

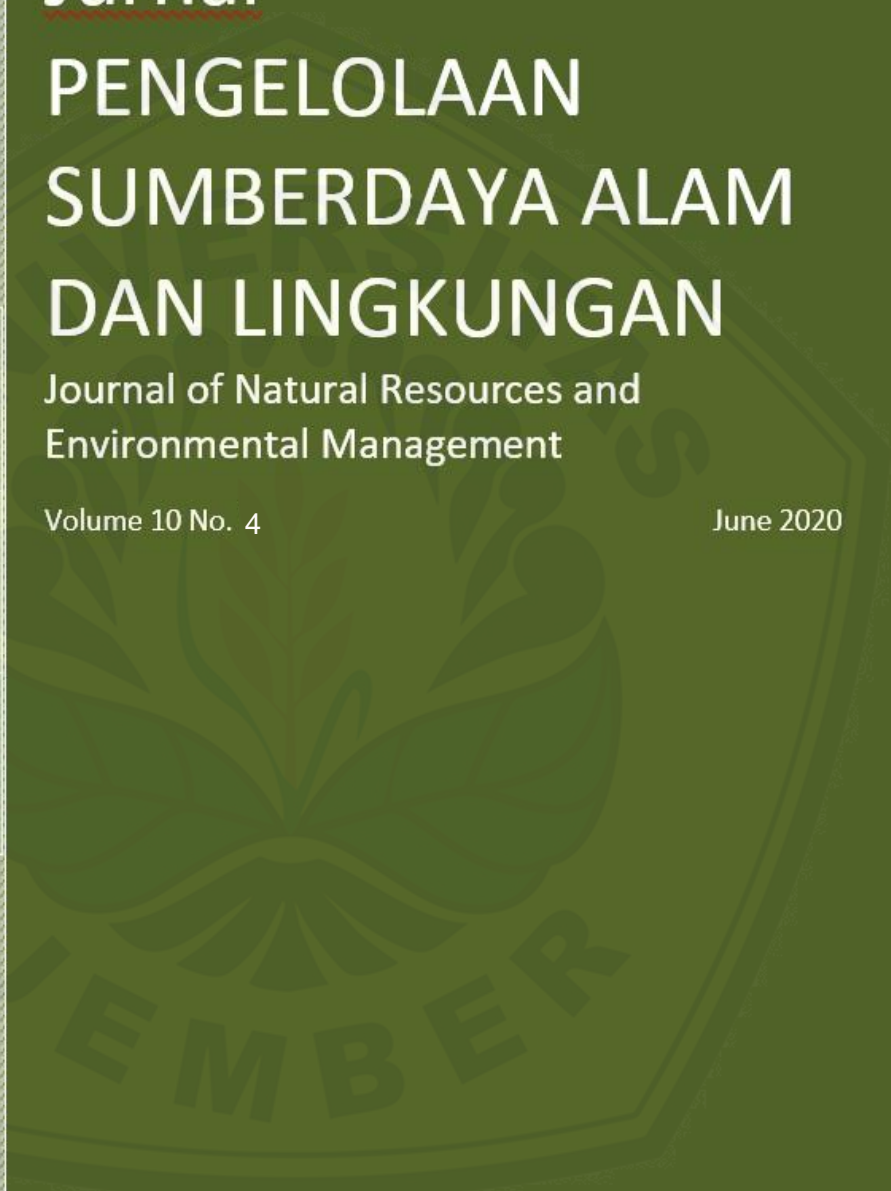
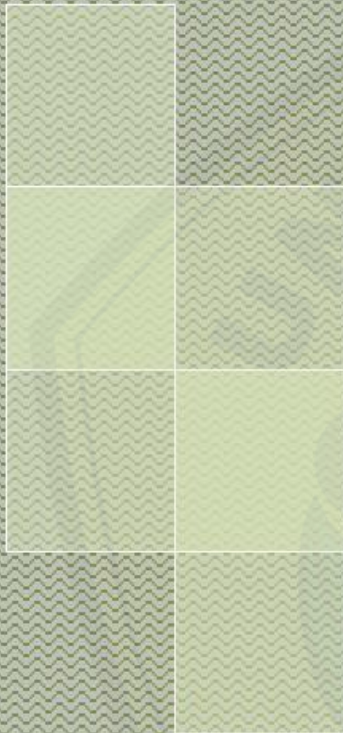
ISSN : 2086-4639

Jurnal
PENGELOLAAN
SUMBERDAYA ALAM
DAN LINGKUNGAN

Journal of Natural Resources and
Environmental Management

Volume 10 No. 4

June 2020





Kajian penilaian kualitas air Sungai Bedadung di Kabupaten Jember

Water quality assessment at Bedadung River in Jember Regency

Elida Novita^a, Hendra Andiananta Pradana^b, Satria Priambada Dwija^a

^aJurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, 68121, Indonesia

^bProgram Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air Pertanian/Alam dan Lingkungan, Pascasarjana, Universitas Jember, 68121, Indonesia [+62 331-323567]

Article Info:

Received: 29 - 07 - 2020

Accepted: 09 - 12 - 2020

Keywords:

CCME WQI, keys parameter, pollution load capacity, urban area, Water quality monitoring

Corresponding Author:

Hendra Andiananta Pradana
Program Studi Magister
Pengelolaan Sumber Daya Air
Pertanian/Alam dan Lingkungan,
Pascasarjana, Universitas
Jember;
Tel. +62331-323567
Email:
hendraandianantapradana@
gmail.com

Abstract. River water quality assessment plays an important role in determining the allocation of surface water resources. The purpose of this study is to identify the pollution load capacity and the status of water quality assessment using the Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME WQI) method. Monitoring of water quality and discharge parameters is carried out at 5 locations of water sampling. The BOD, COD, TSS, and discharge parameters in the observation period of 2019 were used to measure the value of the pollution load capacity. Water quality input data in the form of physical, chemical, and microbiological parameters in the 2016-2019 observation period were used to determine the water quality index value using the CCME WQI method. The results showed that the value of the pollution load capacity of the Bedadung River pollution in the urban area segment of Jember Regency refers to TSS, BOD, and COD parameters respectively are 17 429.99 kg/day, 410.75 kg/day and 2 357.33 kg/day. The range of Bedadung River CCME WQI values for the Urban segment of Jember Regency from 2016-2019 is 53.21-79.31 category fair to marginal categories. The parameters that cause low CCME WQI values are BOD, COD, H₂S, Cl⁻, PO₄, and total coliform.

How to cite (CSE Style 8th Edition):

Novita E, Pradana HA, Dwija SP. 2020. Kajian penilaian kualitas air Sungai Bedadung di Kabupaten Jember. JPSL 10(4): 699-714. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.10.4.699-714>.

PENDAHULUAN

Keberadaan sumber air berperan vital dalam kehidupan manusia. Akan tetapi sumber daya air di beberapa wilayah dalam kondisi yang tidak layak dimanfaatkan sebagai sumber air baku. Abbaspour (2011) melaporkan bahwa penurunan kualitas air menjadi isu-isu prioritas di negara berkembang. Penurunan kualitas sumber air permukaan merupakan akibat dari tekanan pencemaran dari rendahnya upaya sanitasi lingkungan dan instalasi penanganan air limbah (Dwivedi, 2017; Yustiani *et al.*, 2018). Fenomena tersebut juga dialami di Negara Indonesia. Terdapat 44 sungai di Indonesia seperti Sungai Musi, Citarum, Ciliwung, Brantas, dan Barito memiliki nilai kualitas air yang tidak memenuhi baku mutu kelas II (Yetti *et al.*, 2011; Asian Development Bank, 2016; Yudo dan Said, 2018).

Daerah Aliran Sungai (DAS) Bedadung memiliki beberapa sungai besar. Salah satu sungai tersebut merupakan Sungai Bedadung yang melintasi Pusat Kegiatan Wilayah atau Wilayah Perkotaan Kabupaten Jember yang meliputi Kecamatan Patrang, Sumbersari, dan Kaliwates (Peraturan Daerah Kabupaten Jember

Nomor 1 Tahun 2015). Sungai Bedadung dimanfaatkan sebagai salah satu sumber air baku oleh Perumdam Tirta Pandalungan Kabupaten Jember. Lokasi *water intake* Perumdam Tirta Pandalungan Kabupaten Jember terletak di Kecamatan Patrang dan Kaliwates. Dinamika di DAS Bedadung berpengaruh terhadap kualitas air Sungai Bedadung. Akumulasi beban pencemaran *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dari segmen Kecamatan Patrang-Sumbersari berpotensi menurunkan kualitas air Sungai Bedadung (Pradana *et al.*, 2019a). Sementara itu, hasil identifikasi nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) di *water intake* Instalasi Pengolahan Air (IPA) Tegal Besar yang berada di Kecamatan Kaliwates tidak memenuhi baku mutu kelas I (Pradana *et al.*, 2019b). Fenomena ini akan mengancam penyediaan sumber air baku di Wilayah Perkotaan Kabupaten Jember. Oleh sebab itu diperlukan upaya pengelolaan sumber air. Merujuk pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 pemantauan kualitas air sungai merupakan salah satu bagian dari pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran sumber air.

Pemantauan beberapa parameter kualitas air dapat digunakan untuk mengevaluasi dan menilai kondisi status mutu air sungai guna pertimbangan peruntukannya. Evaluasi kualitas air Sungai Bedadung dan anak sungainya yang melewati segmen perkotaan di Kabupaten Jember pada periode pengamatan tahun 2018-2019 hanya berdasarkan parameter BOD, debit, COD, dan beban pencemaran (Aziza *et al.*, 2018; Pradana *et al.*, 2019a). Kondisi ini kurang mencerminkan kondisi air Sungai Bedadung, mengingat cukup banyak parameter kualitas air (fisika, kimia, dan mikrobiologi) yang perlu diamati dan dievaluasi untuk dapat menilai kondisi kualitas air secara lebih baik. Penilaian status mutu air dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu Indeks Pencemaran dan Storet (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003), akan tetapi aplikasi metode Indeks Kualitas Air (IKA) atau CCME WQI yang diterbitkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Negara Kanada dapat diasumsikan lebih mampu mencerminkan kondisi kualitas air sesuai peruntukannya daripada metode Indeks Pencemaran dan Storet (Saraswati *et al.*, 2014; Haeruddin *et al.*, 2019; Saraswati *et al.*, 2019).

Secara umum metode IKA mempertimbangkan keberadaan bahan pencemar dan baku mutu peruntukannya dan dapat digunakan pada *input* data majemuk. Adapun beberapa metode IKA yang sudah diaplikasi di beberapa wilayah yaitu *Horton Model*, *National Sanitation Foundation Water Quality Index* (NFSWQI), *Oregon Water Quality Index* (OWQI), *Canada Council Ministers of the Environment Water Quality Index* (CCMEWQI), dan *Global Drinking Water Quality Index* (GDWQI) (Lumb *et al.*, 2011; Tallar dan Suen, 2015; Poonam *et al.*, 2015; Hussein dan Ali, 2017; Piranti *et al.*, 2018). CCME WQI menjadi salah satu metode yang memiliki sensitivitas yang relatif baik dalam merefleksikan kondisi kualitas perairan tropis di Indonesia (Saraswati *et al.*, 2014). Tujuan dari penelitian ini yaitu mengidentifikasi daya tampung beban pencemaran berdasarkan parameter BOD, COD, dan TSS serta menilai status mutu air sungai menggunakan metode CCME WQI di Sungai Bedadung yang melewati segmen Pusat Kegiatan Wilayah Kabupaten Jember. Kajian ini dapat digunakan sebagai pertimbangan penentuan daya tampung beban pencemaran dan status mutu air Sungai Bedadung segmen Perkotaan Kabupaten Jember guna pengendalian sumber pencemaran dan pengelolaan kualitas sumber daya air permukaan.

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

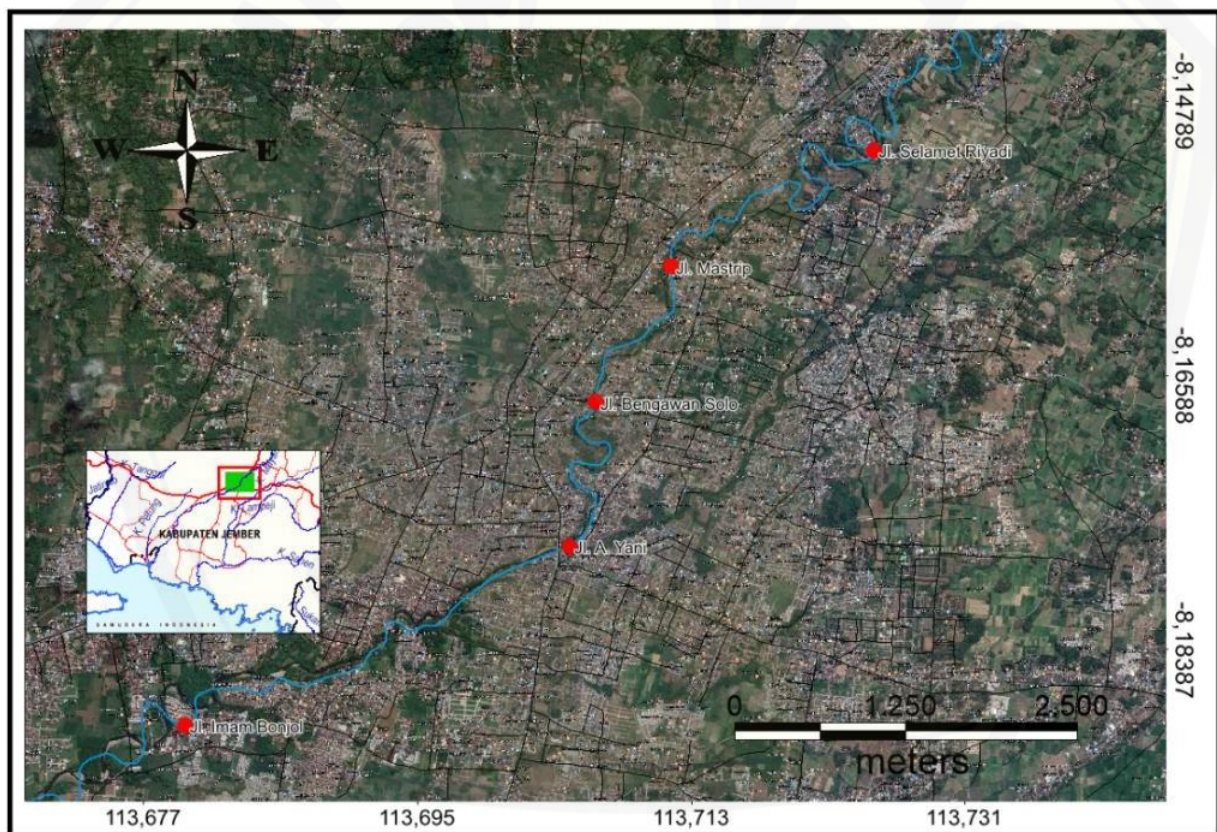
Pengambilan contoh air dilakukan di Sungai Bedadung yang melewati Kecamatan Patrang, Summersari, dan Kaliwates dengan spesifikasi lokasi yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1. Pada segmen tersebut terdapat 2 *water intake* Perumdam Tirta Pandalungan Kabupaten Jember yaitu Instalasi Pengolahan Air (IPA) Tegal Gede Kecamatan Patrang dan Tegal Besar Kecamatan Kaliwates (Pradana *et al.*, 2019b). Yaitu berada pada antara titik pertama dan kedua serta berada pada titik keempat dan kelima.



Pengumpulan data contoh air dengan metode *grab sampling* dilakukan pada tanggal 19 Mei sampai dengan 19 Oktober 2019 dengan pengulangan tiga kali. Data tersebut merupakan data primer yang diuji di Laboratorium PT Sucofindo Surabaya yang sudah diakreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN). Adapun data sekunder berupa kualitas air Sungai Bedadung pada tahun 2016 sampai 2018 diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jember. Waktu pengambilan data dan pengujian dapat dilihat pada Tabel 2. Metode standar pengujian kualitas air sungai berdasarkan 28 parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi pada Tabel 3. Penggunaan kelas mutu menggunakan baku mutu kelas I merujuk pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001.

Tabel 1 Lokasi pengambilan contoh air 2016-2019

Titik	Lokasi	Desa	Kecamatan	Koordinat	
				Longitude	Latitude
1	Jl Slamet Riyadi	Patrang	Patrang	113.7256520	-8.1497490
2	Jl Mastrip	Sumbersari	Sumbersari	113.7121370	-8.1570250
3	Jl Bengawan Solo	Sumbersari	Sumbersari	113.7068930	-8.1547150
4	Jl Sumatera	Sumbersari	Sumbersari	113.7056960	-8.1763930
5	Jl Imam Bonjol	Kaliwates	Kaliwates	113.6833410	-8.1863103



Gambar 1 Peta lokasi lima titik pengambilan contoh air Sungai Bedadung di segmen Kecamatan Patrang, Summersari dan Kaliwates Kabupaten Jember

Tabel 2 Waktu pengambilan sampel dan pengujian CCME WQI tahun 2016-2019

Lokasi	Waktu Penelitian	2016 ¹	2017 ¹	2018 ¹	2019 ¹
Jl.Slamet Riyadi	Periode 1 ^{*)}				
	Tanggal Sampling	-	10-11 Juni	-	19-20 Mei
	Tanggal Pengujian		12 Juni-7 Juli		20 Mei-17 Juni
	Periode 2 ^{**)}				
	Tanggal Sampling	7-8 November	25-26 September	23-24 Oktober	-
	Tanggal Pengujian	14 November-1 Desember	2 - 19 Oktober	24 Oktober-12 November	
Jl. Mastrip	Periode 1 ^{*)}				
	Tanggal Sampling	-	10-11 Juni	-	19-20 Mei
	Tanggal Pengujian		12 Juni-7 Juli		20 Mei-17 Juni
	Periode 2 ^{**)}				
	Tanggal Sampling	7-8 November	-	23-24 Oktober	-
	Tanggal Pengujian	14 November-1 Desember		24 Oktober-12 November	
Jl. Bengawan Solo	Periode 1 ^{*)}				
	Tanggal Sampling	23-24 Mei	10-11 Juni	-	19-20 Mei
	Tanggal Pengujian	24 Mei-11 Juni	12 Juni-7 Juli		20 Mei-17 Juni
	Periode 2 ^{**)}				
	Tanggal Sampling	7-8 November	25-26 September	23-24 Oktober	-
	Tanggal Pengujian	14 November-1 Desember	2-19 Oktober	24 Oktober-12 November	
Jl. Sumatera	Periode 1 ^{*)}				
	Tanggal Sampling	-	-	-	19-20 Mei
	Tanggal Pengujian				20 Mei-17 Juni
	Periode 2 ^{**)}				
	Tanggal Sampling	7-8 November	25-26 September	23-24 Oktober	-
	Tanggal Pengujian	14 November-1 Desember	2-19 Oktober	24 Oktober-12 November	
Jl. Imam Bonjol	Periode 1 ^{*)}				
	Tanggal Sampling	23-24 Mei	10-11 Juni	25-26 Juni	19-20 Mei
	Tanggal Pengujian	14 November-1 Desember	12 Juni-7 Juli	26 Juni-16 Juli	20 Mei-17 Juni
	Periode 2 ^{**)}				
	Tanggal Sampling	7-8 November	25-26 September	23-24 Oktober	-
	Tanggal Pengujian	14 November-1 Desember	2-19 Oktober	24 Oktober-12 November	

Keterangan: Sumber data 1. Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jember; 2. data primer (*grab sampling*); *) periode 1, merupakan data diambil pada saat musim kemarau; **) periode 2, merupakan data diambil pada saat musim penghujan

Metode Pengumpulan Data

Materi yang digunakan untuk penelitian ini merupakan contoh air yang diperoleh dari Sungai Bedadung, dengan metode standar uji pada Tabel 3. Lokasi pengambilan contoh air dimanfaatkan sebagai sumber air baku sehingga baku mutu pembandingnya menggunakan baku mutu Kelas 1 (Pradana *et al.*, (2019b)). Prosedur pengambilan contoh air merujuk pada Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 06-7016-2004. Spesifikasi parameter dan metode pengujian contoh air pada periode pengamatan 2016-2019 berdasarkan metode standar (APHA *et al.*, 2012; APHA *et al.*, 2017). Pengambilan sampel dilakukan menggunakan botol yang bervolume 5 liter dan dimasukkan ke *coolbox* berisikan es batu sebagai bentuk pengawetan sampel selama pengambilan sampel menuju lab pengujian kualitas air. Contoh air tersebut diambil dari 5 titik pemantauan dan diangkut ke PT Sucofindo Surabaya untuk diuji. Data sekunder diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Jember sebagai data pendukung untuk menambah tingkat keakuratan status mutu Sungai Bedadung.

Tabel 3 Parameter kualitas air sungai dan metode pengujiannya

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu I ^{*)}	Metode Standar Tahun 2016 ^{**)}	Metode Standar Tahun 2017 ^{**)}	Metode Standar Tahun 2018 ^{**)}	Metode Standar Tahun 2019 ^{**)}
1	Suhu	°C	Deviasi 3	IKM/5.4.97/MB	SNI 06-6989.23-2005	SNI 06-6989 23-2005	APHA 2550 B 2017
2	TDS	mg/L	1 000	IKM/5.4.95/MB	IKM/5.4.95/MB	IKM/5.4.76/MBS	APHA 2540 C 2017
3	TSS	mg/L	50	APHA 2540 D 2005	APHA 2540 D 2012	APHA 2540 D 2017	APHA 2540 D 2017
4	pH	-	6-9	APHA 4500 H+ 2005	SNI 06-6989.11-2004	SNI 6989 11 2004	APHA 4500-H+-B 2017
5	COD	mg/L	10	SNI 6989.73.2009	SNI 6989.73.2009	SNI 6989 73 3009	APHA 5220 B 2017
6	BOD	mg/L	2	IKM/5.4.112/MB	IKM/5.4.112/MB	IKM/7.2.112/MB	APHA 5210 B 2017
7	DO	mg/L	6	IKM/5.4.97/MB	IKM/5.4.97/MB	IKM/7.2.97/MB	APHA 4500-O B 2017
8	Amonia Bebas (NH ₃ -N)	mg/L	1	APHA 4500 NH ₃ + 2005	APHA 4500 NH ₃ + 2005	APHA 4500 NH ₂ 2017	APHA 4500-NH ₃ -F 2017
9	Kobalt (Co)	mg/L	0	SNI 06-6989.68-2009	SNI 06-6989.68-2009	SNI 06989 68 2009	APHA 3120 B 2017
10	Kadmium (Cd)	mg/L	0	APHA 3111 B 2005	APHA 3111 B 2005	SNI 6989.16-2009	APHA 3120 B 2017
11	Tembaga (Cu)	mg/L	0	SNI 06-6989.6.2009	SNI 06-6989.6.2009	SNI 06-6989 6 2009	APHA 3120 B 2017
12	Seng (Zn)	mg/L	0	SNI 06-6989.7.2009	SNI 06-6989.7.2009	SNI 6989 7 2009	APHA 3120 B 2017
13	Sulfida (H ₂ S)	mg/L	0	IKM/5.4.109/MB	IKM/5.4.109/MB	IKM/7.2.109/MB	APHA 4500-S ₂ -D 2017
14	Klor (Cl ⁻)	mg/L	1	APHA 4500 Cl- 2005	IKM/5.4.74/MBS	SNI 6989 12 2009	APHA 4500-Cl B 2017
15	Sulfat (SO ₄)	mg/L	400	IKM/5.4.108/MB	IKM/5.4.64/MBS	IKM/5.4.64/MBS	APHA 4500-SO ₄ 2-E 2017
16	Minyak dan Lemak	µg/L	1 000	APHA 5520 B2005	APHA Section 5520 B 2005	SNI 6989 10-2011	APHA 5520 B 2017
17	MBAS	µg/L	200	SNI 06-6989.51.2009	SNI 6989.51.2005	SNI 06 6989 51-2005	APHA 5540 C 2017
18	Fenol	mg/L	1	IKM/5.4.107/MB	IKM/5.4.107/MB	IKM/7.2.107/MB	APHA 5530 C 2017
19	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	0	IKM/5.4.110/MB	IKM/5.4.110/MB	IKM/7.2.110/MB	APHA 500-NO ₂ - B 2017
20	Besi (Fe)	mg/L	0	Spektrofotometer	Spektrofotometer	IKM/5.4 57/MBS	APHA 3120 B 2017
21	Timbal (Pb)	mg/L	0	APHA 3111- B 2005	IKM/5.4.77/MBS	SNI 6989 2-2009	APHA 3120 B 2017
22	Florida (F)	mg/L	1	Spektrofotometer	IKM/5.4.61/MBS	IKM/5.4 61/MBS	APHA 4500-F – D 2017

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu I *)	Metode Standar Tahun 2016 **)	Metode Standar Tahun 2017 **)	Metode Standar Tahun 2018 **)	Metode Standar Tahun 2019 **)
23	Klorin Bebas (Cl ₂)	mg/L	0	Spektrofotometer	IKM/5.4.52/MBS	IKM/5.4.52/MBS	APHA 4500-Cl ₂ - B 2017
24	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	10	Spektrofotometer	IKM/5.4.65/MBS	IKM/5.4.65/MBS	APHA 4500-NO ₃ -E 2017
25	Pospat (PO ₄)	mg/L	0	SNI 06-6989.31.2004	Spektrofotometer	IKM/5.4.70/MBS	APHA 4500-P C 2017
26	Mangan (Mn)	mg/L	1	Spektrofotometer	Spektrofotometer	SNI 6989.5-2009	APHA 3120 B 2017
27	Kromium Hexavalen	mg/L	0	Spektrofotometer	Spektrofotometer	IKM/5.4 54/MBS	APHA 3500-Cr-B 2017
28	Total Coliform	MPN/100 mL	1 000	Tabung Ganda	IKM/5.4.87/MBS	IKM/5.4 87/MBS (MPN)	APHA 9221 B # 2012

Keterangan: *) Baku mutu air kelas I, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001; **) *American Public Health Association* (APHA) 2005, (APHA) 2012, APHA (2017), Standar Nasional Indonesia (SNI)

Metode Analisis Data

Beban Pencemaran dan Daya Tampung Beban Pencemaran

Nilai beban pencemaran dipengaruhi oleh nilai debit dan konsentrasi parameter kualitas air. Pengukuran debit dilakukan pada setiap pias *cross section* pada masing-masing lokasi pengamatan. Pembagian pias berdasarkan relief pada *cross section* (Tanika *et al.*, 2016). Pias merupakan pembagian penampang suatu saluran atau sungai secara melintang. Setiap *current meter* memiliki rumus kalibrasi untuk menentukan kecepatan aliran yang ditunjukkan pada Persamaan 1. Debit yang dicatat merupakan total debit dari semua pias yang diperoleh berdasarkan perkalian antara kecepatan aliran dan luas penampang pada masing-masing pias. Berikut merupakan perhitungan debit total yang dapat dilihat pada Persamaan 2 (Pradana *et al.*, 2019a).

$$V = aN + b \tag{1}$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran air (m/detik)

a & b = Konstanta *current meter* (Merk Seba *Hydrometry Universal Current Meter F1*)

N = Jumlah putaran baling-baling (putaran/detik)

$$Q = L1D1V1 + L2D2V2 + L3D3V3..... LnDnVn \tag{2}$$

Keterangan:

Q = Debit (m³/detik)

D = Kedalaman (m)

L = Lebar Interval (m)

V = Kecepatan rata-rata pada tiap pias kedalaman pengukuran (m/detik)

Beban pencemaran merupakan jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau limbah (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001). Nilai beban pencemaran dapat diketahui dengan mengalikan konsentrasi bahan pencemar, debit air, dan faktor konversi. Merujuk pada Lampiran II Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 1 (2010), formula untuk menghitung nilai beban pencemaran dapat dilihat pada persamaan 3. Pemilihan parameter kualitas air berupa TSS, BOD, dan COD yang digunakan untuk mengukur nilai beban pencemaran berdasarkan parameter kunci pada Program Kali Bersih (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 1, 2010).

$$BP = Q \times C \times f \quad (3)$$

Keterangan:

BP = Beban pencemaran sungai (kg/hari)

Q = Debit air sungai (m³/detik)

C = Konsentrasi TSS, BOD, dan COD (mg/L)

f = Faktor konversi satuan = 0.0864 (kg.liter.detik)/(mg.m³/hari)

Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP) Sungai Bedadung berdasarkan kemampuan sungai dalam menerima bahan pencemar yang tidak melebihi baku mutu sesuai peruntukannya. Baku mutu yang digunakan pada penelitian ini adalah baku mutu Kelas I untuk sumber air bersih atau domestik sesuai dengan PP nomor 82 Tahun 2001. Berikut ini merupakan persamaan penentuan daya tampung beban pencemaran sungai (Djoharam *et al.*, 2018).

$$DTBP = BP_{min} - BP_{terukur} \quad (4)$$

Keterangan:

DTBP = Daya tampung beban pencemaran (kg/hari)

BP_{min} = Beban pencemaran sesuai baku mutu (kg/hari)

BP_{terukur} = Beban pencemaran yang terukur (kg/hari)

Evaluasi Kualitas Air Sungai

Penilaian kualitas air dapat dilakukan secara deskriptif kuantitatif. Pendekatan tersebut dapat ditempuh dengan cara membandingkan parameter kualitas air dengan baku mutu (Sahabuddin *et al.*, 2014; Effendi, 2016; Yudo dan Said, 2018). Baku mutu kualitas air yang digunakan untuk membandingkan beberapa parameter kualitas air adalah baku mutu air Kelas I. Penentuan ini berdasarkan pemanfaatan Sungai Bedadung sebagai sumber air baku untuk air minum bagi Perumdam Tirta Pandalungan Kabupaten Jember (Pradana *et al.*, 2019a; Pradana *et al.*, 2019b).

Perhitungan Indeks Kualitas Air

Penggunaan metode CCME-WQI menghasilkan status mutu air yang lebih mencerminkan kondisi sebenarnya daripada nilai Indeks Pencemaran (IP) dan Storet serta cukup mudah diaplikasikan (Saraswati *et al.*, 2014; Jafarabadi *et al.*, 2016). Metode ini juga memiliki tingkat efektivitas dan sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode IP dan Storet (Romdania *et al.*, 2018). CCME WQI juga menggunakan data pengulangan waktu (*time series data*) sehingga menggambarkan kondisi lingkungan yang sebenarnya dalam kurun waktu tertentu, tetapi CCME WQI juga memiliki perhitungan yang lebih kompleks dibandingkan metode IP dan Storet (Romdania *et al.*, 2018). CCME WQI merupakan salah satu metode pengukuran indeks kualitas air dari *British Columbia* pada pertengahan 1990-an (*Canadian Council of Ministers of the Environment*, 2001). Pendekatan pada metode tersebut berdasarkan pada nilai perhitungan frekuensi yang berasal dari parameter yang telah menyimpang dari baku mutu sesuai peruntukannya (Kachroud *et al.*, 2019). Hasil perhitungan nilai CCME WQI dapat dikategorikan berdasarkan Tabel 3. Berikut adalah tahapan perhitungan CCME WQI (Lumb *et al.*, 2011).

1. F1 (*Scope*), menyatakan persentase variabel-variabel yang menyimpang dari baku mutu yang telah ditetapkan. Formula dari F1 dapat dilihat pada persamaan 5.

$$F1 = \frac{\text{Jumlah variabel menyimpang}}{\text{Total jumlah variabel}} \times 100\% \quad (5)$$

2. F2 (*Frequency*), menyatakan persentase uji setiap parameter yang tidak memenuhi baku mutu. Formula dari F2 dapat dilihat pada persamaan 6.

$$F2 = \frac{\text{Jumlah pengujian menyimpang}}{\text{Total jumlah pengujian}} \times 100\% \tag{6}$$

3. F3 (*Amplitude*), menyatakan jumlah nilai penyimpangan. Formula dari F3 dapat dilihat pada persamaan 7.

$$F3 = \frac{nse}{0,01 nse + 0,01} \tag{7}$$

Keterangan: nse merukapakan total nilai penyimpangan setiap pengujian yang dapat dilihat pada persamaan 8.

$$\text{Rumus } nse = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{\text{Nilai uji yang menyimpang}}{\text{Baku mutu}}}{\text{Jumlah nilai pengujian}} \tag{8}$$

4. CCME WQI, apabila nilai-nilai faktor telah diperoleh maka dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{CCME WQI} = 100 - \left[\frac{\sqrt{F1+F2+F3}}{1,732} \right] \tag{9}$$

Tabel 4 Klasifikasi indeks kualitas air CCME WQI

Nilai CCME-WQI	Kualitas Air		Rekomendasi
	Tingkat	Kelas	
95-100	1	Sangat baik (<i>Excellent</i>)	Layak untuk media hidup biota perariran dan mendekati kondisi alamiahnya, dapat dimanfaatkan sebagai sumber air untuk keperluan apapun, kualitas air terlindungi dan tidak terdapat gangguan atau ancaman, serta nilai indeks ini dapat diperoleh bila semua pengukuran baku mutu memiliki tujuan yang sama sepanjang tahun
80-94	2	Baik (<i>Good</i>)	Layak untuk media hidup biota perairan, diperlukan pengolahan terlebih dahulu untuk sumber air minum, terdapat perlindungan kualitas air dan minim ancaman atau gangguan, serta kondisinya jarang menyimpang dengan kondisi alamiahnya dan atau peruntukannya
65-79	3	Cukup (<i>Fair</i>)	Tidak layak untuk sumber air minum namun dalam kondisi terlindungi, kadang-kadang mengalami gangguan atau ancaman, serta kadang-kadang kondisinya menyimpang dari tingkat alamiahnya dan atau peruntukannya
45-64	4	Kurang (<i>Marginal</i>)	Kondisi kualitas airnya sering terancam dan terganggu serta kondisinya sering menyimpang dari tingkat alamiahnya dan atau peruntukannya
0-44	5	Buruk (<i>Poor</i>)	Kondisi kualitas airnya hampir selalu terancam dan terganggu serta biasanya kondisinya menyimpang dari tingkat alamiahnya dan atau peruntukannya

Sumber: Modifikasi dari (*Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001; Lumb et al., 2011; Kachroud et al., 2019*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Air Sungai Bedadung

Pada penelitian kualitas air Sungai Bedadung ini menggunakan beberapa parameter fisika, kimia, dan biologi. Hasil pemeriksaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil dari pada Tabel 5 merupakan gabungan dari data sekunder pada tahun 2016 sampai dengan 2018 dan data primer pada tahun 2019. Keterbatasan data yang diperoleh dari DLH Jember mengakibatkan ketidakkonsistenan pengambilan data tiap tahunnya dapat dilihat pada Tabel 2, sehingga dibuat data rata-rata per tahun. Merujuk pada tabel tersebut parameter fisika berupa suhu, *Total Dissolved Solid* (TDS), dan *Total Suspended Solid* (TSS) dari air Sungai Bedadung pada segmen Kecamatan Patrang, Sumbersari, dan Kaliwates tidak melebihi baku mutu kelas I pada periode pengamatan tahun 2016-2019. Nilai rata-rata suhu, TDS, TSS secara berurutan yaitu 27.40°C, 127.29 mg/L dan 10.20 mg/L. Suhu memengaruhi jumlah oksigen terlarut, fotosintesis, dan metabolisme biota perairan. Perubahan suhu dan TSS pada perairan dipengaruhi oleh iklim, perubahan vegetasi riparian di bantaran sungai, bahan pencemar dari limbah, dan aktivitas antropogenik (Obade dan Moore, 2018). Secara langsung atau tidak langsung, kondisi parameter fisika seperti suhu dan TSS akan berdampak pada sebaran oksigen pada badan air.

Secara umum fungsi oksigen pada air yaitu mendukung fotosintesis dan mereduksi bahan organik. Keberadaan oksigen pada badan air diindikasikan oleh nilai *Dissolved Oxygen* (DO). Rata-rata nilai DO selama periode pengamatan tahun 2016-2019 sebesar 6.25 mg/L. Akan tetapi nilai DO tersebut tidak memenuhi baku mutu kelas I sebesar ≥ 6 mg/L pada periode pengamatan Mei 2019. Fluktuasi nilai DO dipengaruhi oleh profil sungai dan jumlah polutan organik. Keberadaan bahan organik di badan air diindikasikan oleh nilai BOD dan COD. Nilai rata-rata BOD dan COD secara berurutan yaitu 5.18 mg/L dan 15.11 mg/L. Parameter BOD dan COD pada periode pengamatan tahun 2016-2018 tidak memenuhi baku mutu kelas I secara berurutan sebesar 2 mg/L dan 10 mg/L. Akan tetapi, pada periode pengamatan Mei 2019 nilai kedua parameter memenuhi baku mutu kelas I. Fenomena yang terjadi diasumsikan adanya perbaikan kualitas air Sungai Bedadung yang dipengaruhi oleh kemampuan reduksi polutan organik berdasarkan nilai reoksigenasi yang cukup baik. Laju reoksigenasi di Sungai Bedadung segmen Kecamatan Patrang dan Sumbersari lebih besar dibandingkan nilai deoksigenasinya, sehingga diprediksikan memiliki kemampuan reduksi bahan organik yang cukup baik (Pradana *et al.*, 2019a). Selain itu variasi profil hidrolis sungai dan debit air memiliki peran penting dalam pengenceran nilai COD dan degradasi bahan organik mudah urai (Rahayu *et al.*, 2018). Selain parameter BOD dan COD pada tiga periode pengamatan yang tidak memenuhi baku mutu terdapat parameter kimia lainnya. Parameter tersebut yaitu sulfida, klor, dan fosfat. Nilai baku mutu kelas I dari sulfida (H_2S), klor (Cl^-), dan fosfat (PO_4) secara berurutan yaitu 0.002, 1 dan 0.2 mg/L.

Pengamatan kualitas air Sungai Bedadung dilakukan pada lokasi yang sama pada 2016-2019. Lokasi tersebut yaitu Jl Supriyadi, Jl Mastrip, Jl Bengawan Solo, Jl Sumatera, dan Jl Imam Bonjol. Nilai sulfida dalam kurun waktu 3 periode pengamatan yaitu tahun 2016, 2018, dan 2019 tidak memenuhi baku mutu kelas I. Fenomena keberadaan senyawa yang melebihi baku mutu kelas I diasumsikan karena buangan air limbah tanpa pengolahan terlebih dahulu ke Sungai Bedadung dari industri tekstil dan *laundry*. Berdasarkan kajian lainnya yang dilakukan oleh Supenah *et al.* (2015), menjelaskan bahwa pembuangan zat warna dari pencucian berpotensi meningkatkan nilai sulfida pada Sungai Condong Kabupaten Cirebon.

Aktivitas domestik dan Perumdam Tirta Pandalungan Kabupaten Jember yang menghasilkan limbah dan berpotensi dialirkan di Sungai Bedadung diasumsikan sebagai penyumbang klor. Adapun sumber pencemaran klor pada badan air diasumsikan berasal dari gas Cl_2 , $NaOCl$, dan $Ca(OCl)$ atau larutan kaporit. Merujuk pada kajian yang dilakukan oleh Rachmi *et al.*, (2016), menjelaskan bahwa ion klor berasal dari elektrolisis $NaCl$ yang terlarut dalam air. Fenomena paparan sulfida dan klor yang melebihi ambang batas kelas I pada Sungai Bedadung yang dimanfaatkan sebagai sumber air baku dapat membahayakan kesehatan manusia.

Tabel 5 Parameter kualitas air Sungai Bedadung tahun 2016-2019 segmen perkotaan Kabupaten Jember

Peubah mutu air	Satuan	Baku	2016	2017	2018	2019	Rataan	SD
		Mutu Kelas I						
Suhu	°C	Deviasi 3	30.08	27.88	26.62	25	27.4	0.64
TDS	mg/L	1 000	187.8	59.23	114.115	148	127.29	0.71
TSS	mg/L	50	23.6	8.9	6.9205	1.36	10.2	0.22
pH	-	6-9	7.566	8.168	8.0555	8.17	7.99	0.08
COD	mg/L	10	32.116	10.868	13.383	4.08	15.11	0.93
BOD	mg/L	2	10.9	4.5	4.355	0.98	5.18	0.1
DO	mg/L	6	7	6.35	6.165	5.48	6.25	0.13
Amonia Bebas (NH ₃ -N)	mg/L	0.5	0.1504	0.00666	0.01669	0.032	0.05	0.01
Kobalt (Co)	mg/L	0.2	0.001	0.08768	0.05356	0.003	0.04	0.02
Kadmium (Cd)	mg/L	0.01	0.00112	0.01449	0.00795	0.003	0.01	0
Tembaga (Cu)	mg/L	0.02	0.28778	0.0083	0.00618	0.003	0.08	0
Seng (Zn)	mg/L	0.05	0.01154	0.03059	0.02125	0.0174	0.02	0.01
Sulfida (H ₂ S)	mg/L	0.002	0.0088	0.001	0.0123	0.0348	0.01	0.001
Klor (Cl)	mg/L	1	5.2724	7.106	6.537	3.14	5.51	0.4
Sulfat (SO ₄)	mg/L	400	12.2502	19.79	17.825	15.58	16.36	0.42
Minyak dan Lemak	µg/L	1 000	620	320	200.0874	200	335.02	0.06
MBAS	µg/L	200	165.14	142.47	96.56	50	113.54	0.69
Fenol	mg/L	1	0.001	0.001	0.0014	0.002	0	0
Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	0.06	0.1164	0.0302	0.0323	0.004	0.05	0
Besi (Fe)	mg/L	0.3	0.537	0.04	0.07078	0.0984	0.19	0.02
Timbal (Pb)	mg/L	0.03	0.0326	0.01655	0.00918	0.003	0.02	0.01
Florida (F)	mg/L	0.5	0.3657	0.023	0.6162	0.334	0.33	0.42
Klorin Bebas (Cl ₂)	mg/L	0.03	0.2835	0.018	0.018	0.02	0.08	0
Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	10	3.89	2.43	2.085	2.2	2.65	0.24
Fospat (PO ₄)	mg/L	0.2	0.07988	0.2045	0.25225	0.3	0.21	0.03
Mangan (Mn)	mg/L	1	0.1685	0.013	0.00785	0.003	0.05	0.004
Kromium Hexavalen	mg/L	0.05	0.0232	0.022	0.0146	0.003	0.02	0.01
Total Coliform	MPN/ mL	1 000	2 120	386	1 427	1 600	1 383.25	0.01

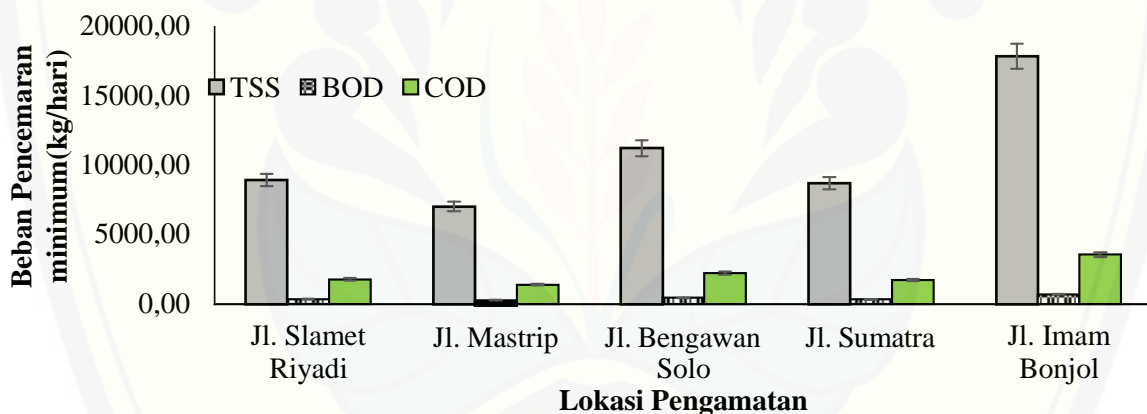
Keberadaan fosfat pada badan air yang melebihi baku mutu juga berpotensi menurunkan kualitas air Sungai Bedadung, selain kandungan sulfida dan klor. Fosfat dalam bentuk ortofosfat pada badan air berfungsi sebagai komponen makronutrien untuk pertumbuhan plankton (Piranti *et al.*, 2018; Marselina dan Burhanudin, 2018). Konsentrasi fosfat yang tinggi pada badan air memicu terjadinya fenomena ledakan pertumbuhan alga sehingga menurunkan kualitas sumber air. Feses manusia, air limbah dari aktivitas mandi dan cuci, serta pupuk dari aktivitas pertanian yang terbawa ke badan air menjadi beberapa penyebab tingginya nilai fosfat tersebut (Marselina dan Burhanudin, 2018).

Aktivitas mandi, cuci, dan kakus juga diprediksikan memengaruhi paparan mikroorganisme pada Sungai Bedadung. Merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Pradana *et al.* (2020), peruntukan lahan di Kecamatan Patrang, Sumbersari, dan Kaliwates didominasi oleh pemukiman sehingga paparan bakteri coliform pada Sungai Bedadung relatif tinggi. Total coliform merupakan salah satu indikator keberadaan mikroorganisme pada badan air. Nilai rerata total coliform pada Sungai Bedadung yang melewati wilayah perkotaan Kabupaten Jember pada periode pengamatan tahun 2016-2019. Keberadaan bakteri coliform pada badan air bisa menjadi indikasi keberadaan bakteri patogen seperti *E. Coli* yang berbahaya bagi kesehatan manusia jika dimanfaatkan sebagai sumber air bersih (Piranti *et al.*, 2018).

Kondisi parameter kualitas air Sungai Bedadung beragam. Berdasarkan beberapa periode pengamatan terdapat beberapa parameter yang memenuhi baku mutu kelas I. Adapun persentase parameter yang memenuhi parameter yang tidak melampaui baku mutu kelas I pada periode pengamatan tahun 2016, 2017, 2018, dan 2019. Persentase tersebut mengindikasikan terjadi peningkatan kualitas air Sungai Bedadung di segmen Kecamatan Patrang, Sumbersari, dan Kaliwates.

Daya Tampung Beban Pencemaran

Penurunan kualitas air sungai dipengaruhi oleh beban pencemaran yang masuk ke sungai. Beban pencemaran memiliki nilai yang beragam pada periode pengamatan Mei 2019 dan dapat dilihat pada Gambar 3a. Adapun nilai beban pencemaran minimum dapat dilihat di grafik pada Gambar 2. Nilai beban pencemaran minimum, yakni yang diperbolehkan sesuai baku mutu, diperoleh dari perkalian konsentrasi BOD, COD, dan TSS sesuai baku mutu kelas I dengan debit air Sungai Bedadung pada setiap lokasi pengamatan.

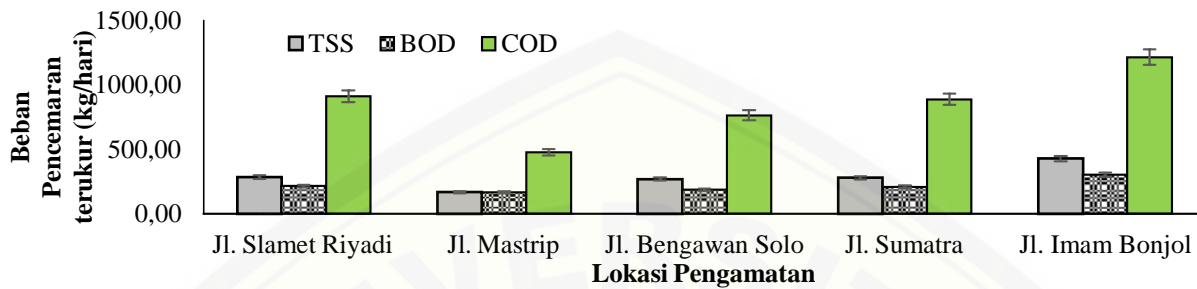


Gambar 2 Nilai beban pencemaran minimum di Sungai Bedadung

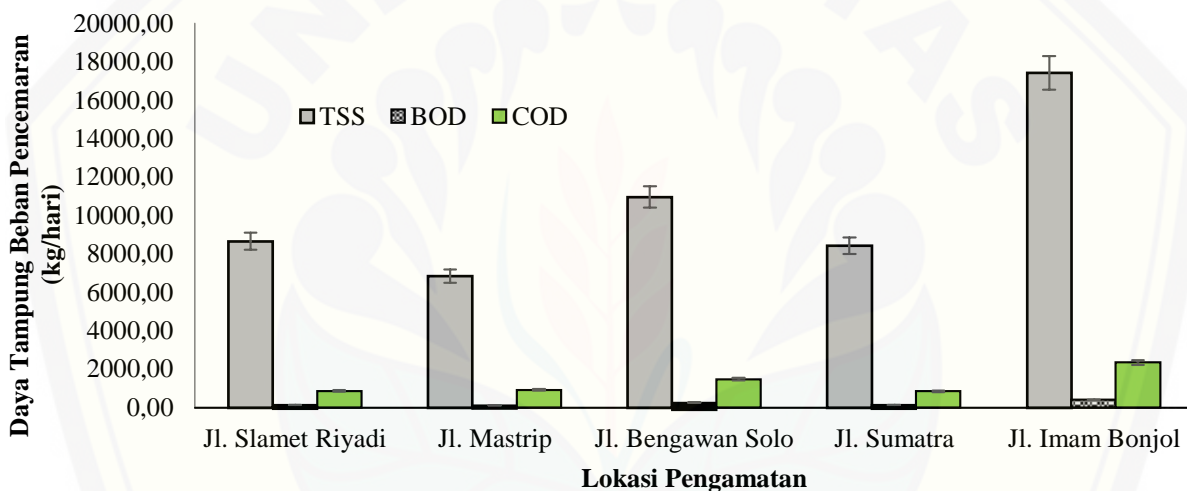
Beban pencemaran memiliki nilai yang beragam pada setiap titik pengamatan. Secara umum nilai beban pencemaran terbesar terletak pada lokasi pengambilan contoh air di Jl Imam Bonjol dan menjadi lokasi nilai maksimum beban pencemaran. Nilai beban pencemaran maksimum dari parameter TSS, BOD, dan COD secara berurutan yaitu 428.61 kg/hari, 303.60 kg/hari dan 1 214.38 kg/hari. Konsekuensi ini timbul akibat akumulasi debit sungai bernilai 4 133.93 L/s dan beban pencemaran. Sejalan dengan hal ini laporan dari Pangestu *et al.* (2017), nilai beban pencemaran pada hilir suatu sungai memiliki nilai yang lebih besar dari pada bagian hulu sungai. Fenomena tersebut terjadi akibat akumulasi debit dan konsentrasi bahan pencemar dari anak sungai atau masukan sumber pencemar. Adapun kajian yang dilakukan oleh Fatmawati *et al.* (2012) dan Pradana *et al.* (2019a) menjabarkan bahwa nilai maksimum beban pencemaran terdapat di bagian *downstream* badan air.

Menurut Djoharam *et al.* (2018), pengukuran daya tampung beban pencemaran dapat dilakukan berdasarkan selisih antara beban pencemaran minimum dengan beban pencemaran terukur yang dapat dilihat pada persamaan 4. Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran dapat dilihat pada Gambar 3b. Secara umum beban pencemaran berdasarkan parameter TSS, BOD, dan COD tidak melebihi daya tampung beban

pencemaran karena tidak bernilai negatif pada periode pengamatan Mei 2019. Nilai daya tampung beban pencemaran pada semua lokasi pengamatan tidak mengalami defisit. Daya tampung beban pencemaran terbesar terletak pada Jl Imam Bonjol dengan nilai 17 429.99 kg/hari TSS, 410.75 kg/hari BOD dan 2 357.33 kg/hari COD. Hal tersebut berarti, agar mencapai baku mutu kelas I berdasarkan parameter TSS, BOD, dan COD dengan fluktuasi debit tertentu, maka beban pencemaran yang diterima oleh Sungai Bedadung tidak boleh melebihi daya tampung beban pencemaran tersebut. Daya tampung beban pencemaran akan berkaitan dengan *self purification* sungai.



(a) Beban pencemaran terukur pada Sungai Bedadung segmen Perkotaan Kabupaten Jember



(b) Daya tampung beban pencemaran pada Sungai Bedadung segmen Perkotaan Kabupaten Jember

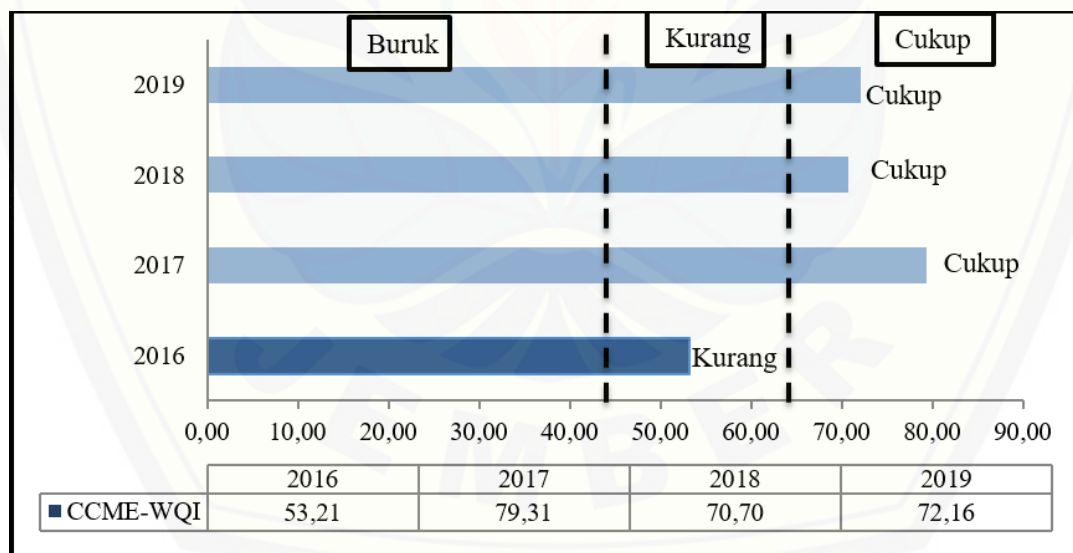
Gambar 3 Beban pencemaran terukur dan daya tampung beban pencemaran air Sungai Bedadung segmen Perkotaan Kabupaten Jember

Proses alami berupa *self purification* sungai akan bergantung pada profil hidrolis sungai dan jenis bahan pencemar. Adapun penelitian yang dilakukan oleh Pradana *et al.* (2019a), melaporkan bahwa Sungai Bedadung utama yang melewati Kecamatan Patrang hingga Sumbersari memiliki kemampuan degradasi bahan organik yang baik berdasarkan laju reoksigenasi dan deoksigenasinya. Meskipun demikian risiko pencemaran akan cenderung meningkat akibat pertumbuhan penduduk di DAS Bedadung dan pemanfaatan air Sungai Bedadung. Pencegahan pencemaran sebagai upaya pengelolaan kualitas air harus dilakukan meskipun *self purification* sungai dalam kondisi baik. Sumber pencemaran dominan berasal dari aktivitas domestik. Konsekuensi ini meningkatkan tekanan pada kualitas air sungai berupa besarnya beban pencemaran yang diterima. Adapun alternatif pengelolaan kualitas air yaitu pembuatan IPAL komunal dengan mempertimbangkan lokasi pembangunannya, peningkatan sanitasi lingkungan, perbaikan pengelolaan sampah organik dan anorganik, dan pemantauan kualitas air secara berkala yang melibatkan semua lapisan masyarakat (Marlina *et al.*, 2015; Pohan *et al.*, 2016; Rosiana *et al.*, 2016).

Indeks Kualitas Air Metode CCME WQI Sungai Bedadung

Penilaian status mutu air biasanya digunakan untuk menilai kondisi ekosistem perairan dan peruntukannya baik untuk sumber air baku atau lainnya. Status mutu air pada Sungai Bedadung pada wilayah pekotaan Kabupaten Jember dalam kategori tercemar sedang berdasarkan penilaian menggunakan metode indeks pencemaran (Pradana *et al.*, 2020). Penilaian tersebut masih menggunakan data tunggal sehingga kurang merepresentasikan kondisi Sungai Bedadung di segmen perkotaan Kabupaten Jember secara komprehensif jika dilakukan untuk menilai kondisi status mutu air berdasarkan kurun waktu tertentu. Salah satu metode yang cukup baik menggambarkan nilai indeks kualitas air sungai guna mengetahui dampak kebijakan pengelolaan kualitas badan air adalah CCME WQI (Lumb *et al.*, 2011; Kachroud *et al.*, 2019).

Nilai rata-rata indeks kualitas air (IKA) menggunakan metode CCME WQI di Sungai Bedadung pada Gambar 4 sebesar 68.84 dengan kategori cukup (*fair*). Fluktuasi nilai IKA disebabkan oleh tingginya nilai parameter-parameter pencemar yang melebihi baku mutu kelas I. Parameter yang melebihi baku mutu kelas I dalam tiga sampai dengan empat periode pengamatan yaitu COD, BOD, sulfida (H_2S), klor (Cl^-), fosfat (PO_4), dan total coliform. Sumber-sumber dari parameter pencemar tersebut beragam seperti aktivitas domestik, industri, dan pertanian. Sumber pencemaran pada umumnya dipengaruhi oleh tata guna lahan. Merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Pradana *et al.* (2020), persentase luas lahan pemukiman di Kecamatan Patrang, Sumbersari, dan Kaliwates secara berurutan yaitu 23.54, 30.79 dan 34.56%. Kencenderungan pemukiman di wilayah tersebut berada di bantaran Sungai Bedadung. Akan tetapi pada periode pengamatan Mei 2019 menunjukkan nilai IKA (CCME WQI) mendekati 80. Kondisi tersebut diikuti oleh persentase jumlah parameter kualitas air yang memenuhi baku mutu kelas I lebih baik pada tahun 2019 dengan nilai 82.14% daripada tahun 2018. Peningkatan nilai tersebut diprediksikan akibat adanya upaya pengendalian pencemaran yang melibatkan partisipasi masyarakat seperti upaya pembersihan Sungai Bedadung dari sampah dan himbauan untuk tidak membuang sampah ke Sungai Bedadung.



Gambar 4 Indeks kualitas air (CCME WQI) Sungai Bedadung segmen perkotaan Kabupaten Jember

KESIMPULAN

Penilaian kualitas Air Sungai Bedadung yang melewati Pusat Kegiatan Wilayah atau segmen perkotaan Kabupaten Jember dalam kondisi cukup baik berdasarkan nilai daya tampung beban pencemarannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai daya tampung beban pencemaran Sungai Bedadung berdasarkan parameter TSS, BOD, dan COD secara berurutan yaitu 17 429.99 kg/hari, 410.75 kg/hari; dan 2 357.33 kg/hari.

Akan tetapi dari hasil daya tampung beban pencemarannya menunjukkan kondisi kualitas air Sungai Bedadung yang lebih baik dibandingkan evaluasi status mutu air menggunakan indeks kualitas air dengan metode CCME WQI.

Rentang nilai Indeks kualitas air CCME WQI Sungai Bedadung pada segmen Kecamatan Patrang, Sumbersari, dan Kaliwates dari tahun 2016-2019 sebesar 53.21-79.31 dengan kategori cukup (*fair*) hingga kurang (*marginal*). Parameter yang mengakibatkan penurunan nilai IKA yaitu BOD, COD, H₂S, Cl⁻, PO₄, dan total coliform.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima disampaikan kepada Universitas Jember yang telah memberikan dukungan pendanaan pada pelaksanaan penelitian ini dalam Hibah Peneliti Kelompok Riset (KeRis) di Lingkungan Universitas Jember Tahun 2020 berdasarkan SK Rektor Universitas Jember No. 11872/UN25/2020. Segenap tim peneliti dan Civitas Akademika Fakultas Teknologi Pertanian dan Pascasarjana Universitas Jember yang telah memberikan bantuan fasilitas demi kelancaran dan penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [APHA] American Public Health Association, [AWWA] American Water Works Association, [WEF] Water Environment Federation. 2012. *Standards Methods for Examination of Water and Wastewater*. 22nd Edition. Washington DC (US): American Public Health Association.
- [APHA] American Public Health Association, [AWWA] American Water Works Association, [WEF] Water Environment Federation. 2017. *Standards Methods for The Examination of Water And Wastewater*. 23rd Edition. Washington DC (ID): American Public Health Association.
- [Kemeneq LH] Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2003. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Jakarta (ID): Kemeneq LH.
- [PEMDA JEMBER] Pemerintah Daerah Kabupaten Jember. 2015. Peraturan Daerah Kabupaten Jember Nomor 1 Tahun 2015 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Jember Tahun 2015-2035. Jember (ID): PEMDA JEMBER.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia Nomor 06-7016-2004. 2004. *Tata Cara Pengambilan Contoh dalam rangka Pemantauan Kualitas Air pada Suatu Daerah Pengaliran Sungai*. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional.
- Abbaspour S. 2011. Water quality in developing countries, South Asia, South Africa, water quality management and activities that cause water pollution. *International Conference on Environmental and Agriculture Engineering*. 15: 94-102.
- Asian Development Bank. 2016. *Indonesia: Country Water Assessment*. Mandaluyong City (PH): Asian Development Bank.
- Aziza SN, Wahyuningsih S, Novita E. 2018. Beban pencemaran Kali Jompo di Kecamatan Patrang-Kaliwates Kabupaten Jember. *J Agroteknologi*. 12(1): 100-106.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. 2001. *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME WQI Quality Index 1*. Winnipeg (US): Canadian Council of Ministers of the Environment.
- Djoharam V, Riani E, Yani M. 2018. Analisis kualitas air dan daya tampung beban pencemaran sungai pesanggrahan di wilayah provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 8(1): 127-133. doi: 10.29244/jpsl.8.1.127-133.
- Dwivedi AK. 2017. Reserches in water pollution: a review. *International Research Journal Natural Applied Science*. 118: 2349-4077. doi: 10.13140/RG.2.2.12094.08002.
- Effendi H. 2016. River water quality preliminariy rapid assesment using pollution index. *Procedia Environ Sci*. 33:562-567.

- Fatmawati R, Masrevaniah A, Solichin. 2012. Kajian identifikasi daya tampung beban pencemaran kali ngrowo dengan menggunakan paket program Qual2Kw. *Jurnal Teknik Pengairan*. 3(2): 122-131.
- Haeruddin H, Febrianto S, Wahyu, Purnomo P. 2019. Beban pencemaran, kapasitas asimilasi dan status pencemaran Estuari Banjir Kanal Barat, Kota Semarang, Jawa Tengah. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 9(3): 723-735. doi: 10.29244/jpsl.9.3.723-735.
- Hussein S, Ali S. 2017. Water quality index for Al-Gharraf River, southern Iraq. *Egypt J Aquat Res*. 43(2): 117-122.
- Jafarabadi AR, Masoodi M, Sharifiniya M, Bakhtiyari RA. 2016. Integrated river water quality management by CCME WQI as an effective tool to characterize surface water source pollution (case study: Karun River, Iran). *Pollution*. 2(3): 313-330. doi: 10.7508/pj.2016.03.006.
- Kachroud M, Trolard F, Kefi M, Jebari S, Bourrie G. 2019. Water quality indices: challenge and application limits in the literature. *Water*. 11(361): 1-26. doi: 10.3390/w11020361.
- Lumb A, Sharma TC, Bibeault JF. 2011. A review of genesis and evolution of water quality index (WQI) and some future directions. *Water Qual Expo Heal*. 3: 11-24. doi: 10.1007/s12403-011-0040-0.
- Marlina N, Kasam, Juliani A. 2015. Evaluasi daya tampung terhadap beban pencemaran menggunakan model kualitas air (studi kasus: Sungai Winongo). *Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan*. 4(2): 78-86. doi: 10.20885/ajje.vol4.iss2.art2.
- Marselina M, Burhanudin M. 2018. Phosphorus load concentration in tropical climates reservoir for each water quantity class. *Journal of Water and Land Development*. 36(I-III): 99-104. doi: 10.2478/jwld-2018-0010.
- Obade VDP, Moore R. 2018. Synthesizing water quality indicators from standardized geospatial information to remedy water security challenges: a review. *Environment International*. 119(6): 220-231. doi: 10.1016/j.envint.2018.06.026.
- Pangestu R, Riani E, Effendi H. 2017. Estimasi beban pencemaran point source dan limbah domestik di Sungai Kalibaru Timur Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 7(3): 219-226. doi: 10.29244/jpsl.7.3.219-226.
- Pemerintah Indonesia. 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta (ID): Sekretariat Negara.
- Piranti AS, Rahayu DRUS, Waluyo G. 2018. The Assessment of Rawapening Lake Water Quality Status. *J Nat Resour Environ Manag*. 8(2): 151-160. doi: 10.29244/jpsl.8.2.151-160.
- Pohan DAS, Budiyo, Syafrudin. 2016. Analisis kualitas air sungai guna menentukan peruntukan ditinjau dari aspek lingkungan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 14(2): 63-71. doi: 10.14710/jil.14.2.63-71.
- Poonam T, Tanushree B, Sukalyan C. 2015. Water quality indices-important tool for water quality assesment: a review. *Int J Adv Chem*. 1(1): 15-29. doi: 10.5121/ijac.2015.1102.
- Pradana HA, Novita E, Wahyuningsih S, Pamungkas R. 2019a. Analysis of deoxygenation and reoxygenation rate in the Indonesia River (a case study: Bedadung River East Java). *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 243: 1-9. doi: 10.1088/1755-1315/243/1/012006.
- Pradana HA, Novita E, Andriyani I, Purnomo BH. 2020. Land use impact to water quality in Bedadung River, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 447: 1-7. doi: 10.1088/1755-1315/477/1/012015.
- Pradana HA, Wahyuningsih S, Novita E, Humayro A. 2019b. Identification of the water quality and Pollution Load Bedadung River in water treatment plants intake of Jember Regency Municipal Waterworks. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 18(82): 135-143. doi: 10.14710/jkli.18.2.135-143.
- Rachmi E, Nugrahalia M, Karim A. 2016. Pemeriksaan kualitas air Sungai Sei Kera Medan dengan metode spektrofometri. *BioLink*. 3(1): 44-55.
- Rahayu Y, Juwana I, Marganingrum D. 2018. Kajian perhitungan beban pencemaran air sungai Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung dari sektor domestik. *Jurnal Rekayasa Hijau*. 1(2): 61-71. doi: 10.26760/jrh.v2i1.2043.

- Romdania Y, Herison A, Susilo GA, Novilyansa E. Kajian Penggunaan Metode IP, Storet dan CCME WQI dalam Menentukan Status Kualitas Air. *Jurnal Spasial Wahana Komunikasi dan Informasi Geografi*. 18(1): 1-13. doi: <https://doi.org/10.21009/spatial.182.07>.
- Rosiana MR, Handayani FS, Qomariah S. 2016. Strategi pengendalian pencemaran air Sungai Pepe. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*. 4(2): 562-569. doi: 10.20961/mateksi.v4i2.37013.
- Sahabuddin H, Harisuseso D, Yuliani E. 2014. Analysis of the status of water quality and capacity of pollution of Wanggu River in Kendari City. *Jurnal Teknik Pengairan*. 5(1): 19-28.
- Saraswati SP, Ardion MV, Widodo YH, Hadisusanto S. 2019. Water quality index performance for river pollution control based on better ecological point of view (a case study in Code, Winongo, Gajah Wong streams). *J Civ Eng Forum*. 5(1): 47-56. doi: <https://doi.org/10.22146/jcef.41165>.
- Saraswati SP, Sunyoto, Kironoto BA, Hadisusanto S. 2014. Kajian bentuk dan sensitivitas rumus indeks PI, Storet, dan CCME untuk penentuan status mutu perairan sungai tropis di Indonesia. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 21(2): 129-142.
- Supenah P, Widyastuti E, Priyono RW. 2015. Kajian kualitas air Sungai Condong yang terkena baugan limbah cair Industri Batik Trusmi Cirebon. *Biosfera*. 32(2): 110-118. doi: 10.20884/1.mib.2015.32.2.302.
- Tallar RY, Suen J. 2015. Identification of waterbody status in Indonesia by using predictive index assessment tool. *Int Soil Water Conserv Res*. 3(3): 224-238. doi: 10.1016/j.iswcr.2015.06.009.
- Tanika L, Rahayu S, Khasanah N, Dewi S. 2016. *Fungsi Hidrologi pada Daerah Aliran Sungai (DAS): Pemahaman, Pemantauan, dan Evaluasi*. Bogor (ID): Indonesia World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asian Regional Program.
- Yetti E, Soedharma D, Haryadi S. 2011. Evaluasi of rivers water quality at Malang upper Brantas River basin area in relation to land use system and its surroundings people activity. *J Nat Resour Environ Manag*. 1(1): 10-15. doi: 10.19081/jpsl.2011.1.1.10.
- Yudo S, Said NI. 2018. Water quality status of Ciliwung River in DKI Jakarta region case study: installation of online water quality monitoring station in segment of Kelapa Dua-Istiqlal Mosque. *J Teknol Lingkungan*. 19(1): 13-22. doi: 10.29122/jtl.v19i1.2243.
- Yustiani YM, Wahyuni S, Alfian MR. 2018. Investigation on the deoxygenation rate of water of Cimanuk river, Indramayu, Indonesia. *Rayasan Journal Chemistry*. 11(2): 475-481.