

JURNAL METAMORFOSA*Journal of Biological Sciences*

eISSN: 2655-8122

<http://ojs.unud.ac.id/index.php/metamorfosa>**Penilaian Kualitas Air Hulu Sungai Bedadung Kabupaten Jember Berdasarkan *Trophic Diatom Index****The Assessment Of Water Quality Of Bedadung River Upstream Using Trophic Diatom Index***Retno Wimbaningrum^{*1}, Ahmad Farid Ary Wardhana², Hari Sulistiyowati³**^{1,2,3} Program Studi Magister Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Jember

Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegalboto Jember 68121

*Email: wimbaningrum.fmipa@unej.ac.id**INTISARI**

Kualitas air sungai bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh penggunaan lahan di sekitarnya. Pemantauan kualitas air sungai secara rutin penting dilakukan agar masyarakat dapat terus memanfaatkannya dengan aman dan biota dapat hidup dengan baik di dalam ekosistem ini. Pemantauan dapat dilakukan melalui penilaian kualitas air sungai dengan memanfaatkan diatom epilithic sebagai bioindikator. Diatom epilithic dapat menggambarkan tingkat kesuburan ekosistem perairan secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kualitas fisika-kimia dan biologi serta hubungan penggunaan lahan dengan kualitas air di hulu Sungai Bedadung, Kabupaten Jember. Penelitian dilakukan di badan sungai yang melewati hutan riparian, perkebunan kopi, sawah, dan ladang-pemukiman tidak padat. Data fisika-kimia yang diukur langsung di lokasi meliputi DO, pH, TDS, konduktivitas, kecerahan, turbiditas, kedalaman air, dan suhu air, sedangkan TP dan TN dianalisis di laboratorium. Data diatom epilithic dikoleksi dengan cara menyikat permukaan batu berukuran sedang. Data vegetasi di sekitar sungai dicatat proporsi dan kelimpahan pohon, semak dan herba. Data parameter fisika-kimia, diatom epilithic dan vegetasi dianalisis untuk menentukan nilai indeks kualitas air (WQI), indeks diatom trofik (TDI), dan indeks jasa lingkungan (ESI) yang menunjukkan kualitas setiap tipe penggunaan lahan secara berturut-turut. Hubungan antara ESI, TDI dan WQI dan variabel tunggal fisika-kimia air ditentukan dengan menganalisis data menggunakan *principle component analysis* (PCA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa air berkualitas baik (WQI = 70,63-87,93) dengan kandungan hara sedang (TDI = 3). Biplot PCA menunjukkan bahwa penggunaan lahan berkorelasi positif dan kuat dengan kualitas fisika-kimia air, berkorelasi negatif dan kuat dengan TP dan berkorelasi negatif, kuat dan tidak langsung dengan kualitas biologi air.

Kata kunci: Kualitas Air Sungai, Indeks Kualitas Air (WQI), Indeks Trofik Diatom (TDI), Penggunaan Lahan

ABSTRACT

River water quality is dynamic and influenced by the surrounding land use. It is important to regularly monitor river water quality so that people can continue to use it safely and biota can live well in this ecosystem. Monitoring can be done through river water quality assessment by utilizing the epilithic diatom as a bioindicator. Epilithic diatom can describe the fertility level of aquatic ecosystems effectively. This study aimed to determine the physico-chemical and biological quality and the relationship between land use and water quality upstream of the Bedadung River, Jember Regency. The

research was conducted in river bodies that pass through riparian forests, coffee plantations, rice fields, and non-dense settlements. The physic-chemical data were measured directly on site included DO, pH, TDS, conductivity, brightness, turbidity, water depth, and water temperature, while TP and TN were analyzed in the laboratory. Epilithic diatom data were collected by brushing the surface of medium-sized stones. Vegetation data around the river were recorded the proportion and abundance of trees, shrubs and herbs. Physic-chemical, epilithic diatom and vegetation data were analyzed to determine the value of the water quality index (WQI), trophic diatom index (TDI), and environmental services index (ESI) indicating the quality of each land use type, respectively. The relationship between ESI, TDI and WQI and the single physic-chemical water variable were determined by analyzing the data using principles component analysis (PCA). The results showed that the water was of good quality (WQI = 70.6-87.9) with moderate nutrient content (TDI = 3). PCA biplots showed that land use was positively and strongly correlated with water physic-chemical quality, negatively and strongly correlated with TP and negatively, strongly and indirectly correlated with water biological quality.

Keyword: *River Water Quality, Water Quality Index (WQI), Trophic Diatom Index (WQI), Land Use*

PENDAHULUAN

Kualitas air sungai berperan penting dalam semua aspek kehidupan. Sungai menyediakan air untuk memenuhi kebutuhan masyarakat seperti bahan baku air minum dan kebutuhan domestik yang lain, irigasi, pembangkit listrik, transportasi, ekowisata, budidaya perikanan dengan kualitas yang spesifik untuk setiap peruntukan. Sungai juga menjadi habitat organisme akuatik yang keberadaannya dipengaruhi oleh kualitas air sungai. Dengan demikian sungai sebagai ekosistem yang memiliki peranan sangat penting harus dilestarikan keberadaannya. Salah satu upaya untuk melestarikan sungai adalah dengan memantau kualitas airnya.

Parameter fisika, kimia dan biologi umumnya menjadi dasar pemantauan kualitas air sungai karena dapat memberikan informasi yang lengkap untuk pengelolaan air yang tepat (Giri and Qiu, 2016). Namun demikian sulit untuk memantau semua variabel fisika dan kimia karena mahal dan bervariasi. Kedua parameter tersebut juga hanya menggambarkan kondisi kualitas air pada saat pengukuran (Solomoni et al., 2006). Oleh karena itu dalam upaya mengatasi kelemahan tersebut, penilaian kualitas air sungai dapat dilakukan dengan menggunakan parameter biologi yang terbukti dapat mengevaluasi perubahan lingkungan dengan lebih baik karena komunitas biota perairan dapat merekam perubahan yang terjadi di habitatnya dalam kurun waktu

tertentu. Sekelompok biota yang dapat digunakan untuk menilai kualitas air sungai adalah diatom epilithic (Bytyqi et al., 2019).

Diatom adalah alga mikroskopis bersel tunggal yang dinding selnya mengandung silika (Xue et al., 2019). Diatom epilithic adalah diatom yang hidup melekat di permukaan batu. Kelompok diatom ini secara meluas telah digunakan untuk menilai kualitas air sungai karena sensibilitasnya yang spesifik terhadap kondisi ekologis sungai yang bervariasi (Solomoni et al., 2011; Mangadze et al., 2014; Lobo et al., 2016; Bytyqi et al., 2019; Xue et al., 2019; Trabert et al., 2020). Kelebihan diatom yang lain sebagai bioindikator adalah distribusinya luas (Smol and Stoermer, 2010), taksonominya telah diketahui dengan baik (Dalu et al., 2016), dan keterwakilan yang tinggi terhadap komunitas bentik (Kelly et al., 2008). Diatom juga dapat digunakan untuk mengevaluasi hubungan penggunaan lahan dengan kualitas air sungai. Hasil penelitian membuktikan bahwa aktivitas pertanian dan urban dapat mempengaruhi komposisi komunitas diatom yang merefleksikan kualitas air sungai yang menjadi habitatnya (Mangadze et al., 2014; Walsh and Wepener, 2014; Trabert et al., 2020). Penilaian hubungan penggunaan lahan dengan kualitas air sungai adalah sangat penting sebagai pedoman kebijakan dalam pengelolaan daerah aliran sungai dan penggunaan lahan, membantu dalam penilaian kualitas air sungai yang tidak terpantau,

memproteksi kualitas air sungai dan pada akhirnya keberadaan ekosistem sungai dengan kualitas airnya yang baik dapat dilestarikan.

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan kualitas biologi dengan menggunakan nilai indeks diatom trofik (*trophic diatom index*, TDI), kualitas fisika-kimia dengan menggunakan indeks kualitas air (WQI) dan menentukan hubungan tipe penggunaan lahan, kualitas biologi (TDI), dan kualitas fisika-kimia air hulu Sungai Bedadung.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Sungai Bedadung yang berada di Desa Sucopangepok, Kecamatan Jelbuk, Kabupaten Jember (Gambar 1). Penelitian dilakukan pada bulan Juli 2020.

Lokasi penelitian merupakan hulu Sungai Bedadung yang melewati hutan riparian (8° 01.835' LS 113° 42.373'BT), perkebunan kopi (8° 02.243' LS 113° 42.870' BT), persawahan (8° 03.067' LS 113° 43.667' BT) dan ladang-pemukiman tidak padat (8° 03.438' LS 113° 44.652' BT) yang kemudian secara berturut-turut ditetapkan sebagai stasiun penelitian 1, 2, 3, dan 4.

Koleksi Sampel Diatom, Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Air Sungai dan Pencatatan Data Vegetasi di Sekitar Sungai

Setiap stasiun penelitian dibagi menjadi empat substasiun penelitian. Pada setiap substasiun, sampel diatom dikoleksi dari lima batu berukuran sedang yang terendam di dalam air sungai. Jarak antara satu batu dengan batu

Gambar 1. Lokasi stasiun penelitian 1, 2, 3 dan 4 di Sungai Bedadung Kabupaten Jember (Google earth, 2020)

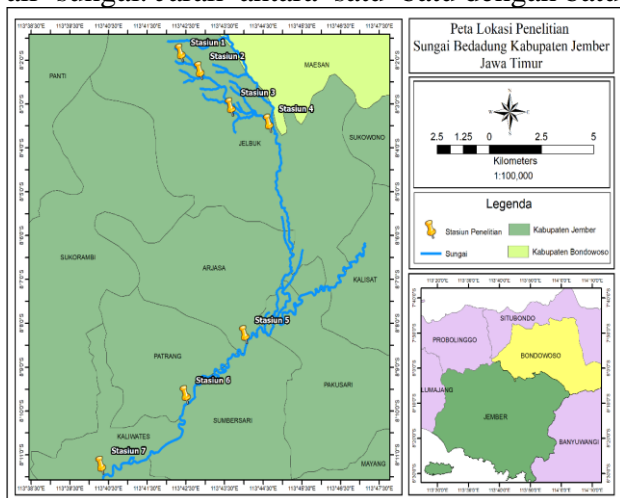
yang lain adalah tidak lebih dari 10 m (Taylor *et al.*, 2007). Dalam penelitian ini, jarak antar batu yang dikoleksi diatomnya berkisar antara 6-8 m. Permukaan masing-masing batu seluas 16 cm² disikat secara perlahan dengan menggunakan sikat gigi. Hasil sikatan lima batu diguyur dengan akuades 100 mL yang ditampung dan disimpan dalam botol sampel dan diawetkan dengan larutan formaldehid 4 % (Tan *et al.*, 2017).

Data parameter fisika-kimia air sungai yang diukur secara langsung meliputi suhu air, materi padat terlarut (*total dissolved solid*, TDS), konduktivitas, turbiditas, pH, dan oksigen terlarut (*dissolved oxygen*, DO) dengan menggunakan peralatan digital serta kecerahan air dengan menggunakan keping secchi dan kedalaman air dengan pipa paralon berskala. Sementara penentuan kadar P total menggunakan metode spektrofotometri dan N menggunakan metode Kjeldahl (Clesceri *et al.*, 1998) yang analisisnya dilakukan di laboratorium berdasarkan sampel air yang diambil dari lokasi penelitian.

Vegetasi yang tumbuh di lahan yang berada di sisi kiri dan kanan badan sungai diamati secara visual dan dicatat proporsi dan kelimpahan pohon, semak dan herba secara kualitatif. Pengamatan dilakukan sejauh 100 m dari badan sungai dan sepanjang susbtasiun. Data kualitatif tersebut dikonversi menjadi data kuantitatif yang selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai kuantitatif setiap penggunaan lahan.

Identifikasi dan Penghitungan Kelimpahan Diatom Epilitik

Di bawah mikroskop binokuler merek LW Scientific seri e4-S EPB4-iPL3 i4 Lumin dan kamera Optilab merek Advance, sampel diatom diamati dan dicatat ciri-ciri frustula dan bentuk selnya untuk kemudian diidentifikasi sampai tingkat genus. Identifikasi menggunakan pustaka yang



mendukung (Cox, 1996; Wehr *et al.*, 2015). Setelah diidentifikasi sampai tingkat genus, setiap genus dihitung jumlah individunya. Perhitungan dilakukan jika jumlah individu atau valve > 400 dalam satu sampel (Tan *et al.*, 2017).

Analisis Data

Penentuan kualitas biologi dan fisika-kimia air Sungai Bedadung

Data nama, kelimpahan, nilai toleransi dan indikator setiap genus diatom epilitik digunakan untuk menentukan nilai *trophic diatom index* (TDI) dengan menggunakan persamaan 1 (Zelinka *and* Marvan (1961) dalam Kelly *and* Whitton (1995)). Nilai toleransi (berkisar 1-5) dan nilai indikator (berkisar 1-3) setiap genus diatom merujuk pada Kelly *and* Whitton (1995). Nilai TDI (berkisar 1-5) digunakan untuk menentukan tingkat kesuburan (trofik) air sungai (Tabel 1) (Kelly *et al.*, 2001; Bytyqi *et al.*, 2019).

$$\text{Index} = \frac{\sum_{j=1}^n A_j V_j I_j}{\sum_{j=1}^n A_j V_j} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan: A_j= jumlah genus pada sampel; V_j= nilai indikator; I_j= nilai toleransi (1-5).

Tabel 1. Tingkat kesuburan air sungai yang didasarkan nilai TDI

Nilai TDI	Tingkat Kesuburan Perairan	Konsentrasi hara
1	Oligotrofik	sangat rendah
2	Oligo-Mesotrofik	rendah
3	Mesotrofik	sedang
4	Eutrofik	tinggi
5	Hipertrofik	sangat tinggi

Data setiap parameter fisika-kimia yang diukur dari setiap substasiun dimasukkan ke dalam tabel dan ditentukan nilai rata-rata dan

standar deviasinya dengan program Excell Office 2019. Data tersebut selanjutnya dianalisis untuk menentukan nilai indeks kualitas air (*water quality indeks*, WQI) (persamaan 2) yang kemudian digunakan untuk menentukan kelas dan kategori kualitas air sungai (Tabel 2) (Sanchez *et al.*, 2007).

$$WQI_{abj} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan: n = jumlah total parameter kualitas air; C_i = nilai setiap parameter setelah proses normalisasi; P_i = bobot relatif setiap parameter (antara 1-4) (Sanchez *et al.*, 2007).

Tabel 2. Kelas dan kriteria kualitas air berdasarkan nilai WQI

Nilai WQI	Kelas Kualitas Air	Kriteria Kualitas Air
91-100	1	Sangat Baik
71-90	2	Baik
51-70	3	Sedang
26-50	4	Buruk
0-25	5	Sangat Buruk

Penentuan hubungan antara penggunaan lahan, kualitas biologi (TDI) dan kualitas fisika-kimia air sungai

Sebelum dilakukan analisis korelasi, terlebih dahulu dilakukan analisis data vegetasi. Analisis data vegetasi bertujuan untuk menentukan kategori kualitas penggunaan lahan.

Data kuantitatif vegetasi di setiap substasiun digunakan untuk menentukan nilai indeks diversitas (*diversity index*, DI) dan indeks sekuestrasi karbon (*carbon sequestration index*, CSI). Data DI dan CSI yang ditentukan berdasarkan data vegetasi yang dicatat dari setiap substasiun disesuaikan dengan data DI dan CSI yang telah ditentukan berdasarkan tipe penggunaan lahan oleh Pagiola *et al.* (2007). Nilai DI dan CSI masing-masing berkisar antara 0-1. Data DI dan ISC selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai indeks jasa lingkungan (*environment services index*,

ESI) (Pagiola *et al.*, 2007). Nilai ESI yang berkisar antara 0-2 menunjukkan kualitas penggunaan lahan, semakin tinggi nilai ESI semakin baik kualitas lahan.

Hubungan antara penggunaan lahan, kualitas biologi, dan kualitas fisika-kimia air ditentukan dengan analisis *principal component analysis* (PCA). Analisis dilakukan dengan menggunakan software PAST 3.0 (<https://folk.uio.no/ohammer/past/>)

HASIL

Kualitas Biologi (TDI) dan Fisika-Kimia Air Sungai Bedadung, Kabupaten Jember

Komposisi dan jumlah individu genus diatom epilitik dan nilai TDI

Komposisi dan jumlah individu genus diatom epilitik dan nilai TDI dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi genus diatom epilitik pada empat stasiun penelitian

No	Stasiun 1		Stasiun 2		Stasiun 3		Stasiun 4	
	Genus	ΣInd	Genus	ΣInd	Genus	ΣInd	Genus	ΣInd
1	<i>Achnanthes</i>	13	<i>Anomooneis</i>	2	<i>Achnanthes</i>	18	<i>Achnanthes</i>	13
2	<i>Aneumastus</i>	5	<i>Brachysira</i>	53	<i>Achnantheidum</i>	3	<i>Brachysira</i>	28
3	<i>Brachysira</i>	5	<i>Caloneis</i>	3	<i>Brachysira</i>	40	<i>Cavinulla</i>	2
4	<i>Cocconeis</i>	10	<i>Craticula</i>	20	<i>Caloneis</i>	3	<i>Cymbella</i>	58
5	<i>Cymbella</i>	48	<i>Cymbella</i>	61	<i>Cocconeis</i>	9	<i>Gomphonema</i>	27
6	<i>Diademsis</i>	2	<i>Diademsis</i>	7	<i>Craticula</i>	2	<i>Gyrosigma</i>	7
7	<i>Diatoma</i>	3	<i>Frustulia</i>	18	<i>Cymbella</i>	59	<i>Luticola</i>	18
8	<i>Eolimna</i>	2	<i>Gomphonema</i>	40	<i>Falacia</i>	3	<i>Mastogloia</i>	22
9	<i>Ephitenia</i>	6	<i>Gyrosigma</i>	5	<i>Frustulia</i>	5	<i>Navicula</i>	47
10	<i>Eucocconeis</i>	3	<i>Luticola</i>	44	<i>Gomphonema</i>	27	<i>Nitzschia</i>	50
11	<i>Eunotia</i>	9	<i>Mastogloia</i>	7	<i>Gyrosigma</i>	6	<i>Pinnularia</i>	3
12	<i>Fragillaria</i>	8	<i>Navicula</i>	67	<i>Luticola</i>	45	<i>Synedra</i>	1
13	<i>Frustulia</i>	4	<i>Nitzschia</i>	74	<i>Mastogloia</i>	4	<i>Surirella</i>	38
14	<i>Gomphonema</i>	38	<i>Stauroneis</i>	5	<i>Navicula</i>	47	<i>Tabellaria</i>	7
15	<i>Gyrosigma</i>	8	<i>Surirella</i>	13	<i>Nitzschia</i>	83		
16	<i>Luticola</i>	9	<i>Tabellaria</i>	121	<i>Pinnularia</i>	3		
17	<i>Neidium</i>	2			<i>Semiorbis</i>	2		
18	<i>Navicula</i>	26			<i>Surirella</i>	25		
19	<i>Nitzschia</i>	73			<i>Synedra</i>	8		
20	<i>Pinnularia</i>	2			<i>Tabellaria</i>	2		
21	<i>Semiorbis</i>	5						
22	<i>Stauroneis</i>	2						
23	<i>Surirella</i>	25						
24	<i>Synedra</i>	2						
25	<i>Tabellaria</i>	17						
Σindividu total:		327		540		394		321
Kekayaan genus:		25		16		20		14
TDI		3		3		3		3

Nilai parameter fisika-kimia dan WQI

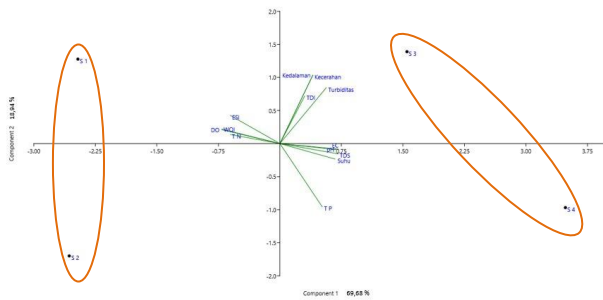
Hasil pengukuran data fisika-kimia dan WQI air sungai empat stasiun penelitian dirangkum di Tabel 4.

Tabel 4. Nilai rata-rata dan standar deviasi parameter fisika-kimia dan WQI

Parameter	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4
Suhu (°C)	18,8±0,5	21,4±0,2	25,1±0,7	26,2±1,6
TDS (mg/L)	37,8±0,8	45,8±5,3	79,3±4,6	99,2±3,8
EC (µS/cm)	76,6±1,6	90,3±9,0	161,2±8,2	190,3±13,9
Turbiditas (NTU)	8,7±4,1	3,2±1,4	18,2±2,6	15,8±1,5
Kecerahan (m)	0,2±13,6	0,2±17,3	0,4±30,1	0,3±9,6
Kedalaman (m)	0,2±13,6	0,2±17,3	0,4±30,1	0,3±9,6
pH	7,9±0,2	7,9±0,4	8,0±0,2	8,2±0,1
DO (mg/L)	8,3±0,6	8,2±0,3	7,6±0,4	6,1±1,3
TN (mg/L)	11±2,1	11±0,4	10±0,9	10±0,4
TP (mg/L)	0,29±0,5	0,35±0,9	0,33±1,6	0,40±0,2
WQI	87,93	86,25	78,13	70,63

Hubungan Penggunaan Lahan dengan Kualitas Air Biologi (TDI), Fisika-Kimia Air Sungai Bedadung

Analisis multivariat PCA menghasilkan grafik biplot yang menunjukkan hubungan antar penggunaan lahan, kualitas biologi, dan kualitas fisika-kimia air Sungai Bedadung (Gambar 2).



Gambar 2. Biplot PCA hubungan penggunaan lahan (ESI), kualitas biologi (TDI), kualitas fisika-kimia (WQI) dan parameter fisika-kimia air hulu Sungai Bedadung, Jember

PEMBAHASAN

Pada empat stasiun penelitian ditemukan variasi kekayaan genus diatom epilitik yang berkisar antara 14-25. Pada badan sungai dengan lahan di sekitarnya berupa hutan riparian ditemukan kekayaan genus paling tinggi sedangkan badan sungai yang lahan di sekitarnya berupa ladang-pemukiman tidak padat ditemukan kekayaan genus paling rendah (Tabel 3).

Variasi kekayaan genus pada setiap stasiun diikuti oleh perubahan komposisi genus diatom epilitik (Tabel 3). Perubahan komposisi genus diatom epilitik mengindikasikan bahwa kualitas air pada setiap stasiun penelitian mengalami perubahan. Walaupun secara kualitatif, kualitas air empat stasiun penelitian memiliki kategori yang sama yaitu baik menurut nilai WQI namun kadar parameter kimia dan fisika mengalami perubahan antar stasiun (Tabel 4). Harding *et al.* (2005) menjelaskan bahwa perubahan kualitas kimia air sungai dapat menghambat atau mendukung suatu jenis diatom untuk bereproduksi sehingga menyebabkan proporsi dan komposisi genus diatom mengalami perubahan.

Kelimpahan seluruh genus pada setiap stasiun penelitian bervariasi dengan kisaran 341-597 sel/stasiun (Tabel 3). Nilai kelimpahan ini memenuhi syarat perhitungan indeks biotik diatom yaitu > 300 individu/stasiun. Kelly and Whitton (1995) merekomendasikan kelimpahan diatom minimal 200 sel/stasiun, sedangkan Prygiel *et al.* (2002) merekomendasikan kelimpahan diatom > 300 sel/stasiun. Penentuan syarat kelimpahan minimal 200 sel/stasiun

adalah untuk menghindari kemungkinan bias dalam perhitungan indeks biotik diatom termasuk indeks TDI.

Berdasarkan nilai TDI, kualitas air hulu Sungai Bedadung yang berada di Desa Sucopangepok, Kecamatan Jelbuk, Kabupaten Jember yang melewati hutan riparian, perkebunan kopi, sawah, ladang-pemukiman tidak padat berkategori mesotrofik yang berarti kandungan haranya sedang (Tabel 3). Nilai ini didukung oleh keberadaan genus diatom epilitik yang memiliki nilai toleransi ≥ 3 (Kelly and Whitton, 1995) mencapai 58 % dari jumlah individu total. Genus yang sangat toleran seperti *Gomphonema*, *Gyrosigma*, *Navicula* dan *Luticola* masing-masing secara berturut-turut ditemukan dengan proporsi 8 %, 2 %, 12 % dan 7 % (Tabel 3). Sementara itu *Nitzschia* yang memiliki nilai toleransi 4 (Kelly and Whitton, 1995) merupakan genus yang jumlah individunya paling banyak ditemukan yaitu 18 % (Tabel 3). Genus diatom yang memiliki toleransi sedang, yaitu 3 (Kelly and Whitton, 1995) seperti *Cymbella*, *Surirella* dan *Achnanthes* masing-masing ditemukan secara berturut-turut dengan proporsi 14 %, 6 %, dan 3 % dari seluruh individu (Tabel 3). Kelly and Whitton (1995) menyatakan bahwa keberadaan genus yang toleran akan meningkatkan nilai TDI. *Gomphonema*, *Navicula* dan *Nitzschia* merupakan genus diatom epilitik yang juga ditemukan dominan pada sungai-sungai di Etiopia yang melewati lahan pertanian dan pemukiman (urban) (Shibabaw *et al.*, 2021).

Kualitas air dengan kandungan hara sedang (mesotrofik) di seluruh stasiun penelitian mengindikasikan bahwa air hulu Sungai Bedadung di Desa Sucopangepok Kecamatan Jelbuk telah tercemar oleh unsur hara atau nutrisi. Kadar fosfat total (TP) mengalami peningkatan pada sungai yang melewati ladang-pemukiman tidak padat. Hasil penelitian Dallas and Day (2004); Rasul *et al.* (2015) menjelaskan bahwa pemukiman dan aktivitas pertanian memiliki peranan terhadap peningkatan *input* P ke dalam ekosistem perairan. Sementara itu, kadar nitrogen total (TN) yang tinggi ditemukan pada air sungai yang berada di dalam hutan riparian (Tabel 4).

Kondisi ini juga terjadi pada *reference site* di Sungai Crocodile (Walsh and Wepener, 2009).

Hasil analisis PCA berupa biplot dapat menjelaskan total keragaman data sebesar 88,52 %. Komponen utama pertama dapat menjelaskan keragaman data sebesar 69,68 % sedangkan komponen utama kedua dapat menjelaskan keragaman data sebesar 18,94 % (Gambar 2). Menurut Jolliffe (2002) nilai total keragaman data biplot yang dapat menjelaskan dengan baik hubungan antar variabel dengan obyek adalah ≥ 70 %.

Biplot PCA menunjukkan terjadi pengelompokan stasiun pada ruang ordinasi, yaitu S1 dan S2 berkelompok menjadi Kelompok 1 dan S3 dan S4 berkelompok menjadi Kelompok 2. Kelompok 1 memiliki kemiripan nilai DO, ESI, TN dan WQI yang lebih besar dari nilai rata-rata. Kelompok 2 memiliki kemiripan nilai TP, EC, TDS, pH, TDI, suhu, kecerahan dan kedalaman air, dan turbiditas yang lebih besar dari nilai rata-rata (Gambar 2).

Penggunaan lahan (ESI) memiliki hubungan positif dan kuat dengan kualitas fisika-kimia air sungai (WQI), DO dan TN yang ditunjukkan oleh sudut yang terbentuk diantara vektor ESI dengan WQI, DO dan TN adalah lancip dengan vektor yang searah. Penggunaan lahan juga memiliki hubungan negatif dan kuat dengan suhu air, TDS, konduktivitas, TP dan pH yang ditunjukkan oleh sudut yang terbentuk antara vektor ESI dengan variabel-variabel tersebut hampir 180° dan arah vektor berlawanan (Gambar 2).

Kualitas lahan yang semakin baik akan diikuti oleh kualitas fisika-kimia air sungai yang semakin baik pula. Nilai ESI yang semakin tinggi akan diikuti oleh nilai WQI yang juga semakin tinggi dan nilai TDS, konduktivitas, turbiditas dan TP yang semakin rendah. Penelitian ini membuktikan bahwa tipe penggunaan lahan dapat menyebabkan perubahan kualitas fisika-kimia air sungai. Bere *and* Tundisi (2011); menyatakan bahwa penggunaan lahan seperti pertanian, domestik dan industri dapat menyebabkan perubahan kualitas air. Sementara itu Yu *et al.* (2013) menyatakan bahwa penggunaan lahan memiliki

pengaruh langsung dan tidak langsung terhadap kualitas air.

Penggunaan lahan tidak memiliki hubungan dengan kualitas biologi air sungai (TDI) yang ditunjukkan oleh sudut yang terbentuk antara vektor ESI dengan TDI hampir 90° . Kualitas biologi air sungai (TDI) yang ditentukan berdasarkan keberadaan diatom epilitik berhubungan positif dan kuat dengan kecerahan air, kedalaman air, suhu air, dan turbiditas yang ditunjukkan oleh sudut vektor yang terbentuk adalah lancip (Gambar 2) serta kadar fosfat total (TP) yang ditunjukkan oleh sudut vektor mendekati 180° (Gambar 2).

Diatom epilitik berkepentingan terhadap kecerahan karena berhubungan erat dengan proses fotosintesis (Butron *et al.*, 2012). Nilai kecerahan yang tinggi mengindikasikan bahwa penetrasi cahaya matahari ke dalam air sungai semakin dalam yang memungkinkan biota autotrof bentik seperti diatom epilitik mendapatkan cahaya matahari sehingga dapat melakukan proses fotosintesis.

Hubungan positif antara TDI dengan fosfat juga ditunjukkan oleh hasil penelitian Atazadeh *et al.* (2006). Indeks biotik TDI merupakan alat untuk mendeteksi tingkat kesuburan perairan tawar yang fokus pada perubahan taksonomi diatom epilitik sebagai ukuran pengaruh lingkungan khususnya fosfat (P) (Kelly and Whitton, 1995). Walaupun TDI tidak memiliki hubungan dengan penggunaan lahan namun karena kadar fosfat memiliki hubungan dengan penggunaan lahan maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan lahan memiliki hubungan tidak langsung dengan TDI. Pada saat lahan di sekitar sungai ditumbuhi vegetasi pohon yang beranekaragaman dan rimbun ($ESI = 2$) maka kandungan hara (kadar fosfat total (TP) air sungai di sekitarnya adalah sangat rendah dan pada saat hara sangat rendah nilai TDI juga sangat rendah yang berarti bahwa air sungai bersifat oligotrofik.

KESIMPULAN

1. Air hulu Sungai Bedadung yang berada di Desa Sucopangpok, Kecamatan Jelbuk, Kabupaten Jember mengandung hara

sedang (mesotrofik) berdasarkan nilai TDI dan berkualitas baik berdasarkan nilai WQI.

2. Tipe penggunaan lahan memiliki hubungan positif dan kuat dengan kualitas fisika kimia air sungai (WQI), hubungan negatif dan kuat dengan fosfat total, dan hubungan negatif, kuat dan tidak langsung dengan kualitas biologi air sungai (TDI).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada DRPM Ditjen Dikti Kemendikbud yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Magister Tahun Anggaran 2020 dengan kontrak No. 041/SP2H/LT/DRPM/2020. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada LP2M Universitas Jember yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Atazadeh, I., M. Sharifii and M.G. Kelly. 2007. Evaluation of the trophic diatom index for assessing water quality in River Gharasou, western Iran. *Hydrobiologia*, 587: 165-173. doi: 10.1007/s10750-007-0736-0.
- Bere, T. and J.G. Tundisi. 2011. Diatom-based water quality assessment in streams influence by urban pollution: effects of natural and two selected artificial substrates, Sao Carlos-SP, Brazil. *Braz. J. Aquat. Sci Technol.*, 15(1): 54-63.
- Butron, A., I. Madariaga, E. Orive. 2012. Tolerance to high irradiance levels as a determinant of the bloom forming *Heterosigma akashiwo* success in estuarine waters in summer. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 107: 141–149.
- Bytyqi, P., P. Ymeri, M. Czikkely, O. Fetoshi, A. Shala-Abazi, M. Ismaili, Q. Ramshaj, and F. Milaku. 2019. The Application of benthic diatoms in water quality assessment in Lepenci River Basin, Kosovo. *J. Ecol. Eng.*, 20(11): 43–57. doi:10.12911/22998993/113409.
- Clesceri, L. S., A. E. Greenberg, M. A. H. Franson, and A.D. Eaton. 1998. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. Washington DC: American Public Health Association. 541 p.
- Cox, E J. 1996. Identification of Freshwater Diatoms from Live Material. London: Chapman & Hall.
- Dallas, H. F. & J. A. Day, 2004. The effect of water quality variables on aquatic ecosystems – A Review for Water Research Commission Report No. TT 22/04. Water Research Commission, Pretoria.
- Dalu, T., T. Bere, and P.W. Froneman. 2016. Assessment of water quality based on diatom indices in a small temperate river system, Kowie River, South Africa. *Water*, 42(2):183. doi:10.4314/wsa.v42i2.
- Giri, S., and Z. Qiu. 2016. Understanding the relationship of land uses and water quality in twenty first century: A review. *J. Environ. Manag.*, 173: 41–48.
- Harding, W.R., C.G.M. Archibald and J.C. Taylor. 2005. The relevance of diatoms for water quality assessment in South Africa: A position paper. *Water*, 31 (1): 41-46.
- Jolliffe, I.T. 2002. Principal Component Analysis. Second edition. New York: Springer Verlag.
- Kelly, M.G. and B.A. Whitton. 1995. The Trophic Diatom: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology*, 7: 433-444
- Kelly, M.G., C. Adams, A.C. Graves, J. Jamieson, J. Krokowski, E.B. Lycett, J. Murray-Bligh, S. Pritchard, and C. Wilkins. 2001. The trophic diatom index: a user's manual. Revised edition. Swidon: Environmental Agency.

- Kelly, M.G., L. King, R.I. Jones, P.A. Barker and B.J. Jamieson. 2008. Validation of diatoms as proxies for phytobenthos when assessing ecological status in lakes. *Hydrobiologia*, 610: 125–129. doi:10.1007/s10750-008-9427-8.
- Lobo, E.A., C.G. Heinrich, M. Schuch, C.E. Wetzel, and L. Ector. 2016. Chapter 11 Diatoms as Bioindicators in Rivers in O. Necchi Jr. *River Algae*. Switzerland: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-31984-111
- Mangadze, T., T. Bere, and T. Mwedzi. 2015. Epilithic diatom flora in contrasting land-use settings in tropical streams, Manyame Catchment, Zimbabwe. *Hydrobiologia*, 748: 1-11. doi:10.1007/s10750-015-2203-7.
- Pagiola, S., E. Ramirez, J. Gobbi, C. de Haan, M. Ibrahim, E. Murgueitio, and J. P. Ruiz. 2007. Paying for environmental services of silvopastoral practices in Nicaragua. *Ecological Economic*, 6(4): 374-385.
- Prygiel, J., P. Carpentier, S. Almeida., M. Coste., J.C. Druart, L. Ector, D. Guillard, M.A. Honoré, R. Iserentant, P. Ledeganck, C. Lalanne-Cassou, C. Lesniak, I. Mercier, P. Moncaut, M. Nazart, N. Nouchet, F. Peres, V. Peeters, F. Rimet, A. Rumeau, S. Sabater, F. Straub, M. Torrisi, L. Tudesque, B. Van Der Vijver, H. Vidal, J. Vizinet, and N. Zydek. 2002. Determination of the biological diatom index (IBD NF T 90-354): results of an intercomparison exercise. *Journal of Applied Phycology*, 14: 27-39.
- Rasul, M.G., M.S. Islam, F.M. Yahaya, L. Alam, M. Mokhtar. 2015. Effects of anthropogenic impacts on water quality in Bertam catchment, Cameron Highlands, Malaysia. *Int J Ecol Environ Sci.*, 41(1–2):75–86.
- Salomoni, S.E.A., O.B. Rocha, V.L. Callegaro and E.A. Lobo. 2006. Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hydrobiologia*, 559:233–246
- Salomoni, S.E., O.B. Rocha, G.C. Hermany, and E.A. Lobo. 2011. Application of water quality biological indices using diatoms as bioindicators in the Gravataí river, RS, Brasil. *Brazil. J. Biol.*, 71(4): 949-959.
- Sánchez, E., M.F. Colmenarejo, J. Vicente, A. Rubio, M.G. García, R. Travieso, and R. Borja. 2007. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Ecological Indicators*, 7: 315-328.
- Shibabaw, T., A. Beyene, A. Awoke, M. Tirfie, M. Azage, and L. Triest. 2021. Diatom community structure in relation to environmental factors in human influenced rivers and streams in tropical Africa. *PLoS ONE*, 16(2): e0246043. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246043>
- Smol, J.P. and E.F. Stoermer. 2004. *The Diatoms: Application for the Environmental and Earth Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tan, X., Q. Zhang, M.A. Burford, F. Shedon, and S.E. Burn. 2017. Benthic diatom based indicators for water quality assessment in two subtropical streams. *Frontiers in Microbiology*, 8(601): 1-10.
- Taylor, J.C., W.R. Harding, and C.G.M. Archibald. 2007. *A Methods Manual for the Collection, Preparation and Analysis of Diatom Samples*. Gezina, Pretoria: Water Research Commission (WRC).
- Trábert, Z., M. Duleba, T. Bíró, P. Dobosy, A. Földi, A. Hidas, K.T. Kiss, M. Óvári, A. Takács, G. Várbiro, G. Záray, and É. Ács. 2020. Effect of land use on the benthic diatom community of the Danube river in

- the Region of Budapest. *Water*, 12(479): 1-20.
- Walsh, G. and V. Wepener. 2009. The influence of land use on water quality and diatom community structures in urban and agriculturally stressed rivers. *Water S.A.*, 35(5): 579 – 594.
- Wehr, J.D., R.G. Sheath., and J.P. Kociolek. 2015. *Freshwater Algae of North America Ecology and Classification*. London: Academic Press.
- Xue, H., B. Zheng, F. Meng, Y. Wang, L. Zhang, and P. Cheng. 2019. Assessment of aquatic ecosystem health of the Wutong river based on benthic diatoms. *Water*, 11(727): 1-17. doi:10.3390/w11040727
- Yu, D., P. Shi, Y. Liu, and B. Xun. 2013. Detecting land use-water quality relationships from the viewpoint of ecological restoration in an urban area. *Ecological Engineering*, 53: 205-216.