



Pemodelan Sebaran BOD dan COD Pada Sungai Cigentis Menggunakan QUAL2Kw

Aldi Yanto*¹, Wilma Nurrul Adzillah², Fatma Nurkhaerani³

*1,2,3Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: aldiyantoal@gmail.com

Abstrak

Pencemaran air Sungai Cigentis akibat limbah domestik dan aktivitas pertanian menurunkan kualitas air dan mengancam lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan distribusi konsentrasi Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD) di Sungai Cigentis, menggunakan perangkat lunak QUAL2Kw. Data diambil melalui metode grab sampling pada tiga segmen sungai hulu, tengah, dan hilir, dan dianalisis berdasarkan skenario debit maksimum dan debit aktual. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan konsentrasi BOD dan COD serta penurunan pH pada debit maksimum, dengan konsentrasi tertinggi di segmen hilir BOD 3,54 mg/L, COD 14,14 mg/L, pH 7,48. Sebaliknya, pada debit aktual, konsentrasi parameter pada segmen hilir lebih rendah BOD 2,82 mg/L, COD 3,91 mg/L, pH 8,30. Kondisi debit maksimum memperlihatkan limpasan permukaan membawa beban pencemar lebih tinggi, khususnya dari aktivitas domestik dan pertanian di sekitar sungai. Penelitian ini memberikan gambaran distribusi parameter kualitas air yang dapat digunakan sebagai referensi pengelolaan lingkungan sungai.

Kata kunci—Persebaran Pencemar, BOD, COD, Sungai Cigentis, QUAL2Kw.

Abstract

Water pollution in the Cigentis River due to domestic waste and agricultural activities has degraded water quality and posed environmental threats. This study aims to model the distribution of Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) concentrations in the Cigentis River using QUAL2Kw software. Data were collected through the grab sampling method at three river segments: upstream, midstream, and downstream, and analyzed based on maximum and actual discharge scenarios. The results showed an increase in BOD and COD concentrations and a decrease in pH under maximum discharge conditions, with the highest concentrations in the downstream segment (BOD 3.54 mg/L, COD 14.14 mg/L, pH 7.48). Conversely, under actual discharge conditions, the downstream segment showed lower parameter concentrations (BOD 2.82 mg/L, COD 3.91 mg/L, pH 8.30). The maximum discharge condition demonstrated that surface runoff carries higher pollutant loads, particularly from domestic and agricultural activities around the river. This study provides an overview of the distribution of water quality parameters, which can be used as a reference for river environmental management.

Keywords— Pollutant Load Distribution, BOD, COD, QUAL2Kw.

1. PENDAHULUAN

Sungai Cigentis merupakan sungai yang mengalir melewati dua Kecamatan, yaitu Kecamatan Tegalwaru dan Kecamatan Pangkalan di Kabupaten Karawang, Jawa Barat. Sungai ini memiliki panjang 25 km yang berhulu di Gunung Sanggabuana dan bermuara di Sungai Cibeet. Di bagian zona hulu sungai tersebut terdapat suatu wilayah yang menjadi objek wisata yaitu Curug Cigentis. Sungai Cigentis yang terletak di sub-DAS Cibeet, merupakan salah satu sumber daya air yang penting bagi masyarakat sekitarnya [1].

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karawang, jumlah penduduk di kedua Kecamatan tersebut pada tahun 2019 yaitu berjumlah 69.948 jiwa dan pada 2023 meningkat menjadi 79.796 jiwa adanya persentase penambahan penduduk selama 5 tahun sekitar 14,08%. Penambahan jumlah penduduk di sekitar DAS Cigentis, menyebabkan terkontaminasinya air sungai dengan limbah domestik dan pertanian, karena masyarakat tidak hanya memanfaatkan air sungainya saja tetapi membuang limbah sisa aktivitas ke badan Sungai Cigentis, yang bisa menyebabkan pencemaran sungai karena banyaknya air limbah domestik yang dibuang ke badan sungai. Penambahan jumlah penduduk menyebabkan sungai tidak hanya untuk dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari, akan tetapi dimanfaatkan juga sebagai tempat pembuangan limbah rumah tangga [2].

Pencemaran air terjadi ketika ada masukan limbah atau beban pencemar berupa gas, zat terlarut, dan partikel. Pencemar dapat masuk ke dalam badan air melalui berbagai sumber, termasuk atmosfer, tanah, aliran air dari lahan pertanian, limbah domestik, industri perkotaan, dan lainnya [3]. Sumber pencemar air terdiri dari dua sumber yaitu Sumber langsung (*Point Source*) mengacu pada pencemaran yang berasal dari lokasi spesifik di sepanjang aliran sungai dengan titik yang dapat diidentifikasi, contohnya meliputi pipa pembuangan limbah industri (*outlet*) [4]. Sumber pencemaran tersebar (*Non-Point Source*), atau sering disebut sebagai Sumber Difus, adalah sumber pencemaran yang lokasinya tidak dapat ditentukan dengan jelas. Seperti aktivitas pertanian, peternakan, industri skala kecil hingga menengah, serta rumah tangga yang menggunakan berbagai produk konsumsi [5].

Kajian ini dilakukan untuk memantau sebaran pencemar di Sungai Cigentis karena warga memanfaatkan air sungai secara langsung tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu, terlebih ketika musim kering tiba, dan untuk menjaga keberlanjutan ekosistem sungai. Penelitian ini berfokus pada sebaran BOD dan COD karena kedua parameter tersebut merupakan parameter utama pencemar organik di perairan. BOD dan COD adalah indikator penting dalam menentukan tingkat pencemaran organik di perairan [6].

Pemodelan pencemar menggunakan model QUAL2Kw pemilihan perangkat lunak QUAL2Kw dalam penelitian ini didasarkan pada kemampuannya. Salah satu faktor yang mendukung penggunaan metode pemodelan dengan QUAL2Kw adalah kemampuan perangkat lunak ini dalam menghasilkan validasi yang baik, sehingga mampu merepresentasikan kualitas air sungai secara akurat [7]. Selain itu, model QUAL2Kw mampu mengidentifikasi sebaran pencemar dengan skenario pemodelan dengan kondisi debit maksimum dan debit aktual.

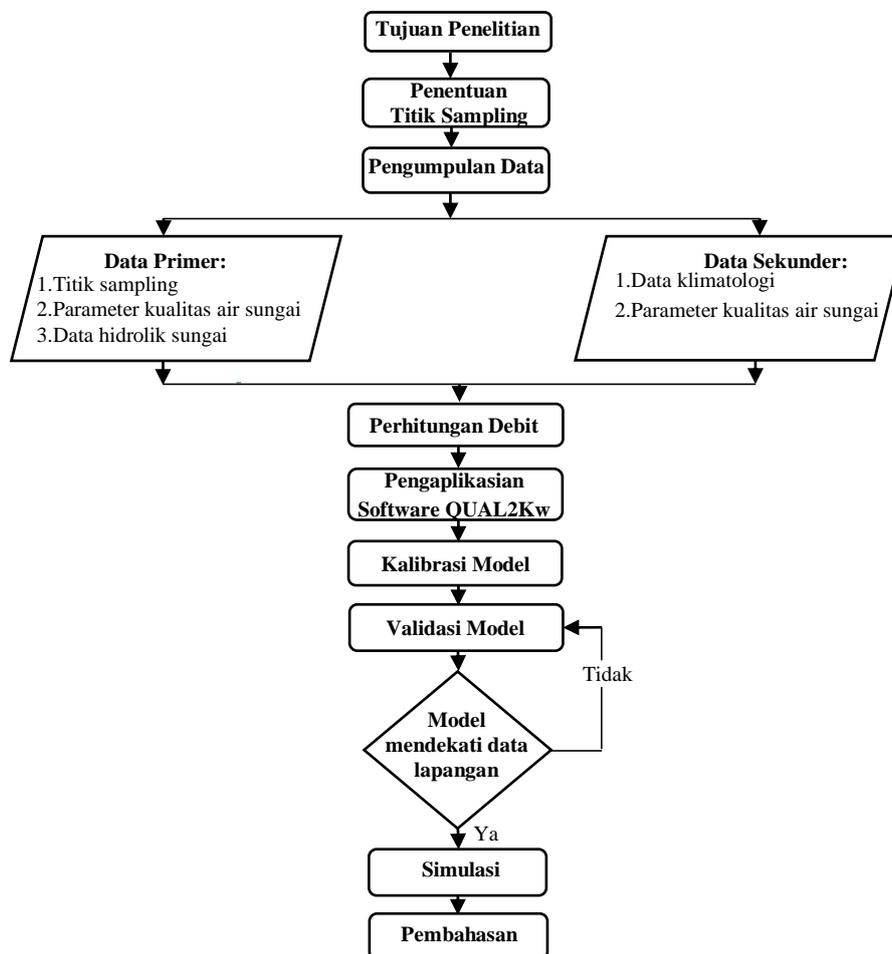
Penelitian terkait sebaran pencemar di sungai menggunakan pemodelan QUAL2Kw telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya untuk menentukan distribusi pencemar di setiap segmen sungai. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan di Sungai Brantas, Kota Malang, menunjukkan bahwa konsentrasi BOD dan COD cenderung meningkat pada segmen hilir [8]. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan di Sungai Yamuna di India, Penelitian ini memanfaatkan QUAL2Kw untuk menganalisis dampak urbanisasi terhadap kualitas air Sungai Yamuna, dengan skenario peningkatan debit sungai. Hasilnya didapatkan bahwa peningkatan debit dapat mencairkan limbah dan mengurangi konsentrasi polutan, strategi ini secara signifikan meningkatkan kualitas ekosistem sungai [9]. Berikutnya, penelitian terdahulu yang menganalisis setiap segmen sungai dilakukan di Sungai Karang Mumus, Samarinda. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa QUAL2Kw efektif dalam mengidentifikasi segmen sungai dengan sebaran pencemar melebihi kapasitas yang diizinkan, terutama di area dengan aktivitas domestik tinggi yang terletak di segmen tengah dan hilir [10].

Acuan utama yang digunakan untuk menentukan status pencemaran Sungai Cigentis adalah Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 mengenai baku mutu air sungai kelas 2. Berdasarkan peraturan tersebut, klasifikasi kualitas air dibagi menjadi empat kelas. Air kelas 2 diperuntukkan bagi berbagai keperluan, antara lain sebagai sarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, irigasi pertanian, serta tujuan lain yang membutuhkan kualitas air serupa. Penentuan status pencemaran sungai ini dilakukan dengan membandingkan parameter kualitas air dengan baku mutu yang ditetapkan dalam peraturan tersebut.

Penelitian ini, fokus utama adalah menganalisis sebaran pencemar di Sungai Cigentis dengan menggunakan pemodelan QUAL2Kw. Analisis ini bertujuan untuk memahami distribusi konsentrasi parameter pencemar, seperti BOD, COD, dan pH, di setiap segmen sungai.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif. Metode deskriptif kuantitatif bertujuan untuk memberikan gambaran yang objektif mengenai suatu kondisi dengan memanfaatkan angka-angka. Metode ini meliputi pengumpulan, interpretasi data, serta penyajian hasil penelitian [6]. Gambar 1 menunjukkan tahapan dalam penelitian ini.



Gambar 1 Kerangka Penelitian

Lokasi sampling terletak Sungai Cigentis Kabupaten Karawang, pengambilan sampel dilakukan pada 15 Juli 2024. Penelitian dilaksanakan di Sungai Cigentis, sebelum melakukan pengambilan sampel air di sungai dilakukan penentuan titik pengambilan sampel air berdasarkan

kondisi eksisting. Lokasi di sekitar titik sampling di sepanjang sungai berdekatan dengan kawasan permukiman, atau lahan pertanian, lokasi-lokasi ini dianggap memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas air. Area padat penduduk dan pertanian memanfaatkan sungai untuk membuang limbah yang dihasilkan.

Mengacu pada Tabel 1 pembagian segmentasi terbagi dalam 3 (tiga) segmentasi yaitu pada segmentasi hulu terdapat titik sampling 1 (satu) berlokasi di Desa Mekarbuana yang mempresentasikan kondisi natural sungai, segmentasi tengah terdapat titik sampling 2 (dua) berlokasi di Desa Wargasetra yang dimana, dilihat dari kondisi eksisting merupakan zona permukiman, dan segmentasi hilir terdapat titik sampling 3 (tiga) berlokasi di Desa Kertasari yang merupakan zona pertanian.

Tabel 1 Lokasi Titik Sampling

Segmen	Lokasi	Koordinat		Jarak Antar Lokasi
		Latitude	Longitude	
Hulu	Muara 3	06°33'35.0"S	107°13'54.0"E	5 km
Tengah	Jembatan Waru Wargasetra	06°31'27.61"S	107°13'17.96"E	8,64 km
Hilir	Jembatan Jl.Sukajadi Cariu	06°29'29.0"S	107°11'31.0"E	0 km

Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan dengan metode *grab sampling*. *Grab sampling* merupakan metode pengambilan sampel air yang dilakukan dengan mengambil air dari suatu lokasi pada waktu tertentu secara langsung [11]. Analisis dilakukan baik secara insitu maupun eksitu. Analisis insitu dilakukan langsung di Sungai Cigentis dengan mengukur parameter pH dan temperatur. Sedangkan, analisis sumber pencemar eksitu menggunakan parameter yang akan diuji, yaitu BOD dan COD. Tata cara dalam pengambilan sampel mengacu pada SNI-8995-2021 tentang metode pengambilan contoh uji air untuk pengujian fisika dan kimia.

Metode dalam pengambilan sampel pertama dengan mengambil data hidrolis Sungai Cigentis mencakup informasi seperti debit air, kedalaman sungai, kecepatan aliran, dan lebar sungai. Setelah data didapatkan kemudian dilakukan pengambilan sampel air Sungai Cigentis dengan cara pengambilan sampel air di setiap titik yang telah ditentukan menggunakan alat yang sudah disterilkan, kemudian sampel air dipindahkan kedalam dua wadah *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan masing – masing ukuran 1.500 ml untuk sampel BOD dan COD.

Dilakukan pengawetan sampel untuk parameter BOD dengan pendinginan dan COD dengan penambahan asam sulfat (H_2SO_4) sebanyak 1,5 ml. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Karawang (DLHK). Metode pengujian sampel mengikuti Standar Nasional Indonesia (SNI) metode pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter Uji Sampel Kualitas Air

No.	Parameter	Satuan	Alat	Metode uji
1.	BOD	mg/L	<i>BOD incubator</i>	SNI 6989.72:2009
2.	COD	mg/L	<i>Spectrophotometer</i>	SNI 6989.73-2019
3.	pH	-	pH meter	SNI 6989.11:2019
4.	Temperatur	°C	<i>Thermometer</i>	SNI 06-6989.23-2005
5.	Debit	m ³ /s	<i>Current meter</i>	SNI-8995-2021

Simulasi model menggunakan program pemodelan QUAL2Kw dengan cara menginput data pada tiap worksheet Qual2Kw. Data yang diinput meliputi data pada *worksheet headwater, reach, air temperature, klimatologis, diffuse source, rates, hydraulics data, temperature data, WQ data*. Setelah data diinput dilakukan validasi menghitung nilai *error* model secara manual menggunakan metode RMSPE, Validasi model dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana

kesesuaian antara model yang dihasilkan dan data kualitas air yang sebelumnya dimasukkan dalam proses pemodelan, sehingga model tersebut dapat digunakan untuk menjalankan skenario [12]. Berikut ini adalah rumus perhitungan untuk uji validasi menggunakan metode *root mean square percent error* (RMSPE) seperti dilihat pada formula (1).

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

Keterangan:

St = nilai simulasi pada waktu t

At = nilai aktual pada waktu t

n = jumlah pengamatan

Jika nilai RMSPE berada di bawah 50%, model dapat dianggap layak. Namun, jika nilai RMSPE melebihi 50%, diperlukan kalibrasi ulang. Setelah model berhasil dikalibrasi dan divalidasi dengan baik, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi pada model untuk memperoleh gambaran objek sesuai dengan berbagai kondisi yang ditentukan. Simulasi dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 metode, kedua metode tersebut yaitu: 1. Kondisi ketika debit maksimum, 2. Kondisi ketika debit aktual.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis sebaran BOD, COD dan pH Sungai Cigentis dilakukan dengan cara menentukan berdasarkan kondisi debit maksimum, dan debit aktual atau debit saat penelitian dilakukan. Analisis ini bertujuan untuk memahami karakteristik distribusi parameter pencemar. Debit maksimum digunakan sebagai skenario untuk mengidentifikasi kondisi pencemar yang mungkin terjadi pada saat aliran berada dalam kapasitas tinggi, seperti pada musim hujan atau bulan basah. Sementara itu, debit aktual menggambarkan kondisi pada saat data diambil di lapangan yang terjadi pada saat bulan kering.

3.1 Debit Maksimum

Debit maksimum diperoleh dengan cara pengolahan data curah hujan, data curah hujan didapatkan dari dua pos pengukuran curah hujan yang berlokasi di sekitar area penelitian. Pos pengukuran tersebut meliputi Stasiun Telukjambe, dan Bendungan Cibeet. Tabel 3 menunjukkan lokasi dari setiap stasiun hujan.

Tabel 3 Lokasi Setiap Stasiun Hujan

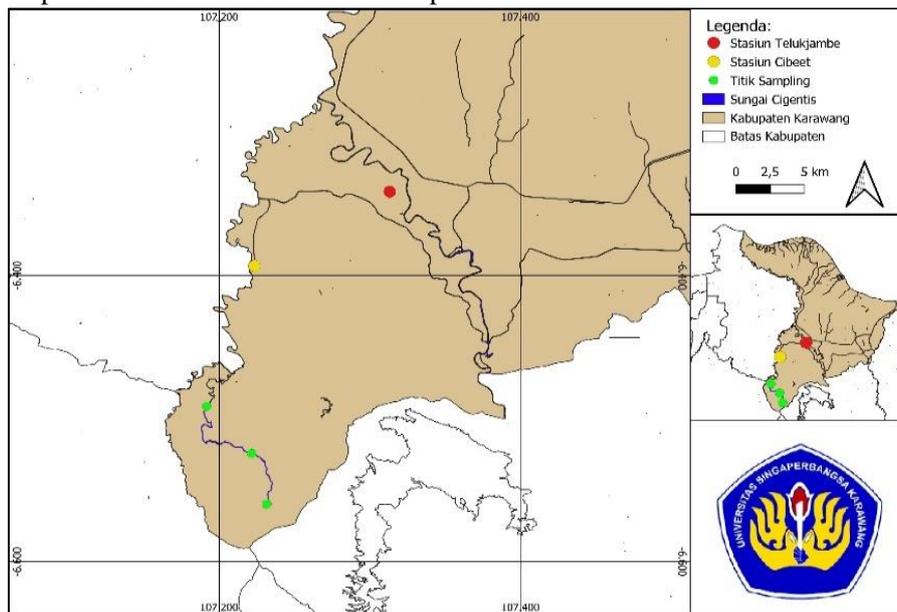
No	Nama Stasiun	Koordinat	
		Latitude	Longitude
1.	Telukjambe	06°20'29.1"S	107°18'47.8"E
2.	Bendungan Cibeet	06°23'35.9"S	107°13'24.4"E

Berdasarkan Tabel 3, Stasiun Telukjambe dan Bendungan Cibeet dipilih sebagai sumber data curah hujan utama karena keduanya merupakan stasiun hujan terdekat dengan lokasi penelitian. Pemilihan stasiun ini didasarkan pada pertimbangan jarak geografis yang relatif dekat, sehingga data curah hujan yang diperoleh dianggap representatif untuk menggambarkan kondisi curah hujan di wilayah perencanaan.

Data curah hujan yang digunakan adalah data yang tercatat pada periode tahun 2023. Pemilihan periode ini bertujuan untuk memastikan bahwa analisis dilakukan menggunakan data curah hujan terlengkap. Sehingga, keakuratan data dari stasiun-stasiun tersebut juga mendukung validitas model dan analisis yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

Gambar 2 mengilustrasikan lokasi masing-masing stasiun hujan serta titik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian. Peta lokasi ini berfungsi sebagai acuan untuk memvisualisasikan distribusi spasial stasiun – stasiun hujan dan titik sampling dalam kaitannya

dengan wilayah studi. Dengan demikian, hubungan antara lokasi stasiun hujan dan wilayah penelitian dapat lebih mudah dianalisis dan dipahami.



Gambar 2 Titik Sampling dan Letak Stasiun

Setelah menentukan stasiun yang dipilih, data dari setiap stasiun tersebut diolah untuk menentukan curah hujan maksimum. Data curah hujan yang diperoleh awalnya berupa data curah hujan hari-harian, kemudian data diolah menjadi data curah hujan bulan – bulanan dan tahun – tahunan sehingga didapat data curah hujan maksimum (R_{max}) yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Data Curah Hujan Harian Maks

Tahun	Rmaks (mm)	Ri (mm)
2010	89,00	144,00
2011	67,50	121,00
2012	85,00	111,00
2013	121,00	96,00
2014	144,00	90,00
2015	73,00	89,00
2016	88,00	89,00
2017	111,00	88,50
2018	96,00	88,00
2019	73,50	85,00
2020	74,66	73,00
2021	88,50	73,00
2022	70,00	70,00
2023	90,00	67,50
Σ		1.286
μ		92
n		14
Standar Deviasi		21,14

Analisis parameter statistik dilakukan untuk memperoleh distribusi peluang yang akan digunakan dalam perhitungan curah hujan dengan periode ulang. Metode yang diterapkan adalah metode *Log Pearson Tipe III*, Tabel 5 menyajikan data distribusi curah hujan yang dihitung

menggunakan distribusi *Log Pearson Tipe III* yang menghasilkan data curah hujan untuk periode rencana 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.

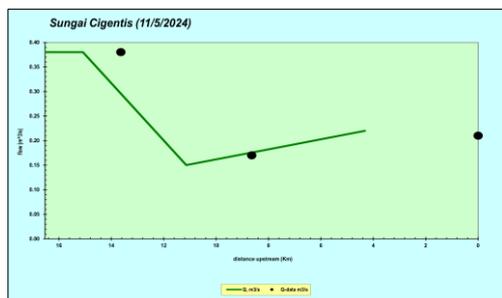
Tabel 5 Curah Hujan Maksimum Periode Tahunan

Tahun	Koefisien	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	Luas DAS Cigentis (km ²)	Debit Aliran Air (m ³ /s)
2	0,40	30,271	125,75	422,956
5	0,40	36,773	125,75	513,801
10	0,40	41,404	125,75	578,506
25	0,40	47,684	125,75	666,257
50	0,40	52,545	125,75	734,170
100	0,40	57,692	125,75	806,085

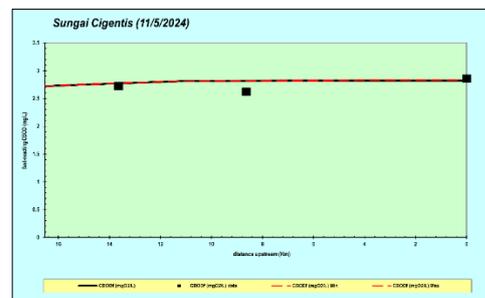
3.2 Pemodelan Kualitas Air Sungai Menggunakan Qual2Kw

Pemodelan kualitas air Sungai Cigentis dilakukan dengan cara menggunakan *software* Qual2Kw versi 5.1. Data debit yang diinput merupakan data debit aktual yaitu debit pada saat pengambilan sampel, kemudian data kualitas air Sungai Cigentis di input pada *worksheet headwater, air temperature, temperature data, dan WQ data*. Selanjutnya menginput data hidrolis sungai pada *worksheet reach dan hydraulics data*, data klimatologis pada *worksheet wind speed, dan cloud cover*.

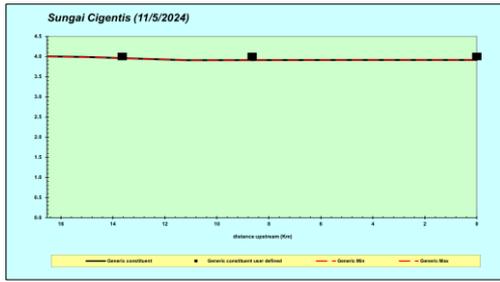
Setelah semua data diinput, program dijalankan dengan menggunakan *Run VBA* untuk menghasilkan pemodelan. Kalibrasi model dilakukan dengan metode manual di mana program dijalankan berulang kali hingga diperoleh model yang mendekati kondisi sebenarnya di lapangan. Proses kalibrasi dilakukan pada *worksheet diffuse source* dengan menggunakan data debit, dan data kualitas air sungai sehingga diperoleh grafik model garis hijau yang sesuai dengan nilai hasil pengukuran lapangan. Gambar 3 sampai Gambar 6 adalah hasil kalibrasi data debit dan kualitas air yang meliputi parameter BOD, COD, dan pH.



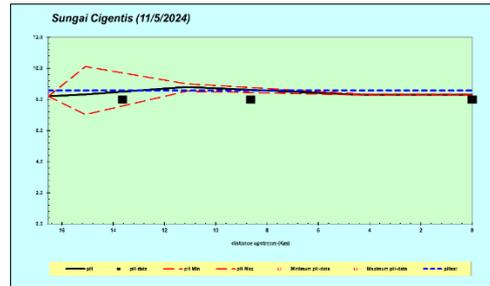
Gambar 3 Hasil Kalibrasi Debit Segmen Sungai Cigentis



Gambar 4 Hasil Kalibrasi BOD Segmen Sungai Cigentis



Gambar 5 Hasil Kalibrasi COD Segmen Sungai Cigentis



Gambar 6 Hasil Kalibrasi pH Segmen Sungai Cigentis

Pada Gambar 3 menjelaskan bahwa titik hitam, mewakili data observasi yang digunakan sebagai data awal dalam pemodelan. Sementara itu, garis hijau menunjukkan hasil dari pemodelan yang dilakukan. Sumbu x menggambarkan jarak dari hulu sungai ke titik 0 km, yang dalam penelitian ini berfungsi sebagai hilir dari area penelitian, sedangkan titik paling kiri pada jarak +13 km merupakan segmen hulu dari area studi.

Berdasarkan Gambar 4 menjelaskan bahwa kotak hitam pada gambar diatas merupakan data lapangan parameter BOD hasil observasi, sedangkan garis merah merupakan data hasil pemodelan. Berdasarkan hasil pemodelan pada Gambar 3 sampai Gambar 6 menunjukkan bahwa model sudah cukup mendekati data pengukuran. Data yang telah melalui proses kalibrasi ini nantinya akan menjadi *baseline model* yang digunakan untuk mensimulasikan kualitas air dalam skenario pemodelan. Setelah semua data hasil pemodelan telah sesuai dengan data hasil pengukuran, sebagai langkah berikutnya, diperlukan validasi untuk memastikan kesesuaian data.

3.3 Validasi Model

Setelah proses pembentukan model dan kalibrasi data selesai, perlu dilakukan perhitungan tingkat validitas model untuk memastikan apakah hasil model sudah mampu merepresentasikan kondisi sebenarnya. Proses validasi model dilakukan dengan menghitung nilai *error* antara model dan data lapangan, validasi model mengacu pada rumus perhitungan (1). Tabel 6 sampai Tabel 9 merupakan data hasil validasi setiap model menggunakan RMSPE.

Tabel 6 Hasil Validasi Model Debit Sungai Cigentis

Segmen	Jarak (km)	Q Model (mg/L)	Q Lapangan (mg/L)	$\frac{(\text{lapangan})-(\text{Model})}{\text{model}}$	RMSE per Seg
Hulu	13,64	0,380	0,38	0,000	0,00
Tengah	8,64	0,150	0,17	0,014	0,05
Hilir	0,00	0,180	0,21	0,020	0,06
Hasil			Sum	0,034	
			N	3	
			RMSPE	11%	

Tabel 7 Hasil Validasi Model BOD Sungai Cigentis

Segmen	Jarak (km)	BOD Model (mg/L)	BOD Lapangan (mg/L)	$\frac{(\text{lapangan})-(\text{Model})}{\text{model}}$	RMSE per Seg
Hulu	13,64	2,75	2,72	0,000	0,00
Tengah	8,64	2,81	2,62	0,005	0,03
Hilir	0,00	2,83	2,86	0,000	0,10

Hasil	Sum	0,006
	N	3
	RMSPE	4%

Tabel 8 Hasil Validasi Model COD Sungai Cigentis

Segmen	Jarak (km)	COD Model (mg/L)	COD Lapangan (mg/L)	$\left(\frac{(\text{lapangan})-(\text{Model})}{\text{model}}\right)^2$	RMSE per Seg
Hulu	13,64	4,000	4,80	0,028	0,07
Tengah	8,64	2,871	4,80	0,162	0,16
Hilir	0,00	1,531	4,80	0,464	0,28
Hasil	Sum	0,653			
	N	3			
	RMSPE	47%			

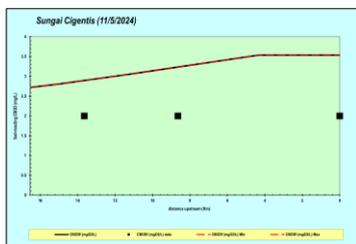
Tabel 9 Hasil Validasi Model pH Sungai Cigentis

Segmen	Jarak (km)	pH Model	pH Lapangan	$\left(\frac{(\text{lapangan})-(\text{Model})}{\text{model}}\right)^2$	RMSE per Seg
Hulu	13,64	8,32	8,20	0,000	0,01
Tengah	8,64	8,80	8,8	0,000	0,00
Hilir	0,00	8,30	8,30	0,000	0,00
Hasil	Sum	0,000			
	N	3			
	RMSPE	1%			

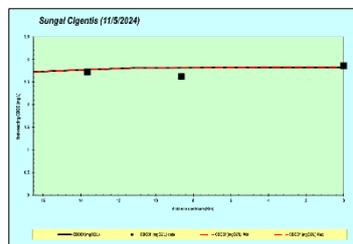
Berdasarkan hasil perhitungan RMSPE pada kelima tabel di atas, model dinyatakan dapat diterima karena nilai perhitungan berada di bawah 50%. Untuk data debit, sebesar 11%, untuk data BOD sebesar 14%, untuk data COD sebesar 47%, dan untuk data pH sebesar 1%.

3.4 Hasil Simulasi Skenario

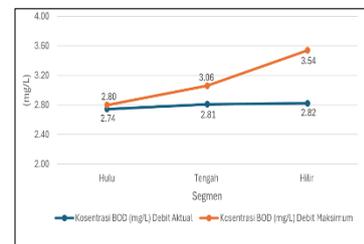
Pada pemodelan ini, dilakukan simulasi dengan memodifikasi debit air Sungai Cigentis pada dua kondisi debit saat penelitian berlangsung dan debit maksimum. Debit maksimum yang digunakan adalah debit dengan periode ulang 25 tahun, yaitu debit yang secara statistik diharapkan terjadi rata-rata sekali dalam 25 tahun [13]. Gambar 7 dan Gambar 8 merupakan hasil pemodelan BOD, adapun pada Gambar 9 merupakan perbandingan pemodelan berdasarkan skenario.



Gambar 7 Hasil Pemodelan Debit Maksimum Parameter BOD



Gambar 8 Hasil Pemodelan Debit Aktual Parameter BOD

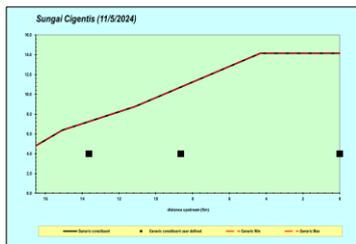


Gambar 9 Perbandingan Pemodelan BOD Hasil Simulasi Skenario

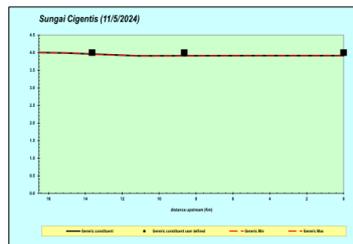
Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan bahwa pada debit maksimum, konsentrasi BOD mengalami peningkatan dari hulu sampai ke hilir. Aliran yang deras pada debit maksimum menyebabkan bahan organik terbawa dengan cepat tanpa waktu cukup untuk dekomposisi,

sehingga kandungan BOD menjadi lebih tinggi sepanjang segmen sungai, hal ini juga sama seperti penelitian yang dilakukan sebelumnya yang dilakukan di Sungai Musi Kota Palembang. Parameter BOD mengalami peningkatan pada setiap segmen dan meningkat di hilir akibat akumulasi dari segmen sebelumnya [2].

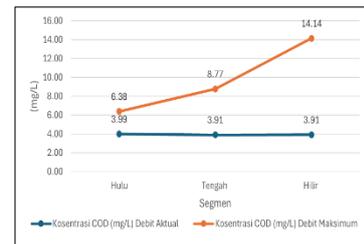
Gambar 8, hasil pemodelan menunjukkan bahwa konsentrasi BOD dalam kondisi debit aktual berada pada tingkat yang lebih rendah. Debit yang relatif lebih rendah memungkinkan bahan organik untuk mengalami dekomposisi secara alami sehingga oksigen terlarut digunakan secara optimal untuk mengurai bahan organik, menghasilkan konsentrasi BOD yang tidak terlalu tinggi. Gambar 9 yang memperbandingkan kedua kondisi debit ini menunjukkan bahwa debit maksimum justru menyebabkan peningkatan konsentrasi BOD. Aliran deras membawa lebih banyak bahan organik yang tidak sempat terurai sepenuhnya [14]. Gambar 10 dan Gambar 11 merupakan hasil pemodelan COD dan pada Gambar 12 merupakan perbandingan pemodelan berdasarkan skenario.



Gambar 10 Hasil Pemodelan Debit Maksimum Parameter COD



Gambar 11 Hasil Pemodelan Debit Aktual Parameter COD

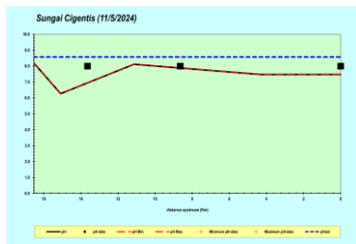


Gambar 12 Perbandingan Pemodelan COD Hasil Simulasi Skenario

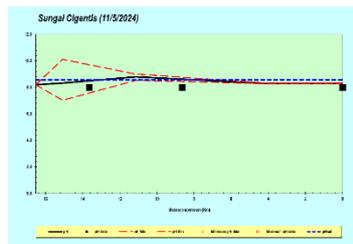
Pada Gambar 10 hasil pemodelan menunjukkan bahwa dalam kondisi debit maksimum konsentrasi COD meningkat. Debit yang tinggi membawa lebih banyak senyawa kimia terlarut dari hulu ke hilir tanpa cukup waktu untuk pengenceran yang optimal, sehingga konsentrasi COD menjadi lebih tinggi di sepanjang aliran sungai. Gambar 11, terlihat bahwa konsentrasi COD lebih rendah pada kondisi debit saat penelitian. Artinya, ketika debit air rendah, aliran sungai menjadi lebih lambat, sehingga tidak banyak polutan seperti limbah kimia atau organik yang terbawa jauh.

Berdasarkan Gambar 12 terlihat perbedaan yang jelas dalam konsentrasi COD antara kondisi debit saat penelitian atau debit aktual, dan debit maksimum di sepanjang segmen sungai. Pada debit saat penelitian, konsentrasi COD relatif rendah dan stabil di seluruh segmen, aliran air yang lambat pada debit rendah ini memungkinkan polutan terurai secara alami, sehingga tidak terjadi peningkatan signifikan pada konsentrasi COD. Pada debit maksimum, konsentrasi COD meningkat di setiap segmen sungai, yaitu 6,38 mg/L di hulu, 8,77 mg/L di tengah, dan 14,14 mg/L di hilir.

Debit maksimum meningkatkan volume dan kecepatan aliran air yang berpotensi membawa polutan dalam jumlah besar, termasuk limbah domestik dari pemukiman warga di sekitar sungai [7]. Ketika hujan atau debit maksimum terjadi, air dari rumah warga yang mengandung bahan pencemar seperti sisa makanan, deterjen, dan limbah rumah tangga lainnya akan mengalir ke sungai dan meningkatkan beban pencemar secara signifikan. Selanjutnya, pada Gambar 13 dan Gambar 14 merupakan pemodelan pH dan Gambar 15 merupakan perbandingan pemodelan berdasarkan skenario.



Gambar 13 Hasil Pemodelan Debit Maksimum Parameter pH



Gambar 14 Hasil Pemodelan Debit Aktual Parameter pH



Gambar 15 Perbandingan Pemodelan pH Hasil Simulasi Skenario

Berdasarkan hasil pemodelan Gambar 13, terlihat bahwa pada kondisi debit maksimum, nilai pH air sungai justru menurun dibandingkan dengan pH pada debit saat penelitian. Gambar 14 pada debit aktual atau debit saat penelitian, debit air cenderung rendah, dan pH air cenderung lebih tinggi dan stabil di seluruh segmen, sedangkan pada debit maksimum, pH menunjukkan penurunan di setiap segmen sungai. Berdasarkan Gambar 15 dapat disimpulkan bahwa debit maksimum dapat menurunkan nilai pH. Debit maksimum seringkali disebabkan oleh hujan deras yang meningkatkan volume aliran air. Air hujan sendiri memiliki sifat sedikit asam (pH 5,6) karena mengandung karbon dioksida (CO_2) yang larut di atmosfer, membentuk asam karbonat lemah (H_2CO_3) [15]. Ketika hujan lebat, air yang bersifat asam ini masuk ke sungai dalam jumlah besar, sehingga menyebabkan penurunan pH air sungai.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemodelan dengan QUAL2Kw, di Sungai Cigentis menunjukkan peningkatan konsentrasi sebaran parameter BOD dan COD sedangkan pada parameter pH mengalami penurunan, pada skenario debit maksimum. Nilai konsentrasi pada segmen hulu BOD 2,80 mg/L, COD 6,38 mg/L dan pH 6,27, nilai konsentrasi pada segmen tengah BOD 3,06 mg/L, COD 8,77 mg/L dan pH 8,12, nilai konsentrasi pada segmen hilir BOD 3,54 mg/L, COD 14,14 mg/L dan pH 7,48. Sementara itu, sebaran BOD, COD dan pH pada skenario debit aktual menunjukkan bahwa nilai konsentrasi pada segmen hulu BOD 2,74 mg/L, COD 3,99 mg/L dan pH 8,32, nilai konsentrasi pada segmen tengah BOD 2,81 mg/L, COD 3,91 mg/L dan pH 8,80, nilai konsentrasi pada segmen hilir BOD 2,82 mg/L, COD 3,91 mg/L dan pH 8,30.

5. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian maka saran untuk penelitian berikut adalah disarankan agar penelitian selanjutnya menambah jumlah titik pengambilan sampel supaya meningkatkan akurasi data. Serta untuk pemodelan, sebaiknya tidak hanya terbatas pada parameter BOD dan COD, tetapi juga mempertimbangkan parameter lain yang relevan untuk mengetahui sebarannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada Ibu Ing. Wilma Nurrul Adzillah, M.T., dan Ibu Fatma Nurkhaerani, S.T., M.T., atas bimbingan, arahan, dan motivasinya selama proses penelitian ini. Serta terima kasih kepada Tim Redaksi Jurnal Teknik Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberi kesempatan, sehingga artikel ilmiah ini dapat diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Jonathan and J. Cahyono, "Pertanggungjawaban Hukum Pemerintah Daerah Terhadap Pelaku Pencemaran Lingkungan Hidup," *J. Educ. Dev.*, vol. 11, no. 3, pp. 152–157, Aug. 2023, doi: 10.37081/ed.v11i3.4996.
- [2] H. Setianto and H. Fahritsani, "Faktor Determinan Yang Berpengaruh Terhadap Pencemaran Sungai Musi Kota Palembang," *Media Komun. Geogr.*, vol. 20, no. 2, p. 186, Dec. 2019, doi: 10.23887/mkg.v20i2.21151.
- [3] H. Effendi, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius, 2003.
- [4] Syahril, "Sumber Polusi Titik Dan Tersebar (Point Adn Nonpoint Source Pollution) Terhadap Pencemaran Airbawah Permukaan," *Pros. Semin. Nas. "Pelestarian Lingkung. Mitigasi Bencana"*, pp. 43–49, 2016, [Online]. Available: https://repository.unri.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/8578/R1.7_Syahril_S3_PSIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [5] M. N. Saraswaty, N. Karnaningroem, and D. Bambang, "Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Mangetan Kanal Kabupaten Sidoarjo," pp. 1–6, 2013.
- [6] S. Arikunto, *Prosedur penelitian suatu pendekatan dan praktek*. Jakarta: Rineka Cipta, 2002.
- [7] A. Rezagama, A. Sarminingsih, A. Y. Rahmadani, and A. N. Aini, "Pemodelan Peningkatan Kualitas Air Sungai melalui Variasi Debit Suplesi," *Teknik*, vol. 40, no. 2, p. 106, 2019, doi: 10.14710/teknik.v39i3.23893.
- [8] N. Lusiana, A. A. Sulianto, L. A. Devianto, and S. Sabina, "Penentuan Indeks Pencemaran Air dan Daya Tampung Beban Pencemaran Menggunakan Software QUAL2Kw (Studi Kasus Sungai Brantas Kota Malang)," *J. Wil. dan Lingkung.*, vol. 8, no. 2, pp. 161–176, Aug. 2020, doi: 10.14710/jwl.8.2.161-176.
- [9] N. Verma, G. Singh, and N. Ahsan, "Water quality management by enhancing assimilation capacity with flow augmentation: a case study for the Yamuna River, Delhi," *Water Sci. Technol.*, vol. 88, no. 7, pp. 1821–1832, 2023, doi: 10.2166/wst.2023.302.
- [10] V. Pramaningsih, S. Suprayogi, and I. L. S. Purnama, "Pollution load capacity analysis of BOD, COD, and TSS in Karang Mumus River, Samarinda," *Indones. J. Chem.*, vol. 20, no. 3, pp. 626–637, 2020, doi: 10.22146/ijc.44296.
- [11] R. Ismawati, R. Rahayu, and D. Nuryunita, "Kualitas Mata Air Sembir Untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih," *Indones. J. Nat. Sci. Educ.*, vol. 03, no. 01, pp. 252–253, 2020.
- [12] F. Ilfan, L. Gusri, W. L.C.H, and C. R. M. Siregar, "Analisis Daya Tampung Beban Pencemar Biochemical Oxygen Demand (Bod) dan Chemical Oxygen Demand (COD) di Sungai Tembuku Kota Jambi Menggunakan Model QUAL2KW," *J. Daur Lingkung.*, vol. 5, no. 2, p. 68, 2022, doi: 10.33087/daurling.v5i2.145.
- [13] D. Fitriani and P. Satriyo, "Analisis Debit Rencana Metode Rasional Di Sub DAS Lawe Simpali Kabupaten Aceh Selatan (Debit Analysis of Rational Method Plans for in Lawe Sempali Sub-District South Aceh District) PENDAHULUAN Metode Rasional merupakan salah satu metode yang digunakan u," *Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 5, no. C, pp. 491–500, 2020.
- [14] R. Hambali and Y. Apriyanti, "Studi Karakteristik Sedimen Dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng," *J. Fropil*, vol. 4, no. 2, pp. 165–174, 2016.
- [15] N. K. Wardhani and A. Ihwan, "Studi Tingkat Keasaman Air Hujan Berdasarkan Kandungan Gas CO₂, SO₂ Dan NO₂ Di Udara (Studi Kasus Balai Pengamatan Dirgantara Pontianak)," vol. III, no. 01, pp. 9–14, 2015.