bisa dilepaskan dari batas hidrologi DAS (Anache *et al.*, 2018; Bisri *et al.*, 2017; Asdak, 2010). Daerah Aliran Sungai yang dimaksud digambarkan sebagai tempat tinggal atau wadah hidrologis aktivitas ekonomi yang berbasis lingkungan (Common & Stagl 2005; Miller & Spoolman 2015; Reddy *et al.*, 2017). Wilayah DAS sering digunakan sebagai unit biofisik dan sosio-ekonomi atau politik untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya alam (Pambudi, 2019; Heathcote, 1998).

Dengan mengurangi erosi DAS, upaya konservasi hulu dapat lebih berhasil dalam memelihara ekosistem alami, kualitas air, dan lingkungan yang berkelanjutan di wilayah hulu sungai. Perubahan iklim global, meningkatnya jumlah penduduk dan intensitas kegiatan ekonomi mempercepat perubahan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS) yang mempengaruhi erosi dimana kerusakannya seringkali disebabkan kesalahan pengelolaan di hulu, seperti penambahan lahan kawasan budidaya dan pemukiman (Purwanto *et al.*, 2020; Bellfield *et al.*, 2015; Kindu *et al.*, 2017; Euler *et al.*, 2018).

Pentingnya pemulihan kondisi DAS disikapi pemerintah melalui Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019 dan 2020-2024 (GoI, 2014a). Dalam dokumen tersebut, telah ditetapkan 15 DAS prioritas yang akan dipulihkan dimana salah satunya adalah DAS Brantas (Bappenas, 2015). Salah satu hulu DAS Brantas adalah Sub DAS Lesti. 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 Prasetyo pada tahun 2012 menyatakan bahwa bahwa laju erosi rata-rata dalam setiap hektar lahan di sub DAS Lesti adalah 105,763 ton/ha/tahun. Sementara itu, kajian Ma'wa *et al.* (2015) mendapatkan hasil laju erosi rata-rata/hektar sebesar 131,098 ton/ha/tahun. Laju erosi tersebut perlu untuk diturunkan dan dikendalikan sesuai dengan ketentuan sehingga memerlukan studi lanjutan.

Wischmeier dan Smith (1978) dalam Arsyad (2006) 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.

Idealnya, data erosi pada DAS harus diperbaharui secara berkala agar kebijakan penanganannya dapat sesuai dengan kondisi faktual yang ada (Purwanto *et al.*, 2020; Pambudi, 2021). Laju erosi rata-rata di Sub DAS Lesti yang dapat ditoleransi adalah 30 ton/ha/tahun. Ketika laju erosi di Sub DAS Lesti melebihi batas toleransi, maka diperlukan 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 berdampak pada semakin besarnya sedimentasi di Waduk Sengguruh sehingga fungsi waduk tidak optimal (Firdaus *et al.*, 2015; Djajasinga *et al.*, 2012). Pertimbangan konservasi memerlukan data laju erosi

dan juga solum tanah yang secara spasial akan menggambarkan nilai Tingkat Bahaya Erosi (TBE) pada Sub DAS Lesti. Studi ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi tindakan konservasi yang sesuai dengan TBE terkini di sub DAS Lesti, termasuk mempertimbangkan aspek sosial dan tekanan penduduk.

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Menganalisis pengaruh pengetahuan, sikap, dan perilaku masyarakat terhadap erosi di sub DAS Lesti; 2) Melakukan pendugaan erosi terkini pada sub DAS Lesti dan menentukan lokasi prioritas konservasi pada level kecamatan lingkup Sub DAS Lesti. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi pertimbangan pemangku kebijakan ataupun masyarakat terkait pemilihan lokasi konservasi yang tepat maupun upaya konservasi yang harus dilakukan berdasarkan analisis ilmiah ilmu hidrologi dan ekologi. Secara teoretis, penelitian dapat berkontribusi dalam pola berfikir ilmiah dalam bidang pengelolaan DAS.

METODE PENELITIAN

Waktu penyelesaian riset dilaksanakan dari bulan Februari 2019 sampai bulan Januari 2020 (selama 12 bulan) dari mulai konsep, pengambilan data, analisis data dan penulisan laporan. Lokasi Penelitian dibatasi pada sub DAS Lesti sebagai salah satu hulu DAS Brantas. Secara administratif sub DAS Lesti terletak pada Kabupaten Malang dengan luas seluruh sub DAS adalah 64.740,84 ha. Lokasi penelitian meliputi 12 wilayah kecamatan di Kabupaten Malang. Batasan wilayah penelitian dimulai dari hulu Sungai Lesti di Kecamatan Poncokusumo sampai *outlet* Waduk Sengguruh.

Dalam melakukan penelitian, digunakan data-data sekunder dari instansi terkait di wilayah DAS Brantas seperti: 1) Data hujan selama 10 tahun terakhir dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur; 2) Peta Topografi, Solum Tanah, Jenis Tanah, Tekstur Tanah dan Peta Tata Guna Lahan terbaru Tahun 2018 dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, khususnya Balai Pengelolaan DAS dan Hutan Lindung (BPDAS-HL) Brantas ; 3) Data tabel-tabel terkait tanah dari para ahli yang telah banyak disepakati peneliti sebelumnya; 4) Peta Kontur dan Sungai skala 1:25.000 yang meliputi wilayah Sub DAS Lesti dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Peta ini terdiri dari 7 *sheet* peta dengan indeks 1607-414 Sumber Manjing Wetan, 1607-423 Gamping, 1607-432 Turen, dan 1607-441 Tlogosari, 1607- 434 Bululawang, 1607-443 Tumpang, 1607-444 Ranupane; 5) Data monografi dari BPS dan; 6) Data Kuisisioner (Data Primer). Desain riset dilakukan dengan membagikan 3 kuisisioner yaitu lembar kuisisioner pengetahuan, lembar kuisisioner sikap, dan lembar kuisisioner perilaku pemilihan aktivitas terkait lingkungan di sub DAS Lesti. Pengisian kuisisioner dilakukan melalui kunjungan langsung pada 17 s.d 30 Juli 2019 maupun secara *online* melalui tautan bit.ly/SubDASLesti dengan total responden 358 orang di 12 kecamatan pada Sub DAS Lesti. Alat analisis yang digunakan adalah dengan menggunakan bantuan *Software Arc GIS 10.3, SPSS Versi 22 dan Microsoft Excel 2019*.

Metode yang digunakan adalah *mixed method* dengan analisis perilaku masyarakat menggunakan metode analisis statistik *cross tabulation*. Desain analisis perilaku dimulai dari hasil survei berbasis kuisisioner untuk mengetahui keterkaitan antara sikap, pengetahuan dan perilaku masyarakat dengan skala analisis sampel 358 responden di Kabupaten Malang (12 kecamatan) yang berada pada lingkup sub DAS Lesti. Etika penelitian yang digunakan adalah *informed consent* (persetujuan) dan kerahasiaan (*confidentiality*). Hasil survei ini menjadi dasar perhitungan korelasi *bivariate pearson* dalam ilmu statistik. Deleniasi Sub DAS Lesti dilakukan dengan pembangkitan data secara Digital Elevation Model (DEM) dari Peta Rupa Bumi, khususnya Peta Kontur dan Sungai skala 1:25.000 yang meliputi wilayah Sub DAS Lesti dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Uji konsistensi data hujan menggunakan pendekatan *double mass curve* (Soemarto, 1987) dan perhitungan hujan maksimum daerah menggunakan *Polygon Thiessen*. Analisis curah hujan rancangan menggunakan distribusi Log Pearson Type III dan kala ulang 1,01.

Untuk menghitung debit limpasan permukaan digunakan rumus rasional modifikasi. Dalam rangka mendapatkan data debit limpasan, diperlukan beberapa tahapan: 1) Menentukan Koefisien Pengaliran (C); 2) Menentukan Waktu Konsentrasi (Tc), Koefisien Tampungan (Cs) dan Intensitas Hujan (I) dan; 3) Menghitung debit limpasan dan menggambarannya dalam bentuk Peta Sebaran Debit Limpasan Permukaan dalam berbagai kala ulang dengan *Software 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 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. Rekomendasi tindakan konservasi menggunakan teknik *overlay* dari atribut yang dimasukkan berdasarkan UU 37 Tahun 2014 tentang Konservasi Tanah dan Air (GoI, 2014b).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perilaku

Analisis Pengetahuan, Sikap dan Perilaku di Sub DAS Lesti menggunakan analisis korelasi *bivariate pearson*. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui keeratan hubungan antar variabel yang dinyatakan dengan nilai koefisien korelasi. Penelitian ini menggunakan *software* SPSS yang digunakan untuk mempermudah proses analisis korelasi. Terdapat tiga cara yang dapat digunakan sebagai pedoman/ dasar pengambilan keputusan dalam analisis korelasi *bivariate pearson* ini yaitu berdasarkan nilai *signifikansi sig. (2-tailed)*, berdasarkan nilai *r* hitung (*pearson correlations*) dan berdasarkan tanda bintang (*) pada *software* SPSS.

Hasil analisis *software* SPSS untuk mencari korelasi pengetahuan, sikap dan perilaku masyarakat yang ada di Sub DAS Lesti ditunjukkan dalam Tabel 1

Tabel 1. Korelasi Variabel Perilaku dengan Variabel Pengetahuan dan Sikap

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

***. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).*

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan atau terdapat korelasi antara variabel perilaku dengan variabel pengetahuan dan variabel sikap. Pengetahuan selaras dengan sikap dan perilaku. Dalam analisis spasial, digunakan variabel perilaku karena secara statistik sudah mewakili pengetahuan dan sikap masyarakat di Sub DAS Lesti. Kuesioner yang telah diisi oleh responden selanjutnya dilakukan penilaian atau skoring. Jika nilai responden berada diatas nilai median maka nilai digolongkan positif, sebaliknya jika nilai responden berada dibawah nilai median maka digolongkan negatif. Nilai median pada setiap variabel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Median Variabel Pengetahuan, Sikap, dan Perilaku

median	Pengetahuan (<i>Knowledge</i>)	Sikap (<i>Attitude</i>)	Perilaku (<i>Behavior</i>)
	50	60	80

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Nilai tiap responden tersebut kemudian dirangkum dalam tabulasi silang (*cross tabulation*) per tiap kecamatan.

Tabel 3. Persentase Perolehan Nilai di Tiap Kecamatan

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

Keterangan:

- Kecamatan yang memiliki kualifikasi positif lebih dari 50% pada variabel perilaku
- Kecamatan yang memiliki kualifikasi negatif lebih dari 50% pada variabel perilaku

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan tabulasi silang, kecamatan yang memiliki nilai positif lebih dari 70% atau dapat dikatakan kecamatan yang bagus dalam perilaku pengelolaan Sub DAS Lesti adalah Kecamatan Ampelgading, Bululawang, Pagak, dan Poncokusumo. Keempat kecamatan tersebut tak hanya memiliki nilai yang bagus pada variabel perilaku, namun juga bagus pada sikap dan pengetahuan terkait pengelolaan DAS. Dalam analisis juga didapatkan kecamatan yang memiliki nilai kurang pada variabel perilaku (tergolong negatif lebih dari 50%), yaitu Kecamatan Dampit, Gedangan, dan Sumbermanjing Wetan, Bantur, Gondanglegi, Tirtoyudo, Turen dan Wajak. Kecamatan-kecamatan yang kurang bagus dalam perilaku juga cenderung kurang dalam sikap dan perilaku.

Hasil analisis statistik dan spasial menunjukkan bahwa pada Sub DAS Lesti terdapat keterkaitan atau korelasi antara perilaku masyarakat dengan tata guna lahan yang ada saat ini. *Overlay* peta spasial perilaku dengan penggunaan lahan terkini menyatakan bahwa pada kecamatan yang didominasi nilai negatif cenderung memiliki penggunaan lahan yang berpotensi rawan erosi, yaitu lahan terbuka atau semi terbuka seperti yaitu

permukiman, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campuran, sawah, dan tanah terbuka.

Analisis Tekanan Penduduk

Ariani *et al.*, 2012, menyatakan bahwa nilai $TP < 1$ mengindikasikan belum terjadi tekanan penduduk atau daerah tersebut masih mampu memenuhi kebutuhan hidup penduduk dalam jumlah yang lebih dari cukup. Nilai TP sama dengan 1 bermakna daerah itu masih dapat/mampu memenuhi kebutuhan hidup penduduknya secara layak. Nilai TP lebih besar dari 1, berarti telah terjadi tekanan penduduk terhadap lahan pada suatu daerah tersebut sehingga sudah tidak dapat/mampu memenuhi kebutuhan hidup penduduknya secara layak (Sapci & Considine, 2014; Rusli *et al.*, 2009). Tekanan Penduduk terhadap lahan dihitung dengan rumus Otto Soemarwoto (Soemarwoto, 1985) sebagai berikut:

$$TP = Z \times \frac{f P_0 (1 + r)^t}{L} \quad (\text{Rumus 1})$$

dimana:

- TP = Tekanan Penduduk
- L = Total luas wilayah lahan pertanian
- Z = Luas lahan minimal tiap petani untuk dapat hidup layak.
- P₀ = Jumlah penduduk tahun awal
- f = Proporsi petani dalam populasi (%)
- t = Rentang waktu dalam tahun
- r = Tingkat pertumbuhan penduduk rata-rata per tahun

Luas lahan minimum/minimal tiap petani untuk dapat hidup layak (nilai Z) dihitung berdasar rumus sebagai berikut:

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

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 rumus yang disampaikan oleh Soemarwoto (1985) yaitu:

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

Laju pertumbuhan penduduk dihitung dengan rumus geometrik sebagai berikut:

$$P_t = P_0 (1+r)^t \quad (\text{Rumus 4})$$

4)

dimana:

- r = Laju pertumbuhan penduduk
- t = Jangka waktu, yang dinyatakan dalam tahun.
- P_t = Jumlah penduduk pada tahun ke t

Po = Jumlah penduduk tahun awal

Tabel 4. 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
Poncokusumo	26.221	24.460	0,93	1,53	0,17	4.226,381	0,97542	< 1
Wajak	74.121	66.292	0,89	1,20	0,19	4.621,481	0,87528	< 1
Dampit	108.914	89.087	0,82	1,50	0,19	8.361,963	3,61627	> 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
Turen	107.607	61.445	0,57	1,68	0,16	3.713,927	3,68583	> 1
Bululawang	12.282	4.927	0,40	0,72	0,16	209,196	0,00427	< 1
Gondanglegi	82.052	57.984	0,70	1,50	0,16	5.444,617	1,95847	> 1
Ampelgading	14.823	9.084	0,69	1,24	0,16	307,824	0,13464	< 1
Gedangan	12.032	5.043	0,42	0,19	0,26	1.329,656	0,00001	< 1
Bantur	20.384	13.051	0,64	0,66	0,26	1.757,160	0,01192	< 1
Pagak	7.683	7.123	0,93	1,49	0,26	1.082,391	0,38289	< 1

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Analisis Erosi

Sementara itu, terkait analisis hidrologi sebagai data dukung perhitungan erosi diperlukan deleniasi DAS. Proses deleniasi dilakukan dengan bantuan *tools* Sistem Informasi Geografis (SIG), khususnya *software ArcGIS*.

Secara administratif sub DAS Lesti terletak di Kabupaten Malang dengan luas seluruh sub DAS adalah 64.740,84 ha. Lokasi penelitian meliputi 12 wilayah kecamatan yaitu kecamatan Poncokusumo, Wajak, Ampelgading, Turen, Tirtoyudo, Dampit, Sumbermanjing Wetan, Gondanglegi, Bululawang, Gedangan, Pagak dan Bantur. Batasan wilayah penelitian dimulai dari hulu Sungai Lesti di Kecamatan Poncokusumo sampai *outlet* Waduk Sengguruh.

Uji konsistensi data hujan dengan metode lengkung massa ganda (*double mass curve*) menunjukkan bahwa data hujan yang ada dapat digunakan untuk analisis selanjutnya. Dalam menentukan curah hujan rerata daerah, penelitian ini menggunakan metode Poligon Thiessen. Poligon ini digambarkan dengan memasukkan masing-masing koordinat dari 4 stasiun hujan dengan bantuan perangkat lunak *ArcGIS 10.3* untuk mendapatkan peta sebaran stasiun hujan dalam Peta Sub DAS Lesti. Proses selanjutnya adalah membuat Poligon Thiessen melalui *assign proximity* dengan peta stasiun hujan Sub DAS Lesti sebagai batasan daerah pengaruh.

Dari hasil analisis Stasiun Hujan Turen memiliki luas pengaruh paling besar yaitu sebesar 26.496,837 Ha (40,928% atau koefisien thiessen 0,409), setelah itu Stasiun Dampit 23.731,127 Ha (36,665% atau koefisien thiessen 0,367), Stasiun Poncokusumo 13.257,853 Ha (20,478% atau koefisien thiessen 0,205) dan yang terakhir Stasiun Tajinan 1.255,021 Ha (1,938% atau koefisien thiessen 0,019).

Tabel 5. Curah Hujan Maksimum Harian Rerata Daerah (2009-2018)

No	Tahun	Koefisien Thiessen				Curah Hujan Maksimum Harian Rerata Daerah
		Stasiun Poncokusumo	Stasiun Dampit	Stasiun Tajinan	Stasiun Turen	
		0,205	0,367	0,019	0,409	
1	2009	150	117	71	127	126,959
2	2010	85	106	79	68	85,624
3	2011	94	108	79	100	101,297
4	2012	79	89	60	69	78,204
5	2013	110	109	69	115	110,885
6	2014	115	75	76	102	94,261
7	2015	95	74	71	63	73,740
8	2016	75	89	64	83	83,193
9	2017	115	147	114	88	115,660
10	2018	85	103	73	74	86,863

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Dalam analisis hidrologi, proses selanjutnya dalam rangka memprediksi erosi di Sub DAS Lesti adalah dengan menghitung curah hujan rancangan. Definisi curah hujan rancangan dapat diartikan sebagai curah hujan terbesar yang kemungkinan terjadi pada suatu daerah dengan peluang tertentu. Dalam penelitian ini, metode untuk menganalisis hujan rancangan adalah metode Log Pearson Tipe III.

Tabel 6. Perhitungan Distribusi Log Pearson Tipe III (2009-2018)

No.	Tahun	Xi (mm)	P (%)	Log Xi	Log Xi-Log X	(Log Xi-Log X) ³
1	2015	73,74	9,09	1,87	-0,11	-0,001215
2	2012	78,20	18,18	1,89	-0,08	-0,000535
3	2016	83,19	27,27	1,92	-0,05	-0,000160
4	2010	85,62	36,36	1,93	-0,04	-0,000073
5	2018	86,86	45,45	1,94	-0,04	-0,000045
6	2014	94,26	54,55	1,97	0,00	0,000000
7	2011	101,30	63,64	2,01	0,03	0,000030
8	2013	110,88	72,73	2,04	0,07	0,000350
9	2017	115,66	81,82	2,06	0,09	0,000700
10	2009	126,96	90,91	2,10	0,13	0,002159
Jumlah		956,69		19,74		0,001211
Rerata		95,67		1,97		
Stand. Dev		17,52		0,08		
Koefisien Kemencengan (Cs)				0,36		

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Keterangan:

Xi = Curah Hujan Rerata Daerah (setelah diurutkan dari kecil ke besar).

Dalam menentukan kala ulang (Tr), dihitung dengan mengambil berbagai peluang/kemungkinan yang diinginkan. Kala ulang ditentukan dengan rumus $Tr = (1/peluang) \times 100\%$. Perhitungan dalam analisis ini akan menggunakan kala ulang dengan

peluang terbesar yaitu 99% (dengan asumsi tidak ada peluang pasti 100%) sehingga kala ulang dengan peluang ini adalah 1,01 tahun. Perhitungan nilai hujan rancangan dengan berbagai kala ulang secara lengkap disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Hujan Rancangan dengan Berbagai Kala Ulang

No	Tr (tahun)	R rata-rata (Log)	Std Deviasi (Log)	Kemencengan Peluang (Cs)	Peluang (%)	K	Curah Hujan Rancangan	
							Log	mm
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	1,01	1,97	0,08	0,36	99	-2,061	1,81	65,17
2	2	1,97	0,08	0,36	50	-0,059	1,97	93,28
3	5	1,97	0,08	0,36	20	0,819	2,04	109,18
4	10	1,97	0,08	0,36	10	1,314	2,08	119,29
5	25	1,97	0,08	0,36	4	1,867	2,12	131,71
6	50	1,97	0,08	0,36	2	2,240	2,15	140,81
7	100	1,97	0,08	0,36	1	2,585	2,18	149,79
8	1000	1,97	0,08	0,36	0,1	3,606	2,25	179,85

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Keterangan:

- [1] = Nomor
- [2] = Kala Ulang
- [3] = $(SlogXi)/n$
- [4] = $((\sum(LogXi-LogX))/(n-1))^{0,5}$
- [5] = $(n \cdot \sum(LogXi-LogX)^3) / ((n-1)(n-2)(SLogX)^3)$
- [6] = $(1/Tr) \cdot 100$
- [7] = tabel faktor sifat distribusi log person III berdasarkan nilai Cs dan peluang atau kala ulang
- [8] = $LogX + K \cdot SlogX$
- [9] = antilog dari LogX

Debit limpasan (Qp) diperhitungkan dalam kaitannya dengan erosivitas limpasan permukaan (Rw) sebagai bagian rumus pendugaan erosi metode *MUSLE*. Dalam rangka mendapatkan data debit limpasan, diperlukan beberapa tahapan yaitu: 1) Menentukan Koefisien Pengaliran (C); 2) Menentukan Waktu Konsentrasi (Tc), Koefisien Tampung (Cs) serta Intensitas Hujan (I); 3) Menghitung debit limpasan dan menggambarkannya dalam bentuk Peta Sebaran Debit *run-off* (limpasan permukaan) dalam berbagai kala ulang dengan *ArcGIS 10.3*.

Langkah selanjutnya adalah perhitungan debit limpasan. Penentuan besarnya debit limpasan dilakukan melalui overlay dengan perangkat lunak *ArcGIS*. Analisis ini dilakukan melalui analisis *geoprocessing* pada perangkat lunak *ArcGIS*. Data yang digunakan adalah pada Sub-Sub DAS Lesti (Koefisien Cs dan I), peta tata guna lahan (untuk Koefisien C). Rumus yang digunakan adalah persamaan debit limpasan rasional modifikasi yaitu:

$$Q = 0,00278 \cdot Cs \cdot C \cdot I \cdot A \quad (\text{Rumus 5})$$

Tabel 8. Koefisien C (Limpasan) Sub DAS Lesti Tahun 2018

No	Tataguna Lahan	Koefisien C	Luas	Luas	Persentase
			(m ²)	(Ha)	(%)
1	Badan Air	0,00	131396,37	13,14	0,02
2	Belukar	0,15	4941972,16	494,20	0,76
3	Hutan Lahan Kering Sekunder	0,08	67709252,20	6770,93	10,46
4	Hutan Tanaman	0,06	27804756,09	2780,48	4,29
5	Perkebunan	0,20	9742083,24	974,21	1,50
6	Permukiman	0,25	140276061,24	14027,61	21,67

No	Tataguna Lahan	Koefisien C	Luas	Luas	Persentase
			(m ²)	(Ha)	(%)
7	Pertanian Lahan Kering	0,25	39999030,37	3999,90	6,18
8	Pertanian Lahan Kering Campur	0,25	125190399,28	12519,04	19,34
9	Sawah	0,05	231120165,15	23112,02	35,70
10	Tanah Terbuka	0,30	493283,91	49,33	0,08
Jumlah			647408400,00	64740,84	100,00

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Nilai koefisien pengaliran/limpasan permukaan (C) yang besar menunjukkan tentang jumlah limpasan permukaan yang terjadi di lahan tersebut adalah besar. Hal ini berarti kondisi tata air serta penggunaan lahan pada lahan tersebut telah rusak. Nilai koefisien pengaliran/limpasan permukaan yang kecil menunjukkan tentang jumlah limpasan permukaan yang terjadi di lahan tersebut kecil. Hal ini berarti jumlah air yang meresap ke dalam tanah serta yang memberikan kontribusi (*recharge*) air tanah adalah besar. Dalam studi ini, besarnya nilai koefisien pengaliran berdasarkan kondisi penggunaan lahan Tahun 2018 pada Sub DAS Lesti dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Debit Limpasan Sub DAS Lesti Terkini

No	Sub-sub DAS	Luas	Q	Q	Q	Q	Q
		Sub-sub DAS	Kala Ulang	Kala Ulang	Kala Ulang	Kala Ulang	Kala Ulang
		(Ha)	1.01 Tahun	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun
			(m ³ /detik)	(m ³ /detik)	(m ³ /detik)	(m ³ /detik)	(m ³ /detik)
1	1	2244,76	6,738595	9,645109	11,288965	12,333764	13,618433
2	2	1272,64	3,804667	5,445708	6,373843	6,963745	7,689079
3	3	2585,00	4,276788	6,121467	7,164774	7,827877	8,643220
4	4	4662,40	9,919690	14,198284	16,618158	18,156174	20,047302
5	5	171,96	0,569628	0,815321	0,954280	1,042599	1,151195
6	6	3090,40	10,385970	14,865682	17,399303	19,009615	20,989636
7	7	317,52	0,937318	1,341604	1,570259	1,715588	1,894281
8	8	2945,28	9,854448	14,104904	16,508861	18,036764	19,915453
9	9	140,48	0,313284	0,448411	0,524835	0,573409	0,633134
10	10	2574,12	2,445301	3,500018	4,096541	4,475677	4,941859
11	11	4081,72	4,453628	6,374583	7,461028	8,151551	9,000606
12	12	2224,80	7,882032	11,281739	13,204533	14,426619	15,929279
13	13	1464,68	8,338987	11,935786	13,970054	15,262988	16,852764
14	14	1653,56	3,484639	4,987645	5,837712	6,377994	7,042319
15	15	2388,72	7,105916	10,170863	11,904326	13,006078	14,360776
16	16	280,08	0,846645	1,211823	1,418359	1,549629	1,711037
17	17	1828,48	3,614917	5,174116	6,055962	6,616443	7,305605
18	18	4787,96	5,518171	7,898286	9,244424	10,100001	11,152005
19	19	1,36	0,016832	0,024092	0,028198	0,030809	0,034018
20	20	4,80	0,047501	0,067989	0,079577	0,086942	0,095998
21	21	2781,72	17,928147	25,660976	30,034483	32,814190	36,232078
22	22	192,04	0,575156	0,823235	0,963542	1,052719	1,162368
23	23	1613,12	10,626847	15,210455	17,802838	19,450498	21,476440
24	24	1898,44	14,039289	20,094763	23,519598	25,696348	28,372850
25	25	1412,76	12,330739	17,649276	20,657316	22,569160	24,919939
26	26	2285,20	9,767103	13,979885	16,362536	17,876896	19,738933
27	27	2224,52	3,278022	4,691909	5,491571	5,999819	6,624753
28	28	1674,48	6,867159	9,829125	11,504343	12,569076	13,878257

No	Sub-sub DAS	Luas Sub-sub DAS (Ha)	Q	Q	Q	Q	Q
			Kala Ulang 1.01 Tahun (m ³ /detik)	Kala Ulang 2 Tahun (m ³ /detik)	Kala Ulang 5 Tahun (m ³ /detik)	Kala Ulang 10 Tahun (m ³ /detik)	Kala Ulang 25 Tahun (m ³ /detik)
29	29	4468,48	13,216747	18,917441	22,141619	24,190836	26,710527
30	30	2922,56	15,194143	21,747732	25,454289	27,810095	30,706763
31	31	4546,80	24,910828	35,655454	41,732362	45,594711	50,343805

Sumber: Hasil Analisis, 2023

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

$$A = R_w \times K \times LS \times CP \tag{Rumus 6}$$

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

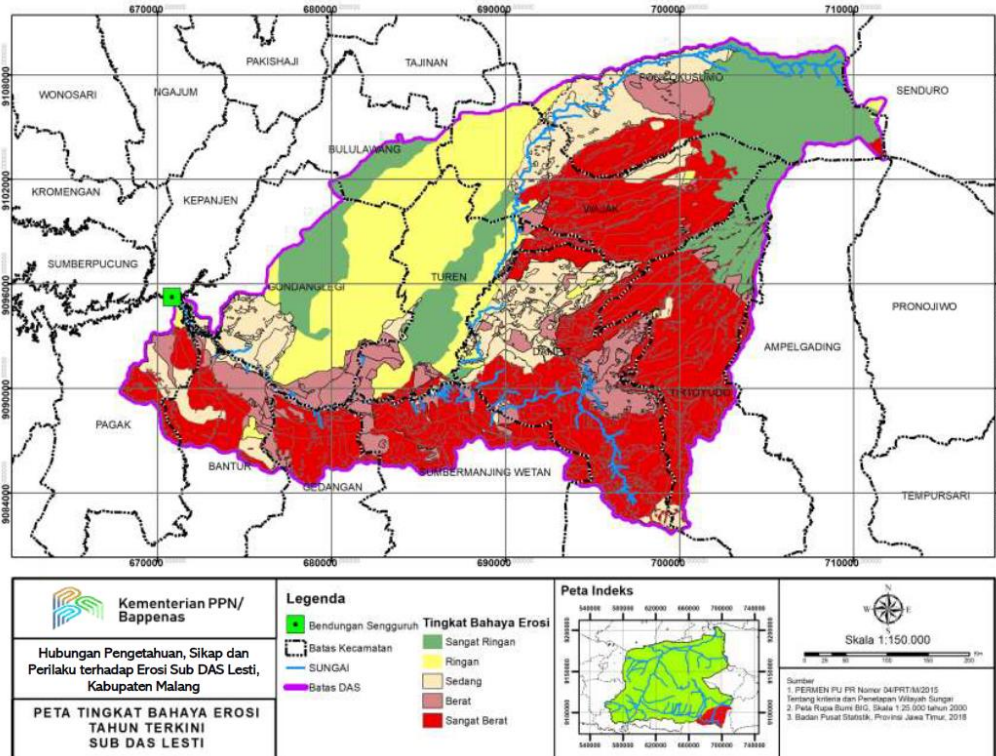
Keterangan :

- 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 (m³)

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

Perhitungan laju erosi di 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, 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 peta adalah di Kecamatan Wajak, Kecamatan Tirtoyudo, Kecamatan Dampit, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kecamatan Gedangan dan Kecamatan Bantur. Analisis konservasi berwawasan lingkungan dilakukan dengan memperhatikan tekanan penduduk terhadap lahan tiap kecamatan (aspek ekonomi) dan analisis perilaku masyarakat tiap kecamatan (aspek sosial) sebagai bagian pertimbangan. 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 kondisi penggunaan lahan terkini sebagai rekomendasi yang lebih sesuai kondisi lapangan sehingga diharapkan lebih tepat sasaran.



Gambar 1. Peta Tingkat Bahaya Erosi Terkini Sub DAS Lesti

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

SIMPULAN

Berdasar hasil analisis, baik secara spasial, statistik maupun numerik, dapat disimpulkan bahwa ada korelasi antara perilaku masyarakat dan tekanan penduduk dengan penggunaan lahan yang ada terkini sehingga berdampak kerentanan erosi. Penelitian juga menunjukkan ada keterkaitan antara erosi dengan pengetahuan, sikap dan perilaku masyarakat yang jika dikaitkan dengan tekanan penduduk dan pola penggunaan lahan akan berdampak pada erosi. 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.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa laju erosi terkini dalam setiap ha lahan (laju erosi rata-rata) di Sub DAS Lesti adalah sebesar 153,868 ton/ha/tahun. Hal ini tidak sesuai dengan laju erosi yang dapat ditoleransi di Sub DAS Lesti yaitu 30 ton/ha/tahun. Terdapat gap yang sangat lebar yaitu sebesar 123,868 ton/ha/tahun sehingga memerlukan konservasi DAS pada daerah-daerah prioritas untuk menekan laju erosi lebih tinggi di masa mendatang. Berdasar hasil perhitungan yang dilakukan penulis dan dari peneliti sebelumnya, maka dapat dikatakan bahwa selalu terjadi peningkatan laju erosi sejak 14 tahun terakhir. Hasil overlay laju erosi dengan solum tanah menunjukkan bahwa arahan konservasi diprioritaskan pada 6 kecamatan dengan tingkat bahaya erosi tinggi, yaitu Kecamatan Wajak, Kecamatan Tirtoyudo, Kecamatan Dampit, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kecamatan Gedangan dan Kecamatan Bantur.

REKOMENDASI

Berbasis kesimpulan yang ada, arahan konservasi DAS di Sub DAS Lesti di masa depan memerlukan pendekatan berbasis ilmu lingkungan yang mempertimbangkan aspek sosial (perilaku masyarakat), aspek ekonomi (tekanan penduduk) dan aspek lingkungan (tata guna lahan/ daya dukung lingkungan). Terdapat 2 prinsip ilmu lingkungan yang dapat dijadikan pertimbangan arahan konservasi ke depan yaitu prinsip interaksi (*interaction*) dan keberlanjutan (*sustainability*). Paradigma konservasi DAS berwawasan sebagai turunan UU No. 37 Tahun 2014 dalam bentuk Rancangan Peraturan Pemerintah (RPP) yang saat ini sedang disusun pemerintah perlu memperhatikan konsep ekologi yang melibatkan pemenuhan kebutuhan manusia dan alam secara lebih sinergi sesuai perannya masing-masing. Penelitian ini menemukan sebuah gagasan baru yaitu pendidikan lingkungan dan relokasi penduduk skala kecil yang dapat menjadi masukan RPP tersebut. Relokasi penduduk skala kecil diperlukan khususnya pada daerah prioritas yang tekanan penduduknya tinggi, perilaku masyarakat negatif serta tingkat bahaya erosi yang sangat berat. Meskipun demikian, pemilihan lokasi baru hasil relokasi tetap harus mempertimbangan aspek kebutuhan sosial, ekonomi dan lingkungan agar tidak menimbulkan masalah lain di kemudian hari.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih secara khusus kepada Dr. Medrilzam (Direktur Lingkungan Hidup Bappenas); Agustin Arry Yanna, SS, MA (Direktur PEPPD Bappenas); Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA; Dr. Mahawan Karuniasa, MM, Rahmad Junaidi, ST, MT (UIN Sunan Ampel Surabaya), Muhammad Reffo Bhawono Yudho, rekan-rekan Direktorat Pemantauan, Evaluasi dan Pengendalian Pembangunan Daerah Bappenas, BMKG Malang, Perum Jasa Tirta 1, Sekolah Ilmu Lingkungan UI, BPDAS-HL Brantas, BBWS Brantas, Dinas Pengairan Provinsi Jawa Timur, dan semua pihak yang membantu dalam penulisan, baik teknis maupun non teknis.

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.scitotenv.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), 421-428.
- 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.
- Bappenas. (2012). *Kajian Analisis Perubahan Penggunaan Lahan di Ekosistem DAS dalam Menunjang Ketahanan Air dan Ketahanan Pangan, Studi Kasus DAS Brantas*. 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 Kinos 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>
- Common, M. & Stagl, S. (2005). *Ecological Economic: An Introduction*. New York: Cambridge University Press.
- Djajasinga, V., Masrevanah, A., & Juwono, P. T. (2012). Kajian Ekonomi Penanganan Sedimen Pada Waduk Seri Di Sungai Brantas (Sengguruh, Sutami Dan Wlingi). *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 3(2), 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.scitotenv.2017.11.072>
- Firdaus, W., Sayekti, R.W., Prasetyorini, L. (2015). Studi Penentuan Kinerja Kelestarian dan Sosial Pengelolaan DAS di Sub DAS Lesti. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*.
- GoI. (2014a). *Perpres 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.
- Heathcote, I. (1998). *Integrated Watershed Management: Principles and Practice*. New York: John Wiley & Sons.
- 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. DOI: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.scitotenv.2017.11.338>
- 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*.
- Miller, G.T., & Spoolman, S.E. (2015). *Living in the Environment: Concepts, Connections and Solutions. Seventeenth edition*. Belmont, CA (USA): Brooks/Cole
- 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. (2021). Analisis Stabilitas Bangunan Pengendali Sedimen pada Kondisi Banjir Rancangan dan Tampungan Sedimen Penuh: Suatu Kasus di Arboretum Sumber Brantas, Kota Batu. *Jurnal Teknik Sipil*, 17 (2), 169 – 183. <https://doi.org/10.28932/jts.v17i2.3568>
- 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>
- Prasetyo, S. (2012). Analisis Tingkat Bahaya Erosi Pada Sub DAS Lesti Kabupaten Malang Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Media Teknik Sipil*, 10, 114-127. <https://doi.org/10.22219/jmts.v10i2.1786>.

- Purwanto, A., Sušnik, J., Suryadi, F. X., & de Fraiture, C. (2020). Quantitative simulation of the water-energy-food (WEF) security nexus in a local planning context in Indonesia. *Sustainable Production and Consumption*, 370. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.08.009>
- 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., & Indriana, H. (2009). Tekanan Penduduk, Overshoot Ekologi Pulau Jawa, dan Masa Pemulihannya. *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*, 3(1). <https://doi.org/10.22500/sodality.v3i1.5871>
- Sapci, O., & Considine, T. (2014). The link between environmental attitudes and energy consumption behavior. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 52, 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.socec.2014.06.001>
- 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. Tidak diPublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.

