

# ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN SUNGAI BEDADUNG JEMBER MENGGUNAKAN SOFTWARE WASP

## ANALYSIS OF POLLUTION LOAD CAPACITY BEDADUNG RIVER JEMBER USING WASP SOFTWARE

*Elida Novita\**

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

*Moch. Imron Mustofa Bisri*

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

*Hendra Andiananta Pradana*

Magister Pengelolaan Sumber Daya Air Pertanian, Pascasarjana, Universitas Jember

Submitted: 2023-01-16; Revised: 2023-10-11; Accepted:2023-10-13

### ABSTRACT

*The distribution of pollution sources from domestic, agricultural, and industrial activities has the potential to reduce the water quality of the Bedadung River, thereby negatively impacting its self-purification. The aim of this research is to model the parameters, specifically the values of Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Total Suspended Solid (TSS), and to determine the river's capacity to carry the pollution load using the Water Quality Analysis Simulation Program (WASP). The input parameters for this study include BOD, TSS, and water discharge data collected at 21 monitoring points along the Bedadung River, with the river water sampling technique employing the grab sampling method. The output validation of the modeling is assessed using the Root Mean Square Error (RSME) equation, and the research results indicate that the water quality modeling with WASP software effectively reflects the dynamics of BOD and TSS parameters in the Bedadung River, as supported by an average output validation value of 9%. The pollution load capacity values for the Bedadung River in the Patrang - Ajung segment are found to be 361.48 kg/day for BOD and 5368.31 kg/day for TSS. The positive values suggest that the Bedadung River still has the capacity to naturally degrade organic pollutants.*

**Keywords:** *Bedadung River; modelling, pollution load capacity; WASP; water quality*

### ABSTRAK

*Sebaran sumber pencemaran dari aktivitas domestik, pertanian, dan industri berpotensi menurunkan kualitas air Sungai bedadung. Tekanan sumber pencemaran dan penurunan kualitas air berdampak negative terhadap self-purification Sungai Bedadung. Tujuan penelitian ini yaitu memodelkan parameter Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Total Suspended Solid (TSS) serta penetapan daya tampung beban pencemaran Sungai Bedadung menggunakan Water Quality Analysis Simulation Program (WASP). Parameter yang digunakan sebagai input dalam penelitian ini yaitu BOD, TSS, dan debit air di 21 titik pemantauan pada Sungai Bedadung.*

\*Corresponding author: [elida\\_novita.ftp@unej.ac.id](mailto:elida_novita.ftp@unej.ac.id)

Copyright ©2023 THE AUTHOR(S). This article is distributed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license. Jurnal Teknosains is published by the Graduate School of Universitas Gadjah Mada.

*Teknik pengambilan sampel air sungai menggunakan metode grab sampling. Validasi output pemodelan menggunakan persamaan Root Mean Score Error (RSME). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemodelan kualitas air menggunakan WASP mampu mencerminkan dinamika parameter BOD dan TSS sungai Bedadung. Hal ini didukung oleh nilai validasi output rata-rata adalah 9% . Nilai daya tampung beban pencemaran Sungai Bedadung pada segment Patrang – Ajung yakni 361.48 kg/hari BOD dan 5368,31 kg/hari TSS. Nilai ini positif yang mengindikasikan bahwa Sungai Bedadung masih mampu mendegradasi polutan organik secara alami.*

**Kata kunci:** Sungai Bedadung; pemodelan, daya tampung; WASP; kualitas air

## PENGANTAR

Sungai Bedadung adalah sungai terbesar di wilayah Kabupaten Jember yang memiliki jarak aliran sepanjang 46.875 meter dan sanggup menyuplai air ke lahan sawah seluas 93.000 hektar (PPSP, 2012). Aliran Sungai Bedadung melewati wilayah dengan sistem perkotaan PKW (Pusat Kegiatan Wilayah), yaitu Kecamatan Patrang, Summersari dan Kaliwates serta Kecamatan Ajung yang merupakan Pusat Pelayanan Lingkungan (PPL) (Perda Kabupaten Jember No 1, 2015). Tingkat kepadatan penduduk di wilayah tersebut paling tinggi yaitu Kecamatan Patrang 2.754, Kecamatan Summersari 3.554, Kecamatan Kaliwates 5.003 dan Kecamatan Ajung 1.471 penduduk per km<sup>2</sup> tahun 2020 (BPS Kabupaten Jember, 2020). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, penambahan jumlah penduduk Kabupaten Jember meningkat sebesar 5,38 % dari Tahun 2015 – 2020 (BPS Kabupaten Jember, 2020). Selain itu, data terkait penggunaan air layak dan tidak layak di Kabupaten Jember yaitu sebesar 72,95% untuk air layak dan 27,05% untuk air tidak layak (BPS Kabupaten Jember, 2020). Jumlah penduduk yang padat berdampak pada kuantitas limbah yang dihasilkan, karena kegiatan seperti mandi, mencuci dan kakus serta sebagai tempat pembuangan dapat mencemari aliran sungai dengan limbah yang dihasilkan oleh aktivitas masyarakat.

Aliran Sungai Bedadung di wilayah Kecamatan Patrang-Ajung digunakan oleh masyarakat untuk kegiatan domestik dan sebagai intake bahan baku Perusahaan Umum Daerah

Air Minum (Perumdam). Pada kondisi masyarakat daerah Sungai Bedadung saat ini, status mutu Sungai Bedadung adalah tercemar ringan hingga sedang (Pradana dkk., 2020). Menurut Puspitasari dkk. (2020), status Sungai Bedadung masih berada pada kelas tiga. Kondisi ini melebihi baku mutu bahan baku air minum yang telah ditetapkan yaitu pada kelas satu dengan merujuk pada PP No. 22 Tahun 2021. Ini menjadi penting untuk diperhatikan karena Sungai Bedadung merupakan sumber air baku utama untuk Perusahaan Umum Daerah Air Minum (Perumdam) Tirta Pandalungan Kabupaten Jember dengan menggunakan Instalasi Pengolahan Air (IPA) Tegal Gede dan Tegal Besar. Kedua IPA tersebut berfungsi sebagai penyedia utama air bersih untuk kebutuhan masyarakat di Kabupaten Jember.

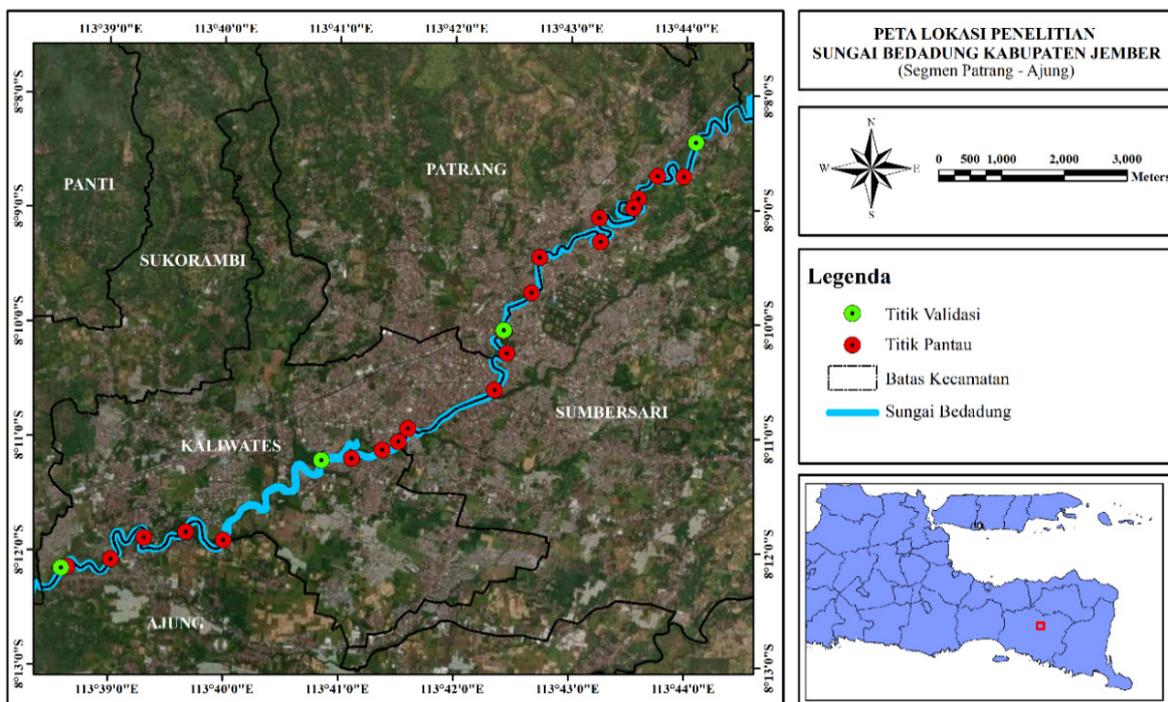
Kapabilitas alami sungai untuk memperbaiki diri dari bahan pencemar, yang disebut sebagai purifikasi mandiri memiliki batasannya. Oleh karena itu, ketika terdapat banyak bahan pencemar yang masuk ke sungai dengan jumlah yang besar, kemampuan tersebut menjadi kurang efektif untuk mengembalikan kondisi sungai menjadi lebih baik. Kemampuan alami sungai ini membatasi kemampuan sungai untuk menahan beban pencemaran (Saily dkk., 2019). Dengan demikian, dirasa perlu untuk menetapkan kapasitas sungai guna mengetahui kemampuan sungai dalam menampung beban pencemaran. Evaluasi mengenai kapasitas beban pencemaran sungai juga merupakan tindakan yang bisa dilakukan sebagai pertimbangan kebijakan penanggulangan pencemaran dan pengaturan mutu air (Pramaningsih dkk., 2020).

WASP (*Water Quality Analysis Simulation Program*) merupakan aplikasi pemodelan yang berguna untuk memodelkan kualitas air sungai. Pemodelan ini dapat melakukan simulasi kualitas air sungai dalam bentuk 1, 2 dan 3 dimensi. Selain itu, pemodelan ini juga mampu mensimulasikan atau memprediksi perubahan kualitas sungai terhadap jarak dan waktu secara bersamaan. Pemodelan semacam ini dapat membantu dalam mengetahui daya tampung beban pencemaran sungai secara berkala. Informasi mengenai daya tampung Sungai Bedadung

ding perlu diketahui. Hal penting yang dilakukan adalah mengidentifikasi dan menentukan sebaran serta nilai konsentrasi sumber pencemar, sehingga jumlah beban pencemar dan daya tampung sungai terhadap beban pencemar dapat diketahui. Tujuan penelitian ini yaitu memodelkan parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) and *Total Suspended Solid* (TSS) serta penetapan daya tampung beban pencemar Sungai Bedadung menggunakan *Water Quality Analysis Simulation Program* (WASP).

## METODE

Pelaksanaan penelitian ini adalah pada bulan Juni hingga Agustus 2021. Lokasi kajian adalah Sungai Bedadung segmen Patrang - Ajung, Kabupaten Jember, Jawa Timur. Lokasi pengambilan sampel terbagi atas 4 titik validasi, sedangkan untuk titik lokasi data sekunder terbagi menjadi 21 titik pantau. Berikut merupakan Peta Lokasi Kajian yang terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1.  
Peta Lokasi Penelitian di Sungai Bedadung Segmen Patrang-Ajung  
Sumber: Data Analisis (2021)

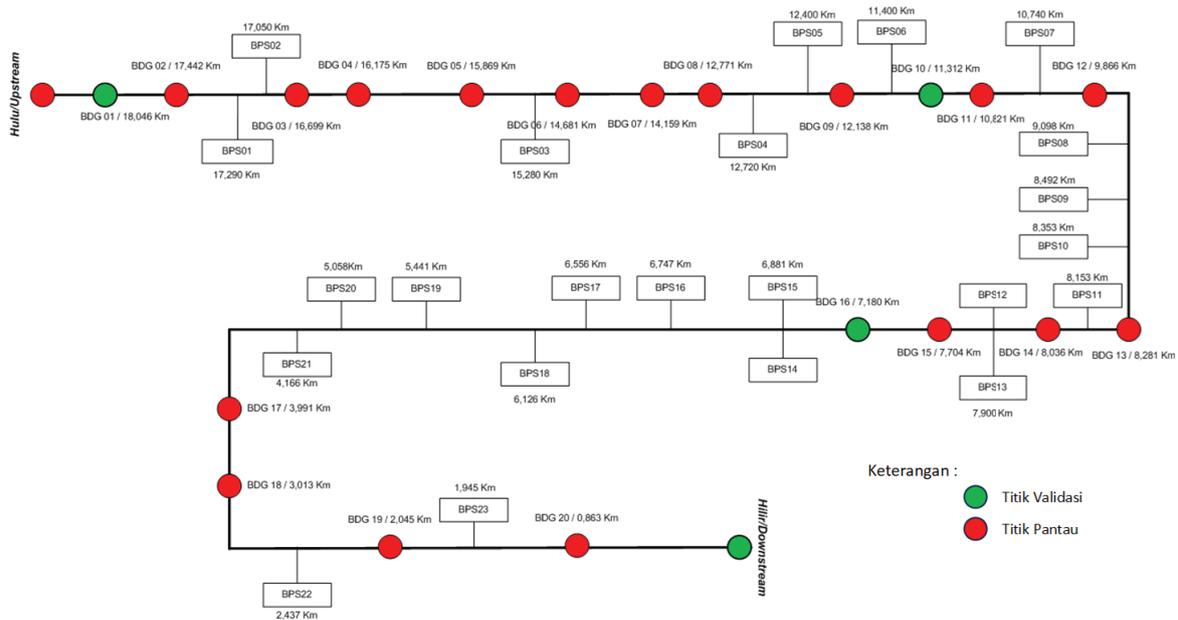
Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer berupa data kondisi sungai (kualitas air dan hidrolis) yang diperoleh melalui pengukuran dan pengambilan sampel air secara langsung yang digunakan sebagai data validasi. Data sekunder berupa data kondisi sungai (kualitas air dan hidrolis) yang diperoleh dari penelitian terdahulu pada Tahun 2020, data sumber pencemar dan data klimatologi Tahun 2020-2021 seperti, data suhu udara dan kecepatan angin. Peralatan yang digunakan

dalam penelitian ini adalah seperangkat alat laboratorium untuk analisis kualitas air dan seperangkat komputer yang dilengkapi dengan *software* WASP 8.32, ArcGIS 10.3, WRDB Graph 6.1 yang digunakan untuk analisis data.

Penelitian dimulai dengan melakukan kajian pustaka. Kajian pustaka dilaksanakan dengan maksud untuk mendapatkan informasi dengan mengumpulkan, mempelajari dan meninjau buku, jurnal, regulasi pemerintah dan daerah, serta sumber terkait lain yang mendukung topik dan pelaksanaan penelitian. Selan-

jutnya dilakukan pengumpulan data primer dan data sekunder. Data sekunder berupa data kualitas air dan hidrolis sungai tahun 2020 (22 titik pengukuran serta titik sumber pencemar (23 titik) yang diperoleh dari kajian terdahulu, Peta Sungai Bedadung dan data klimatologi (suhu udara dan kecepatan angin) Kabupaten Jember yang diperoleh dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika). Data primer berupa data kualitas air sungai meli-

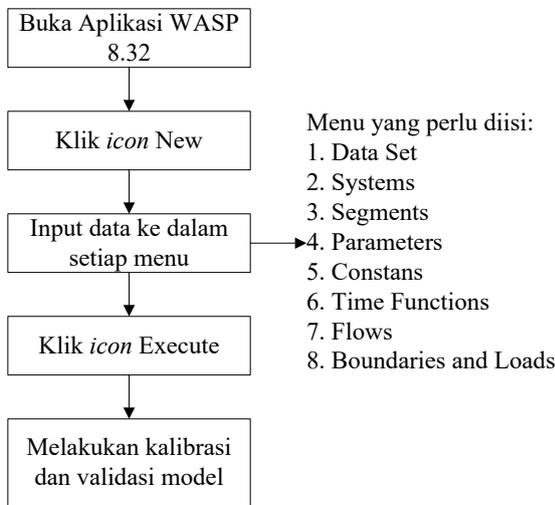
puti DO (*Dissolved Oxygen*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan TSS (*Total Suspended Solid*), dimensi sungai seperti panjang dan lebar, laju aliran, volume air yang mengalir, dan kedalaman sungai yang diperoleh melalui observasi lapang (4 titik pengukuran sebagai data validasi). Gambar 2 menunjukkan segmentasi sungai kajian untuk penentuan lokasi titik pantau, sumber pencemar dan titik validasi.



Gambar 2.  
Penentuan Titik Pantau, Sumber Pencemar dan Titik Validasi  
Sumber: Data Pribadi, 2021

Data Sungai Bedadung, baik berupa data primer maupun data sekunder dimasukkan ke dalam input data aplikasi WASP, kemudian di

running. Tahapan yang dilakukan untuk menjalankan pemodelan menggunakan WASP ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3.

Penggunaan WASP dalam Menentukan Model  
 Sumber: Data Pribadi (2021)

Pembentukan model kualitas air menggunakan WASP dilakukan melalui beberapa tahapan. Berikut tahapan yang dilakukan dalam pembentukan model kualitas air menggunakan WASP.

1. Pembentukan model diawali dengan menentukan segmentasi model, yaitu penentuan lokasi segmen beserta sumber pencemar yang masuk.
2. Menentukan waktu pemodelan berlangsung dan fungsi waktu untuk luaran model. Dalam penelitian ini, pemodelan atau simulasi dilakukan selama ± 10 bulan (12 Oktober 2020 – 1 Agustus 2021), dengan luaran model per hari.
3. Menentukan parameter uji kualitas air, yaitu DO, BOD dan TSS.
4. Memasukkan data segmentasi dan hidrolik sungai (panjang, lebar, kedalaman, *slope* sesuai hasil pengukuran dan *roughness* dengan asumsi nilai sebesar 0.05 sesuai dengan bawaan program WASP) yang terdiri dari 21 segmen.
5. Memasukkan data kualitas air sungai yang tersebar menjadi 21 segmen.
6. Menentukan serta memasukkan data kualitas air dan debit sumber pencemar sesuai dengan segmentasi model.
7. Memasukkan data klimatologi berupa suhu udara dan kecepatan angin harian (selama waktu pemodelan/simulasi). Data klima-

tologi ini didapatkan melalui laman BMKG secara *online*.

8. Menentukan konstanta parameter, seperti rearasi, reduksi BOD dan ukuran partikel *solid*. Penentuan nilai konstanta parameter ini didasarkan pada kondisi hidrolik sungai serta *trial and error*.
9. Menentukan keluaran model, yaitu nilai parameter kualitas air (DO, BOD dan TSS) serta debit aliran di setiap segmen.
10. *Running* model.

Kalibrasi model adalah proses penyesuaian akurasi nilai pemodelan dengan membandingkannya dengan nilai aktual (Andesgur, 2018). Validasi yang dapat diuji dengan tingkat akurasi sebesar 90%-95% antara data pemodelan dan data lapangan, adalah salah satu kriteria objektivitas untuk memastikan bahwa hasil dari pemodelan sesuai dengan kenyataan saat model diuji dengan data yang berbeda, sehingga dapat menghasilkan kesimpulan yang tepat (Andesgur, 2018). Validasi dilakukan dengan menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE merupakan salah satu opsi metode dalam mengevaluasi prediksi dan peramalan yang digunakan untuk mengukur ketepatan hasil estimasi suatu model. RMSE menghitung rata-rata kesalahan prediksi model dalam bentuk kuadrat. RMSE ialah metode yang sederhana diaplikasikan dan telah banyak dipakai dalam beragam penelitian yang terkait dengan prediksi atau peramalan (Chai dan Draxler, 2014). Persamaan 1 merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai RMSE.

$$RMSE = \sqrt{\left[ \frac{\sum_{n=1}^n (At - St)^2}{n} \right]} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- At = Nilai Aktual atau Lapang
- n = Jumlah Data
- St = Nilai Model atau Simulasi

Hasil model yang terkalibrasi dan tervalidasi selanjutnya digunakan untuk membuat skenario simulasi terhadap kondisi sungai. Simulasi yang dilakukan adalah pada kondisi kualitas air sesuai dengan kondisi *existing*. Nilai parameter hasil simulasi model pada kondisi *existing* digunakan untuk menentukan beban pencemaran dan daya tampung dengan meng-

gunakan persamaan berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 122 Tahun 2004 (Persamaan 2 dan Persamaan 3).

$$BP = C \times Q \times 86,4 \dots\dots\dots(2)$$

$$DTBP = \text{Debit} \times \{C(\text{baku mutu}) - C(\text{model})\} \times 86,4\dots\dots(3)$$

Dimana:

BP = beban pencemaran (kg/hari)

DTBP = daya tampung beban pencemaran (kg/hari)

C = nilai parameter kualitas air (mg/L)

Q = debit sungai (m<sup>3</sup>/s)

Nilai konstanta konversi = 86,4

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Luaran model kualitas air**

Data primer dan sekunder termasuk mutu air yang telah diproses dan disimulasikan menggunakan WASP menghasilkan sebuah model kualitas air. Tabel 1 menunjukkan model data yang dihasilkan.

Tabel 1.

Luaran model kualitas air

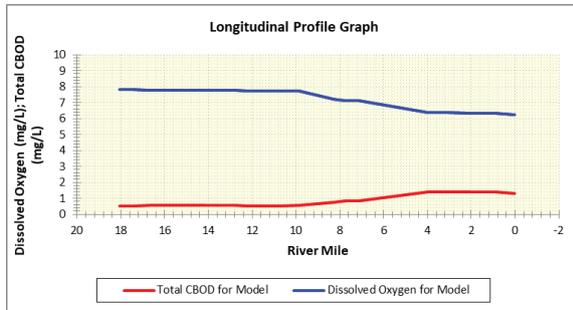
No	Segmen	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	Debit (m3/s)
1	A - BDG 01	7,811	0,500	18,960	3,310
2	BDG 01 - BDG 02	7,810	0,502	18,953	3,305
3	BDG 02 - BDG 03	7,779	0,560	19,283	3,332
4	BDG 03 - BDG 04	7,778	0,559	19,283	3,332
5	BDG 04 - BDG 05	7,768	0,550	19,281	3,332
6	BDG 05 - BDG 06	7,766	0,549	19,290	3,331
7	BDG 06 - BDG 07	7,766	0,548	19,290	3,331
8	BDG 07 - BDG 08	7,764	0,547	19,290	3,331
9	BDG 08 - BDG 09	7,744	0,535	19,364	3,332
10	BDG 09 - BDG 10	7,730	0,537	19,356	3,340
11	BDG 10 - BDG 11	7,729	0,536	19,356	3,340
12	BDG 11 - BDG 12	7,706	0,545	19,778	3,356
13	BDG 12 - BDG 13	7,225	0,770	19,787	3,628
14	BDG 13 - BDG 14	7,167	0,772	19,854	3,663
15	BDG 14 - BDG 15	7,105	0,831	19,832	3,719
16	BDG 15 - BDG 16	7,104	0,830	19,832	3,719
17	BDG 16 - BDG 17	6,385	1,418	30,723	3,899
18	BDG 17 - BDG 18	6,379	1,412	30,723	3,891
19	BDG 18 - BDG 19	6,345	1,422	30,402	3,891
20	BDG 19 - BDG 20	6,339	1,417	30,401	3,891
21	BDG 20 - B	6,217	1,299	30,409	3,891

Sumber: Hasil analisis (2021)

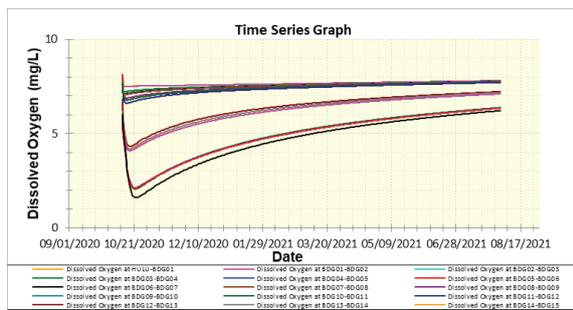
Menurut data pada Tabel 1, terlihat bahwa nilai parameter DO pada seluruh segmen memiliki nilai yang sesuai dengan standar air kelas I. Selain itu, nilai BOD dan TSS juga berada di bawah batas standar air kelas I yang telah ditetapkan. Tingginya kandungan oksigen terlarut (DO) berkorelasi dengan kecepatan arus air yang tinggi (Virgil, 2003). Studi Effendi dkk. (2013) menyatakan bahwa arus yang de-

ras dapat memperluas permukaan air, sehingga memungkinkan terjadinya difusi oksigen yang lebih banyak dari udara. Rendahnya nilai BOD juga berkaitan dengan nilai DO. Seiring dengan menurunnya nilai BOD, maka nilai DO akan semakin meningkat. Diperkirakan bahwa rendahnya nilai BOD pada setiap segmen merupakan hasil dari proses dekomposisi bahan organik yang teroksidasi dengan baik oleh mik-

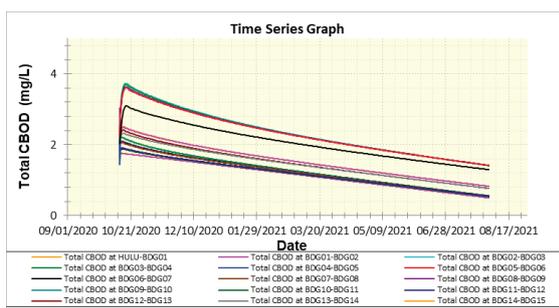
roorganisme (Effendi dkk., 2013). Grafik hasil pemodelan DO dan BOD secara seri jarak tertera pada Gambar 4, sementara untuk pemodelan DO secara seri waktu tertera pada Gambar 5 dan BOD terlihat pada Gambar 6.



Gambar 4.  
 Grafik model parameter DO dan BOD  
 Sumber: Data Analisis (2021)



Gambar 5.  
 Grafik model parameter DO seri waktu  
 Sumber: Data Analisis (2021)



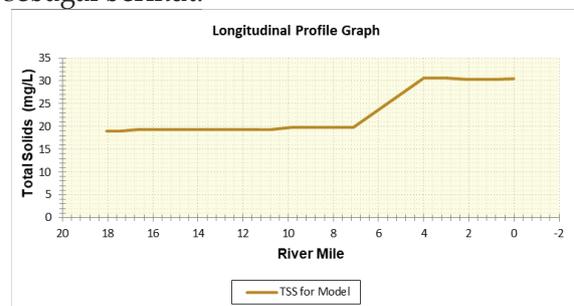
Gambar 6.  
 Grafik model parameter BOD seri waktu  
 Sumber: Data Analisis, 2021

Dilihat dari grafik model hulu hingga hilir, nilai DO mengalami penurunan konsentrasi, sedangkan nilai BOD mengalami peningkatan konsentrasi namun masih dalam batas standar air kelas I yang telah ditetapkan (Gambar 4.). Jika dilihat secara seri waktu (*time series*), nilai

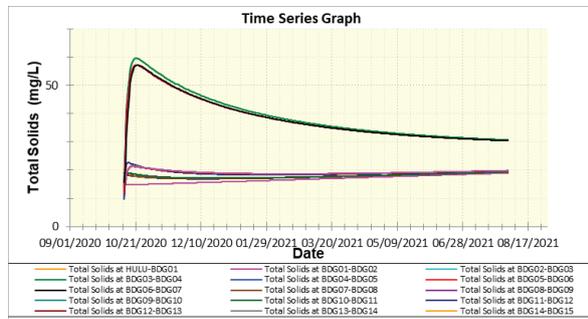
DO mengalami penurunan pada awal waktu yang kemudian meningkat hingga akhir waktu pemodelan (Gambar 5.), sedangkan nilai BOD mengalami peningkatan pada awal waktu yang kemudian menurun hingga akhir waktu pemodelan (Gambar 6.). Hal ini menunjukkan bahwa proses *self* purifikasi sungai masih berjalan dengan baik, sehingga sungai dapat secara alami kembali ke kondisi yang lebih baik.

Nilai TSS yang tertera pada Tabel 1 memiliki nilai yang masih berada di bawah ambang batas baku mutu air kelas I. Dilihat grafik hasil pemodelan hulu hingga hilir, nilai TSS mengalami peningkatan konsentrasi (Gambar 7.), sedangkan jika dilihat secara seri waktu (*time series*), nilai TSS pada awal waktu meningkat secara signifikan sebelum akhirnya mengalami penurunan (Gambar 8.). Hal ini menandakan bahwa sungai dapat secara alami mereduksi pencemar sehingga semakin lama waktu kontak dan jarak yang cukup, maka pencemar akan tereduksi secara berkala.

Tingginya nilai TSS disebabkan oleh adanya masukan polutan organik yang berasal dari tinja hewan, tinja manusia dan limbah industri, serta zat pencemar anorganik yang berasal dari endapan seperti lumpur dan pasir (Sastrawijaya, 2000). Penurunan nilai TSS dipengaruhi arus sungai yang cukup kencang, sehingga dengan cepat dapat membawa partikel terendapkan ke arah hilir (Effendi dkk., 2013). Grafik hasil pemodelan TSS secara seri jarak dapat dilihat pada Gambar 7, sedangkan secara seri waktu dapat dilihat pada Gambar 8 sebagai berikut.



Gambar 7.  
 Grafik model parameter TSS  
 Sumber: Data Analisis (2021)



Gambar 8. Grafik model parameter TSS seri waktu  
Sumber: Data Analisis (2021)

### Kalibrasi dan Validasi Model

Kalibrasi model dilakukan dengan tujuan untuk menyesuaikan hasil pemodelan dengan hasil pengukuran kualitas air di sungai atau memiliki kecenderungan yang serupa dengan kondisi di lapangan (Hindriani, 2013). Kalibrasi model dilakukan dengan cara *trial and error* terhadap nilai konstanta parameter, seperti rearasi, reduksi BOD (BOD *decay rate*) dan ukuran partikel solid. Akurasi pemodelan dengan data lapangan mencapai 90%-95% sesuai hasil uji validasi. Validasi model menggunakan metode *Root Mean Square Error (RMSE)* dengan menghitung nilai *error* antara data model dengan data validasi pada setiap parameter kualitas air. Tabel 2 menunjukkan data hasil perhitungan RMSE.

Tabel 2. Perhitungan RSME parameter

Titik Pantau	DISOLVE OXYGEN			BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND			TOTAL SUSPENDED SOLID		
	DO act mg/L	DO model mg/L	(DO act - DO model) <sup>2</sup>	BOD act mg/L	BOD model mg/L	(BOD act - BOD model) <sup>2</sup>	TSS act mg/L	TSS model mg/L	(TSS act - TSS model) <sup>2</sup>
BDG01	7,81	7,81	0,000	0,50	0,50	0,000	18,96	18,96	0,000
BDG10	7,69	7,73	0,002	0,65	0,54	0,012	19,33	19,36	0,001
BDG16	7,24	7,10	0,018	0,80	0,83	0,001	20,00	19,83	0,028
BDG21	6,16	6,22	0,004	1,17	1,30	0,016	30,44	30,41	0,001
Jumlah			0,02			0,03			0,03
Banyak Data (n)			4,00			4,00			4,00
RMSE			0,08			0,09			0,09

Sumber: Hasil analisis (2021)

Kalibrasi dan validasi model kualitas air menghasilkan nilai error sebesar 8% untuk parameter DO dan 9% untuk parameter BOD dan TSS. Kemiripan data model dengan data aktual yaitu berkisar antara 90-92%, sehingga data model ini dapat dikatakan memenuhi syarat pengakurasian data dan dapat digunakan un-

tuk menentukan nilai beban pencemaran serta daya tampung beban pencemaran.

### Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran

Perhitungan beban pencemaran dilakukan dengan menggunakan data model yang telah terkalibrasi dan tervalidasi sebagai konsentrasi pencemar. Data hasil perhitungan beban pencemaran dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Data perhitungan beban pencemaran

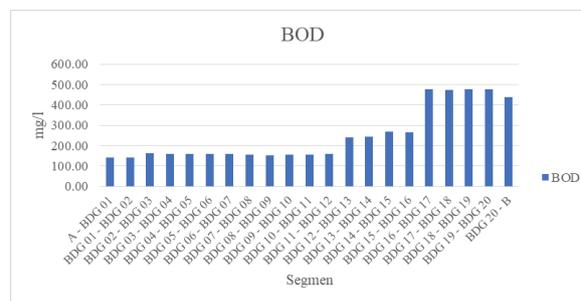
No	Segmen (Segment)	BP Actual (kg/hari)	
		BOD	TSS
1	A - BDG 01	142,97	5422,24
2	BDG 01 - BDG 02	143,23	5411,72
3	BDG 02 - BDG 03	161,06	5550,59
4	BDG 03 - BDG 04	160,95	5550,47
5	BDG 04 - BDG 05	158,38	5549,84
6	BDG 05 - BDG 06	157,87	5551,24
7	BDG 06 - BDG 07	157,75	5550,92
8	BDG 07 - BDG 08	157,36	5550,77
9	BDG 08 - BDG 09	153,95	5575,23
10	BDG 09 - BDG 10	154,92	5586,55
11	BDG 10 - BDG 11	154,81	5586,38
12	BDG 11 - BDG 12	158,00	5734,88
13	BDG 12 - BDG 13	241,35	6202,19
14	BDG 13 - BDG 14	244,35	6283,26
15	BDG 14 - BDG 15	267,14	6372,58
16	BDG 15 - BDG 16	266,75	6372,51
17	BDG 16 - BDG 17	477,76	10350,73
18	BDG 17 - BDG 18	474,70	10328,38
19	BDG 18 - BDG 19	478,15	10220,01
20	BDG 19 - BDG 20	476,25	10220,34
21	BDG 20 - B	436,55	10222,54
Rata-rata (Average)		248,77	6818,73

Sumber: Hasil analisis (2021)

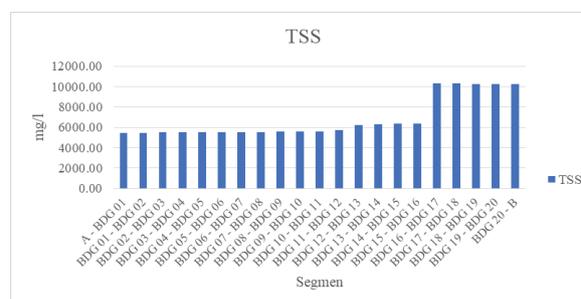
Dilihat dari grafik pada Gambar 7 dan 8, terjadi peningkatan nilai beban pencemaran baik untuk parameter BOD maupun TSS. Peningkatan yang paling signifikan terjadi pada segmen BDG16-BDG17. Hal ini dimungkinkan terjadi karena adanya masukan sumber pencemar dengan jumlah yang cukup banyak (8 titik sumber pencemar) pada segmen tersebut). Sumber pencemar ini berasal dari kegiatan domestik, seperti mandi, cuci, kakus. Selain itu, segmen BDG16-BDG17 masih merupakan kawasan urban yang padat penduduk dan memiliki outlet pembuangan yang dekat dengan sungai, sehingga banyak limbah seperti limbah domestik, limbah hotel, dan limbah industri yang masuk ke perairan menjadi faktor utama penyebab tingginya tingkat pencemaran.

Bahan organik yang terkandung dalam limbah buangan tersebut menjadi penyumbang besar terhadap meningkatnya nilai BOD sebagai unsur pencemar dalam perairan. Menurut Afwa dkk. (2021), dampak meningkat-

nya bahan organik di perairan yaitu adanya perubahan kualitas lingkungan perairan yang menyebabkan berkurangnya oksigen di dalam air serta menurunnya kualitas air sungai. Selain itu, banyaknya padatan yang berasal dari buangan limbah domestik dan industri sekitar sungai dapat menjadi sebab tingginya nilai konsentrasi TSS (Setianto dan Fahritsani, 2019).



Gambar 7.  
 Grafik beban pencemaran BOD  
 Sumber: Data Analisis (2021)



Gambar 8.  
 Grafik beban pencemaran TSS  
 Sumber: Data Analisis (2021)

Tabel 4.  
 Data perhitungan daya tampung beban pencemaran

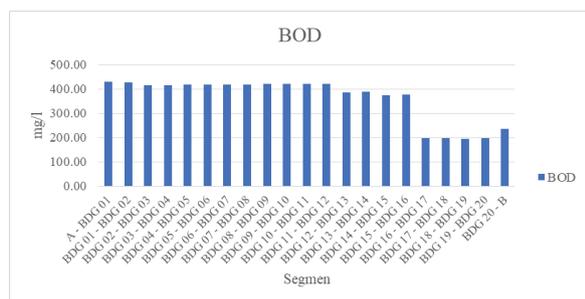
No	Segmen (Segment)	DTBP (kg/hari)	
		BOD	TSS
1	A - BDG 01	428,99	6017,10
2	BDG 01 - BDG 02	427,85	6009,85
3	BDG 02 - BDG 03	414,64	5963,44
4	BDG 03 - BDG 04	414,74	5963,37
5	BDG 04 - BDG 05	417,31	5963,87
6	BDG 05 - BDG 06	417,69	5959,94
7	BDG 06 - BDG 07	417,78	5959,65
8	BDG 07 - BDG 08	418,17	5959,67

No	Segmen (Segment)	DTBP (kg/hari)	
		BOD	TSS
9	BDG 08 - BDG 09	421,87	5941,21
10	BDG 09 - BDG 10	422,32	5958,15
11	BDG 10 - BDG 11	422,41	5958,01
12	BDG 11 - BDG 12	421,93	5863,76
13	BDG 12 - BDG 13	385,56	6335,95
14	BDG 13 - BDG 14	388,61	6375,92
15	BDG 14 - BDG 15	375,51	6480,40
16	BDG 15 - BDG 16	375,89	6480,38
17	BDG 16 - BDG 17	196,05	3125,44
18	BDG 17 - BDG 18	197,64	3118,53
19	BDG 18 - BDG 19	194,18	3226,48
20	BDG 19 - BDG 20	196,11	3226,94
21	BDG 20 - B	235,79	3224,33
Rata-rata (Average)		361,48	5386,31

Sumber: Hasil analisis (2021)

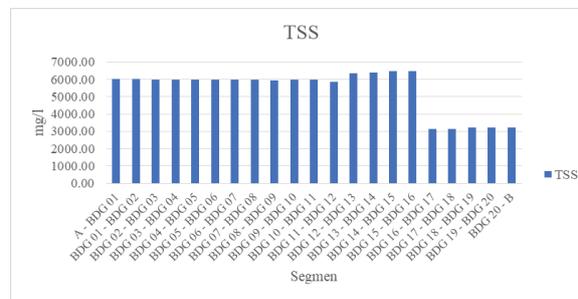
Masuknya zat pencemar tersebut menjadi penyebab terjadinya penurunan mutu air di wilayah perairan serta transformasi penggunaan lahan di dekat aliran sungai yang berdampak pada meningkatnya beban pencemaran (Safitri, 2019). Selain itu debit sungai juga dapat mempengaruhi tingginya beban pencemaran, seiring dengan bertambahnya debit sungai, maka beban pencemaran juga akan semakin lebih besar.

Penentuan kemampuan dan kapasitas sungai untuk menampung polutan didasarkan pada perhitungan selisih antara beban polutan yang sesuai dengan standar mutu air kelas 1 dengan beban polutan aktual. Tabel 4 menunjukkan hasil dari perhitungan daya tampung beban pencemaran sungai.



Gambar 9.

Grafik daya tampung beban pencemaran BOD  
Sumber: Data Analisis (2021)



Gambar 10.

Grafik daya tampung beban pencemaran TSS  
Sumber: Data Analisis (2021)

Dilihat dari grafik daya tampung beban pencemaran pada Gambar 9 dan 10, terlihat bahwa terjadi penurunan daya tampung beban pencemaran yang signifikan pada segmen BDG16-BDG17, baik parameter BOD maupun TSS. Penurunan daya tampung beban pencemaran ini disebabkan karena beban pencemaran pada segmen tersebut yang tinggi.

Berdasarkan grafik pada Gambar 9 dan 10 tidak ditemukan nilai negatif, yang menandakan bahwa tidak ada defisit daya tampung beban pencemaran Sungai Bedadung Patrang-Ajung pada seluruh segmen sehingga sungai masih dapat menampung beban pencemaran. Hal ini terjadi karena nilai beban pencemaran yang masuk ke dalam sungai tidak melebihi batas kemampuan sungai dalam melakukan proses pemurnian alami atau *self* purifikasi yang didukung oleh waktu kontak yang cukup lama dan jarak yang memadai sehingga sungai masih dapat menampung beban pencemaran (Sugiharto, 2014).

Meskipun Sungai Bedadung Patrang-Ajung masih sanggup menampung beban pencemar karena kapasitas daya tampungnya yang cukup, tetap diperlukan adanya pengurangan beban pencemaran agar tidak melebihi kapasitas daya tampung Sungai Bedadung. Upaya untuk mengurangi beban pencemaran dapat dilakukan melalui pengaturan tata ruang pemukiman, penerapan strategi pengolahan

limbah cair, serta peningkatan luas area hijau yang dapat menurunkan tingkat pengikisan tanah dan menyerap zat pencemar. Dengan demikian, daya tampung beban pencemaran sungai akan semakin meningkat (Hendrawan dkk., 2015). Besar daya tampung beban pencemaran yang diukur dan dihitung dapat berubah seiring waktu. Perbedaan tersebut disebabkan oleh peningkatan volume limbah pencemar, variasi kuantitas segmen, dan perubahan musim (saat penelitian) yang mempengaruhi mutu air sungai (Maghfiroh, 2016).

## SIMPULAN

Dinamika nilai BOD dan TSS di Sungai Bedadung Utama segmen Patrang – Ajung mampu dimodelkan menggunakan simulasi pada WASP. Hal didukung oleh nilai validasi model berdasarkan nilai RSME yakni rata-rata sebesar 9% untuk parameter TSS dan BOD. Beban pencemaran Sungai Bedadung Patrang-Ajung rata-rata 248.77 kg/hari untuk parameter BOD dan 6818.73 kg/hari untuk parameter TSS merujuk pada baku mutu peruntukan sungai kelas I. Kemudian, nilai daya tampung beban pencemaran sungai Bedadung Patrang-Ajung yakni 361.48 kg/hari untuk parameter BOD dan 5368.31 kg/hari untuk parameter TSS. Nilai positif tersebut mengindikasikan bahwa Sungai Bedadung Utama segmen Patrang – Ajung masih mampu mendegradasi polutan organik secara alami yang melibatkan kondisi faktor hidrolik sungai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afwa, R. S., Muskananfolo, M. R., & Rahman, A. 2021. Analysis of the Load and Status of Organic Matter Pollution in Beringin River Semarang. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 10(3), 169–178. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Andesgur, I., Suprayogi, I., & Handrianti, P. 2019. Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Air Sungai Menggunakan Pendekatan Water Quality Analisis Simulation Program (Wasp)7.3 (Das Siak Bagian Hilir Kabupaten Siak). *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 17(1), 23. <https://doi.org/10.31258/jst.v17.n1.p23-32>
- Badan Pusat Statistika. 2020. *Kabupaten Jember dalam Angka 2020*. BPS Kabupaten Jember.
- Chai, T., & Draxler, R. R. 2014. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? -Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247–1250. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius.
- Hendrawan, D., Fachrul, M. F., Silalahi, M. D., & Abduh, H. H. 2015. Pollutant Load Capacity in Pemda Cibinong Lake, Bogor, Indonesia. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, 4(10), 493–496. <https://doi.org/10.17577/IJERTV4IS100471>
- Hindriani, H., Sapei, A., Suprihatin, & Machfud. 2013. Pengendalian Pencemaran Sungai Ciujung Berdasarkan Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran. *Jurnal Sumber Daya Air*, 9(2), 169–184. <http://pkdbanten>.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2021. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Sekretariat Jendral.
- Magfiroh, L. 2016. *Penentuan daya tampung beban pencemaran Sungai Kalimas Surabaya (Segmen Taman Prestasi-Jembatan Petekan) dengan pemodelan Qual2Kw*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pemerintah Kabupaten Jember. 2015. *Peraturan Daerah Kabupaten Jember Nomor 1 Tahun Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten*

- Jember Tahun 2015 – 2035*. Lembaran Daerah Kabupaten Jember.
- PPSP (Pokja Sanitasi Kabupaten Jember Percepatan Pembangunan Sanitasi Pemukiman). 2012. *Buku Putih Sanitasi (BPS) Kabupaten Jember*. Pemerintah Kabupaten Jember.
- Pradana, H. A., Novita, E., Andriyani, I., & Purnomo, B.H. 2020. Land Use Impact to Water Quality in Bedadung River, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 477(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/477/1/012015>
- Pramaningsih, V., Suprayogi, S., & Purnama, I. L. S. 2020. Pollution load capacity analysis of BOD, COD, and TSS in Karang Mumus River, Samarinda. *Indonesian Journal of Chemistry*, 20(3), 626–637. <https://doi.org/10.22146/ijc.44296>
- Puspitasari, A. I., Pradana, H. A., Novita, E., Purnomo, B. H., & Rini, T. S. 2020. Environmental risk analysis of the Bedadung Watershed by Using DPSIR. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 485(1), 0–12. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/485/1/012006>
- Safitri, N. D. P. 2019. *Analisis Kualitas Air Dan Daya Tampung Beban Pencemaran Di Sungai Botokan Kabupaten Sidoarjo*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Saily, R., Fauzi, M., & Suprayogi, I. 2019. Pendekatan Model Wasp Pada Pengendalian Pencemaran Sungai Dengan Parameter Uji Cod. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)*, 2(1), 13–21. <https://doi.org/10.25105/cesd.v2i1.6014>
- Sastrawijaya, A. T. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta.
- Setianto, H., & Fahritsani, H. 2019. Faktor Determinan Yang Berpengaruh Terhadap Pencemaran Sungai Musi Kota Palembang. *Media Komunikasi Geografi*, 20(2), 186. <https://doi.org/10.23887/mkg.v20i2.21151>
- Sugiharto. 2014. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. UI-Press.
- Vigil, K. M. 2003. *Clean water* (Second Edi). Oregon State University Press.