

IDENTIFIKASI KESESUAIAN PENGGUNAAN LAHAN PERTANIAN DAN TINGKAT PENCEMARAN AIR SUNGAI DI DAS BRANTAS HULU KOTA BATU

Identification of Suitability Agriculture Landuse and Water Contamination Level as Agricultural Intensification Effect in Upstream of Brantas Watershed, Batu

Novia Lusiana*, Bambang Rahadi, Fajri Anugroho
Jurusan Keteknikan Pertanian – Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya
Jalan Veteran, Malang 65145

*Penulis Korespondensi: email: novialusiana@ub.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan setiap sektor pembangunan akan membawa dampak negatif terhadap lingkungan, begitu juga dengan perkembangan sektor pertanian menjadi agroindustri. Salah satu dampak negatif dari perkembangan kegiatan pertanian adalah usaha intensifikasi pertanian melalui penggunaan pestisida yang berpotensi mencemari air sungai. Identifikasi terhadap kesesuaian penggunaan lahan pertanian serta tingkat pencemaran air sungai oleh penggunaan pestisida merupakan langkah awal dalam usaha menjaga sumberdaya alam akibat usaha intensifikasi pertanian. Metode penelitian yang digunakan terdiri dari dua metode yaitu analisa spasial untuk kesesuaian penggunaan lahan pertanian dan indeks pencemaran untuk mendeskripsikan tingkat pencemaran air sungai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas lahan yang sesuai dengan peruntukan pertanian (Kelas I dan II) di kota Batu sebesar 1333.54 ha atau 6.78%, hasil evaluasi kelas kemampuan lahan menunjukkan ketidaksesuaian penggunaan lahan kondisi saat ini sebesar 25.67% dan berdasarkan RTRW sebesar 32.05%. Peningkatan ketidaksesuaian penggunaan lahan juga diperoleh dari perkembangan sektor pertanian dimana luas lahan pertanian yang dialokasikan 3289.756 ha lebih dari luas lahan pertanian yang tersedia. Tingkat pencemaran air sungai DAS Brantas hulu kota Batu berada pada status pencemaran ringan sampai berat dengan indeks pencemaran terendah 0.92 (kondisi baik) berada di sumber Brantas dan tertinggi 245.39 pada sungai Ngujung, desa Pandanrejo. Usaha intensifikasi pertanian di kota Batu juga memiliki kontribusi terhadap penurunan kualitas air di DAS Brantas Hulu

Kata kunci : Alih Fungsi Lahan, Indeks, Rencana Tata Ruang, Status Mutu Air

ABSTRACT

Development on each sector would give negative effect for environment quality, such as agriculture development to be agroindustry. One of the negative effect of intensification effort through using of pesticide is donate contaminant to water. Identification of suitability agriculture landuse and water pollution level by pesticide using is the one effort to save a resource from intensification agriculture efforts. The methods proposed are analysis spatial for determined of suitability agriculture landuse and contamination indeks for describe how far the water contamination. The result showed that the area where suitable for agriculture in Batu is 1333.54 ha or 6.78% and the evaluation result showed there is unsuitable landuse in existing condition is 25.67% from total area, and 32.05% for spatial planning condition. The increased of unsuitable landuse on spatial planning caused by agriculture sector development which the area for agriculture more larger than the land capability, planing for agriculture area is 3289.76 ha. Contamination level for water river in Brantas from good condition with IP value is 0.92 on Sumber Brantas and the highest level in Ngujung's river with IP value is 245.39 with weight level status. Agriculture intensification efforts also have contribution to reduce water quality on the upper of Brantas

Keywords: Landuse Change, Index, Spatial Plan, Water Quality Status

PENDAHULUAN

Sebagian masyarakat perkotaan bertempat tinggal di sekitar aliran sungai dan karena alasan ekonomi, mereka memanfaatkan air sungai untuk aktivitas MCK (mandi, cuci dan kakus) dan keperluan lainnya misalnya irigasi (Pradityo, 2011; Dahlan *et al.*, 2014). Hal tersebut dapat mengakibatkan beragam gangguan kesehatan karena kualitas air tidak sesuai dengan peruntukannya bagi manusia, dan pada akhirnya juga berdampak terhadap penurunan kualitas air sungai (Efendi, 2003; Mokondoko *et al.*, 2016; Pulford *et al.*, 2017). Salah satu kegiatan yang berpotensi menurunkan kualitas air adalah usaha intensifikasi pertanian dengan tujuan untuk meningkatkan produksi pertanian secara cepat. Penggunaan pestisida di dalam kegiatan usaha intensifikasi pertanian merupakan salah satu contoh usaha yang dapat menurunkan kualitas perairan (Sarangapani *et al.*, 2016; Lai, 2017; Wee dan Aris, 2017).

Kota Batu adalah wilayah yang memiliki tanah dengan tingkat kesuburan yang relatif baik sehingga banyak komoditas yang sesuai untuk dibudidayakan. Sebagian besar masyarakat kota Batu bermata pencaharian sebagai petani, sehingga sebagian besar lahannya dimanfaatkan sebagai lahan peruntukan pertanian disamping sektor pariwisata dikarenakan cuaca yang cukup rendah. Kota Batu merupakan salah satu lokasi hulu DAS Brantas dan berada pada sub DAS Ambang. Sub DAS Ambang terbagi menjadi 3 Sub DAS yaitu Sub DAS Upper Brantas (Kota Batu), Sub DAS Ambang (Kota Malang dan Kabupaten Malang), dan Sub DAS Bango (Kota Malang dan Kabupaten Malang). Posisi DAS Brantas Kota Batu yang berada di hulu meletakkan DAS Brantas sebagai penyangga ketersediaan air bagi masyarakat yang berada di hilir yang berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No 61 Tahun 2010 menetapkan kualitas air sungai DAS Brantas berada pada Kelas I sebagai peruntukan air minum. Hasil penelitian Fatmawati (2012) menunjukkan bahwa kualitas air di kali Ngrowo anak sungai Brantas yang terletak di Tulungagung menurun dimana parameter BOD sudah melampaui batas ambang kelas II dan III.

Berdasarkan indikator kualitas air menurut Yetti (2011), pada tahun 2003, sungai Brantas mempunyai pH 7.8, kandungan nitrit sebesar 3.79 mg/l, dan fosfat sebesar 0.5 mg/l. Pada tahun 2004, BOD sungai Bran-

tas sebesar 18.83 mg/l dan COD 39.59 mg/l yang masing-masing diatas ambang batas baku mutu. Hal ini mengindikasikan adanya pencemaran di DAS Brantas yang menyebabkan penurunan peruntukan. Secara statistik (metode STORET) menunjukkan bahwa kali Brantas di daerah hulu dan tengah (mulai dari jembatan pendem kota Batu sampai dengan DAM Lengkong) berada pada kondisi tercemar sedang, dan di hilir (mulai dari DAM lengkong hingga pecah menjadi kali Surabaya dan kali Porong sampai ke muara) tercemar berat (Badan Lingkungan Hidup-Proproinsi Jawa Timur, 2017).

Hasil klasifikasi untuk kriteria daerah tangkapan air (penggunaan lahan) di sub DAS Brantas Hulu dengan Indeks Penutupan Lahan (IPL) sebesar 25.53%, termasuk dalam klasifikasi kelas jelek. Kesesuaian Penggunaan Lahan (KPL) sebesar 42.54% termasuk dalam klasifikasi kelas sedang (Shodriyah *et al.*, 2014; Wibowo *et al.*, 2013). Beberapa penelitian menunjukkan kondisi penggunaan lahan saat ini sebesar 25.66% tidak sesuai dengan kelas kemampuan lahan, sedangkan kondisi penggunaan lahan berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah terdapat peningkatan ketidaksesuaian penggunaan lahan sebesar 32.05%. Hal ini dapat mempengaruhi kualitas air di DAS Brantas (Dudula dan Randhir, 2016; Direktorat Kehutanan dan Konservasi Sumberdaya Air, 2017; Reddy *et al.*, 2017).

Pola penggunaan lahan yang ada di suatu tempat dapat memberikan gambaran bagaimana aktivitas masyarakat yang sebelumnya sehingga dapat digunakan menjadi indikator cara masyarakat memperlakukan sumberdaya alam. Perubahan penggunaan lahan yang ada dapat digunakan untuk mengevaluasi perkembangan daerah aliran sungai karena penggunaan lahan merupakan hasil interaksi dari manusia, tanah, tumbuhan yang ada di lahan. Penggunaan lahan di suatu wilayah sangat dinamis mengikuti jumlah dan profesi penduduk serta waktu (Sihite, 2001; Sun *et al.*, 2017; Gashaw *et al.*, 2018).

Beberapa jenis aktivitas utama penggunaan lahan yang dapat menimbulkan pencemaran sungai antara lain penggundulan hutan, pengalihan hutan menjadi lahan pertanian, pengalihan hutan menjadi lahan perkebunan serta pengalihan hutan menjadi daera terbangun. Penurunan kualitas air sungai yang disebabkan oleh pengalihan

hutan menjadi lahan pertanian dapat terjadi akibat erosi (Satriawan, 2010; Dai *et al.*, 2017; Roberts *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2017). Selain akan meningkatkan kandungan zat padat tersuspensi dalam air sungai sebagai akibat sedimentasi, juga akan diikuti oleh meningkatnya kesuburan air dengan meningkatnya kandungan hara dalam air sungai. Kebanyakan kawasan hutan yang diubah menjadi lahan pertanian mempunyai kemiringan diatas 25%, sehingga bila tidak memperhatikan faktor konservasi tanah, seperti pengaturan pola tanam, pembuatan teras dan lainnya, maka akan berakibat masuknya pupuk dan pestisida ke dalam air sungai karena terbawa oleh air limpasan (*run off*).

Salah satu permasalahan yang ada saat ini adalah semakin menurunnya kualitas air sungai Brantas sejalan dengan makin meningkatnya berbagai kegiatan penduduk di sepanjang DAS Brantas. Penurunan kualitas air sungai Brantas ini selain diakibatkan oleh pencemaran alami seperti terjadinya erosi dan limbah pertanian juga dikarenakan oleh adanya bahan-bahan organik berupa limbah dari penduduk sepanjang DAS serta aliran masuk lainnya yang turut mempengaruhi kualitas air sungai Brantas (Handayani *et al.*, 2001; Yetti *et al.*, 2011; Hakim dan Trihadinigrum, 2012; Mahyudin *et al.*, 2015).

Identifikasi terhadap kesesuaian penggunaan lahan pertanian serta tingkat pencemaran air sungai oleh penggunaan pestisida merupakan langkah awal dalam usaha menjaga sumberdaya alam akibat usaha intensifikasi pertanian. Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kesesuaian penggunaan lahan pertanian di kota Batu dan menentukan tingkat pencemaran DAS Brantas Hulu kota Batu akibat usaha intensifikasi pertanian.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Sampel yang diambil adalah air sungai Brantas Hulu yang melalui kota Batu, titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1. Peta penggunaan lahan *existing* dan peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) kota Batu dari BAPPEDA menjadi referensi untuk penentuan kesesuaian penggunaan lahan pertanian kota Batu.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *cool box*, *current meter*, botol sampel, meteran dan *freezer*. Satu perangkat Komputer dilengkapi dengan software ArcView 3.3 yang berfungsi sebagai *software* Sistem Informasi Geografis (SIG) yang digunakan untuk memvisualisasi hasil analisa kesesuaian lahan dengan adanya usaha intensifikasi pertanian di Kota Batu.

Aronoff (1989) mengemukakan bahwa SIG merupakan sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan, memanipulasi informasi geografis. SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan dan menganalisis obyek-obyek dan fenomena dimana lokasi geografi merupakan karakteristik penting untuk dianalisis, atau dapat dikatakan bahwa SIG merupakan suatu perangkat sistem komputer yang memiliki kemampuan untuk mengelola data yang bereferensi geografis berupa masukan, keluaran, pengelolaan data (penyimpanan dan pemanggilan) dan analisis data.

Metode

Identifikasi Kesesuaian Lahan

Metode yang digunakan untuk identifikasi kesesuaian lahan pertanian adalah *overlay* (tumpang tindih) antara peta kelas kemampuan lahan dengan peta penggunaan lahan serta peta rencana tata ruang wilayah kota Batu dengan kategori hasil adalah sesuai dan tidak sesuai. Kelas kemampuan lahan ditentukan berdasarkan karakteristik lahan yang diklasifikasikan ke dalam sub kelas yang terdiri dari tekstur tanah, permeabilitas, drainase, kedalaman efektif, kelerengan dan erosi sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 17 Tahun 2009, dapat dilihat pada Tabel 1. Pengklasifikasian kelas lahan akan menentukan arahan peruntukan lahan yang sesuai dengan kemampuan lahan, dimana kelas lahan dibagi menjadi I-VIII yang dibagi berdasarkan faktor penghambat. Kelas I dan II digunakan sebagai peruntukan pertanian, kelas III sebagai pemukiman, kelas IV, V, dan VI sebagai peruntukan lahan tanaman tahunan/keras serta padang rumput, kelas VII sebagai hutan produksi, dan kelas VIII sebagai hutan lindung, penentuan tingkat kelas dapat dilihat pada Tabel 2 (Rustiadi, 2010).

Evaluasi Penggunaan Lahan

Evaluasi penggunaan lahan dilakukan dengan cara membandingkan peta penggu-

naan lahan peta penggunaan lahan eksisting dan peta RTRW kota Batu dengan peta kelas kemampuan lahan. Penggunaan lahan yang sudah diterapkan dan yang masih direncanakan untuk tahun selanjutnya akan dibandingkan dengan arahan penggunaan lahan yang sesuai dengan kelas kemampuan lahan untuk mengetahui luasan penggunaan lahan yang sudah sesuai.

Hasil *overlay* tersebut akan menghasilkan tingkat kesesuaian penggunaan berdasarkan kemampuan lahan, yang diklasifikasikan menjadi 3 tingkatan yaitu sangat sesuai (S1) jika penggunaan lahan sama dengan arahan penggunaan lahan, sesuai (S2) jika penggunaan lahan pada peruntukkan lebih tinggi bila dibandingkan dengan kelas kemampuan lahan aktual, dan tidak sesuai (N) jika penggunaan lahan tidak sama dengan kelas kemampuan lahan dan tidak diijinkan.

Penentuan Indeks Pencemaran Air

Penentuan titik pengambilan sampel air menggunakan metode *grab sampling*, yaitu cara penentuan titik pengambilan sampel air dengan melihat pertimbangan-pertimbangan yang dilakukan oleh peneliti antara lain didasari atas kemudahan akses, biaya maupun waktu dalam penelitian (Yuliasuti, 2011). Penentuan titik pengambilan sampel air harus dapat menggambarkan karakteristik keseluruhan sungai. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah debit, pH, BOD, COD, TSS, DO dan Total N (sebagai identifikasi adanya pencemaran dari aktivitas pertanian).

Penentuan status mutu air sungai dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Indeks Pencemaran (Kepmen LH No. 115 Tahun 2003). Rumus perhitungan dengan metode Indeks Pencemaran sesuai dengan Persamaan 1.

$$P_{ij} = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M^2 + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R^2}{2}} \dots\dots\dots(1)$$

dengan L_{ij} adalah konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam baku mutu peruntukan air (j); C_i adalah konsentrasi parameter kualitas air (i); P_{ij} adalah indeks pencemaran bagi peruntukan (j); $(C_i/L_{ij})_M$ adalah nilai C_i/L_{ij} maksimum;

dan $(C_i/L_{ij})_R$ adalah nilai C_i/L_{ij} rata-rata.

Indeks pencemaran ini mencerminkan tingkat cemaran sungai dengan membandingkannya dengan baku mutu sesuai kelas air yang ditetapkan berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 82 tahun 2001. Berdasarkan hal tersebut, dapat diperoleh informasi dalam menentukan dapat atau tidaknya air sungai dipakai untuk peruntukan tertentu sesuai kelas air. Langkah-langkah dalam penentuan status mutu air sungai dengan menggunakan metode Indeks Pencemaran sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Penentuan status pencemaran sungai. Kategori indeks pencemaran dibagi menjadi empat yaitu kondisi baik dengan nilai $0 \leq P_{ij} \leq 1.0$, kondisi cemaran ringan dengan nilai $1.0 < P_{ij} \leq 5.0$, cemaran sedang dengan nilai $5.0 < P_{ij} \leq 10$, dan cemaran berat sebesar $P_{ij} > 10.0$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Lokasi Penelitian

Kota Batu secara geografis terletak diantara $122^\circ 17' - 122^\circ 57'$ Bujur Timur dan $7^\circ 44' - 8^\circ 26'$ Lintang Selatan. Wilayahnya, secara administratif terletak di wilayah propinsi Jawa Timur. Luas wilayah kota Batu secara keseluruhan adalah sekitar 19908.75 Ha yang terdiri tiga kecamatan yaitu kecamatan Batu dengan luas 4545.81 Ha, kecamatan Junrejo dengan luas 2565.02 Ha, dan kecamatan Bumiaji dengan luas 12797.92 Ha. Ketinggian lokasi berkisar antara 575 m sampai dengan 3275 m dpl. Penggunaan lahan aktual kota Batu bervariasi dengan komposisi luasan sebagai berikut hutan alam 6155.62 Ha (30.92%), hutan produksi 362.40 Ha (1.82%), kebun campuran 951.11 Ha (4.78%), padang rumput 221.23 Ha (1.11%), pemukiman 1984.52 Ha (9.97%), sawah irigasi 2381.74 Ha (11.96%), sawah tadah hujan 881.92 Ha (4.43%), semak belukar 2653.49 Ha (13.33%) dan tegalan 4316.72 Ha (21.68%).

Berdasarkan rencana tata ruang wilayah Kota Batu Tahun 2010-2030, pemerintah kota Batu mengembangkan sektor pemukiman dengan peningkatan lahan pemukiman sebesar 8.42%, peningkatan lahan hutan produksi sebesar 14.83%, hutan lindung atau alam sebesar 13.15%. Peningkatan

beberapa peruntukan lahan tentunya akan menurunkan luasan lahan peruntukan lainnya seperti kebun campuran sebesar 4%, sawah irigasi dan tadah hujan sebesar 8.65%, semak belukar sebesar 13.01%, dan tegalan 13.08%.

Kota Batu memiliki lima kategori kelerengan yaitu landai (l2) dengan luas wilayah 6263.4 Ha, agak miring/bergelombang (l3) dengan luas wilayah 4363.8 Ha, miring berbukit (l4) dengan luas wilayah 3982.9 Ha, agak curam (l5) dengan luas wilayah 4987.8 Ha, curam (l6) dengan luas wilayah 287.2 Ha. Laju erosi pada kondisi tata guna lahan saat ini, dapat diketahui bahwa jumlah erosi total kota Batu dengan luas kota sebesar 19908.75 Ha mencapai 2633536.59 ton/tahun dengan rata-rata 13228 ton/ha/tahun, sedangkan berdasarkan RTRW diketahui jumlah erosi total Kota Batu mencapai 933406.27 ton/tahun dengan rata-rata 46.88 ton/ha/tahun. Berdasarkan perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan laju erosi sebesar 1700130.32 ton/tahun atau 64.56% dari erosi yang terjadi saat ini. Tekstur tanah kota Batu terdiri dari tiga jenis yaitu halus (t1), sedang (t3), dan kasar (t4). Luasan wilayah yang bertekstur halus sebesar 211.7 Ha, bertekstur sedang 8229.1 Ha, wilayah bertekstur agak kasar 11468.3 Ha. Sifat permeabilitas tanah di kota Batu terdiri dari agak lambat (p2), lambat (p1), sedang (p3). Luasan wilayah yang tergolong permeabilitas lambat seluas 211.7 Ha, permeabilitas agak lambat 7762.5 Ha, permeabilitas sedang seluas 11934.9 Ha.

Kemampuan drainase yang dimiliki oleh kota Batu terdiri dari tiga kategori, yaitu kategori drainase baik sebesar 211.7 Ha, drainase agak buruk sebesar 19522.9 Ha, serta kemampuan drainase buruk seluas 173.8 Ha. Kota Batu memiliki tiga kategori kedalaman, yaitu kedalaman tanah dalam (> 90 cm) seluas 211.7 Ha, kedalaman tanah sedang (90 - 50 cm) seluas 7762.5 Ha, dan kedalaman tanah dangkal (50 - 25 cm) seluas 11934.9 Ha.

Kelas Kemampuan Lahan dan Kesesuaian Penggunaan Lahan

Berdasarkan hasil klasifikasi sub kelas lahan, kota Batu tergolong dalam lahan kelas I, II, III, IV, V, VI dan VII seperti pada Gambar 2. Berdasarkan kelas kemampuan lahan arahan penggunaan lahan yang sesuai untuk pertanian (kelas I, II) sebesar 1333.54 Ha atau 6.79%, luas lahan yang sesuai un-

tuk pemukiman (kelas III) sebesar 3606.95 Ha atau 18.37%, luas lahan yang sesuai untuk tanaman tahunan/keras, padang rumput dan penggembalaan sebesar 12594.06 Ha atau 64.13%, lahan yang sesuai untuk hutan produksi sebesar 2099.03 Ha atau 10.69%. Data tersebut menunjukkan bahwa luas lahan pertanian yang dialokasikan pada kondisi aktual maupun rencana tata ruang wilayah lebih besar bila dibandingkan ketersediaan lahan pertanian yang sesuai dengan kelas kemampuan lahan, pada kondisi aktual penggunaan lahan pertanian lebih besar 1930.12 Ha dan pada rencana tata ruang penggunaan pertanian lebih besar 207.02 Ha. Ketidaksesuaian penggunaan lahan pertanian memberikan kontribusi terhadap penurunan kualitas lingkungan, pembukaan lahan menyebabkan semakin terbukanya lahan sehingga menyebabkan sedimentasi dalam jumlah tinggi mudah terbawa oleh limpasan air permukaan.

Indeks Pencemaran Air

Status mutu air mencerminkan kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air yang diukur dan diuji berdasarkan parameter tertentu dan metode tertentu dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan (Rahmawati, 2011; Danvi *et al.*, 2017; de Mello *et al.*, 2017; Zahedi, 2017). Air sungai dikatakan terjadi penurunan kualitas air, jika air tersebut tidak dapat digunakan sesuai dengan status mutu air secara normal (Azwir, 2006; Marcelo *et al.*, 2017; Vrebos *et al.*, 2017). Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomer 61 Tahun 2010 menetapkan kualitas air sungai DAS Brantas berada pada kelas I sebagai peruntukan air minum. Berdasarkan beberapa penelitian dan artikel yang bersumber dari BLH Jawa Timur menunjukkan adanya penurunan kualitas air di DAS Brantas dan penggunaan lahan di sekitar DAS yang tidak sesuai dengan kemampuan lahan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan rata-rata pH di DAS Brantas Hulu kota Batu adalah 8.5 yang sudah melewati batas ambang baku mutu air Kelas 1 (6-9), grafik pH dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa tiga titik pengambilan sampel kondisi pH di sumber Brantas masih dibawah ambang batas baku mutu, akan tetapi untuk titik selanjutnya kondisi

Tabel 1. Klasifikasi kemampuan lahan tingkat subkelas

Subkelas	Kriteria	Keterangan
Tekstur tanah (t)	t1	halus
	t2	agak halus
	t3	sedang
	t4	agak kasar
	t5	kasar
Kedalaman efektif (k)	k0	> 90 cm
	k1	90 - 50 cm
	k2	50 - 25 cm
	k3	< 25 cm
Permeabilitas (p)	p1	0.5 cm ⁻¹ jam ⁻¹
	p2	0.5-2.0 cm ⁻¹ jam ⁻¹
	p3	2.0-6.25 cm ⁻¹ jam ⁻¹
Drainase (d)	d0	baik
	d1	agak baik
	d2	agak buruk
	d3	buruk
	d4	sangat buruk
Erosi (e)	e0	tidak ada erosi
	e1	sangat ringan
	e2	ringan
	e3	sedang
	e4	besar
	e5	sangat besar
Lereng permukaan (l)	l0	0 - 3%
	l1	3 - 8%
	l2	8 - 15%
	l3	15 - 30%
	l4	30 - 45%
	l5	45 - 65%
	l6	> 65%

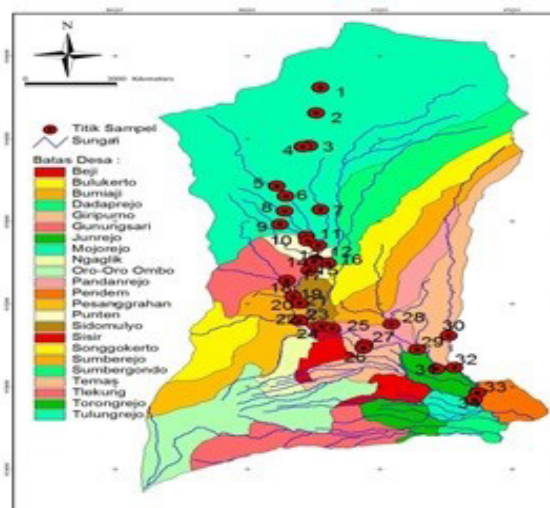
Tabel 2.

Subkelas	Kelas Kemampuan Lahan							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1. Tekstur tanah								
a. Lapisan atas	t2/t3	t1/t4	t1/t4	(*)	(*)	(*)	(*)	t5
b. Lapisan bawah	t2/t3	t1/t4	t1/t4	(*)	(*)	(*)	(*)	t5
2. Lereng Permukaan (%)	l0	l1	l2	l3	(*)	l4	l5	l6
3. Drainase	d0/d1	d2	d3	d4	(**)	(*)	(*)	(*)
4. Ke dalam efektif	k0	k0	k1	k2	(*)	k3	(*)	(*)
5. Keadaan erosi	e0	e1	e1	e2	(*)	e3	e4	(*)
6. Permeabilitas	p2/p3	p2/p3	p2/p3	p3	p1	(*)	(*)	p3

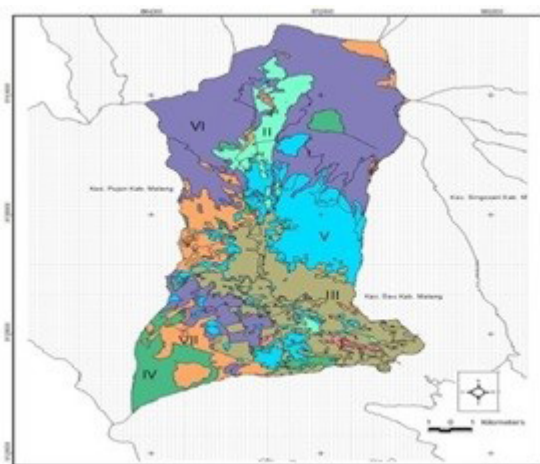
Keterangan : (*) sebaran sifat faktor penghambat dari kelas yang lebih rendah; (**) permukaan tanah selalu tergenang air

Tabel 3. Perhitungan indeks pencemaran air

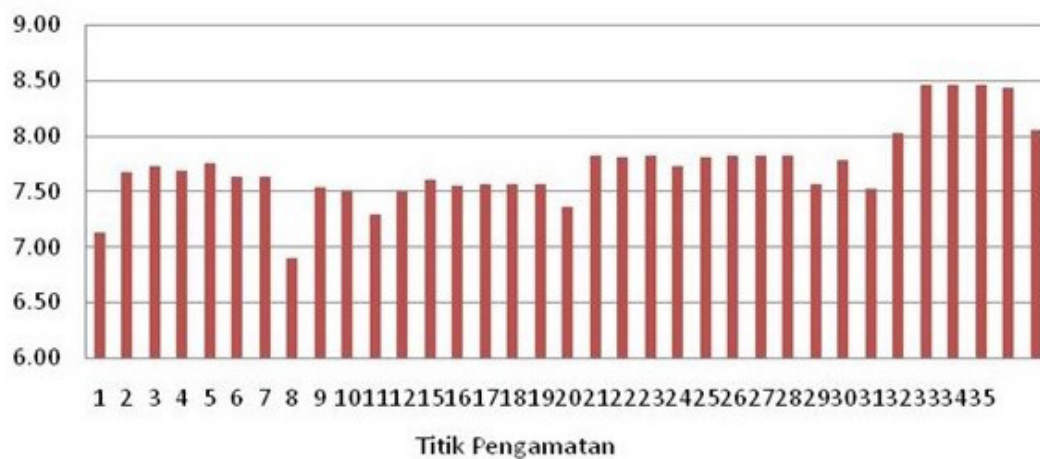
Ti- tik	Ci/Li (pH)	Ci/Li BOD	Ci/Li COD	Ci/Li TSS	Ci DO baru	Ci/Li (DO)	Ci/Li Total N	Total Ci/ Li	(Ci/ Li) R	(Ci/Li) M	Pix	Status
1	0.25	1.21	0.88	0.11	0.33	0.06	0.38	2.88	0.48	1.21	0.92	Baik
2	0.11	3.14	3.59	0.33	0.57	0.10	0.38	7.65	1.28	3.59	2.69	ringan
3	0.15	3.90	0.84	0.17	1.30	0.22	0.29	5.57	0.93	3.9	2.83	ringan
4	0.13	3.42	2.56	0.27	0.84	0.14	0.35	6.87	1.15	5.46	3.94	ringan
5	0.18	3.92	3.82	1.70	0.43	0.07	0.38	10.07	1.68	3.92	3.02	ringan
6	0.09	5.58	4.39	0.39	0.77	0.13	0.34	10.91	1.82	5.58	4.15	ringan
7	0.09	5.49	4.36	0.46	0.75	0.13	0.34	10.86	1.81	11.4	8.16	sedang
8	0.40	1.10	0.80	0.12	0.23	0.04	16.00	18.45	3.08	16	11.52	berat
9	0.02	4.88	3.86	0.41	0.68	0.11	2.51	11.76	1.96	2.64	2.32	ringan
10	0.01	4.75	3.75	0.40	0.66	0.11	2.99	11.99	2.00	2.98	2.54	ringan
11	0.13	1.49	0.81	0.15	1.10	0.18	1.44	4.21	0.70	1.49	1.16	ringan
12	0.00	4.49	3.52	0.38	0.52	0.09	2.86	11.33	1.89	18.91	13.44	berat
13	0.07	8.37	5.64	1.53	3.90	0.65	0.69	16.94	2.82	8.37	6.25	sedang
14	0.04	6.72	4.74	1.04	2.03	0.34	1.61	14.41	2.40	4.87	3.84	ringan
15	3.04	1.87	1.32	0.29	5.62	0.94	0.45	7.90	1.32	3.57	2.69	ringan
16	13.85	17.97	12.67	2.79	6.30	1.05	4.31	52.64	8.77	33.16	24.25	berat
17	10.05	14.35	10.11	2.23	3.61	0.60	3.44	40.77	6.79	27.39	19.95	berat
18	0.09	4.62	3.45	0.28	3.50	0.58	0.76	9.78	1.63	4.62	3.46	ringan
19	0.06	7.39	5.22	0.48	4.00	0.67	0.52	14.33	2.39	7.39	5.49	sedang
20	10.57	7.25	13.63	1.25	1.04	0.17	1.43	34.30	5.72	19.28	14.22	berat
21	26.07	36.99	26.16	2.39	8.44	1.41	2.73	95.75	15.96	36.99	28.49	berat
22	0.19	1.59	0.77	0.17	2.97	0.50	0.38	3.60	0.60	1.59	1.20	ringan
23	24.05	34.23	24.18	2.22	7.55	1.26	2.55	88.49	14.75	297.84	210.86	berat
24	0.28	3.50	2.24	2.00	2.70	0.45	0.28	8.74	1.46	3.5	2.68	ringan
25	9.48	15.39	10.73	2.08	1.27	0.21	1.16	39.05	6.51	314.32	222.31	berat
26	3.60	9.66	6.73	1.31	1.81	0.30	0.73	22.33	3.72	73.68	52.17	berat
27	0.06	8.49	7.59	2.58	4.60	0.77	1.12	20.60	3.43	8.49	6.48	sedang
28	3.05	9.48	6.87	1.51	2.25	0.38	0.79	22.06	3.68	20.68	14.85	berat
29	0.03	3.49	2.16	1.20	2.57	0.43	0.54	7.84	1.31	3.49	2.64	ringan
30	0.44	4.61	3.51	1.71	4.00	0.67	0.74	11.68	1.95	4.61	3.54	ringan
31	0.81	4.10	2.42	1.48	2.13	0.36	0.52	9.69	1.62	4.1	3.12	ringan
32	0.81	4.10	2.43	1.48	2.15	0.36	0.52	9.71	1.62	6.71	4.88	sedang
33	4.23	6.08	3.60	2.19	0.19	0.03	0.78	16.91	2.82	6.08	4.74	ringan
34	0.78	1.91	0.94	0.60	2.87	0.48	0.39	5.10	0.85	1.91	1.48	ringan
35	0.48	4.18	2.28	0.47	2.60	0.43	0.42	8.26	1.38	4.18	3.11	ringan



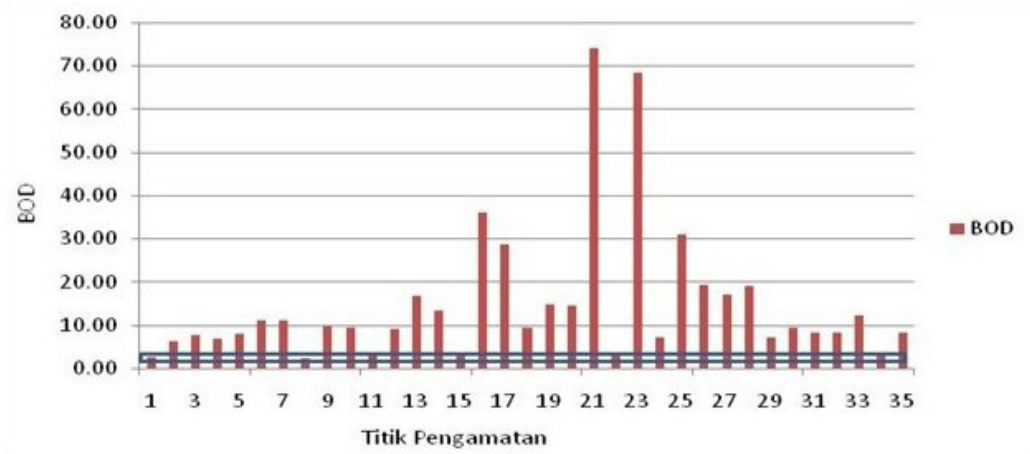
Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel



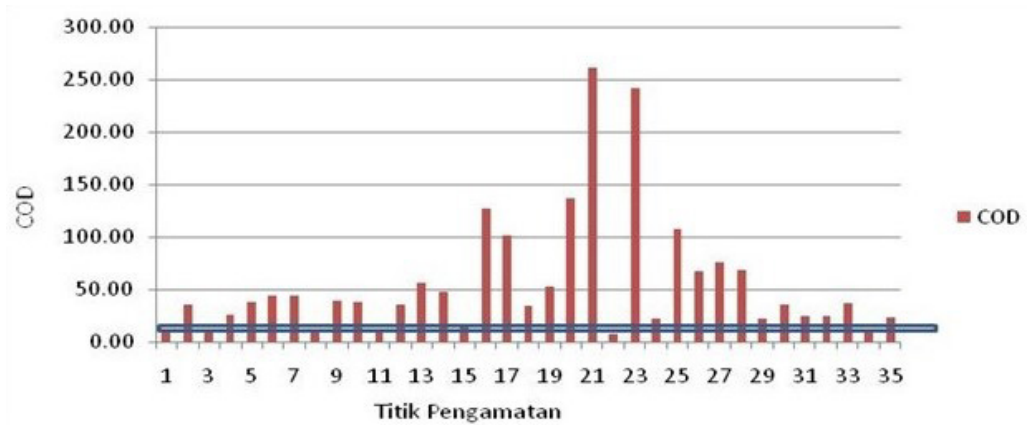
Gambar 2. Peta kelas kemampuan lahan



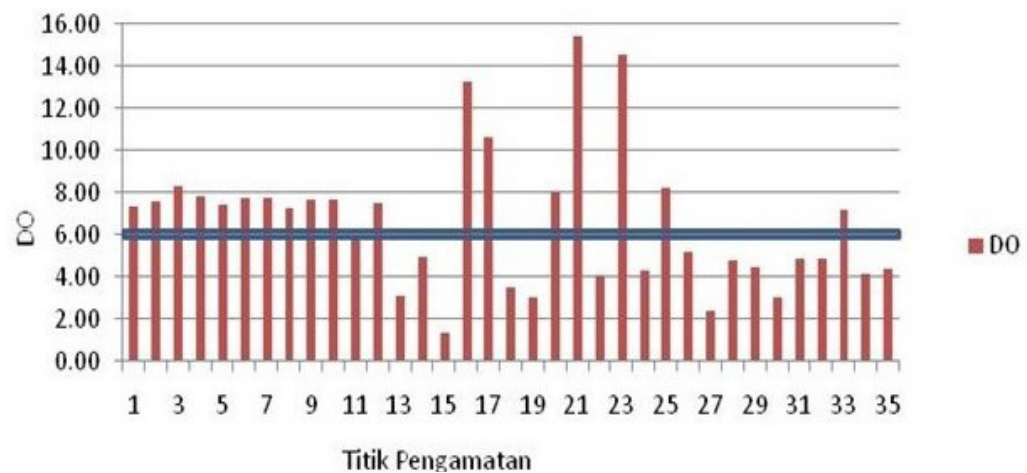
Gambar 3. Distribusi pH pada 35 titik pengambilan sampel



Gambar 4. Distribusi kadar BOD pada 35 titik pengambilan sampel



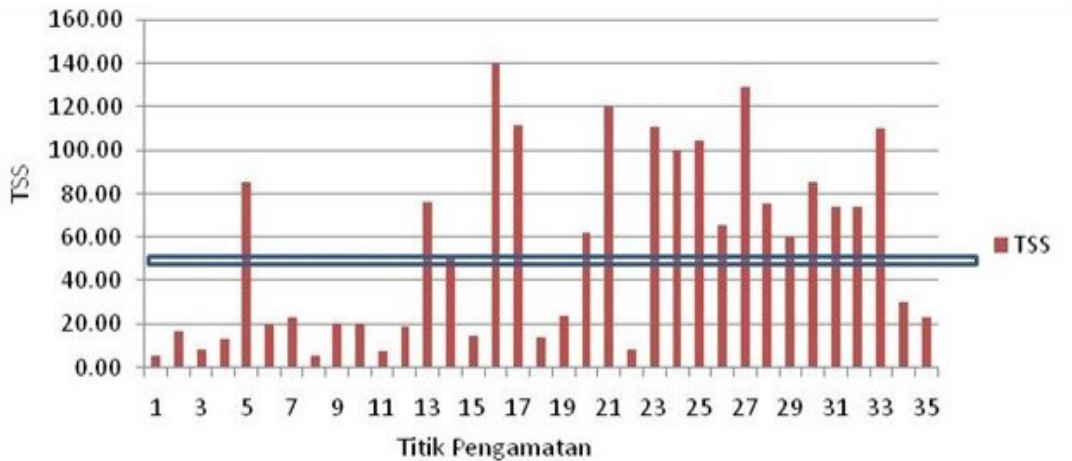
Gambar 5. Distribusi kadar COD pada 35 titik pengambilan sampel



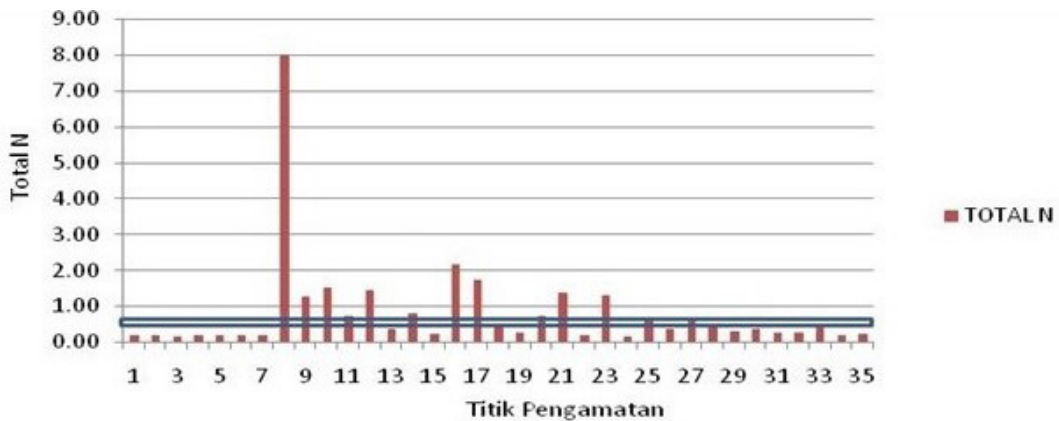
Gambar 6. Distribusi kadar DO pada 35 titik pengambilan sampel

pH berada di atas ambang baku mutu dengan nilai 12.28. Kondisi fluktuatif nilai pH di DAS Brantas Hulu kota Batu berada di titik pengambilan (titik 16-25) pada kali Kungkuk yang melewati desa Sumberejo, desa Sisir, desa Temas dan desa Pandanrejo dengan pH tertinggi sampai 8.57. Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6.5 – 7.5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH air atau besarnya ion hidrogen di dalam air. Air yang mempunyai pH lebih kecil dari pH normal akan bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH lebih besar dari normal akan bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang pada akhirnya akan mengganggu kehidupan organisme di dalam air (Wardhana, 2004; Wang *et al.*, 2016).

Parameter BOD di DAS Brantas menunjukkan bahwa sebagian besar sungai dalam kondisi tercemar yang ditunjukkan dengan kandungan BOD telah melewati batas ambang baku mutu (2 untuk air kelas 1). Total 35 titik sampel yang diambil hanya 6 titik yang masih berada di kondisi dibawah ambang baku mutu yaitu sumber Brantas, kali Kungkuk desa Punten, kali Kungkuk desa Sumberejo, kali Brantas desa Temas, kali Curah Krikil desa Mojorejo. Pada 29 titik lainnya, berada di atas ambang baku mutu dengan konsentrasi BOD tertinggi 73.59 mg/l di titik kali Kungkuk desa Pandanrejo. Semakin besar kadar BOD mengindikasikan bahwa perairan telah tercemar, kadar BOD dalam air yang tingkat pencemarannya masih rendah dan dapat dikategorikan sebagai perairan yang baik berkisar 0 – 10 ppm (Salmin, 2005).



Gambar 7. Distribusi kadar TSS pada 35 titik pengambilan sampel



Gambar 8. Distribusi kadar total N pada 35 titik pengambilan sampel

Perairan yang memiliki nilai BOD lebih dari 10 mg/l dianggap telah mengalami pencemaran (Effendi, 2003; Revelli dan Ridolfi, 2004; Ajeagah *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2012). Grafik konsentrasi BOD di DAS Brantas Hulu dapat dilihat pada Gambar 4. Menurut Wardhana (2004), COD atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Hasil uji laboratorium menunjukkan konsentrasi COD yang masih berada di bawah ambang batas baku mutu (10 mg/l) sebanyak 6 titik yaitu titik sumber Brantas, kali Kungkuk desa Tulungrejo, kali Kungkuk desa Puntan, kali Brantas desa Puntan, kali Curah Krikil desa Mojorejo. Kandungan COD tertinggi berada di titik kali Kungkuk desa Temas dengan konsentrasi COD sebesar 261.58 mg/l (Gambar 5). Angka COD yang tinggi, mengindikasikan semakin besar tingkat pencemaran yang terjadi (Yudo, 2010; Diamantini *et al.*, 2018).

Perairan yang memiliki nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian (Effendi, 2003; Cruse *et al.*, 2014). Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/l.

Kadar oksigen yang terlarut di perairan alami bervariasi tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air dan tekanan atmosfer. Semakin besar suhu dan ketinggian (*altitude*) serta semakin kecil tekanan atmosfer, kadar oksigen terlarut semakin kecil (Landman dan Van den Heuvel, 2003). Hasil uji laboratorium menunjukkan terdapat 16 titik sampel yang memiliki kandungan DO dibawah batas ambang baku mutu (6 mg/l), sedangkan 19 titik lainnya sudah tercemar dengan nilai DO tertinggi sebesar 15.44 mg/l (Gambar 6). Perairan dapat dikategorikan sebagai perairan yang baik dan tingkat pencemarannya rendah jika kadar oksigen terlarutnya > 5 mg/l (Salmin, 2005). Kadar oksigen terlarut pada perairan alami biasanya kurang dari 10 mg/l (Landman dan Van den Heuvel, 2003).

Total Suspended Solid (TSS) atau padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat dan lainnya (Fardiaz, 1992; Mulligan *et al.*, 2009; Bork-

man dan Smayda, 2016; Raycraft *et al.*, 2017). Hasil uji laboratorium menunjukkan dari 35 titik pengambilan sampel menunjukkan 18 titik berada di atas batas ambang baku mutu (50 mg/l), dengan konsentrasi TSS tertinggi adalah 139.48 mg/l yang terletak di kali Kungkuk desa Sumberejo (Gambar 7).

TSS sendiri terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air (Effendi, 2003; Kim *et al.*, 2017; Raycraft *et al.*, 2017). Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan pada musim penghujan sehingga kandungan TSS yang tinggi disebabkan oleh terbawanya sedimentasi oleh air hujan dari lahan kosong yang tidak bervegetasi.

Nitrat (NO_3) merupakan salah satu bentuk nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae, nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil, senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan (Effendi, 2003; Wang *et al.*, 2012; Czerwionka, 2016; Kristiana *et al.*, 2017). Hasil uji sampel menunjukkan bahwa terdapat 12 titik yang memiliki konsentrasi Total N melebihi batas ambang baku mutu (0.5 mg/l). Konsentrasi Total N tertinggi sebesar 8 mg/l yang berada di kali Kungkuk desa Puntan, grafik konsentrasi. Total N dapat dilihat pada Gambar 8. Nitrat merupakan bentuk senyawa yang stabil dan keberadaannya berasal dari buangan pertanian, pupuk, kotoran hewan dan manusia dan sebagainya (Bao *et al.*, 2017; Schullehner *et al.*, 2017; Schweitzer dan Noblet, 2018).

Status mutu air mencerminkan kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air yang diukur dan diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan (Rahmawati, 2011).

Berdasarkan keenam parameter yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat diketahui status mutu air berdasarkan indeks pencemaran seperti yang ditampilkan pada Tabel 3. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dari 35 titik pengambilan contoh 1 titik dalam kondisi baik yaitu sumber Brantas, 19 titik berada pada kondisi tercemar ringan, 5 titik tercemar sedang, dan 10 titik tercemar berat. Indeks pencemaran terendah sebesar 0.92 dan tertinggi berada pada indeks 222.31.

SIMPULAN

Kondisi penggunaan lahan kota Batu yang merupakan lokasi DAS Brantas menunjukkan adanya ketidaksesuaian penggunaan lahan pertanian. Ketidaksesuaian penggunaan lahan pertanian merupakan usaha intensifikasi terhadap sektor pertanian yang berpeluang meningkatkan penggunaan pestisida dalam kegiatannya dan memiliki kontribusi terhadap penurunan kualitas air sungai. Berdasarkan parameter pH, BOD, COD, DO, TSS dan Total N menunjukkan bahwa DAS Brantas Hulu kota Batu mengalami pencemaran dengan status baik sampai tercemar berat. Pencemaran di DAS Brantas Hulu kota Batu juga dipengaruhi oleh aktivitas pertanian yang ditunjukkan adanya kandungan Total N yang melebihi batas ambang baku mutu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajeegah, G, Nijine, T, Foto, S. 2010. Monitoring of organic load in a tropical urban river basin (Cameroon) by means of BOD and oxydability measurements. *Ecohydrology & Hydrobiology*. 10(1):71-80
- Aronoff, S. 1989. Geographic information systems: A management perspective. *Geocarto International*. 4(4):58
- Azwir. 2006. Analisa Pencemaran Air Sungai Tampung Kiri oleh Limbah Industri Kelapa Sawit PT. Peputra Masterindo di Kabupaten Tangerang. Tesis. Universitas Diponegoro, Semarang
- Badan Lingkungan Hidup Propinsi Jawa Timur. 2017. Jatim & isu strategis. Dilihat 20 Juni 2017. <<https://pusdaling.jatimprov.go.id/2-info-home/35-isu-strategis.html>>
- Bao, Z, Hu, Q, Qi, W, Tang, Y, Wang, W, Wan, P, Chao, J, Yang, X, J. 2017. Nitrate reduction in water by aluminum alloys particles. *Journal of Environmental Management*. 196:666-673
- Borkman, D, G, Smayda, T, J. 2016. Coincident patterns of waste water suspended solids reduction, water transparency increase and chlorophyll decline in Narragansett Bay. *Marine Pollution Bulletin*. 107(1):161-169
- Chen, C, H, Lung, W, S, Li, S, W, Lin, C, F. 2012. Technical challenges with BOD/DO modeling of rivers in Taiwan. *Journal of Hydro-environment Research*. 6(1):3-8
- Cruse, RM, Wang, E, Lee, S, Chen, X. 2014. 'Agriculture and Water Quality'. Dalam SA Elias. *Earth Systems and Environmental Sciences*. Elsevier, UK
- Czerwionka, K. 2016. Influence of dissolved organic nitrogen on surface waters. *Oceanologia*. 58(1):39-45
- Dahlan, E, N, Rebecca, P, Rusdiana, O. 2014. Pemanfaatan sumber daya air di sub DAS lubuk paraku sumatera barat. *Media Konservasi*. 19(1):30-40
- Dai, X, Zhou, Y, Ma, W, Zhou, L. 2017. Influence of spatial variation in land-use patterns and topography on water quality of the rivers inflowing to Fuxian Lake, a large deep lake in the plateau of southwestern China. *Ecological Engineering*. 99:417-428
- Danvi, A, Giertz, S, Zwart, S, J, Diekkrüger, B. 2017. Comparing water quantity and quality in three inland valley watersheds with different levels of agricultural development in central Benin. *Agricultural Water Management*. 192:257-270
- de Mello, K, Randhir, T, O, Valente, R, A, Vettorazzi, C, R. 2017. Riparian restoration for protecting water quality in tropical agricultural watersheds. *Ecological Engineering*. 108:514-524
- Diamantini, E, Lutz, S, R, Malluci, S, Majone, B, Merz, R, Bellin, A. 2018. Driver detection of water quality trends in three large european river basins. *Science of The Total Environment*. 612:49-62
- Direktorat Kehutanan dan Konservasi Sumberdaya Air. 2017. Kajian model pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) terpadu. Dilihat 27 Juli 2017. <https://www.bappenas.go.id/files/1213/5053/3289/17kajian-model-pengelolaan-daerah-aliran-sungai-das-terpadu_20081123002641_16.pdf>
- Dudula, J, Randhir, T, O. 2016. Modeling the influence of climate change on watershed systems: adaptation through targeted practices. *Journal of Hydrology*. 541:703-713
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Perairan*. Kanisius, Yogyakarta

- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Penerbit Kanisius, Yogyakarta
- Fatmawati, R, Masrevaniah, A, Solichin, M. 2012. Kajian identifikasi daya tampung beban pencemaran kali Ngrowo dengan menggunakan paket program Qual2kw. *Jurnal Pengairan*. 3(2):122-131
- Gashaw, T, Tulu, T, Argaw, M, Worqlul, A, W. 2018. Modeling the hydrological impacts of land use/land cover changes in the Andassa watershed, Blue Nile Basin, Ethiopia. *Science of The Total Environment*. 619:1394-1408
- Hakim, A, R, W, Trihadiningrum, Y. 2012. Studi kualitas air sungai brantas berdasarkan makroinvertebrata. *Jurnal Sains dan Seni POMITS*. 1(1):1-6
- Handayani, S, T, Suharto, B, Marsoedi. 2001. Penentuan status kualitas perairan sungai brantas hulu dengan biomonitoring makrozoobentos: tinjauan dari pencemaran bahan organik. *Biosain*. 1(1):30-38
- Kim, H, C, Son, S, Kim, Y, H, Khim, J, S, Nam, J, Chang, W, K, Lee, J, H, Lee, C, H, Ryu, J. 2017. Remote sensing and water quality indicators in the Korean west coast: spatio-temporal structures of MODIS-derived chlorophyll-a and total suspended solids. *Marine Pollution Bulletin*. 121(1-2):425-434
- Kristiana, I, Liew, D, Henderson, R, K, Joll, C, A, Linge, K, L. 2017. Formation and control of nitrogenous DBPs from Western Australian source waters: Investigating the impacts of high nitrogen and bromide concentrations. *Journal of Environmental Sciences*. 58:102-115
- Landman, M, J, Van den Heuvel, M, R. 2003. An improved system for the control of dissolved oxygen in freshwater aquaria. *Water Research*. 37(18):4337-4342
- Mahyudin, Soemarno, Prayogo, T, B. 2015. Analisis kualitas air dan strategi pengendalian pencemaran air sungai metro di kota kepanjen kabupaten malang. *J-PAL*. 6(2):105-114
- Marcelo, J, Peron, A, P, Carneiro, F, C, Bezerra, E, de Macedo Viera Lima, A, Alves de Oliveira, V, Matos, L, A, Paz, M, F, C, J, Barros de Alencar, M, V, O, Islam, M, T, Amelia de Carvalho Melo-Cavalcante, A, Bonecker C, C, Julio Jr, H, F. 2017. Physico-chemical and genotoxicity analysis of Guaribas river water in the Northeast Brazil. *Chemosphere*. 177:334-338
- Mokondoko, P, Manson, R, H, Pérez-Maqueo, O. 2016. Assessing the service of water quality regulation by quantifying the effects of land use on water quality and public health in central Veracruz, Mexico. *Ecosystem Services*. 22:161-173
- Mulligan, C, N, Davarpanah, N, Fukue, M, Inoue, T. 2009. Filtration of contaminated suspended solids for the treatment of surface water. *Chemosphere*. 74(6):779-786
- Pradityo, T. 2011. Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan dan Aktivitas Manusia terhadap Kualitas Air Sub DAS Saluran Tarum Barat. Skripsi. IPB, Bogor
- Pulford, E, Polidoro, B, A, Nation, M. 2017. Understanding the relationships between water quality, recreational fishing practices, and human health in Phoenix, Arizona. *Journal of Environmental Management*. 199:242-250
- Rahmawati, D. 2011. Pengaruh Kegiatan Industri Terhadap Kualitas Air Diwadi Bergas Kabupaten Semarang dan Upaya Pengendalian Pencemaran Air Sungai. Tesis. Universitas Diponegoro, Semarang
- Raycraft, S, T, Morris, T, J, Ackerman, J, D. 2017. Suspended solid concentration reduces feeding in freshwater mussels. *Science of The Total Environment*. 598:1160-1168
- Reddy, V, R, Saharawat, Y, S, George, B. 2017. Watershed management in south asia: a synoptic review. *Journal of Hydrology*. 551:4-13
- Revelli, R, Ridolfi, L. 2004. Stochastic dynamics of BOD in a stream with random inputs. *Advances in Water Resources*. 27(9):943-952
- Roberts, W, M, Fealy, R, M, Doody, D, G, Jordan, P, Daly, K. 2016. Estimating the effects of land use at different scales on high ecological status in Irish rivers. *Science of The Total Environment*. 572:618-625
- Rustiadi, E, Saefulhakim, S, Panuju, DR. 2010. *Perencanaan dan Pengembangan Wilayah*. CrestPent Press, Bogor
- Salmin. 2005. Oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan. *Jurnal Oseana*. 30:21-26

- Satriawan, H. 2010. Alih fungsi lahan kawasan hulu dan dampaknya terhadap kualitas air di kawasan hilir daerah aliran sungai. *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi Lentera*. 10(2):54-58
- Schullehner, J, Jensen, N, L, Thygesen, M, Hansen, B, Sigsgaard, T. 2017. Drinking water nitrate estimation at household-level in danish population-based long-term epidemiologic studies. *Journal of Geochemical Exploration*. 183:178-186
- Schweitzer, L, Noblet, J. 2018. 'Water Contamination and Pollution'. Dalam B Török dan T Dransfield. *Green Chemistry*. Elsevier, USA
- Shodriyah, F, Sayekti, R, W, Prasetyorini, L. 2014. Studi penentuan kinerja pengelolaan DAS (kelestarian lingkungan dan ekonomi) di sub DAS brantas hulu. *Jurnal Pengairan*. 5(1)
- Sihite, J. 2001. Evaluasi Dampak Erosi Tanah Model Pendekatan Ekonomi Lingkungan dalam Perlindungan DAS: Kasus Sub-DAS Besai DAS Tulang Bawang Lampung. Disertasi. IPB, Bogor
- Sun, Z, Lotz, T, Chang, N, B. 2017. Assessing the long-term effects of land use changes on runoff patterns and food production in a large lake watershed with policy implications. *Journal of Environmental Management*. 204:92-101
- Vrebos, D, Beauchard, O, Meire, P. 2017. The impact of land use and spatial mediated processes on the water quality in a river system. *Science of The Total Environment*. 601-602:365-373
- Wang, Q, S, Sun, D, B, Hao, W, P, Li, Y, Z, Mei, X, R, Zhang, Y, Q. 2012. Human activities and nitrogen in waters. *Acta Ecologica Sinica*. 32(4):174-179
- Wang, X, Dong, X, Liu, H, Wei, H, Fan, W, Lu, N, Xu, Z, Ren, J, Xing, K. 2017. Linking land use change, ecosystem services and human well-being: a case study of the manas river basin of xinjiang, china. *Ecosystem Services*. 27:113-123
- Wang, Y, Zang, Li, G, Liu, Y. 2016. Evaluation the anaerobic hydrolysis acidification stage of kitchen waste by pH regulation. *Waste Management*. 53:62-67
- Wardhana, WA. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Offset, Yogyakarta
- Wibowo, A, C, Sayekti, R, W, Rispiningtati. 2013. Studi penentuan kinerja pengelolaan DAS di sub DAS konto hulu. *Jurnal Pengairan*. 4(2)
- Yetti, E, Soedharma, D, Haryadi, S. 2011. Evaluasi kualitas air sungai-sungai di kawasan DAS brantas hulu malang dalam kaitannya dengan tata guna lahan dan aktivitas masyarakat di sekitarnya. *JPSL*. 1:10-15
- Yudo, S. 2010. Kondisi kualitas air sungai ciliwung di wilayah DKI jakarta ditinjau dari parameter organik, amoniak, fosfat, detergen dan bakteri coli. *JAI*. 6(1):34-42
- Yuliasuti, E. 2011. Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. Tesis. Universitas Diponegoro, Semarang
- Zahedi, S. 2017. Modification of expected conflicts between drinking water quality index and irrigation water quality index in water quality ranking of shared extraction wells using multi criteria decision making techniques. *Ecological Indicators*. 83:368-379