KAJIAN PERHITUNGAN DAYA TAMPUNG SUNGAI WINONGO SEGMEN TENGAH-HILIR BERDASARKAN PARAMETER BOD DAN COD DENGAN PROGRAM QUAL2KW

CALCULATION OF WINONGO RIVER CAPACITY MIDDLE-LOWEST SEGMENT BASED ON BOD AND COD PARAMETERS WITH QUAL2KW PROGRAM

Qori Aulia Ulfa[1], Nelly Marlina[1] dan Noviani Ima Wantoputri[2]

[1]Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang KM 14,5, Sleman Yogyakarta, 55584, Indonesia

[2]Laboratorium Analisis Risiko Lingkungan TL, Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang KM 14,5, Sleman Yogyakarta, 55584, Indonesia

E-mail: nelly.marlina@uii.ac.id

ABSTRAK

Sungai Winongo ialah sungai penting yang terletak di DIY. Berdasarkan pengukuran parameter BOD dan COD seluruhnya berada diatas BMA yang ditetapkan menurut Pergub DIY No.20 Tahun 2008 Kelas II. Penelitian dilakukan menggunakan 9 segmen melewati Sleman, Jogja, dan Bantul. Penelitian dilakukan untuk menganalisis besaran daya tampung beban pencemar berdasarkan parameter BOD dan COD Sungai Winongo menggunakan pemodelan Qual2Kw. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa Qual2Kw efektif untuk menentukan daya tampung beban pencemar pada sungai. Qual2Kw bekerja menggunakan data kualitas air, hidrolik, dan klimatologis. Pemodelan dilakukan dengan trial dan error pada sumber pencemar agar sesuai dengan kondisi eksisting. Pada penelitian ini validasi dilakukan dengan metode RPD dengan hasil parameter BOD adalah 12% dan COD 6%, dengan ketentuan model diterima <25%. Setelah terverifikasi dilakukan analisis kondisi dengan 4 simulasi. Simulasi pertama untuk melihat kondisi eksisting, simulasi kedua untuk menentukan kondisi sungai pada tahun 2026, simulasi ketiga untuk menentukan kondisi sungai dengan polutan maksimum, sedangkan simulasi keempat untuk menentukan kondisi sungai tanpa adanya polutan yang masuk. Perhitungan beban pencemaran dilakukan dengan simulasi ketiga dan keempat. Didapatkan hasil pada parameter BOD daya tampung yang berlebih pada titik 3 dan 5 dengan nilai -180,59 kg/hari dan -302,4 kg/hari. Sedangkan untuk parameter COD pada titik 10 dengan nilai -56,16 kg/hari.

Kata kunci: *Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP), Kualitas Air, Qual2Kw, Sungai Winongo.*

ABSTRACT

Winongo River is an important river located in DIY. Based on analysis of BOD and COD, all of them are above the quality standards according to Pergub DIY No.20 2008 Class II. The study was conducted using 9 segments through Sleman, Jogja, and Bantul. The study was conducted to analyze the amount of pollutant load capacity based on the BOD and COD parameters of the Winongo River using Qual2Kw modeling. Several studies have shown that Qual2Kw effective to determining load capacity. Qual2Kw works using water quality, hydraulic and climatological data. The modeling done by trial and error pollutant sources to

fit the existing conditions. In this study, validation was using the RPD method with the results of the BOD parameter is 12% and COD 6%, that the model was accepted <25%. The analysis using 4 simulations. First to see the existing conditions, Second to determine the condition of river quality in 2026, third simulation to determine the condition of the river with maximum pollutants, fourth to determine the condition of the river without any incoming pollutants. The calculation of the pollution load carried out by the third and fourth simulations. The results obtained on the excess capacity of the BOD parameter at points 3 and 5 with a value of -180.59 kg/day and -302.4 kg/day. As for the COD parameter at point 10 with a value of -56.16 kg/day.

Keywords: Loads Capacity, Qual2Kw, Water Quality, Winongo River.

1. PENDAHULUAN

Sungai Winongo ialah salah satu dari sepuluh sungai besar yang ada di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Sungai Winongo membentang melewati tiga daerah administrasi dari Kab. Sleman hingga Kab. Bantul sepanjang 43,75 Km. Sesuai dengan peruntukannya, Sungai Winongo dikategorikan sebagai sungai kelas II dimana sungai ini hanya dipergunakan sebagai prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan ,air untuk mengairi pertanaman dan peruntukan lainnya yang sesuai (PP RI No. 22 Tahun 2021). Namun pada realitanya, masyarakat sekitar memanfaatkan sungai untuk berbagai kegiatan seperti MCK (Mandi Cuci Kakus), irigasi, budidaya perikanan, dan pembuangan air limbah domestik maupun non domestik.

Adanya pembuangan limbah domestik di Sungai Winongo juga dapat menaikkan konsentrasi BOD dan COD dalam air sungai yang disebabkan karena banyaknya kandungan bahan organik dalam air limbah. Konsentrasi BOD dan COD yang tinggi di sungai dapat menyebabkan pendangkalan akibat sedimentasi di sungai. Hal ini dikarenakan berkurangnya kadar oksigen dalam air yang masuk sehingga biota akan mengalami kematian (Suprihatin, 2014).

Pada tahun 2019, berdasarkan pemantauan DLH DIY dihasilkan bahwa sebagian besar sungai yang berada di provinsi DIY tercemar sedang hingga berat, salah satunya Sungai Winongo. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Marlina, et al (2017) dikatakan bahwa kualitas air Sungai Winongo telah melebihi baku mutu air sungai kelas II pada parameter COD dan TSS. Selain itu menurut hasil pemantauan yang dilakukan oleh DLH DIY, pada tahun 2019 beberapa parameter kualitas air di Sungai Winongo melebihi baku mutu diantaranya yaitu BOD dan COD dengan nilai 7,35 mg/L dan 28,34 mg/L.

Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk menentukan daya tampung beban pencemar adalah metode Qual2Kw. Pada penelitian sebelumnya, model Qual2Kw sudah banyak digunakan untuk menentukan beban pencemaran air sungai dan penentuan alternatif pengelolaan air sungai. Penentuan daya tampung beban pencemar yang dilakukan di Sungai Bengawan Solo menggunakan metode Qual2Kw menunjukkan daya tampung beban pencemar untuk baku mutu sungai kelas II, diperlukan adanya penurunan nilai parameter BOD sebesar 15.559,69 kg/hari dan COD sebesar 30,207 Kg/hari (Dani et al, 2015).

Oleh karena itu, pada penelitian dilakukan untuk menganalisis besaran daya tampung beban pencemar berdasarkan parameter BOD dan COD Sungai Winongo menggunakan pemodelan Qual2Kw. Penentuan kualitas air sungai dilakukan berdasarkan baku mutu air kelas II berdasarkan Pergub DIY Nomor 20 Tahun 2008. *Software* Qual2Kw dipilih guna menentukan nilai daya tampung beban pencemar berdasarkan *point source* dan *non point source*. Hal ini dilakukan karena Qual2Kw memiliki nilai validasi yang cukup baik untuk merepresentasikan kualitas air sungai (Rezagama, et al, 2019).

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Pada penelitian analisis beban pencemar Sungai Winongo, digunakan 12 titik sampling dimana 10 titik merupakan sungai utama dan 2 titik lainnya anak sungai. Pengambilan sampel dilakukan di segmen tengah hingga hilir Sungai Winongo. Hal ini dilakukan karena pada segmen ini merupakan daerah padat penduduk yang memanfaatkan sungai sebagai media pembuangan limbah domestik.

Sampling dilakukan dengan metode *composite sample* atau pengambilan dengan gabungan waktu. Metode ini dilakukan dengan mengambil sampel pada satu lokasi dengan waktu yang berbeda. Sampling dilakukan pada musim hujan. Adapun lokasi dan waktu yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 1** :

Tabel 1. Titik Lokasi Sampling

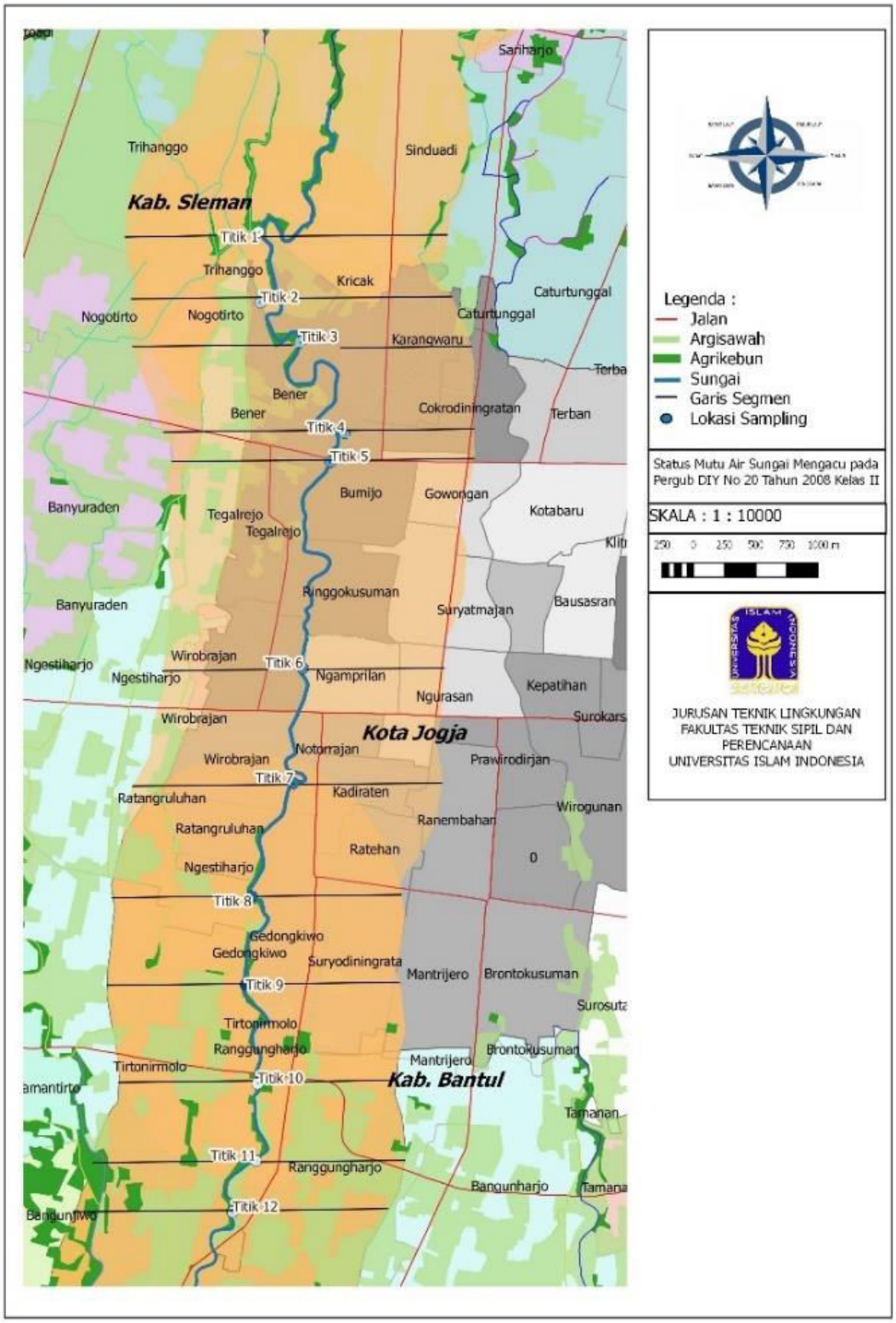
No	Titik Sampling	Lokasi	Koordinat
1	Titik 1	Jembatan Jambon, Sleman	7°45'58.11"S 110°21'6.50"E
2	Titik 3	Jatimulyo, Tegalrejo, Kota Jogja	7°46'27.02"S 110°21'17.41"E
3	Titik 5	Kyaimojo, Tegalrejo, Kota Jogja	7°46'58.38"S 110°21'25.44"E
4	Titik 6	Jembata Merah, Bumiijo, Jetis, Kota Jogja	7°47'52.53"S 110°21'18.20"E
5	Titik 7	Ngampilan, Kota Jogja	7°48'22.67"S 110°21'15.67"E
6	Titik 8	Mantrijeron, Kota Jogja	7°48'52.33"S 110°21'4.70"E
7	Titik 9	Gumuk Indah, Ngestiharjo, Kab Bantul	7°49'15.54"S 110°21'3.17"E
8	Titik 10	Jembatan Winongo, Dongkelan, Kab Bantul	7°49'41.41"S 110°21'6.26"E
9	Titik 11	Jogonalan Kidul, Kab Bantul	7°50'1.67"S 110°21'5.84"E
10	Titik 12	Tirtomalan, Kab Bantul	7°50'15.07"S 110°20'59.72"E

Sumber : Hasil Analisis Data, 2021.

2.2 Pemodelan Qual2Kw

2.2.1. Segmentasi Sungai

Pada penelitian ini diambil 12 titik sampling yang terbagi menjadi 9 segmen. Pembagian segmen dilakukan untuk membagi daerah pengambilan sampel yang diharapkan hasilnya dapat merepresentasikan populasi penelitian (Pohan, 2016). Sedangkan pengambilan titik sampel berdasarkan pada kemudahan akses. Pembagian segmen dapat dilihat pada **Gambar 1.**



Gambar 1. Segmentasi Sungai Winongo

2.2.2. Pengumpulan data

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Data primer diambil dari pengukuran langsung parameter lapangan dan laboratorium. Untuk pengukuran BOD menggunakan metode titrasi iodometri dan COD menggunakan metode spektrofotometri. Sedangkan untuk pengukuran debit menggunakan *velocity method* dengan mengukur penambang basah dan kecepatan aliran. Untuk data sekunder didapatkan dari instansi terkait seperti BBWS Serayu-Opak, BMKG, dan DLH DIY.

2.2.3. Input Data

Data yang dimasukkan pada *software* Qual2Kw adalah sebagai berikut :

1. Kualitas air di hulu seperti debit, kecepatan, elevasi, dan data bendung.
2. Pembagian segmentasi yang meliputi jarak, elevasi, koordinat *upstream* dan *downstream* tiap segmen
3. Kedalaman, kemiringan, kekasaran, lebar sungai
4. Suhu, kecepatan angin, *shade*, dan persen radiasi
5. Letak geografis dan ketinggian *point source*, pintu air, dan bendung
6. Konsentrasi DO, BOD, COD, pH, DHL, dan temperature air setiap titik
7. Data sumber pencemar :
   a. *Point Source* (PS) dan *Non Point Source* (NPS)
      PS dan NPS didapatkan dari data primer yang didapat dari pengukuran insitu dan laboratorium.
   b. Perhitungan Beban Pencemaran Limbah Rumah Tangga
      Data ini didapatkan dari perhitungan perkiraan potensi beban pencemar domestik (PBPD) yang didapatkan menggunakan **Persamaan 1.**

$$PBP\ (\frac{kg}{hari}) = Jumlah\ penduduk\ \times\ faktor\ effluent\ \times\ r\ ek\ \times\ \alpha \quad \ldots(1)$$

      Keterangan :
      - Rasio ekuivalen kota :
        Kota = 1, pinggiran kota = 0,08125, pedalaman = 0,625
      - Alpha (α) : Koefisien transfer beban
        Jarak sumber pencemar ke sungai 0-100 m menggunakan nilai 1
        Jarak sumber pencemar ke sungai 100-500 m menggunakan nilai 0,85
      - Jarak sumber pencemar ke sungai >500 m menggunakan nilai 0,3
      - Faktor cemaran:
        BOD = 0,04 kg/hari, COD = 0,055 kg/hari, TSS = 0,038 kg/hari
   c. Perhitungan Beban Pencemaran Limbah Industri
      Rumus PBP limbah industri dapat dilihat pada **Persamaan 2.**

$$PBP\ (kg/hari) = Ci \times V \times OpHrs \times [10]^{-6} \quad \ldots(2)$$

      Dimana :
      PBP = Beban pencemar (kg/tahun)
      Ci = Konsentrasi pencemar air limbah (mg/L)
      V = Kecepatan aliran limbah (L/jam)
      OpHrs = jam operasional per tahun (jam/tahun)

d. Limbah Pertanian
Perhitungan Potensi Beban Pencemaran (PBP) lahan pertanian didapatkan dengan **Persamaan 3** (Sampe, 2018)

$$P(kg/hari) = Luas\ lahan\ (ha) \times Faktoreffluent\ ((kg/ha)/musim\ taman) \times 10\% \quad \ldots(3)$$

2.2.4. Kalibrasi Model

Kalibrasi dilakukan menggunakan metode *trial and error* dengan memperhatikan nilai eksisting dan model. Untuk kalibrasi data hidrolik proses *trial and error* yang digunakan adalah dengan mengubah manning formula pada *worksheet reach*, sedangkan kalibrasi data kualitas air pada worksheet *reach rates* (Fajaruddin, 2017).

2.2.5. Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan menghitung Relative Precentage Difference (RPD). RPD merupakan persamaan yang digunakan untuk mengevaluasi kalibrasi danvalidasi pada model Qual2Kw untuk data parameter air sungai (Kamal et al, 2020). Rumus perhitungan RPD dapat dilihat pada **Persamaan 4.**

$$RPD = \frac{Csim-Cobs}{Cobs} \times 100\% \quad \ldots(4)$$

2.2.6. Simulasi Model

Pada penelitian ini dilakukan beberapa simulasi dengan rincian seperti pada **Tabel 2.**

Tabel 2. Simulasi Model

Simulasi	Kondisi Hulu	Sumber Pencemar	Kondisi Air Sungai
1	Kondisi *existing*	*Point Source*	Model
2	Kondfisi *existing*	Estimasi tahun 2026	Model
3	BMA Kelas II	*Trial and error*	BMA Kelas II
4	BMA Kelas II	Kondisi Awal	Model

Sumber : Hasil Analisis Data 2021

2.2.7. Perhitungan Beban Pencemar dan Daya Tampung Beban Pencemaran

Beban Pencemar (BP) merupakan kondisi besar pencemaran yang masuk kedalam air sungai sesuai dengan kondisi eksisting (Dewata, 2018). Besarnya beban pencemar (BP) dapat diperoleh dengan memodifikasi menambah atau mengurangi beban pencemar secara trial dan error pada titik tertentu. BP dapat dihitung dengan rumus (Dewata, 2018). Rumus perhitungan BP dapat dilihat pada **Persamaan 5.**

$$BP(\frac{kg}{hari}) = Debit\ \left(\frac{m^3}{hari}\right) \times Konsentrasi\ \left(\frac{mg}{l}\right) \times 0{,}001 \quad \ldots(5)$$

Untuk menentukan daya tampung beban pencemaran digunakan acuan baku mutu PERGUB DIY No. 20 Tahun 2008 Tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY. Rumus yang digunakan untuk menghitung daya tampung air sungai (Setiawan, 2017). Rumus daya tampung beban pencemar (DTBP) dapat dilihat pada **Persamaan 6.**

$$Daya\ Tampung = Beban\ Pencemar\ sesuai\ BMA\left(\frac{kg}{hari}\right) - Beban\ Pencemar\ Terukur\left(\frac{kg}{hari}\right) \ldots(6)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sumber Pencemar Sungai Winongo

Pada penelitian ini, sumber pencemar digolongkan menjadi dua yaitu *point source* dan *non point source*. *Point source* merupakan titik pembuangan yang berasal dari saluran pembuangan baik limbah rumah tangga, limbah industri, maupun saluran drainase yang berada pada suatu titik. Sedangkan *non point source* merupakan sebaran pipa buangan limbah domestik yang dibuang langsung ke sungai. Selain itu *non point souce* juga berasal dari limbah pertanian. Keberadaan sumber pencemar PS dan NPS memberikan dampak terhadap kualitas air sungai dengan kontaminan terlarut dari sumber yang berbeda-beda (Maguire, 2019). Beberapa data titik dan jenis sumber pencemar tertera pada **Tabel 3.**

Tabel 3. Sumber Pencemar Sungai Winongo

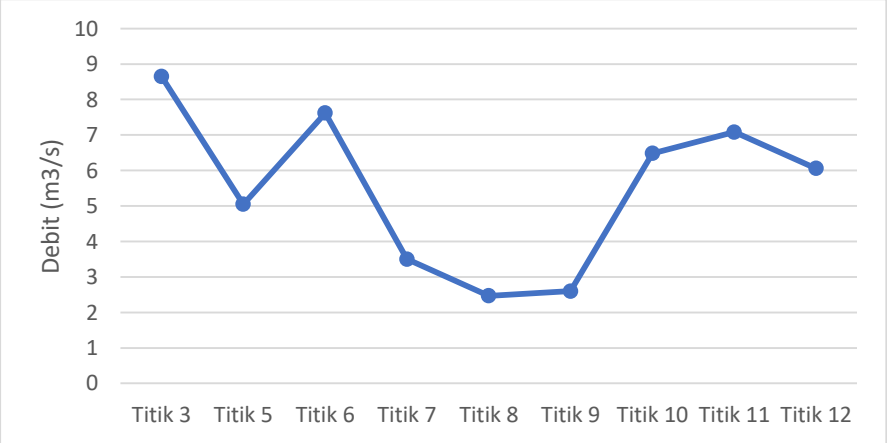
Titik	Sumber Pencemar			
	Point Source		*Non Point Source*	
	Sumber Pencemar	Titik (Km)	Sumber Pencemar	Titik (Km)
Titik 1	Anak Sungai	9,78		
Titik 3	Anak Sungai	7,38		
Titik 5	Limbah Pabrik	5,38		
Titik 6	Limbah Domestik	4,16		
Titik 7	-		Limbah Pertanian	4,2
Titik 8	Anak Sungai	3		
Titik 9	-		Limbah Domestik	1,41
Titik 10	Limbah Domestik	0,66		
Titik 11	-			

Sumber : Analisis Data 2021

3.2 Debit dan Kualitas Air Sungai Winongo

3.2.1. Debit Sungai Winongo

Debit aliran dapat diukur dengan volume zat cair dengan satuan waktu. Untuk kecepatan dalam satu segmen nilainya dianggap sama sehingga variasi pada tampang melintang diabaikan (Harisnor, 2016). Hasil pengukuran debit Sungai Winongo tertera pada **Gambar 2.**



Gambar 2. Grafik Debit Sungai Winongo

3.2.2. Kualitas Air Sungai Winongo

Penentuan kualitas air Sungai Winongo dilakukan dengan menilai indeks kualitas air sungai dengan memperhitungkan parameter kualitas air diantaranya yaitu parameter fisika dan kimia. Parameter fisika terdiri dari suhu air dan parameter kimia terdiri dari pH, COD, serta BOD. Parameter-parameter ini dilakukan dengan memperhitungkan nilai per segmen atau per titik. Sebagai acuan, kualitas air sungai yang dianalisis mengacu pada Peraturan Gubernur D.I. Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air. Adapun berdasarkan pengukuran di laboratorium, nilai kualitas air Sungai Winongo dapat dilihat pada **Tabel 4.**

Tabel 4. Kualitas Air Sungai Winongo

No	Titik	Suhu (°C)	pH	BOD	COD
1	Titik 1	26,023	7,92	5,08	33,53
2	Titik 3	31,000	7,123	5,87	36,61
3	Titik5	29,507	7,390	5,89	36,62
4	Titik 6	26,970	8,020	6,32	38,07
5	Titik 7	26,883	7,647	6,21	39,23
6	Titik 8	28,990	7,147	6,11	40,02
7	Titik 9	28,480	7,633	5,47	39,29
8	Titik 10	29,867	7,150	2,66	28,93
9	Titik 11	30,030	7,423	5,54	38,13
10	Titik 12	30,3	7,220	4,88	33,75

Sumber : Hasil Analisis Data 2021

Dari **Tabel 4** menunjukkan bahwa nilai temperatur Sungai Winongo berada diantara 26,02°C – 31,01°C. Menurut Mardhia (2018) kondisi suhu yang optimum untuk kehidupan organisme dalam air adalah 25°C – 30°C. Ini menunjukkan bahwa suhu yang terdapat pada Sungai Winongo pada segmen satu dengan nilai 31°C masih belum memenuhi kondisi optimum untuk kehidupan organisme yang ada. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pada segmen satu terdapat beberapa saluran yang masuk kedalam air sungai seperti limbah domestik. Kondisi tingginya temperature dalam air limbah dapat mempengaruhi kehidupan tumbuhan air dan kehidupan organisme yang ada pada perairan (Idaho dept. EQ, 2015). Hubungan oksigen terlarut terhadap nilai suhu memiliki hubungan timbal balik, dimana kenaikan suhu akan menurunkan nilai oksigen terlarut dikarenakan terjadinya peningkatan laju pernapasan (Mardhia, 2018).

Pada **Tabel 4** diatas dapat dilihat bahwa nilai pH per segmen tidak memiliki selisih yang begitu jauh. Namun pada segmen 3 nilai pH yang dihasilkan lebih tinggi dari segmen lainnya, yaitu 8,02. Tingginya nilai pH pada titik 6 diduga karena pada segmen ini terdapat saluran pembuangan air limbah pabrik kayu, dimana air limbah yang dihasilkan dapat mempengaruhi kondisi pH perairan. Berdasarkan teori yang ada kenaikan pH dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya yaitu limbah organik maupun anorganik yang di buang ke sungai. (Mahyudin et al,).

Berdasarkan analisis data disimpulkan bahwa nilai BOD yang dihasilkan, hampir seluruhnya melibihi baku mutu yang telah ditetapkan pada Pergub DIY No 20 Tahun 2008. Ini menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Winongo jika dilihat dari parameter BOD termasuk

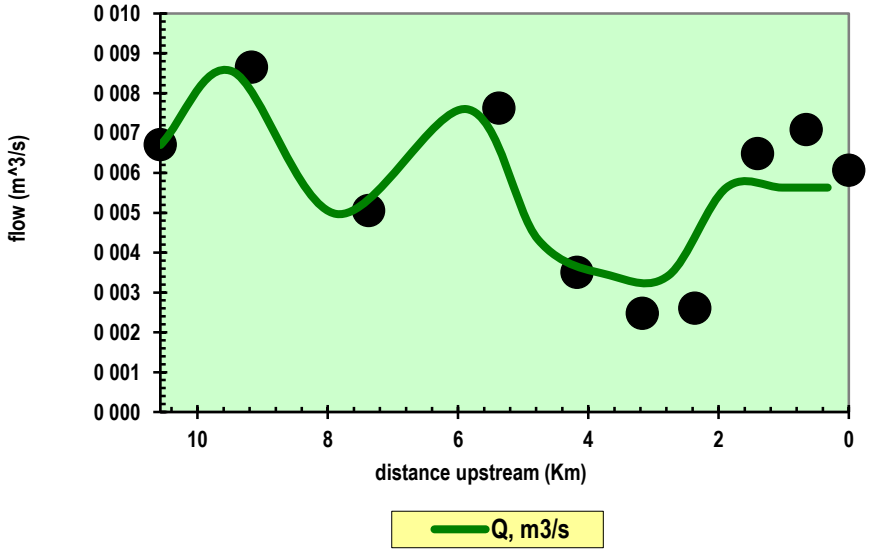
dalam kategori tercemar karena melebihi baku mutu air Kelas II yaitu 3 mg/L. Namun pada segmen 7 hasilnya kurang dari BMA karena terdapat infrastruktur penunjang sungai yaitu bendungan dan terjunan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Hendrasari, 2016) keberadaan terjunan dalam suatu perairan menyebabkan adanya perbedaan kedalaman serta kecepatan aliran sungai sehingga mempengaruhi kadar BOD perairan. Selain itu, nilai maksimum BOD berdasarkan analisis data berada pada titik 6 yaitu rata-rata 6,3 mg/L. Hal ini dapat terjadi, karena pada lokasi pengambilan sampel terdapat aliran effluent air limbah yang berasal dari industri kayu. Effluent limbah industri kayu mengandung bahan yang dapat mencemari lingkungan yang berasal dari bahan pengawet kayu. Pengawet ini memiliki bahan pengaktif yang terkandung zat-zat kimia yang berbahaya untuk organisme akuatik dan manusia yang memanfaatkan air sungai karena dapat menyebabkan peningkatan kandungan BOD dan COD (Soedarmanto, 2012).

Berdasarkan **Tabel 4** dapat dilihat bahwa semakin menuju hilir, nilai COD yang dihasilkan semakin besar. Nilai COD dipengaruhi oleh kandungan bahan organik yang masuk kedalam air sungai. bahan-bahan organik ini berasal dari beberapa sumber diantaranya adalah limbah domestik dan non domestik (South, 2016). Pada titik 1-titik 12, aliran sungai memasuki wilayah padat penduduk. Banyak warga masih memanfaatkan air sungai sebagai MCK, pembuangan effluent, dan perternakan.

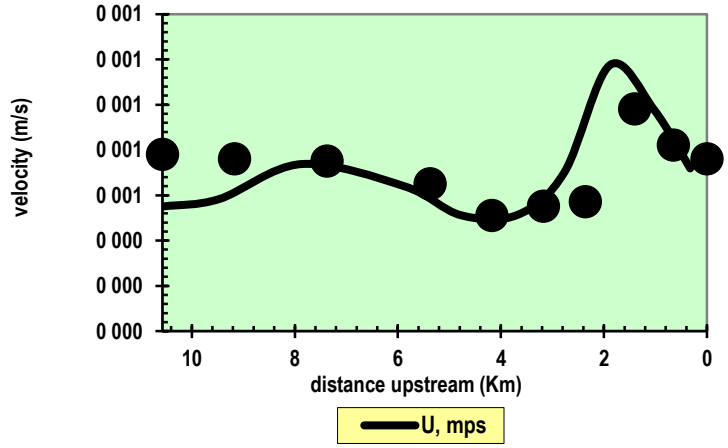
3.3 Pemodelan Kualitas Air dengan Model Qual2Kw

a. Kalibrasi dan Validasi

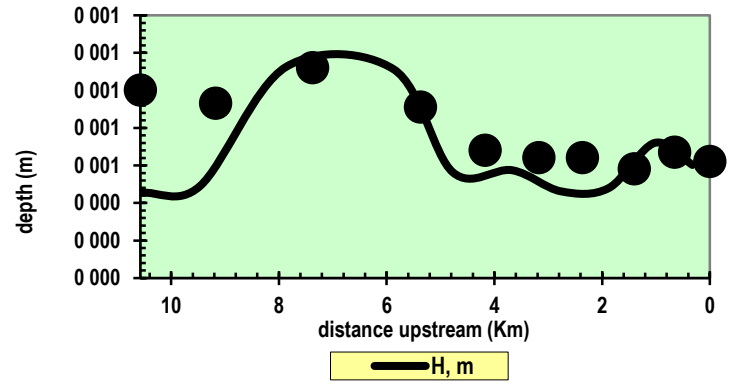
Hasil dari proses kalibrasi model menggunakan metode *trial and error* dapat dilihat pada **Gambar 3, Gambar 4**, **Gambar 5**, **Gambar 6**, dan **Gambar 7** :



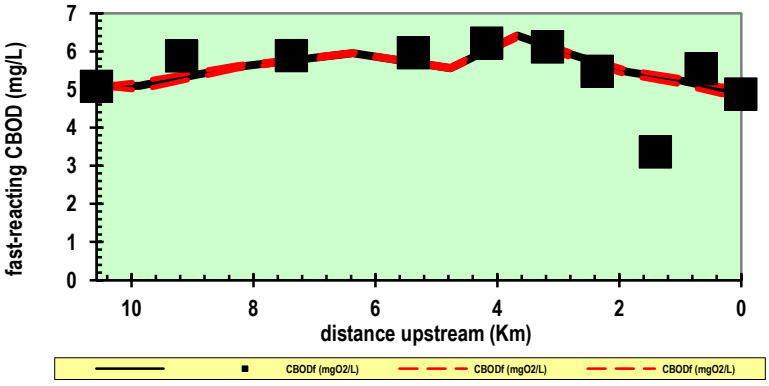
Gambar 3. Grafik Model Debit Sungai Winongo



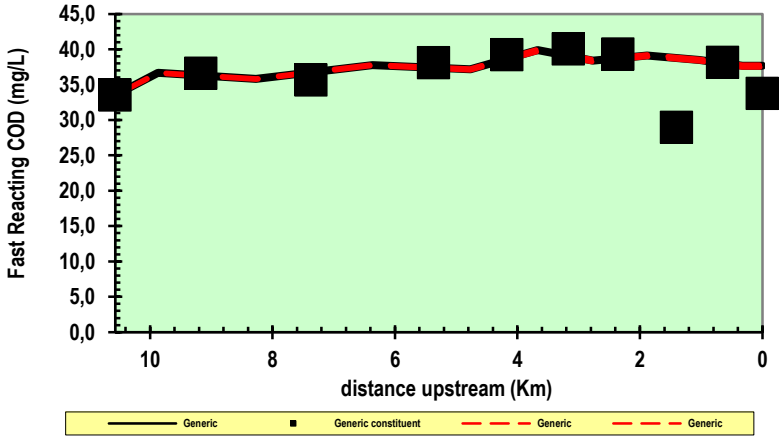
Gambar 4. Grafik Model Kecepatan Sungai Winongo



Gambar 5. Grafik Model Kedalaman



Gambar 6. Grafik Model BOD Sungai Winongo



Gambar 7. Grafik Model COD Sungai Winongo

Adapun hasil perhitungan RPD pada model Qual2Kw berdasarkan parameter parameter debit, kecepatan, kedalaman, BOD, dan COD dapat dilihat pada **Tabel 5.**

Tabel 5. Nilai Validasi Berdasarkan Metode RPD

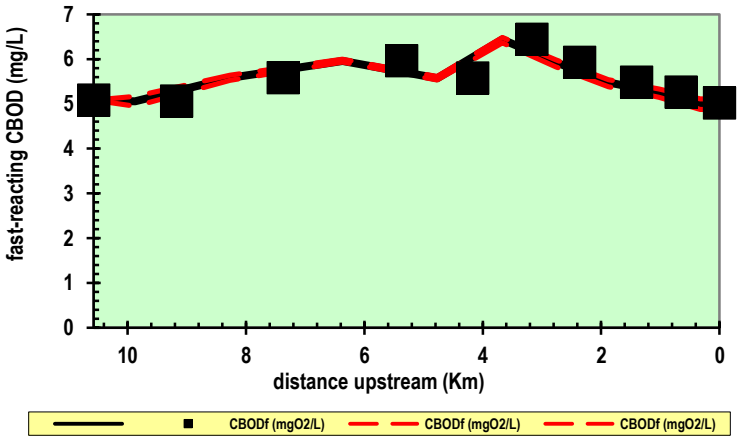
No	Parameter	Nilai RPD
1	Debit	14%
2	Kecepatan	12%
3	Kedalaman	22%
4	BOD	12%
5	COD	6%

Sumber : Hasil Analisis Data 2021

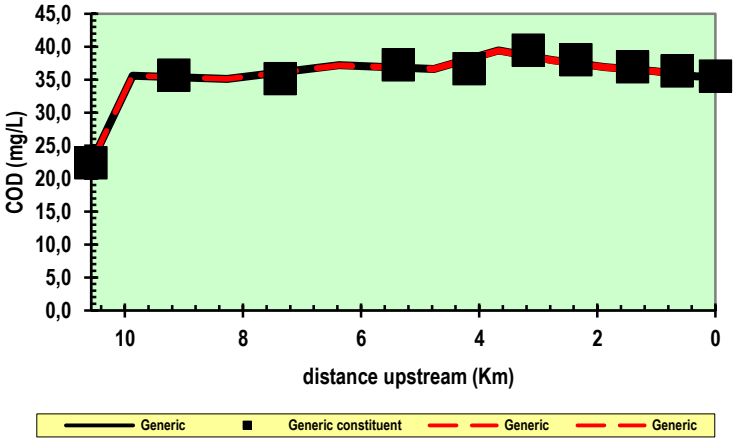
b. Simulasi Model

1 Simulasi 1

Pada simulasi 1, skenario dilakukan dengan menggunakan data hulu dan pencemar menggunakan data eksisting, serta data water quality (WQ) menggunakan data model yang sudah dilakukan trial dan error. Data yang digunakan sebagai data PS dan NPS sesuai dengan kondisi riil lapangan. Effluent tersebut antara lain adalah berasal dari limbah domestik, saluran drainase atau anak sungai, limbah non domestik, dan limbah pertanian. Limbah non domestik yang diinputkan berasal dari industri kayu. Sedangkan limbah domestik yang dimasukkan berasal dari kegiatan urban warga yang langsung masuk kedalam air sungai baik berupa PS dan NPS. Data yang diolah Simulasi 1 sesuai dengan model yaitu BOD dan COD . Hasil simulasi 1 dapat dilihat pada **Gambar 8** dan **Gambar 9.**



Gambar 8. Grafik Model Simulasi 1 Parameter BOD



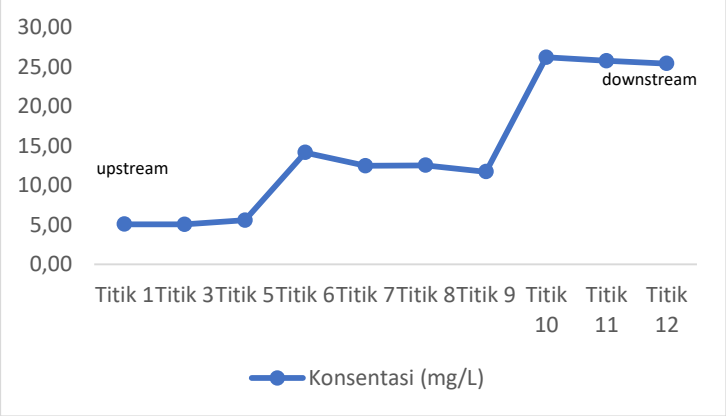
Gambar 9. Grafik Model Simulasi 1 Parameter COD

Berdasarkan grafik pada **Gambar 9** dan **Gambar 10** nilai BOD dan COD rata-rata mengalami peningkatan dibandingkan pada segmen hulu. Peningkatan nilai BOD ini berada diatas ambang batas yaitu 3 mg/L dan 25 mg/L, sesuai dengan Pergub DIY No 20 Tahun 2008. Hal ini dapat terjadi karena pada titik 1 sampai titik 12 terdapat adanya effluent yang masuk kedalam sungai yang dapat menyebabkan penurunan kualitas air sungai. Effluent yang berupa point source dan non point source ini menyebabkan adanya peningkatan konsentrasi BOD dan COD, karena banyaknya zat organik yang terkandung dalam air limbah yang terakumulasi dengan air sungai.

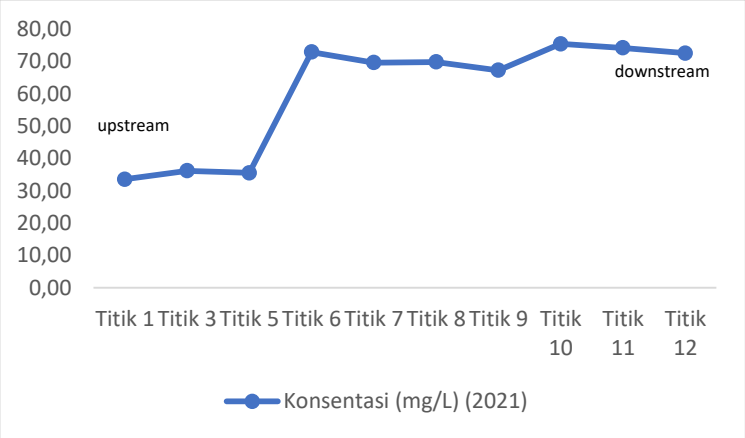
2. Simulasi 2

Pada Simulasi 2, dilakukan dengan memproyeksikan kondisi titik pencemaran pada tahun 2026. Sumber pencemar yang diproyeksi dilakukan pada effluent limbah

domestik yaitu limbah industri, limbah pertanian, dan limbah domestic yang ada di titik 5, 7, dan 10. Hasil simulasi 2 dapat dilihat pada **Gambar 10** dan **Gambar 11**.



Gambar 10. Grafik Model Simulasi 2 Parameter BOD



Gambar 11. Grafik Model Simulasi 2 Parameter COD

Tabel 6. Nilai *Point Source* Tahun Eksisting dan Proyeksi Parameter BOD

No	Titik	Konsentasi (mg/L) (2021)	Konsentrasi (mg/L) (2026)
1	Titik 3	7,58	7,58
2	Titik 5	10,00	10,00
3	Titik 6	68,8	426,00
4	Titik 7	55	46,00
5	Titik 8	79,28	77,81
6	Titik 9	5,50	5,50
7	Titik 10	5,00	83,13
8	Titik 11	5,00	5,00
9	Titik 12	-	0,00

Sumber : Hasil Analisis Data 2021

Tabel 7. Nilai *Point Source* Tahun Eksisting dan Proyeksi Parameter COD

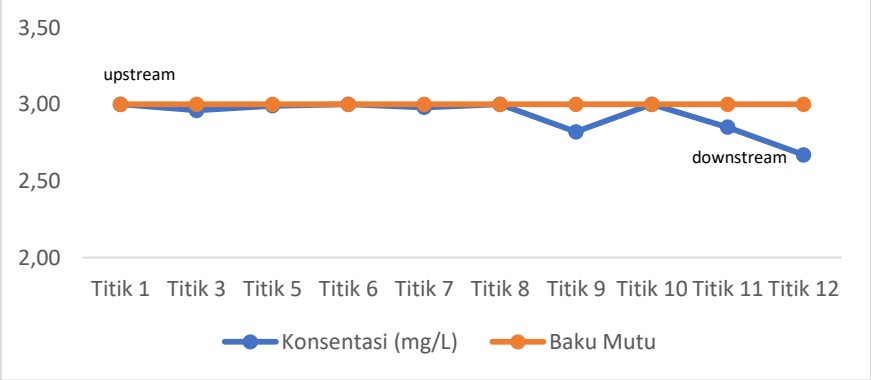
No	Titik	Konsentasi (mg/L) (2021)	Konsentrasi (mg/L) (2026)
1	Titik 3	52	52,00
2	Titik 5	40	40,00
3	Titik 6	198,00	1528,00
4	Titik 7	201	201,00
5	Titik 8	242,02	242,02
6	Titik 9	43	43,00
7	Titik 10	64	113,17
8	Titik 11	87,00	87,00
9	Titik 12	-	-

Sumber : Hasil Analisis Data 2021

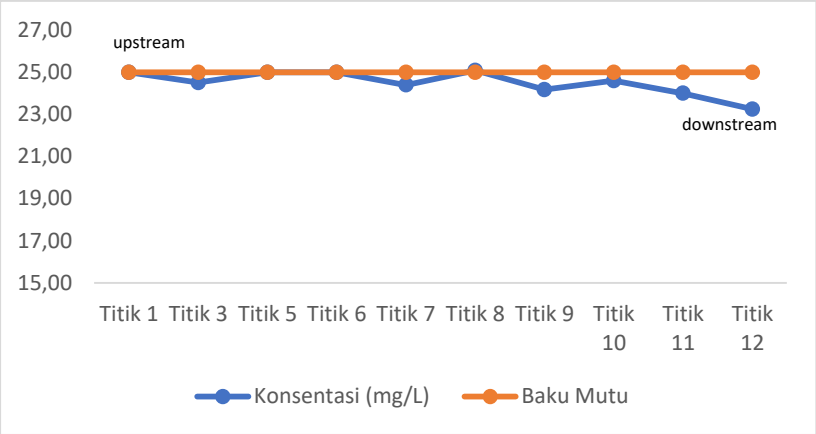
Pada **Tabel 6** dan **Tabel 7** didapatkan dari sheet source summary dan dapat diketahui bahwa perubahan konsentrasi terjadi pada segmen yang diproyeksikan pada effluent limbah industri, pertanian dan domestik. Pada limbah industri terjadi kenaikan jumlah polutan yang cukup besar untuk parameter BOD yaitu 68,8 mg/L menjadi 426 mg/L dan parameter COD yaitu 198 mg/L menjadi 1528 mg/L . Untuk limbah pertanian, penurunan lahan pertanian menyebabkan menurunya konsentrasi polutan untuk parameter BOD yaitu 55 mg/L menjadi 46 mg/L. sedangkan untuk marameter COD tidak mengalami perubahan. Pada limbah domestic terjadi kenaikan konestrasi polutan untuk parameter BOD yaitu 22 mg/L menjadi 82,3 mg/L dan parameter COD yaitu 64 mg/L menjadi 114,3 mg/L

3. Simulasi 3

Pada Simulasi 3, pemodelan dilakukan dengan data hulu dan data Water Quality (WQ) menggunakan BMA Pergub DIY No. 20 Tahun 2008. Berdasarkan peruntukan Sungai Winongo yaitu Kelas II, konsentrasi BOD dan COD maksimum adalah 3 mg/L dan 25 mg/L. Sedangkan untuk sumber pencemar menggunakan data *trial* and *error* pada *point source* dan *non point source*. Hasil simulasi 3 dapat dilihat pada **Gambar 12** dan **Gambar 13**.



Gambar 12. Grafik Model Simulasi 3 Parameter BOD.

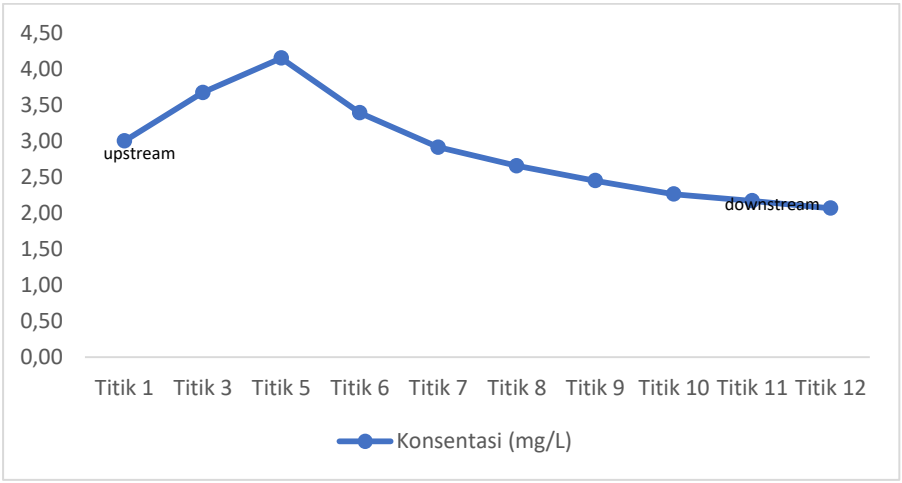


Gambar 13. Grafik Model Simulasi 3 Parameter COD

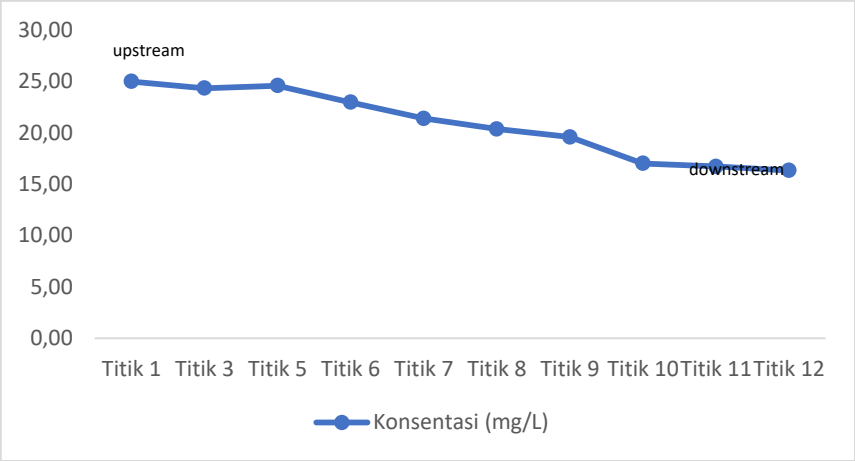
Pada grafik model simulasi 3 parameter BOD dan COD diatas, dapat diketahui apabila WQ Output yang dihasilkan hampir seluruhnya berada di bawah Baku Mutu Air (BMA) Kelas II. Hasil simulasi yang telah dilakukan digunakan sebagai perhitungan daya tampung beban pencemar air sungai.

4. Simulasi 4

Pada simulasi 4, kualitas air di hulu dianggap sudah sesuai dengan baku mutu air yang ada. Nilai yang dimasukan pada lembar reach untuk BOD dan COD adalah 1 mg/L dan 15 mg/L. Untuk kondisi sumber pencemar dianggap sesuai dengan kondisi awal, dimana tidak terdapat PS dan NPS yang mengalir kedalam aliran sungai. Jadi, untuk effluent limbah domestic, non domestik, dan pertanian untuk simulasi ini dianggap tidak ada. Effluent yang masuk hanya berasal dari anak sungai, sistem drainase, dan air hujan dengan konsentrasi polutan masih memenuhi baku mutu. Pada simulasi 4 dilakukan untuk menentukan kemampuan sungai untuk melakukan *self purification* dengan tidak adanya sumber pencemar yang mengalir ke sungai. Hasil simulasi 4 dapat dilihat pada **Gambar 14** dan **Gambar 15**.



Gambar 14. Grafik Model Simulasi 4 Parameter BOD



Gambar 15. Grafik Model Simulasi 4 Parameter COD

Berdasarkan grafik model simulasi 4 parameter BOD dan COD, dapat diketahui bahwa kualitas air sunga bervariatif. Untuk parameter COD seluruhnya sudah memenuhi baku mutu air sungai kelas II. Sedangkan untuk parameter COD untuk titik 1-7 masih berada diatas baku mutu. Simulasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan air sungai dalam melakukan self purification dengan dihilangkannya sumber pencemar.

3.4 Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, untuk menghitung beban pencemar digunakan hasil simulasi yang merepresentasikan kondisi minimum dan maksimum sungai. Kondisi minimum merupakan kondisi dimana air sungai tidak terdapat effluent yang masuk selain dari anak sungai, saluran drainase, dan air hujan (Febriyana,2016). Sedangkan kondisi maksimum menyatakan adanya beban pencemaran penuh yang masuk akan tetapi kondisi air sungai masih memenuhi baku mutu. Pada perhitungan daya tampung beban pencemar digunakan hasil simulasi pada sheet source summary. Pada sheet ini digunakan data debit dan konsentrasi pencemar yang ada pada tiap segmen. Menurut Kepmen LH No 110 Tahun 2003, perhitungan DTBP dilakukan dengan simulasi 3 dan simulasi 4, pada keadaan sungai sesuai BMA dan pada keadaan sungai dengan pencemar minimum.

A. Beban Pencemar (BP)

Hasil perhitungan beban pencemar sungai winongo berdasarkan parameter BOD dan COD dapat dilihat pada **Tabel 8** dan **Tabel 9**

Tabel 8. Beban Pencemar Simulasi 3

No	Segmen	Jarak	Jarak	Debit	BOD (kg/hari)	COD (kg/hari)
1	Titik 3	10,57	9,17	0,90	365,33	2332,80
2	Titik 5	9,17	7,37	1,38	596,16	3815,42
3	Titik 6	7,37	5,37	0,10	345,60	915,84
4	Titik 7	5,37	4,17	0,05	213,19	498,96

No	Segmen	Jarak	Jarak	Debit	BOD (kg/hari)	COD (kg/hari)
5	Titik 8	4,17	3,17	0,11	249,91	1107,22
6	Titik 9	3,17	2,36	0,01	4,49	46,31
7	Titik 10	2,36	1,40	0,07	181,44	635,04
8	Titik 11	1,40	0,65	0,00	0,88	3,34
9	Titik 12	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

Tabel 9. Beban Pencemar Simulasi 4

No	Segmen	Jarak	Jarak	Debit (m3/s)	BOD (kg/hari)	COD (kg/hari)
1	Titik 3	10,57	9,17	0,80	545,92	2073,60
2	Titik 5	9,17	7,37	1,30	898,56	3369,60
3	Titik 6	7,37	5,37	0,12	82,94	311,04
4	Titik 7	5,37	4,17	0,05	36,29	113,40
5	Titik 8	4,17	3,17	0,11	74,30	271,08
6	Titik 9	3,17	2,36	0,00	0,55	2,07
7	Titik 10	2,36	1,40	1,00	172,80	691,20
8	Titik 11	1,40	0,65	0,00	0,21	0,78
9	Titik 12	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

B. Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP)

Hasil perhitungan daya tampung beban pencemar sungai winongo berdasarkan parameter BOD dan COD sapat dilihat pada **Tabel 10** :

Tabel 10. Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Winongo

No	Segmen	Jarak	BOD (kg/hari)	COD (kg/hari)
1	Titik 3	10,57	-180,59	259,20
2	Titik 5	9,17	-302,40	445,82
3	Titik 6	7,37	262,66	604,80
4	Titik 7	5,37	176,90	385,56
5	Titik 8	4,17	175,61	836,14
6	Titik 9	3,17	3,94	44,24
7	Titik 10	2,36	8,64	-56,16
8	Titik 11	1,4	0,67	2,57
9	Titik 12	0,65	0,00	0,00

Sumber : Analisis Data 2021

Berdasarkan penentuan DTBP pada **Tabel 10** dapat dikatakan bahwa kualitas air berdasarkan parameter COD dan BOD kualitas air sungai winongo pada beberapa segmen telah melebihi daya tampung minimum. Pada parameter BOD daya tampung yang berlebih berada pada titik 3 dan 5 dengan nilai -180,59 kg/hari dan -302,4 kg/hari. Sedangkan untuk parameter COD nilai beban pencemar berlebih berada pada titik 10 dengan nilai -56,16 kg/hari.

Besarnya beban pencemar pada titik 3,5, dan 10 terjadi karena hampir seluruhnya titik sampling berada di area padat penduduk. Limbah yang dihasilkan dari kegiatan domestik berperan penuh dalam mencemari air sungai. Berdasarkan analisis yang dilakukan YipingWu (2012), adanya titik pencemar PS dan NPS 94% berkontribusi dominan dalam pencemaran air sungai berdasarkan parameter organik.

4. KESIMPULAN

Kondisi sumber pencemar Sungai Winongo Terdiri dari beberapa sumber diantaranya yaitu sektor domestik, pertanian, dan industri. Hal ini menyebabkan beberapa kondisi dimana air beberapa segmen mengalami DTBP berlebih dan yang lainnya masih memiliki kapasitas untuk menerima cemaran. Untuk parameter BOD, nilai DTBP berlebih terdapat pada beberapa titik. Pada parameter BOD daya tampung yang berlebih berada pada titik 3 dan 5 dengan nilai- 180,59 kg/hari dan -302,4 kg/hari. Sedangkan untuk parameter COD nilai beban pencemar berlebih berada pada titik 10 dengan nilai -56,16 kg/hari. Untuk nilai DTBP COD yang tidak dalam kondisi berlebih berada pada titik 6 262,66 kg/hari, titik 7 176,9 kg/hari, titik 8 175,61 kg/hari, titik 9 3,94 kg/hari, titik 10 8,64 kg/hari, dan titik 11 0,67 kg/hari. Sedangkan untuk parameter COD yaitu pada titik 3 259,2 kg/hari, titik 5 445 kg/hari, titik 6 604,8 kg/hari, titik 7 385,56 kg/hari, titik 8 836,14 kg/hari, titik 9 44,24 kg/hari, dan titik 11 -56,16 kg/hari.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada beberapa pihak yang telah membantu dan memberikan fasilitas untuk penelitian ini yaitu Laboratorium Analisis Risiko Lingkungan dan Laboratorium Analisis Kualitas Air Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Dewata, Adri. (2018), Water Quality Assessment and Determining the Carrying Capacity of Pollution Load Batang Kuranji River, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 335. Hal 1-9.

Fajaruddin, Abdul Harisr., Solichin, Moch., Prayogo, Tri Budi. (2018), Studi Penentuan Daya Tampug Beban Pencemaran Sungai Brantas Ruas Kota Malang Dengan Menggunakan Paket Program Qual2Kw, Jurnal Mahasiswa Jurusan Pengairan, Vol1 No2.

Febriyana, Nuraini., Masduqi, Ali. (2016), Penentuan Daya Tampung Kali Surabaya Segmen Tambang Cangkir-Bendungan Gunungsari dengan Model Qual2Kw, Jurnal ITS. Vol 5 No. 2.

Handayani, RI., Dewi, NJ., Priyono, B. (2014), Akumulasi Kromuium (Cr) pada Daging Ikan Nila Merah (Oreochromis ssp.) dalam Keramba Jaring Apung di Sungai Winongo Yogyakarta, Jurnal MIPA UNNES Vol 37 No 2, Hal 123-129.

Harisnor, Al., Amalia, Maya. (2016), Analisa Parameter Hidraulik Pada Sungai Veteran Kota Banjarmasin, Jurnal Poros Teknik Vol 8 No. 2, Hal 55-103

Idaho Dept Of Environmental Quality. (2015), Modeling Stream Temperature under System Potential Shade. Darcy Sharp, Technical Services, Idaho Department of Environmental Quality.

Kamal, Norashikin A., Muhamad, Nur S., Abdullah, Jazuri. (2020) Scenario-based Pollution Sinolations and Mapping using Integrated QUAL2K-GIS, Environmental Pollution 259.

Maguire, Timothy., Spencer, Courtney., Mannion, Alice Grgicak. (2019), Distinguishing point and non point sources of dissolved nutrients, metals, and legacy contaminants in the Detroit River, Science ofthe Total Environment 681, Hal 1-8.

Mahyudin., Soemarmo., Prayogo, Tri Budi. (2015), Analisis Kualitas Air Dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Metro di Kota Kepanjen Kabupaten Malang, J-PAL, Vol. 6, No. 2. Hal. 105-114.

Mardhia, Dwi., Abdullah, Viktor. (2018) Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. Jurnal Biologi Tropis Vol, 18 No.2, Hal 182-189.

Marlina, Nelly., Hudori., Hafidh, Ridwan. (2017), Pengaruh Kekasaran Saluran dan Suhu Air Sungai pada Parameter Kualitas Air COD, TSS di Sungai Winongo Menggunakan Software Qual2Kw, Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan. Vol 9, No 2. Hal 122-133.

Pangestu, Rahmat., Riany, Etty., Effendi, Hefni. (2017), Estimasi Beban Pencemar Point Source dan Limbah Domestik di Sungai Kalibaru Rimur Provinsi DKI Jakarta, Indonesia, Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Vol. 7 No. , Hal 219-226.

Pohan, Dedy AS., Budiyono, Syarifudin. (2016), Analisis Kualitas Air Sungai Guna Menentukan Peruntukan Ditinjau Dari Aspek Lingkungan, Jurnal Ilmu Lingkungan Vol. 14 No 2. Hal 63-71.

Rezagama, Arya., Sarminingsih, Anik., Rahmadani, Ajeng R., Aini, Afifah N. (2019), Pemodelan Peningkatan Kualitas Air Sungai melalui Variasi Debit Suplesi, Jurnal Teknik UNDIP Vol 40, No 2. Hal 106-114.

Sampe, Hisky., Juwana, Iwan., Marganingrum, Dyah. (2018) Kajian Perhitungan Beban Pencemaran Sungai Cisangkuy di Cekung Bandung dari Sektor Pertanian, Jurnal Rekayasa Hijau No.2 Vol.2, Hal 165-175.

Sener, Sehnaz., Erhan Sener dan Aysen Davraz. (2017), Evaluation of Water Quality Using Water Quality Index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW – Turkey), Science of The Total Environment. Hal. 131-144

South, Alfrida E. (2016), Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga Pada Salah satu Perumahan Menengah ke Atas yang Berada di Tangerang Selatan, Jurnal Ecolab Vol 10. Hal 47-102.

Suprihatin, H. (2014), Kalilo river pollution due to limited land settlement and human behavior along the Kalilo riverbanks, Journal Of Degraded And Mining Lands Management Volume 1, Number 3.

YipingWu., Chen, Ji. (2013), Investigating the effects of point source and nonpoint source pollution on the water quality of the East River (Dongjiang) in South China, Journal of Ecological Indicators, Hal. 294-304.