PENGARUH GANGGUAN PADA ZONA RIPARIAN TERHADAP JASA LAYANAN EKOSISTEM HULU SUNGAI BRANTAS

EFFECT OF RIPARIAN ZONE DISTURBANCES ON ECOSYSTEM SERVICES ON THE UPPER BRANTAS RIVER

Hamdani Dwi Prasetyo ^{1)*}, Ari Hayati¹⁾

Diterima : 01 Agustus 2020

Disetujui : 25 Agustus 2020

Afiliasi Penulis:

¹⁾ Program Studi Biologi FMIPA
Universitas Islam Malang

Alamat Korespondensi:

*hamdani.dwiprasetyo@unisma.ac.id

ABSTRAK

Zona riparian memberikan jasa layanan ekosistem dalam mengendalikan pencemaran. Peran vegetasi riparian berperan dalam proses regulasi nutrisi. Kualitas habitat riparian sangat bergantung pada gangguan yang terjadi pada zona riparian. Untuk menentukan kemampuan jasa layanan ekosistem hulu Sungai Brantas berdasarkan kualitas air sungai dan tingkat gangguan habitat. Penentuan kualitas air meliputi pengukuran parameter suhu air, derajat keasaman air (pH), konduktivitas air, oksigen terlarut, debit air, dan kecepatan arus air pada 3 stasiun dengan 3 kali ulangan pada hulu Sungai Brantas. Hasil penentuan kualitas air dianalisis menggunakan indeks Prati. Penentuan tingkat gangguan habitat dianalisis menggunakan indeks naturalness dan indeks hemeroby. Hasil penentuan kualitas air stasiun kedua hulu sungai masuk dalam kategori sangat baik dibandingkan stasiun pertama dan ketiga. Hasil penentuan tingkat gangguan habitat berdasarkan indeks naturalness, stasiun hulu sungai kedua masuk dalam kategori alami karena masih terdapat vegetasi lokal dan keberadaan bangunan tidak dominan serta pencemaran sedikit. Berdasarkan derajat Hemeroby, stasiun hulu sungai pertama dan ketiga masuk dalam kategori euhemerobic yang mana jauh dari kondisi alami, dan stasiun kedua berada ada kondisi mesohemerobic yang merupakan kondisi yang semi alami. Dengan demikian, kualitas stasiun hulu sungai kedua lebih baik dibandingkan dengan stasiun hulu sungai pertama dan kedua.

Kata kunci: gangguan habitat, jasa layanan ekosistem, kualitas air, zona riparian

ABSTRACT

Riparian zones provide ecosystem services in controlling pollution. The role of riparian vegetation plays a role in the process of nutrition regulation. The quality of riparian habitat is very dependent on the disturbance that occurs in the riparian zone. To determine the ability of ecosystem services for the Brantas River upstream riparian zone, a study was conducted to determine river water quality and determine the level of habitat disturbance. The determination of water quality includes the measurement of water temperature, water acidity (pH), water conductivity, dissolved oxygen, water discharge, and water flows at three stations three times repetition at the upstream of the Brantas River. The results of determining water quality were analyzed using the Prati index. Determination of the level of habitat disturbance was analyzed using the Naturalness index and the Hemeroby index. The results of determining the water quality of the HS2 station are included in the excellent category compared to the HS1 and HS3 stations. Results Determination of the level of habitat disturbance based on the naturalness index, the HS2 station is included in the natural category because there is still local vegetation and the presence of buildings is not dominant and there is little pollution. While the Hemeroby index results, the HS1 and HS2 stations are in the euhemerobic category, and the HS2 station is mesohemerobic.

Keywords: ecosystem services, habitat disturbance, riparian zone, water quality

Cara Sitasi:

Prasetyo, H.D., A. Hayati. 2020. Pengaruh gangguan zona riparian terhadap jasa layanan ekosistem pada hulu Sungai Brantas: *Journal of Tropical Biology* 8 (2): 125-134.

PENDAHULUAN

Zona riparian merupakan zona yang terletak di antara ekosistem darat dan perairan. Fungsi ekologi zona riparian adalah sebagai habitat vegetasi yang dapat menyediakan bahan organik baik dalam bentuk partikulat maupun terlarut, mengendalikan dan menjaga stabilitas tepi sungai, menyediakan habitat biota akuatik dan terestrial, dan penyimpanan nutrisi [1]. Adapun vegetasi yang hidup di zona riparian menyediakan naungan sehingga mampu mengendalikan suhu sekitar zona riparian [2]. Suhu air juga dapat terkontrol dengan adanya vegetasi riparian [2][3]. Zona riparian juga menjadi koridor satwa liar dalam melakukan migrasi dari suatu tempat ke tempat lain [4]. Saat satwa melakukan migrasi, zona riparian menyediakan kebutuhan air minum dan makanan bagi satwa. Oleh karena itu, zona riparian sangat penting karena untuk mencegah spesies mengalami isolasi habitat. Apabila terjadi isolasi satwa, maka dapat mengurangi keanekaragaman genetik spesies satwa liar lokal dan dapat mengakibatkan dampak jangka panjang pada kesehatan, reproduksi, dan kelangsungan hidup spesies [5]. Beberapa spesies amfibi, reptil, dan beberapa mamalia kecil sangat membutuhkan jalur yang terkonservasi agar meminimalisir gangguan. Oleh karena itu, zona riparian merupakan unsur penting baik aspek biotik maupun abiotik dalam memberikan jasa layanan ekosistem riparian.

Diversitas vegetasi riparian pada zona riparian memberi dukungan dalam jasa layanan regulasi. Vegetasi riparian dapat berfungsi sebagai filter dari berbagai jenis limpasan (*runoff*) residu zat pencemar dan membantu terjadinya infiltrasi [6]. Saat sungai banjir, partikel tanah pada zona riparian mengalami perpindahan [7]. Adanya vegetasi riparian juga membantu mereduksi perpindahan partikel tanah masuk ke badan air akibat aliran air yang deras. Erosi yang timbul dari tekanan aliran air maupun curah hujan yang tinggi pada zona riparian dapat direduksi dengan adanya sistem perakaran vegetasi riparian. Kanopi dari pohon di dalam zona riparian dapat mengurangi kenaikan suhu air sungai. Dengan adanya kanopi pohon mengurangi paparan cahaya langsung ke air sungai. Turunnya suhu air akan mendukung layanan penyedia berupa habitat yang sesuai bagi satwa [8]. Layanan berupa pengendalian suhu lingkungan akan mendukung ketersediaan habitat bagi spesies ikan, mamalia, burung, dan makroinvertebrata bentos [9][10]. Vegetasi riparian juga bertindak

sebagai produsen atau penyuplai makanan bagi konsumen. Ketersediaan pangan pada zona riparian membantu satwa selama proses migrasi.

Konversi dan pemanfaatan lahan yang dilakukan manusia mendorong perubahan dalam penyediaan jasa layanan ekosistem. Ketertarikan manusia dalam melakukan konversi lahan di zona riparian menjadi daerah peternakan, pertanian monokultur serta lokasi wisata dapat memengaruhi komunitas perairan dan proses ekologis pada zona riparian [11][12]. Pembukaan zona riparian juga seringkali mengurangi lebar dan kepadatan pohon di zona riparian. Perubahan ini dapat menyebabkan perubahan kualitas air sungai [13]. Perubahan kualitas air sungai dapat berasal dari bahan *allochthonous* berupa sumber energi penting bagi organisme heterotrofik. Perubahan masukan limbah organik daun dapat memengaruhi struktur komunitas makroinvertebrata bentos [14]. Adanya kegiatan wisata hasil konversi zona riparian memunculkan dampak pada kualitas air. Debit air yang bersih dimanfaatkan dalam aktivitas wisata menurunkan suplai aktivitas air bersih bagi ekosistem. Produk limbah domestik dari aktivitas wisata menyebabkan peningkatan senyawa organik maupun anorganik. Kondisi air menjadi anoksik yang menghasilkan bau yang tidak sedap serta menyebabkan keracunan bagi organisme air [15]. Aktivitas wisata juga sering melakukan modifikasi tata letak dan jenis tumbuhan yang ada di zona riparian. Modifikasi tata letak vegetasi sedikit banyak memengaruhi laju erosi di lahan. Dalam aktivitas wisata, pengelola seringkali menggunakan tanaman herba yang perakarannya tidak cukup dalam. Selain itu, jenis tanaman yang ditanam seringkali merupakan tanaman eksotik. Kehadiran spesies eksotik juga berdampak pada struktur komunitas makroinvertebrata [16]. Hal tersebut menurunkan tingkat kealamian lingkungan.

Berdasarkan aktivitas di sepanjang zona riparian akan sangat berdampak pada kualitas jasa layanan ekosistem. Daerah aliran sungai di Indonesia sebagian besar dimanfaatkan untuk aktivitas antropogenik. Aktivitas ini menghasilkan konversi lahan dan input limbah baik dari aktivitas domestik dan industri. Adapun aktivitas wisata juga berdampak pada sungai. Salah satu sungai yang mengalami hal tersebut adalah Sungai Brantas. Sungai Brantas sebagai salah satu sungai terpanjang di Jawa Timur diindikasikan mengalami penurunan kualitas air akibat banyaknya input cemaran [31].

Dengan ini, perlu adanya suatu penelitian untuk menentukan kemampuan jasa layanan ekosistem berdasarkan kualitas air sungai dan tingkat gangguan habitat pada zona riparian hulu Sungai Brantas.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilaksanakan di kawasan Sungai Brantas, Kabupaten Malang meliputi penentuan kualitas air dan penentuan tingkat gangguan habitat riparian (Gambar 1). Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2019-Januari 2020. Lokasi terdiri dari tiga stasiun dengan pengulangan tiga titik. Penandaan lokasi menggunakan GPS Garmin Oregon 650, secara rinci, koordinat lokasi penelitian dijelaskan pada Tabel 1.

Lokasi 1 (dengan kode HS1/Hulu sungai 1) merupakan lokasi yang mayoritas area pertanian dan pemukiman warga. Lokasi 1 berjarak 562 m dari Arboretum Sumber Brantas

yang merupakan sumber air Sungai Brantas. Lokasi 2 (dengan kode HS2/Hulu sungai 2) merupakan lokasi yang mayoritas area perkebunan dan kawasan hutan produksi. Kawasan ini merupakan kawasan wisata Coban Talun.

Jarak antara Lokasi 1 dan 2 adalah 3145 m. Lokasi 2 dan 3 berjarak 4206 m. Lokasi 3 (dengan kode HS3/Hulu sungai 3) merupakan area pemukiman masyarakat. Ketiga stasiun ini merupakan kawasan hulu dari total panjang sungai Brantas sepanjang 320 km. Pengamatan dilakukan di daerah hulu disebabkan karena kawasan hulu akan sangat berpengaruh terhadap kualitas air sungai di bagian tengah dan hilir sungai. Penentuan lokasi didasarkan pada perbedaan kondisi zona riparian dan pengelolaannya. Hal ini diduga akan menghasilkan perbedaan kualitas zona riparian antar lokasi.

Gambar 1. Stasiun pengambilan sampel

Tabel 1. Koordinat lokasi pengambilan sampel

No	Lokasi (Kode)	Latitude (Lintang)	Longitude (Bujur)
1	Hulu Sungai 1.1 (HS1.1)	-7.76113001	112.5254667
2	Hulu Sungai 1.2 (HS1.2)	-7.76454044	112.5247448
3	Hulu Sungai 1.3 (HS1.3)	-7.79897108	112.5165509
4	Hulu Sungai 2.1 (HS2.1)	-7.79683636	112.5175986
5	Hulu Sungai 2.2 (HS2.2)	-7.77039328	112.5239014
6	Hulu Sungai 2.3 (HS2.3)	-7.80286371	112.5157057
7	Hulu Sungai 3.1 (HS3.1)	-7.83407032	112.5252028
8	Hulu Sungai 3.2 (HS3.2)	-7.84100509	112.5225195
9	Hulu Sungai 3.3 (HS3.3)	-7.83673692	112.5241094

Penentuan kualitas air. Penentuan kualitas air dilakukan dengan mengukur sifat fisikokimia air. Pengukuran sifat fisikokimia air dilakukan secara langsung di lapang dan laboratorium. Penentuan kualitas air dilakukan dengan mengukur suhu air, derajat keasaman air (pH), konduktivitas air, oksigen terlarut, debit air, dan kecepatan arus air. Pengukuran suhu dilakukan dengan termometer digital, sedangkan pengukuran pH air diukur menggunakan *KW 0600750 professional handheld pH meter 3 in 1 Krisbow*. Alat ukur dihidupkan dan kemudian *probe* dimasukkan ke dalam sampel air. Nilai yang terlampir pada layar termometer dan pH meter akan menampilkan suhu air dan nilai pH dan kemudian dicatat. Setelah pengukuran, *probe* dibilas menggunakan akuades untuk pengukuran berikutnya. Daya hantar listrik atau konduktivitas perairan diukur dengan konduktivimeter *metrohm CH 9100 Herisau*. Elektroda konduktivimeter dimasukkan ke dalam sampel air dan secara langsung dibaca besarnya konduktivitas air tersebut dalam satuan $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Setelah pengukuran, *probe* dibilas menggunakan akuades untuk pengukuran berikutnya. Pengukuran oksigen terlarut dilakukan dengan Oxygen-meter *DO-5510 lutron*. Oxygen-meter dinyalakan dan *probe* dimasukkan ke dalam sampel air. Nilai oksigen terlarut yang terlampir di layar kemudian dicatat dalam $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ dan persen (%). *Probe* yang telah digunakan, kemudian dibilas dengan akuades untuk pengukuran berikutnya. Pengukuran debit air dilakukan dengan mengukur lebar saluran. Selanjutnya kedalaman saluran diukur pada bagian tepi dan tengah menggunakan meteran (dengan satuan cm). Penentuan nilai kualitas air menggunakan indeks Prati. Parameter yang digunakan dalam penilaian indeks implisit Prati antara lain derajat keasaman air (pH), oksigen terlarut atau *dissolved Oxygen* dalam persen (%). Tiap

parameter memiliki rumus indeks yang berbeda, di antaranya sebagai berikut.

- *Dissolved Oxygen* (%)
-> $Li = -0,08x + 8, 50 \leq x < 100$ (1)

- pH
-> $Li = -2x + 14, 5 \leq x < 7$ (2)

Nilai sub-indeks tersebut selanjutnya dihitung dalam rumus berikut.

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n li \text{(3)}$$

Keterangan :

$\leq 1,00$	= Kondisi air baik (<i>Excellent</i>)
1,01 - 2,00	= Kondisi air dapat diterima (<i>Acceptable</i>)
2,01 - 4,00	= Kondisi air tercemar ringan (<i>Slightly polluted</i>)
4,01 - 8,00	= Kondisi air tercemar (<i>Polluted</i>)
$> 8,00$	= Kondisi air tercemar berat (<i>Heavily polluted</i>)

Penentuan tingkat gangguan habitat riparian. Penentuan tingkat gangguan habitat dilakukan dengan menganalisis kualitas habitat menggunakan indeks *naturalness* dan *hemeroby*. Penentuan indeks *naturalness* menggunakan parameter *biotic elements*, *artificial elements*, *energy input*, *physical alteration*, *extraction of elements*, *level of fragmentation*, *dynamics* [17].

Sementara itu, penentuan indeks *hemeroby* dilakukan dengan mengamati aktivitas manusia. Kemudian pencatatan gangguan yang disebabkan oleh aktivitas manusia dilakukan. Tingkatan gangguan dicirikan dari aktivitas manusia berupa gangguan mekanik tanah (meliputi kompresi tanah, membajak, adanya drainase, dan pengendapan limbah). Selain itu, aktivitas berupa gangguan mekanik secara langsung terhadap vegetasi (penebangan tumbuhan) serta gangguan bahan-bahan kimia (pemupukan dan penggunaan pestisida) menjadi parameter dalam penentuan tingkat gangguan berdasarkan penggunaan lahan dalam Indeks Hemeroby pada Tabel 2 [18].

Tabel 2. Derajat Indeks Hemeroby berdasarkan penggunaan lahan

Derajat Hemeroby	Penggunaan Lahan/ Tipe Penutupan Lahan
ahemerobic	Hutan primer
oligohemerobic	Hutan campuran, padang rumput yang tersumbat secara berkala
mesohemerobic	Vegetasi riparian oleh tumbuhan berkayu, parit, hutan gugur, semak
β -euhemerobic	Pohon berbuah, danau/kolam, hutan konifer, kebun bibit, padang rumput
α -euhemerobic	Lahan pertanian, pemukiman desa, tempat publik/objek wisata
Polyhemerobic	Jalan, lahan terbuka
Metahemerobic	Jalan, pemukiman kota, tempat pembuangan limbah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas air hulu Sungai Brantas. Debit air tiap titik pengamatan berbeda karena perbedaan lebar saluran air dan kedalaman saluran air. Selain itu, kecepatan air juga berpengaruh terhadap jumlah debit air tiap area. Debit air antar area berbeda secara nyata. Selain itu, kecepatan aliran air dan kedalaman saluran sungai yang besar dapat menyebabkan jumlah debit air meningkat [19].

Tekanan air dari hulu sungai diperkirakan sebesar $\pm 29,65$ psi. Tekanan air dapat disebabkan oleh jumlah debit air yang bertambah. Peningkatan debit air disebabkan adanya rembesan air sungai. Debit air yang meningkat tidak berdampak secara ekologis dengan adanya peningkatan materi organik dan non organik yang terbawa dalam aliran air [20]. Hal tersebut disebabkan substrat yang beranekaragam meliputi substrat pasir dan batuan, serta materi organik dari organisme yang terbawa oleh air.

Debit air yang rendah di daerah hulu sungai 1 sebesar $47,70 \pm 8,97$ diduga adanya pemanfaatan melalui pemipaan air. Dampak pemanfaatan juga secara tidak langsung menurunkan debit air. Penurunan debit air dapat dikarenakan juga luas daerah tangkapan air yang semakin sedikit. Sedikitnya tegakan pohon menimbulkan simpanan air oleh vegetasi riparian semakin rendah [21][22]. Rendahnya densitas vegetasi riparian diketahui tidak akan terlalu berpengaruh terhadap penurunan debit rata-rata harian sungai. Beberapa studi telah menunjukkan bahwa pengurangan tutupan vegetasi sebanyak 20-50% tidak menyebabkan

perubahan debit secara signifikan [22]. Namun pada lokasi hulu sungai 2 sebesar $73,74 \pm 10,72$ dan hulu sungai 3 sebesar $81,40 \pm 5,72$ mengalami peningkatan debit air.

Meningkatnya debit air berdampak positif pada ketersediaan air bagi masyarakat, khususnya pertanian (Gambar 2.a). Sistem pertanian senantiasa memanfaatkan air sungai untuk pengairannya. Sementara itu, aktivitas pertanian dengan penggunaan senyawa sintetik menghasilkan residu dampak *runoff* air. Apabila residu pertanian masuk pada aliran air dengan debit tinggi, konsentrasi zat pencemar dapat terurai. Namun apabila penggunaan zat pencemar (nitrat dan fosfat) dilaksanakan secara intensif, kualitas air dapat menurun. Pencegahan turunnya kualitas air dapat dilakukan dengan menanam hidromakrofit di zona riparian dapat menurunkan residu pertanian [23].

Kontur daerah dari tinggi menuju ke daerah yang rendah meningkatkan kecepatan arus air (Gambar 2.f). Perbedaan ketinggian juga berdampak pada peningkatan kecepatan aliran air [24]. Adanya batuan dan akar tumbuhan sepanjang aliran sungai mampu menurunkan laju aliran air.

Dalam pengamatan kualitas air (Gambar 2.c), nilai pH tidak menunjukkan perbedaan antar lokasi. pH yang tidak jauh berbeda juga disebabkan oleh pengaruh suhu. Suhu yang tinggi menyebabkan air menjadi asam. Selain itu, senyawa NaCl di alam dapat menyebabkan keasaman air, sementara senyawa CaCl_2 menyebabkan hal yang sebaliknya. Adapun hujan asam juga dapat menimbulkan peningkatan keasaman air secara cepat [25].

Suhu pada ketiga lokasi (Gambar 2.b) memiliki perbedaan signifikan. Perbedaan tersebut disebabkan oleh beberapa hal. Lokasi HS1 merupakan kawasan pertanian dengan elevasi sekitar 1600 mdpl. Sementara lokasi HS2 memiliki kondisi pertanian dengan kanopi pohon banyak, serta elevasi sekitar 1300 mdpl. Lokasi HS3 memiliki kondisi berupa pemukiman dengan plengseng serta jarang ditemukan pohon. Ketiga kondisi menimbulkan perbedaan di ketiga tempat. Kondisi HS2 lebih dingin dibandingkn dengan kondisi HS1 dan HS3. Hal ini disebabkan oleh kanopi pohon yang mampu menaungi dari cahaya matahari secara langsung. Kanopi pohon yang cukup banyak tidak ditemukan pada lokasi HS1 dan HS3. Vegetasi riparian memberikan dampak signifikan terhadap penurunan suhu.

Gambar 2. Kualitas air hulu Sungai Brantas meliputi debit air (a), suhu (b), pH (c), konduktivitas (d), oksigen terlarut (e), kecepatan aliran air (f), dan nilai indeks Prati (g)

Vegetasi riparian memberikan naungan pada sungai sehingga penetrasi cahaya yang masuk ke dalam air sungai menurun [26]. Penurunan suhu air akan sangat berpengaruh pada kualitas air lainnya seperti konduktivitas, pH, oksigen terlarut, dan lain-lain. Suhu juga berpengaruh terhadap fisikokimia air. Laju reaksi kimia umumnya meningkat pada suhu tinggi. Air tanah dapat melarutkan lebih banyak mineral dari batuan. Oleh karena itu, konduktivitas air akan menjadi lebih tinggi. Sebaliknya ketika mempertimbangkan gas, seperti oksigen, terlarut dalam air. Karbon dioksida yang larut akan lebih banyak pada kondisi air sungai menghangat akibat aktivitas respirasi. Hal tersebut menyebabkan level oksigen terlarut menurun [32].

Konduktivitas dengan rentang 130-330 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ dapat mengindikasikan adanya ion dari senyawa alami maupun sintetik pada air sungai (Gambar 2.e). Konduktivitas dari ketiga lokasi menunjukkan bahwa lokasi HS2 lebih rendah, sementara lokasi HS3 lebih tinggi. Hal tersebut disebabkan kondisi HS2 tidak banyak aktivitas pertanian dan juga didukung adanya vegetasi riparian. Sementara lokasi HS3 lebih tinggi disebabkan terdapat akumulasi dari aktivitas pertanian, limbah pemukiman, serta sampah yang dibuang pada aliran sungai. Dampak tingginya nilai konduktivitas air akan menyebabkan rendahnya diversitas hewan air.

Karakter yang telah disebutkan di atas dapat berpengaruh terhadap komunitas makroinvertebrata [28]. Sebagai contoh makroinvertebrata bentos seperti Ephemeroptera terpengaruh kecepatan arus air dan konsentrasi oksigen. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa oksigen terlarut dalam air cukup tinggi. Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 82 tahun 2001, kualitas air berdasarkan oksigen terlarutnya menempati kelas 1 untuk lokasi HS2 dan kelas 2 untuk lokasi HS1 dan HS3. Hasil tersebut sesuai dengan karakter vegetasi di daerah HS2 yang cenderung lebih banyak dibandingkan lokasi HS1 dan HS3. Kondisi ini dikarenakan oksigen yang disediakan oleh perakaran tumbuhan dan kemudian perakaran tumbuhan masuk dalam perairan menghasilkan oksigen terlarut dalam air lebih banyak. Hal ini sangat menunjang kehidupan organisme perairan seperti makroinvertebrata bentos. Apabila suhu air hangat akan memengaruhi kehidupan air di sungai. Air hangat memiliki oksigen terlarut lebih sedikit daripada air dingin, dan mungkin tidak mengandung oksigen terlarut yang cukup untuk kelangsungan hidup berbagai spesies

kehidupan air. Beberapa senyawa juga berbahaya apabila suhu air tinggi. Dengan demikian, kondisi karakter umum air akan sangat berdampak pada kelangsungan hidup organisme perairan. Hal ini tidak lepas dari aktivitas warga dan sistem pengelolaan lahan sepanjang aliran air sungai.

Hasil indeks implisit prati (WQI) pada Gambar 2.g, diperoleh gambaran bahwa secara umum, kualitas air pada lokasi HS2 berada dalam kondisi air baik (*excellent*), dan lokasi HS1 dan HS3 berada dalam kondisi dapat diterima (*acceptable*). Kondisi pada lokasi HS1 dan HS3 merupakan kondisi dimana masih terdapat adanya pencemaran, tetapi masih dapat diterima dan dapat diregulasi oleh alam, sehingga jasa layanan berupa ketersediaan air masih bisa diterima.

Tingkat gangguan habitat riparian.

Kondisi zona riparian pada hulu Sungai Brantas dapat dinilai menggunakan indeks Naturalness dan indeks Hemeroby. Hasil pengamatan menunjukkan indeks Naturalness tiap lokasi berbeda (Gambar 3).

Keterangan :
HS1 : Hulu Sungai Stasiun 1
HS2 : Hulu Sungai Stasiun 2
HS3 : Hulu Sungai Stasiun 3

Gambar 3. Nilai gangguan habitat riparian

Lokasi HS1 dan HS3 menunjukkan nilai 4,3 dan 3,3 untuk indeks Naturalness. Sementara nilai untuk lokasi HS2 lebih tinggi yaitu 5,9. Nilai ini cukup tinggi sesuai kondisi lingkungan karena elemen biotik, elemen artifisial, input materi, dan keberadaan bangunan fisik lebih sedikit sehingga dapat dinilai bahwa lokasi HS2 lebih alami dibandingkan lokasi lain. Sementara itu, kegiatan fragmentasi lahan dan dinamika di kawasan perairan pada ketiga lokasi adalah cukup banyak. Hal ini dibuktikan dengan adanya pertanian yang dilakukan di tiap lokasi namun dengan level yang berbeda. Kondisi ini memang tidak dapat dihindari karena terdapat banyak masyarakat yang memanfaatkan lingkungan untuk kegiatan pertanian. Namun, lokasi HS2 lebih sedikit terdapat aktivitas pertanian karena lokasi ini juga merupakan

lokasi wisata Coban Talun. Hal ini menyebabkan pengelolaan lokasi HS2 lebih baik.

Pengelolaan ini dilakukan sebagai upaya dalam menyajikan kegiatan wisata bagi wisatawan. Adanya aktivitas manusia berupa konversi lahan memang memberi dampak perubahan terhadap ekosistem [29]. Perubahan dapat menghasilkan penurunan kualitas ekosistem, namun tidak menutup kemungkinan bahwa upaya pengelolaan lingkungan dapat meningkatkan kualitas ekosistem. Dengan demikian, aktivitas pengelolaan lahan harus memperhatikan struktur vegetasi pada zona riparian agar tidak mengurangi kualitas ekosistem.

Pemantauan kondisi riparian melalui indeks Hemeroby diperoleh hasil bahwa lokasi HS2 memperoleh derajat Mesohemerobic, sementara lokasi HS1 dan HS3 memperoleh derajat Euhemerobic. Kondisi Mesohemerobic merupakan kondisi semi alami karena terdapat pembajakan tanah yang ringan serta sedikit adanya pemupukan. Penggunaan air masih dilakukan sementara aktivitas pertanian tidak terlalu banyak pada lokasi HS2. Berbeda dengan lokasi HS1 dan HS3 yang melaksanakan pertanian intensif sehingga gangguan residu pupuk dan pestisida berpotensi mencemari air sungai. Kondisi Euhemerobic merupakan kondisi yang jauh dari alami dimana tanah mengalami gangguan terhadap tanah, tumbuhan dan gangguan bahan kimia [30]. Gangguan tanah yang terjadi adalah adanya pengendapan limbah residu pupuk. Selain itu, Euhemerobic adalah kondisi yang jauh dari alami karena terdapat tekanan tanah meliputi penggunaan pupuk dan pestisida dari pertanian intensif. Pemangkasan dan pemanenan tanaman juga merupakan bentuk gangguan terhadap tumbuhan. Adanya pemanfaatan lahan untuk pertanian intensif memang menimbulkan gangguan terhadap lingkungan. Namun hal ini tidak dapat dipungkiri karena masyarakat membutuhkan pertanian dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari juga merupakan mata pencahariannya. Oleh karena itu, dalam menyikapi hal tersebut, dibutuhkan pengelolaan yang seimbang dengan kebutuhan masyarakat serta tetap memperhatikan upaya konservasi terhadap ekosistem disekitar hulu Sungai Brantas.

KESIMPULAN

Zona riparian hulu Sungai Brantas mayoritas mampu menyediakan jasa layanan ekosistem.

Hal ini dibuktikan dengan hasil penentuan kualitas air stasiun kedua hulu sungai masuk dalam kategori sangat baik dibandingkan stasiun pertama dan ketiga. Tingkat gangguan habitat berdasarkan indeks naturalness, stasiun hulu sungai kedua masuk dalam kategori alami karena masih terdapat vegetasi lokal dan keberadaan bangunan tidak dominan serta pencemaran sedikit. Derajat hemeroby, stasiun hulu sungai pertama dan ketiga masuk dalam kategori euhemerobic yang mana jauh dari kondisi alami, dan stasiun kedua berada ada kondisi mesohemerobic yang merupakan kondisi yang semi alami. Gangguan berupa aktivitas dan konversi menjadi lahan pertanian dan industri wisata tidak terlalu berdampak pada kualitas air. Namun area zona riparian hulu Sungai Brantas perlu dikelola dan dikonservasi agar tidak mengalami gangguan yang berpengaruh pada organisme lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada dukungan dana dari Hibah Institusi Universitas Islam Malang (HIMA) dan seluruh kolega dan laboratorium Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lake PS, Bond N, Reich P (2017) Restoration ecology of intermittent rivers and ephemeral streams. In *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams* Academic Press. pp. 509-533. Doi: 10.1016/B978-0-12-803835-2.00020-6.
- [2] Garner G, Malcolm IA, Sadler JP, Hannah DM (2017) The role of riparian vegetation density, channel orientation and water velocity in determining river temperature dynamics. *Journal of Hydrology* 553: 471-485. doi : 10.1016/j.jhydrol.2017.03.024
- [3] Johnson RK, Almlöf K (2016) Adapting boreal streams to climate change: effects of riparian vegetation on water temperature and biological assemblages. *Freshwater Science* 35(3): 984-997. doi: 10.1086/687837
- [4] Panyaarj P, Sitasuwan N, Sanitjan S, Wangpakapattanawong P (2018) Birds species diversity along riparian zones at Doi Chiang Dao Wildlife Research Station, Chiang Mai Province, Thailand.

- วารสาร วิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี มร ย 3(1): 9-22.
- [5] Blanton RE, Cashner MF, Thomas MR, Brandt SL, Floyd MA (2019) Increased habitat fragmentation leads to isolation among and low genetic diversity within populations of the imperiled Kentucky Arrow Darter (*Etheostoma sagitta pilotum*). *Conservation Genetics* 20(5): 1009-1022. doi: 10.1007/s10592-019-01188-y.
- [6] Chase JW, Benoy GA, Hann SWR, Culp J M (2016) Small differences in riparian vegetation significantly reduce land use impacts on stream flow and water quality in small agricultural watersheds. *Journal of Soil and Water Conservation* 71(3): 194-205. doi: 10.2489/jswc.71.3.194.
- [7] Momm HG, Yasarer LM, Bingner RL, Wells RR, Kunhle RA (2019) Evaluation of sediment load reduction by natural riparian vegetation in the Goodwin Creek Watershed. *Transactions of the ASABE* 62(5): 1325-1342. doi: 10.13031/trans.13492.
- [8] Prasetyo H (2017). Evaluasi jasa layanan ekosistem dalam rangka pengembangan ekowisata kawasan air terjun Coban Trisula, Taman Nasional Bromo Tengger Semeru, Kabupaten Malang. Thesis dissertation, Universitas Brawijaya.
- [9] Rahmawati NN, Retnaningdyah C (2015) Struktur komunitas makroinvertebrata bentos di saluran mata air nyolo desa ngenep kecamatan karangploso kabupaten malang. *Biotropika: Journal of Tropical Biology* 3(1): 21-26.
- [10] Lind L, Hasselquist EM, Laudon H (2019) Towards ecologically functional riparian zones: A meta-analysis to develop guidelines for protecting ecosystem functions and biodiversity in agricultural landscapes. *Journal of environmental management* 249: 109391. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.109391.
- [11] Vorosmarty CJ, McIntyre PB, Gessner MO, Dudgeon D, Prusevich A, Green P, ..., Davies PM (2010) Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467: 555-561. doi: 10.1038/nature09440.
- [12] Landeiro, VL, Hamada N, Godoy BS, Melo AS (2010) Effects of litter patch area on macroinvertebrate assemblage structure and leaf breakdown in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia* 649(1): 355-363. doi: 10.1007/s10750-010-0278-8
- [13] Mariantika L, Retnaningdyah C (2014) Perubahan struktur komunitas makroinvertebrata bentos akibat aktivitas manusia di saluran Mata Air Sumber Awan Kecamatan Singosari Kabupaten Malang. *Biotropika: Journal of Tropical Biology* 2(5): 254-259.
- [14] Masese FO, Kitaka N, Kipkemboi J, Gettel GM, Irvine K, McClain ME (2014) Litter processing and shredder distribution as indicators of riparian and catchment influences on ecological health of tropical streams. *Ecological Indicators* 46: 23-37. doi: 10.1016/j.ecolind.2014.05.032.
- [15] Ribolzi O, Cuny J, Sengsoulichanh P, Mousquès C, Soulléuth B, Pierret, A., ... & Sengtaheuanghoung O (2011) Land use and water quality along a Mekong tributary in Northern Lao PDR. *Environmental management* 47(2): 291-302.
- [16] Samways MJ, Sharratt NJ, Simaika JP (2011) Effect of alien riparian vegetation and its removal on a highly endemic river macroinvertebrate community. *Biological Invasions* 13(6): 1305-1324. doi : 10.1007/s10530-010-9891-8.
- [17] Machado A (2004) An index of naturalness. *Journal for nature conservation*. 12(2): 95-110.
- [18] Steinhardt U (1999) Hemeroby index for landscape monitoring and evaluation. *EOLSS Publ.* 237 – 254. doi: 10.1016/j.jnc.2003.12.002
- [19] Hadisusanto S, Putri DM, Sujarta P, Nugraha R, Fauziyah Q, Asmawati RP, ..., Rifqi M (2019) Macroinvertebrate benthic community as rapid quality assessment in Winongo, Code, and Gajahwong Streams inside Yogyakarta City, Special Region of Yogyakarta Province. In *E3S Web of Conferences* 76: 02004. EDP Sciences.
- [20] Hennings N, Guillaume T, Kuzyakov Y (2017) Soil carbon losses and estimation of erosion and decomposition by δ Carbon-13 in riparian soils under lowland rainforest transformation systems on Sumatra, Indonesia.
- [21] Wondzell SM, Diabat M, Haggerty R (2019) What matters most: are future stream temperatures more sensitive to changing air temperatures, discharge, or riparian vegetation? *JAWRA Journal of the American Water Resources*

- Association 55(1): 116-132. doi: 10.1111/1752-1688.12707
- [22] Larson DM, Dodds WK, Veatch AM (2019) Removal of woody riparian vegetation substantially altered a stream ecosystem in an otherwise undisturbed grassland watershed. *Ecosystems* 22(1): 64-76. doi: 10.1007/s10021-018-0252-2.
- [23] Prasetyo HD, Retnaningdyah C (2013) Peningkatan kualitas air irigasi akibat penanaman vegetasi riparian dari hidromakrofita lokal selama 50 Hari. *Biotropika: Journal of Tropical Biology* 1(4): 149-153.
- [24] Jones JA, Creed IF, Hatcher KL, Warren RJ, Adams MB, Benson, Clow DW (2012) Ecosystem processes and human influences regulate streamflow response to climate change at long-term ecological research sites. *BioScience* 62(4): 390-404. doi : 10.1525/bio.2012.62.4.10.
- [25] He DQ, Zhang YJ, He CS, Yu HQ (2017) Changing profiles of bound water content and distribution in the activated sludge treatment by NaCl addition and pH modification. *Chemosphere* 186: 702-708. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.08.045.
- [26] Kalny G, Laaha G, Melcher A, Trimmel H, Weihs P, Rauch HP (2017) The influence of riparian vegetation shading on water temperature during low flow conditions in a medium sized river. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems* (418): 5.
- [27] Forio MAE, Goethals PL, Lock K, Asio V, Bande M, Thas O (2018) Model-based analysis of the relationship between macroinvertebrate traits and environmental river conditions. *Environmental Modelling & Software* 106: 57-67. doi: 10.1051/kmae/2016037.
- [28] Arnon S, Avni N, Gafny S (2014) Nutrient uptake and macroinvertebrate community structure in a highly regulated Mediterranean stream receiving treated wastewater. *Aquatic Science*. doi : 10.1007/s00027-015-0407-6.
- [29] Walz U (2015) Indicators to monitor the structural diversity of landscapes. *Ecological Modelling* 295: 88-106. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2014.07.011.
- [30] Steinhardt U (1999) Hemeroby index for landscape monitoring and evaluation. *EOLSS Publ.* 237 – 254.
- [31] Yetti E, Soedharma D, Hariyadi S (2011) Evaluasi kualitas air sungai-sungai di kawasan DAS brantas hulu malang dalam kaitannya dengan tata guna lahan dan aktivitas masyarakat di sekitarnya. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Journal of Natural Resources and Environmental Management* 1(1): 10. doi.org/10.29244/jpsl.1.1.10.
- [32] Foundriest Environmenta, Inc. (2013) Dissolved Oxygen. *Fundamentals of Environmental Measurements*.