

Permodelan Sebaran BOD dan COD Sebagai Parameter Kualitas Air Baku Sungai Awang Kabupaten Barito Timur Provinsi Kalimantan Tengah

Vidya Restu Wijaya^{1*}, Nomeritae², Raden Haryo Saputra³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia

*Koresponden email: vidyarestu@gmail.com

Diterima: 10 Maret 2024

Disetujui: 17 Maret 2024

Abstract

This research aimed to modeling chemical parameters in water, consist of BOD (Biological Oxygen Demand) and COD (Chemical Oxygen Demand) in Awang River, at Hayaping Village, Awang District, East Barito Regency, Central Kalimantan Province. Apart from obtaining BOD and COD values from laboratory and modeling results, this research also aimed to determine manning values and dispersion coefficient (D). The results of longitudinal and transverse measurements as well as the measured discharge were used as input for flow modeling using HEC-RAS 1 D. The discharge at the monitoring point from the modeling results was then compared with the discharge from the measurements, to determine the magnitude of the manning value. Next, water quality modeling was carried out to determine the dispersion coefficient value so that the distribution of BOD and COD parameters from the modeling results approached to laboratory results. From laboratory results, BOD values were obtained ranging from 5.8-9.0 mg/L and COD values of 4.58 mg/L, manning values of 0.03 and Dispersion coefficient values of $D=0.277$.

Keywords: HEC-RAS, BOD, COD, manning, coefficient dispersion

Abstrak

Pada penelitian ini bertujuan untuk memodelkan parameter kimia pada air yaitu BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) di penggal Sungai Awang Desa Hayaping Kecamatan Awang Kabupaten Barito Timur Provinsi Kalimantan Tengah. Selain memperoleh nilai BOD dan COD hasil laboratorium maupun permodelan, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan nilai kekasaran dinding saluran dan koefisien dispersi (D). Hasil pengukuran memanjang dan melintang serta debit terukur digunakan sebagai input permodelan aliran menggunakan HEC-RAS 1 D. Debit pada titik pantau hasil permodelan kemudian dibandingkan dengan debit hasil pengukuran, untuk mengetahui besaran nilai kekasaran dinding saluran. Selanjutnya permodelan kualitas air dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien dispersi sehingga sebaran parameter BOD dan COD hasil permodelan mendekati hasil laboratorium. Dari hasil laboratorium diperoleh nilai BOD berkisar antara 5,8-9,0 mg/L dan nilai COD 4,58 mg/L, nilai kekasaran dinding saluran 0,03 dan nilai koefisien Dispersi $D=0,277$.

Kata Kunci: HEC-RAS, BOD, COD, kekasaran dinding saluran, koefisien dispersi

1. Pendahuluan

Air bersih atau air untuk keperluan higiene adalah air dengan kualitas tertentu yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya berbeda dengan air minum. Air higiene digunakan untuk keperluan kebersihan perorangan seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian serta dapat digunakan sebagai air baku air minum [1].

Baku mutu air dibedakan menjadi empat kelas dari sifat fisika parameter *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). BOD *max* pada setiap kelas: kelas satu 2 mg/L, kelas dua 3 mg/L, kelas tiga 6 mg/L, dan kelas empat 12 mg/L serta COD *max* pada setiap kelas: kelas satu 10 mg/L, kelas dua 25 mg/L, kelas tiga 40 mg/L, dan kelas empat 80 mg/L [2].

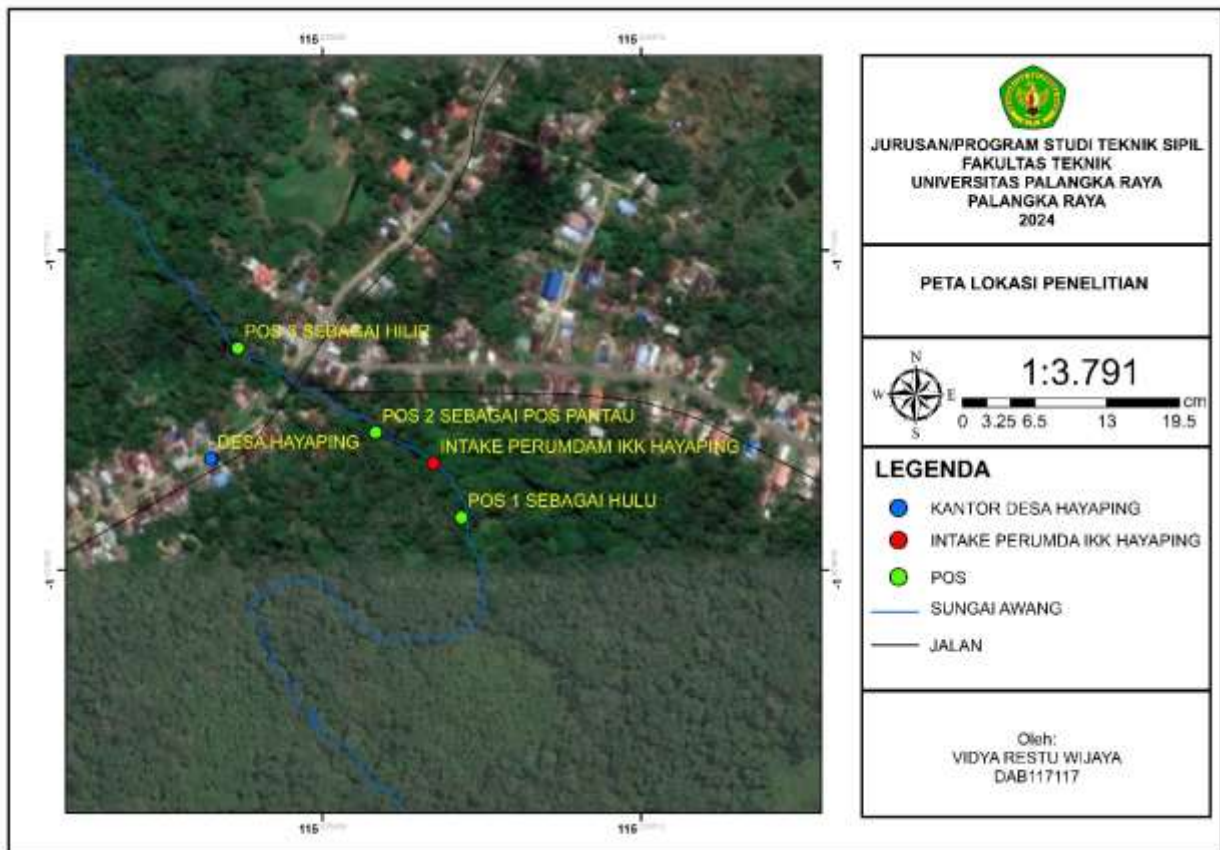
Sungai Awang yang berada di Kecamatan Awang Kabupaten Barito Timur, mengalir melewati beberapa kampung dan lahan perusahaan sawit yang di mana aliran sungai Awang juga dimanfaatkan sebagai Air Baku di Desa Hayaping Kecamatan Awang. Terjadinya juga pencemaran pada aliran sungai awang akibat dari aktivitas "*land clearing*" atau pembersihan lahan oleh perusahaan perkebunan sawit PT.KSL (Perseroan Terbatas Ketapang Subur Lestari) pada tahun 2018 di sempadan Sungai Awang bagian hulu yang berada di Desa Tangkan. Pembersihan tersebut mengakibatkan terjadi gerusan pada sempadan sungai yang mengakibatkan sungai menjadi keruh hingga ke bagian hilir yaitu Sungai Awang di

Desa Hayaping. Turunnya kualitas air Sungai Awang tersebut mengakibatkan konflik antara masyarakat dan pihak PT. KSL [3].

Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Air Minum Ibu Kota Kecamatan (IKK) Hayaping menyuplai air bersih kepada pelanggan di Desa Hayaping, tetapi tidak semua rumah mau menggunakan air dari Perumda Air Minum IKK Hayaping karena berbagai macam alasan mulai dari harga langganan bulanan mahal, ada yang memilih untuk menggunakan sumur sendiri karena merasa kadang air yang disalurkan dari Perumda Air Minum IKK Hayaping tidak layak konsumsi.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh nilai sebaran BOD dan COD sebagai parameter kualitas air baku sehingga bisa digunakan untuk uji kelayakan instalasi Perumda Air Minum IKK Hayaping yang sudah ada. Penelitian dilakukan dengan cara melakukan identifikasi permasalahan kualitas air baku selanjutnya melakukan survei lapangan, mengumpulkan data lapangan dan sampel air di beberapa stasiun yang sudah ditetapkan untuk dilakukan pengkajian kualitas air di laboratorium dan setelah data diperoleh data diolah dibuat permodelan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 1 Dimensi (1D). Tujuan penelitian ini adalah menganalisa kualitas air berupa nilai BOD, dan nilai COD pada air baku, memperoleh nilai kekasaran dinding saluran agar parameter aliran hasil simulasi mendekati hasil pengukuran, dan memperoleh besaran koefisien dispersi (D) agar parameter BOD dan COD hasil simulasi mendekati hasil uji laboratorium. Penelitian terdahulu tentang BOD dan COD serta penggunaan aplikasi HEC-RAS digunakan sebagai acuan penulisan pada penelitian ini [4],[5],[6].

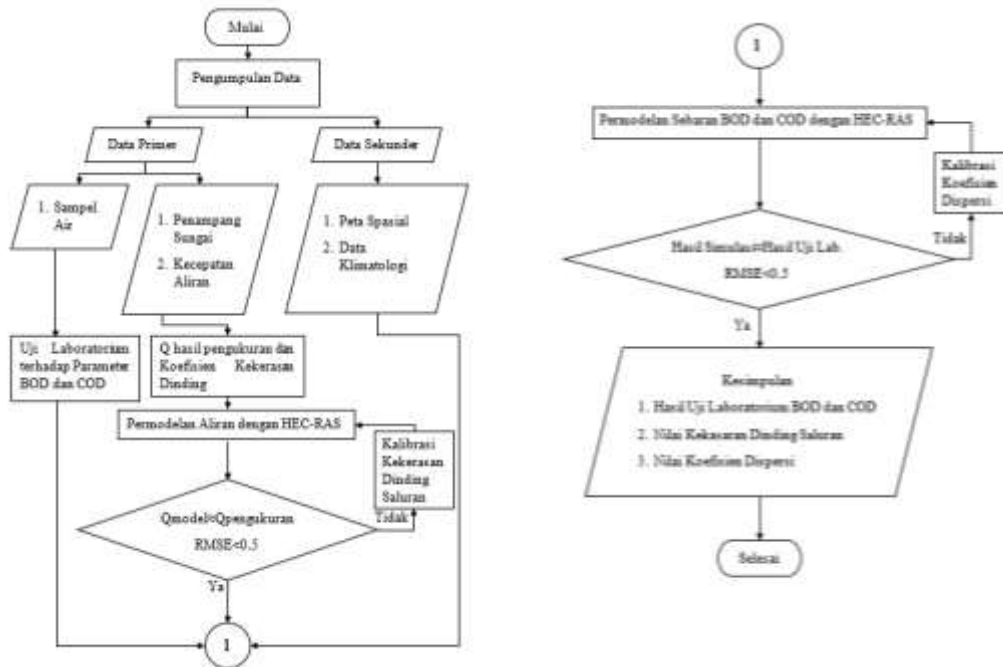
Lokasi penelitian berada di penggal Sungai Awang Desa Hayaping Kecamatan Awang Kabupaten Barito Timur Provinsi Kalimantan Tengah, lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
 Sumber: Aplikasi ArcGIS

2. Metode Penelitian

Berikut tahap penulisan skripsi tertera pada bagan alir pada **Gambar 2** dan dijelaskan setiap bagan sebagai berikut.



Gambar 2. Bagan alir penelitian
Sumber: Analisis Data (2023)

2.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer yaitu terdiri dari penampang sungai, kecepatan aliran, dan sampel air dari lapangan serta data sekunder berupa data klimatologi dari BMKG Sanggu di Kabupaten Barito Selatan [7] dan peta spasial [8].

2.2 Analisis Data

2.2.3 Pengukuran Penampang Memanjang, Melintang Sungai

Pengukuran dilakukan menggunakan *Theodolit* untuk memperoleh nilai koordinat X, Y, dan Z pada saluran. Data X, Y, dan Z yang diperoleh sebagai data input untuk pembuatan geometri pada permodelan HEC-RAS.

2.2.3 Pengukuran Kecepatan Aliran

Pengukuran kecepatan aliran dilakukan setiap saat melakukan pengambilan sampel air secara langsung menggunakan *Current meter* tipe FL03 untuk memperoleh nilai kecepatan air. Pengukuran kecepatan dengan alat *Current meter* dilakukan pada kedalaman: 0,2H, 0,6H, dan 0,8H jika $H > 0,5m$ dan jika $H \leq 0,5m$ kecepatan hanya diukur pada 0,6H.

2.2.3 Analisis Debit

Pengukuran debit sungai dilakukan dengan membagi lebar sungai menjadi sejumlah pias, dengan lebar dapat dibuat sama atau berbeda. Debit di setiap pias dihitung dengan mengalikan kecepatan rerata dan luas tampang aliran. Debit sungai adalah jumlah debit di seluruh pias. Rumus debit [9] ditunjukkan pada Persamaan (1) dan (2)

$$q_{x-x+1} = \left(\frac{\bar{V}_x + \bar{V}_{x+1}}{2} \right) \left(\frac{d_x + d_{x+1}}{2} \right) W_{x-x+1} \quad (1)$$

$$Q = \sum q_x \quad (2)$$

Keterangan:

- q : Debit pias (m^3/s)
- \bar{V} : Kecepatan Rata-Rata (m/s)
- d : Kedalaman titik pias (m)
- W : Lebar pias (m)
- Q : Debit sungai (m^3/s)

2.2.4 Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air dilakukan untuk sampel uji pada laboratorium, titik pengambilan sampel terdapat pada 3 titik yang sudah ditentukan sebelumnya. Pengambilan sampel dilakukan dalam 3 hari berturut-turut, hari ke-1 pada sore hari diambil tiga sampel sesuai titik yang sudah ditentukan, hari ke-2 pada pagi hari diambil tiga sampel sesuai titik yang sudah ditentukan dan hari ke-3 pada siang hari diambil tiga sampel sesuai titik yang sudah ditentukan.

2.2.5 Uji Parameter Kualitas Air

Adapun parameter kualitas air yang diuji di dalam penelitian ini sebagai berikut:

- BOD yaitu kebutuhan oksigen biologis,
- COD yaitu kebutuhan oksigen kimia.

Sampel akan diuji kualitasnya di Laboratorium Lingkungan Badan Lingkungan Hidup Tabalong.

2.2.6 Permodelan Sebaran BOD dan COD

Langkah-langkah permodelan sebaran BOD dan COD sebagai berikut:

- Membuat data geometri pada aplikasi HEC-RAS dari data pengukuran pada lokasi penelitian,
- Membuat permodelan aliran pada aplikasi HEC-RAS dari data kecepatan aliran pada lokasi penelitian,
- Melakukan kalibrasi permodelan aliran, dengan terlebih dahulu dilakukan pengecekan permodelan menggunakan metode RMSE. Rumus RMSE [10] ditunjukkan pada Persamaan (3).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}_i)^2}{N}} \quad (3)$$

Keterangan:

- $RMSE$: Penyimpangan rata-rata kuadrat
 i : Variabel i
 N : Jumlah titik data yang tidak hilang
 x_i : Deret waktu observasi aktual
 \bar{x}_i : Perkiraan deret waktu

- Memasukan data hasil uji laboratorium sampel berupa BOD dan COD untuk data *boundary condition* pada hulu dan hilir serta koefisien Dispersi pada aplikasi HEC-RAS. Rumus koefisien Dispersi [11] ditunjukkan pada Persamaan (4)

$$D = 0,001 \frac{B^2 + V^2}{HV_*} \text{ dan } V_* = \sqrt{gHS} \quad (4)$$

Keterangan:

- D : Koefisien Dispersi
 B : Lebar Rata-rata Saluran (m)
 V : Kecepatan Awal (m/s)
 V_* : Kecepatan Geser (m/s)
 g : Gravitasi (m/s²)
 H : Kedalaman Rata-rata Saluran (m)
 S : Kemiringan Saluran,

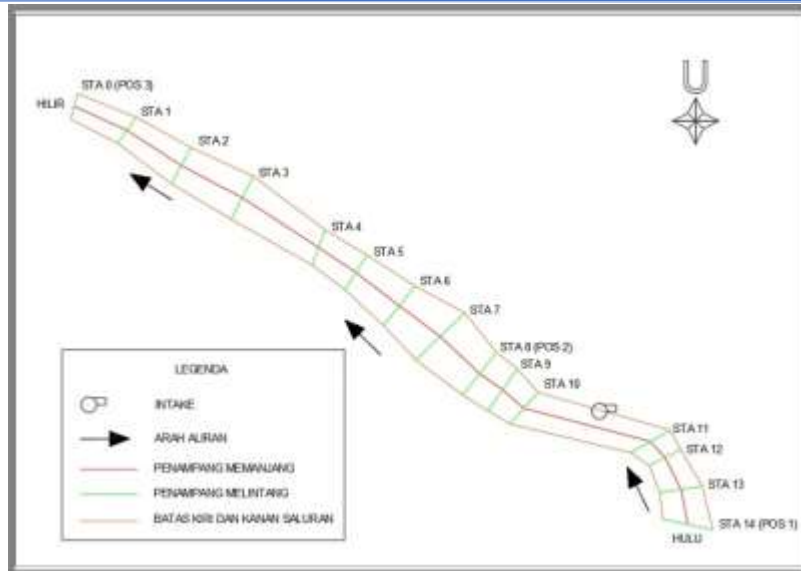
- Membandingkan hasil simulasi HEC-RAS terhadap data uji laboratorium BOD dan COD di titik pantau antara hulu dan hilir,
- Kalibrasi koefisien Dispersi dan bandingkan hasil permodelan dengan hasil pengamatan pada titik pantau menggunakan metode RMSE,
- Running* model ulang hingga hasil simulasi mendekati hasil uji laboratorium ditandai dengan nilai RMSE mendekati 0.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengukuran Penampang Memanjang, Melintang Sungai

Pengukuran penampang memanjang, melintang saluran menggunakan alat *Theodolit* untuk memperoleh jarak dan beda tinggi tampang sungai dan hasil lapangan akan diolah di *AutoCAD* dan *microsoft excel* untuk memperoleh gambar dan ukuran penampang memanjang, melintang sungai.

Total pengukuran memanjang adalah 248,2809 m dari STA 0 hingga STA 14 seperti gambar tampak atas dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Tampak atas sungai
Sumber: Aplikasi *AutoCAD* (2023)

Pada penggal hulu (STA 10–STA 14) terdapat *intake* Perumda Air Minum IKK Hayaping, sehingga terjadi perubahan debit/kehilangan air pada penggal tersebut. Oleh karena itu, simulasi aliran maupun kualitas air hanya dilakukan pada penggal STA 0–STA 10.

3.2 Analisis Debit

Hasil perhitungan debit menggunakan persamaan (1) dan (2) dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Debit

Jam Ke-	Q STA 14 (POS 1) (m ³ /s)	Q STA 8 (POS 2) (m ³ /s)	Q STA 0 (POS 3) (m ³ /s)
0 jam	0,0012327	0,0009979	0,0009784
13 jam 30 menit	0,0015392	0,0011898	0,001167
42 jam 30 menit	0,0013921	0,0009793	0,0009376

Sumber: Analisis Data (2023)

3.3 Hasil Uji Parameter Kualitas Air

Pengujian sampel air dengan parameter BOD dan COD dilakukan di Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Tabalong [12]. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 2-10**.

Tabel 2. Hasil sampel air Hari Minggu, 29 Oktober 2023 pukul 17.00WIB pada STA 14 (POS 1)

No	Parameter	Satuan	MDL	Hasil	Metode
1.	BOD	mg/l	0,38	5,8	SNI 6989.72:2019
2.	COD	mg/l	4,5852	4,58	SNI 6989.2:2019

Sumber: Hasil Laboratorium (2023)

Tabel 3. Hasil sampel air Hari Minggu, 29 Oktober 2023 pukul 17.00WIB pada STA 8 (POS 2)

No	Parameter	Satuan	MDL	Hasil	Metode
1.	BOD	mg/l	0,38	6,3	SNI 6989.72:2019
2.	COD	mg/l	4,5852	4,58	SNI 6989.2:2019

Sumber: Hasil Laboratorium (2023)

Tabel 4. Hasil sampel air Hari Minggu, 29 Oktober 2023 pukul 17.00WIB pada STA 0 (POS 3)

No	Parameter	Satuan	MDL	Hasil	Metode
1.	BOD	mg/l	0,38	9,0	SNI 6989.72:2019
2.	COD	mg/l	4,5852	4,58	SNI 6989.2:2019

Sumber: Hasil Laboratorium (2023)

Tabel 5. Hasil sampel air Hari Senin, 30 Oktober 2023 pukul 06.30WIB pada STA 14 (POS 1)

No	Parameter	Satuan	MDL	Hasil	Metode
1.	BOD	mg/l	0,38	7,9	SNI 6989.72:2019
2.	COD	mg/l	4,5852	4,58	SNI 6989.2:2019

Sumber: Hasil Laboratorium (2023)

Tabel 6. Hasil sampel air Hari Senin, 30 Oktober 2023 pukul 06.30WIB pada STA 8 (POS 2)

No	Parameter	Satuan	MDL	Hasil	Metode
1.	BOD	mg/l	0,38	7,4	SNI 6989.72:2019
2.	COD	mg/l	4,5852	4,58	SNI 6989.2:2019

Sumber: Hasil Laboratorium (2023)

Tabel 7. Hasil sampel air Hari Senin, 30 Oktober 2023 pukul 06.30WIB pada STA 0 (POS 3)

No	Parameter	Satuan	MDL	Hasil	Metode
1.	BOD	mg/l	0,38	8,1	SNI 6989.72:2019
2.	COD	mg/l	4,5852	4,58	SNI 6989.2:2019

Sumber: Hasil Laboratorium (2023)

Tabel 8. Hasil sampel air Hari Selasa, 31 Oktober 2023 pukul 11.30WIB pada STA 14 (POS 1)

No	Parameter	Satuan	MDL	Hasil	Metode
1.	BOD	mg/l	0,38	7,9	SNI 6989.72:2019
2.	COD	mg/l	4,5852	4,58	SNI 6989.2:2019

Sumber: Hasil Laboratorium (2023)

Tabel 9. Hasil sampel air Hari Selasa, 31 Oktober 2023 pukul 11.30WIB pada STA 8 (POS 2)

No	Parameter	Satuan	MDL	Hasil	Metode
1.	BOD	mg/l	0,38	8,0	SNI 6989.72:2019
2.	COD	mg/l	4,5852	4,58	SNI 6989.2:2019

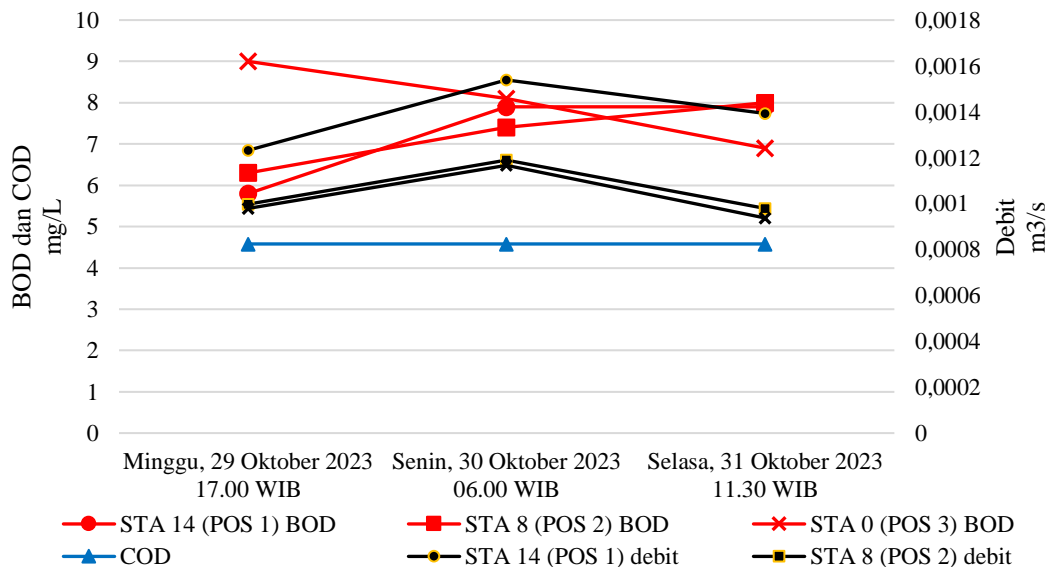
Sumber: Hasil Laboratorium (2023)

Tabel 10. Hasil sampel air Hari Selasa, 31 Oktober 2023 pukul 11.30WIB pada STA 0 (POS 3)

No	Parameter	Satuan	MDL	Hasil	Metode
1.	BOD	mg/l	0,38	6,9	SNI 6989.72:2019
2.	COD	mg/l	4,5852	4,58	SNI 6989.2:2019

Sumber: Hasil Laboratorium (2023)

Grafik perbandingan nilai debit, nilai BOD, dan nilai COD terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 4.



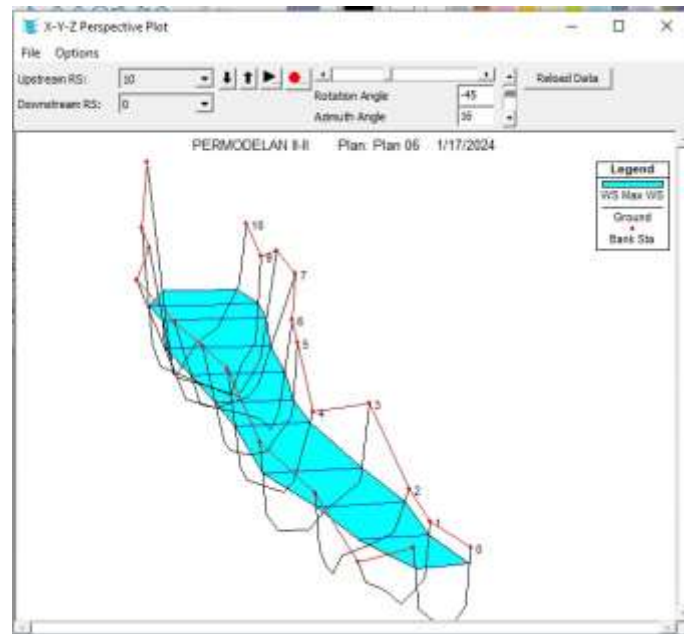
Gambar 4. Grafik Debit, BOD, dan COD terhadap Waktu

Sumber: Analisis Data (2024)

3.4 Permodelan Sebaran BOD dan COD dengan HEC-RAS 1 D

3.4.1 Geometri Sungai

Hasil pengukuran pada pengukuran memanjang dan melintang digunakan sebagai input untuk memodelkan geometri sungai HEC-RAS 1 D [13]. Hasil input data pengukuran memanjang dan melintang pengal sungai dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Hasil geometri sungai
Sumber: Aplikasi HEC-RAS (2024)

3.4.1 Permodelan Aliran, Kalibrasi dan Validasi Model Aliran

Simulasi aliran pada HEC-RAS menggunakan syarat batas hulu dan hilir berupa debit hasil pengukuran di hulu dan hilir sungai [14]. Simulasi menggunakan asumsi nilai kekasaran dinding saluran di semua *section* adalah 0,03. Sebelum dilakukan kalibrasi model terlebih dahulu dilakukan pengecekan kesalahan model dalam memprediksi debit pada stasiun pantau STA 8 (POS 2) dengan metode RMSE dengan Persamaan (3).

Berikut perhitungan RMSE:

$$RMSE = \sqrt{\frac{0,00000003 \cdot 8064}{87}} = 0,000021 < 0,5$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai RMSE < 0.5. Hal ini menunjukkan model dan parameter model memiliki kesalahan yang kecil sehingga tidak diperlukan kalibrasi model.

3.4.2 Perhitungan Koefisien Dispersi (D)

Nilai koefisien dispersi awal dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$D = 0,001 \frac{14,45858^2 + 0,1^2}{2,238436 \times 0,290384} = 0,321624$$

3.4.3 Simulasi Permodelan BOD dan COD Serta Kalibrasi Koefisien Dispersi

Pada simulasi dengan nilai koefisien dispersi hasil perhitungan 0,321624 dan hasil simulasi dibanding dengan hasil observasi dicek menggunakan metode RMSE dengan Persamaan (3) pengecekan hanya dilakukan pada nilai BOD karena nilai COD tidak terjadi perubahan. Diperoleh nilai 0,2179 < 0,5 maka hasil simulasi hampir sama dengan hasil observasi [15].

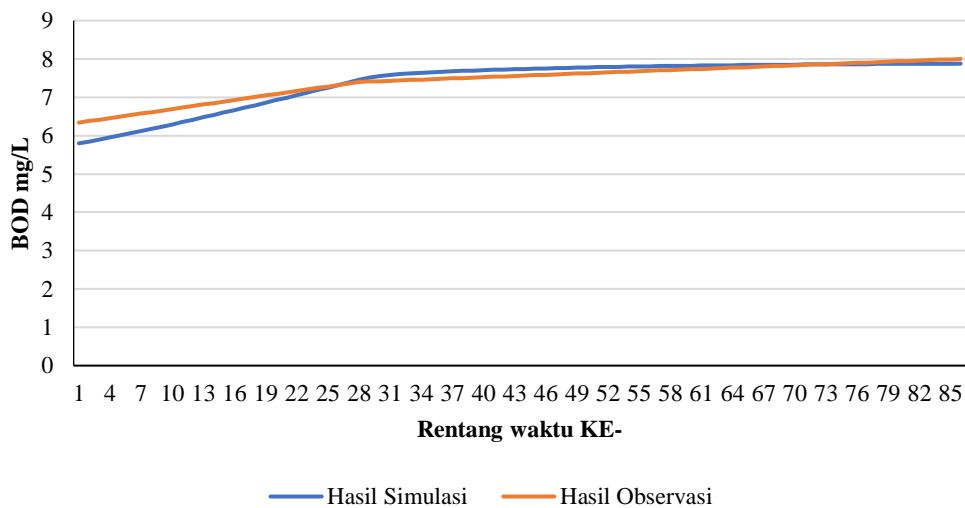
Kalibrasi Koefisien Dispersi tetap dilakukan guna memperoleh nilai RMSE sekecil mungkin hingga mendekati 0 agar hasil simulasi semakin mendekati hasil pantau. Simulasi dilakukan sebanyak 12 kali diperoleh RMSE terkecil RMSE=0,021651 dengan koefisien Dispersi (D)=0,277 hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 11**. Grafik perbandingan hasil simulasi dengan hasil pantau nilai BOD untuk D=0,277 dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Tabel 11. Perhitungan Percobaan Kalibrasi Koefisien Dispersi

Percobaan Ke-	Koefisien Dispersi (D)	RMSE
1	0.321624	0.2179
2	0.1	0.3
3	0.2	0.2246
4	0.25	0.2172
5	0.26	0.2168
6	0.27	0.2166
7	0.275	0.21652
8	0.277	0.21651
9	0.278	0.21652
10	0.28	0.2165
11	0.29	0.2166
12	0.3	0.2169

Sumber: Analisis Data (2024)

Koefisien Dispersi 0.277



Gambar 6. Grafik perbandingan Hasil Simulasi dengan Hasil Observasi nilai BOD
 Sumber: Analisis Data (2024)

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa hasil uji laboratorium pada hari Minggu, 29 Oktober 2023 jam 17.00WIB sampai Hari Selasa, 31 Oktober 2023 jam 11.30WIB diperoleh nilai BOD berkisar 5,8–9,0 mg/L dan nilai COD tetap 4,58 mg/L, asumsi awal nilai kekasaran dinding saluran di semua *section* adalah 0,03. Selanjutnya dilakukan simulasi aliran serta pengecekan kesalahan model dalam memprediksi debit pada stasiun pantauan dengan menggunakan metode (RMSE) Diperoleh hasil $RMSE=0,000021 < 0,5$. Maka pada penelitian ini nilai kekasaran dinding saluran dianggap sama di semua *section* senilai 0,03, dan nilai awal koefisien dispersi dihitung menggunakan persamaan empiris sebesar 0,321624. Simulasi permodelan kualitas air dengan nilai koefisien disperse (D)=0,321624 diperoleh RMSE sebesar 0,2179. Kalibrasi Koefisien Dispersi tetap dilakukan guna memperoleh nilai RMSE sekecil mungkin hingga mendekati 0 agar hasil simulasi semakin mendekati hasil observasi. Dengan metode coba-coba diperoleh nilai RMSE terkecil sebesar 0,21651 dengan nilai Koefisien Dispersi (D) sebesar 0,277.

5. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian, maka dapat disampaikan saran-saran sebagai berikut: Pada penelitian selanjutnya agar bisa dapat disimulasikan parameter kualitas air lainnya sehingga hasil yang didapat bisa lebih spesifik, dan agar bisa dikembangkan lagi dengan menambah simulasi permodelan sedimentasi untuk mengetahui kadar sedimen pada aliran.

6. Daftar Pustaka

- [1] Anonim. (2017). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Aqua*, dan Pemandian Umum.
- [2] Anonim. (2021). Lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- [3] Habibullah. (2020). “*Terindikasi Rusak sempadan sungai, Pemkab Bartim sanksi PT KSL*”. <https://kalteng.antaranews.com/berita/364875/terindikasi-rusak- sempadan-sungai-pemkab-bartim-sanksi-pt-ksl>. Diakses pada 02 Oktober 2023.
- [4] Anwar M.H.A., Nomeritae, dan Kamiana I.M. (2022). “*Flood Modeling Due To Land Function Changes In Katingan, Indonesia*”. International Journal of Advanced Disaster Mitigation and Management.
- [5] Harish A.H., Annisa N., Abdi C., dan Prasetia H. (2020). “*Sebaran Kualitas Air Dalam Aliran Sungai Kuin Kota Banjarmasin*”. JTAM Teknik Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat, Vol 3 (2).
- [6] Kurnianti L.Y., Haeruddin, dan Rahman A. (2020). “*Analisis Beban Dan Status Pencemaran Bod Dan Cod Di Kali Asin, Semarang*”. JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research) Vol. 4 No. 3
- [7] Anonim. (2024). Data Digital Data Iklim Harian BMKG. https://dataonline.bmkg.go.id/dashboard_user_ Diakses pada 16 Januari 2024.
- [8] Anonim. (2023). Data Digital Peta Spasial. <https://www.indonesia-geospasial.com/2020/01/shp-rbi-provinsi-kalimantan-tengah.html> Diakses pada 02 Oktober 2023.
- [9] Kamiana, I.M. (2011). “*Teknik Perhitungan Debit Rancangan Bangunan Air*”. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [10] Adelina A.E., Nomeritae, Suyanto H. (2021). “*Studi Perencanaan Alur Kapal Di Belokan Sungai Kahayan Kota Palangka Raya*”. Jurnal Kacapuri, Jurnal Keilmuan Teknik Sipil. Volume 4 Nomor 1 Edisi Juni 2021.
- [11] Randy P.P.D., Nurhayati, dan Nirmala A. (2019). “*Pola Sebaran DO Dan BOD Di Parit Tokaya Pontianak*”. Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura.
- [12] Anonim. (2023). Data Digital Uji Laboratorium Sampel BOD dan COD Air Sungai Awang. Laboratorium Lingkungan DLH Kabupaten Tabalong.
- [13] Sipiru Aishiteru [All About Civil Enggining], “Tutorial HEC-RAS : Data Input HEC-RAS 5.0.7 (Part 4) oleh Rezky Karuru”, 2023. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=ehs5X0YAP6A&list=PLWG0cIXgXzU7flrhG5-LxttuJcPNXUkmR&index=4>
- [14] Sipiru Aishiteru [All About Civil Enggining], “Tutorial HEC-RAS : Data Input HEC-RAS 5.0.7 (Part 6) oleh Rezky Karuru”, 2023. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=mW6i8dPpn8U&list=PLWG0cIXgXzU7flrhG5-LxttuJcPNXUkmR&index=11>
- [15] Hadiuzzman, “HEC-RAS class_7 : water quality analysis for both steady and unsteady flow simulation”, 2024. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=CyXhEyGoUbg&t=2s>