

TA/TL/2023/1622

TUGAS AKHIR

**ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR
BOD DI SUNGAI CODE DENGAN QUAL2K_w**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



RATIH AYU FEBRIATI

19513141

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

TUGAS AKHIR
ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR
BOD DI SUNGAI CODE DENGAN QUAL2KW

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



RATIH AYU FEBRIATI
19513141

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.
NIK. 155131304

Tanggal: 22 Agustus 2023

Mengetahui,*

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Any Juliani, S.T., M.Sc., (Res.Eng.), Ph.D.
NIK. 045130401

Tanggal: 22 Agustus 2023

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR
BOD DI SUNGAI CODE DENGAN QUAL2Kw**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin

Tanggal : 21 Agustus 2023

Disusun Oleh :

RATIH AYU FEBRIATI

19513141

Tim Penguji :

Adam Rus Nugroho, S.T., M.T. Ph.D.

Hudori, S.T., M.T. Ph.D.

Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.

()
()
()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 21 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



Ratih Ayu Febriati

NIM: 19513141

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini dengan judul “Analisis Daya Tampung Beban Pencemar BOD Di Sungai Code Dengan QUAL2Kw” berhasil diselesaikan. Dalam penulisan laporan ini, penulis banyak mendapatkan doa, semangat, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, Bapak Depi dan Ibu Esi yang selalu mendoakan dan memberikan semangat dan dukungan yang luar biasa hingga saat ini.
2. Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T. Ph.D. selaku dosen pembimbing yang membantu memberi masukan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. dan Bapak Hudori, S.T., M.T. Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran dan arahan kepada penulis.
4. Seluruh jajaran dosen, laboran dan staf Program Studi Teknik Lingkungan UII yang telah membantu dan mendukung jalannya penelitian ini.
5. Dany, dan Cholil selaku tim tugas akhir yang sudah mau bekerja sama, bertukar pendapat, serta memberikan semangat dan dukungan satu sama lain dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Yogyakarta, 17 Juli 2023

Ratih Ayu Febriati

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

Ratih Ayu Febriati. Analisis Daya Tampung Beban Pencemar BOD Di Sungai Code Dengan QUAL2Kw. Dibimbing oleh Adam Rus Nugroho, S.T., M.T. Ph.D.

Sungai Code merupakan sungai yang didominasi oleh limbah domestik yang berasal dari permukiman masyarakat sekitar. Pesatnya pertumbuhan penduduk serta meningkatnya kegiatan pembangunan dapat mengakibatkan perubahan tata guna lahan. Selain itu, kegiatan seperti mandi, mencuci pakaian hingga membuang sampah ke sungai dapat menghasilkan limbah dalam jumlah yang tidak sedikit, sehingga kualitas air menjadi menurun. Penurunan kualitas air Sungai Code bersumber dari *point source* dan *diffuse source* berupa saluran drainase, limbah pertanian, limbah domestik dan limbah perikanan. Buangan dari *point source* dan *diffuse source* mengandung polutan berupa bahan organik sehingga mengakibatkan konsentrasi BOD meningkat. Wilayah penelitian terbagi menjadi 7 segmen dengan 8 titik pengambilan sampel. Perhitungan beban pencemar Sungai Code dilakukan dengan menggunakan *software* QUAL2Kw. Hasil pemodelan tersebut dianalisis untuk memperoleh jumlah beban pencemar yang masuk ke Sungai Code dan dilakukan perhitungan daya tampung beban pencemar. Perhitungan beban pencemaran dilakukan dengan selisih dari hasil simulasi 2 dan simulasi 1. Dalam penelitian ini menggunakan 2 simulasi yaitu simulasi 1 dengan kondisi eksisting dan simulasi 2 dengan beban pencemar maksimum. Hasil perhitungan daya tampung menunjukkan bahwa untuk parameter BOD memiliki daya tampung berlebih pada segmen 5 (Keparakan – Tungkak) sebesar 106,97 kg/hari.

Kata kunci: BOD, Daya Tampung, QUAL2Kw, Sungai Code

ABSTRACT

Ratih Ayu Febriati. *Pollutant Load Capacity Analysis of BOD in Code River with QUAL2Kw. Supervised by Adam Rus Nugroho, S.T., M.T. Ph.D.*

The Code River is a river that is dominated by domestic waste originating from the settlements of the surrounding community. Rapid population growth and increased development activities can result in changes in land use. In addition, activities such as bathing, washing clothes and throwing garbage into the river can produce large amounts of waste, which degrades water quality. The decline in the water quality of the Code River originates from point source and diffuse source in the form of drainage channels, agricultural waste, domestic waste and fishery waste. Dispose of point source and diffuse source contain pollutants in the form of organic matter resulting in increased BOD concentrations. The research area is divided into 7 segments with 8 sampling points. Calculation of the Pollutant Load of the Code River was carried out by using QUAL2Kw software. The modeling results were analyzed to obtain the total pollutant load entering the Code River and the pollutant load carrying capacity was calculated. Pollution load calculations were carried out with the difference from the results of simulation 2 and simulation 1. In this research, 2 simulations were used, namely simulation 1 with existing conditions and simulation 2 with maximum pollutant load. The results of the calculation of the capacity show that the BOD parameter has an excess capacity in segment 5 (Keparakan – Tungkak) of 106.97 kg/day.

Keywords: BOD, Capacity, QUAL2Kw, Code River

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Asumsi Penelitian.....	3
1.6 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)	5
2.2 Sungai Code	5
2.3 Pencemaran Air	6
2.4 Sumber Pencemar Air Sungai	6
2.5 Baku Mutu Air Sungai	7
2.6 Daya Tampung Beban Pencemar	7
2.7 Parameter Kualitas Air Sungai	8
2.7.1 BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>).....	8
2.7.2 DO (<i>Dissolved Oxygen</i>).....	8
2.8 Pemodelan Kualitas Air.....	9
2.9 <i>Software</i> QUAL2Kw	10
2.10 Penelitian Sebelumnya	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	14
3.2 Metode Penelitian.....	15
3.3 Observasi Lapangan dan Segmentasi Sungai	17
3.3.1 Observasi Lapangan.....	17

3.3.2 Segmentasi Sungai.....	17
3.4 Pengambilan Sampel Air.....	19
3.5 Pengumpulan Data	19
3.5.1 Data Primer	19
3.5.2 Data Sekunder.....	21
3.6 Metode Analisis Data	22
3.6.1 Input Data	22
3.6.2 Kalibrasi.....	23
3.6.3 Validasi	23
3.6.4 Simulasi	24
3.6.5 Perhitungan Beban Pencemar	25
3.6.6 Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemar	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian dan Titik Pengambilan Sampel Sungai Code.....	27
4.2 Kondisi Hidrolik Sungai Code	38
4.3 Kondisi Kualitas Air Sungai Code	42
4.3.1 Temperatur Air	42
4.3.2 Derajat Keasaman (pH)	43
4.3.3 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	45
4.3.4 <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD).....	47
4.4 Sumber Pencemar Sungai Code	49
4.5 Pemodelan Kualitas Air Sungai Code Menggunakan QUAL2Kw	52
4.5.1 Input Data Sebelum Kalibrasi.....	53
4.5.2 Hasil Kalibrasi Model.....	56
4.5.3 Hasil Validasi Model	62
4.5.4 Hasil Simulasi Model.....	65
4.6 Analisis Daya Tampung Beban Pencemar	68
4.6.1 Beban Pencemaran.....	68
4.6.2 Daya Tampung Beban Pencemar.....	69
4.7 Penurunan Beban Pencemar	71
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	74

5.1	Simpulan.....	74
5.2	Saran.....	75
	DAFTAR PUSTAKA	77
	LAMPIRAN.....	84
	RIWAYAT HIDUP.....	101

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Lokasi dan Titik Koordinat Pengambilan Sampel	15
Tabel 3. 2 Parameter Uji Kualitas Air.....	20
Tabel 3. 3 Worksheet QUAL2Kw	22
Tabel 4. 1 Titik Lokasi Pengambilan Sampel Sungai Code.....	28
Tabel 4. 2 Kondisi Lokasi Pengambilan Sampel Sungai Code.....	30
Tabel 4. 3 Data Hidrolik Sungai Code	38
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Temperatur Air Sungai Code.....	42
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran pH Sungai Code.....	44
Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran DO Sungai Code.....	45
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan BOD Sungai Code.....	48
Tabel 4. 8 Sumber Pencemar Sungai Code	50
Tabel 4. 9 Faktor Effluent Pertanian	51
Tabel 4. 10 Nilai Koefisien Kalibrasi	57
Tabel 4. 11 Hasil Validasi Data Debit Sungai Code.....	62
Tabel 4. 12 Hasil Validasi Data Velocity Sungai Code	63
Tabel 4. 13 Hasil Validasi Data Depth Sungai Code	63
Tabel 4. 14 Hasil Validasi Data BOD Sungai Code	64
Tabel 4. 15 Hasil Validasi Data DO Sungai Code	65
Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan Beban Pencemar Simulasi 2.....	69
Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Kondisi Eksisting Simulasi 1	69
Tabel 4. 18 Daya Tampung Beban Pencemaran	70
Tabel 4. 19 Nilai Beban Pencemar Yang Harus Diturunkan	71

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Titik Pengambilan Sampel Sungai Code.....	14
Gambar 3. 2 Flowchart Metode Penelitian	16
Gambar 3. 3 Sketsa Segmentasi Sungai Code	18
Gambar 4. 1 Nilai Debit Sungai Code ($m^3/detik$)	39
Gambar 4. 2 Mass Balance	40
Gambar 4. 3 Perbandingan Nilai Temperatur Air dengan Baku Mutu	43
Gambar 4. 4 Perbandingan Nilai pH dengan Baku Mutu	44
Gambar 4. 5 Perbandingan Nilai DO dengan Baku Mutu	46
Gambar 4. 6 Perbandingan Nilai BOD dengan Baku Mutu.....	48
Gambar 4. 7 Model Data Debit Sebelum Kalibrasi	53
Gambar 4. 8 Model Data Kecepatan Sebelum Kalibrasi	54
Gambar 4. 9 Model Data Kedalaman Sebelum Kalibrasi	54
Gambar 4. 10 Model DO Sebelum Kalibrasi	55
Gambar 4. 11 Model BOD Sebelum Kalibrasi	55
Gambar 4. 12 Hasil Kalibrasi Data Debit Sungai Code.....	58
Gambar 4. 13 Hasil Kalibrasi Data Kecepatan Sungai Code.....	59
Gambar 4. 14 Hasil Kalibrasi Data Kedalaman Sungai Code	59
Gambar 4. 15 Hasil Kalibrasi Data DO Sungai Code	60
Gambar 4. 16 Hasil Kalibrasi Data BOD Sungai Code	60
Gambar 4. 17 Hasil Simulasi 1 Parameter DO	66
Gambar 4. 18 Hasil Simulasi 1 Parameter BOD	66
Gambar 4. 19 Hasil Simulasi 2 Parameter BOD	68
Gambar 4. 20 Daya Tampung Beban Pencemar BOD.....	70

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008.....	84
Lampiran 2 Peraturan Gubernur DIY No. 22 Tahun 2007.....	84
Lampiran 3 Dokumentasi Pengambilan Sampel	85
Lampiran 4 Dokumentasi Pengujian BOD di Laboratorium.....	86
Lampiran 5 Worksheet QUAL2Kw	87
Lampiran 6 Data Kualitas Sumber Pencemar Berdasarkan Penelitian Sebelumnya	89
Lampiran 7 Perhitungan Beban Pencemar BOD.....	91
Lampiran 8 Perhitungan Debit Diffuse Source	96
Lampiran 9 Penampang Basah Sungai Code	98

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air mengandung arti sebagai sumber kehidupan manusia termasuk diantaranya kebutuhan pokok. Salah satu sumber air di daratan yaitu Sungai yang menjadi alternatif untuk memenuhi kebutuhan akan air. Seiring dengan berjalannya waktu, maka industri dan jumlah penduduk pun akan meningkat serta meningkatnya jumlah limbah yang tidak diolah dan mengakibatkan lingkungan tercemar (Widyasari, 2019). Seiring berjalannya waktu, keberadaan air bersih semakin sulit untuk digunakan. Dimana terdapat pencemaran air yang disebabkan oleh kegiatan manusia seperti kegiatan industri, kegiatan pertanian dan kegiatan rumah tangga yang menghasilkan limbah.

Sungai Code merupakan salah satu sungai di Yogyakarta yang dilakukan penelitian dari hulu hingga hilir. Sungai Code menyusuri Kabupaten Sleman di bagian hulu, Kota Yogyakarta di bagian tengah dan Kabupaten Bantul di bagian hilir. Sebagian besar bagian hulu sungai merupakan kawasan pertanian, bagian tengah sebagian besar kawasan permukiman padat penduduk dan terdapat area persawahan serta kawasan industri. Pada bagian hilir sebagian besar terdapat persawahan, permukiman, industri, tempat tinggal dan restoran (Marlina dkk, 2020). Berdasarkan pengamatan secara visual, kondisi fisik Sungai Code menunjukkan bahwa sungai tersebut tercemar yang ditandai dengan perubahan warna sungai yang tidak lagi jernih melainkan berwarna kecoklatan. Pertumbuhan penduduk yang meningkat, menyebabkan kegiatan masyarakat di sekitar sungai juga semakin meningkat. Sungai Code merupakan sungai yang didominasi oleh limbah domestik. Hal ini dikarenakan limbah domestik berasal dari permukiman masyarakat sekitar yang melakukan kegiatan seperti mandi, mencuci pakaian hingga membuang sampah ke sungai dan menghasilkan limbah dalam jumlah yang tidak sedikit sehingga sungai menjadi tercemar. Tingginya limbah domestik yang dibuang ke sungai dapat menyebabkan kandungan bahan organik meningkat

dan terjadi penurunan kualitas air (Kurnianti, 2020). Salah satunya yaitu terjadi peningkatan konsentrasi BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan dapat menurunkan konsentrasi DO (*Dissolved Oxygen*).

Pada penelitian ini menggunakan parameter kualitas lingkungan yaitu BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan DO (*Dissolved Oxygen*). Dengan demikian, upaya dalam menanggulangi kasus di atas sangat dibutuhkan guna meminimalisir pencemaran Sungai Code agar terciptanya air sungai yang baik dan tidak tercemar. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengelolaan sungai dengan cara penetapan daya tampung beban pencemar. Penentuan daya tampung beban pencemaran ini nantinya akan menghasilkan batas maksimum limbah yang diperbolehkan masuk ke dalam sungai. Meskipun sungai memiliki kemampuan untuk memurnikan diri (*self purification*) namun, jika secara terus – menerus menerima masukan beban pencemar tanpa pengolahan terlebih dahulu, maka akan mengakibatkan nilai daya tampung berlebih. Sehingga, terjadi penurunan pada pemulihan diri sungai. Untuk mengetahui kondisi dan kualitas air Sungai Code perlu dilakukan perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP) dengan pemodelan kualitas air menggunakan metode QUAL2Kw. Selain itu, pemodelan ini berkemampuan untuk meniru atau memperkirakan kualitas air berubah dan menentukan jumlah limbah yang diizinkan masuk ke perairan tanpa mengakibatkan pencemaran (Saily & Sjelly Haniza, 2020). Model ini dapat menggambarkan hasil parameter kualitas air yang mendekati angka sebenarnya setelah dilakukan kalibrasi, sehingga diharapkan penelitian ini dapat menambah pemahaman tentang pencemaran air sungai dan menjadi pedoman bagi pemerintah dalam mengelola kualitas air sungai khususnya Provinsi D.I. Yogyakarta.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana kondisi terkini kualitas air Sungai Code untuk parameter BOD dan DO?
2. Bagaimana sumber pencemar pada *point source* dan *diffuse source* yang masuk ke dalam aliran Sungai Code?

3. Berapa besar daya tampung beban pencemar Sungai Code akibat beban pencemar BOD?
4. Bagaimana menentukan jumlah beban pencemar yang perlu diturunkan di Sungai Code?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Menganalisis kondisi terkini kualitas air Sungai Code untuk parameter BOD dan DO.
2. Mengidentifikasi sumber pencemar yang masuk ke dalam aliran Sungai Code.
3. Menghitung daya tampung beban pencemar BOD yang masuk ke sungai.
4. Menentukan jumlah beban pencemar yang perlu diturunkan di Sungai Code agar sesuai dengan alokasi daya tampung beban pencemaran.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan informasi terkait penerapan *software* QUAL2Kw yang berfungsi untuk pemodelan kualitas air pada Sungai Code.
2. Memberikan saran kepada DLH DIY terkait penurunan beban pencemaran di Sungai Code .
3. Memberikan informasi kepada peneliti berikutnya terkait kualitas air Sungai Code.

1.5 Asumsi Penelitian

Analisis dilakukan dengan menggunakan program QUAL2Kw untuk mengetahui besaran daya tampung terhadap beban pencemar yang masuk ke dalam sungai. Hal ini bertujuan sebagai upaya dan strategi penurunan beban pencemar untuk menjaga kualitas air sungai.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada bulan bulan Januari 2023 hingga Februari 2023.
2. Wilayah Penelitian dibagi menjadi 7 segmen yang terletak di bagian hulu, tengah dan hilir Sungai Code.
3. Titik pengambilan sampel air sungai mengacu pada titik pemantauan dari DLHK DIY.
4. Pengambilan sampel air Sungai Code mengacu pada SNI 6989.57:2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan.
5. Baku Mutu air Sungai Code diklasifikasikan menjadi 3 kelas sesuai dengan Peraturan Gubernur DIY No. 22 Tahun 2007.
6. Pengujian sampel parameter BOD yang dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan UII mengacu pada SNI 6989.72:2009 tentang Cara Uji Kebutuhan BOD.
7. Penggunaan *software* QUAL2Kw versi 5.1 digunakan untuk pemodelan air Sungai Code dalam perhitungan daya tampung beban pencemar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Sungai ialah suatu selokan yang tercipta secara alami di permukaan bumi, tidak hanya menerima air tetapi juga menyalurkannya dari hulu hilir (Junaidi, 2014). Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, DAS ialah suatu daerah yang menjadi bagian dari sungai beserta anaknya, dimana berfungsi sebagai penampung, menyimpan dan menyalurkan air secara alami. DAS tidak hanya fisik sungai melainkan bagian dari semua ekosistem dalam pemisah topografis. Perubahan tata guna lahan dipengaruhi oleh pesatnya pertumbuhan penduduk, sehingga kegiatan pembangunan juga semakin meningkat serta berpengaruh terhadap perubahan DAS.

2.2 Sungai Code

Sungai Code merupakan sungai yang berlokasi di Yogyakarta yang membelah Gunung Merapi hingga berakhir di Sungai Opak. Hulu Sungai Code berada di kaki Gunung Merapi dan melewati Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta dan Kabupaten Bantul (Imroatushshoolikhah dkk, 2014). Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk, kawasan Sungai Code telah menjadi sasaran sebagai permukiman yang mengakibatkan daerah aliran sungai menjadi sangat kompleks. Mulai dari pencemaran air sungai, penyempitan badan sungai hingga terjadi banjir. Salah satu penyebabnya yaitu permukiman padat penduduk yang mendominasi di sekitar bantaran Sungai Code yang seharusnya tidak dimanfaatkan sebagai tempat tinggal. Apabila kondisi ini terus – menerus terjadi, maka akan berdampak pada perubahan fungsi sungai yang tidak tertata dengan baik (Brontowiyono dkk, 2013).

2.3 Pencemaran Air

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011, Sungai merupakan saluran atau media air alami maupun buatan yang berbentuk aliran. Sumber pencemaran air berasal dari sumber limbah domestik dari kawasan pemukiman penduduk (Anwariani, 2019). Komponen pencemar air yaitu berupa bahan organik dan anorganik, bahan sisa makanan, bahan cairan berminyak dan bahan kimia. Limbah yang asalnya dari sektor industri juga berpartisipasi dalam pencemaran air (Quay, 2018). Tingginya tingkat pencemaran sungai disebabkan oleh jumlah limbah yang masuk ke badan sungai dan mengakibatkan beban pencemar bertambah setiap tahunnya (Pangestu dkk, 2017).

2.4 Sumber Pencemar Air Sungai

Adapun pengelompokan sumber pencemar air sungai berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 1 Tahun 2010:

1. Sumber Pencemar Tertentu (*Point Source*)

Sumber Pencemar Tertentu ialah sumber pencemar yang berasal dari satu titik di sepanjang badan sungai dan dapat diketahui dengan jelas lokasi sumbernya. Biasanya berasal dari pipa pembuangan seperti limbah industri, saluran drainase dan pipa buangan dari hasil pengolahan limbah di IPAL yang belum memenuhi baku mutu air limbah (Syahril, 2016).

2. Sumber Pencemar Tak Tentu (*Diffuse source*)

Sumber Tak Tentu ialah sumber pencemar yang tidak diketahui dengan jelas lokasi sumbernya. *Diffuse source* ini dapat diperoleh dari kegiatan perikanan, pertanian, limbah domestik, ataupun industri menengah atau kecil (Rosmeiliyana, 2021). Sumber pencemar ini biasanya menyebar di beberapa daerah dan tidak langsung mencemari air sungai. Akan tetapi, dapat mencemari air tanah atau saluran air hingga berakhir di badan sungai atau laut (Syahril, 2016).

2.5 Baku Mutu Air Sungai

Pada Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, baku mutu air ialah patokan pada makhluk hidup, zat, energi maupun komponen yang ada atau terdapat satu unsur pencemar yang ditenggang saat dimasukkan ke dalam air. Baku mutu air dapat digunakan sebagai tolak ukur pencemaran air dan sebagai pengendali kualitas air (Pemerintah Republik Indonesia, 2021). Menurut Peraturan Gubernur No 22 Tahun 2007, Baku mutu air Sungai Code dikelompokkan menjadi 3 kelas. Pada titik 1 merupakan baku mutu kelas I. Untuk titik 2, 3 dan 4 termasuk ke dalam baku mutu kelas II dan titik 5, 6, 7 dan 8 termasuk ke dalam baku mutu kelas III.

Menurut Peraturan Gubernur DIY No 20 Tahun 2008 baku mutu merupakan konsentrasi atau zat, energi, komponen atau makhluk hidup yang mempunyai batas keberadaannya di badan air. Berikut merupakan pembagian kelas baku mutu sesuai dengan peruntukannya :

- a. Kelas I, digunakan untuk bahan baku air minum dan/ atau keperluan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas II, digunakan untuk prasarana rekreasi air, mengairi perkebunan, perikanan dan/ atau kebutuhan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaannya.
- c. Kelas III, digunakan untuk pembudidayaan ikan jenis air tawar, mengairi peternakan, tanaman dan/atau kebutuhan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaannya.
- d. Kelas IV, digunakan untuk mengairi pertanaman dan/ atau kebutuhan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaannya.

2.6 Daya Tampung Beban Pencemar

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 1 Tahun 2010

Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air, daya tampung beban pencemar (DTBP) merupakan kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi tercemar. Nilai daya tampung beban pencemaran digunakan sebagai berikut :

- a. Penetapan rencana tata ruang;
- b. Pengelolaan air dan sumber air;
- c. Pemberian izin pembuangan air limbah;
- d. Penetapan mutu air serta arah kebijakan pengendalian pencemaran air.

2.7 Parameter Kualitas Air Sungai

Untuk menentukan kualitas air di Sungai Code, menggunakan beberapa parameter dalam mengidentifikasi pencemaran di Sungai Code. Parameter yang digunakan yaitu BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan DO (*Dissolved Oxygen*).

2.7.1 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Biochemical Oxygen Demand atau BOD merupakan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme dalam menguraikan bahan pencemar yang berada di dalam sungai. Semakin tinggi nilai BOD, semakin tinggi pula aktivitas organisme dalam menguraikan bahan organik atau semakin besar pula kandungan bahan organik di dalam perairan (Ashar, 2020). Faktor yang dapat mempengaruhi konsentrasi BOD yaitu suhu air. Konsentrasi BOD terjadi peningkatan apabila suhu air sungai bertambah karena meningkatnya proses penguraian bahan organik oleh mikroba. Selain itu, konsentrasi BOD meningkat jika terjadi pencemaran yang tinggi. Hal ini dikarenakan besarnya jumlah oksigen yang digunakan mikroba untuk mendegradasi bahan organik dalam air. Semakin tinggi konsentrasi BOD di perairan, maka semakin meningkat pencemaran di perairan tersebut.

2.7.2 DO (*Dissolved Oxygen*)

Dissolved Oxygen atau DO merupakan oksigen yang terlarut di dalam air yang diperlukan mikroorganisme untuk metabolisme dan respirasi, sehingga

oksigen terlarut ini berperan penting bagi kelangsungan hidup biota air (Maghfiroh, 2016). Semakin tinggi nilai DO, maka kualitas air akan semakin baik. Sebaliknya, jika nilai DO rendah maka memiliki kualitas air yang buruk (Saily & Sjelly Haniza, 2020). DO dalam air berasal dari proses fotosintesis, difusi udara dan turbulensi. DO menurun dipengaruhi oleh peningkatan suhu air, kecepatan metabolisme, peningkatan respirasi organisme air dan peningkatan penggunaan oksigen oleh mikroba sehingga kadar oksigen menurun (Rahmi, 2022). Faktor yang dapat mempengaruhi konsentrasi DO yaitu kedalaman sungai. Pada kondisi sungai yang dangkal, oksigen yang tersedia cukup banyak dikarenakan udara yang masuk ke badan sungai lebih mudah sehingga konsentrasi DO meningkat. Sedangkan, kondisi sungai yang tidak dangkal atau dalam, maka oksigen yang tersedia juga berkurang dikarenakan sulitnya udara yang masuk ke dalam air, sehingga konsentrasi DO menurun. Selain itu, suhu air yang meningkat menyebabkan konsentrasi DO menurun. Hal ini terjadi karena meningkatnya respirasi organisme air dan konsumsi oksigen oleh mikroba, sehingga kadar oksigen menjadi berkurang. Faktor lainnya yaitu adanya vegetasi sungai. Konsentrasi DO yang meningkat dikarenakan berasal dari hasil fotosintesis tumbuhan di sekitar sungai.

2.8 Pemodelan Kualitas Air

Pemodelan bertujuan untuk mendapatkan grafik sungai dengan menyederhanakan kondisi sungai di lapangan ke dalam bentuk grafik model dan lebih memudahkan dibandingkan dengan uji coba laboratorium. Pemodelan kualitas air merupakan salah satu pemodelan yang berguna dalam menghitung daya tampung beban suatu pencemar dalam air seperti sungai, danau atau waduk. Selain itu, model kualitas air berguna untuk melihat pengaruh kontaminan dan seberapa besar dampaknya pada kualitas air.

2.9 Software QUAL2Kw

Menurut Kepmen LH No. 110 Tahun 2003, untuk menentukan Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) dapat dilakukan dengan beberapa metode yang sederhana dan menggunakan *software*. Metode *software* yang digunakan yaitu model QUAL2E yang terus dikembangkan hingga menjadi QUAL2Kw. Pemodelan QUAL2Kw ini merupakan metode pemodelan kualitas air yang dikembangkan oleh USEPA (*United States Environmental Protection Agency*). *Software* QUAL2Kw ini dapat mensimulasikan dan menyederhanakan kondisi kualitas air sungai yang disajikan dalam bentuk grafik (Rezagama dkk, 2019). Pemodelan QUAL2Kw dapat mensimulasikan kualitas air sungai satu dimensi dan bersifat stabil. Selain itu, model ini dapat mensimulasikan keberadaan pencemar seperti COD, TSS, Fosfat, BOD dan lain – lain. *Software* QUAL2Kw ini memiliki kelebihan yaitu memudahkan dalam mensimulasikan kualitas air sungai dengan kondisi sebenarnya di lapangan dan meminimalisir biaya. Oleh sebab itu, QUAL2Kw dijadikan metode untuk mengetahui kondisi kualitas air sungai Code yang mampu memperkirakan kualitas air sungai jika limbah di sungai tersebut tidak memenuhi baku mutu. Metode QUAL2Kw digunakan juga untuk memudahkan pengelolaan air sungai, sehingga daya tampung beban pencemar dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

2.10 Penelitian Sebelumnya

Pada tabel di bawah ini merupakan rangkuman dari penelitian terdahulu yang telah dilakukan.

No	Peneliti	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1	Aulia, Qori Ulfa	2021	Analisis Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Winongo Berdasarkan Parameter BOD dan COD Menggunakan Model QUAL2Kw	<ul style="list-style-type: none">- Menggunakan pemodelan QUAL2Kw untuk menentukan daya tampung beban pencemar sungai.- Hasil penelitian menunjukkan daya tampung yang berlebih yaitu pada titik 3 dengan nilai BOD 180,59 kg/hari dan titik 5 nilai BOD -302,4 kg/hari dan parameter COD pada titik 10 bernilai -56,15 kg/hari.- Simulasi 1 memiliki tujuan untuk melihat kondisi eksisting air sungai, simulasi 2 untuk melihat kondisi sungai pada tahun 2026, simulasi 3 untuk melihat kondisi air sungai dengan polutan maksimum dan simulasi 4 untuk melihat kondisi sungai tanpa adanya beban pencemar yang masuk ke sungai.
2	Wifarulah, Yevan Okta	2016	Analisis Daya Tampung Beban Pencemar BOD, COD dan TSS di Sungai Widuri dengan Menggunakan <i>Software</i> QUAL2Kw	<ul style="list-style-type: none">- Melakukan perhitungan Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) di Sungai Widuri dengan menggunakan pemodelan QUAL2Kw. Hasil dari perhitungan DTBP BOD yaitu segmen 1 hingga segmen 4 yaitu sebesar 2617,919 kg/hari, 152,918

				kg/hari, 0,040 kg/hari, 199,579 kg/hari. DTBP COD pada segmen 1 hingga segmen 4 yaitu sebesar 21815,948 kg/hari, 1274,314 kg/hari, 0,318 kg/hari dan 1663,194 kg/hari. Hasil DTBP TSS pada segmen 1 hingga segmen 4 yaitu sebesar 43631,896 kg/hari, 2548,627 kg/hari, 0,635 kg/hari dan 3326,387 kg/hari.
3	Astari, Anggraeni Fajri Tri	2016	Analisis Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Code Menggunakan <i>Software</i> QUAL2Kw	- Penggunaan QUAL2Kw untuk menentukan beban pencemar dari badan sungai dan saluran <i>point source</i> , menganalisis beban pencemar dengan model QUAL2Kw dalam menentukan beban pencemaran maksimum yang boleh dibuang ke Sungai Code. Hasil simulasi DTBP BOD adalah 20794,13 kg/hari, -5033,76 kg/hari, -26,69 kg/hari, -701,47 kg/hari, 14636,91 kg/hari dan -414,27 kg/hari. Sedangkan, untuk DTBP COD adalah 65812,87 kg/hari, -6217,17 kg/hari, -200,19 kg/hari, -6081,99 kg/hari, 33742,11 kg/hari dan -16363,48 kg/hari.
4	Radhita Rahmi	2022	Pemodelan Kualitas Air Sungai Berdasarkan Parameter DO dan BOD Menggunakan <i>Software</i> QUAL2Kw	- Penelitian dilakukan di Sungai Winongo dengan panjang sungai 46,93 km dengan melewati daerah Kab. Sleman, Kota Yogyakarta, dan Kab. Bantul. Sumber pencemar berasal dari

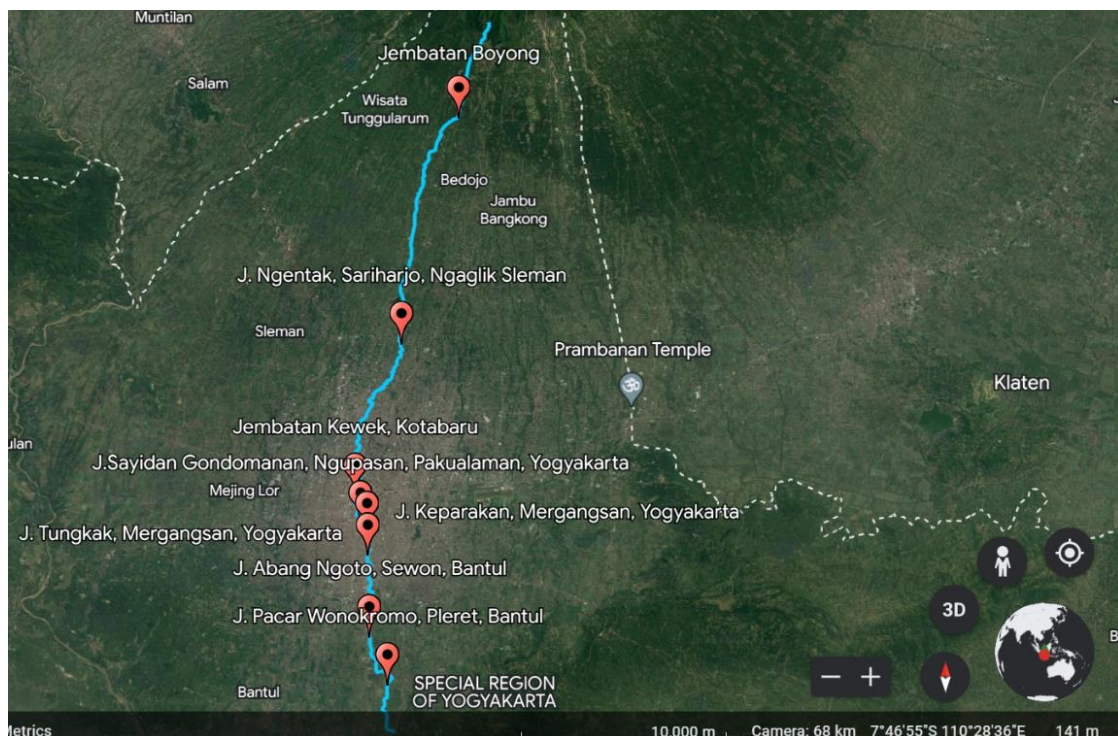
			(Studi Kasus: Sungai Winongo, Provinsi DIY).	<p>limbah domestik, limbah pertanian, perikanan dan saluran drainase.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hasil penelitian menunjukkan pencemaran di Sungai Winongo dibuktikan dengan rata-rata nilai BOD yang melebihi baku mutu kelas II sebesar 4,45 mg/L dan nilai DO sebesar 5,38 mg/L. Skenario yang digunakan dalam penelitian ini efektif yang dibuktikan dengan memodifikasi beban pencemar yang dapat menurunkan 20% BOD effluent dan meningkatkan konsentrasi DO. - Skenario oksigenasi lokal terbukti efektif dalam meningkatkan konsentrasi DO.
5	Elida Novita dan Rodzika Diah Mauvi	2022	Studi Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Bedadung Kabupaten Jember Menggunakan Program QUAL2Kw	<ul style="list-style-type: none"> - Menghitung DTBP di Sungai Bedadung, Kab Jember. Analisa data menggunakan Ms. Excel dan pemodelan dengan QUAL2Kw. Kemudian didapatkan rata rata daya tampung beban pencemaran maksimum parameter COD dan TSS sebesar 16.50 kg/hari dan 6061.56 kg/hari, kemudian BOD sebesar -2.43 kg/hari. Nilai negatif pada DTBP menandakan bahwa sungai Bedadung tidak lagi dapat menampung paparan bahan pencemar yang akan masuk.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Sungai Code pada bagian hulu hingga hilir. Penelitian ini dimulai pada bulan Januari 2023 hingga Maret 2023 dengan beberapa titik pengambilan sampel. Waktu pengambilan sampel dilakukan sebanyak dua kali. Pengambilan sampel kualitas air sungai dilakukan pada tanggal 16 Januari 2023 dan pengambilan sampel beban pencemar pada tanggal 23 Februari 2023. Pengambilan sampel tersebut dimulai pada pagi hari hingga sore hari dan dilakukan saat musim penghujan. Lokasi sampel air dibagi menjadi 7 segmen dengan 8 titik pengambilan sampel dengan segmen hulu berada di Boyong, Pakem dan segmen hilir berada di Sewon, Bantul. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Titik Pengambilan Sampel Sungai Code

Sumber : *Google Earth*, 2021

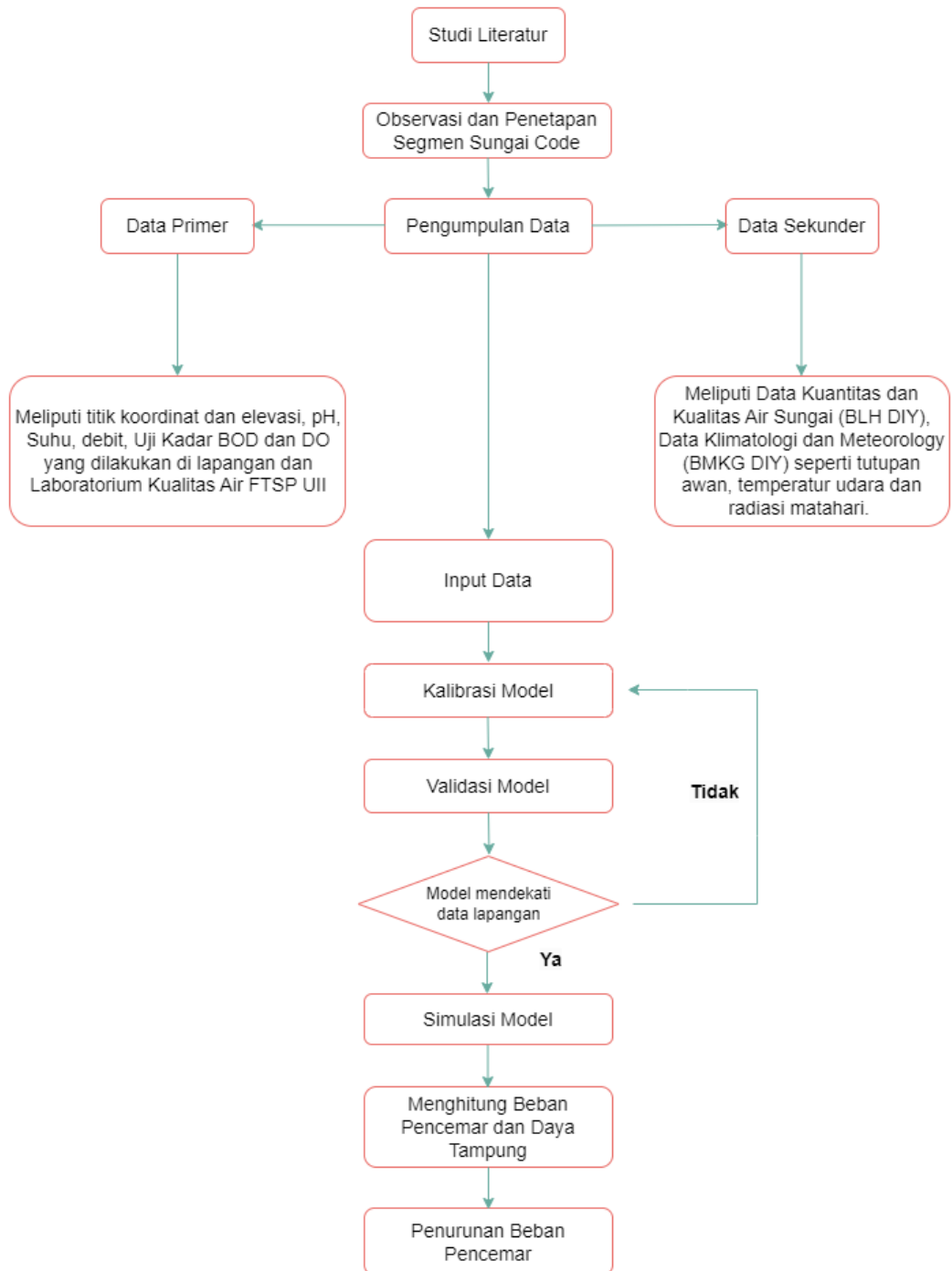
Berikut terdapat titik koordinat pengambilan sampel pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Lokasi dan Titik Koordinat Pengambilan Sampel

No.	Titik	Lokasi	Koordinat
1	Titik 1	Boyong, Pakem, Sleman (Hulu)	7°37'28" LS 110°24'50" BT
2	Titik 2	Ngentak, Sariharjo, Ngaglik Sleman (Hulu)	7°43'16" LS 110°23'19" BT
3	Titik 3	Kewek, Kotabaru (Tengah)	7°47'22" LS 110°22'8" BT
4	Titik 4	Ngupasan, Pakualaman, Yogyakarta (Tengah)	7°47'59" LS 110°22'15" BT
5	Titik 5	Keparakan, Mergangsan, Yogyakarta (Tengah)	7°48'23" LS 110°22'27" BT
6	Titik 6	Tungkak, Mergangsan, Yogyakarta (Tengah)	7°49'0" LS 110°22'27" BT
7	Titik 7	Abang Ngoto, Sewon, Bantul (Hilir)	7°51'7" LS 110°22'31" BT
8	Titik 8	Pacar Wonokromo, Pleret, Bantul (Hilir)	7°52'21" LS 110°23'0" BT

3.2 Metode Penelitian

Di bawah ini merupakan tahapan penelitian yang akan dilakukan, dapat dilihat dalam bentuk *flowchart* pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 *Flowchart* Metode Penelitian

3.3 Observasi Lapangan dan Segmentasi Sungai

3.3.1 Observasi Lapangan

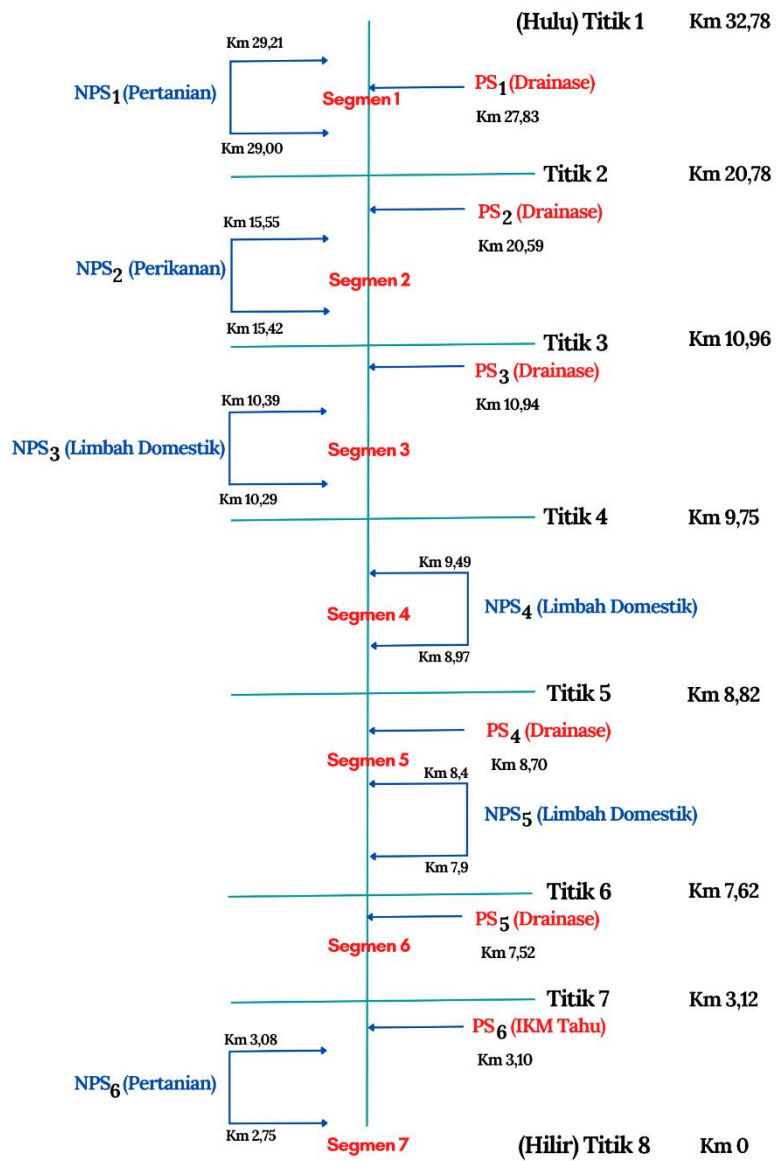
Observasi lapangan merupakan pengamatan yang dilakukan di Sungai Code secara langsung untuk mengetahui kondisi sebenarnya di lapangan dan kondisi di sekitar Sungai Code serta kegiatan atau aktivitas yang dilakukan di Sungai Code. Pada observasi lapangan ini, Sungai Code dapat dibagi menjadi beberapa segmen dan terdapat sumber pencemar berupa *point source* dan *diffuse source*.

Observasi lapangan bertujuan untuk mengetahui dan melihat bagaimana sumber pencemar tersebut masuk ke aliran sungai dan menyebabkan sungai tersebut menjadi tercemar. Selain itu, observasi lapangan pada titik pengambilan sampel juga bertujuan untuk mengetahui kondisi sekitar saat dilakukan pengambilan sampel.

3.3.2 Segmentasi Sungai

Pada penelitian di Sungai Code terdapat 8 titik pengambilan sampel dan memiliki 7 segmen. Segmentasi sungai bertujuan untuk mempermudah dalam pembagian kegiatan – kegiatan yang terdapat di sekitar Sungai Code. Sehingga, lebih mudah mengidentifikasi sumber pencemar yang terdapat di Sungai Code. Penentuan segmentasi ini berdasarkan dari titik pengambilan sampel, masukan atau keluaran dari anak sungai dan kondisi hidrolis sungai sesuai dengan karakteristik.

Berikut merupakan sketsa segmentasi Sungai Code yang terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Sketsa Segmentasi Sungai Code

Berdasarkan Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa pada Sungai Code terdapat sumber pencemar *point source* dan *diffuse source* yang masuk atau keluar dari badan sungai. Sumber pencemar *point source* berupa saluran drainase yang berada di titik 1, titik 2, titik 3, titik 5, titik 6, titik 7 dan titik 8. Sedangkan sumber pencemar *diffuse source* berupa limbah pertanian yang berada di titik 1, limbah

perikanan yang berada di titik 2 dan titik 7, limbah domestik yang berada di titik 3, titik 4 dan titik 5.

3.4 Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air Sungai mengacu pada SNI 6989.57:2008 Tentang Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan. Pengambilan sampel air dilakukan dengan satu kali pada setiap titik (*grab sample*). Kedelapan titik pengambilan sampel air sungai tersebut dipilih berdasarkan lokasi pemantauan Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) Provinsi Yogyakarta pada tahun 2020. Pengambilan sampel dilakukan pada saat musim penghujan.

3.5 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini terdapat data – data yang diperlukan yaitu data primer dan data sekunder.

3.5.1 Data Primer

Data primer didapatkan langsung melalui pengamatan dan pengukuran parameter di lapangan dan hasil uji Laboratorium. Data tersebut antara lain yaitu:

1) Data Kualitas Air

Pada penelitian ini, data kualitas air sungai diperoleh dari hasil uji di Laboratorium. Parameter pencemar air yang akan di uji adalah BOD. Sedangkan, untuk parameter DO dilakukan pengukuran langsung di lapangan. Untuk pengujian parameter BOD mengacu pada SNI 6989.72:2009 Tentang Cara Uji Kebutuhan BOD. Berikut merupakan parameter kualitas air yang di uji serta metode terlihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Parameter Uji Kualitas Air

No.	Parameter	Alat	Regulasi	Metode
1	BOD	Buret	SNI 6989.72:2009	Titration Iodimetri
2	DO	DO Meter	SNI 06 – 6989.14:2004	Pengukuran Langsung
3	pH	pH Meter	SNI 06-6989.11:2004	Pengukuran Langsung
4	Kecepatan Aliran	1 Set Pengukuran Kecepatan Aliran	SNI 8066:2015	Pengukuran Langsung
5	Temperatur Air	Thermometer	SNI 06-6989.23:2005	Pengukuran Langsung

2) Data Hidrolik Sungai

Data hidrolik sungai merupakan data yang diperoleh dari kondisi Sungai Code seperti debit, kecepatan aliran, lebar sungai dan kedalaman. Penelitian ini dilakukan secara manual untuk mengukur kedalaman sungai, lebar sungai dan kecepatan alir. Untuk mengukur kedalaman sungai, dilakukan dengan menggunakan tongkat yang dimasukkan hingga mencapai dasar sungai kemudian bagian tongkat yang basah diukur menggunakan meteran. Sedangkan, untuk titik sungai yang sulit dijangkau, maka pengukuran dilakukan dengan menggunakan tali yang sudah diikat dengan batu sebagai pemberat lalu dimasukkan ke dalam sungai. Tali yang terkena air diukur menggunakan meteran. Untuk mengukur lebar sungai dengan menggunakan meteran dan kecepatan aliran sungai menggunakan alat *current meter* dan gabus atau daun yang dialirkan sepanjang 10 meter dan dihitung waktu tempuhnya.

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan alir sungai yaitu sebagai berikut:

$$V = \frac{s}{t} \quad (1)$$

Keterangan :

- V = Kecepatan (m/detik)
- s = Jarak Tempuh (meter)
- t = Waktu Tempuh (detik)

Setelah mendapatkan nilai kedalaman dan kecepatan alir sungai, maka selanjutnya menghitung debit sungai dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = V \times A \quad (2)$$

Keterangan :

- Q = Debit Sungai (m³/detik)
- V = Kecepatan Aliran Sungai (m/detik)
- A = Luas Penampang Sungai (m²)

Untuk nilai luas penampang sungai diperoleh dari hasil perkalian lebar dengan kedalaman sungai. Data yang berikutnya dibutuhkan yaitu nilai kemiringan *slope*. *Slope* dapat diperoleh dari perhitungan rumus berikut:

$$Slope = \frac{Elevasi\ Upstream - Elevasi\ Downstream}{Jarak\ per\ segmen} \quad (3)$$

3.5.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah informasi yang didapatkan dari lembaga terkait yaitu BMKG DIY dan DLH DIY. Adapun data BMKG DIY antara lain:

- a. Data Klimatologis, berupa temperatur udara, kecepatan angin, tutupan awan dan radiasi matahari.
- b. Peta administrasi dan peta tata guna lahan yang bersumber dari *google earth*.

3.6 Metode Analisis Data

Dalam menganalisis dapat dimasukkan data parameter BOD dan DO ke dalam *software* QUAL2Kw.

3.6.1 Input Data

Input data pada aplikasi QUAL2Kw berupa kualitas air seperti debit, kecepatan, elevasi, temperatur udara, kecepatan angin, tutupan awan, letak geografis dan data sumber pencemar berupa *point source* dan *diffuse source* dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Worksheet QUAL2Kw

No.	<i>Input Data QUAL2Kw</i>	Fungsi
1	<i>QUAL2K Worksheet</i>	Untuk memasukkan informasi dan keterangan umum yang berhubungan dengan pengaplikasian model
2	<i>Headwater Worksheet</i>	Untuk memasukkan debit dan konsentrasi pada hulu
3	<i>Reach Worksheet</i>	Untuk memasukkan informasi hubungan antara hulu sungai dengan <i>reach</i> nya.
4	<i>Reach rates Worksheet</i>	Untuk memasukkan informasi hubungan antara <i>reach – specific, rate constants</i> , dan parameter.
5	<i>Air Temperature Worksheet</i>	Untuk memasukkan data temperatur udara pada setiap <i>reach</i> sungai
6	<i>Wind Speed Worksheet</i>	Untuk memasukkan data kecepatan angin pada setiap <i>reach</i> sungai
7	<i>Cloud Cover Worksheet</i>	Untuk memasukkan data tutupan awan pada setiap <i>reach worksheet</i>
8	<i>Solar Radiation Worksheet</i>	Untuk memasukkan data radiasi sinar matahari pada setiap <i>reach</i> sungai
9	<i>Point Source Worksheet</i>	Untuk memasukkan data <i>point source</i> dan <i>abstraction</i> (Pengambilan Debit)
10	<i>Diffuse Source Worksheet</i>	Untuk memasukkan data <i>diffuse source</i> dan <i>abstraction</i> (Pengambilan Debit)

11	<i>Hydraulic Data Worksheet</i>	Untuk memasukkan data hidrolik pada setiap <i>reach</i> sungai
12	<i>Temperature Data Worksheet</i>	Untuk memasukkan data temperatur air pada setiap <i>reach</i> sungai
13	<i>WQ Data Worksheet</i>	Untuk memasukkan angka kualitas air pada setiap <i>reach</i> sungai

3.6.2 Kalibrasi

Kalibrasi adalah metode yang dilaksanakan dengan membentuk model mendekati data yang sesuai dengan cara *trial and error*. Hal ini berguna dalam menghindari model yang tidak stabil (Kannel dkk, 2007). Kalibrasi model dilakukan dengan cara *trial and error* dan *running* program secara berulang hingga model mendekati kondisi sebenarnya. Menurut (Fajaruddin, 2017), kalibrasi data debit sungai dilakukan dengan *trial and error* yaitu menyesuaikan debit masuk dan keluar pada lembar kerja *point source* dan *diffuse source*. Pada kalibrasi data kualitas air dengan cara menyesuaikan nilai BOD dan DO sumber pencemar pada lembar kerja *point source* dan *diffuse source*, koefisien *manning* pada lembar kerja *reach* dan menginput nilai *reaeration* dan *oxidation rate* pada lembar kerja *reach rates*.

3.6.3 Validasi

Validasi model bertujuan untuk mengetahui nilai *error* pada model dan dapat mengetahui seberapa akurat data model dan data lapangan. Validasi model dilakukan dengan menghitung nilai *error* menggunakan metode RMSPE. *Root Mean Square Percent Error (RMSPE)* merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung dan mengetahui tingkat persentase nilai *error* suatu model.

Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n} \left[\sum_{n=1}^n \left(\frac{St - At}{At} \right)^2 \right]} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

RMSPE : *Root Mean Square Percent Error*

St : Nilai Simulasi pada waktu t

At : Nilai Aktual pada waktu t

n : jumlah pengamatan (t = 1,2,...,n)

Nilai RMSPE = 100%, menunjukkan bahwa kesesuaian model dengan data lapangan sangat buruk sehingga diperlukan kalibrasi kembali hingga model sesuai atau mendekati data lapangan. Model dapat digunakan dan dapat diterima jika nilai RMSPE kurang dari 50% (Deksissa, 2004).

3.6.4 Simulasi

Setelah melakukan validasi model menggunakan metode RMSPE, dilakukan simulasi model untuk mengetahui parameter tingkat pencemaran di Sungai Code. Berikut beberapa skenario yang akan dilakukan yaitu:

Simulasi	Skenario			Tujuan
	Model Sungai	Perlakuan pada <i>Point Source</i>	Perlakuan pada <i>Diffuse Source</i>	
1	Kondisi eksisting	Sesuai kondisi sebenarnya	Sesuai kondisi sebenarnya	Menghitung nilai beban pencemar eksisting yang masuk ke dalam Sungai Code.
2	Baku Mutu Air Kelas I,II dan III	Sesuai kondisi sebenarnya	<i>Trial and error</i>	Mengetahui besaran beban pencemar yang dapat masuk ke sungai tanpa menyebabkan Sungai Code tercemar.

a) Skenario 1

Skenario 1 merupakan simulasi dengan membentuk model sesuai kondisi eksisting (beban pencemar eksisting). Data yang diinput sesuai dengan data eksisting di lapangan yaitu data hidrolis sungai, data kualitas air sungai dan data sumber pencemar Sungai Code. Selain itu, menggunakan data klimatologi yang berasal dari web atau instansi terkait. Skenario 1 ini bertujuan untuk mengetahui nilai beban pencemar eksisting yang masuk ke dalam Sungai Code.

b) Skenario 2

Skenario 2 merupakan simulasi dengan membentuk model sesuai dengan Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008 yaitu baku mutu kelas I, II dan III. Kondisi sungai dengan beban pencemar maksimum dilakukan *trial and error* agar hasil yang diperoleh sesuai dengan baku mutu atau berada di bawah baku mutu yang telah ditetapkan. Tujuan dari skenario 2 ini adalah untuk mengetahui besaran beban pencemar maksimum yang dapat masuk ke Sungai Code tanpa mencemari sungai.

3.6.5 Perhitungan Beban Pencemar

Perhitungan beban pencemaran pada parameter BOD dilakukan dengan cara mengalikan besarnya jumlah debit yang masuk ke aliran sungai atau *inflow* ($m^3/detik$) dengan konsentrasi BOD yang masuk ke dalam sungai (mg/L) yang terdapat pada *worksheet source summary*. Untuk menghitung beban pencemar dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} BP &= Q (m^3/detik) \quad \times \quad C (mg/L) \\ &= \text{Beban Pencemar (mg/L)} \quad \times \quad 86,4 \quad (5) \end{aligned}$$

Keterangan :

- BP = Beban pencemar sungai (kg/hari)
- C = Konsentrasi beban pencemar (mg/L)
- Q = Debit air limbah ($m^3/detik$)

3.6.6 Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemar

Dalam perhitungan daya tampung beban pencemar berfungsi untuk mengetahui kemampuan sungai dalam menampung limbah yang akan masuk. Perhitungan daya tampung ini menggunakan simulasi 2 dan 1. Dengan mengurangi hasil simulasi 2 (beban pencemar maksimum) dengan simulasi 1 (beban pencemar kondisi eksisting), maka didapatkan nilai daya tampung beban pencemar Sungai Code.

$$\text{Daya Tampung Beban Pencemaran (kg/hari) =} \\ \text{Beban pencemar maksimum} - \text{Beban pencemar kondisi eksisting}$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian dan Titik Pengambilan Sampel

Sungai Code

Penelitian kali ini dilakukan dari hulu hingga hilir Sungai Code yang terletak di Provinsi DIY. Sungai Code melewati bagian hulu yang berada di Kabupaten Sleman, setelah itu mengalir ke bagian tengah yang berada di Kota Yogyakarta dan terakhir melewati bagian hilir yang berada di Kabupaten Bantul. Pada bagian hulu Sungai Code terdapat sumber pencemar *point source* yaitu saluran drainase dan sumber pencemar *diffuse source* yaitu limbah pertanian. Di bagian tengah Sungai Code berada di pemukiman padat penduduk yaitu Kota Yogyakarta dan terdapat sumber pencemar *point source* berupa saluran drainase dan sumber pencemar *diffuse source* berupa limbah domestik. Air limbah domestik merupakan limbah cair hasil buangan dari perumahan atau rumah tangga, bangunan perdagangan, perkantoran dan sarana sejenisnya seperti air deterjen sisa cucian, air sabun dan tinja (Muzaidi dkk, 2018). Di bagian hilir Sungai Code berada di daerah persawahan dan jumlah penduduk yang tidak terlalu padat. Pada bagian hilir ini terdapat masukan sumber pencemar *point source* berupa limbah pertanian, limbah IKM tahu dan sumber pencemar *diffuse source* berupa limbah pertanian.

Pada penelitian ini terdapat sumber pencemar *point source* berupa 6 titik saluran drainase yang masuk ke dalam Sungai Code. Sedangkan, sumber pencemar *diffuse source* diantaranya 1 titik limbah pertanian, 2 titik limbah perikanan dan 3 titik limbah domestik. Berikut lokasi pengambilan sampel air Sungai Code terlihat pada Tabel 4.1.



Tabel 4. 1 Titik Lokasi Pengambilan Sampel Sungai Code



Segmen	Panjang (km)	Titik	Jarak (km)	Lokasi	Koordinat		Elevasi (m)		Keterangan	Penetapan Baku Mutu Air
					LS	BT	Upstream	Downstream		
Segmen 1 (T1 – T2)	14,4	Titik 1	32,78	Boyong, Pakem, Sleman	7°37'28" LS	110°24'50" BT	-	630	Hulu Sungai <i>Point source</i> : Saluran drainase <i>Diffuse source</i> : Pertanian	Kelas I
		Titik 2	20,78	Ngentak, Sariharjo, Ngaglik Sleman	7°43'16" LS	110°23'19" BT	230	225	<i>Point source</i> : Saluran drainase <i>Diffuse source</i> : Perikanan	Kelas II
Segmen 2 (T2 – T3)	8,9	Titik 3	10,96	Kotabaru, Kota Yogyakarta	7°47'22" LS	110°22'8" BT	225	135	<i>Point source</i> : Saluran drainase <i>Diffuse source</i> : Limbah domestik	Kelas II
Segmen 3 (T3 – T4)	2,9	Titik 4	9,75	Ngupasan, Pakualaman, Kota Yogyakarta	7°47'59" LS	110°22'15" BT	135	100	<i>Diffuse source</i> : Limbah domestik	Kelas II



Segmen	Panjang (km)	Titik	Jarak (km)	Lokasi	Koordinat		Elevasi (m)		Keterangan	Penetapan Baku Mutu Air
					LS	BT	Upstream	Downstream		
Segmen 4 (T4 – T5)	1,6	Titik 5	8,82	Mergangsan, Kota Yogyakarta	7°48'23" LS	110°22'27" BT	100	84,5	<i>Point source</i> : Saluran Drainase <i>Diffuse source</i> : Limbah domestik	Kelas III
Segmen 5 (T5 – T6)	1,5	Titik 6	7,62	Mergangsan, Kota Yogyakarta	7°49'0" LS	110°22'27" BT	84,5	62,5	<i>Point source</i> : Saluran Drainase	Kelas III
Segmen 6 (T6 – T7)	4,5	Titik 7	3,12	Sewon, Bantul	7°51'7" LS	110°22'31" BT	62,5	55	<i>Point source</i> : Limbah Industri <i>Diffuse source</i> : Perikanan	Kelas III
Segmen 7 (T7 – T8)	2,75	Titik 8	0	Pleret, Bantul	7°52'21" LS	110°23'0" BT	55	35	Hilir Sungai	Kelas III

Berikut merupakan kondisi lokasi pengambilan sampel Sungai Code dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Kondisi Lokasi Pengambilan Sampel Sungai Code



Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
Titik 1		<p>Titik 1 adalah hulu sungai yang terletak di Jembatan Boyong, Pakem, Sleman. Kondisi lingkungan di titik ini terdapat banyak tumbuhan liar di sekitar aliran sungai dan memiliki debit yang kecil. Sungai ini memiliki kedalaman 0,15 meter dengan lebar sungai 6 meter.</p>
Segmen 1		<p>Pada segmen 1 terdapat beban pencemar <i>point source</i>, berupa limbah dari saluran drainase dan beban pencemar <i>diffuse source</i> berupa limbah dari aktivitas pertanian. Di akhir segmen 1 terdapat terjunan dengan tinggi 0,75 meter dan lebar 10 meter.</p>



Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
Titik 2		<p>Titik 2 terletak di Jembatan Ngentak, Sariharjo, Ngaglik Sleman. Pada titik ini memiliki kedalaman 0,90 meter dan lebar sungai 13,98 meter. Daerah ini berupa permukiman dan area persawahan.</p>
Segmen 2		<p>Pada segmen 2 terdapat beban pencemar <i>point source</i> berupa saluran drainase dan <i>diffuse source</i> berupa limbah perikanan.</p>


Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
Titik 3		<p>Titik 3 terletak di Jembatan Kewek, Kotabaru. Kondisi lingkungan di sekitar titik 3 adalah daerah permukiman dan area rumah makan serta perhotelan. Titik 3 memiliki lebar sungai 23,84 meter dan kedalaman 1,03 meter.</p>
Segmen 3		<p>Pada Segmen 3 terdapat beban pencemar <i>point source</i> berupa saluran drainase dan <i>diffuse source</i> berupa buangan dari limbah permukiman.</p>

Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
Titik 4		<p>Titik 4 terletak di Jembatan Sayidan Gondomanan, Ngupasan, Pakualaman, Yogyakarta. Area sekitar merupakan kawasan padat penduduk, kegiatan perdagangan dan jasa. Titik ini memiliki kedalaman sungai 1,25 meter dan lebar sungai 20,04 meter.</p>
Segmen 4		<p>Pada segmen 4 terdapat buangan <i>diffuse source</i> dari limbah permukiman.</p>

Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
Titik 5		<p>Titik 5 terletak di Jembatan Keparakan, Mergangsan, Yogyakarta. Titik tersebut memiliki kedalaman 1,50 meter dan lebar sungai 18,5 meter. Area sekitar merupakan kawasan padat penduduk.</p>
Segmen 5		<p>Pada segmen 5 terdapat limbah <i>point source</i> berupa saluran drainase dan <i>diffuse source</i> berupa limbah permukiman.</p>

Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
Titik 6		<p>Titik 6 terletak di Jembatan Tungkak, Mergangsan, Yogyakarta. Titik ini memiliki kedalaman 1,20 meter dan lebar sungai 18,9 meter. Area ini merupakan kawasan padat penduduk dan tempat perdagangan.</p>
Segmen 6		<p>Pada segmen 6 terdapat beban pencemar <i>point source</i> berupa saluran drainase.</p>

Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
Titik 7		<p>Titik 7 terletak di Jembatan Abang Ngoto, Sewon, Bantul. Titik ini memiliki kedalaman 1,68 meter dan lebar 11,4 meter. Area ini merupakan kawasan pertanian.</p>
Segmen 7		<p>Pada segmen 7 terdapat beban pencemar <i>point source</i> dari limbah IKM tahu dan <i>diffuse source</i> berupa buangan dari pertanian.</p>

Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
Titik 8		<p>Titik 8 terletak di Jembatan Pacar Wonokromo, Pleret, Bantul. Pada aera hilir sungai code ini di dominasi oleh kawasan pertanian. Titik sungai ini memiliki kedalaman 1,97 meter dan lebar 16,8 meter.</p>

4.2 Kondisi Hidrolik Sungai Code

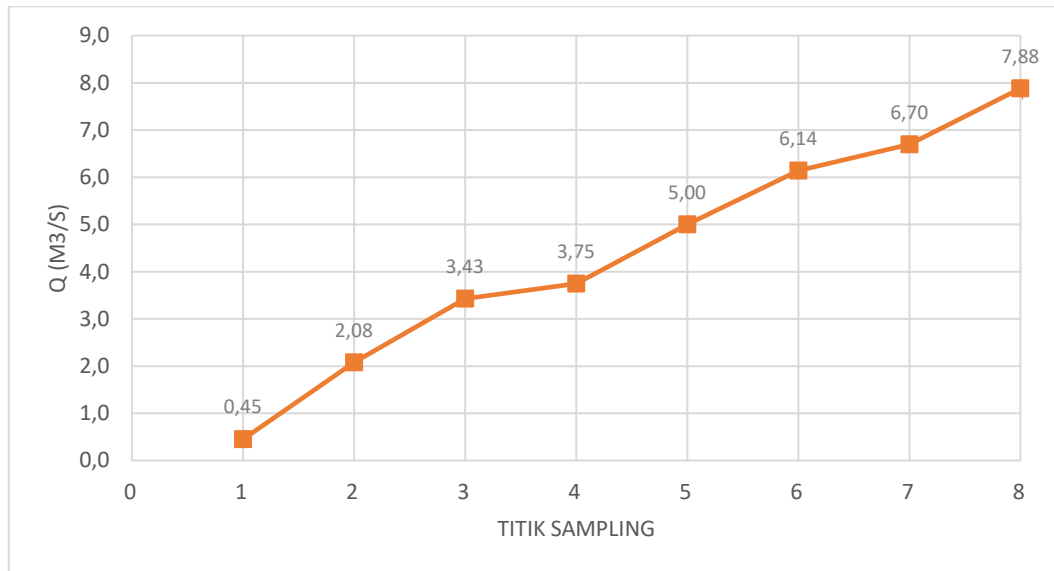
Berdasarkan pengukuran dan perhitungan yang dilakukan peneliti secara langsung di 8 titik pengambilan sampel air sungai dan 7 titik pengambilan sampel air limbah serta didapatkan data hidrolik Sungai Code. Data hidrolik dari Sungai Code inilah yang dimasukkan ke dalam *software* QUAL2Kw dan digunakan untuk mengkalibrasi model QUAL2Kw. Data hidrolik sungai meliputi debit air sungai (m^3/detik), laju aliran (m/detik) dan kedalaman sungai (m). Data tersebut didapatkan dari pengukuran di lapangan dan perhitungan langsung saat pengambilan sampel. Berikut merupakan data hidrolik Sungai Code terlihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Data Hidrolik Sungai Code

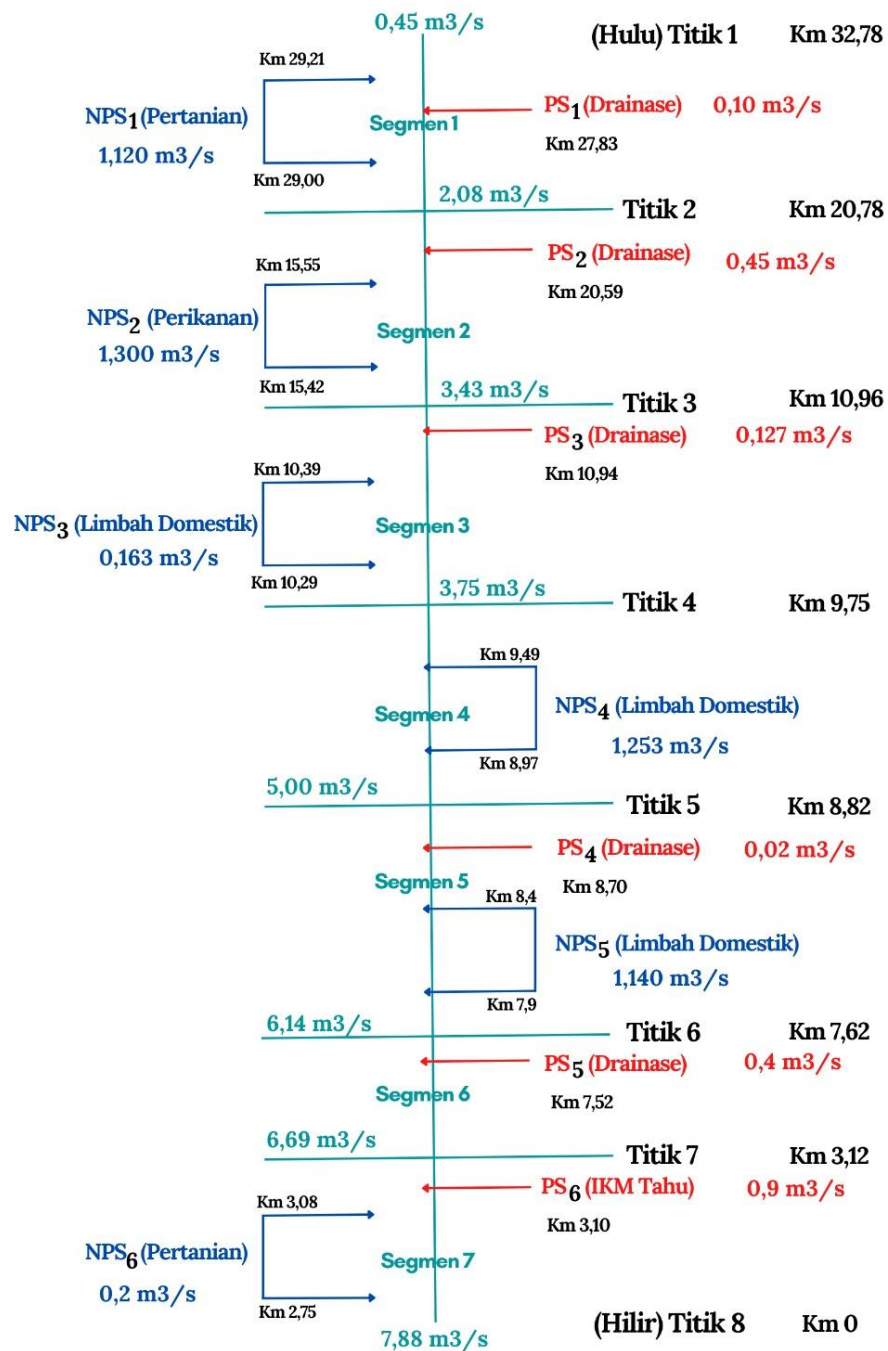
Titik	Q (m^3/detik)	Kedalaman Air Rata – rata (m)	Kecepatan Rata – rata (m/detik)
Headwater (Titik 1)	0,45	0,15	0,50
Titik 2	2,08	0,90	0,165
Titik 3	3,44	1,03	0,14
Titik 4	3,75	1,25	0,15
Titik 5	5,00	1,50	0,18
Titik 6	6,14	1,20	0,27
Titik 7	6,69	1,68	0,35
Titik 8	7,88	1,97	0,238

Setelah didapatkan lebar sungai, kecepatan alir dan kedalaman Sungai Code, maka dilanjutkan dengan pengukuran debit. Dalam pengukuran debit Sungai Code, diperoleh nilai debit yang cukup beragam dikarenakan pengambilan sampel dilakukan pada saat musim penghujan dan mempengaruhi nilai debit. Selain itu, besar kecilnya nilai debit juga dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu lebar sungai, kedalaman, kemiringan lereng, tutupan lahan dan jumlah aliran yang masuk ke dalam sungai atau air hujan. Besar kecilnya debit air sungai akan mempengaruhi konsentrasi beban pencemar dalam sungai. Sungai dengan debit yang tinggi menunjukkan bahwa konsentrasi polutan menurun karena terjadi pengenceran. Sebaliknya, sungai dengan

debit yang rendah menunjukkan bahwa air sungai tersebut banyak mengandung bahan pencemar. Berikut grafik nilai debit Sungai Code terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Nilai Debit Sungai Code (m³/detik)



Gambar 4. 2 Mass Balance

Berdasarkan Gambar 4.1 dan Gambar 4.2, terlihat bahwa nilai debit terkecil berada pada titik 1 yaitu $0,45 \text{ m}^3/\text{detik}$. Kondisi sungai dengan kemiringan yang landai dapat menyebabkan berkurangnya kecepatan aliran sehingga semakin rendah

nilai debit yang dihasilkan (Lesmana dkk, 2021). Selain itu, terdapat masukan sumber pencemar *point source* berupa saluran drainase sebesar $0,1 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan *diffuse source* berupa limbah pertanian sebesar $1,12 \text{ m}^3/\text{detik}$. Faktor yang mempengaruhi besarnya nilai debit yaitu banyaknya vegetasi yang dapat menyerap air dalam jumlah banyak melalui evapotranspirasi atau infiltrasi, sehingga akan memperkecil *run off* dan dapat berpengaruh terhadap debit sungai (Muchtar & Abdullah, 2007). Oleh sebab itu, terjadi peningkatan debit pada titik 2 sebesar $2,08 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dengan masukan *point source* berupa saluran drainase dengan debit sebesar $0,45 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan *diffuse source* berupa perikanan dengan debit sebesar $1,3 \text{ m}^3/\text{detik}$. Pada titik 3 debit sungai meningkat yaitu sebesar $3,43 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan terdapat masukan *point source* berupa saluran drainase dengan debit sebesar $0,127 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan *diffuse source* berupa limbah domestik dengan debit sebesar $0,163 \text{ m}^3/\text{detik}$. Pada titik 4 mengalami peningkatan debit sebesar $3,75 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan terdapat masukan *diffuse source* dari limbah domestik dengan debit sebesar $1,253 \text{ m}^3/\text{detik}$. Pada titik 5 terjadi kenaikan debit yang cukup tinggi dari titik sebelumnya yaitu $5,00 \text{ m}^3/\text{detik}$. Kemudian, terdapat masukan *point source* berupa saluran drainase dengan debit sebesar $0,02 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan *diffuse source* berupa limbah domestik dengan debit sebesar $1,14 \text{ m}^3/\text{detik}$. Pada titik 6 debit terus mengalami kenaikan yaitu sebesar $6,14 \text{ m}^3/\text{detik}$. Kemudian, terdapat masukan *point source* berupa saluran drainase dengan debit sebesar $0,4 \text{ m}^3/\text{detik}$. Pada titik 7 mengalami kenaikan debit yaitu sebesar $6,69 \text{ m}^3/\text{detik}$. Kemudian, terdapat masukan *point source* berupa limbah IKM tahu dengan debit sebesar $0,9 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan *diffuse source* berupa pertanian dengan debit sebesar $0,2 \text{ m}^3/\text{detik}$. Titik 8 merupakan debit tertinggi yaitu $7,88 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hal ini dikarenakan kondisi profil hidrolik sungai dengan kedalaman rata – rata yaitu 1,97 meter dan lebar sungai 16,8 meter.

Sungai dengan bentuk yang melebar dapat meningkatkan kecepatan aliran sungai, sehingga debit yang dihasilkan akan semakin besar (Staddal dkk, 2017). Pengambilan sampel dilakukan pada saat musim penghujan, sehingga kecepatan aliran sungai meningkat dan menghasilkan nilai debit yang tinggi. Berdasarkan pengamatan di Sungai Code terdapat perbedaan debit sungai yang dipengaruhi oleh

kondisi topografi, penggunaan lahan, vegetasi (Mughtar & Abdullah, 2007) serta terjadinya degradasi tanah akibat pengalihan tata guna lahan (Sulaeman, 2014).

4.3 Kondisi Kualitas Air Sungai Code

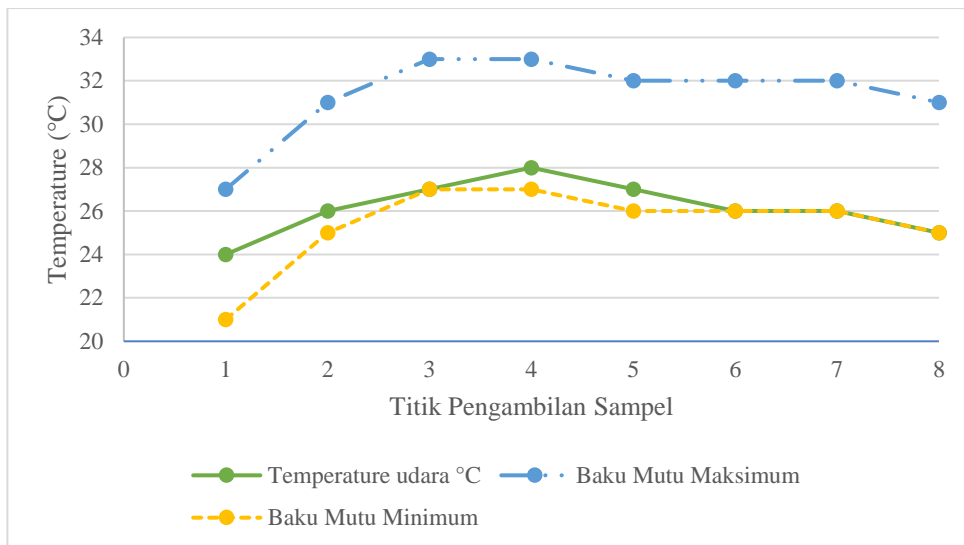
Dalam menentukan kualitas air Sungai Code, terdapat beberapa parameter yang harus dilakukan pengukuran dan pengujian. Pertama, sampel diambil di setiap lokasi pengambilan sampel, kemudian dilakukan pengukuran langsung seperti parameter derajat keasaman (pH), temperatur air dan DO. Setelah itu, dilakukan pengujian Laboratorium Kualitas Air FTSP UII untuk memperoleh nilai BOD.

4.3.1 Temperatur Air

Salah satu indikator kualitas air Sungai Code adalah temperatur air. Temperatur air sangat berperan penting untuk kelangsungan hidup organisme di perairan. Temperatur atau suhu air ini dapat mempengaruhi kelarutan oksigen dalam air, aktivitas metabolisme organisme dan reaksi kimia dalam air (Maghfiroh, 2016). Tingkat penyinaran matahari yang tinggi ke dalam air dan banyaknya vegetasi di sekitar sungai menyebabkan temperatur air meningkat (Marlina dkk, 2017). Penyinaran matahari juga dipengaruhi oleh tutupan awan, musim dan waktu. Apabila sinar matahari semakin banyak masuk ke badan air, maka temperatur air meningkat. Berikut merupakan hasil pengukuran temperatur air Sungai Code pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Temperatur Air Sungai Code

Titik	Temperatur Air	Baku Mutu Min (°C)	Baku Mutu Max (°C)
Titik 1	24	21	27
Titik 2	26	25	31
Titik 3	27	27	33
Titik 4	28	27	33
Titik 5	27	26	32
Titik 6	26	26	32
Titik 7	26	26	32
Titik 8	25	25	31



Gambar 4. 3 Perbandingan Nilai Temperatur Air dengan Baku Mutu

Berdasarkan Tabel 4.4, menunjukkan bahwa temperatur air pada Sungai Code yaitu sebesar 24°C sampai 28 °C. Pada Gambar 4.3, terlihat bahwa temperatur air tertinggi berada pada titik 4 dan titik 5 yaitu 28 °C dan 27 °C. Hal ini dikarenakan pengambilan sampel dilakukan pada siang hari dan kondisi cuaca panas, sehingga menyebabkan temperatur air meningkat. Sedangkan temperatur air terendah berada pada titik 1 yaitu 24 °C. Hal ini disebabkan oleh lokasi titik 1 berada pada bagian hulu Sungai Code yaitu daerah dataran tinggi dengan jumlah vegetasi yang banyak, sehingga temperatur udara menjadi rendah dan cukup dingin. Berdasarkan hasil pengukuran, terlihat bahwa temperatur air pada Sungai Code masih memenuhi baku mutu kelas II. Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, baku mutu kelas I, kelas II dan kelas III untuk temperatur yaitu $\pm 3^\circ$ dari temperatur udara pada lokasi waktu pengambilan sampel.

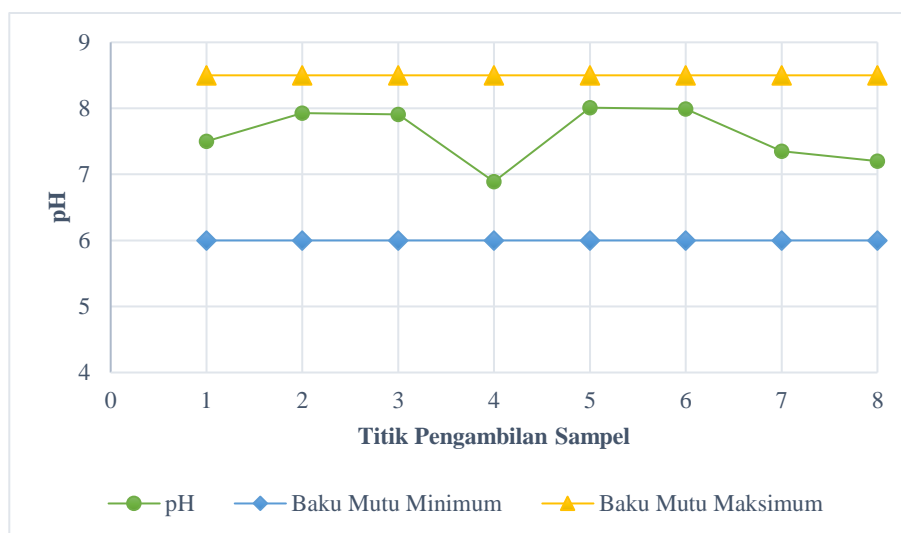
4.3.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH merupakan indikator yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat asam atau basa suatu perairan tersebut. Pada skala nilai 0 – 14, dengan pH bernilai 7 menunjukkan bahwa perairan dalam kondisi netral, pH di atas 7

menunjukkan bahwa perairan dalam kondisi basa dan pH di bawah 7 menunjukkan bahwa perairan dalam kondisi asam. Pada penelitian ini, pengukuran pH di setiap titik dilakukan secara langsung menggunakan pH meter dan kertas lakmus. Berikut hasil pengukuran pH Sungai Code pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran pH Sungai Code

Titik	pH	Baku Mutu Min	Baku Mutu Max
Titik 1	7,5	6	8,5
Titik 2	7,93	6	8,5
Titik 3	7,91	6	8,5
Titik 4	6,89	6	8,5
Titik 5	8,01	6	8,5
Titik 6	7,99	6	8,5
Titik 7	7,35	6	8,5
Titik 8	7,20	6	8,5



Gambar 4. 4 Perbandingan Nilai pH dengan Baku Mutu

Berdasarkan Tabel 4.5. terlihat bahwa hasil pengukuran pH air Sungai Code berkisar antara 6,89 sampai 8,01. Menurut Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008, Baku mutu kelas I dan kelas II untuk pH yaitu 6 – 8,5 serta kelas III untuk pH

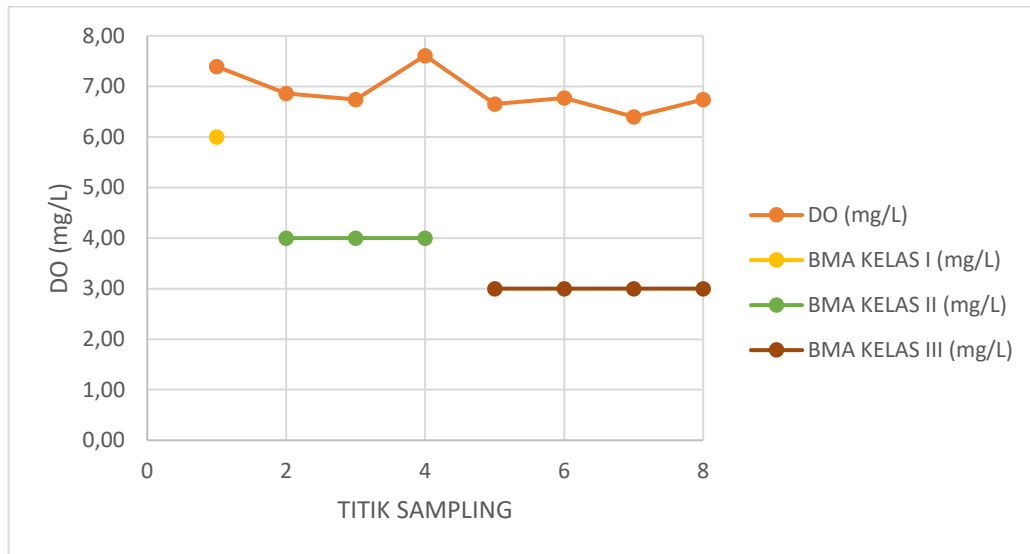
yaitu 6 – 9. Hal tersebut menunjukkan bahwa titik 1 sampai titik 8 memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Pada titik 5 dan titik 6 memiliki nilai pH tinggi yaitu 8,01 dan 7,99. Hal ini dikarenakan pada titik 5 terdapat saluran pembuangan air limbah domestik. Sedangkan, pada titik 6 terdapat saluran drainase yang berasal dari rumah makan di bantaran sungai. Air limbah yang dihasilkan memberikan pengaruh terhadap kondisi pH perairan. Menurut (Prayogo, 2015), nilai pH yang mengalami peningkatan dipengaruhi oleh adanya limbah organik maupun limbah anorganik yang di buang ke sungai.

4.3.3 *Dissolved Oxygen (DO)*

Oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen (DO)* adalah jumlah oksigen terlarut yang diperoleh dari proses fotosintesis dan udara yang masuk ke dalam sungai. DO merupakan oksigen terlarut yang dapat digunakan untuk mengukur kualitas kebersihan air. Semakin besar nilai DO menunjukkan bahwa kualitas air sungai tersebut semakin bagus. Berikut hasil pengukuran DO pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran DO Sungai Code

Titik	DO (mg/L)	Baku Mutu (mg/L) Pergub DIY No. 20 Tahun 2008
Titik 1	7,39	6
Titik 2	6,86	5
Titik 3	6,74	5
Titik 4	7,61	5
Titik 5	6,65	4
Titik 6	6,77	4
Titik 7	6,40	4
Titik 8	6,74	4



Gambar 4. 5 Perbandingan Nilai DO dengan Baku Mutu

Berdasarkan Gambar 4.5 terlihat bahwa nilai DO pada Sungai Code berkisar antara 6,40 mg/L sampai 7,61 mg/L dan memenuhi baku mutu DO minimum kelas I, II dan III yaitu 6 mg/L, 4 mg/L dan 3 mg/L. Pada titik 1 memiliki konsentrasi DO yang tinggi karena terletak di daerah dataran tinggi dan cuaca dingin dengan suhu yang rendah yaitu 24°C. Selain itu, pada titik 1 belum banyak masukan sumber pencemar yang masuk ke sungai dan tidak padat penduduk. Pada titik 1 ini juga merupakan kondisi sungai terbuka atau tanpa gorong – gorong dengan kedalaman yang lebih dangkal yaitu 0,15 meter, sehingga mengakibatkan oksigen dengan mudah masuk ke dalam sungai tersebut. Pada titik 1 terdapat masukan sumber pencemar *point source* berupa saluran drainase dan *diffuse source* berupa limbah pertanian. Titik 2 dan titik 3 dengan konsentrasi DO sebesar 6,86 mg/L dan 6,74 mg/L dikarenakan pada titik tersebut terdapat masukan sumber pencemar *point source* berupa saluran drainase dan *diffuse source* berupa limbah perikanan. Pada titik 4 mengalami peningkatan yang cukup tinggi dengan konsentrasi DO sebesar 7,61 mg/L. Hal ini dikarenakan terjadi peningkatan kecepatan aliran pada badan sungai sehingga menyebabkan turbulensi dan konsentrasi DO meningkat. Pada titik 5 dan titik 6 mengalami penurunan dengan konsentrasi DO sebesar 6,65 mg/L dan 6,77 mg/L dikarenakan pada titik 5 terdapat masukan sumber pencemar berupa limbah

domestik dan pada titik 6 terdapat masukan dari limbah domestik dan saluran drainase. Pada titik 7 mengalami penurunan dengan konsentrasi DO sebesar yaitu 6,40 mg/L. Hal ini dikarenakan pada titik tersebut memiliki kedalaman 1,2 meter dan terdapat masukan sumber pencemar *point source* berupa limbah IKM tahu dan *diffuse source* berupa limbah pertanian. Menurut (Sinaga, 2016) semakin bertambahnya kedalaman sungai maka konsentrasi oksigen terlarut berkurang karena semakin sedikit proses fotosintesis yang terjadi dan oksigen terlarut yang digunakan lebih banyak. Pada titik 8 mengalami peningkatan dari titik sebelumnya yaitu 6,74 mg/L. Hal ini dipengaruhi oleh suhu yang rendah saat pengambilan sampel pada titik tersebut yaitu 25 °C. Tingginya DO pada bagian hilir sungai dipengaruhi oleh adanya turbulensi air atau proses difusi yang disebabkan oleh besarnya nilai debit sungai (Akbar & Desmaiani, 2021). Berdasarkan Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008, baku mutu kelas I, kelas II dan kelas III untuk parameter DO yaitu 6 mg/L, 4 mg/L dan 3 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi DO Sungai Code masih memenuhi baku mutu DO minimum.

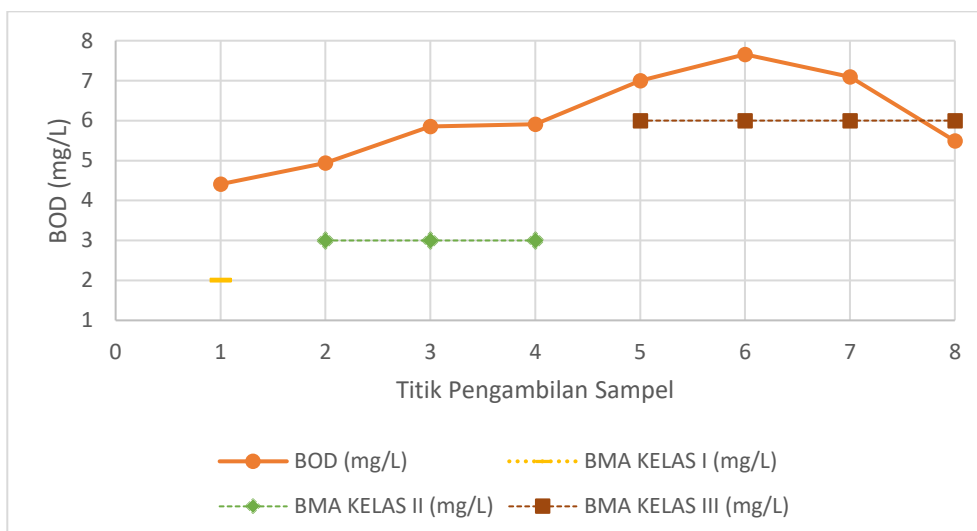
4.3.4 Biological Oxygen Demand (BOD)

BOD atau kebutuhan oksigen biokimiawi merupakan salah satu parameter dalam menentukan kualitas air sungai dan sebagai penentu tingkat pencemaran suatu sungai. Tingginya kadar BOD di perairan menunjukkan bahwa banyaknya kandungan zat organik dalam perairan tersebut. Banyaknya zat organik dalam perairan mengakibatkan aktivitas mikroorganisme semakin meningkat, mikroorganisme memerlukan banyak oksigen dalam mengoksidasi zat organik. Dengan aktivitas oksidasi yang meningkat akan menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut semakin menurun (Muasry, 2022).

Untuk nilai konsentrasi BOD pada penelitian ini merupakan hasil dari pengujian di Laboratorium Kualitas Air FTSP UII dengan Metode Titrasi Iodometri. Menurut QUAL2Kw *Theory*, untuk nilai CBOD5 diperoleh dari nilai BOD5 x 1,46. Berikut merupakan hasil perhitungan BOD yang dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan BOD Sungai Code

Titik	BOD (mg/L)	Baku Mutu (mg/L) Pergub DIY No. 20 Tahun 2008
Titik 1	4,41	2
Titik 2	4,95	3
Titik 3	6,06	3
Titik 4	5,50	3
Titik 5	6,60	6
Titik 6	7,15	6
Titik 7	7,23	6
Titik 8	5,69	6



Gambar 4. 6 Perbandingan Nilai BOD dengan Baku Mutu

Berdasarkan Gambar 4.6. terlihat bahwa konsentrasi BOD pada Sungai Code berada di atas baku mutu air kelas I yaitu sebesar 2 mg/L, kelas II sebesar 3 mg/L dan kelas III sebesar 6 mg/L. Pada titik 1, konsentrasi BOD sebesar 4,41 mg/L dan telah melebihi baku mutu air Sungai kelas 1 yaitu 2 mg/L. Hal ini dikarenakan terdapat sumber pencemar berupa limbah pertanian dan saluran drainase. Pada titik 2, mengalami peningkatan konsentrasi dari titik sebelumnya yaitu 4,95 mg/L yang disebabkan oleh masukan sumber pencemar berupa saluran drainase dengan debit yang kecil. Hal ini dikarenakan pada saat pengambilan sampel dilakukan pada pagi hari sehingga tidak banyak jumlah pencemar yang masuk ke sungai. Pada titik 3,

mengalami peningkatan konsentrasi BOD yang cukup tinggi yaitu sebesar 6,06 mg/L dan telah melebihi baku mutu air kelas II yaitu 3 mg/L. Hal ini dikarenakan lokasi pengambilan sampel berada di permukiman padat penduduk sehingga limbah domestik yang dihasilkan lebih banyak dan terdapat sumber pencemar berupa saluran drainase. Pada titik 4, mengalami penurunan dengan konsentrasi BOD sebesar 5,50 mg/L dikarenakan debit air sungai yang tinggi pada titik tersebut sehingga konsentrasi DO meningkat. Akan tetapi, pada titik 5 hingga titik 7 terjadi peningkatan konsentrasi yang cukup tinggi dari titik sebelumnya yaitu 6,60 mg/L, 7,15 mg/L dan 7,23 mg/L. Ketiga titik tersebut terletak di daerah permukiman yang padat penduduk. Hal ini mengakibatkan banyaknya kandungan bahan organik, sehingga aktivitas mikroorganisme dalam air meningkat. Oleh sebab itu, oksigen yang diperlukan lebih banyak untuk mendegradasi bahan organik. Pada titik 8, mengalami penurunan dengan konsentrasi BOD sebesar 5,69 mg/L. Hal ini dikarenakan pada titik tersebut memiliki nilai debit yang tinggi yaitu 7,88 m³/detik dan terjadinya pengenceran, sehingga menyebabkan konsentrasi BOD menurun. Berdasarkan Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air, untuk kelas I dan kelas II yaitu 2 mg/L dan 3 mg/L serta kelas III yaitu 6 mg/L. Terlihat bahwa pada titik 8 konsentrasi BOD pada Sungai Code masih berada di bawah baku mutu yaitu 5,69 mg/L. Sedangkan, untuk titik lainnya telah melebihi baku mutu air kelas I, kelas II dan kelas III. Hal ini menandakan kondisi Sungai Code tercemar dan terjadi penurunan kualitas air yang diakibatkan oleh limbah yang terus – menerus masuk ke aliran Sungai Code.

4.4 Sumber Pencemar Sungai Code

Pada penelitian ini, masing – masing segmen terdapat *effluent* yang masuk ke badan Sungai Code yang berasal dari berbagai jenis sumber pencemar diantaranya yaitu limbah domestik, limbah pertanian, limbah perikanan, limbah IKM Tahu dan saluran drainase. Sumber pencemar tersebut berkontribusi menyumbang beban pencemar dengan karakteristik yang berbeda – beda dan mengakibatkan sungai menjadi tercemar. Pada penelitian ini, terdapat sumber pencemar *point source* dan *diffuse source*. *Point Source* merupakan sumber pencemar yang berasal dari saluran pembuangan yang terdiri dari satu titik. Sedangkan, *diffuse source* merupakan

sebaran saluran pembuangan air limbah yang langsung masuk ke badan sungai. Berikut merupakan data sumber pencemar Sungai Code terlihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Sumber Pencemar Sungai Code

Segmen	Sumber Pencemar		Konsentrasi BOD (mg/L)	
	<i>Point Source</i>	<i>Diffuse Source</i>	<i>Point Source</i>	<i>Diffuse Source</i>
1	Saluran Drainase *	Pertanian **	1,52 *	32,14 **
2	Saluran Drainase *	Perikanan **	4,22 *	2,1 **
3	Saluran Drainase *	Limbah Domestik **	4,5 *	36 **
4	-	Limbah Domestik **	-	36 **
5	Saluran Drainase *	Limbah Domestik **	3,85 *	36 **
6	Saluran Drainase *	-	4,52 *	-
7	Limbah IKM Tahu *	Pertanian **	18,83 *	32,14 **

(*) Hasil Pengujian Laboratorium

(**) Hasil perhitungan dan pendekatan data sekunder penelitian terdahulu

Berdasarkan Tabel 4.8, menunjukkan bahwa pengambilan sampel air limbah hanya dilakukan pada *point source* dan dilakukan pengujian di Laboratorium FTSP UII. Sedangkan, sumber pencemar *diffuse source* tidak dilakukan pengambilan sampel, melainkan dengan pendekatan yang dilakukan dengan menghitung jumlah beban pencemar yang tersebar dari berbagai sumber (Syahril, 2016). Untuk nilai *diffuse source* BOD dilakukan dengan pendekatan sesuai dengan perhitungan potensi beban pencemaran dan/atau rentang nilai yang berasal dari referensi. Pada sumber pencemar limbah pertanian diperoleh debit *diffuse source* dari hasil perhitungan yaitu luas lahan dikalikan dengan kebutuhan air untuk area sawah.

Kebutuhan air untuk area sawah berkisar antara 0,7 – 1,2 liter/detik/ha (Mauliana & Novilyansa, 2022). Setelah itu, dilakukan perhitungan potensi beban pencemaran lahan pertanian menggunakan persamaan berikut (Sampe dkk, 2018) :

$$PBP \left(\frac{kg}{hari} \right) = Luas Lahan (ha) \times faktor\ effluent \left(\frac{kg}{ha} / musim\ tanam \right) \times 10\%$$

Tabel 4. 9 Faktor *Effluent* Pertanian

Limbah Pertanian	Faktor <i>Effluent</i> (kg/hari/musim tanam)
BOD	225
N	20
P	10
TSS	0,04
Pestisida	0,08

Sumber : Sampe, 2018

Berdasarkan perhitungan potensi beban pencemaran (PBP) pada pertanian memiliki konsentrasi BOD sebesar 32,14 mg/L. Pada limbah perikanan, perhitungan debit dilakukan dengan menggunakan volume air kolam. Berdasarkan penelitian (Rohman & Laili, 2019), konsentrasi BOD pada perikanan menggunakan rentang nilai dari hasil pengamatan parameter lingkungan Abiotik berdasarkan pada Standar Kualitas Air PP No. 2 Tahun 2011 yaitu nilai BOD berkisar antara 1,85 – 2,12 mg/L. Berdasarkan penelitian (Fachrurazie, 2005), untuk 100 m² luasan kolam biasa memerlukan air segar sebanyak 21 liter/detik. Pergantian air kolam ini harus dilakukan dari bagian dasar kolam karena kualitas air pada bagian tersebut buruk (Arie, 2012).

Pada sumber pencemar limbah domestik dilakukan perhitungan debit air limbah yang diperoleh dari 80% dari penggunaan air bersih. Perhitungan debit air limbah adalah sebagai berikut (Fadly, 2008) :

$$\text{Debit Air Limbah} = 80\% \times \text{Debit Air Bersih} \times \text{Jumlah Penduduk}$$

Sedangkan, untuk perhitungan beban pencemaran limbah rumah tangga atau domestik diperoleh dari persamaan berikut (Pangestu dkk, 2017) :

$$PBP \left(\frac{kg}{hari} \right) = \text{Jumlah penduduk} \times \text{faktor effluent} \times r_{ek} \times \alpha$$

Keterangan :

- r_{ek} = Rasio ekuivalen kota
Kota = 1, Pinggiran kota = 0,8125, Pedalaman = 0,625
- Alpha = Koefisien transfer beban
(α) Jarak sumber pencemar ke sungai 0 – 100 m = nilai 1
Jarak sumber pencemar ke sungai 100 – 500 m = nilai 0,85
Jarak sumber pencemar ke sungai > 500 m = nilai 0,3
- Faktor = BOD = 0,04 kg/hari
effluent COD = 0,055 kg/hari
TSS = 0,038 kg/hari

Sumber : Pangestu, 2017

Berdasarkan perhitungan diperoleh debit air limbah pada titik 3 hingga titik 5 yaitu 0,194 m³/detik, 1,24 m³/detik dan 1,13 m³/detik. Untuk konsentrasi BOD limbah domestik pada titik 3 sebesar 35 mg/L, titik 4 dan titik 5 sebesar 36 mg/L.

4.5 Pemodelan Kualitas Air Sungai Code Menggunakan QUAL2Kw

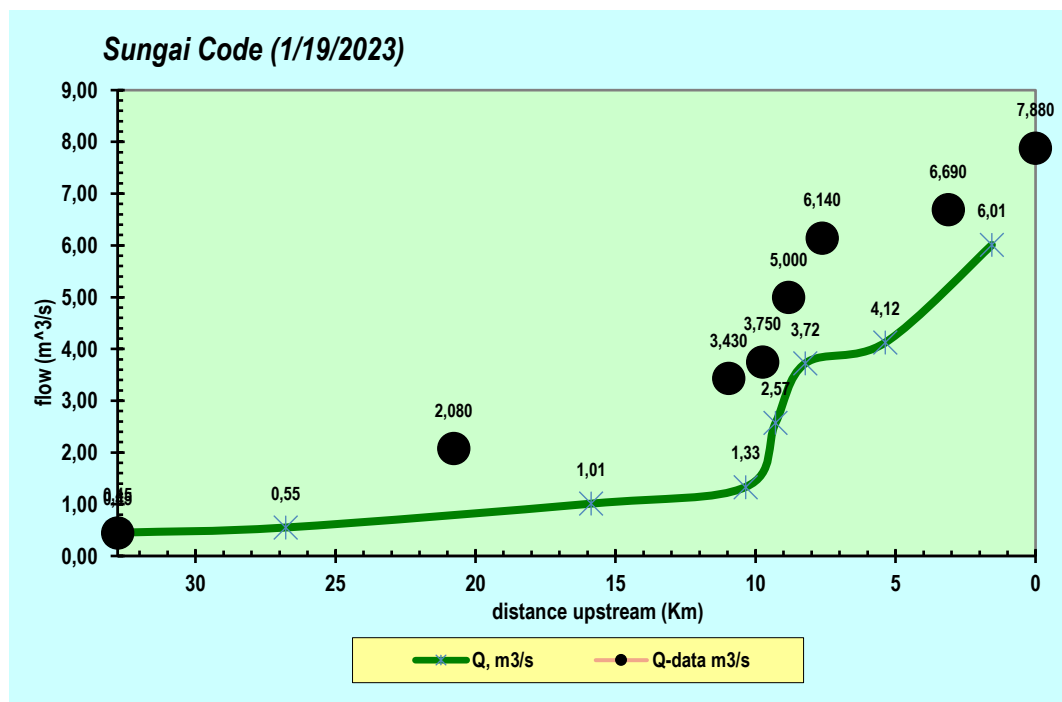
QUAL2Kw merupakan model kualitas air aliran satu dimensi yang dilakukan dengan menggunakan pendekatan matematis. Pada penelitian ini, QUAL2Kw digunakan untuk memodelkan kualitas air Sungai Code. QUAL2Kw ini dilakukan dengan membagi sungai menjadi beberapa bagian atau segmen (*reach*). Selain itu, menunjukkan sungai berdasarkan dampak dari sumber pencemar *point source* dan *diffuse source*. Pada penelitian ini, dilakukan pemodelan terkait daya tampung Sungai Code terhadap beban pencemar dilihat dari parameter BOD menggunakan QUAL2Kw.

Langkah pertama yang dilakukan yaitu menginput data dari pengambilan sampel, seperti data kualitas air di hulu (*worksheet headwater*), data tiap segmen (*worksheet reach*), data klimatologi (*air temperature, wind speed and cloud cover*). Selain itu, data sumber pencemar di *worksheet point source* dan *diffuse source*,

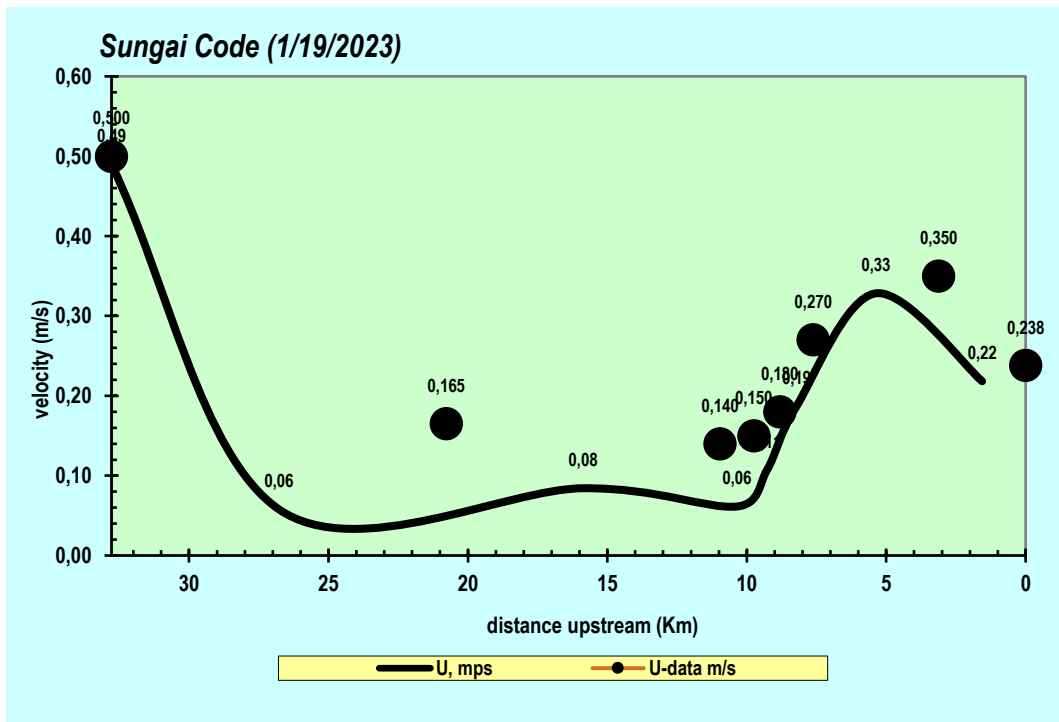
worksheet hydraulics data, *temperature* data dan *worksheet WQ* data. Pada *worksheet WQ* data, data yang diinput berupa konsentrasi parameter yang akan dimodelkan yaitu BOD dan DO.

4.5.1 Input Data Sebelum Kalibrasi

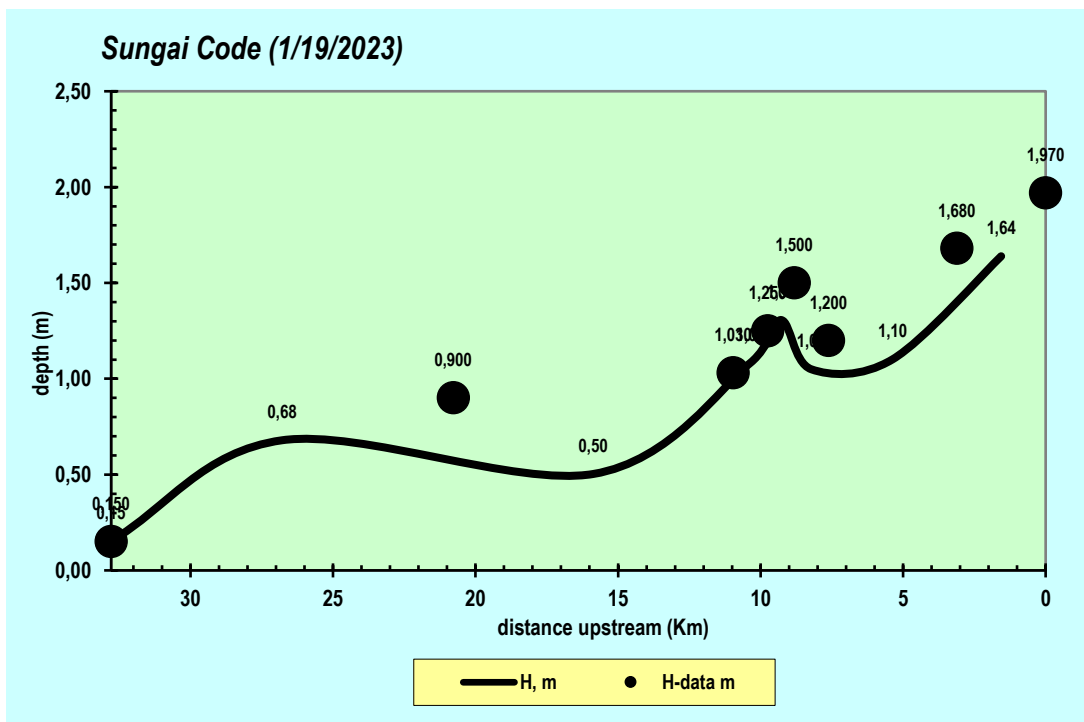
Setelah mendapatkan data kualitas air, data hidrolis dan data sumber pencemar tiap segmen, maka dilanjutkan dengan menginput data tersebut ke dalam *software* QUAL2Kw. Data yang diinput berupa data hidrolis (*worksheet hydraulics* data), data kualitas air (*worksheet WQ* data) dan data sumber pencemar pada *worksheet point source* dan *diffuse source*. Untuk data sumber pencemar *diffuse source*, tidak dilakukan pengambilan sampel. Akan tetapi, menggunakan pendekatan yang dilakukan dengan menghitung jumlah beban pencemar yang tersebar dari berbagai sumber titik pengambilan sampel tersebut. Berikut merupakan hasil data hidrolis dan kualitas air sebelum dilakukannya proses kalibrasi terlihat pada Gambar 4.7, Gambar 4.8, Gambar 4.9, Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



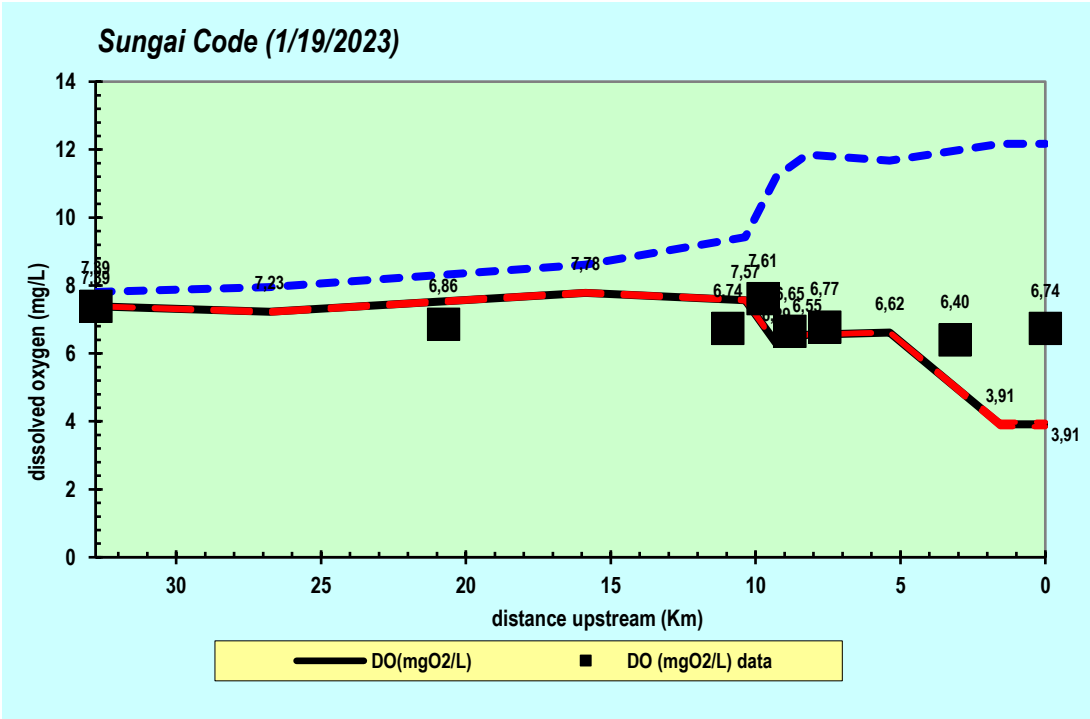
Gambar 4. 7 Model Data Debit Sebelum Kalibrasi



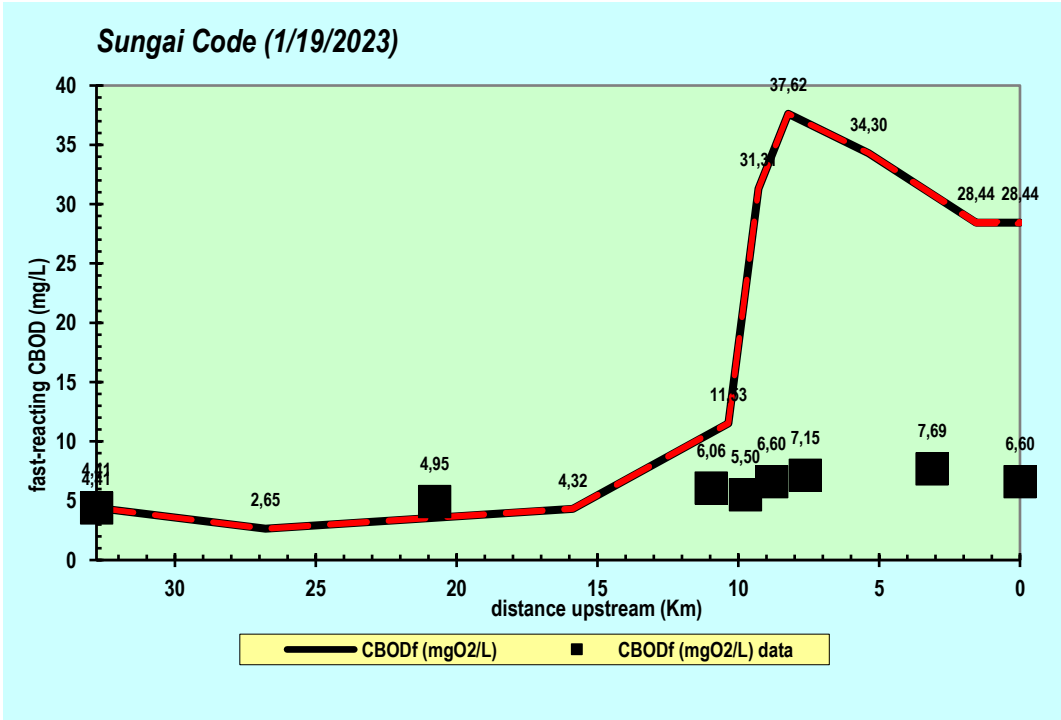
Gambar 4. 8 Model Data Kecepatan Sebelum Kalibrasi



Gambar 4. 9 Model Data Kedalaman Sebelum Kalibrasi



Gambar 4. 10 Model DO Sebelum Kalibrasi



Gambar 4. 11 Model BOD Sebelum Kalibrasi

Berdasarkan Gambar 4.7, Gambar 4.8 dan Gambar 4.9, menunjukkan hasil model data hidrolik seperti debit, kedalaman dan kecepatan aliran. Untuk hasil model pada *flow* masih jauh dengan data input. Hal ini dikarenakan debit yang masuk masih terlalu besar pada *diffuse source* sehingga perlu dilakukan *trial and error* pada daerah pertanian (29,21 km – 29,00 km), perikanan (15,55 km – 15,42 km), permukiman (10,39 km – 7,90 km) dan pertanian (3,08 km – 2,75 km) . Sedangkan, untuk hasil model *depth* dan *velocity* masih belum mendekati data input karena nilai debit yang masih besar. Untuk itu, perlu dilakukan *trial and error* pada nilai *manning formula* (*worksheet reach*) hingga model mendekati data input.

Pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11, menunjukkan hasil model data kualitas air. Hasil model DO dan BOD masih jauh dari data input dikarenakan nilai konsentrasi pada *diffuse source* masih sangat tinggi. Sehingga, perlu dilakukan *trial and error* pada konsentrasi DO dan BOD dengan pendekatan dari berbagai sumber yang ada. Selain itu, koefisien pada *worksheet reach rates* juga dilakukan *trial and error* yang mengacu pada rentang setiap nilai koefisien kalibrasi terlihat pada Tabel 4.10. Agar model dapat mendekati data lapangan atau data yang diinputkan. Perlu dilakukan kalibrasi hingga mendapatkan grafik model yang mendekati tren data input.

4.5.2 Hasil Kalibrasi Model

Langkah selanjutnya setelah menginput data adalah melakukan kalibrasi model melalui *trial and error* model. Kalibrasi ini bertujuan untuk memperoleh hasil model berupa grafik model mendekati kondisi sebenarnya. Kalibrasi model dilakukan dengan *trial and error* dan *running* program yang dilakukan pada data hidrolik sungai dan data kualitas air sungai. Kalibrasi model yang pertama dilakukan yaitu kalibrasi pada model data hidrolik berupa debit, kecepatan aliran dan kedalaman serta kalibrasi data kualitas air. Kalibrasi tersebut dilakukan pada hasil data yang di input pada *worksheet hydraulic data, reach* dan mengubah konsentrasi debit yang masuk atau keluar di *worksheet point source and diffuse source* sehingga didapatkan grafik model (garis hijau) mendekati kondisi sebenarnya atau data lapangan (titik

hitam). Setelah kalibrasi data hidrolik, dilanjutkan dengan kalibrasi data kualitas air pada masing – masing segmen sungai.

Kalibrasi data kualitas air dilakukan dengan cara *trial and error* koefisien setiap parameter pada *worksheet reach rates* (Irsanda dkk, 2014). Selain itu, juga dilakukan *trial and error* pada nilai konsentrasi *diffuse source*. *Trial and error* dilakukan hingga diperoleh grafik (garis merah dan hitam) mendekati data lapangan (kotak hitam). Rentang nilai dari setiap koefisien parameter sudah sesuai dengan sungai pada negara yang memiliki 4 musim. Pada saat melakukan kalibrasi, terdapat nilai koefisien yang berada di luar rentang nilai yang sudah ditetapkan. Hal ini dikarenakan setiap sungai memiliki kondisi yang berbeda – beda. Berikut merupakan nilai koefisien yang digunakan dalam *worksheet reach rates* pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Nilai Koefisien Kalibrasi

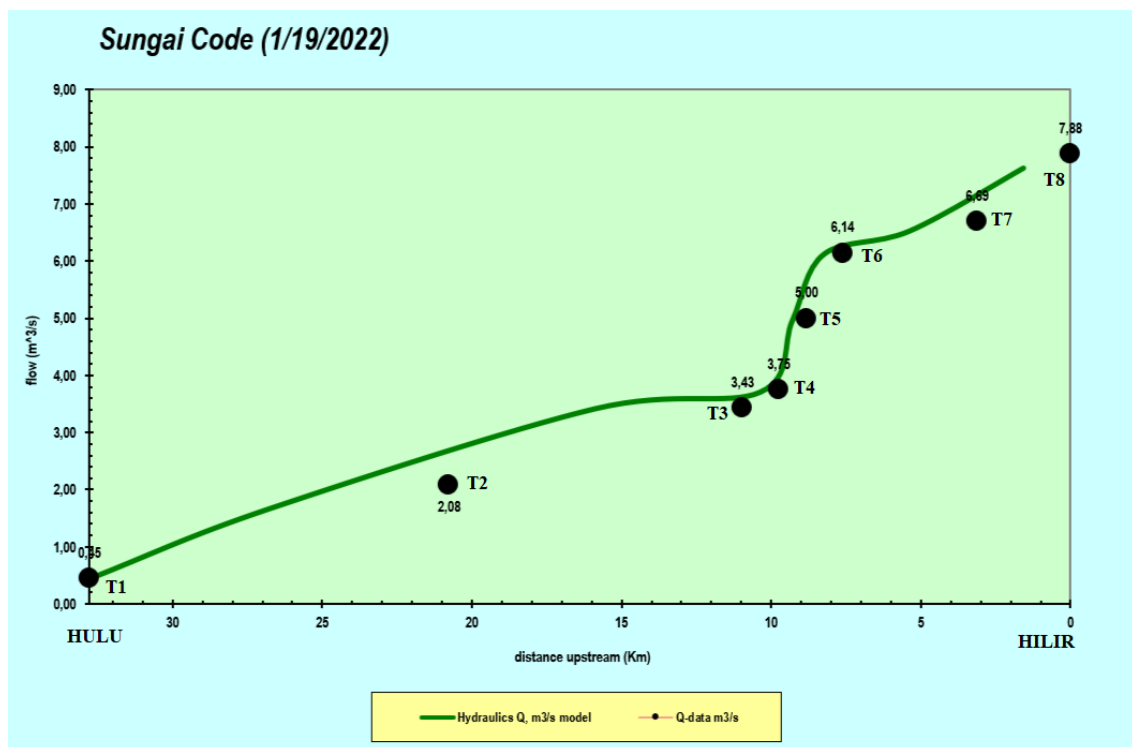
Nama Koefisien	Satuan	Rentang Nilai
Reaeration	day ⁻¹	0,02 – 3,4
ISS Settling Velocity	m/day	0 – 2
CBOD Oxidation Rate	day ⁻¹	0,02 – 4,2
NH ₄ Nitrification Rate	day ⁻¹	0 – 10
NO ₃ Denitrification Rate	day ⁻¹	0 – 2
NO ₃ Sed. Denitri Transfer Coeff.	day ⁻¹	0 – 1
PO ₄ Settling Velocity	m/day	0 - 2

Sumber : Kannel, 2007 dan Brown, 1987

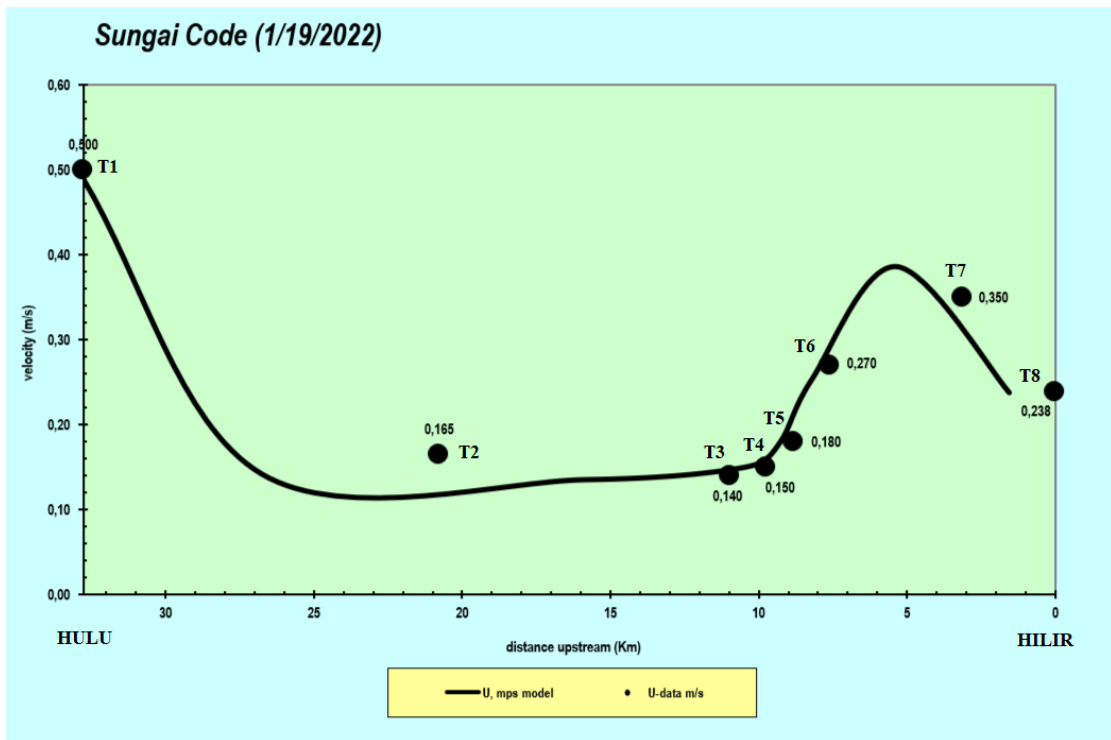
Koefisien *mannig* yang semakin kecil, menyebabkan konsentrasi DO meningkat di dalam sungai, begitu pula sebaliknya jika koefisien *mannig* semakin besar, maka konsentrasi DO menurun (Nugraha, 2007). Pada parameter DO, kalibrasi yang dilakukan yaitu melalui *trial and error worksheet reach* pada data

n manning, *worksheet reach rates*, *worksheet point source* dan *worksheet diffuse source* pada konsentrasi DO sumber pencemar seperti saluran drainase, limbah domestik, pertanian dan perikanan.

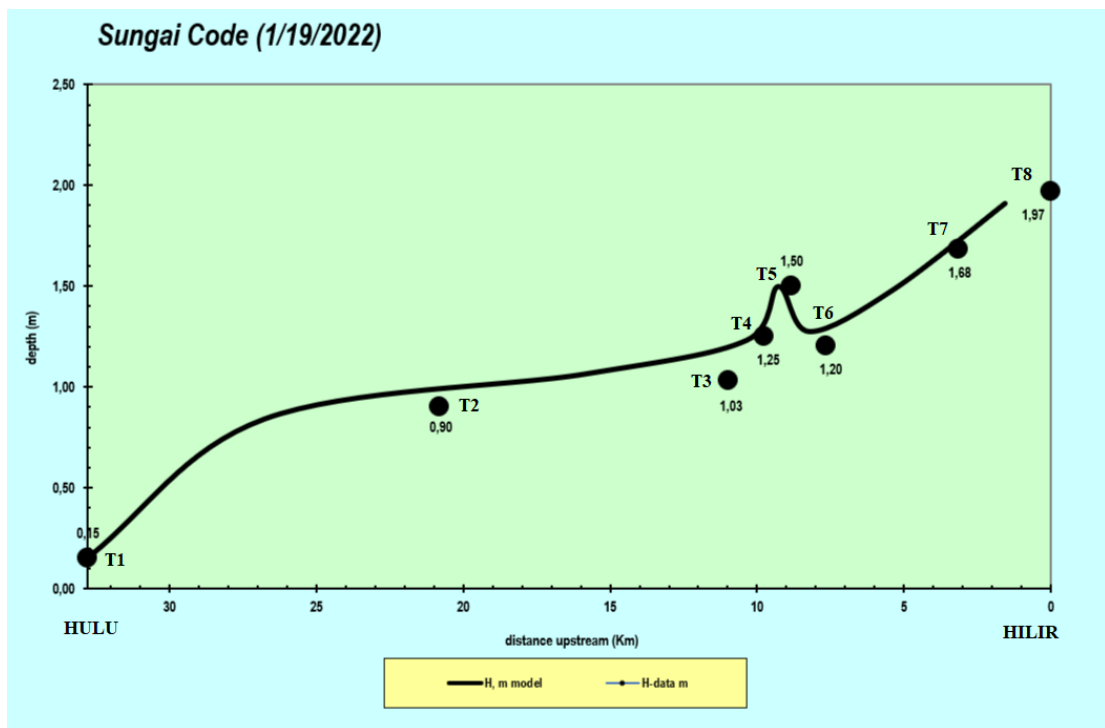
Pada BOD, kalibrasi dilakukan melalui *trial and error worksheet reach rates*, *worksheet point source* dan *worksheet diffuse source* pada konsentrasi BOD sumber pencemar sehingga grafik model (garis merah dan hitam) mendekati data lapangan (kotak hitam). *Trial and error* pada *worksheet diffuse source* dilakukan dengan merubah nilai konsentrasi pencemar seperti seperti limbah domestik, pertanian dan perikanan hingga didapatkan hasil model yang mendekati data lapangan. Berikut merupakan hasil kalibrasi data hidrolik dan data kualitas air sungai terlihat pada Gambar 4.12, Gambar 4.13, Gambar 4.14, Gambar 4.15 dan Gambar 4.16.



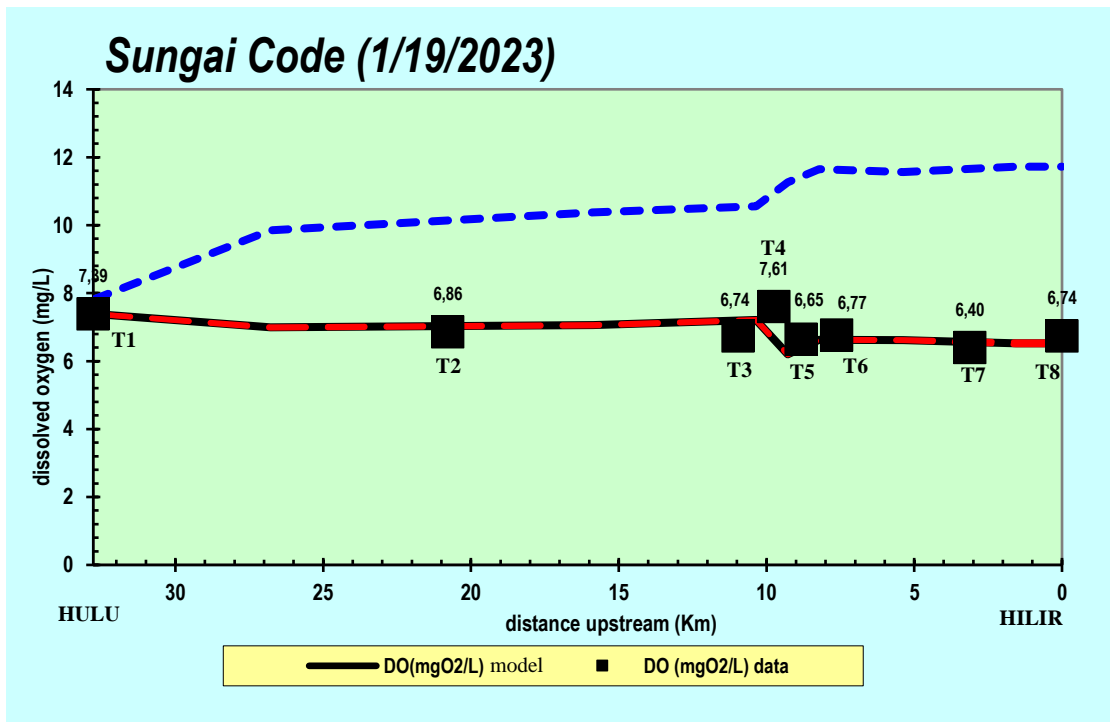
Gambar 4. 12 Hasil Kalibrasi Data Debit Sungai Code



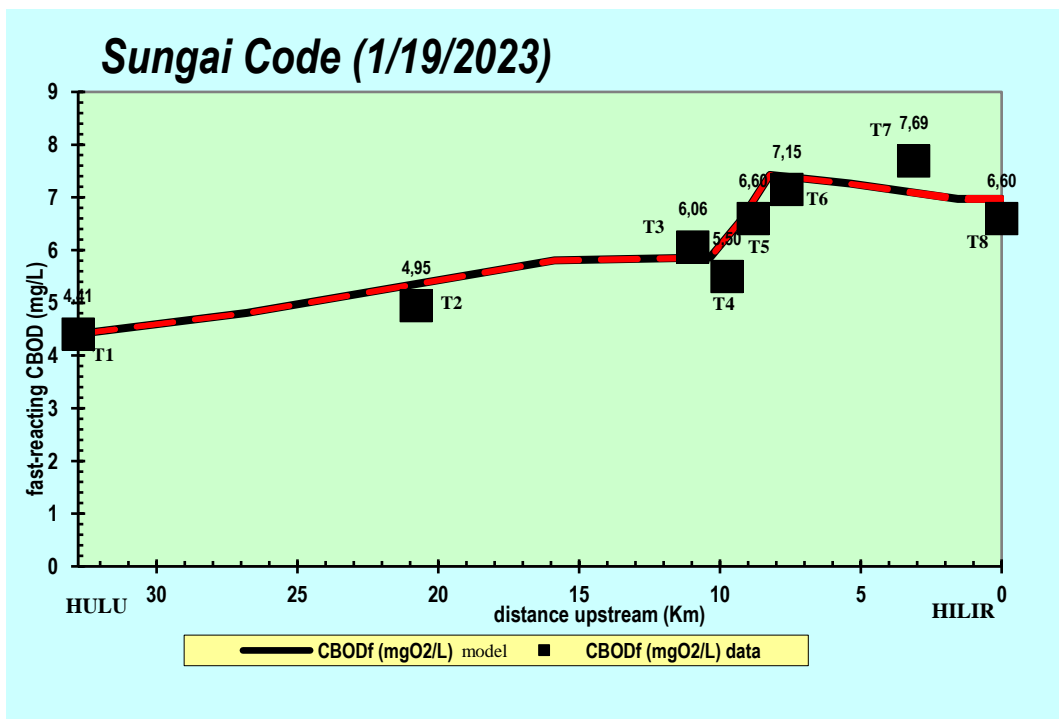
Gambar 4. 13 Hasil Kalibrasi Data Kecepatan Sungai Code



Gambar 4. 14 Hasil Kalibrasi Data Kedalaman Sungai Code



Gambar 4. 15 Hasil Kalibrasi Data DO Sungai Code



Gambar 4. 16 Hasil Kalibrasi Data BOD Sungai Code

Berdasarkan Gambar 4.12, menunjukkan grafik model debit memiliki debit yang berfluktuatif dari titik 1 hingga titik 8. Terlihat bahwa grafik model mendekati

tren data debit yang diinput dalam *worksheet hydraulic data*. Artinya, model dapat diterima. Dalam proses kalibrasi data debit, *trial and error* dilakukan pada *worksheet diffuse source* yaitu dengan mengubah – ubah nilai debit yang masuk ke aliran sungai.

Berdasarkan Gambar 4.13, menunjukkan grafik model data kecepatan dari titik 1 hingga titik 8 yang berfluktuatif. Terlihat bahwa grafik model mendekati tren data lapangan, sehingga model dapat diterima. Pada Gambar 4.14, menunjukkan grafik model data kedalaman memiliki nilai yang berfluktuatif. Dengan grafik model mendekati tren data kedalaman. Artinya, model mendekati data lapangan dan dapat diterima. Perubahan nilai kedalaman dipengaruhi kondisi lebar sungai, kecepatan aliran sungai dan nilai *slope*.

Berdasarkan Gambar 4.15, menunjukkan bahwa untuk parameter DO hasil data model sudah mendekati data lapangan. Terlihat bahwa konsentrasi DO mengalami penurunan dari titik 1 hingga titik 8. Pada titik 5 dengan kedalaman sungai mencapai 1,5 meter, menandakan bahwa kondisi sungai cukup dalam. Semakin dalam suatu sungai akan mengakibatkan penurunan konsentrasi DO, karena berkurangnya proses fotosintesis dan sulitnya udara yang masuk ke dalam sungai. Sedangkan peningkatan konsentrasi DO dapat terjadi karena dipengaruhi oleh terjunan yang menyebabkan proses aerasi sehingga terjadi efek oksigenasi lokal (Dyah dkk, 2013).

Pada Gambar 4.16 menunjukkan bahwa untuk parameter BOD, hasil model data mendekati tren data lapangan atau sudah mendekati data yang sebenarnya. Terjadi peningkatan konsentrasi BOD dari titik 1 hingga titik 8 ini terjadi karena semakin ke hilir semakin banyak *effluent* yang masuk ke aliran Sungai Code. Sungai Code berada di daerah pemukiman yang padat penduduk dan terdapat lahan pertanian di sekitarnya, sehingga masukan air limbah juga akan semakin banyak. Meningkatnya konsentrasi BOD juga seiring dengan penurunan konsentrasi oksigen di dalam air dan menyebabkan konsentrasi DO menurun.

4.5.3 Hasil Validasi Model

Trial and error pada software QUAL2Kw ini dilakukan pada data hidrolik dan kualitas air. Data yang sudah dilakukan *trial and error* dilanjutkan dengan melakukan proses validasi model yaitu menghitung nilai *error* data model dengan data lapangan. Apabila nilai *error* telah memenuhi ketentuan, maka model dapat diterima. Dengan menggunakan metode RMSPE, persentase nilai error dapat dihitung dengan persamaan rumus (4). Berikut hasil perhitungan validasi model menggunakan metode RMSPE :

Tabel 4. 11 Hasil Validasi Data Debit Sungai Code

Titik	Lapangan (1)	Model (2)	$\left(\frac{(\text{lapangan})-(\text{model})}{\text{model}}\right)^2$ (3)	RMSPE $\sqrt{\frac{1}{8}(\sum(3) \times 100\%)}$
1	0,45	0,45	4,44444E-05	9
2	2,08	1,67	0,06027466	
3	3,43	3,42	8,54964E-06	
4	3,75	3,71	0,000116244	
5	5,00	4,96	5,55795E-05	
6	6,14	6,12	7,70849E-06	
7	6,69	6,52	0,000655448	
8	7,88	7,62	0,001136618	
Jumlah			0,067406834	

Tabel 4. 12 Hasil Validasi Data Velocity Sungai Code

Titik	Lapangan (1)	Model (2)	$\left(\frac{(\text{lapangan})-(\text{model})}{\text{model}}\right)^2$ (3)	RMSPE $\sqrt{\frac{1}{8}([\Sigma(3)] \times 100\%)}$
1	0,50	0,49	0,00045256	7
2	0,165	0,14	0,026433154	
3	0,14	0,13	0,001491568	
4	0,15	0,15	3,92119E-06	
5	0,18	0,18	3,10158E-05	
6	0,27	0,25	0,004628635	
7	0,35	0,39	0,008709754	
8	0,238	0,24	5,34021E-06	
Jumlah			0,041755948	

Tabel 4. 13 Hasil Validasi Data Depth Sungai Code

Titik	Lapangan (1)	Model (2)	$\left(\frac{(\text{lapangan})-(\text{model})}{\text{model}}\right)^2$ (3)	RMSPE $\sqrt{\frac{1}{8}([\Sigma(3)] \times 100\%)}$
1	0,15	0,15	0,000433902	6
2	0,90	0,84	0,005014657	
3	1,03	1,06	0,00101047	
4	1,25	1,23	0,000219418	
5	1,50	1,50	7,63283E-07	
6	1,20	1,27	0,003440301	
7	1,68	1,48	0,017795879	
8	1,97	1,91	0,000955919	

Jumlah	0,02887131	
--------	------------	--

Berdasarkan hasil perhitungan RMSPE pada data hidrolis di atas, menunjukkan bahwa model dapat diterima karena nilai RMSPE berada di bawah 50%. Untuk data debit sebesar 9%, data velocity sebesar 7% dan data Depth sebesar 6%.

Tabel 4. 14 Hasil Validasi Data BOD Sungai Code

Titik	Lapangan (1)	Model (2)	$\left(\frac{(\text{lapangan})-(\text{model})}{\text{model}}\right)^2$ (3)	RMSPE $\sqrt{\frac{1}{8}([\Sigma(3)] \times 100\%)}$
1	4,41	4,41	4,05770842E-32	4
2	4,95	4,81	0,000871392	
3	6,06	5,80	0,001944748	
4	5,50	5,86	0,003645156	
5	6,60	6,55	6,06149E-05	
6	7,15	7,43	0,001342491	
7	7,69	7,26	0,003583944	
8	6,60	6,97	0,002810325	
Jumlah			0,014258671	

Tabel 4. 15 Hasil Validasi Data DO Sungai Code

Titik	Lapangan (1)	Model (2)	$(\frac{lapangan - model}{model})^2$ (3)	RMSPE $\sqrt{\frac{1}{8}([\Sigma(3)] \times 100\%)}$
1	7,39	7,39	7,07795E-31	4
2	6,86	6,99	0,000348865	
3	6,74	7,06	0,002031717	
4	7,61	7,22	0,002992607	
5	6,65	6,20	0,005295319	
6	6,77	6,63	0,000452701	
7	6,40	6,62	0,001125529	
8	6,74	6,53	0,001080923	
Jumlah			0,013327663	

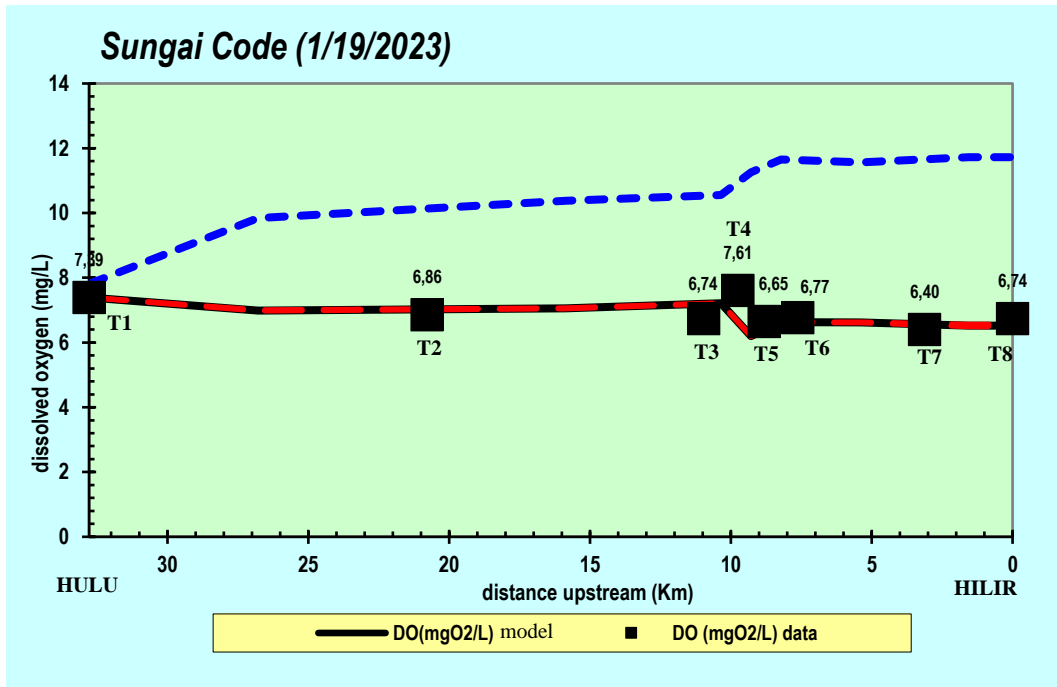
Berdasarkan hasil perhitungan RMSPE di atas, menunjukkan bahwa model data kualitas air sungai dapat diterima, karena memiliki nilai RMSPE < 50%. Untuk data BOD sebesar 4% dan data DO sebesar 4%.

4.5.4 Hasil Simulasi Model

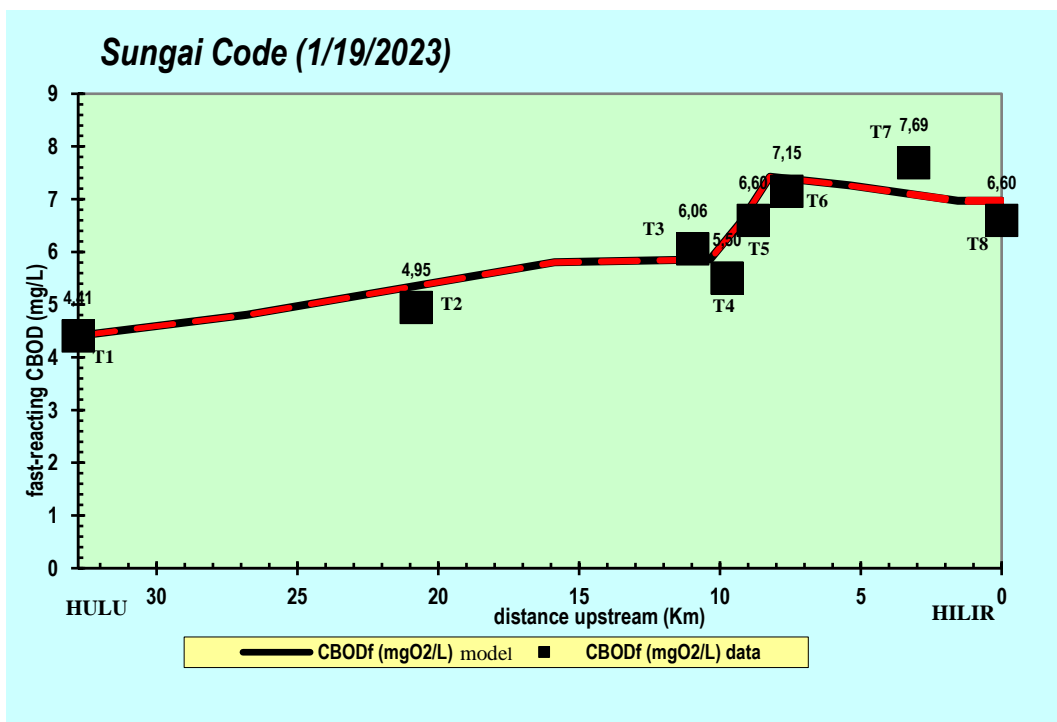
Setelah melewati proses kalibrasi dan validasi dengan *running* model untuk memperoleh model kualitas air Sungai Code, maka dilanjutkan dengan simulasi dengan skenario. Berikut merupakan simulasi yang dilakukan dengan dua skenario :

a) Skenario 1

Simulasi dengan menggunakan skenario 1 ini dilakukan menggunakan data hulu sungai dan sumber pencemar menggunakan data eksisting. Skenario ini menghasilkan data kualitas air berupa model yang sesuai dengan data lapangan. Hasil simulasi pada skenario 1 dapat dilihat pada Gambar 4.17. dan Gambar 4.18.



Gambar 4. 17 Hasil Simulasi 1 Parameter DO



Gambar 4. 18 Hasil Simulasi 1 Parameter BOD

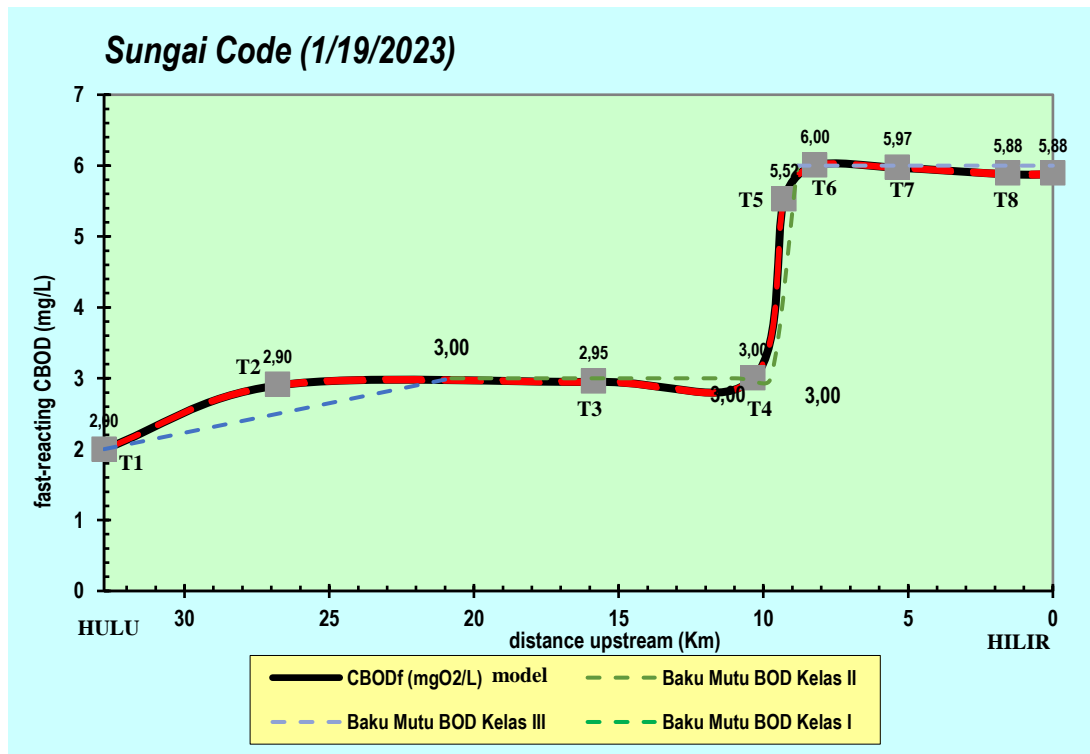
Berdasarkan Gambar 4.17 yaitu grafik dari hasil simulasi 1 untuk parameter DO terjadi penurunan dari titik hulu ke titik hilir. Konsentrasi DO yang menurun

dipengaruhi oleh kondisi hidrolis sungai, temperatur udara, temperatur air dan jumlah *effluent* yang masuk ke badan sungai (Chen dkk, 2018). *Effluent* dapat berupa saluran drainase, limbah perikanan, limbah pertanian dan limbah domestik. Meningkatnya pencemaran pada Sungai Code akan mengakibatkan konsentrasi DO semakin menurun karena ketersediaan oksigen digunakan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik dalam sungai. Selain itu, konsentrasi DO mengalami peningkatan pada suhu air yang rendah dan mengalami penurunan pada suhu air yang tinggi.

Pada Gambar 4.18 terlihat bahwa parameter BOD dari titik 1 hingga titik 8 mengalami peningkatan. Penurunan konsentrasi DO dan peningkatan konsentrasi BOD terjadi karena terdapat sumber pencemar yang masuk ke badan sungai sehingga menyebabkan penurunan kualitas air sungai. Lokasi Sungai Code yang berada di daerah padat penduduk dan terdapat lahan pertanian menyebabkan banyak air limbah yang masuk ke dalam Sungai Code. Sumber pencemar berupa *point source* dan *diffuse source* menyebabkan peningkatan konsentrasi BOD karena banyaknya bahan organik yang terdapat pada air limbah dan terakumulasi dengan air sungai. Sehingga, berdampak pada kualitas air Sungai Code dan menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Pada titik 5 dan titik 6 terjadi peningkatan BOD yang disebabkan oleh banyaknya air limbah yang masuk ke aliran sungai, karena titik tersebut berada di Kota Yogyakarta yang memiliki permukiman padat penduduk.

b) Skenario 2

Simulasi dengan menggunakan skenario 2 ini dilakukan dengan menginput nilai baku mutu kelas I sesuai dengan Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008 pada *worksheet headwater dan Water Quality (WQ)* data. Untuk sumber pencemar *diffuse source* dilakukan *trial and error*. Berikut hasil simulasi 2 pada parameter BOD dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4. 19 Hasil Simulasi 2 Parameter BOD

Berdasarkan Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa model simulasi 2 parameter BOD memiliki nilai kualitas air yang telah memenuhi Baku Mutu Air kelas I, kelas II dan kelas III. Pada simulasi kedua ini menghasilkan nilai konsentrasi beban pencemar maksimum yang masih memenuhi baku mutu dengan kualitas air sungai di hulu diasumsikan telah memenuhi baku mutu air kelas I, kelas II dan kelas III. Hasil simulasi tersebut digunakan sebagai perhitungan daya tampung beban pencemar air Sungai Code.

4.6 Analisis Daya Tampung Beban Pencemar

Setelah dilakukan simulasi, maka langkah selanjutnya yaitu menghitung beban cemar yang menggunakan nilai hasil simulasi pada *worksheet source summary*. Pada *source summary* ini memuat nilai debit dan konsentrasi sumber pencemar tiap segmen yang digunakan dalam perhitungan daya tampung.

4.6.1 Beban Pencemaran

Pada beban pencemar ini diperoleh dari perhitungan konsentrasi BOD yang masuk ke dalam sungai (mg/L) dengan besarnya jumlah debit aliran sungai

(m³/detik). Dalam penelitian ini, hanya beban pencemar BOD saja yang akan dilakukan perhitungan. Hal ini dikarenakan parameter DO bukan merupakan parameter pencemar sungai. Setelah itu, dilakukan perhitungan beban pencemar pada simulasi 1 (kondisi eksisting) dan simulasi 2 (beban pencemar maksimum), sehingga dapat menghitung daya tampung beban pencemaran. Berikut merupakan hasil perhitungan beban pencemar parameter BOD dapat dilihat pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.17.

Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan Beban Pencemar Simulasi 2

Segmen	Km dari hilir	Debit (m ³ /detik)	Konsentrasi (mg/L)	BOD (kg/hari)
Segmen 1	32,78 - 20,78	2,10	5,51	999,06
Segmen 2	20,78 - 10,96	1,85	7,08	1131,39
Segmen 3	10,96 - 9,75	0,28	7,87	188,24
Segmen 4	9,75 - 8,82	1,55	13,72	1837,92
Segmen 5	8,82 - 7,62	1,27	9,47	1038,80
Segmen 6	7,62 - 3,12	0,7	6,60	399,12
Segmen 7	3,12 - 0,00	1,2	22,92	2376,17

Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Kondisi Eksisting Simulasi 1

Segmen	Km dari hilir	Debit (m ³ /detik)	Konsentrasi (mg/L)	BOD (kg/hari)
Segmen 1	32,78 - 20,78	1,22	5,01	527,79
Segmen 2	20,78 - 10,96	1,78	6,79	1026,69
Segmen 3	10,96 - 9,75	0,29	6,57	164,62
Segmen 4	9,75 - 8,82	1,25	8,61	932,54
Segmen 5	8,82 - 7,62	1,16	11,43	1145,77
Segmen 6	7,62 - 3,12	0,40	6,60	228,07
Segmen 7	3,12 - 0,00	1,10	24,06	2286,61

4.6.2 Daya Tampung Beban Pencemar

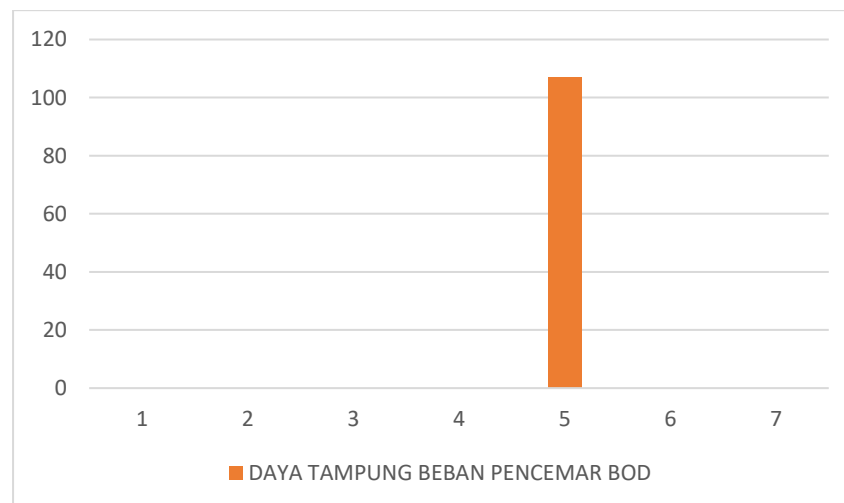
Perhitungan daya tampung beban pencemar ini dilakukan dengan menggunakan selisih antara simulasi 2 dan 1. Simulasi 2 merupakan kondisi sungai dengan beban pencemar maksimum yang disesuaikan dengan baku mutu kelas I,

kelas II dan kelas III serta *trial and error* sumber pencemar *diffuse source* hingga mendekati baku mutu yang ditetapkan. Sedangkan, simulasi 1 merupakan kondisi sungai dengan beban pencemar eksisting di lapangan. Berikut nilai daya tampung beban pencemar dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Daya Tampung Beban Pencemaran

Segmen	Km dari hilir	BOD (kg/hari)
Segmen 1	32,78 - 20,78	471,27
Segmen 2	20,78 - 10,96	104,70
Segmen 3	10,96 - 9,75	23,63
Segmen 4	9,75 - 8,82	905,37
Segmen 5	8,82 - 7,62	-106,97
Segmen 6	7,62 - 3,12	171,05
Segmen 7	3,12 - 0,00	89,56

Berikut grafik daya tampung beban pencemar BOD pada Gambar 4.20.



Gambar 4. 20 Daya Tampung Beban Pencemar BOD

Berdasarkan Tabel 4.18 dapat dilihat bahwa hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran untuk parameter BOD melebihi daya tampung. Pada parameter BOD daya tampung yang berlebih berada pada segmen 5 (Yogyakarta) yaitu sebesar 106,97 kg/hari. Nilai negatif pada daya tampung beban pencemaran parameter BOD menunjukkan bahwa Sungai Code tidak dapat lagi menerima beban pencemar yang

akan masuk ke aliran sungai. Hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan konsentrasi BOD.

4.7 Penurunan Beban Pencemar

Setelah dilakukan perhitungan Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP), didapatkan hasil daya tampung beban pencemar terkini untuk parameter BOD. Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) BOD terdapat beban pencemar yang memenuhi dan melebihi daya tampung. Berdasarkan hasil perhitungan DTBP, parameter BOD terdapat segmen yang bernilai negatif, yaitu pada segmen 5. Hal ini dikarenakan terdapat masukan beban pencemar yang berlebih dan semakin banyak debit *inflow* dan kemampuan sungai dalam melakukan purifikasi tidak maksimal pada parameter BOD. Sehingga, pada segmen tersebut sehingga perlu dilakukan penurunan beban pencemar. Penurunan beban pencemaran perlu dilakukan untuk mengurangi konsentrasi beban pencemar dan meningkatkan nilai DTBP dengan cara membangun IPAL komunal di wilayah tersebut. Sehingga diharapkan dengan adanya pengelolaan air limbah di IPAL akan menurunkan beban pencemar sebelum masuk ke Sungai Code dan konsentrasi BOD mengalami penurunan. Berikut nilai beban pencemar yang perlu dilakukan penurunan beban pencemar terlihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Nilai Beban Pencemar Yang Harus Diturunkan

Segmen	BOD (kg/hari)	Besaran yang perlu diturunkan (kg/hari)	Sumber Pencemar	Strategi Penurunan
Segmen 5	-106,97	106,97	- Saluran Drainase - Limbah Domestik	- Pembangunan IPAL komunal di wilayah permukiman padat penduduk. - Pembuatan bendungan atau penempatan terjunan.

Berdasarkan Tabel 4.19, terlihat bahwa nilai Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) BOD yang perlu dilakukan penurunan beban pencemar sebesar 106,97 kg/hari. Penurunan beban pencemar ini dapat dilakukan dengan cara menurunkan konsentrasi beban pencemar pada limbah domestik di segmen tersebut yaitu dengan membangun IPAL Komunal di wilayah permukiman padat penduduk. Dengan adanya pengolahan air limbah di IPAL diharapkan dapat mengurangi konsentrasi beban pencemar sebelum masuk ke badan sungai. Selain itu, juga dapat meningkatkan kinerja IPAL dengan melakukan pemantauan secara rutin dan berkala, sehingga dapat menurunkan jumlah beban pencemar pada Sungai Code.

Pembangunan IPAL komunal dengan proses *anaerobic baffle reactor* (ABR) ini dipilih sebagai unit pengolah air limbah domestik karena memiliki kelebihan yaitu mampu mengolah air limbah dengan tingkat efisien yang tinggi dan biaya desain serta operasionalnya rendah (Hahn & Figueroa, 2015). Unit pengolahan IPAL komunal terdiri dari beberapa komponen yaitu inlet, bak pengendap, bak *Anaerobic Filter* (AF), bak *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR) dan outlet. Menurut penelitian (Quraini dkk, 2022), tingkat efisiensi penyisihan BOD sebesar 70% - 95% pada unit ABR. Berdasarkan unit pengolahan, IPAL dapat bekerja dalam menurunkan kadar BOD dari 120 mg/L menjadi 6,5 mg/L dengan penyisihan BOD sebesar 94,5% (Tapioka dkk, 2022). Didapatkan *effluent* BOD sebesar 6,5 mg/L dan memenuhi baku mutu air limbah yaitu 30 mg/L (Abdi dkk, 2019). Sehingga, diperoleh hasil pengolahan air limbah domestik IPAL komunal ini sudah aman untuk dibuang langsung ke badan air.

Menurut penelitian (Triane & Suharyanto, 2015), Kenaikan nilai DO dapat terjadi karena adanya proses aerasi di badan air, yaitu dengan cara pembuatan bendungan atau penempatan terjunan. Hal tersebut dapat meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut karena dengan penempatan terjunan menyebabkan terjadinya kontak air dengan udara, sehingga sungai dapat melakukan proses *self purification*. Selain itu, mikroorganisme dalam menguraikan zat organik sudah berjalan dengan baik. Sehingga konsentrasi BOD dari hulu ke hilir mengalami penurunan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. a) Pada parameter BOD, diperoleh hasil konsentrasi BOD yang melebihi baku mutu dari titik hulu hingga hilir berturut – turut yaitu sebesar 4,41 mg/L, 4,95 mg/L, 6,06 mg/L, 5,50 mg/L, 6,60 mg/L, 7,15 mg/L dan 7,23mg/L. Sedangkan, pada titik 8 memiliki konsentrasi BOD sebesar 5,69 mg/L dan berada di bawah baku mutu air kelas III yaitu 6 mg/L.
b) Pada parameter DO diperoleh dari hasil perhitungan titik hulu hingga hilir berturut – turut yaitu 7,39 mg/L, 6,86 mg/L, 6,74 mg/L, 7,61 mg/L, 6,65 mg/L, 6,77 mg/L, 6,40 mg/L dan 6,74 mg/L. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi DO di Sungai Code masih memenuhi baku mutu.
2. Beban pencemar yang masuk ke aliran Sungai Code berupa sumber pencemar *point source* dan *diffuse source*. Sumber pencemar *point source* diantaranya yaitu saluran drainase. Sedangkan, sumber pencemar *diffuse source* meliputi limbah perikanan, limbah pertanian dan limbah domestik.
3. Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) Sungai Code untuk parameter BOD telah memenuhi daya tampung yaitu pada segmen 1 (Boyong - Ngentak) sebesar 471,27 kg/hari, pada segmen 2 (Ngentak – Kewek) sebesar 104,70 kg/hari, pada segmen 3 (Kewek – Ngupasan) sebesar 23,63 kg/hari, pada segmen 4 (Ngupasan – Keparakan) sebesar 905,37 kg/hari, pada segmen 6 (Tungkak – Abang Ngoto) sebesar 171,05 kg/hari dan segmen 7 (Abang Ngoto – Pacar Wonokromo) sebesar 89,56 kg/hari. Sedangkan pada segmen 5 (Keparakan – Tungkak) bernilai negatif dan melebihi daya tampung yaitu sebesar 106,97 kg/hari.

4. Jumlah beban pencemar yang harus diturunkan hingga memenuhi daya tampung pada segmen 5 (Keparakan – Tungkak) sebesar 106,97 kg/hari.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang dapat menjadi bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Perlu dilakukan inventarisasi dan pemetaan sumber pencemar pada Sungai Code secara rutin.
2. Perlu dilakukan pembaharuan Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Code dengan musim yang berbeda yaitu musim penghujan dan musim kemarau.
3. Perlu dilakukan pembaharuan Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Code dengan skenario yang berbeda.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, C., Khair, R. M., & Hanifa, T. S. (2019). Perencanaan Bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Komunal Domestik Dengan Proses Anaerobic Baffled Reactor (Abr) Pada Asrama Pon-Pes Terpadu Nurul Musthofa Di Kabupaten Tabalong Kalimantan Selatan. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 5(1), 86–95. <https://doi.org/10.20527/jukung.v5i1.6200>
- Akbar, A. A., & Desmaiani, H. (2021). Pengaruh aktivitas Manusia Terhadap Beban Pencemaran Sub DAS Sungai Rengas, Kalimantan Barat. 09(2), 90–100.
- Anwariani, D. (2019). Pengaruh Air Limbah Domestik Terhadap Kualitas Sungai. <https://osf.io/preprints/inarxiv/8Nxsj/>, 82, 12.
- Arie. Usnie. *6 Jurus Sukses Baru Pertumbuhan Nila - Panen 60 kg/m³*. Depok : Penebar Swadaya, 2012.
- Ashar, Y. K. (2020). SKRIPSI Analisis Kualitas (BOD, COD, DO) Air Sungai Pesanggarahan Desa Rawadenok Kelurahan Rangkepan Jaya Baru Kecamatan Mas Kota Depok. *Skripsi*, 24.
- Brontowiyono, W., Kasam, K., L, R., & A, I. (2013). Strategi Penurunan Pencemaran Limbah Domestik di Sungai Code DIY. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 5(1), 36–47. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol5.iss1.art5>
- Chen, Q. S., Xie, X. H., Du, Q. Y., & Liu, Y. (2018). Parameters sensitivity analysis of DO in water quality model of QUAL2K. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 191(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/191/1/012030>
- Deksissa, T. (2004). *Dyanmic Integrated Modelling of Basic Water Water and Fate and Effect of Organic Contaminants in Rivers* (Issue January 2004).

Dyah, Agnes Novitasari Lestari; Sugiharto, Eko; Siswanta, D. (2013). APLIKASI MODEL QUAL2Kw UNTUK MENENTUKAN STRATEGI PENANGGULANGAN PENCEMARAN AIR SUNGAI GAJAHWONG YANG DISEBABKAN OLEH BAHAN ORGANIK (Application of Qual2Kw Model to Determine the Strategy in Solving Gajahwong River Water Pollution Caused by Organic Matter). *Journal of People and Environment*, 20(3), 284–293.

Fachrurazie, C. (2005). Tinjauan Debit Aliran pada Saluran Utama Jaringan Irigasi Riam Kanan Sub Area A untuk Pertanian, Perikanan dan PDAM. *Media Teknik Sipil, UNLAM*, 13(xxxii), 1–7.

Fadly, N. A. (2008). *Daya Tampung Dan Daya Dukung Sungai Ciliwung Dan Strategi Pengelolaannya*. 1–64.

Fajaruddin, A. H. (2017). *STUDI PENENTUAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN SUNGAI BRANTAS RUAS KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN PAKET PROGRAM QUAL2Kw*.

Hahn, M. J., & Figueroa, L. A. (2015). Pilot scale application of anaerobic baffled reactor for biologically enhanced primary treatment of raw municipal wastewater. *Water Research*, 87, 494–502.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.09.027>

Imroatusshoolikhah, Ig Setyawan Purnama, S. S. (2014). Kajian Kualitas Air Sungai Code Provinsi Daerah Istimewa YOgyakarta. *UIN Maulana Malik Ibrahim*, 39(1), 1–15.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.biochi.2015.03.025><http://dx.doi.org/10.1038/nature10402><http://dx.doi.org/10.1038/nature21059><http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127><http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro2577>

Irsanda, P. G. R., Karnaningroem, N., & Bambang, D. (2014). Analisis Daya

Tampung Beban Pencemaran Kali Pelayaran Kabupaten Sidoarjo Dengan.
Teknik POMITS, 3(1), 47–52.

<http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/5681/1687>

Junaidi, F. F. (2014). *212071-Analisis-Distribusi-Kecepatan-Aliran-Sun*. 2(3).

Kannel, P. R., Lee, S., Lee, Y. S., Kanel, S. R., Pelletier, G. J., & Kim, H. (2007). Application of automated QUAL2Kw for water quality modeling and management in the Bagmati River, Nepal. *Ecological Modelling*, 202(3–4), 503–517. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.12.033>

Kurnianti, L. Y. (2020). Analisis Beban Dan Status Pencemaran Bod Dan Cod Di Kali Asin, Semarang. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(3), 379–388. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2020.004.03.10>

Lesmana, D., Fauzi, M., & Sujatmoko, B. (2021). Analisis Kemiringan Lereng Daerah Aliran Sungai Kampar Dengan Titik Keluaran Waduk Plta Koto Panjang. *Jom FTEKNIK*, 8(2), 1–7.

Maghfiroh, L. (2016). *Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Kalimas Surabaya (Segmen Taman Prestasi-Jembatan Petekan) Dengan Pemodelan QUAL2Kw*.

Marlina, N., Brontowiyono, W., & Chasna, R. (2020). Analisis Kualitas Air dan Daya Tampung Sungai dengan Metode Qual2Kw (Studi Kasus: Sungai Code, Yogyakarta). *Jurnal Serambi Engineering*, 5(4). <https://doi.org/10.32672/jse.v5i4.2323>

Marlina, N., Hudori, H., & Hafidh, R. (2017). Pengaruh Kekasaran Saluran Dan Suhu Air Sungai Pada Parameter Kualitas Air Cod, Tss Di Sungai Winongo Menggunakan Software Qual2Kw. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 9(2), 122–133. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol9.iss2.art6>

Mauliana, Y., & Novilyansa, E. (2022). *Studi Kelayakan Teknis Pembangunan*

*Jaringan Perpipaan Sumber Air Mencar Jaya Di Kabupaten Oku Timur
Technical Feasibility Study Of The Development Of The Mencar Jaya Water
Source Pipe Network In Oku Timur District Pembangunan Jaringan
Perpipaan Air di Tim. 07.*

Muasry, D. I. O. P. (2022). *TOTAL COLIFORM DI DAS CITARUM HULU
MENGUNAKAN QUAL2KW UNIVERSITAS INDONESIA SIMULATION
OF FECAL COLIFORM AND TOTAL COLIFORM BACTERIAL
POLLUTION IN THE UPPER CITARUM WATERSHED USING
QUAL2KW.*

Muchtar, A., & Abdullah, N. (2007). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Debit Sungai Mamasa. *Jurnal Hutan Dan Masyarakat*, 2(1), 174–187.

Muzaidi, I., Anggarini, E., & Ma'ruf prayugo, H. (2018). Studi Kasus Pencemaran Air Sungai Teluk Dalam Banjarmasin Akibat Limbah Domestik. *Media Teknik Sipil*, 16(2), 108–114.
<http://ejournal.umm.ac.id/index.php/jmts/article/view/6267>

Nugraha, W. D. (2007). Analisis Pengaruh Hidrolika Sungai Terhadap Transport BOD dan Do dengan Menggunakan Software Qual2E (Studi Kasus Di Sungai Kaligarang, Semarang). *Jurnal Presipitasi*, 2(1), 66–70.

Pangestu, R., Riani, E., & Effendi, H. (2017). Estimasi Beban Pencemaran Point Source Dan Limbah Domestik Di Sungai Kalibaru Timur Provinsi Dki Jakarta, Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 7(3), 219–226. <https://doi.org/10.29244/jpsl.7.3.219-226>

Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. In *Sekretariat Negara Republik Indonesia* (Vol. 1, Issue 078487A, p. 483). <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>

- Prayogo, T. B. (2015). *Analisis kualitas air dan strategi pengendalian pencemaran air sungai metro di kota kepanjen kabupaten malang*. 6(2), 105–114.
- Quay, C. (2018). *Water Quality Impacts of the Citarum River on Jakarta and Surrounding Bandung Basin*. 26. <https://kb.osu.edu/handle/1811/84918>
- Quraini, N., Busyairi, M., & Adnan, F. (2022). Evaluasi Kinerja Intalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Berbasis Masyarakat Kelurahan Masjid Samarinda Seberang. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 6(1), 10–20. <https://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/7231>
- Rahmi, R. (2022). *TUGAS AKHIR PEMODELAN KUALITAS AIR SUNGAI BERDASARKAN PARAMETER DO DAN BOD MENGGUNAKAN SOFTWARE QUAL2KW (STUDI KASUS : SUNGAI WINONGO , PROVINSI DIY)*.
- Rezagama, A., Sarminingsih, A., Rahmadani, A. Y., & Aini, A. N. (2019). Pemodelan Peningkatan Kualitas Air Sungai melalui Variasi Debit Suplesi. *Teknik*, 40(2), 106. <https://doi.org/10.14710/teknik.v39i3.23893>
- Rohman, F., & Laili, S. (2019). *Kajian Faktor Lingkungan Abiotik pada Kolam Ikan Bandeng (Chanos chanos Forsskal) dengan Suspected Parasites di Desa Balongpanggung*. 4, 46–52.
- Rosmeiliyana. (2021). Analisis Kualitas Air Sungai Cisangkan Kota Cimahi Provinsi Jawa Barat. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 7 (1): 18-32, 2021, 3(1), 10–27. <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- Saily, R., & Sjelly Haniza. (2020). Pendekatan Nilai Kualitas Air dengan Metode Model Qual2Kw pada Parameter Uji DO dan NH4. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 167–173. <https://doi.org/10.31849/siklus.v6i2.4868>

- Sampe, H. R., Juwana, I., & Marganingrum, D. (2018). Kajian Perhitungan Beban Pencemaran Sungai Cisangkuy di Cekung Bandung dari Sektor Pertanian. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 2(2), 165–175.
<https://doi.org/10.26760/jrh.v2i2.2395>
- Sinaga, E. (2016). *Profil Suhu, Oksigen Terlarut, dan pH Secara Vertikal Selama 24 Jam di Danau Kelapa Gading Kabupaten Asahan Sumatera Utara*. 23(4), 114–124.
- Staddal, I., Haridjaja, O., & Hidayat, Y. (2017). Analisis debit aliran sungai DAS Bila, Sulawesi Selatan. *Jurnal Sumber Daya Air*, 12(2), 117–130.
<https://doi.org/10.32679/jsda.v12i2.56>
- Sulaeman. (2014). *Kajian Dampak Perubahan Penggunaan Terhadap Debit ALiran DAS Ciujung. 1*, 1–14.
- Syahril. (2016). Sumber Polusi Titik Dan Tersebar (Point And Nonpoint Source Pollution) Terhadap Pencemaran Airbawah Permukaan. *Prosiding Seminar Nasional “Pelestarian Lingkungan & Mitigasi Bencana,”* 43–49.
[https://repository.unri.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/8578/R1.7 Syahril S3 PSIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unri.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/8578/R1.7%20Syahril%20S3%20PSIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Tapioka, T., Sari, P. T., Sumatera, T., & Bedagai, S. (2022). *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri*. VII(1), 2607–2616.
- Triane, D., & Suharyanto, S. (2015). PEMODELAN KUALITAS AIR MENGGUNAKAN MODEL QUAL2K (Studi Kasus: DAS Ciliwung). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 21(2), 190–200.
<https://doi.org/10.5614/jtl.2015.21.2.9>
- Widyasari, T. (2019). Beban Pencemaran Sumber Limbah di Sungai Code. *Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 144–154. <https://doi.org/10.28932/jts.v5i2.1319>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1 Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008

LAMPIRAN
PERATURAN GUBERNUR
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
NOMOR 20 TAHUN 2008
TANGGAL 14 AGUSTUS 2008

BAKU MUTU AIR DI PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Parameter Baku Mutu Air DIY	Satuan	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV	Keterangan
		KANDUNGAN				
FISIKA						
Temperatur	°C	±3°C terhadap suhu udara	±3°C terhadap suhu udara	±3°C terhadap suhu udara	±3°C terhadap suhu udara	Deviasi temperatur dari keadaan alamiah
Bau		tidak berbau	(x)	(x)	(x)	
Kekeruhan	NTU	5	(x)	(x)	(x)	
Warna	TCU	50	100	(x)	(x)	
Residu Terlarut (TDS)	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi (TSS)	mg/L	0	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L
KIMIA						
pH		6-8,5	6-8,5	6-9	5-9	
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	5	4	0	Angka batas minimum
Fosfat	mg/L	0,2	0,2	1	5	
Nitrat	mg/L	10	10	20	20	
Amoniak (NH ₃)	mg/L	0,5	(x)	(x)	(x)	Bagi perikanan kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka < 0,02 mg/L sebagai NH ₃
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	

Lampiran 2 Peraturan Gubernur DIY No. 22 Tahun 2007

Bagian Ketujuh
Sungai Code

Pasal 10

- (1) Sungai Code mulai dari bagian hulu kearah hilir sampai pertemuan Sungai Boyong dengan Sungai Trasi di Dusun Dayakan, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman menurut peruntukannya sebagai sungai kelas satu.

- (2) Sungai Code mulai pertemuan Sungai Boyong dengan Sungai Trasi di Dusun Dayakan, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman kearah hilir sampai Kampung Surokrasan, Wirogunan, Mergangsan, Yogyakarta menurut peruntukannya sebagai sungai kelas dua.

- (3) Sungai Code mulai Kampung Surokrasan, Wirogunan, Mergangsan, Yogyakarta kearah hilir sampai pertemuan denagn Sungai Opak di Dusun Kembangsono, Trimulyo, Jetis, Bantul emnurut peruntukannya sebagai sungai kelas tiga.

Lampiran 3 Dokumentasi Pengambilan Sampel



Lampiran 4 Dokumentasi Pengujian BOD di Laboratorium



Lampiran 5 Worksheet QUAL2Kw

a. Reach

Reach for diel plot		Hydraulic Model (Weir Overrides Rating Curves; Rating Curves Override Manning Formula)																		
Reach	Downstream	Location	Upstream	Downstream	Latitude			Longitude			Weir	Rating Curves				Manning Formula				
Label	Latitude	Longitude	(m)	(m)	Degrees	Minutes	Seconds	Degrees	Minutes	Seconds	Height (m)	Width (m)	Coefficient	Exponent	Coefficient	Exponent	Slope	n	Bot Width (m)	Side
Segmen 1	-7.82	110.41	32.780	630.000	-7.00	-37	-28	110.00	24	50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.040	8.00	0
Segmen 2	-7.72	110.39	20.780	230.000	-7.00	-43	-16	110.00	23	19	0.0000	10.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00700	0.050	14.00	0
Segmen 3	-7.79	110.37	10.990	230.000	-7.00	-47	-22	110.00	22	8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.040	23.85	0
Segmen 4	-7.89	110.37	8.750	100.000	-7.00	-47	-59	110.00	22	16	1.0000	35.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.050	20.04	0
Segmen 5	-7.81	110.37	8.820	90.000	-7.00	-48	-23	110.00	22	27	1.1000	24.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.040	18.50	0
Segmen 6	-7.82	110.37	7.620	80.000	-7.00	-49	0	110.00	22	27	0.7000	19.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.050	19.00	0
Segmen 7	-7.85	110.38	3.120	70.000	-7.00	-51	-7	110.00	22	31	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.050	10.02	0
Segmen 7	-7.87	110.38	0.000	60.000	-7.00	-52	-21	110.00	23	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.040	16.80	0

b. Reach Rates

Reach member	Reach label	Prescribed Reservoir	IS5 Setting	Slow CBOD Hydrolysis Rate	Fast CBOD Oxidation Rate	Organic N Hydrolysis Rate	Ammonium Nitritation Rate	Density
		m	m/d	m	m	m/d	m/d	m/d
1	Segmen 1		1.3					0.35
2	Segmen 2		1					0.3
3	Segmen 3		1.4					0.1
4	Segmen 4		3.4					0.2
5	Segmen 5		2					1.2
6	Segmen 6		0.54					
7	Segmen 7		2.35					3

c. Point Source

Reach member	Reach label	Flow Abstraction	Flow Inflow	Flow Outflow	Flow Velocity	Flow Area	Flow Depth	Flow Slope	Flow Velocity	Flow Area	Flow Depth	Flow Slope	Flow Velocity	Flow Area	Flow Depth	Flow Slope
Downstream Link 1		27.83	0.0000	0.0000					5.30	0.00			2.22	0.00		
Downstream Link 2		20.55	0.0000	0.0000					5.80	0.00			6.94	0.00		
Downstream Link 3		80.34	0.0000	0.1270					5.48	0.00			8.57	0.00		
Downstream Link 4		6.30	0.0000	0.0000					5.70	0.00			7.62	0.00		
Downstream Link 5		7.52	0.0000	0.4000					7.00	0.00			9.80	0.00		
Downstream Link 6		3.70	0.0000	0.3000					4.50	0.00			27.49	0.00		

d. Diffuse Source

QUAL2Kw
Stream Water Quality Model
Sungai Code (1/19/2023)
Diffuse Source Data:

Name	Up (km)	Down (km)	Diffuse Abstraction m ³ /s	Diffuse Inflow m ³ /s	Temp °C	Spec Cond umhos	Inorg SS mg/DL	Diss Oxygen mg/L	CBOD slow mgO ₂ /L	CBOD fast mgO ₂ /L	Organic N ugN/L	Ammon N ugN/L	Nitrate N ugN/L	Organic P ugP/L	Inor
Pertanian	29.21	29.00	0.0000	1,1200				4.60		5.26					
Perikanan	15.55	15.42	0.0000	1,3000				4.60		7.01					
Limbah Domestik	10.39	10.29	0.0000	0,1630				4.80		6.57					
Limbah Domestik (Pemukiman)	9.49	9.97	0.0000	1,2530				4.70		8.61					
Limbah Domestik (Pemukiman)	8.40	7.90	0.0000	1,1400				4.80		11.53					
Pertanian	3.08	2.75	0.0000	0,2000				4.60		8.61					

Point Sources | Diffuse Sources | Dissolved Oxygen | CBOD fast | WQ Data | Source Summary | WQ Output | Flow | Velocity

e. Hydraulic Data

QUAL2Kw
Stream Water Quality Model
Sungai Code (1/19/2023)
Hydraulics Data:

Distance x(km)	Q-data m ³ /s	H-data m	U-data m/s	Travel time data (d)
32,780	0,45	0,150	0,500	0,000
20,780	2,080	0,900	0,165	0,000
10,960	3,430	1,030	0,140	0,000
9,750	3,750	1,250	0,150	0,000
8,820	5,000	1,500	0,180	0,000
7,620	6,140	1,200	0,270	0,000
3,120	6,690	1,680	0,350	0,000
0,000	7,880	1,970	0,238	0,000

WQ Data | Source Summary | WQ Output | Flow | Velocity | Depth | Hydraulics Data | Hydraulics Summary | Rat

Lampiran 6 Data Kualitas Sumber Pencemar Berdasarkan Penelitian Sebelumnya

Sumber Pencemar	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	Sumber Data		
			Peneliti	Tahun	Judul
Pertanian	2- 5	32,1	Asri Mutia Sani, Agung R, Gazi Muhammad Naufal Syarif, dan Hikmaya Aji Ningrum	2018	Kualitas Air Sebagai Sumber Irigasi di Wilayah Bandung Timur
			Nyoman Wijana	2011	Analisis Kualitas Air Limbah Pertanian Dan Limbah Domestik Pada Ekosistem Tumpang Tindih Di Sekitar Danau Buyan, Kabupaten Buleleng, Bali
Perikanan	2 – 6,7	1,85 – 2,12	Mega Kusuma Wardani,, Eka Iriadenta, dan Deddy Dharmaji	2017	Kelayakan Kualitas Perairan Kolam Di Perkebunan Kelapa Sawit Desa Gunung Melati Kecamatan Batu Ampar Kabupaten Tanah Laut
			Fatur Rohman., Nour Athiroh. A.S., Saimul Laili.	2019	Kajian Faktor Lingkungan Abiotik pada Kolam Ikan Bandeng (<i>Chanos Forsskal</i>) dengan <i>Suspected Parasites</i> di Desa Balonpanggung.
Limbah Domestik	1,4 – 4,7	15 – 16,25	Wijyaningrat, A. T. P.	2018	Evaluasi Kinerja IPAL Komunal Di Kecamatan Banguntapan Dan Bantul, Kabupaten Bantul, Di Yogyakarta Ditinjau Dari Parameter Fisik

					Dan Kimia.
			Arif Sumantri, Muhammad Reza Cordova	2011	Dampak Limbah Domestik Perumahan Skala Kecil Terhadap Kualitas Air Ekosistem Penerimanya Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan Masyarakat

Lampiran 7 Perhitungan Beban Pencemar BOD

a. Perhitungan Beban Pencemaran Limbah Pertanian

- Perhitungan PBP BOD pada titik 1:

$$PBP \left(\frac{kg}{hari} \right) = Luas Lahan (ha) \times faktor \textit{effluent} \left(\frac{kg}{hari} / musim \textit{tanam} \right) \times 10\%$$

Limbah Pertanian	Faktor <i>Effluent</i> (kg/hari/musim tanam)
BOD	225
N	20
P	10
TSS	0,04
Pestisida	0,08

Sumber : Sampe, 2018

Diketahui:

Luas lahan = 12,25 ha

Faktor *effluent* = 225 kg/ha/musim tanam

Koefisien 10%

Perhitungan:

$$PBP \left(\frac{kg}{hari} \right) = Luas Lahan (ha) \times faktor \textit{effluent} \left(\frac{kg}{ha} / musim \textit{tanam} \right) \times 10\%$$

$$= (12,25 \text{ ha} \times 225 \text{ kg/ha/musim tanam} \times 10\%)$$

$$PBP = 275,625 \text{ kg/hari}$$

$$Q \text{ pertanian} = 0,00858 \text{ m}^3/\textit{detik}$$

$$C = \frac{BP}{Q}$$

$$C = \frac{275,625 \text{ kg/hari}}{0,00858 \text{ m}^3/\textit{detik}} = 32,14 \text{ mg/L}$$

- Perhitungan PBP BOD pada titik 8:

$$PBP \left(\frac{kg}{hari} \right) = Luas Lahan (ha) \times faktor \textit{effluent} \left(\frac{kg}{hari} / musim \textit{tanam} \right) \times 10\%$$

Limbah Pertanian	Faktor <i>Effluent</i> (kg/hari/musim tanam)
BOD	225
N	20
P	10
TSS	0,04
Pestisida	0,08

Sumber : Sampe, 2018

Diketahui:

Luas lahan = 1,41 ha

Faktor *effluent* = 225 kg/ha/musim tanam

Koefisien 10%

Perhitungan:

$$PBP \left(\frac{kg}{hari} \right) = Luas Lahan (ha) \times faktor \textit{effluent} \left(\frac{kg}{ha} / musim \textit{tanam} \right) \times 10\%$$

$$= (1,41 \text{ ha} \times 225 \text{ kg/ha/musim tanam} \times 10\%)$$

$$PBP = 31,725 \text{ kg/hari}$$

$$Q \text{ pertanian} = 0,987 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$C = \frac{BP}{Q}$$

$$C = \frac{31,725 \text{ kg/hari}}{0,987 \text{ m}^3/\text{detik}} = 32,14 \text{ mg/L}$$

b. Perhitungan Beban Pencemaran Limbah Rumah Tangga

- Perhitungan PBP BOD pada titik 3:

$$PBP \left(\frac{kg}{hari} \right) = \text{Jumlah penduduk} \times \text{faktor effluent} \times r_{ek} \times \alpha$$

Diketahui:

Jumlah penduduk = 170 Orang

Faktor *effluent* = 0,04 kg/hari

$r_{ek} = 1$

$\alpha = 1$

Perhitungan:

$$PBP \left(\frac{kg}{hari} \right) = \text{Jumlah penduduk} \times \text{faktor effluent} \times r_{ek} \times \alpha$$

$$= 170 \text{ orang} \times 0,04 \text{ kg/hari} \times 1 \times 1$$

PBP = 6,8 kg/hari.

$Q = 0,194 \text{ m}^3/\text{detik}$

$$C = \frac{BP}{Q}$$

$$C = \frac{6,8 \text{ kg/hari}}{0,194 \text{ m}^3/\text{detik}} = 35 \text{ mg/L}$$

- Perhitungan PBP BOD pada titik 4:

$$PBP \left(\frac{kg}{hari} \right) = \text{Jumlah penduduk} \times \text{faktor effluent} \times r_{ek} \times \alpha$$

Diketahui:

Jumlah penduduk = 1120 Orang

Faktor *effluent* = 0,04 kg/hari

$r_{ek} = 1$

$\alpha = 1$

Perhitungan:

$$PBP \left(\frac{kg}{hari} \right) = \text{Jumlah penduduk} \times \text{faktor effluent} \times r_{ek} \times \alpha$$

$$= 1120 \text{ orang} \times 0,04 \text{ kg/hari} \times 1 \times 1$$

PBP = 44,8 kg/hari.

$Q = 1,24 \text{ m}^3/\text{detik}$

$$C = \frac{BP}{Q}$$

$$C = \frac{44,8 \text{ kg/hari}}{1,24 \text{ m}^3/\text{detik}} = 36 \text{ mg/L}$$

- Perhitungan PBP BOD pada titik 5:

$$PBP \left(\frac{kg}{hari} \right) = \text{Jumlah penduduk} \times \text{faktor effluent} \times r_{ek} \times \alpha$$

Diketahui:

Jumlah penduduk = 1020 Orang

Faktor *effluent* = 0,04 kg/hari

$r_{ek} = 1$

$\alpha = 1$

Perhitungan:

$$PBP \left(\frac{kg}{hari} \right) = \text{Jumlah penduduk} \times \text{faktor effluent} \times r_{ek} \times \alpha$$

$$= 1020 \text{ orang} \times 0,04 \text{ kg/hari} \times 1 \times 1$$

PBP = 40,8 kg/hari.

$Q = 1,13 \text{ m}^3/\text{detik}$

$$C = \frac{BP}{Q}$$

$$C = \frac{40,8 \text{ kg/hari}}{1,13 \text{ m}^3/\text{detik}} = 36 \text{ mg/L}$$

Lampiran 8 Perhitungan Debit *Diffuse Source*

Titik	Sumber	Keterangan	Qinput <i>Diffuse Source</i>	Q <i>Diffuse Source</i> (m ³ /detik)
Titik 1	Yunita Mauliana, Mirnanda Cambodia, Elza Novilyansa. 2022	Pertanian	1,12	0,00858
Titik 2	Fatur Rohman, Nour Athiroh, Saimul Laili. 2019	Perikanan	1,3	0,0263
Titik 3	Nila Aliefia Fadly. 2008	Limbah Domestik	0,163	0,189
Titik 4	Pangestu. 2017	Limbah Domestik	1,253	1,24
Titik 5	Pangestu. 2017	Limbah Domestik	1,14	1,13
Titik 8	Yunita Mauliana, Mirnanda Cambodia, Elza Novilyansa. 2022	Pertanian	0,2	0,99

Perhitungan debit *diffuse source* :

a) Titik 1 : Pertanian

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Luas Lahan} \times \text{Kebutuhan Air Irigasi} \\
 &= 12,25 \text{ ha} \times 0,7 \text{ L/detik/ha} \\
 &= 8,58 \text{ Liter/detik} \\
 &= 0,00858 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

b) Titik 2 : Perikanan

$$\begin{aligned}
 Q_{in} &= \text{Luas Kolam} \\
 &= 243 \text{ m}^2 \\
 &= 52,5 \text{ Liter/detik} \\
 &= 0,0525 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{out} &= 50\% \times Q_{in} \\
 &= 0,0525 \text{ m}^3/\text{detik} \times 50\% \\
 &= 0,0263 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

c) Titik 3 : Limbah Domestik

$$\begin{aligned} Q &= (\text{Jumlah Penduduk (catchment area)} \times \text{Kebutuhan Air Bersih} \times \\ &80\%) / 86.400 \\ &= (170 \text{ orang} \times 120 \text{ Liter/hari} \times 80\%) / 86.400 \\ &= 0,189 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

d) Titik 4 : Limbah Domestik

$$\begin{aligned} Q &= (\text{Jumlah Penduduk (catchment area)} \times \text{Kebutuhan Air Bersih} \times \\ &80\%) / 86.400 \\ &= (1120 \text{ orang} \times 120 \text{ Liter/hari} \times 80\%) / 86.400 \\ &= 1,24 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

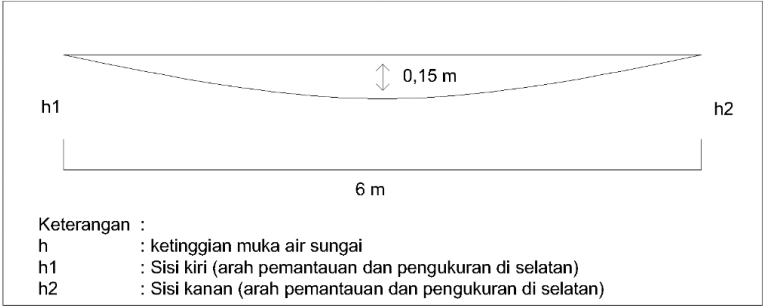
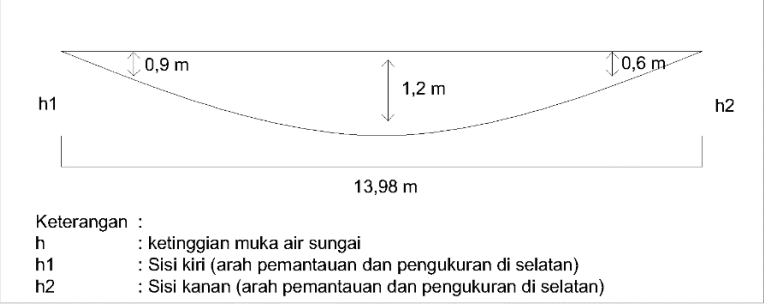
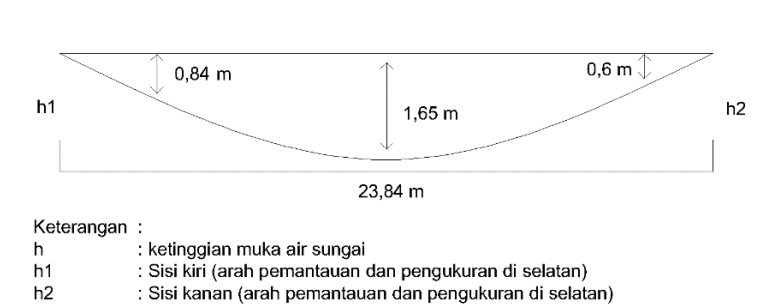
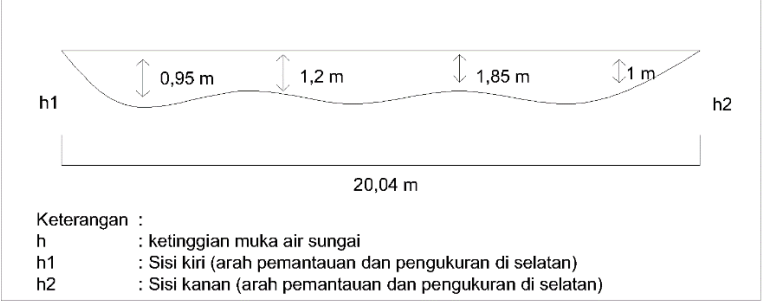
e) Titik 5 : Limbah Domestik

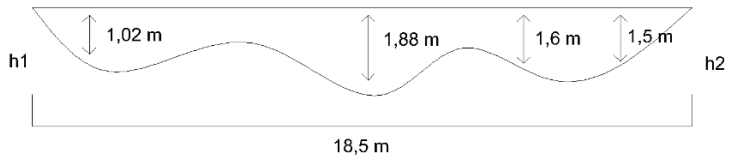
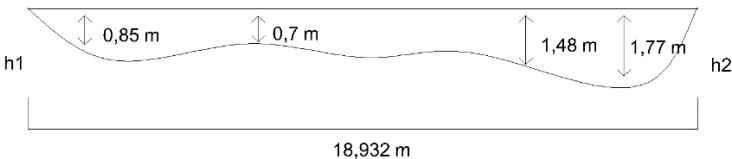
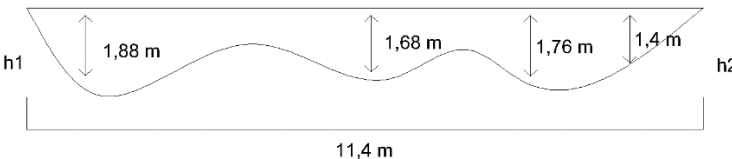
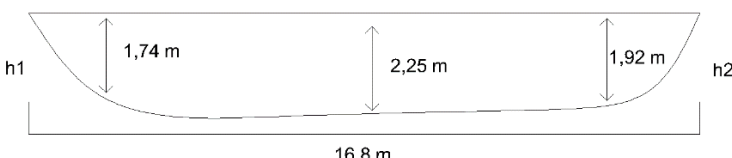
$$\begin{aligned} Q &= (\text{Jumlah Penduduk (catchment area)} \times \text{Kebutuhan Air Bersih} \times \\ &80\%) / 86.400 \\ &= (1020 \text{ orang} \times 120 \text{ Liter/hari} \times 80\%) / 86.400 \\ &= 1,13 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

f) Titik 8 : Pertanian

$$\begin{aligned} Q &= \text{Luas Lahan} \times \text{Kebutuhan Air Irigasi} \\ &= 1,41 \text{ ha} \times 0,7 \text{ L/detik/ha} \\ &= 0,99 \text{ Liter/detik} \end{aligned}$$

Lampiran 9 Penampang Basah Sungai Code

No.	Lokasi Titik Pengambilan Sampel	Penampang Basah
1	Boyong, Pakem, Sleman (Hulu)	 <p>Keterangan : h : ketinggian muka air sungai h1 : Sisi kiri (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) h2 : Sisi kanan (arah pemantauan dan pengukuran di selatan)</p>
2	Ngentak, Sariharjo, Ngaglik Sleman (Hulu)	 <p>Keterangan : h : ketinggian muka air sungai h1 : Sisi kiri (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) h2 : Sisi kanan (arah pemantauan dan pengukuran di selatan)</p>
3	Kewek, Kotabaru (Tengah)	 <p>Keterangan : h : ketinggian muka air sungai h1 : Sisi kiri (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) h2 : Sisi kanan (arah pemantauan dan pengukuran di selatan)</p>
4	Ngupasan, Pakualaman, Yogyakarta (Tengah)	 <p>Keterangan : h : ketinggian muka air sungai h1 : Sisi kiri (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) h2 : Sisi kanan (arah pemantauan dan pengukuran di selatan)</p>

No.	Lokasi Titik Pengambilan Sampel	Penampang Basah
5	Keparakan, Mergangsan, Yogyakarta (Tengah)	 <p>Keterangan :</p> <p>h : ketinggian muka air sungai h1 : Sisi kiri (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) h2 : Sisi kanan (arah pemantauan dan pengukuran di selatan)</p>
6	Tungkak, Mergangsan, Yogyakarta (Tengah)	 <p>Keterangan :</p> <p>h : ketinggian muka air sungai h1 : Sisi kiri (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) h2 : Sisi kanan (arah pemantauan dan pengukuran di selatan)</p>
7	Abang Ngoto, Sewon, Bantul (Hilir)	 <p>Keterangan :</p> <p>h : ketinggian muka air sungai h1 : Sisi kiri (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) h2 : Sisi kanan (arah pemantauan dan pengukuran di selatan)</p>
8	Pacar Wonokromo, Pleret, Bantul (Hilir)	 <p>Keterangan :</p> <p>h : ketinggian muka air sungai h1 : Sisi kiri (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) h2 : Sisi kanan (arah pemantauan dan pengukuran di selatan)</p>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Perawang, 03 Februari 2001. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Depi dan Ibu Esi. Penulis melanjutkan Pendidikan di SDS Muhammadiyah pada tahun 2007 – 2013 di Perawang. Kemudian melanjutkan Pendidikan di SMPN 1 Tualang pada tahun 2013 – 2016 dan SMAN 1 Tualang pada tahun 2016 – 2019 di Perawang, Riau. Penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Islam Indonesia pada tahun 2019 setelah menyelesaikan Pendidikan di jenjang SMA dengan mengambil jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Penulis aktif dalam mengikuti acara promosi kampus Universitas Islam Indonesia dan mengikuti pelatihan QUAL2Kw di Smart Eduplex serta pelatihan – pelatihan ISO di Mutiara Mutu Sertifikasi saat menjadi mahasiswa. Pada bulan Maret 2022, penulis melaksanakan Kerja Praktek di PT. Semen Padang dengan topik pembahasan yaitu Pengelolaan Limbah B3. Kemudian pada bulan Desember 2022 – Juni 2023 penulis melakukan penelitian terkait Pemodelan QUAL2Kw dengan judul “Analisis Daya Tampung Beban Pencemar BOD di Sungai Code Dengan QUAL2Kw”, sebagai syarat menyelesaikan studi strata 1 di Teknik Lingkungan UII.