
STUDI INDEKS KUALITAS TANAH SERTA BIOINDIKATOR KUALITAS AIR DI DAS MIKRO SISIM KOTA BATU

A Study of Soil Quality Index and Water Quality Bioindicator in the Sisim Micro Watershed of Batu City

Shofie Rindi Nurhutami, Zaenal Kusuma, Istika Nita*

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran 1, Malang 65145

*Penulis korespondensi: istika.nita@ub.ac.id

Abstract

Landuse change causes the decrease of soil quality, so the hydrological and non-hydrological functions do not run optimally. Sisim Micro Watershed's area of ± 933.17 ha with a very steep slope has undergone major land-use changes. Soil Quality Index (SQI) analysis and water quality bioindicators are needed to assess the impact of land-use change. This study used 12 soil sampling plots, i.e. production forest (H2, H3, H4, H5), mixed gardens (KC2, KC3, KC4, KC5), and fields (T2, T3, T4, T5). The numbers behind the code indicate slope; 2 (slope 8-15%), 3 (slope 15-25%), 4 (slope 25-40%), and 5 (slope 40-60%). The results showed that dense vegetation and low intensity of tillage gave the best SQI. The highest SQI value was on H5 (0.63) with a good category, and the lowest was on T5 (0.32) with a bad category. The water quality bioindicator showed water pollution index of 1.97 (dirty water quality and rather heavily polluted). Soil quality which is dominated by low categories with high agricultural intensity and community waste disposal causes health condition of biotic habitats classified as unhealthy with a score of 1.90.

Keywords: *land management, soil quality index, water quality bioindicator, watershed*

Pendahuluan

Perubahan penggunaan lahan menyebabkan kualitas tanah menurun yang berakibat pada perubahan fungsi hidrologi dan non hidrologi. DAS Mikro Sisim merupakan bagian dari Sub DAS Brantas Hulu yang telah menunjukkan penurunan fungsi hidrologi DAS akibat pembukaan hutan pada akhir tahun 1990-an menjadi lahan pertanian secara besar-besaran (Widianto *et al.*, 2010). Kemampuan tanah untuk menjalankan fungsi hidrologi dan non hidrologi dapat dinilai menggunakan Indeks Kualitas Tanah (IKT). Tanah dengan kualitas rendah mudah mengalami erosi, ditandai dengan penghancuran agregat tanah kemudian diangkut oleh aliran permukaan menjadi sedimen sungai dalam DAS. Sedimen yang terikut ke dalam aliran air sungai menyebabkan kualitas air menurun. Bioindikator kualitas air (biotilik) menjadi salah satu metode penilaian kualitas air.

Biotilik mencakup golongan lintah, cacing, siput, serangga, udang, kepiting, kerang dan keong (Rini, 2011). Sehingga diperlukan studi ini untuk mengetahui IKT dan kualitas air di DAS Mikro Sisim sehingga mampu memberikan rekomendasi pengelolaan DAS.

Bahan dan Metode

Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei - Agustus 2019 menggunakan metode survei dengan analisis deskriptif. Pengambilan sampel tanah ditentukan menggunakan metode *purposive sampling* berdasarkan satuan peta lahan (SPL) pada beberapa penggunaan lahan dan kemiringan lereng. Lokasi pengambilan sampel biotilik dilakukan di *outlet* DAS Mikro Sisim. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Fisika dan Kimia Tanah Universitas Brawijaya.

Pelaksanaan Penelitian

Persiapan penelitian

Pembuatan peta pendukung berupa peta administrasi, peta penggunaan lahan, peta kelerengan, peta SPL dan peta titik lokasi pengambilan contoh biotilik. Bahan peta menggunakan citra lansat 8 Oli *path* 118 *row* 65 yang di rekam pada 18 April 2019 dan peta rupa bumi indonesia skala 1: 25.000 lembar 1508-3241 dan 1608-1131, serta DEMNAS 8,3 meter. Melakukan validasi awal peta pendukung.

Pengambilan sampel tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman 0-25 cm sebanyak satu dengan tiga ulangan. Lokasi pengambilan contoh diperoleh dari *overlay* peta penggunaan lahan dengan peta kelerengan sehingga didapatkan 22 SPL. Namun pengambilan sampel tanah dilakukan hanya 12 SPL untuk mewakili dominasi penggunaan lahan serta memperhatikan batas kemiringan lereng untuk keberlanjutan pertanian (Tabel 1) dengan gambaran plot ditunjukkan Gambar 1.

Tabel 1. Lokasi pengambilan sampel tanah.

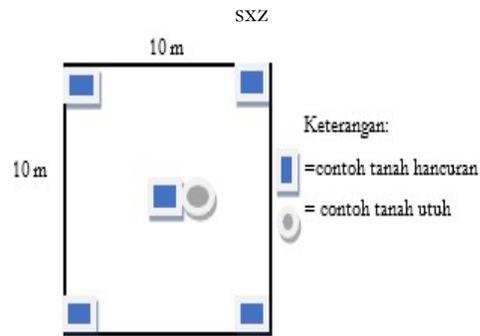
Kode plot	SPL	Penggunaan lahan	Kemiringan lereng (%)
H2	11	Hutan produksi	13
H3	12	Hutan produksi	23
H4	13	Hutan produksi	38
H5	14	Hutan produksi	56
KC2	6	Kebun campuran	14
KC3	7	Kebun campuran	22
KC4	8	Kebun campuran	36
KC5	9	Kebun campuran	52
T2	2	Tegalan	11
T3	3	Tegalan	20
T4	4	Tegalan	32
T5	5	Tegalan	48

Keterangan: Kolom kode plot; (T) tegalan, (KC) kebun campuran, (H) hutan produksi dengan angka 2 (kelerengan 8-15%), 3 (kelerengan 15-25%), 4 (kelerengan 25-40%), 5 (kelerengan 40-60%).

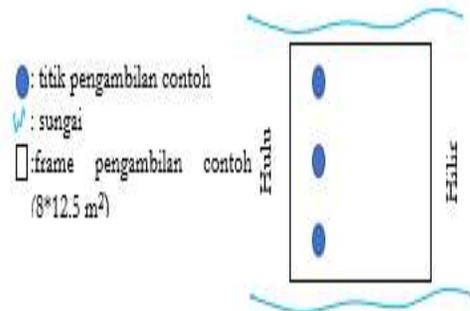
Pengambilan contoh biotilik

Penilaian perairan dilakukan dengan mengamati sungai sejauh 100 m dari *outlet* dengan arah menuju hulu menggunakan lembar pemeriksaan perairan, meliputi kondisi habitat, substrat serta gangguan (Rini, 2011). Pengambilan contoh biotilik juga dilakukan pada *outlet* DAS setelah

menilai lingkungan perairan dengan koordinat -7.84732, 112.51821. Pengambilan contoh biotilik dilakukan pada *frame* pengamatan dengan luas 100 m² (Gambar 2) menggunakan metode *kicking* untuk dasar sungai yang berpasir dan berbatu kecil (Rini, 2011).



Gambar 1. Plot pengambilan sampel tanah.



Gambar 1. Plot pengambilan contoh biotilik

Kualitas tanah

Sampel tanah dianalisis menggunakan beberapa indikator yang disajikan dalam Tabel 3

Tabel 3. Indikator pengamatan.

Indikator	Metode analisis/alat
Berat isi	Ring blok
Berat jenis	Piknometer
C- organik	Walkley and black
K-dapat ditukar	Flamefotometer
Kedalaman efektif	Pengeboran
Kemantapan agregat	Ayakan basah
N- total	Kjeldahl
P – tersedia	P- Bray I
pH	H ₂ O
Porositas total	1-(BI/BJ) x 100%

Identifikasi biotilik

Identifikasi biotilik dilakukan untuk mengetahui famili dan grup serta jumlah biotilik dengan menggunakan buku panduan indentifikasi biotilik (Rini, 2011). Grup biotilik dikategorikan berdasarkan tingkat sensitifitasnya terhadap bahan pencemar yaitu grup A (sangat sensitif), B(sensitif), C (tahan) dan D (sangat tahan).

Analisis data

Kualitas Tanah

Analisis indeks kualitas tanah disajikan pada Tabel 4.

Cara perhitungan indeks sebagai berikut:

1. Indeks bobot dihitung dengan mengalikan bobot fungsi tanah (bobot 1) dengan bobot indikator tanah (bobot 2 dan bobot 3).

2. Skor berkisar 0– 1 yang ditetapkan melalui “persamaan 1 dan 2” (Masto *et al.*, 2007):

$$Y = (x-x_2) / (x_1-x_2) \dots\dots\dots (1)$$

$$Y= 1- (x - x_2) / (x_1 - x_2) \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan: Y adalah skor linier, x adalah nilai sifat tanah, x₂ adalah nilai batas atas dan x₁ nilai batas bawah

Berat isimenggunakan “persamaan 1” sementara indikator lainmenggunakan “persamaan 2”. IKT dihitung menggunakan “persamaan 3”:

$$IKT = \sum_{i=1}^n W_i \times S_i \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan: IKT= indeks kualitas tanah, S_i = skor, W_i = bobot, n = jumlah indikator kualitas tanah

Tabel 4. Penilaian indeks kualitas tanah metode Mauschbach dan Seybold modifikasi (Partoyo, 2005)

Fungsi Tanah	Bobot	Parameter Tanah	Bobot	Bobot	Indeks Bobot	Fungsi Penilaian					
						Batas Bawah	y1	Batas Atas	y2		
			1	2		x1		x2			
Melestarikan aktivitas biologi	0,4	Medium perakaran	0,33								
		Kedalaman efektif (cm)			0,6	0,080	15	0	140	1	
		Berat isi (gr.cm ⁻³)			0,4	0,048	0,8	0	1,4	1	
		Kelengasan			0,33						
		Porositas (%)			0,2	0,024	30	0	65	1	
		C- Organik (mg.kg ⁻¹)			0,4	0,048	0,2	0	3	1	
		Kemantapan agregat (%)			0,4	0,048	0,4	0	4	1	
		Keharaan			0,33						
		pH			0,1	0,012	5,3	0	7,5	1	
		P tersedia (mg.kg ⁻¹)			0,2	0,024	4	0	10	1	
K dapat ditukar (me.100 mg ⁻¹)		0,2	0,024	0,1	0	1	1				
C- Organik (mg.kg ⁻¹)			0,3	0,036	0,2	0	3	1			
N- total (mg.kg ⁻¹)			0,2	0,024	0,1	0	0,75	1			
Pengaturan dan penyaringan air	0,3	Kemantapan agregat (%)	0,60		0,018	0,4	0	4	1		
		Porositas (%)	0,20		0,060	30	0	65	1		
		Berat isi (gr.cm ⁻³)	0,20		0,060	0,8	0	1,4	1		
Filter dan buffering	0,3	Kemantapan agregat (%)	0,60		0,180	0,4	0	4	1		
		Porositas (%)	0,10		0,030	30	0	65	1		
		Proses mikrobiologis	0,3								
		C- organik		0,5	0,045	0,2	0	3	1		
		N- total		0,5	0,045	0,1	0	0,75	1		
Total					1		0	1			

Hasil perhitungan IKT dikelaskan menurut nilai indeks kualitas tanah (Tabel 5). Data hasil analisis IKT dirata-rata menggunakan perangkat lunak MS. Excel 2013.

Tabel 5. Kategori indeks kualitas tanah (Partoyo, 2005).

Indeks kualitas tanah	Keterangan
0,80 - 1,00	Sangat baik
0,60 - 0,79	Baik
0,40 - 0,59	Sedang
0,20 - 0,39	Rendah
0,00 - 0,19	Sangat rendah

Kualitas air

Penilaian kualitas air menggunakan “persamaan 4” kemudian dikelaskan (Tabel 6):

$$IPA = Y / X \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan: X = jumlah seluruh biotilik yang ditemukan, Y = hasil perkalian antara jumlah biotilik setiap grup dengan skor grup. Adapun skor grup A, B, C, D secara berurutan 4, 3, 2, 1.

Tabel 6. Indeks pencemaran air biotilik (Rini, 2011)

Indeks pencemaran air biotilik	Kategori kualitas air
3,10-4,00	Sangat bersih, pencemaran sangat ringan
2,60-3,00	Bersih, pencemaran ringan
2,10-2,50	Agak bersih, pencemaran sedang
1,60-2,00	Kotor, pencemaran agak berat
1,00-1,50	Sangat kotor, pencemaran berat

Identifikasi kondisi habitat biotilik

Jumlah biotilik yang ditemukan dipengaruhi oleh kondisi habitat perairan, sehingga dilakukan penilaian dan mengklasifikasinya sesuai dengan Tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Penilaian kesehatan habitat (Rini, 2011).

Rata-rata skor	Kondisi kesehatan habitat
2,40-3,00	Sehat, habitat stabil dalam mendukung kehidupan biota dan menyediakan habitat dengan kondisi yang beragam
1,70-2,30	Kurang sehat, habitat kurang stabil dalam mendukung kehidupan biota dan menyediakan habitat dengan kondisi yang kurang bervariasi
1,00-1,60	Tidak sehat, habitat tidak stabil dalam mendukung kehidupan biota dan menyediakan habitat dengan kondisi yang tidak bervariasi

Tabel 8. Penilaian kualitas habitat (Rini, 2011).

Kualitas habitat	Indikator
Baik	70% atau lebih parameter habitat sungai termasuk kedalam kategori “Baik (A)”
Buruk	70% atau lebih parameter habitat sungai termasuk kedalam kategori “Buruk (B)”
Cukup	Selain dari kedua indikator diatas

Hasil dan Pembahasan

Kondisi umum lokasi penelitian

DAS Mikro Sisim secara administratif terletak di Desa Gunungsari, Desa Tulungrejo, Desa Punten, Desa Sumberejo Kecamatan Bumiaji, Kota Batu seluas ±933,17 Ha. Berdasarkan luasan, tegalan memiliki luas ±406,714 Ha; kebun campuran ±321,862 Ha; hutan produksi ±127,308 Ha; pemukiman ±63,706 Ha; dan semak belukar ±13,449 Ha. Berdasarkan kelas kemiringan lereng menurut Ritung *et al.* (2007) 3-8% (±9,528 Ha), 8-15% (±74,27 Ha), 15-25% (±169,52 Ha), 25-40% (±504,63 Ha), 40-60% (±174,5 Ha), dan >60% (±0,73 Ha). Pengelolaan lahan pada plot tegalan adalah secara monokultur pada gulud serta dilakukan teras pada plot T4 dan T5.

Tutupan lahan pada plot tegalan adalah bunga mawar (T2, T3, dan T4) serta bunga peacock (T5). Pengelolaan lahan pada plot kebun campuran menggunakan gulud (KC2, KC3, KC4) dan teras (KC4 dan KC5). Tutupan lahan pada plot kebun campuran antara lain pinus, cabai (KC 2); pinus, jagung, pisang (KC3); pinus, cabai, ubi kayu, jagung, kopi (KC4); pinus, jagung, kopi (KC5). Sementara plot hutan (H2, H3, H4, dan H5) pengelolaan adalah dengan teras serta tutupan lahan tanaman pinus dan rumput gajah.

Karakteristik sifat tanah lokasi penelitian

C- organik

C-organik memiliki rentang 1,09-2,16% (Tabel 9). C-organik tertinggi pada plot hutan produksi dan terendah pada plot tegalan. Adanya perbedaan pengelolaan lahan pada setiap plot penggunaan lahan menyebabkan perbedaan C-organik. Pengolahan lahan dapat merubah kuantitas maupun kualitas bahan organik tanah

(Ding *et al.*, 2002). Masukan seresah yang lebih tinggi dengan siklus yang tertutup menyebabkan C-organik plot hutan produksi tertinggi. Adanya proses pemanenan, dengan kurang melakukan penambahan pupuk kandang serta praktek budidaya bersih (penyiangan gulma) pada penggunaan lahan tegalan yang seharusnya menjadi sumber bahan organik menjadi kurang tersedia sehingga C-organik pada plot tegalan rendah. Peningkatan kemiringan lereng pada plot hutan dan kebun campuran menyebabkan peningkatan C- Organik karena vegetasi yang lebih rapat dan bervariasi akan meningkatkan proses pelapukan seresah, ranting dan akar tanaman yang telah mati di dalam tanah. Plot tegalan dengan peningkatan kemiringan lereng memiliki C-organik yang semakin menurun karena faktor erosi tanah. Material yang terangkut oleh erosi permukaan salah satunya adalah bahan organik bersamaan dengan bahan liat dan debu halus dalam benruk agregat tanah (Banuwa, 2013).

Tabel 9. Hasil rerata karakteristik sifat tanah.

Kode plot	Berat isi (g cm ⁻³)	Porositas (%)	DMR (mm)	Kedalaman efektif (cm)	pH	C organik (%)	N total	P tersedia (mg kg ⁻¹)	K-dapat ditukar (me 100 mg ⁻¹)
H2	0,94	60,15	3,43	120	6,0	2,11	0,29	8,86	0,24
H3	0,87	67,47	3,42	120	6,04	1,93	0,38	8,40	0,15
H4	0,88	64,64	4,30	120	6,03	2,00	0,28	8,80	0,21
H5	0,94	61,53	4,30	120	6,16	2,16	0,22	9,92	0,21
KC2	1,08	52,36	2,03	120	6,06	2,00	0,31	8,55	0,28
KC3	1,05	61,63	2,05	120	6,04	1,65	0,23	8,48	0,37
KC4	0,98	62,60	2,27	120	6,02	2,11	0,36	8,35	0,35
KC5	0,96	57,26	2,54	120	5,98	2,04	0,36	7,76	0,41
T2	1,11	45,72	0,98	100	5,4	1,20	0,63	7,83	0,61
T3	1,11	52,32	0,95	73	5,66	1,21	0,52	7,22	0,60
T4	1,12	52,55	0,92	60	5,46	1,16	0,56	6,39	0,62
T5	1,13	51,89	1,21	72	5,5	1,09	0,59	5,76	0,54

Keterangan: Kolom Kode Plot; (T) tegalan, (KC) kebun campuran, (H) hutan produksi dengan angka 2 (kelerengan 8-15%), 3 (kelerengan 15-25%), 4 (kelerengan 25-40%), 5 (kelerengan 40-60%)

Kemantapan agregat

Kemantapan agregat berkisar antara 4,30-0,92 mm; terendah pada plot tegalan dan tertinggi pada plot hutan produksi (Tabel 9). Hutan produksi memiliki kemantapan agregat yang lebih tinggi karena berat isi lebih rendah dan bahan organik lebih tinggi. Pengolahan tanah

merubah agregat stabil menjadi agregat kurang stabil karena penurunan bahan organik berperan sebagai agen pengikat dalam proses pembentukan agregat tanah (Sharma dan Bhushan, 2001). Peningkatan kemiringan lereng pada plot hutan produksi dan plot kebun campuran diikuti peningkatan kemantapan

agregat karena berat isi semakin rendah. Selain itu, adanya masukan bahan organik berupa seresah dan bagian tanaman yang telah melapuk menjadi faktor tingginya kemantapan agregat. Berbeda dengan plot tegalan yang cenderung menurun dengan kenaikan kemiringan lereng. Semakin meningkat intensitas pengolahan tanah dengan kemiringan lereng rendah (relatif datar) menyebabkan berat isi tanah semakin tinggi dan agregat menjadi tidak stabil.

Berat isi

Nilai berat isi berkisar 0,87- 1,13 g.cm⁻³ dengan nilai terendah pada plot hutan dan tertinggi pada plot tegalan (Tabel 9). Pengolahan tanah pada plot tegalan lebih tinggi menyebabkan tanah menjadi padat yang berarti terjadi peningkatan berat isi tanah. Faktor pengelolaan lahan baik pengolahan tanah dan sisa tanaman serta rotasi tanaman mampu meningkatkan berat isi tanah (Karlen *et al.*, 2008). Kemiringan lereng yang meningkat pada setiap plot pengamatan memiliki berat isi dengan kecenderungan semakin menurun pada plot hutan produksi dan kebun campuran, namun semakin meningkat pada plot lahan tegalan. Rendahnya aksesibilitas masyarakat pada plot hutan dan plot kebun campuran dalam mengolah tanah seiring peningkatan kemiringan lereng serta bahan organik yang juga cenderung meningkat menjadi faktor berat isi tanah semakin rendah. Berbeda pada plot tegalan yang memiliki berat isi cenderung meningkat seiring peningkatan kemiringan lereng terutama pada plot T5 yang memiliki tutupan lahan bunga peacock sehingga memungkinkan terjadinya perbedaan cara berbudidaya.

Porositas

Porositas memiliki nilai 67,47-45,72% (Tabel 9). Perbedaan penggunaan lahan memiliki porositas terendah pada plot tegalan dan tertinggi pada plot hutan produksi. Pengolahan tanah secara terus menerus menyebabkan berat isi tanah meningkat akibatnya porositas tanah semakin rendah. Masukan bahan organik pada hutan produksi lebih tinggi sehingga memiliki nilai porositas tertinggi. Sesuai dengan pendapat Herdiansyah *et al.* (2011) bahwa bahan organik tanah meningkatkan ruang pori tanah. Bahan organik mampu mengikat butir tunggal tanah

menjadi (Yulnafatmawita *et al.*, 2010). Semakin banyak agregat tanah yang terbentuk, maka porositas tanah juga semakin meningkat (Hanafiah, 2009). Kemiringan lereng yang semakin meningkat pada plot kebun campuran dan hutan memiliki porositas dengan kecenderungan semakin meningkat. Aksesibilitas masyarakat dalam mengolah lahan seiring dengan peningkatan kemiringan lereng yang rendah menjadi faktor berat isi tanah semakin rendah sehingga porositas tanah menjadi meningkat.

Kedalaman efektif

Hasil analisis kedalaman efektif pada setiap plot pengamatan di DAS Mikro Sisim relatif sama (Tabel 9). Plot T4 merupakan plot dengan kedalaman efektif yang lebih dangkal jika dibandingkan dengan plot yang lain. Menurut kelas kedalaman efektif oleh FAO-ISRIC (1990) plot tegalan memiliki kedalaman sedang sementara plot kebun campuran dan hutan produksi dengan kategori dalam. Kedalaman efektif menggambarkan peran tanah sebagai media perakaran sehingga mendukung aktivitas biologi yang terjadi di dalam tanah akibatnya terjadi peningkatan kualitas tanah. Kedalaman efektif pada plot tegalan mengalami nilai yang cenderung menurun seiring dengan peningkatan kemiringan lereng. Arifin *et al.* (2018) menjelaskan pada kemiringan lereng rendah proses erosi tidak sebesar di lahan dengan kemiringan lereng sedang serta terdapat proses deposisi partikel tanah dari kemiringan lereng di atasnya sehingga kedalaman solum tanah menjadi lebih tinggi. Menurut Nugroho (2015), kedalaman efektif perakaran mengikuti kedalaman solum tanah secara umum, karena akar berkembang pada horizon A dan B serta akar cenderung tidak dapat berkembang jika terdapat rintangan mekanis berupa berat isi tanah tinggi maupun batuan.

Derajat kemasaman tanah (pH)

pH seluruh plot pengamatan termasuk kategori agak masam dengan rentang 5,40-6,16 (Tabel 9). Perbedaan pH karena faktor penambahan bahan kimia seperti pemupukan dan pestisida dalam kegiatan budidaya. Plot tegalan memiliki pH yang terendah karena adanya penambahan bahan kimia berupa pupuk an-organik serta fungisida kedalam kegiatan budidaya. Pupuk an-

organik misalnya urea akan mempercepat hidrolisis dan menghasilkan NH_4^+ dan N-NO_3^- serta HCO_3^- dalam proses ini, ion bikarbonat bereaksi dengan kemasaman tanah sehingga pH meningkat, kemudian dalam reaksi nitrifikasi akan melepaskan H^+ kali lebih besar sehingga pH tanah mengalami penurunan (Winarso, 2005). Pada plot hutan produksi, terjadi peningkatan pH seiring peningkatan kemiringan lereng. Berbeda dengan plot kebun campuran dan tegalan yang mengalami penurunan. Pada plot tegalan memiliki C-organik menurun seiring peningkatan kemiringan lereng. Nilai pH tanah dipengaruhi oleh dekomposisi bahan organik, bahan induk, pengendapan, dan vegetasi (Hanafiah, 2009). Bahan organik mengalami humifikasi membentuk humus, kemudian mineralisasi humus akan menghasilkan kation-kation basa yang akan meningkatkan pH (Palupi, 2015).

N- total

Nilai N total berkisar antara 0,22-0,63%, terendah pada plot hutan produksi dan tertinggi pada plot tegalan (Tabel 9). Plot hutan memiliki siklus N tertutup yang merupakan kondisi ideal ketersediaan N di dalam tanah (Ayuningtias *et al.*, 2016). Pengolahan tanah menghancurkan agregat dan menurunkan bahan organik juga meningkatkan pencucian terhadap unsur hara seperti N sebanyak 5% lebih tinggi daripada tanah yang tidak mengalami pengolahan (Randall *et al.*, 1997). Meskipun demikian, pada penggunaan lahan tegalan dilakukan penambahan unsur N melalui pemupukan sehingga N total lebih tinggi. Peningkatan kemiringan lereng umumnya menyebabkan penurunan N- total karena mudah mengalami pencucian lewat aliran permukaan karena tidak diikat oleh kompleks tanah liat (Estiaty *et al.*, 2004). Penurunan tersebut karena pencucian hara oleh air karena unsur N memiliki mobilitas yang tinggi.

P tersedia

P tersedia memiliki nilai 5,76-9,92 mg kg^{-1} , terendah pada plot tegalan dan tertinggi pada plot hutan (Tabel 9). Pada plot tegalan dilakukan pemupukan P namun lebih rendah jika dibandingkan dengan yang lain. Ketersediaan P maksimum didalam tanah berada pada kisaran

pH 6-7 (Mallarino *et al.*, 2000). pH pada plot tegalan bernilai $<5,5$ menjadi faktor ketersediaan P menjadi terendah. Selain itu, faktor jerapan oleh koloid liat menyebabkan P tersedia rendah, karena muatan koloid liat positif mampu menyerap P yang berbentuk H_2PO_4^- (Tan, 1998). Sesuai dengan Buckman dan Braddy (1980) bahwa P tersedia dapat menjadi tidak tersedia karena faktor perubahan pH, pengendapan oleh ion Al, Fe dan Mn, fiksasi oleh hidrous oksida, dan fiksasi oleh liat silikat. Peningkatan kemiringan lereng memiliki P tersedia cenderung mengalami penurunan pada plot kebun campuran dan plot tegalan sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Lereng yang semakin curam memiliki kemungkinan untuk mengalami erosi semakin tinggi sehingga unsur hara yang tersedia bagi tanaman termasuk didalamnya unsur P menjadi tidak tersedia.

K dapat ditukar (K-dd)

Hasil analisis K-dd (Tabel 9) setiap plot bervariasi dengan rentang 0,15-0,64 me 100 g^{-1} . Perbedaan penggunaan lahan menyebabkan perbedaan nilai K-dd. Perbedaan penggunaan lahan memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap K karena perbedaan pemberian pupuk organik dan an-organik jangka panjang di kawasan Gunung Sindoro (Supriyadi *et al.*, 2014). Plot tegalan memiliki nilai K-dd yang tertinggi dan plot hutan terendah karena dalam kegiatan budidaya dilakukan pemupukan. Peningkatan kemiringan lereng umumnya memiliki kandungan unsur hara yang relatif menurun karena tanah mengalami erosi (Setiawan *et al.*, 2014), hal ini terjadi pada plot tegalan. Plot kebun campuran dan hutan produksi tidak mengalami penurunan K-dd dengan meningkatnya kemiringan lereng. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan plot kebun campuran memiliki vegetasi yang lebih beragam jika dibandingkan dengan hutan dengan meningkatnya kemiringan lereng sehingga mampu menjadi masukan bahan organik dan mikroorganisme tanah yang mampu menyediakan unsur hara K lebih tinggi dibandingkan penggunaan lahan lain.

Indeks Kualitas Tanah (IKT)

IKT bervariasi dengan rentang 0,32-0,63 dengan kategori rendah hingga baik (Tabel 10). Hutan produksi memiliki IKT tertinggi berarti hutan

mampu menjalankan fungsi tanah secara optimal. Meskipun termasuk kedalam kategori IKT sama dengan hutan produksi, nilai IKT pada kebun campuran tetap lebih rendah yang menunjukkan plot penggunaan lahan kebun campuran mampu melaksanakan peran tanah yang relatif sama dengan hutan produksi. IKT plot tegalan memiliki nilai terendah. Kualitas tanah di bawah sistem penanaman secara terus menerus pada lahan kering di India memperburuk kualitas tanah menjadi rendah (Sinha *et al.*, 2014).

Tabel 10. Hasil rerata indeks kualitas tanah

Kode plot	Indeks kualitas tanah (IKT)	Kategori
H2	0,57	Sedang
H3	0,59	Sedang
H4	0,59	Sedang
H5	0,63	Baik
KC2	0,49	Sedang
KC3	0,50	Sedang
KC4	0,55	Sedang
KC5	0,53	Sedang
T2	0,35	Rendah
T3	0,34	Rendah
T4	0,33	Rendah
T5	0,32	Rendah
Rerata	0,486	Sedang

Keterangan: Kolom Kode Plot; (T) tegalan, (KC) kebun campuran, (H) hutan produksi dengan angka 1 (kelerengan 8-15%), 2 (kelerengan 15-25%), 3 (kelerengan 25-40%), 4 (kelerengan 40-60%), 5 (kelerengan >60%).

Indeks kualitas tanah dengan metode *Mausbach and Seybold* dipengaruhi kemantapan agregat dan C-organik tanah. Tanah dengan agregat stabil mampu menjaga tanah terhadap kerusakan dari luar. Rachman dan Abdurachman (2006) menambahkan agregat tanah stabil mampu mempertahankan sifat-sifat tanah seperti porositas dan ketersediaan air lebih lama sehingga fungsi hidrologi tanah dapat berjalan dengan optimal. Sementara C-organik mampu memperbaiki sifat tanah baik fisika, kimia maupun biologi tanah yang kurang optimal. Secara umum masyarakat akan mudah mengintervensi lahan seperti pemupukan anorganik, pengolahan tanah, dan penanaman

yang lebih intensif pada lahan dengan kemiringan lereng rendah sehingga kemantapan agregat dan C-organik semakin rendah. Kemiringan lereng yang meningkat pada plot hutan produksi dan kebun campuran memiliki IKT yang relatif meningkat. Namun berbeda pada plot tegalan yang mengalami penurunan IKT karena kemantapan agregat dan C-organik tanah pada plot tegalan menurun sehingga mudah tererosi akibatnya kualitas tanah menjadi rendah. Sebaran kualitas tanah yang terdapat di DAS Mikro Sisim Kota Batu disajikan pada Gambar 3.

Bioindikator kualitas air

Analisis kondisi perairan DAS Mikro Sisim

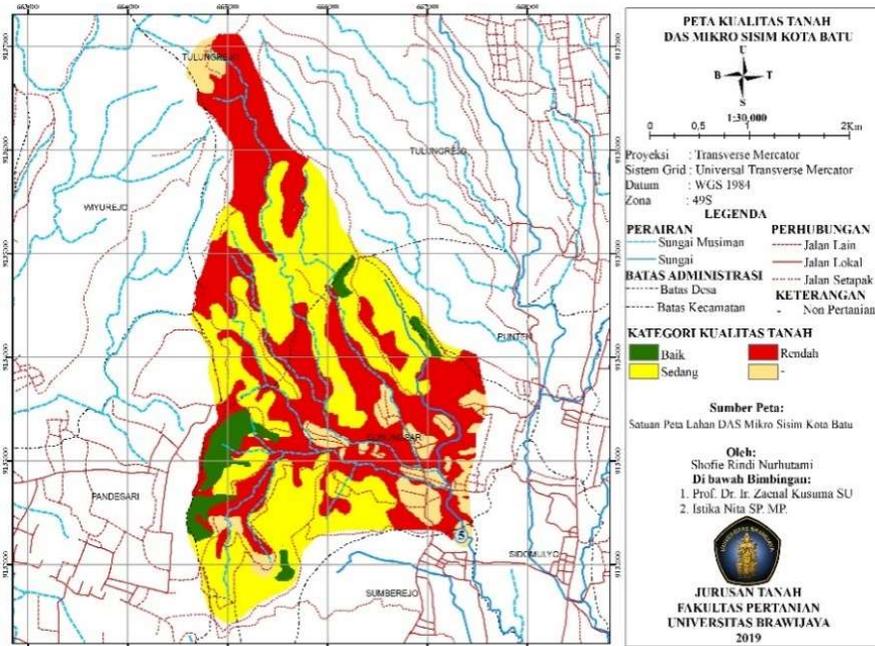
Jumlah serta jenis famili biotilik dipengaruhi kondisi perairan yaitu kesehatan habitat, kondisi substrat serta tingkat gangguan sungai. Lingkungan bersih dan sehat menjadi habitat berbagai famili biotilik dan terjadi keseimbangan ekosistem. Apabila terkontaminasi oleh bahan sedimen ataupun limbah pertanian maka keseimbangan ekosistem terganggu (Tjokrokusumo, 2006). Rini (2015) menambahkan adanya gangguan pada bantaran sungai seperti erosi menyebabkan kerusakan dan meningkatkan sedimentasi serta kekeruhan air, sehingga kehidupan akuatik dapat terganggu. Berdasarkan hasil penilaian kesehatan habitat, kondisi perairan *outlet* DAS Mikro Sisim memiliki skor 1,97 yang tergolong kurang sehat. Pada kondisi ini, kondisi substrat termasuk kategori cukup mendukung kehidupan biotilik (B) serta gangguan manusia terhadap sungai pada tingkat cukup (B).

Indeks pencemaran air biotilik

Famili biotilik yang ditemukan adalah caenidae, erpobdellidae, paratelpusidae, chironomidae serta corydalidae (Gambar 4) termasuk grup B, C dan D yang merupakan kelompok sensitif hingga sangat tahan pencemaran. Hasil analisis indeks pencemaran air biotilik adalah 1,90 kategori kualitas air kotor dan pencemaran agak berat. Organisme yang hidup adalah yang toleran, memiliki ketahanan serta mampu bereproduksi dalam habitat setempat (Khairuddin *et al.*, 2016). Adanya perubahan dalam komunitas perairan mengindikasikan telah terjadi perubahan lingkungan. Tanah

dengan kualitas baik mendukung fungsi tanah dalam mengatur tata air dan non hidrologi DAS. Tanah kualitas rendah mudah mengalami erosi ditandai hancurnya agregat tanah kemudian diangkut aliran permukaan menjadi sedimen

dalam DAS. Sedimen yang terikuk menyebabkan kondisi habitat sungai menjadi tercemar. Erosi semakin besar menyebabkan peningkatan kandungan TSS dan TDS dalam aliran sungai (Nirtha, 2014).



Gambar 2. Peta kualitas tanah DAS Mikro Sisim Kota Batu.



Gambar 4. Famili biotilik yang ditemukan; a. caenidae, b. erpobdellidae, c. paratelpusidae, d. chironomidae, dan e. corydalidae (Rini, 2011).

DAS Mikro Sisim didominasi oleh penggunaan lahan tegalan dengan kualitas tanah buruk (Gambar 3). Akibatnya fungsi hidrologi menjadi kurang optimal ditandai rendahnya kualitas air. Hasil analisis kualitas air termasuk kategori kotor dengan pencemaran sedang yang ditunjukkan oleh nilai Indeks Pencemaran Air Biotilik sebesar 1,97. Intensitas pertanian tinggi menyebabkan kualitas tanah rendah sehingga kondisi perairan memiliki kesehatan habitat dengan skor 1,90 tergolong kurang sesuai, kondisi substrat cukup mendukung kehidupan biotilik (B) serta gangguan manusia terhadap sungai termasuk kategori cukup (B).

Rekomendasi pengelolaan lahan

Perbaikan kualitas tanah rendah diawali dengan meningkatkan kandungan bahan organik tanah (Cardoso *et al.*, 2013). Bahan organik tanah mampu memperbaiki porositas dan stabilitas agregat sehingga tanah tidak mudah mengalami erosi serta membantu menyediakan unsur hara bagi tanaman. Selain melakukan penambahan bahan organik, diperlukan perbaikan pengelolaan tanah misalnya melakukan olah tanah minimum, penambahan biochar kedalam tanah. Adanya peningkatan kualitas tanah maka produktivitas lahan akan meningkat dan kondisi hidrologi DAS Mikro Sisim juga terjaga.

Kesimpulan

IKT DAS Mikro Sisim adalah 0,63-0,32 dengan kategori baik hingga sangat rendah. Kualitas air memiliki skor 1,97 (kategori kualitas air kotor, pencemaran agak berat), kondisi kesehatan habitat tergolong kurang sehat dengan skor 1,90. Pada kondisi ini, substrat cukup mendukung kehidupan biotilik (B) dengan tingkat gangguan cukup (B). Penambahan bahan organik dan perbaikan pengelolaan tanah dapat meningkatkan kualitas tanah sehingga kondisi hidrologi DAS dapat optimal.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada teknisi Laboratorium Fisika dan Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya atas bantuannya dalam analisis sampel tanah.

Daftar Pustaka

- Arifin, M., Putri, N.D., Sandrawati, A. dan Harryanto, R. 2018. Pengaruh posisi lereng terhadap sifat fisika dan kimia tanah pada inceptisols di Jatinangor. *Soil REns Journal* 16(2): 37-44.
- Ayungtias, N.H., Arifin, M. dan Damayani, M. 2016. Analisa kualitas tanah pada berbagai penggunaan lahan di Sub Sub DAS Cimanuk Hulu. *Soil Rns Journal* 14(2): 27-34.
- Banuwa, I.S. 2013. Erosi. Kencana Prenada Media Group. Jakarta. 206 Halaman
- Buckman, H.O. and Braddy, N.C. 1980. *The Nature and Properties of Soil*. Macmillan Co, New York:
- Cardoso, E.J.B.N., Vasconcellos, R.L.F., Bini, D., Miyauchi, M.Y.H., dos Santos, C.A., Alves, P.R.L., de Paula, A.M., Nakatani, A.S., de Moraes Pereira, J. and Nogueira, M.A. 2013. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? *.Scientia Agricola* 70(4): 274-289.
- Ding, G., Novak, J.M., Amarasiriwardena, D., Hunt, P.G. and Xing, B. 2002. Soil organic matter characteristics as affected by tillage management. *Soil Science Society of America Journal* 66(2), 421-429.
- Estiaty, L.M., Fatimah, D. dan Yunaeni, I. 2004. Zeolit alam Cikancra Tasikmalaya : media penyimpanan ion amonium dari pupuk amonium sulfat. *Jurnal Zeolit Indonesia* 3(2): 55-61
- FAO-ISRIC. 1990. Guidelines for profile description. 3rd Edition. Rome
- Hanafiah, K.A. 2009. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta, 360 hal.
- Herdiansyah, E., Lia, A., Rahmita, R. dan Yeni, N.A. 2011. Pembentukan Senyawa Fenolik dan Fitoaleksin. Universitas Muhammadiyah Sukabumi.
- Karlen, D.L., Andrews, S.S., Wienhold, B.J. and Zobeck, T.M. 2008. Soil quality assessment: past, present and future. *Journal of Integrative Biosciences* 6(1): 3-14.
- Khairuddin, Muhammad, Y. dan Abdul, S. 2016. Analisis kualitas air kali ancar dengan menggunakan bioindikator makroinvertebrata. *Biologi Tropis* 16(2): 10-22.
- Mallarino, A.P., Sawyer, J.E., Creswell, J. dan Tidman, M.J. 2000. Soil testing and available phosphorus. *Integrated Crop Management News*. 2079, <https://lib.dr.iastate.edu/cropnews/2079>.
- Masto, R.E., Chhonkar, P.K., Singh, D. and Patra, A.K. 2007. Soil quality response to long-term nutrient and crop management on a semi-arid

- inceptisol. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118(1-4): 130-142.
- Nirtha NNPS, R.I. 2014. Studi tingkat bahaya erosi dan pengaruhnya terhadap kualitas air (tss dan tds) DAS Sejorong, Kecamatan Sekongkang Kabupaten Sumbawa Barat Provinsi Nusa Tenggara Barat. *EnviroScientae* 10, 27-32.
- Nugroho, Y. 2015. Analisis Kualitas Lahan Untuk Pengembangan Model Pertanaman Jati (*Tectona grandis* L.F) Rakyat di Tropika Basah. Disertasi Universitas Brawijaya Malang.
- Palupi, N.P. 2015. Analisis kemasaman tanah dan C organik tanah bervegetasi alang alang akibat pemberian pupuk kandang ayam dan pupuk kandang kambing. *Media Sains* 8(2): 182-188.
- Partoyo, P. 2005. Analisis indeks kualitas tanah pertanian di lahan pasir pantai samas Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian* 12(2): 140-151.
- Rachman, A. dan Abdurachman, A. 2006. Penetapan kemantapan agregat tanah.dalam: Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya, pp 63-74.
- Randall, G.W., Iragavarapu, T.K. and Bock, B.R. 1997. Nitrogen application methods and timing for corn after soybean in a ridge-tillage system. *Journal of Production Agriculture* 10(2): 300-307.
- Rini, D.S. 2011. Panduan Biotilik Untuk Pemantauan Kesehatan Daerah Aliran Sungai. Surabaya: Djitoe Percetakan Surabaya, 24 hal
- Rini, D.S. 2015. Penerapan Rekayasa Ekohidrolika Untuk Penguatan Tebing Sungai dan Pemulihan Habitat Kawasan Suaka Ikan Kali Surabaya. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III pada Peran Akademisi dalam Mengembangkan Inovasi Teknologi Pemanfaatan Sumber Energi Baru dan Terbarukan Institut Teknologi Adhi Tama 13 Oktober 2015, pp. 763-773.
- Setiawan, M.A., Rauf, A. dan Hidayat, B. 2014. Evaluasi status hara tanah berdasarkan posisi lahan di kebun inti tanaman gambir (*Uncaria gambir* roxb.) Kabupaten Pakpak Bharat. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 2(4): 1433-1438.
- Sharma, P.K. dan Bhushan, L.S. 2001. Physical characterization of a soil amended with organic residues in a rice-wheat cropping system using a single value soil physical index. *Soil and Tillage Research* 60(3-4): 143-152.
- Sinha, N.K., Mohanty, M., Meena, B.P., Das, H., Chopra, U K. And Singh, A.K. 2014. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the arid ecosystem of India. *African Journal of Agricultural Research* 9(2): 285-293.
- Supriyadi, Sudaryanto, R., Winarno, J., Hartati, S. and Jamil, I.S. 2014. The quantitative soil quality assement tobacco plant in sindoro mountainous zone. *Journal of Degraded and Mining Land Management* 3(1): 105-110.
- Tan, K.H. 1998. Principles of Soil Chemistry (3rd ed.). Marcel Dekker Inc, New York, 390 hal.
- Tjokrokusumo, S.W. 2006. Bentik makroinvertebrata sebagai indikator polusi lahan perairan. *Jurnal Hidrosfer* 1(1): 8-20.
- Widianto, Suprayogo, D. dan Dewi, I.L. 2010. Implementasi Kaji Cepat Hidrologi (RHA) di Hulu DAS Brantas, Jawa Timur (No. 121).
- Winarso, S. 2005. Kesuburan tanah Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah. Gava Media, Yogyakarta 350 hal.
- Yulnafatmawita, Y., Saidi, A., Gusnidar, G., Adrinal, A. dan Suyoko, S. 2010. Peranan bahan hijauan tanaman dalam peningkatan bahan organik dan stabilitas agregat tanah ultisol limau manis yang ditanami jagung (*Zea mays*). *Jurnal Solum* 7(1): 37-48.