TA/TL/2024/1887

TUGAS AKHIR

PENENTUAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR SUNGAI CODE PADA PAGI, SIANG, DAN MALAM HARI MENGGUNAKAN QUAL2K

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

DEFRIZA SAHERDITO
20513229

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

2024

TUGAS AKHIR

PENENTUAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR SUNGAI CODE PADA PAGI, SIANG, DAN MALAM HARI MENGGUNAKAN QUAL2K

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

DEFRIZA SAHERDITO
20513229

Disetujui,
Dosen Pembimbing :

Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.
NIK. 155131304
Tanggal: 21 Oktober 2024

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc., (Res.Eng.)., Ph.D.
NIK. 046130401
Tanggal: 21 Oktober 2024

HALAMAN PENGESAHAN

PENENTUAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR SUNGAI CODE PADA PAGI, SIANG, DAN MALAM HARI MENGGUNAKAN QUAL2K

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Selasa
Tanggal : 8 Oktober 2024

Disusun Oleh :

DEFRIZA SAHERDITO
20513229

Tim Penguji :

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

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

Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc. ( )

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 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 tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi lainnya sesuai norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 8 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan,

Defriza Saherdito

NIM: 20513229

PRAKATA

Puji dan Syukur penulis panjatkan atas ke hadirat Allah SWT, atas segala nikmat dan rahmat-Nya yang melimpah. Tanpa berkat dan rahmat-Nya, penulis tidak akan mampu menyelesaikan karya ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada nabi kita Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan bagi umat manusia. Dengan penuh rasa syukur, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul "Penentuan Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Code Pada Pagi, Siang, Dan Malam Hari Menggunakan Qual2k" sebagai bagian dari persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik.

Perjalanan penulisan tugas akhir ini tak luput dari lika-liku dan rintangan menguji ketekunan dan kesabaran penulis. Namun, berkat dukungan dan doa dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak dan Ibu, orang tua tercinta yang senantiasa memberikan doa, dukungan dan kasih sayang tanpa henti.
2. Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyusunan tugas akhir.
3. Bapak Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc. dan Bapak Hudori, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan arahan kepada penulis.
4. Seluruh anggota keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis selama ini.
5. Teman-teman kelompok tugas akhir ini dan pihak laboran yang telah membantu dalam pengambilan data sampel pada tugas akhir ini.
6. Warga zep-zep yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu telah bersama-sama berjuang dan saling mendukung selama perkuliahan ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa tidak ada yang sempurna, penulis masih melakukan kesalahan dalam penyusunan tugas akhir. Oleh karena itu, penulis meminta maaf yang sedalam-dalamnya atas kesalahan yang dilakukan penulis.

Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan ke arah yang lebih baik. Kebenaran datangnya dari Allah SWT dan kesalahan datangnya dari diri penulis. Semoga Allah SWT senantiasa melimpah Rahmat dan Ridho-Nya kepada kita semua.

Yogyakarta, 8 Oktober 2024

Defriza Saherdito

ABSTRACT

Defriza Saherdito. *Determining the Capacity of the Code River Pollutant Load in the Morning, Afternoon, and Evening Using Qual2k. Supervised by* Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

The Code River in the middle of Yogyakarta city is dominated by waste from the surrounding community settlements. The increase in population and development will increase the production of domestic and non-domestic waste. In addition, differences in community activities at any time will result in differences in pollutant concentrations such as TSS, BOD, Nitrate, and Total Phosphate. Pollutant sources come from point sources in the form of drainage channels or diffuse sources in the form of domestic and agricultural waste that can pollute the Code River. This study aims to determine the capacity of the Code River pollutant load in the morning, afternoon, and evening using QUAL2K software and to calculate the load reduction if the capacity has exceeded. The river is divided into 3 segments with 4 sampling points. The simulation uses two scenarios, namely scenario 1 existing conditions and scenario 2 conditions when the pollutant load is maximum with existing upstream conditions so that the pollutant load in the river can be determined. The calculation of the capacity is carried out by calculating the difference between the results of scenario 2 and scenario 1 at each time variation. The results of the calculation of the capacity show that the Total Phosphate in segment 1 during the day has exceeded -16.87 kg/day. In order to meet class II water quality standards, the total phosphate pollutant load in segment 1 during the day must be reduced by 16.87 kg/day.

Keyword : BOD, Code River, QUAL2K, Total Phosphate, Total Maximum Daily Load.

ABSTRAK

Defriza Saherdito. Penentuan Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Code Pada Pagi, Siang, Dan Malam Hari Menggunakan Qual2k. Dibimbing oleh Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Sungai Code di tengah kota Yogyakarta yang didominasi oleh limbah berasal dari pemukiman masyarakat sekitar. Peningkatan jumlah penduduk dan pembangunan akan semakin meningkat dalam menghasilkan limbah domestik ataupun non domestik. Selain itu, adanya perbedaan aktifitas yang dilakukan masyarakat setiap waktunya akan menghasilkan perbedaan konsentrasi pencemar seperti TSS, BOD, Nitrat, dan Total Fosfat. Sumber pencemar berasal dari *point source* berupa saluran drainase maupun *diffuse source* berupa limbah domestik dan pertanian yang dapat mencemari Sungai Code. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan daya tampung beban pencemar Sungai Code pada pagi, siang, dan malam hari menggunakan *software* QUAL2K serta menghitung penurunan beban jika daya tampung telah melampaui. Sungai dibagi menjadi 3 segmen dengan 4 titik pengambilan sampel. Simulasi menggunakan dua skenario yaitu skenario 1 kondisi eksisting dan skenario 2 kondisi saat beban pencemar maksimum dengan kondisi hulu eksisting sehingga dapat mengetahui beban pencemar pada sungai. Perhitungan daya tampung dilakukan dengan menghitung selisih dari hasil skenario 2 dengan skenario 1 pada masing-masing variasi waktu. Hasil perhitungan daya tampung menunjukkan bahwa untuk Total Fosfat di segmen 1 pada siang hari telah melampaui yaitu sebesar -16,87 kg/hari. Agar dapat memenuhi standar mutu air kelas II, maka beban pencemar total fosfat di segmen 1 pada siang hari harus diturunkan sebesar 16,87 kg/hari.

Kata Kunci: BOD, Daya Tampung, QUAL2K, Sungai Code, Total Fosfat.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.6 Ruang Lingkup 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS) 5
2.2 Sungai Code 5
2.3 Kualitas Air 6
2.4 Pencemaran Air 6
2.5 Sumber Pencemaran Air 7
2.6 Baku Mutu Air 7
2.7 Parameter Kualitas Air Sungai 8
2.7.1 Temperatur Air 9
2.7.2 Derajat Keasaman (pH) 9
2.7.3 TSS (*Total Suspended Solid*) 9
2.7.4 BOD (*Biological Oxygen Demand*) 10

2.7.5 DO (*Dissolved Oxygen*) 10
2.7.6 Nitrat ($NO_{3)}$ 10
2.7.7 Total Fosfat sebagai P (PO_4^{3-}) 11
2.8 Daya Tampung Beban Pencemaran 11
2.9 Pemodelan Kualitas Air dengan Metode QUAL2K 12
2.10 Pengelolaan Kualitas Air Sungai 13
2.11 Penelitian Sebelumnya 15
BAB III METODE PENELITIAN 20
3.1 Kerangka Penelitian 20
3.2 Waktu dan Lokasi 22
3.3 Alat dan Bahan 25
3.4 Pengambilan Sampel Air Sungai 25
3.5 Penentuan Segmen Sungai 26
3.6 Pengumpulan Data 27
3.6.1 Data Primer 27
3.6.2 Data Sekunder 29
3.7 Metode Analisis Data 30
3.7.1 Input Data 30
3.7.2 Kalibrasi Model 31
3.7.3 Simulasi Model 33
3.7.4 Perhitungan Beban Pencemar 34
3.7.5 Daya Tampung Beban Pencemar 35
3.7.6 Perhitungan Debit Run Off 35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 38
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian dan Titik Sampling 38

4.2 Kondisi Hidrolik Sungai Code 46
4.2.1 Debit Sungai Code 48
4.3 Kondisi Kualitas Air Sungai Code 50
4.3.1 Temperatur Air 51
4.3.2 Derajat Keasaman (pH) 53
4.3.3 TSS (*Total Suspended Solid*) 55
4.3.4 DO (*Dissolved Oxygen*) 57
4.3.5 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) 59
4.3.6 Nitrat (NO_3) 62
4.3.7 Total Fosfat Sebagai P (PO_4^{3-}) 63
4.4 Sumber Pencemar Sungai Code 66
4.4.1 Debit Sumber Pencemar 69
4.5 Pemodelan Kualitas Air Sungai Code Menggunakan QUAL2K 71
4.5.1 Input Data Sebelum Kalibrasi Model 71
4.5.2 Hasil Kalibrasi Model 72
4.5.3 Hasil Validasi Model 74
4.5.4 Hasil Simulasi Model Menggunakan Skenario 78
4.6 Penentuan Daya Tampung Beban Pencemar 83
4.6.1 Beban Pencemar Sungai Code 84
4.6.2 Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Code 87
4.7 Penurunan Beban Pencemar Sungai Code 91
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 93
5.1 Kesimpulan 93
5.2 Saran 94
DAFTAR PUSTAKA 95

LAMPIRAN 104

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Parameter Data Penelitian 8
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu 15
Tabel 3.1 Waktu Pengambilan Sampel 23
Tabel 3.2 Titik Lokasi Penelitian Pengambilan Sampel Air di Badan Air 23
Tabel 3.3 Titik Lokasi Pengambilan Sampel Air *Point Source* 23
Tabel 3.4 Alat dan Bahan 25
Tabel 3.5 Parameter Uji Kualitas Air Sungai 28
Tabel 3.6 *Worksheet* QUAL2K 30
Tabel 3.7 Skenario Simulasi 34
Tabel 3. 8 Nilai Koefisien *Run Off* 36
Tabel 4.1 Titik Lokasi Pengambilan Sampel di Sungai Code 39
Tabel 4.2 Kondisi Lokasi *Sampling* Sungai Code 40
Tabel 4.3 Data Hidrolik Musim Hujan 46
Tabel 4.4 Data Hidrolik Musim Kering 47
Tabel 4.5 Data Hidrolik Rerata Sungai Code Pagi Hari 47
Tabel 4.6 Data Hidrolik Rerata Sungai Code Siang Hari 47
Tabel 4.7 Data Hidrolik Rerata Sungai Code Malam Hari 48
Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Temperatur Air Sungai Code 51
Tabel 4.9 Nilai Rerata Temperatur Air Berdasarkan Waktu 51
Tabel 4.10 Hasil Pengukuran pH Sungai Code 53
Tabel 4.11 Nilai Rerata pH Berdasarkan Waktu 54
Tabel 4.12 Hasil Pengukuran TSS Sungai Code 55
Tabel 4.13 Nilai Rerata TSS Berdasarkan Waktu 56
Tabel 4.14 Hasil Pengukuran DO Air Sungai Code 58
Tabel 4.15 Nilai Rerata Pengukuran DO Berdasarkan Waktu 58
Tabel 4.16 Hasil Pengukuran BOD Air Sungai Code 60
Tabel 4.17 Nilai Rerata BOD Berdasarkan Waktu 60

Tabel 4.18 Hasil Pengukuran Nitrat Air Sungai Code 62
Tabel 4.19 Nilai Rerata Nitrat Berdasarkan Waktu 62
Tabel 4.20 Hasil Pengukuran Total Fosfat Sungai Code 64
Tabel 4.21 Nilai Rerata Total Fosfat Berdasarkan Waktu 64
Tabel 4.22 Sumber Pencemar *point source* Sungai Code 67
Tabel 4.23 Sumber Pencemar *diffuse source* Sungai Code..... 67
Tabel 4.24 Hasil RMSPE Sungai Code Pagi Hari 75
Tabel 4.25 Hasil RMSPE Sungai Code Siang Hari 76
Tabel 4.26 Hasil RMSPE Sungai Code Malam Hari 77
Tabel 4.27 Beban Pencemar Skenario 1 Pagi Hari 84
Tabel 4.28 Beban Pencemar Skenario 1 Siang Hari 85
Tabel 4.29 Beban Pencemar Skenario 1 Malam Hari 85
Tabel 4.30 Beban Pencemar Skenario 2 Pagi Hari 85
Tabel 4.31 Beban Pencemar Skenario 2 Siang Hari 86
Tabel 4.32 Beban Pencemar Skenario 2 Malam Hari 86
Tabel 4.33 Daya Tampung Beban Pencemar Pagi Hari..... 87
Tabel 4.34 Daya Tampung Beban Pencemar Siang Hari..... 87
Tabel 4.35 Daya Tampung Beban Pencemar Malam Hari 87
Tabel 4.36 Beban Pencemar yang Perlu Diturunkan Pada Sungai Code 91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir Penelitian 4
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 21
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian 22
Gambar 3. 3 Lokasi *Point Source* 24
Gambar 3. 4 Segmentasi Sungai 27
Gambar 3. 5 Diagram Alir Kalibrasi Model 33
Gambar 4.1 Perbandingan Nilai Rerata Debit Sungai Code 48
Gambar 4.2 Lokasi Masukkan Debit Sumber Pencemar 49
Gambar 4.3 Perbandingan Temperatur Air dengan Baku Mutu a) Pagi Hari; b) Siang Hari; c) Malam Hari 52
Gambar 4.4 Perbandingan Nilai Rerata pH dengan Baku Mutu 54
Gambar 4.5 Perbandingan Nilai Rerata TSS dengan Baku Mutu 56
Gambar 4.6 Perbandingan Nilai Rerata DO dengan Baku Mutu 59
Gambar 4.7 Perbandingan Nilai Rerata BOD dengan Baku Mutu 61
Gambar 4.8 Perbandingan Nilai Rerata Nitrat dengan Baku Mutu 63
Gambar 4.9 Perbandingan Nilai Rerata Total Fosfat dengan Baku Mutu 65
Gambar 4.10 Model BOD Malam Hari sebelum Kalibrasi..... 72
Gambar 4.11 Model BOD Malam Hari..... 73
Gambar 4.12 Perbandingan Persentase RMSPE Model Sungai Code Pagi, Siang dan Malam Hari..... 78
Gambar 4.13 Model Skenario 1 Pagi Hari a) TSS; b) BOD; c) Nitrat; d) Total Fosfat 79
Gambar 4.14 Model Skenario 1 Siang Hari a) TSS; b) BOD; c) Nitrat; d) Total Fosfat..... 80
Gambar 4.15 Model Skenario 1 Malam Hari a) TSS; b) BOD; c) Nitrat; d) Total Fosfat..... 80
Gambar 4.16 Model Skenario 2 Pagi Hari a) TSS; b) BOD; c) Nitrat; d) Total Fosfat 82

Gambar 4.17 Model Skenario 2 Siang Hari a) TSS; b) BOD; c) Nitrat; d) Total Fosfat..... 82
Gambar 4.18 Model Skenario 2 Malam Hari a) TSS; b) BOD; c) Nitrat; d) Total Fosfat..... 83
Gambar 4. 19 Daya Tampung Beban Pencemar TSS Sungai Code..... 88
Gambar 4. 20 Daya Tampung Beban Pencemar BOD Sungai Code 88
Gambar 4. 21 Daya Tampung Beban Pencemar Nitrat Sungai Code 88
Gambar 4. 22 Daya Tampung Beban Pencemar Total Fosfat Sungai Code 89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peraturan Gubernur No. 20 Tahun 2008..... 104
Lampiran 2 Peraturan Gubernur DIY No.22 Tahun 2007..... 105
Lampiran 3 Dokumentasi Pengambilan Sampel 105
Lampiran 4 Penampang Basah Sungai Code 106
Lampiran 5 Gambar Plot *Diffuse Source* Sungai Code..... 108
Lampiran 6 Perhitungan Debit *Non-Point Source* 108
Lampiran 7 Perhitungan Konsentrasi *diffuse source*..... 112
Lampiran 8 Worksheet QUAL2K 118
Lampiran 9 Model Sebelum Kalibrasi dan Sesudah Kalibrasi..... 121

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) yang dipilih menjadi objek penelitian adalah Sungai Code. DAS Code merupakan salah satu DAS yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dan melintasi tiga Kabupaten/Kota. Sungai Code memiliki panjang total mencapai 41 kilometer. Pertambahan penduduk yang semakin meningkat pada tiap tahunnya serta bertambahnya industri dan pariwisata, perdagangan, pelayanan kesehatan, dan hotel di sepanjang Sungai Code, sehingga adanya potensi limbah yang dihasilkan tersebut dapat mempengaruhi peningkatan zat pencemar yang terkandung dalam air sungai. Maka dari itu perlu diketahui total Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) Sungai Code yang dilakukan sebagai upaya penanggulangan pencemaran lingkungan (Pangestu dkk., 2017). Kualitas air sungai dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti parameter fisik, kimia dan biologi. Perbedaan waktu (pagi, siang, dan malam) dapat mempengaruhi kualitas air sungai, hal ini disebabkan karena perbedaan aktivitas masyarakat pada tiap waktunya.

Berdasarkan Permen LHK Nomor 5 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis dan Surat Kelayakan Operasional Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan, penghasil limbah harus melakukan prakiraan dampak yang dapat terjadi akibat limbah yang dihasilkan dengan menggunakan salah satu metode model numerik QUAL2K yang didasarkan cakupan proses adveksi, dispersi dan reaksi kinetik pada simulasi yang sederhana pada *input* data yang diperlukan, namun pemodelan yang dihasilkan cukup akurat (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021).

Dalam mengidentifikasikan dengan melakukan perencanaan dan perhitungan pada jenis serta sumber pencemar sungai yang dapat dilakukan dengan pemodelan menggunakan QUAL2K sebagaimana merupakan rekomendasi dari Kementerian LHK. Model kualitas air diperlukan untuk dapat dilakukan pengendalian sebaran

pencemar dan kondisi sungai pada masa yang akan datang, sehingga dengan pemodelan ini dapat memprediksi persebaran pencemar pada sungai. QUAL2K merupakan versi modern dari versi sebelumnya yaitu QUAL2E yang dikeluarkan oleh US EPA (*United Environmental Protection Agency*) (Chapra dkk., 2012).

Jenis sumber pencemar dibedakan berdasarkan pada sumber utamanya yang dibagi menjadi dua jenis yaitu *point source* dan *non-point source*. QUAL2K digunakan untuk menganalisis kualitas air sungai dengan sumber pencemar *point source* dan *non-point source*. *Point Source* mencakup saluran drainase, saluran *sewerage*, dan saluran pencemaran pembuangan lainnya (US EPA, 2022). Sedangkan untuk *non-point source* berasal dari berbagai sumber yang tersebar baik berasal dari air hujan, maupun lelehan salju yang mengalir dipermukaan tanah dan dalam tanah atau *run off,* sehingga bukan yang berasal dari industri ataupun saluran *sewerage* (US EPA, 2022).

Berdasarkan penjelasan permasalahan singkat tersebut memberikan ketertarikan peneliti untuk melakukan penelitian mengenai daya tampung beban pencemar yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana Sungai Code dapat menerima beban pencemar yang tidak melebihi batas kualitas air untuk berbagai peruntukan berdasarkan adanya perbedaan waktu (pagi, siang, dan malam). Hal ini dikarenakan adanya perbedaan aktivitas yang dilakukan masyarakat dalam tiap waktunya, mengingat sungai yang tercemar juga akan menimbulkan permasalahan kesehatan yang akan diterima bagi lingkungan dan masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut ini adalah rumusan masalah yang akan dikaji pada penelitian ini, meliputi :

1. Bagaimana Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) Sungai Code pada pagi, siang, dan malam hari?
2. Berapakah beban pencemar yang harus diturunkan jika daya tampung telah melampaui di Sungai Code pada pagi, siang, dan malam hari?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah tujuan penelitian yang dilakukan :

1. Menentukan daya tampung beban pencemar Sungai Code untuk parameter utama pada pagi, siang, dan malam hari.
2. Menghitung penurunan beban pencemar sesuai dengan skenario pada pagi, siang dan malam hari.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut ini adalah manfaat penelitian yang dilakukan :

1. Memberikan pengetahuan terkait penerapan metode QUAL2K *version 2* sebagai *software* yang digunakan dalam pemodelan kualitas air di Sungai Code.
2. Dapat memberikan solusi alternatif kepada pemerintah khususnya pihak DLH DIY dalam pengelolaan kualitas air Sungai Code.
3. Memberikan informasi kepada masyarakat terkait sumber pencemar sungai.

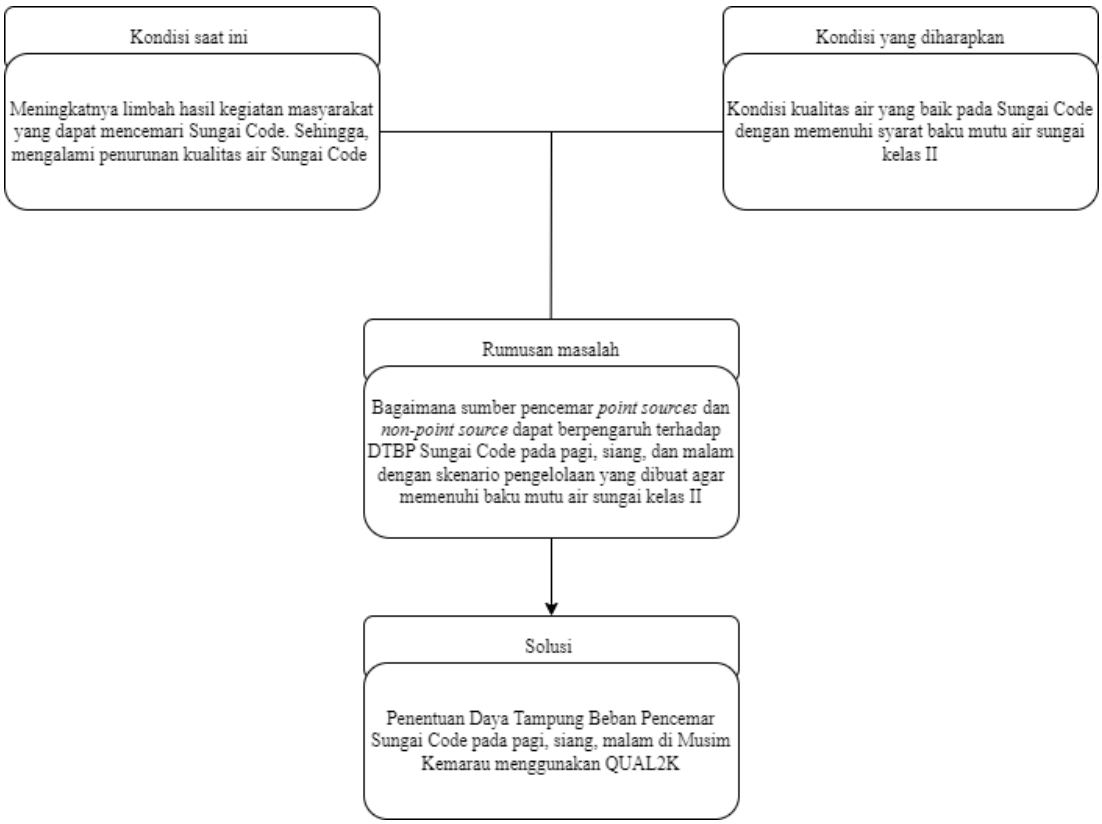
1.6 Ruang Lingkup

Berikut ini adalah ruang lingkup dari penelitian yang dilakukan :

1. Penelitian ini dilakukan di daerah perkotaan (bagian tengah) Sungai Code, Yogyakarta.
2. Pengambilan sampel dimulai dari jembatan sendowo (hulu) hingga jembatan tungkak (hilir).
3. Pengambilan sampel air Sungai Code berdasarkan SNI 8995:2021 tentang Metode pengambilan contoh uji air untuk pengujian fisika dan kimia.
4. Parameter pencemar sampel air yang diuji adalah Suhu, pH, TSS, BOD, DO, NO_3, dan Total Fosfat.
5. Pengujian parameter Suhu, pH, dan TSS dilakukan in situ menggunakan alat multiparameter Horiba U-53G-10 Multiparameter Water Quality Meter.
6. Menggunakan *software* QUAL2K sebagai pemodelan air Sungai Code untuk perhitungan daya tampung beban pencemar Sungai Code.

1.7 Kerangka Berpikir

Berikut ini merupakan kerangka berpikir penelitian yang dijelaskan secara singkat terkait latar belakang yang dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Kerangka Berpikir Penelitian

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 38 tahun 2011 tentang Sungai, Sungai merupakan badan air yang ada secara alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air. Sedangkan DAS didefinisikan suatu wilayah daratan yang termasuk satu kesatuan dengan sungai dan anak sungainya, yang memiliki fungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke laut secara alami yang menjadi batas pemisah topografi dan batas di laut hingga daerah perairan yang masih terpengaruh oleh aktivitas daratan. (PP No.38, 2011).

DAS merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting, karena keberadaannya dapat dimanfaatkan oleh manusia dan alamnya. Untuk alam DAS juga dapat didefinisikan sebagai suatu ekosistem yang terdiri dari komponen biotik dan abiotik, serta sebagai pemulih kualitas air. Sedangkan fungsi bagi kehidupan manusia adalah sebagai penyedia air serta menjadi penampung air untuk dapat memenuhi kebutuhan rumah tangga, industry, sanitasi lingkungan, pertanian, pariwisata, olahraga, dan kebutuhan lainnya (Listyaningrum dkk., 2017).

2.2 Sungai Code

Sungai Code merupakan salah satu sungai di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) yang melintas di tengah kota yang padat penduduk dan berbagai aktivitas. Sungai code mengalir melewati Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta dan Kabupaten Bantul yang berhulu di kaki Gunung Merapi (Nurjanah, 2018) Setiap bagian pada Sungai Code didominasi dengan aktivitas yang berbeda dimana pada bagian hulu didominasi oleh aktivitas pertanian, sedangkan pada bagian tengah didominasi oleh pemukiman padat penduduk yang berada tepat di tengah kota, dan pada bagian hilir didominasi oleh aktivitas pemukiman, pertanian, industri, dan restoran (Marlina dkk., 2020)

Adanya aktivitas pada setiap bagian aliran sungai dapat terjadinya penurunan kualitas air Sungai Code akibat kenaikan beban pencemar yang dihasilkan dari setiap aktivitas tersebut seperti limbah domestik, limbah perhotelan, industri garment dan limbah rumah sakit (Brontowiyono dkk., 2013).

2.3 Kualitas Air

Kualitas air merupakan mutu air yang dapat diukur dan dapat memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Ukuran kondisi air dapat dilihat dari karakteristik baik fisik, kimiawi maupun biologis. Kualitas air yang rusak dapat mengakibatkan penurunan ketersediaan sumber daya air serta dapat merusak kesehatan ekosistem perairan dan memiliki sistem yang dipengaruhi beberapa faktor yaitu cuaca, karakteristik hidrolik, badan air, pembuangan limbah, dan dampak perairan (Liu dkk., 2021).

Pemanfaatan sumber daya air untuk kebutuhan sehari-hari oleh manusia harus memiliki kualitas air yang ideal dapat memenuhi baku mutu standar (Pingki & Sudarti, 2021). Parameter kualitas air yang penting untuk dilakukan pengukuran dan pengujian adalah sifat fisik (kekeruhan, suhu, TDS (*Total Dissolved Solid*), TSS (*Total Suspended Solid*)), sifat kimia (BOD, COD, pH, DO, N, P), dan biologis (bakteri *coliform total*) (Yuliati, 2019).

2.4 Pencemaran Air

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran air merupakan adanya proses masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air oleh adanya aktivitas manusia sehingga dapat melebihi baku mutu yang telah ditetapkan (Peraturan Pemerintah, 2021).

Pencemaran air merupakan kondisi suatu tempat penampungan air seperti sungai, danau, lautan dan air tanah yang mengalami perubahan yang disebabkan adanya kegiatan yang dilakukan oleh manusia. Selain menjadi bagian penting

dalam siklus hidrologi dalam penampungan air temat tersebut menjadi transportasi suatu polutan pencemar dari satu tempat ke tempat lainnya. Air yang tercemar tidak dapat dimanfaatkan sesuai dengan fungsinya, pencemaran air ini dapat disebabkan oleh limbah industri, limbah domestik, pertanian dan sebagainya (Budhiawan dkk., 2022).

Pencemaran air merupakan suatu masalah yang penting karena dapat mengancam ekosistem perairan termasuk sungai serta dapat merusak kualitas air yang dimanfaatkan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya (Altamis dkk., 2023).

2.5 Sumber Pencemaran Air

Sumber pencemaran air sungai dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu :

1) *Point Source* (Sumber Pencemaran Sungai Menetap) merupakan sumber pencemar yang berasal dari lokasi yang ditemukan secara jelas atau pada satu titik pencemar berupa buangan dari limbah domestik, industri, pertanian, pertambangan dan sebagainya.
2) *Diffuse Source* (Sumber Pencemaran Tidak Menetap) merupakan sumber pencemar yang berasal dari lokasi yang tidak ditemukan secara jelas atau pada beberapa titik yang menyebar dengan jarak yang tidak sama berupa buangan dari limbah domestik, industri, pertanian, pertambangan dan sebagainya.

2.6 Baku Mutu Air

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, baku mutu air merupakan suatu batas ukur atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Dalam menjaga kualitas air harus mengacu pada baku mutu sehingga dapat sesuai dengan peruntukannya dan aman untuk kesehatan manusia dan

lingkungannya. Berdasarkan Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008, klasifikasi mutu air sungai ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas :

1) Kelas 1, air digunakan sebagai bahan baku air minum dan/atau keperluan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
2) Kelas 2, air yang diperuntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
3) Kelas 3, air yang diperuntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
4) Kelas 4, air yang diperuntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut

2.7 Parameter Kualitas Air Sungai

Dalam melakukan pemantauan dan pengujian air Sungai Code dengan beberapa parameter kualitas air sehingga dapat mengetahui pencemaran air yang terjadi pada Sungai Code yang dapat mengganggu dalam peruntukannya. Untuk melakukan monitoring air pada Sungai Code ini menggunakan beberapa parameter sebagai acuannya yaitu Suhu, pH, TSS, BOD, DO, NO3, dan Total Fosfat.

Tabel 2. 1 Parameter Data Penelitian

Jenis Parameter	Parameter
Kualitas Air (Fisik)	1. Suhu air
	2. pH
	3. TSS (*Total Suspended Solid)*
Kualitas Air (Kimia)	4. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)
	5. DO (*Dissolved Oxygen*)
	6. NO_3 (Nitrat)
	7. TP (Total Fosfat)
Kuantitas Air	8. Debit air sungai

2.7.1 Temperatur Air

Temperatu Air atau Suhu perairan adalah suatu faktor penting pada lingkungan yang dapat mempengaruhi kehidupan akuatik dan dapat mengendalikan laju aktivitas metabolik, reproduksi dan siklus hidup. Suhu perairan memiliki sifat tidak konstan, akan tetapi memiliki karakteristik yang dapat menunjukkan perubahan yang dinamis. Perubahan suhu pada perairan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu keberadaan pohon atau tanaman air, limbah, yang masuk ke air, radiasi cahaya matahari, suhu udara, dan iklim (Muarif, 2016).

2.7.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat Keasaman (pH) air merupakan parameter yang menunjukkan ukuran intensitas keasaman atau kebasaan pada suatu cairan. pH menjadi parameter yang penting dalam analisis kualitas air, hal ini dikarenakan pH dapat mempengaruhi proses-proses biologis dan kimia di dalamnya. Skala ukur pH berkisar dari 0 hingga 14, nilai pH untuk air minum harus berada di pH neutral (+7) dikarenakan pH berhubungan dengan efektifitas klorinasi (Hasrianti & Nurasia, 2019).

2.7.3 TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) merupakan material atau bahan yang terapung dan memiliki sifat sulit terlarut dalam air. Air yang keruh memiliki ikatan yang kuat dengan padatan tersuspensi, dimana kadar padatan tersuspensi yang terkandung tinggi maka air semakin keruh (Yuliani & Widayatno, 2020). Kandungan TSS yang tinggi pada air akan mempengaruhi terjadinya proses fotosintesis dalam air oleh mikroorganisme dan tumbuhan air, hal ini dikarenakan cahaya matahari yang digunakan untuk proses fotosintesis ini terhalang oleh padatan tersuspensi di dalam air.

2.7.4 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD (*Biological Oxygen Demand*) merupakan suatu parameter yang ukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk dapat mengurai sebanyak mungkin zat organic yang terlarut dan tersuspensi dalam air (Yuliani & Widayatno, 2020). Nilai BOD yang diketahui tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi nilainya hanya menunjukkan hasil pengukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai bahan organic tersebut (Andika dkk., 2020).

2.7.5 DO (*Dissolved Oxygen*)

DO (*Dissolved Oxygen*) atau oksigen terlarut merupakan salah satu faktor penting yang dibutuhkan oleh seluruh organisme untuk melakukan respirasi dan dibutuhkan untuk penguraian bahan organik (Anggraini dkk., 2015). Keberadaan DO atau oksigen terlarut ini salah satunya dapat dipengaruhi oleh suhu, apabila suhu perairan meningkat maka oksigen terlarut pada air mengalami penurunan. Selain itu, oksigen didalam air secara alami juga dapat berasal dari penyerapan langsung dari atmosfer karena terjadinya turbulensi pada perairan sehingga badan air dengan arus yang kuat biasanya mengandung oksigen terlarut yang tinggi.

2.7.6 Nitrat (NO_3)

Senyawa nitrat (NO_3) merupakan senyawa nutrien yang memiliki peran penting dalam sintesa protein hewan dan tumbuhan. Pada perairan yang memiliki konsentrasi nitrat yang tinggi dan dengan adanya ketersediaan nutrien yang mendukung dapat menstimulasi terhadap tumbuhan dan perkembangan organisme (Hamuna dkk., 2018). Senyawa nitrat dapat berasal dari limbah pertanian, kotoran hewan, manusia dan feses maupun urin yang terbentuk karena adanya oksidasi antara nitrogen dan senyawa amonia (Khoiriyah, 2021). Penggunaan pupuk pada pertanian dapat menjadi potensi masuknya senyawa nitrat ke sungai. Berdasarkan

PerGub DIY No. 20 tahun 2008 untuk kelas II baku mutu untuk parameter nitrat yaitu sebesar 10 mg/L.

2.7.7 Total Fosfat sebagai P (PO_4^{3-})

Total Fosfat merupakan unsur hara atau dapat disebut juga nutrien yang berasal dari suatu komponen limbah seperti limbah domestik, limbah industri, limbah sisa bahan deterjen, dan limbah pertanian yang terdapat pada perairan sehingga dapat berdampak positif ataupun negatif terhadap ekosistem akuatik seperti eutrofikasi bergantung pada tingkatan tertentu (Kusnadi dkk., 2023).

2.8 Daya Tampung Beban Pencemaran

Menurut PermenLHK No 1 Tahun 2010 Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) juga dapat disebut sebagai beban harian maksimum total (*Total Maximum Daily Loads*) Daya tampung beban pencemaran air (DTBP) merupakan suatu kemampuan air pada badan air untuk menampung masuknya beban pencemaran tanpa mempengaruhi air hingga tercemar. Beban pencemaran merupakan banyaknya suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air baik pada badan air seperti sungai maupun air limbah. Adapun faktor yang dapat menentukan daya tampung beban pencemaran air secara umum yaitu :

1. Kondisi hidrologi, dan morfologi sumber air sumber air termasuk kualitas air sumber air yang ditetapkan DTBP-nya
2. Kondisi klimatologi sumber air termasuk kualitas air angin dan kelembaban udara
3. Baku mutu air atau kelas air untuk sungai dan muara atau baku mutu air dan kriteria status tropik air bagi situ, danau dan waduk
4. Beban pencemar sumber tertentu/*point source*
5. Beban pencemar sumber tak tentu/*non-point source*
6. Karakteristik dan perilaku zat pencemar yang dihasilkan sumber
7. Pemanfaatan atau penggunaan sumber air

8. Faktor pengaman (*margin safety*) yang merupakan nilai ketidakpastian dalam perhitungan. Ketidakpastian tersebut bersumber dari tidak memadainya data dan informasi tentang hidrolika dan morfologi sumber air, selain kurangnya pengetahuan mengenai karakteristik dan perilaku zat pencemar.

Dalam penyusunan kebijakan daerah DTBP dapat digunakan sebagai pertimbangan terkait penetapan rencana tata ruang dalam perizinan seperti usaha atau kegiatan, pembuangan sampah, dan penilaian kualitas air (Arya Pradipta & Hendriyanto, 2024).

2.9 Pemodelan Kualitas Air dengan Metode QUAL2K

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 5 Tahun 2021, pemodelan QUAL2K merupakan salah satu instrumen yang direkomendasikan untuk mensimulasikan kualitas air yang dapat digunakan. Simulasi dengan pemodelan QUAL2K telah digunakan oleh berbagai studi pada sungai-sungai seperti Sungai Citarum, Sungai Cisadane, Sungai Brantas dan Sungai gajahwong. Instrumen pemodelan QUAL2K mampu menyimulasikan kualitas air dengan variasi galat sebagai implikasi dan ketidakpastian nilai parameter dan yang digunakan seperti seperti koefisien kinetis dan koefisien hidrolik yang pada umumnya nilai yang terpilih adalah nilai *default*. Galat hasil dari simulasi juga dapat memungkinkan berasal dari pemilihan variabel *input* seperti satuan timbulan pencemar yang mana biasanya menggunakan berdasarkan rekomendasi dari PermenLH No 10 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air. Dari beberapa studi melaporkan bahwa variabilitas faktor emisi BOD, TSS, dan DO pada limbah domestik memiliki nilai yang cukup tinggi pada sampel rumah tangga (Pratama dkk., 2023).

Kemampuan dalam menambahkan data setiap jam pada simulasi model QUAL2K adalah suatu nilai yang besar, karena dapat memungkinkan untuk memodelkan aliran dengan beberapa anak sungai dan cabang utama. QUAL2K dapat mensimulasikan dampak dari beban pencemar yang berasal dari *point source* dan *non-point source*. Hal ini, berdasarkan pada sebuah prinsip bahwa saluran dapat

bercampur dengan baik yaitu vertikal dan lateral. Parameter hidrolik seluruhnya dimodelkan sebagai aliran satu dimensi, aliran yang stabil dan aliran tidak seragam, kedalaman air dan kecepatan yang bervariasi tergantung pada Lokasi saluran (Mummidivarapu dkk., 2023)

Penentuan daya tampung beban pencemar (DTBP) dengan mengidentifikasikan yang dilakukan perencanaan dan perhitungan pada jenis serta sumber pencemar sungai yang dapat dilakukan dengan pemodelan menggunakan QUAL2K sebagaimana merupakan rekomendasi dari Kementerian LHK. Bentuk model kualitas air dengan menggunakan QUAL2K diperlukan untuk dapat dilakukan pengendalian sebaran pencemar dan kondisi sungai terkait nilai DTBP pada masa yang akan datang, sehingga dengan pemodelan ini dapat memprediksi persebaran pencemar pada sungai. QUAL2K merupakan versi modern dari versi sebelumnya yaitu QUAL2E yang dikeluarkan oleh US EPA (*United Environmental Protection Agency*) (Chapra dkk., 2012). QUAL2K digunakan sebagai instrumen untuk menentukan Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) air. Sehingga, dalam penelitian ini digunakan QUAL2K untuk menentukan DTBP dan mensimulasikan kualitas air sungai terhadap skenario beban pencemar tertentu.

QUAL2K merupakan sebuah program yang menggunakan *Visual Basic for Application* (VBA) yang melalui tampilan *Excel*. Dalam melakukan pemodelan menggunakan QUAL2K dibutuhkan data hidrolik dari sungai tersebut seperti aliran air, kecepatan dan lebar sungai untuk diinput kedalam software QUAL2K, selain itu terdapat beberapa parameter kualitas air yang dibutuhkan untuk dilakukan input data (Nasrizal dkk., 2021). Data parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Suhu, pH, TSS, BOD, DO, NO3, dan Total Fosfat.

2.10 Pengelolaan Kualitas Air Sungai

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pengelolaan kualitas air merupakan upaya yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan

penegakkan hukum. Dalam upaya pengelolaan mutu air, masyarakat dapat berperan aktif dengan beberapa cara seperti pemantauan badan air secara mandiri, melakukan upaya pengurangan bahan pencemar air, dan menyebarluaskan gerakan pengurangan pencemar air.

Perubahan lingkungan yang semakin buruk akan berdampak terhadap kemampuan daya tampung pada sungai. pengelolaan dengan cara mengurangi air limbah yang dilepas ke media dapat dilakukan melalui pemanfaatan air limbah, efisiensi penggunaan air, penyimpanan air limbah. Jika pada suatu badan air permukaan atau DAS memiliki beban pencemar yang telah melewati daya tampung sungai, pembatasan beban pencemar air dapat dilakukan yang bertujuan sebagai penurunan atau kuota beban yang ditetapkan untuk masing-masing sumber pencemar sesuai dengan pencemar tersebut terhadap total beban pencemar aktual pada satu segmen badan air permukaan atau DAS.

2.11 Penelitian Sebelumnya

Berikut merupakan rangkuman dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1	Rosida Chasna	2016	"Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Menggunakan *Software* QUAL2Kw (Studi Kasus: Sungai Code, Yogyakarta)"	- Penelitian dilakukan di Sungai Code yang bertujuan untuk menentukan beban pencemaran air sungai yang masuk dengan dilakukan pemodelan menggunakan QUAL2Kw dengan parameter Amonia, fosfat dan TSS. Terdapat enam pembagian segmen. - Dari hasil perhitungan pada penelitian ini daya tampung beban pencemaran Sungai Code pada parameter Fosfat (PO_4) terdapat satu segmen yang melampaui batas sebesar -2,91 kg/hari sehingga perlu dilakukan pengelolaan. Pada parameter TSS seluruh segmen berada diatas 50 mg/L, hal ini disebabkan adanya faktor kondisi sejak di hulu konsentrasi TSS sudah melebihi. (Chasna, 2016b) - Pengelolaan yang dilakukan pada penelitian ini diantaranya adalah : 1. Evaluasi daya tampung beban pencemaran serta pemantauan air sungai secara berkala terhadap limbah yang masuk 2. Diperlukan peningkatan kinerja IPAL 3. Diperlukan himbauan kepada masyarakat tentang pengelolaan limbah 4. Melakukan penanaman vegetasi di bantaran sungai sehingga dapat menurunkan beban pencemaran

No	Peneliti	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
				5. Penambahana oksigen terlarut dalam air dengan cara pembuatan bending terjunan sehingga proses *self purification* berjalan dengan maksimal.
2	Ratih Ayu Febriati	2023	"Analisis Daya Tampung Beban Pencemar BOD di Sungai Code dengan QUAL2Kw"	- Penelitian dilakukan di Sungai Code yang bertujuan untuk menentukan beban pencemaran air sungai yang masuk dengan dilakukan pemodelan menggunakan QUAL2Kw dengan parameter BOD dan DO. Terdapat tujuh pembagian segmen dan delapan titik sampling. - Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada penelitian ini daya tampung beban pencemaran Sungai Code untuk parameter BOD telah memenuhi daya tampung yaitu pada segmen 1 (Boyong – Ngentak) sebesar 471,27 kg/hari, segmen 2,3,4,6,7 secara berturut sebesar 104,70 kg/hari, 23,63 kg/hari, 905,37 kg/hari, 171,05 kg/hari, 89,56 kg/hari, sedangkan pada segmen 5 bernilai negatif dan melebihi daya tampung sebesar 106,97 kg/hari sehingga pada segmen 5 diperlukan adanya pengelolaan. (Ayu Febriati, 2023)
3	Dany Yusuf Laksono	2023	"Analisis Daya Tampung Beban Pencemar Amonia dan Fosfat di Sungai Code dengan QUAL2Kw"	- Penelitian dilakukan di Sungai Code yang bertujuan untuk menentukan beban pencemaran air sungai yang masuk dengan dilakukan pemodelan menggunakan QUAL2Kw dengan parameter Amonia dan Fosfat. Terdapat tujuh pembagian segmen dan delapan titik sampling. - Berdasarkan hasil perhitungan dan pemodelan menggunakan QUAL2Kw daya tampung beban pencemaran Sungai Code untuk parameter Fosfat pada segmen 1 – 7 masih memenuhi batas daya

No	Peneliti	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
				tampung sebesar 69,73 kg/hari, 40,05 kg/hari, 12,54 kg/hari, 773,30 kg/hari, 99,09 kg,hari, 23,33 kg/hari, dan 401,12 kg/hari sehingga untuk parameter fosfat tidak perlu adanya penurunan dengan melakukan pengelolaan. (Yusuf Laksono, 2023)
4	Moh. Cholil Rifai	2023	"Analisis Daya Tampung Beban Pencemar COD dan TSS di Sungai Code dengan QUAL2Kw"	- Penelitian dilakukan di Sungai Code yang bertujuan untuk menentukan beban pencemaran air sungai yang masuk dengan dilakukan pemodelan menggunakan QUAL2Kw dengan parameter COD dan TSS. Terdapat tujuh pembagian segmen dan delapan titik sampling. - Berdasarkan hasil perhitungan dan pemodelan dengan QUAL2Kw daya tampung beban pencemar di Sungai Code pada parameter TSS pada segmen 1 hingga segmen 7 secara berurut sebesar 8242,56 kg/hari, 6367,68 kg/hari, 3620,94 kg/hari, 220155,32 kg/hari, 69297,98 kg/hari, 51511,68 kg/ hari dan 1498414 kg/hari. - Terdapat hasil pada parameter yang melebihi batas daya tampung perlu dilakukan pengelolaan sehingga dapat dilakukan penurunan dengan cara pembuuatan terjunan serta pembuatan sistem *wetland* dengan tanaman kangkunga air. (Cholil Rifai, 2023)
5	Eko Sugiarto, dkk.	2014	"Kajian Total Daya Tampung Beban Pencemaran Harian menggunakan Pemodelan QUAL2K untuk Pencemar BOD, TSS, Ammonia, Fosfat, dan Nitrat	- Penelitian dilakukan di Sungai Kampung Bugis, Tarakan sepanjang 5,377 km yang dibagi menjadi 3 segmen utama dengan total 19 ruas pengukuran. Segmen 1 yaitu ruas 1-8; segmen 2 yaitu ruas 9-13 dan segmen 3 yaitu ruas 14-19. Penelitian ini melakukan perhitungan daya tampung beban pencemaran atau *total maximum daily load* (TMDL)

No	Peneliti	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
			di Sungai Kampung Bugis, Tarakan.”	sehingga dapat mengetahui kualitas air sungai menggunakan model QUAL2K dengan parameter BOD, TSS, Ammonia, Fosfat dan Nitrat. - Berdasarkan hasil perhitungan dan pemodelan analisis menggunakan QUAL2K daya tampung beban pencemaran di Sungai Kampung Bugis, Tarakan. Pada parameter BOD, nilai baku mutu lingkungan (BML) mengacu pada PP No. 82 Tahun 2001 dan PerGub KalTim No.2 Tahun 2011 yaitu dengan baku mutu 2 ppm. Hasil rona awal lingkungan pada ruas 1 – 4 dan ruas 10 – 9 melebihi BML, sedangkan pada ruas 5 – 9 nilai BOD berada dibawah BML. Nilai prakiraan dampak sebagai perhitungan TMDL menggunakan QUAL2K parameter BOD pada masing-masing ruas bervariasi berkisar 0,28 hingga 5,9 ppm. Pada parameter TSS rona awal berkisar 16 hingga 294 ppm, sedangkan untuk hasil pemodelan QUAL2K menunjukan hasil berkisar dampak sebesar 1,56 hingga 51,39 ppm. Pada parameter PO_4 hasil rona awal lingkungan cenderung stabil pada 0,02 ppm. Pada model QUAL2K untuk sebaran pencemar PO_4 kisaran nilai pada masing-masing ruas tidak melebihi dari 0,01 ppm. Pada pencemaran NO_3 rona awal lingkungan cenderung menurun pada bagian hulu 1,25 ppm menuju bagian hilir 0,1 ppm. Prediksi sebaran NO_3 dengan model QUAL2K berkisar antara 0,317 ppm (hulu) hingga 1,025 ppm (hilir). Hasil perhitungan beban pencemar sesuai TMDL berturut-turut adalah BOD 90,32 kg/hari, TSS 73,77 kg/hari, PO_4 0,03 kg/hari dan NO_3 sebesar 5,75 kg/hari. - Penelitian ini diasumsikan bahwa telah terjadi kondisi kritis di Sungai Kampung Bugis yang didasarkan dari hasil pemantauan dan data

No	Peneliti	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
				BPLH Kota Tarakan yang menyatakan adanya beberapa faktor bahwa kondisi kritis meliputi terjadinya fluktuasi debit air antara musim kemarau dan hujan cukup signifikan, serta adanya aktivitas penambangan pasir, pengerukan bukit dan pembukaan lahan. (Sugiarto et al., 2014)

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

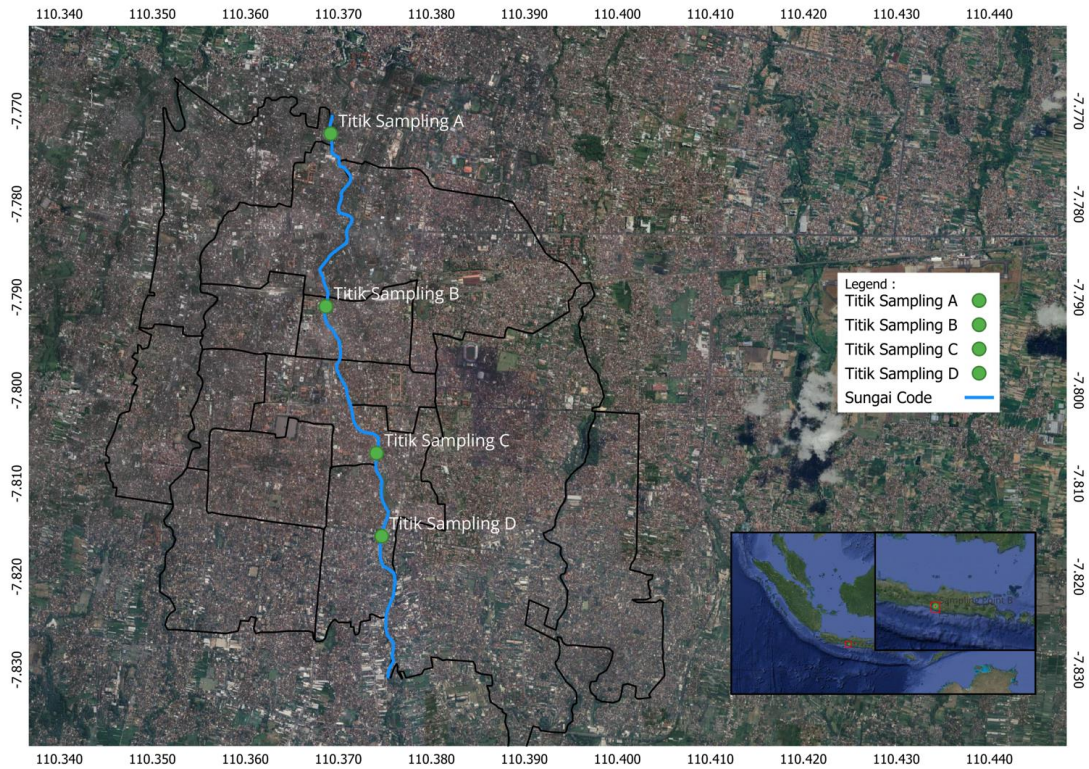
Berikut ini merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan pada penelitian ini yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan dua hari dalam waktu yang berbeda (pagi, siang, dan malam) pada *Weekdays* dan *Weekend* di tiap musim (hujan dan kemarau). Untuk penelitian di musim hujan dilakukan pada bulan Februari, sedangkan untuk penelitian di musim kemarau pada bulan Mei dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Lokasi penelitian ini dilakukan di Sungai Code yang merupakan salah satu sungai di daerah Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta. Pada penelitian ini bagian hulu untuk titik pemantauan berada di Jembatan Sendowo Kecamatan Tegalrejo, Kota Yogyakarta dan pada bagian hilir untuk titik pemantauan berada di Jembatan Tungkak Kecamatan Wirogunan, Kota Yogyakarta yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian

Tabel 3.1 Waktu Pengambilan Sampel

Jam (mulai dari hulu ke hilir)	Pagi : 06.00; 07.00; 08.00; 09.00 Siang : 12.00; 13.00; 14.00; 15.00 Malam : 18.00; 19.00; 20.00; 21.00
Hari	*Weekday* : Selasa *Weekend* : Minggu
Jumlah Pekan	1 (satu)
Musim (bulan)	Hujan : Februari Kemarau : Mei

Untuk titik sampling terdapat empat titik yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan titik Lokasi pengambilan sampel air *point source* dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Titik Lokasi Penelitian Pengambilan Sampel Air di Badan Air

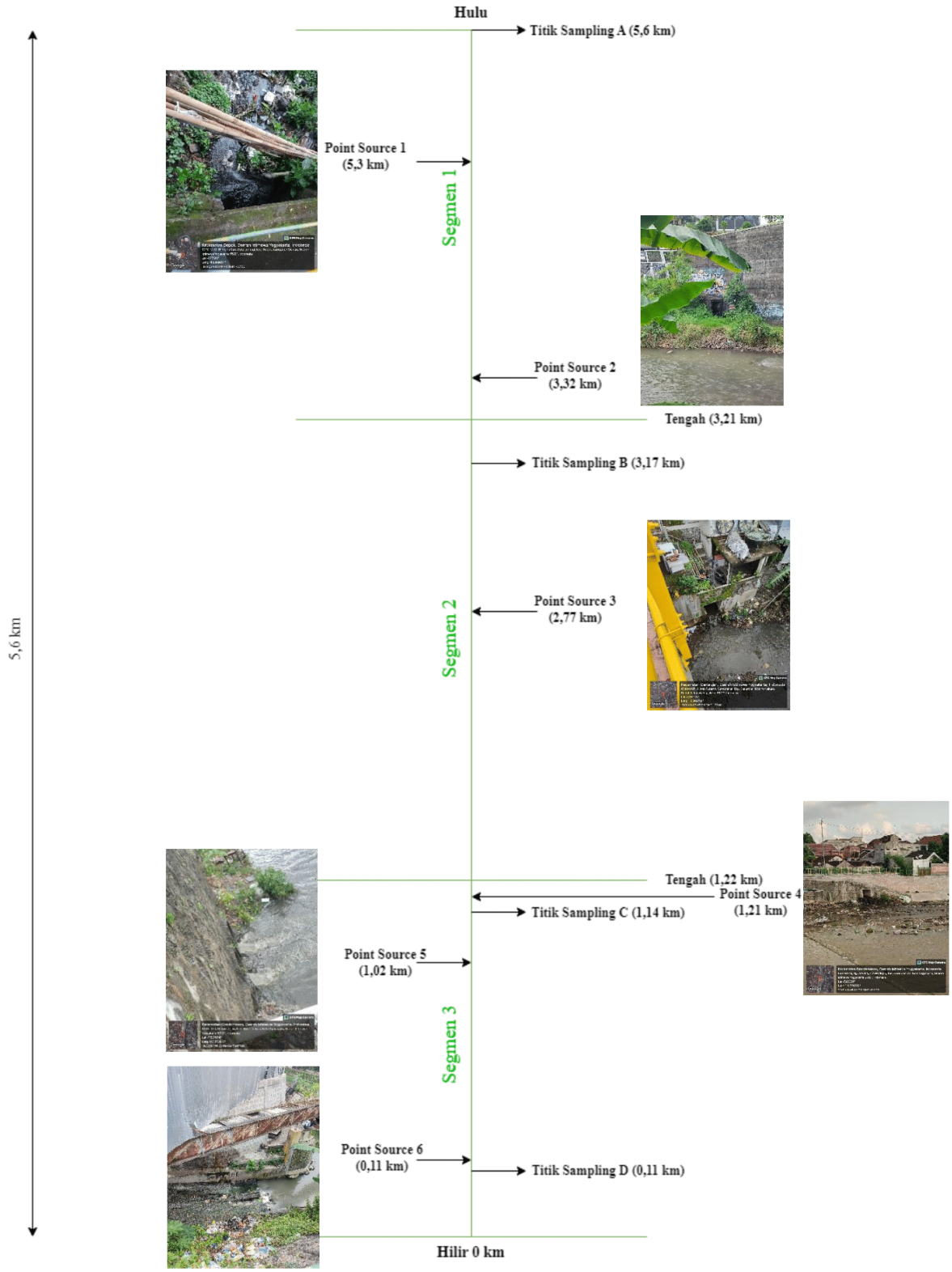
No	Titik	Lokasi Pemantauan	Koordinat
1	A	Jembatan Sendowo, Kec. Tegalrejo (Hulu)	-7.7724481 LS, 110.3691221BT
2	B	Jembatan Abu Bakar Ali, Kec. Danurejan (Tengah)	-7.7909859 LS, 110.3685990 BT
3	C	Jembatan Mergangsan, Kec. Mergangsan (Tengah)	-7.806581 LS, 110.374144 BT
4	D	Jembatan Tungkak, Kec. Wirogunan (Hilir)	-7.815656 LS, 110.374623 BT

Tabel 3.3 Titik Lokasi Pengambilan Sampel Air *Point Source*

No	Segmen	Titik	Ukuran	Koordinat
1	Segmen 1	PS 1	Sedang	-7.77518 LS, 110.369854 BT
		PS 2	Sedang	-7.789619 LS, 110.368900 BT
2	Segmen 2	PS 3	Sedang	-7.794144 LS, 110.369773 BT
		PS 4	Besar	-7.806342 LS, 110.374424 BT
3	Segmen 3	PS 5	Sedang	-7.807674 LS, 110.373944 BT
		PS 6	Besar	-7.815368 LS, 110.374491 BT

Keterangan :

PS : *Point Source*



Gambar 3.3 Lokasi *Point Source*

3.3 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini alat dan bahan yang digunakan untuk pengambilan sampel air di badan air dan sumber pencemar yang dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Alat dan Bahan

No.	Alat	Jumlah
1	Multiparameter Horiba U-53	1
2	Botol Winkler	48
3	Jerigen 1L	48
4	Ember	2
5	Pengukur Kedalaman	1
6	*Current Meter*	1
7	Pelampung	4
8	Safety *Line*	1
9	*Cooling Box*	2
No.	Bahan	Jumlah
1	Aquades	2 (botol)

3.4 Pengambilan Sampel Air Sungai

Titik lokasi pengambilan sampel pada penelitian ini terdapat empat titik dengan beberapa titik mengacu pada data pemantauan air Sungai Code oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) Yogyakarta Tahun 2020. Pengambilan sampel air Sungai Code dilakukan satu kali di setiap waktunya pada masing-masing titiknya dengan metode yang sesuai dengan SNI 8995-2021 tentang Pengambilan Contoh Uji Air Untuk Pengujian Fisika dan Kimia.

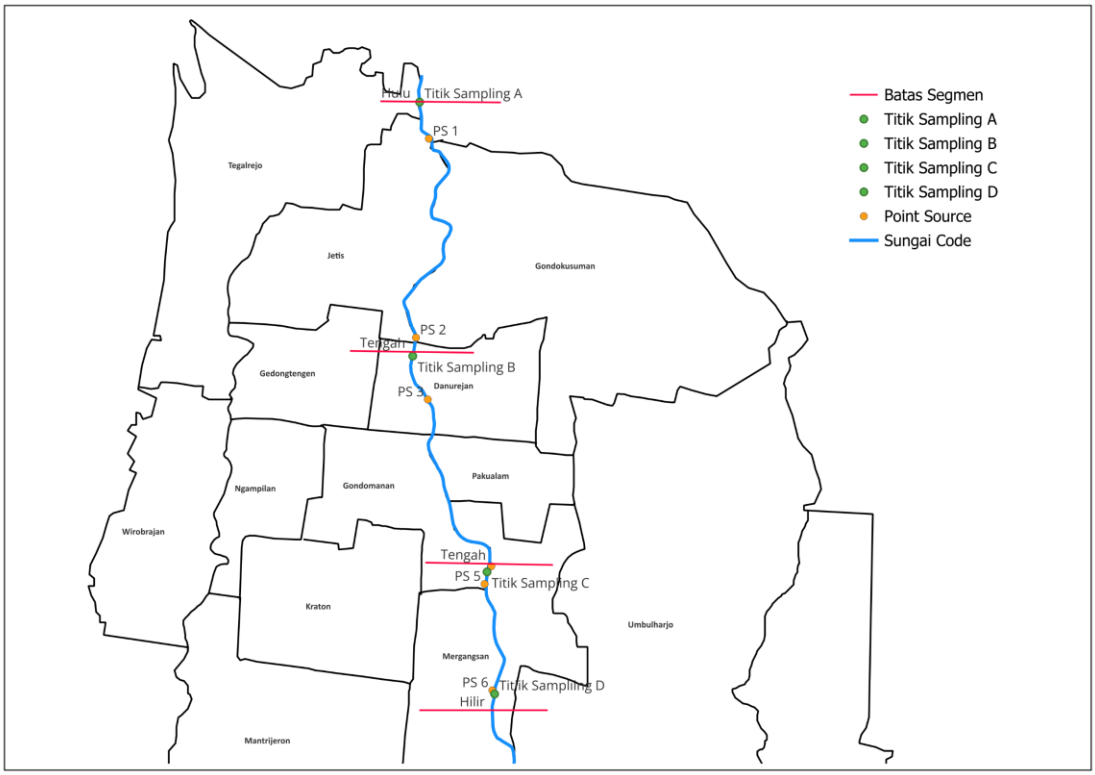
Pengambilan sampel air sungai setiap titik menggunakan metode pengambilan sesaat (*grab sampling*) berdasarkan SNI 9689.57:2008 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan. Pemilihan titik penelitian bagian hulu di selatan Pogung terdapat alasan antara lain : 1) menghindari terjunan yang banyak di bagian utara Pogung, dan 2) berdekatan dengan *Automatic Water Level Recorder* (AWLR), sehingga data debit dapat digunakan untuk memvalidasi model dari penelitian sebelumnya yang dibentuk berdasarkan data debit AWLR tersebut. Lokasi pengambilan sampel di hilir ada di Jembatan Tungkak dengan adanya pertimbangan : 1) menghindari terjunan besar di selatan Jembatan Tungkak, dan 2)

lokasi tidak terlalu jauh dengan hulu, sehingga masih memungkinkan untuk mengambil sampel pada empat titik lokasi.

3.5 Penentuan Segmen Sungai

Pada penelitian ini lokasi pemantauan dan pengambilan sampel air sungai dapat ditentukan melalui metode survey atau "*sample survey method*" yang dilakukan dengan membagi beberapa lokasi yang mewakilkan populasi dari titik pertama ke titik selanjutnya yaitu dengan pembagian segmen. Pemilihan segmen dengan memperhatikan keberadaan terjunan yang sedikit pada sungai, hal ini disebabkan karena banyaknya terjunan di sungai akan mempengaruhi banyaknya subsistem yang harus dimodelkan karena dapat terjadinya perubahan *fate* parameter kualitas air. Sehingga, segmen yang terpilih terletak di tengah Kota Yogyakarta.

Berdasarkan penentuan titik sampling yang dilakukan di 4 titik yaitu dengan membagi menjadi 3 segmen dengan memperhatikan adanya aktivitas masyarakat dan karakteristik dari setiap penggunaan lahan, adapun faktor yang dapat dipertimbangkan seperti faktor biaya, kemudahan akses peneliti, dan waktu sehingga dapat ditentukan titik-titik yang telah mewakili kondisi sungai secara keseluruhan. Pertimbangan lain dalam penentuan segmen sungai dipengaruhi oleh jumlah terjunan yang ada di sepanjang Sungai Code. Batas segmen ditentukan oleh adanya terjunan sebelum titik pengambilan sampel. Hal ini dikarenakan sampel air yang diambil setiap segmen akan mengalami perubahan kualitas air yang dipengaruhi oleh aerasi yang terjadi pada terjunan. Proses aerasi pada terjunan akan melarutkan oksigen yang masuk ke dalam air sehingga kadar oksigen terlarut menjadi meningkat. Berikut merupakan segmen pengambilan sampel air sungai yang dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Segmentasi Sungai

3.6 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini data yang dibutuhkan yaitu data primer dan data sekunder.

3.6.1 Data Primer

Data primer didapatkan berdasarkan kondisi di lapangan yaitu :

1. Data Kualitas Air Sungai

   Dalam pengambilan sampel air untuk kebutuhan pengujian kualitas air sungai, dilakukan sebanyak empat kali pada titik yang telah ditentukan. Pengambilan sampel dilakukan dengan variasi waktu yang berbeda sesuai dengan Tabel 3.1. Adapun tata cara pengambilan sampel yang dapat dilakukan dalam pengambilan sampel air sungai yang mengacu pada SNI 6989.57:2008 tentang Metoda Pengambilan Contoh

Air Permukaan. Berikut merupakan cara pengambilan sampel dengan beberapa tahapan, antara lain :

a. Menyiapkan alat pengambilan contoh yang sesuai dengan keadaan sumber air;
b. Membilas alat pengambilan contoh dengan air yang akan diambil sebanyak 3 (tiga) kali;
c. Mengambil sampel sesuai dengan titik sampling dan memasukkannya ke wadah sampel sesuai peruntukan analisis;
d. Melakukan uji langsung pada parameter lapangan seperti suhu, dan pH. serta mencatat lokasi titik sampling, dan jam pengambilan pada wadah sampel;
e. Mengamankan atau melakukan pengawetan sampel dengan cara menyimpan di dalam *cool box* yang telah berisi es hingga dilakukan pengujian selanjutnya di laboratorium.

Pada data kualitas air sampel air diambil secara langsung di lapangan yaitu sampel air di badan air dan sumber pencemarnya. Metode sampling yang digunakan yaitu pengambilan sampel sesaat (*grab* sampling), Dimana sampel air tersebut diambil pada waktu tertentu dan dapat mewakili sumber pencemar dan badan air secara keseluruhan. Parameter yang digunakan sesuai dengan yang telah direncanakan pada penelitian ini untuk parameter fisik ditentukan langsung di lapangan sedangkan parameter kimia dilakukan pengujian laboratorium yang dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Parameter Uji Kualitas Air Sungai

No.	Parameter	Metode Uji	Tentang
1	*Total Suspended Solid* (TSS)	SNI 6989.3:2019	Air dan Air Limbah – Bagian 3 : Cara Uji Padatan tersuspensi Total (*Total Suspended Solid*) secara Gravimetri
2	*Biochemical Oxygen Demand* (BOD)	SNI 6989.72-2009	Air dan Air Limbah – Bagian 72 : Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia

No.	Parameter	Metode Uji	Tentang
			(*Biochemical oxygen demand*/ BOD)
3	*Dissolved Oxygen* (DO)	SNI 06-6989.14-2004	Air dan Air Limbah – Bagian 14 : Cara Uji Oksigen Terlarut secara Yodometri (modifikasi azida)
4	Nitrat (NO_3^-)	SNI 6989.79:2011	Air dan Air Limbah – Bagian 79 : Cara Uji Nitrat (NO_3^-N) dengan Spektrofotometer UV-Visibel secara Reduksi Kadmium
5	Total fosfat sebagai P (PO_4^{3-})	SNI 6989.31:2021	Air dan Air Limbah – Bagian 31 : Cara Uji Kadar Ortofosfat dan Total Fosfor Menggunakan Spektrofotometer dengan Reduksi Asam Askorbat

2. Data Hidrolik Sungai

Data hidrolik sungai yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu kecepatan aliran, kedalaman sungai, lebar sungai, dan debit air sungai. Kecepatan aliran diukur dengan menggunakan alat *current meter* dan pengukuran kedalaman serta lebar sungai menggunakan meteran sehingga data yang didapatkan langsung di lapangan. Perhitungan debit sungai dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Q = A \times V$$

Keterangan :

Q = Debit aliran (m^3/detik)

V = Kecepatan aliran (m/detik)

A = Luas penampang basah (m^2)

3.6.2 Data Sekunder

Data sekunder didapatkan dari data yang resmi pemerintah atau instansi terkait dengan penelitian yang dilakukan ini, antara lain :

1. Data kecepatan angin, suhu titik embun, tutupan awan, persentase radiasi matahari, kekasaran dan *slope* sungai dari BMKG DIY dan data pemantauan kualitas air lima tahun terakhir dari DLHK DIY
2. Peta administrasi, peta topografi, dan peta penggunaan lahan yang berasal dari *google earth*.

3.7 Metode Analisis Data

Proses analisis data dilakukan dengan menginput data pada *software* QUAL2K *version* 2.12b1 dengan parameter temperatur, pH, TSS, BOD, DO, NO_3, dan Total Fosfat sebagai P (PO_4^{3-}).

3.7.1 Input Data

Data yang dimasukkan ke dalam *software* QUAL2K berupa kualitas air yang meliputi debit, suhu, kecepatan angin, tutupan awan, dan data sumber pencemar berupa *point sources* dan *diffuse sources* dan lainnya. Berikut merupakan *worksheet* pada QUAL2K beserta fungsinya :

Tabel 3.6 *Worksheet* QUAL2K

No.	Nama *Worksheet*	Deskripsi
1	*QUAL2K*	Nama *file* dan deskripsi umum mengenai model operasi dan periode simulasi.
2	*Point Sources*	Aliran dan kualitas air dari sumber (termasuk abstraksi seperti *point sources*).
3	*Headwater*	Aliran dan kualitas air *headwater* dari setiap badan air.
4	*Downstream*	Kualitas air yang ditentukan sebagai batas hilir.
5	*Reach*	Deskripsi fisik segmentasi model pada jangkauan dan tingkat elemen.
6	*Reach Rates*	Laju kinetik pada level jangkauan (mengesampingkan kelajuan secara umum di *Worksheet Rates*).
7	*Air Temperature*	Temperatur udara setiap jam berdasarkan jangkauannya.
8	*Dew Point Temperature*	Temperatur titik embun setiap jam berdasarkan jangkauannya.

No.	Nama *Worksheet*	Deskripsi
9	*Wind Speed*	Kecepatan angin setiap jam berdasarkan jangkauannya.
10	*Cloud Cover*	Tutupan awan setiap jam berdasarkan jangkauannya.
11	*Shade*	% radiasi matahari yang terhalang oleh vegetasi dan tepian sungai, berdasarkan jangkauan dan jam.
12	*Rates*	Mengaplikasikan kelajuan kinetik secara umum (mengesampingkan segala kelajuan di *Worksheets Reach Rates*).
13	*Light and Heat*	Nilai global untuk sumber cahaya dan perhitungan perpindahan panas.
14	*Diffuse Sources*	Aliran dan kualitas air pada *diffuse sources* (dapat digambarkan sebagai *inflow*).

3.7.2 Kalibrasi Model

Kalibrasi model dilakukan untuk pendekatan antara model dengan data yang digunakan untuk validasi saat input data di *worksheet WQ data* (data kualitas air) dan *worksheet data* (data hidrolik sungai) karena adanya perbedaan variasi data pada waktu yang berbeda seperti data kualitas air sungai hingga kualitas air limbah. Saat melakukan kalibrasi model yang harus dilakukan pertama yaitu pada model parameter hidrolik dengan cara *trial and error* variabel yang sesuai dengan parameter yang dimodelkan hingga mendekati data yang telah diinput. Model kedalaman dan kecepatan aliran sungai juga menggunakan *trial and error* terhadap koefisien *manning* dan kemiringan saluran pada *worksheet Reach*. Model debit menggunakan *trial and error* terhadap debit *non-point source* di *worksheet diffuse source* (Setiyawan, 2019).

Model parameter hidrolik yang telah mendekati data, selanjutnya dilakukan kalibrasi model kualitas air dengan melakukan *trial and error* pada koefisien di *worksheet Rates* dan *Reach Rates* serta pada kualitas pencemaran *non-point sources* di *worksheet Diffuse sources.*

Untuk melakukan evaluasi model dengan meninjau nilai *error* serta keakuratan antara data hasil dari simulasi model QUAL2K dengan data lapangan yang belum diinput, sehingga dapat digunakan untuk menjalankan skenario, salah satu cara

yang dapat digunakan yaitu dalam bentuk visual dan *error* dengan menggunakan *root mean square precentage error* (RMSPE). Validasi model yang digunakan pada penelitian ini menggunakan RMSE untuk mengkuantifikasi besar dan sifat *error* yang terjadi. Berikut merupakan persamaan metode RMSPE :

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

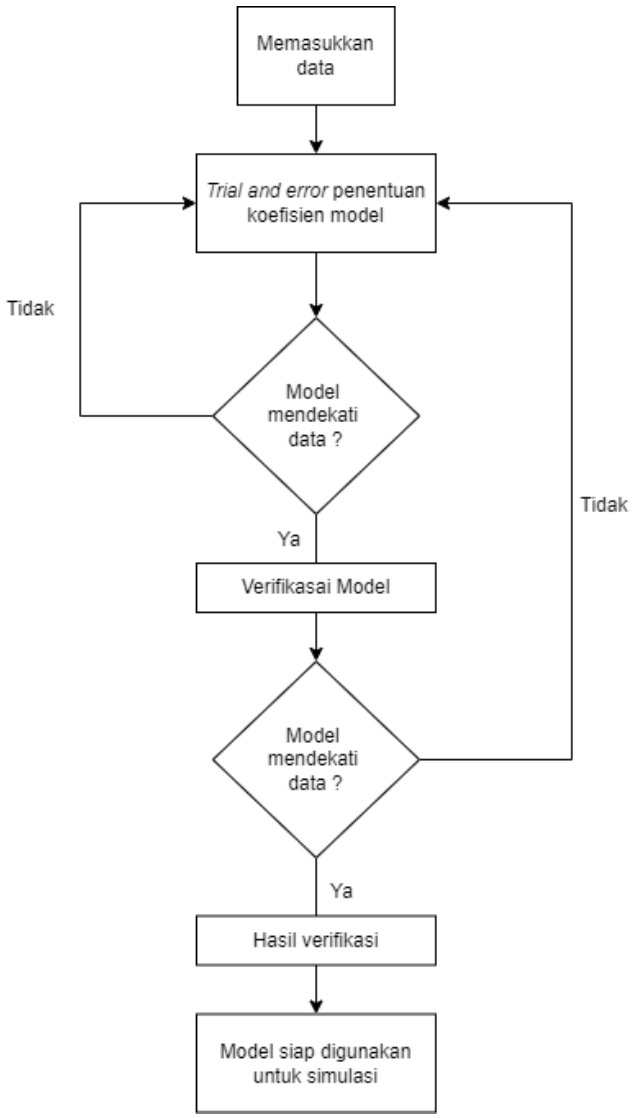
Dimana :

St = nilai prediksi pada waku t

At = nilai aktual pada waktu t

n = jumlah observasi

Hasil dari perhitungan metode RMSPE dapat dianggap sesuai dengan data lapangan atau dapat diterima jika nilai hasil berada dibawah 0,5 atau 50%.



Gambar 3.5 Diagram Alir Kalibrasi Model

3.7.3 Simulasi Model

Simulasi model dapat dilakukan setelah melakukan kalibrasi dan validasi pada model dan telah sesuai dengan kriteria yang ditetapkan. Pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui kondisi sungai dengan adanya perbedaan sumber pencemar, sehingga nilai daya tampung beban pencemar dapat ditetapkan dengan skenario berikut :

Tabel 3.7 Skenario Simulasi

Skenario	Kualitas Hulu	Kualitas Pencemaran	Kualitas Air Sungai
1	Eksisting	Eksisting	Model
2	Eksisting	*Trial and Error*	BMA* Kelas II (Segmen 1 & 2) dan Kelas III (Segmen 3)

Keterangan :

BMA* : Baku Mutu Air (PerGub DIY No.20 Tahun 2008)

3.7.3.1 Skenario 1, kondisi aktual sungai

Skenario 1 adalah dengan memasukkan data kondisi lapangan atau eksisting kualitas air di hulu sungai, serta data eksisting pada sumber pencemar. Hal ini, bertujuan untuk mengetahui kontribusi sumber pencemaran eksisting terhadap kualitas air sungai di tiap segmen dengan mengasumsikan bahwa kontribusi beban pencemar terbesar yang masuk ke saluran air berasal dari domestik. Pada hasil dari skenario 1 dapat menunjukkan kualitas sungai kondisi aktual apakah telah memenuhi baku mutu air kelas II (segmen 1 dan 2) dan kelas III (segmen 3) atau tidak untuk semua parameter kualitas air.

3.7.3.2 Skenario 2, kondisi beban penuh

Skenario 2 adalah data yang di bagian hulu menggunakan data eksisting seperti skenario 1. Tetapi, untuk data kualitas sumber pencemar (*point sources* dan *diffuse source)* dilakukan dengan cara *trial and error* sehingga menghasilkan kualitas air di sepanjang sungai dapat memenuhi baku mutu air kelas II (segmen 1 dan 2) dan kelas III (segmen 3). Pada hasil skenario 2 ini bertujuan untuk mengetahui besarnya beban pencemar saat penuh.

3.7.4 Perhitungan Beban Pencemar

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemar Air pada Sumber Air, beban pencemar adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung

dalam air atau limbah. Beban pencemar maksimum merupakan batasan beban pencemar yang diperbolehkan pada suatu perairan seusai dengan kelas peruntukkannya (Lusiana dkk., 2020).

Berikut merupakan persamaan beban pencemar yang digunakan (Hasibuan dkk, 2022) :

$$\boldsymbol{BP = Qs\ x\ Cs\ x\ f}$$

Keterangan :

BP : Beban Pencemar Sungai (kg/hari)

Qs : Debit Air Sungai (m^3/detik)

Cs : Konsentrasi Unsur Pencemar (mg/l)

f : Faktor Konversi Satuan (kg/hari)

3.7.5 Daya Tampung Beban Pencemar

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemar Air pada Sumber Air, Daya Tampung Beban Pencemar adalah kemampuan air pada suatu sumber air, untuk menerima masukkan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi tercemar.

Berikut merupakan persamaan daya tampung beban pencemar yang digunakan (Hasibuan dkk., 2022) :

DTBP = Beban pencemar sesuai BMA (kg/hari) - beban pencemar eksisting (kg/hari)

3.7.6 Perhitungan Debit Run Off

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 22 tahun 2021 tentang Pengelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup meyatakan bahwa sumber air limbah *diffuse source* tidak hanya berasal dari rumah tangga saja melainkan juga dapat berasal dari limpasan air hujan. Sumber air limbah dari limpasan air yaitu air limbah yang dibawa oleh air larian (*run off*) pada saat atau

setelah terjadinya hujan. *Run off* terjadi dari curah hujan yang bergerak melintas di atas permukaan tanah yang mengalir menuju sungai, danau dan/atau lautan.

Limpasan memiliki beberapa jenis seperti limpasan permukaan yang mengalir diatas permukaan seperti beton yang terjadi saat tanah dalam keadaan jenuh air, limpasan bawah permukaan yang merupakan air terserap ke dalam tanah dan bergerak secara lateral yang sering dilahan di dataran rendah atau dengan dengan badan air, limpasan air badai yang terjadi saat curah hujan tinggi yang dapat membawa polutan dari daerah perkotaan, lahan pertanian, dan lanskap ke saluran air. Debit limpasan air (*run off*) dapat dihitung dengan metode pengukuran debit limpasan rasional dengan rumus sebagai berikut :

$$\mathbf{Q = 0{,}002778 \times C \times I \times A}$$

Keterangan :

Q = Debit limpasan (m^3/detik)

C = Koefisien *run off*

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah layanan (Ha)

Nilai 0,002778 merupakan nilai yang digunakan untuk konversi Ha-mm/jam menjadi m^3/detik. Nilai koefisien *run off* merupakan nilai untuk menentukan suatu DAS telah mengalami kerusakan atau gangguan fisik. Nilai koefisien yang semakin besar maka sebagian besar air hujan menjadi limpasan. Nilai koefisien *run off* dapat berbeda-beda tergantung pada penutupan lahan pada masing-masing sub DAS. Berikut ini merupakan nilai koefisien *run off* berdasarkan bahan dan tata guna lahan yang dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3. 8 Nilai Koefisien *Run Off*

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
	Bahan	
1	Jalan beton & jalan aspal	0,70 - 0,95
2	Jalan kerikil & jalan tanah	0,40 - 0,70
3	Bahu jalan	
	-Tanah berbutir halus	0,40 - 0,65
	-Tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
	-Batuan masif kasar	0,70 - 0,85
	-Batuan masif lunak	0,60 - 0,75
	Tata Guna Lahan	
1	Daerah perkotaan	0,70 - 0,95
2	Daerah pinggir kota	0,60 - 0,70
3	Daerah industri	0,60 - 0,90
4	Pemukiman padat	0,40 - 0,60
5	Pemukiman tidak padat	0,40 - 0,60
6	Taman dan Kebun	0,20 - 0,40
7	Persawahan	0,45 - 0,60
8	Perbukitan	0,70 - 0,80
9	Pegunungan	0,75 - 0,90

Sumber : Tatacara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan (SNI 03.3424-1994)

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian dan Titik Sampling

Penelitian ini dilakukan di Sungai Code karena memiliki lokasi strategis yang melalui wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). DAS Code merupakan salah satu DAS yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dan melintasi tiga Kabupaten/Kota yaitu Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul. Sungai Code memiliki panjang total mencapai 41 kilometer. Daerah jembatan Sendowo, Kec. Tegalrejo dipilih sebagai bagian hulu dan jembatan Tungkak, Kec. Wirogunan dipilih sebagai bagian hilir pada penelitian kali ini. Berdasarkan pengamatan, pada bagian hulu hingga hilir didominasi sumber pencemar berupa saluran drainase dan air limbah domestik. Air limbah domestik ini berasal dari pemukiman atau rumah tangga, perkantoran, dan perhotelan. Adanya sumber pencemar dari hulu hingga hilir mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas air Sungai Code.

Panjang daerah penelitian yang dilakukan dari hulu hingga hilir yaitu 5,8 km dan terdapat enam titik lokasi sumber pencemar berupa *point source* di sepanjang daerah penelitian. Berikut ini merupakan titik lokasi pengambilan sampel pada penelitian yang dilakukan, dapat dilihat pada Tabel 4.1.

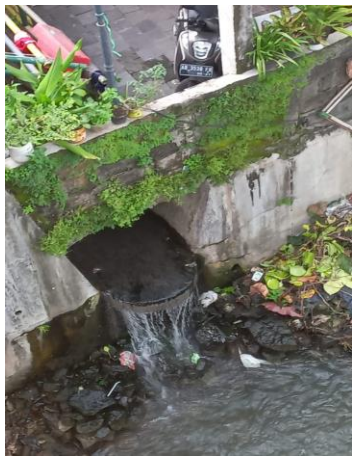
Tabel 4.1 Titik Lokasi Pengambilan Sampel di Sungai Code

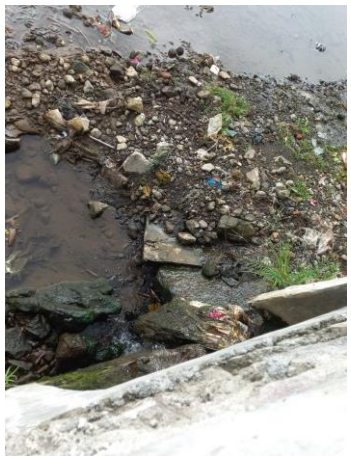
Segmen	Panjang	Titik	Jarak (km)	Lokasi	Koordinat		Elevasi		Penetapan Baku Mutu
					LS	BT	Upstream	Downstream	
Segmen 1	2,31	Titik A	5,6	Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman	-7.772422	110.369119	+115	+100	Kelas II
Segmen 2	2,14	Titik B	3,17	Kecamatan Danurejan, Kota Yogyakarta	-7.791007	110.368591	+100	+90	Kelas II
Segmen 3	1,17	Titik C	1,14	Kecamatan Mergangsan, Kota Yogyakarta	-7.806792	110.374129	+90	+85	Kelas III
		Titik D	0	Tungkak, Kota Jogjakarta	-7.815618	110.374639			Kelas III

Tabel 4.2 Kondisi Lokasi *Sampling* Sungai Code

Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
Titik A		Titik A terletak di Jembatan Sendowo Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman. Kondisi pada titik ini masih banyak pohon di sepanjang aliran sungai. Pada titik ini mempunyai kedalaman sebesar 0,4 m dan lebar sungai 9,6 m
Segmen 1		Pada segmen 1 terdapat sumber pencemar yang berasal dari *point source*, berupa saluran drainase yang berasal dari pembuangan limbah hotel.

Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
		Sumber pencemar pada segmen 1 juga bersumber pada saluran drainase dari aktivitas domestik yang berasal dari perumahan masyarakat disekitar aliran Sungai Code.
Titik B		Titik B terletak di pusat kota Yogyakarta yang bertepatan di Jembatan Abu Bakar Ali Kecamatan Danurejan, Kota Yogyakarta. kondisi pada titik ini banyaknya perumahan warga di sepanjang aliran sungai. Titik ini mempunyai kedalaman sebesar 0,43 m dengan lebar 13,1m

Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
Segmen 2		Pada segmen 2 sumber pencemar berupa *point source* yang bersumber dari saluran drainase yang ada di bawah jembatan jambu Kota Yogyakarta, kondisi aliran di saluran drainase tersebut relatif besar dan deras, disekitar drainase tersebut juga terdapat sampah yang munumpuk yang berasal dari masyarakat sekitar.

Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
		Sumber pencemar di segmen 2 ini juga berasal dari saluran drainase yang berbentuk persegi dengan aliran debit yang tidak terlalu deras dengan kecepatan aliran sebesar 0,033m/s, pada kondisi titik ini banyaknya padatan dan juga batuan di pinggiran sungai.

Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
Titik C		Pengambilan sampel air sungai di titik C berada di Bendungan Mergangsan yang terletak di Kecamatan Mergangsan, Kota Yogyakarta, kondisi disekitar titik terdapat banyak sampah di sepanjang aliran dikarenakan banyaknya masyarakat yang masih membuang sampah di sungai dan pada titik ini juga tercium bau yang tidak sedap dari sampahnya. Pada titik ini mempunyai kedalaman 0,36 m dengan lebar sungai 29,5 m
Segmen 3		Sumber pencemar di segmen 3 ini juga berasal dari saluran drainase dari aktivitas domestik yang ada disekitarnya dan drainase dari perkotaan

Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
		Sumber pencemar di segmen 3 juga berasal dari saluran drainase yang berbentuk persegi dengan aliran debit yang tidak terlalu deras dengan kecepatan aliran sebesar m/s, pada kondisi titik ini banyaknya tumpukan sampah plastik dan juga batuan di pinggiran sungai.
Titik D		Titik D terletak di Jembatan Tungkak, Kecamatan Tungkak, Kota Yogyakarta. Kondisi pada titik ini terdapat adanya sampah disekitar aliran sungai, untuk kedalamannya berkisar 0,44 m dengan lebar sungai sebesar 26,73 m.

4.2 Kondisi Hidrolik Sungai Code

Dalam pemodelan QUAL2K ini membutuhkan data hidrolik untuk diinput sehingga dapat memodelkan kualitas air sungai. Data hidrolik sungai yang dibutuhkan untuk diinput kedalam *software* QUAL2K ini yaitu data debit (m^3/s), kecepatan laju aliran (m/s), kedalaman (m), dan lebar sungai (m). Data hidrolik tersebut berfungsi untuk melakukan kalibrasi model dengan data eksisting. Data hidrolik rerata Sungai Code dapat dilihat pada Tabel 4.3 hingga Tabel 4.7.

Pada penelitian ini, pengambilan data hidrolik seperti kecepatan, kedalaman dan lebar Sungai Code dilakukan secara manual dikarenakan keterbatasan alat yang digunakan. Pengukuran kecepatan dilakukan pada penelitian ini menggunakan *Styrofoam* yang diikat menggunakan tali dan dialirkan sejauh 100 cm kemudian dihitung waktu tempuhnya dengan menggunakan *stopwatch*. Pengukuran kedalam sungai menggunakan tongkat sepanjang 160 cm yang telah diberi tanda setiap 10 cm kemudian mengukur kedalaman sungai pada bagian kanan, kiri, dan tengah dengan cara memasukkan kedalam air sungai hingga ujung tongkat mencapai dasar sungai. Pengukuran lebar sungai menggunakan meteran, diukur dari tepi sungai.

Tabel 4.3 Data Hidrolik Musim Hujan

Data Hidrolik Musim Hujan							
Waktu	Titik	Debit		Kedalaman (m)		Kecepatan (m/s)	
		Selasa	Minggu	Selasa	Minggu	Selasa	Minggu
Pagi	A	5,74	2,95	0,44	0,44	1,36	0,69
	B	7,85	3,45	0,47	0,44	1,28	0,59
	C	3,12	6,49	0,25	0,50	0,42	0,44
	D	2,78	2,81	0,40	0,45	0,26	0,23
Siang	A	4,16	2,85	0,33	0,43	1,33	0,70
	B	6,07	3,48	0,40	0,46	1,16	0,57
	C	7,75	4,15	0,31	0,30	0,86	0,46
	D	8,02	5,30	0,30	0,41	1,00	0,48
Malam	A	3,82	2,61	0,33	0,42	1,19	0,65
	B	3,56	3,54	0,43	0,45	0,63	0,60
	C	7,15	4,99	0,21	0,29	1,17	0,58
	D	11,58	6,43	0,36	0,46	1,20	0,52

Tabel 4.4 Data Hidrolik Musim Kering

Data Pagi Hari Musim Kering							
Waktu	Titik	Debit		Kedalaman (m)		Kecepatan (m/s)	
		Selasa	Minggu	Selasa	Minggu	Selasa	Minggu
Pagi	A	2,13	2,72	0,32	0,38	0,75	0,96
	B	3,70	3,91	0,43	0,45	0,66	0,70
	C	3,08	4,31	0,19	0,26	0,54	0,76
	D	5,51	6,04	0,30	0,36	0,68	0,74
Siang	A	2,33	3,22	0,38	0,38	0,68	0,94
	B	5,04	4,12	0,41	0,44	0,93	0,76
	C	6,17	4,88	0,24	0,24	0,86	0,68
	D	6,02	6,06	0,33	0,34	0,67	0,68
Malam	A	2,56	3,17	0,38	0,37	0,74	0,92
	B	2,35	5,03	0,44	0,38	0,41	0,87
	C	4,66	4,40	0,24	0,23	0,65	0,61
	D	6,08	8,90	0,37	0,33	0,62	0,91

Tabel 4.5 Data Hidrolik Rerata Sungai Code Pagi Hari

Rerata Data Hidrolik Pagi			
Titik	Debit (m3/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan (m/s)
A	3,39	0,40±0,059	0,94
B	4,73	0,45±0,016	0,81
C	4,25	0,30±0,136	0,54
D	4,28	0,38±0,062	0,48

Tabel 4.6 Data Hidrolik Rerata Sungai Code Siang Hari

Rerata Data Hidrolik Siang			
Titik	Debit (m3/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan (m/s)
A	3,14	0,38±0,041	0,91
B	4,68	0,43±0,028	0,86
C	5,73	0,27±0,035	0,71
D	6,35	0,35±0,046	0,71

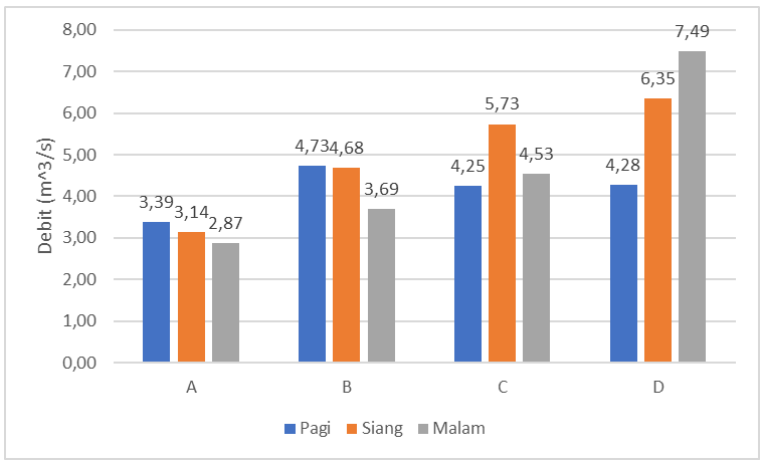
Tabel 4.7 Data Hidrolik Rerata Sungai Code Malam Hari

Rerata Data Hidrolik Malam			
Titik	Debit (m3/s)	Kedalaman (m)	Kecepatan (m/s)
A	2,87	0,38±0,034	0,83
B	3,69	0,41±0,029	0,64
C	4,53	0,24±0,034	0,63
D	7,49	0,35±0,055	0,76

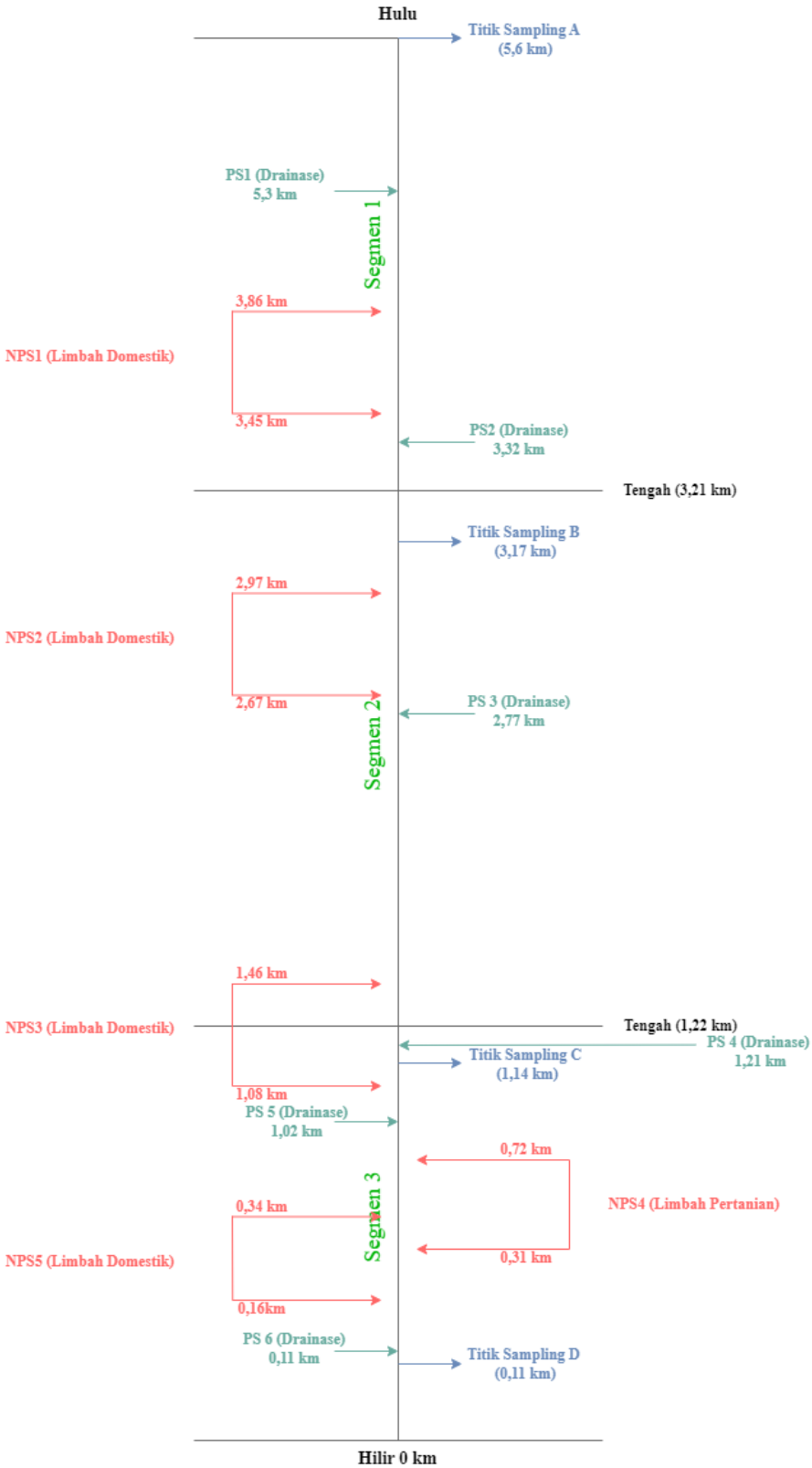
4.2.1 Debit Sungai Code

Pada penelitian kali ini, pengukuran debit sungai yang diperroleh memiliki nilai data debit yang beragam. Hal ini dikarenakan adanya variasi waktu dalam pengambilan data Sungai Code. Selain itu, nilai debit dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kecepatan aliran air, jumlah aliran yang masuk dan keluar, kemiringan dan kedalaman sungai.

Berikut ini merupakan debit rarata yang diperoleh pada masing-masing waktu, yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Perbandingan Nilai Rerata Debit Sungai Code



Gambar 4.2 Lokasi Masukkan Debit Sumber Pencemar

Berdasarkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 terlihat bahwa debit yang diketahui pada lokasi penelitian memiliki nilai yang beragam pada masing-masing waktunya. Titik A memiliki debit yang paling kecil terhadap ketiga variasi waktu tersebut. Pada debit titik A pagi hari memiliki nilai sebesar 3,39 m^3/s, siang hari memiliki nilai sebesar 3,14 m^3/s, dan malam hari sebesar 2,87 m^3/s. Namun, dari ketiga variasi tersebut debit titik A malam hari memiliki nilai yang paling rendah dan yang paling tinggi berada pada pagi hari. Nilai debit yang dihasilkan ini juga dapat dipengaruhi oleh kondisi elevasi sungai dan adanya keluar atau masuk debit yang berasal dari *point source* maupun *diffuse source*.

Pada titik B, jika dibandingkan antara ketiga waktu tersebut maka nilai debit tertinggi berada pada pagi hari yaitu sebesar 4,73 m^3/s, sedangkan untuk nilai debit terendah berada pada malam hari yaitu sebesar 3,69 m^3/s.

Pada titik C jika dibandingkan antara ketiga waktu tersebut, nilai tertinggi berada di siang hari yaitu sebesar 5,73 m^3/s sedangkan nilai debit terendah berada di pagi hari yaitu sebesar 4,25 m^3/s.

Pada titik D jika dibandingkan antara ketiga waktu tersebut, nilai debit tetinggi berada pada malam hari sebesar 7,49 m^3/s, sedangkan nilai terendah berada pada pagi hari sebesar 4,28 m^3/s.

Penurunan debit sungai dapat disebabkan adanya debit yang keluar yang digunakan masyarakat yang digunakan untuk mengairi kolam ikan serta adanya penutupan pintu air yang terdapat di dekat jembatan. Pada lokasi penelitian juga terdapat tumpukan sampah yang menyebabkan aliran air sungai menjadi terhambat. Menurut (Itratip & Jannah, 2016), adanya sumbatan penampang sungai yang sebabkan oleh sedimentassi dan sampah akan menyebabkan aliran air menjadi kecil.

4.3 Kondisi Kualitas Air Sungai Code

Kualitas air sungai ditentukan oleh konsentrasi dari beberapa parameter yang terkandung dalam air. Pada penelitian ini, beberapa parameter kualitas air Sungai Code yang akan dilakukan pengukuran dan pengujian seperti Temperatur, pH, TSS, DO, BOD, Nitrat dan Total Fosfat. Pengukuran dan pengujian dengan cara

mengambil sampel kualitas air sungai dilakukan pada setiap titik *sampling*, kemudian sampel yang telah diambil tersebut dapat dilakukan pengujian langsung di lapangan pada parameter pH (derajat keasaman) dan temperature air. Parameter yang tidak bisa dilakukan pengujian secara langsung seperti TSS, DO, BOD, Nitrat, dan Total Fosfat akan dilakukan pengujian oleh laboran di Laboratorium Kualitas Air FTSP UII sehingga dapat diperoleh nilai konsentrasinya.

4.3.1 Temperatur Air

Temperatur atau suhu air sungai ini berpengaruh terhadap biotik dan abiotik pada sungai. Perubahan suhu dapat mempengaruhi nilai CO_2 yang terkandung dalam air serta dapat mempengaruhi nilai pH air. Perubahan suhu pada perairan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu keberadaan pohon atau tanaman air, limbah, yang masuk ke air, radiasi cahaya matahari, suhu udara, dan iklim (Muarif, 2016). Berikut merupakan nilai temperatur air yang diperoleh dengan cara pengujian langsung, yang dapat dilihat pada Tabel 4.8 hingga Tabel 4.9.

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Temperatur Air Sungai Code

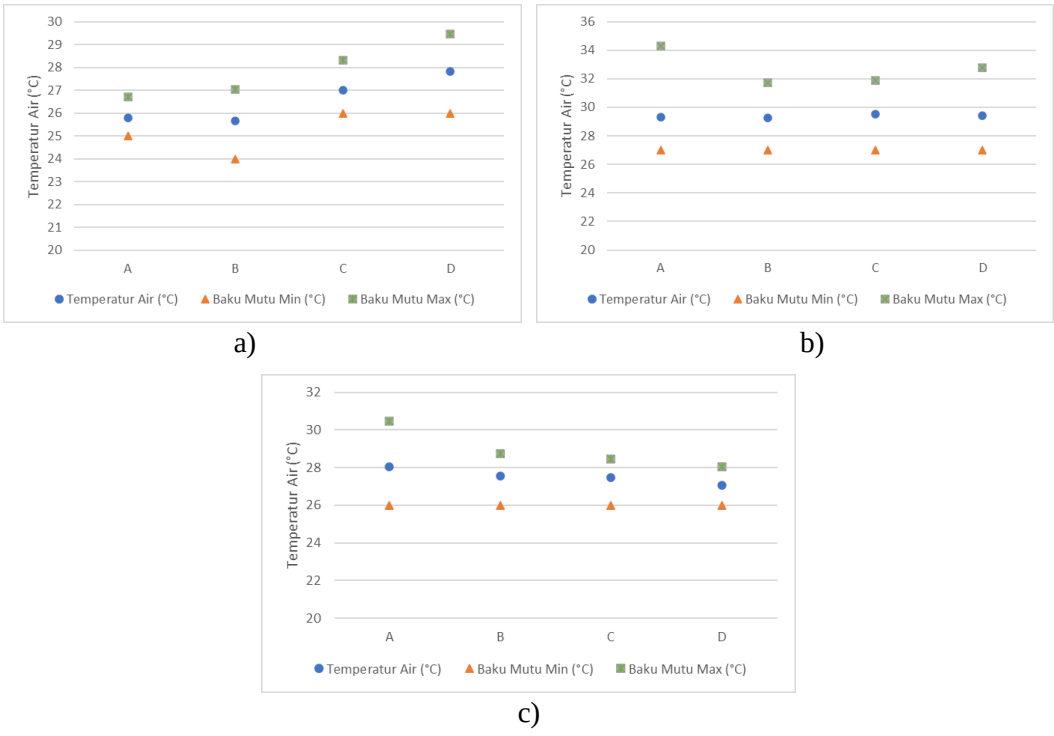
Temperatur (°C)					
Waktu	Titik	Musim Hujan		Musim Kering	
		Selasa	Minggu	Selasa	Minggu
Pagi	A	27	27	25	25
	B	27	27	25	24
	C	28	28	26	26
	D	29	29	27	26
Siang	A	29	34	27	27
	B	30	32	28	27
	C	31	32	28	27
	D	33	31	27	27
Malam	A	28	30	26	28
	B	27	29	26	28
	C	27	28	26	28
	D	27	28	26	27

Tabel 4.9 Nilai Rerata Temperatur Air Berdasarkan Waktu

Titik	Pagi Hari			Siang Hari			Malam Hari		
	Temperatur (°C)	BMA Min (°C)	BMA Max (°C)	Temperatur (°C)	BMA Min (°C)	BMA Max (°C)	Temperatur (°C)	BMA Min (°C)	BMA Max (°C)
A	26	25	27	29	27	34	28	26	30
B	26	24	27	29	27	32	28	26	29
C	27	26	28	30	27	32	27	26	28
D	28	26	29	29	27	33	27	26	28

Keterangan :

BMA = Baku Mutu Air (PerGub DIY No.20 Tahun 2008)



Gambar 4.3 Perbandingan Temperatur Air dengan Baku Mutu a) Pagi Hari; b) Siang Hari; c) Malam Hari

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat dilihat suhu atau temperatur air Sungai Code secara keseluruhan variasi waktu berkisar antara 24^{o}C hingga 34 ^{o}C. Pada Gambar 4.5 merupakan hasil rerata yang menunjukkan bahwa temperatur air sungai pada siang hari rata-rata memiliki nilai paling tinggi dan pada pagi hari rata-rata memiliki nilai yang paling rendah jika dibandingkan dari ketiga variasi waktu tersebut. Pada

pagi hari temperatur terendah berada di titik A yaitu sebesar 25 ^{o}C dan temperatur air tertinggi berada di titik D yaitu sebesar 28 ^{o}C. Pada siang hari temperatur air di titik A, B dan D memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 29 ^{o}C, sedangkan pada titik C sebesar 30 ^{o}C. Pada malam hari temperatur air di titik A dan B memiliki nilai sebesar 28 ^{o}C dan titik C dan D juga memiliki nilai temperatur yang sama yaitu sebesar 27 ^{o}C. Berdasarkan Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008, hasil pengukuran dan perbandingan temperatur air sungai menggunakan baku mutu kelas II dan kelas III yaitu deviasi 3.

4.3.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter yang berpengaruh terhadap kualitas air sungai, hal ini dikarenakan nilai pH pada air sungai dapat menentukan sifat air menjadi asam atau basa sehingga dapat mempengaruhi kehidupan ekosistem pada air serta, mempengaruhi ketersediaan nutrisi pada air sungai. Skala ukur pH berkisar dari 0 hingga 14, nilai pH untuk air minum harus berada di pH neutral (+7) dikarenakan pH berhubungan dengan efektifitas klorinasi (Hasrianti & Nurasia, 2019). Pada penelitian ini, pengukuran pH air sungai dilakukan secara manual yaitu dengan menggunakan kertas lakmus pada setiap titik *sampling*. Berikut merupakan hasil rerata pengukuran pH air Sungai Code pada masing-masing waktu, yang dapat dilihat pada Tabel 4.10 hingga Tabel 4.13.

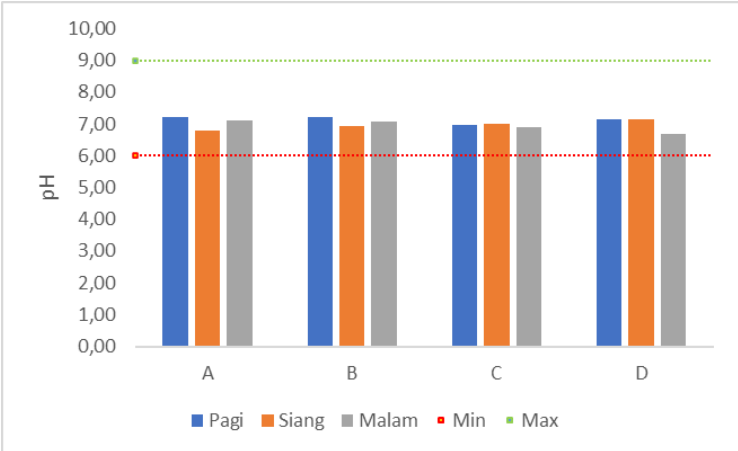
Tabel 4.10 Hasil Pengukuran pH Sungai Code

pH					
Waktu	Titik	Musim Hujan		Musim Kering	
		Selasa	Minggu	Selasa	Minggu
Pagi	A	8,54	8,83	6	5,5
	B	8,43	8,41	6	6
	C	7,39	8,48	6	6
	D	7,73	8,35	6,5	6
Siang	A	7,83	7,39	6	6
	B	7,1	8,66	6	6
	C	6,96	8,53	6,5	6
	D	7,73	8,35	6,5	6
Malam	A	8,13	7,73	6,5	6

pH					
Waktu	Titik	Musim Hujan		Musim Kering	
		Selasa	Minggu	Selasa	Minggu
	B	7,6	8,18	6	6,5
	C	7,93	7,66	6	6
	D	7,06	8,14	5,5	6

Tabel 4.11 Nilai Rerata pH Berdasarkan Waktu

pH						
Titik	Kelas BMA	BMA Min	BMA Max	Pagi	Siang	Malam
A	II	6	9	7,22	6,81	7,09
B	II	6	9	7,21	6,94	7,07
C	III	6	9	6,97	7,00	6,90
D	III	6	9	7,15	7,15	6,68



Gambar 4.4 Perbandingan Nilai Rerata pH dengan Baku Mutu

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat dilihat dari rerata pH Sungai Code dari keseluruhan variasi waktu memiliki nilai pH berkisar antara 6,68 hingga 7,22. Pada titik A nilai pH tertinggi berada di pagi hari yaitu sebesar 7,22 dan nilai terendah berada di siang hari sebesar 6,81. Titik B yang memiliki nilai pH tertinggi berada di pagi hari sebesar 7,21 dan nilai terendah berada di siang hari. Titik C, pada siang hari memiliki nilai pH tertinggi yaitu sebesar 7 dan malam hari memiliki nilai pH terendah sebesar 6,9. Titik D, nilai pH rerata pada pagi dan siang hari memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 7,15 dan malam hari memiliki nilai pH terendah sebesar 6,68.

Sesuai dengan PerGub DIY No.20 Tahun 2008, bahwa dari keseluruhan variasi waktu masing-masing titik telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu bernilai antara 6 hingga 9. Nilai pH pada Sungai Code dipengaruhi oleh adanya sumber pencemar yang berasal dari saluran pembuangan air limbah baik limbah domestik, limbah pertanian maupun saluran drainase yang masuk ke sungai.

4.3.3 TSS (*Total Suspended Solid*)

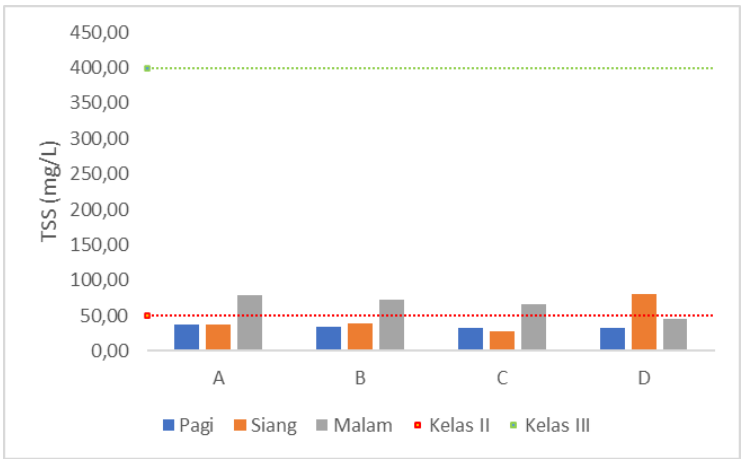
Total Suspended Solid (TSS) adalah material tersuspensi atau padatan yang berukuran > 1µm yang terkandung didalam air sungai. TSS dapat berupa pasir halus, lumpur dan partikel berukuran kecil lainnya yang keadaannya diakibatkan oleh tanah yang terkikis atau erosi yang terbawa ke badan air (Rahadi dkk., 2020). Kandungan TSS yang tinggi pada air dapat menghalangi masuknya cahaya matahari yang dapat mempengaruhi terjadinya proses fotosintesis dalam air oleh mikroorganisme dan tumbuhan air. Hasil pengamatan dan pengukuran yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13.

Tabel 4.12 Hasil Pengukuran TSS Sungai Code

TSS (mg/L)					
Waktu	Titik	Musim Hujan		Musim Kering	
		Selasa	Minggu	Selasa	Minggu
Pagi	A	12	8	34	98
	B	8	20	18	88
	C	16	444	18	64
	D	4	44	24	56
Siang	A	16	28	24	84
	B	28	24	22	84
	C	20	4	28	60
	D	40	208	22	52
Malam	A	16	24	26	248
	B	12	28	16	236
	C	12	404	22	166
	D	12	28	20	122

Tabel 4.13 Nilai Rerata TSS Berdasarkan Waktu

TSS (mg/l)					
Titik	Kelas BMA	BMA	Pagi	Siang	Malam
A	II	50	38,00	38,00	78,50
B	II	50	33,50	39,50	73,00
C	III	400	32,67	28,00	66,67
D	III	400	32,00	80,50	45,50



Gambar 4.5 Perbandingan Nilai Rerata TSS dengan Baku Mutu

Pada Tabel 4.12 menunjukkan bahwa saat musim hujan di hari minggu terdapat nilai yang sangat besar hingga melebihi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu di titik C pagi dan malam hari sehingga menghasilkan data yang tidak seimbang terhadap nilai konsentrasi di titik lainnya. Hal ini, disebabkan karena adanya masukkan sumber pencemar dengan konsentrasi tinggi yang berasal dari *point source* serta *diffuse source* di sekitar titik *sampling*. Maka dari itu, dalam penerapan simulasi penentuan daya tampung beban pencemar data tersebut tidak dimasukkan kedalam nilai rerata. Menurut (Rahayu dkk., 2018) tingginya konsentrasi TSS juga dapat terjadi karena adanya sedimen yang ikut terambil saat melakukan pengambilan sampel air disungai. Data yang fluktuasi ini disebabkan adanya aktifitas masyarakat yang berbeda-beda setiap waktunya dimana pada titik C saat musim hujan terdapat pekerjaan pembangunan disekitar pinggir sungai.

Berdasarkan PerGub DIY No. 20 Tahun 2008, bahwa baku mutu kelas II (titik A dan B) dan kelas III (titik C dan D) yaitu sebesar 50 mg/l dan 400 mg/l. Jika dilihat pada Gambar 4.5 bahwa konsentrasi TSS dari keseluruhan variasi waktu berkisar antara 28 mg/l hingga 80,5 mg/l. Titik A, nilai TSS yang paling tinggi berada pada malam hari yaitu sebesar 78,5 mg/l. Sedangkan, untuk pagi dan siang hari memiliki nilai TSS yang sama yaitu sebesar 38 mg/l. Titik B, malam hari memiliki nilai konsentrasi TSS tertinggi yaitu sebesar 73 mg/l dan nilai terendah berada di pagi hari sebesar 33,5 mg/l. Titik C, malam hari memiliki nilai TSS tertinggi sebesar 66,67 dan nilai terendah berada di siang hari sebesar 28 mg/l. Titik D, nilai TSS tertinggi berada di siang hari sebesar 80,5 dan pagi hari memiliki nilai terendah yaitu sebesar 32 mg/l. Jika dibandingkan dengan penelitian (Cholil Rifai, 2023) nilai konsentrasi TSS pada lokasi pengambilan sampel yang sama dan dilakukan saat musim hujan 2023, yaitu untuk titik 3, 5 dan 6 memiliki nilai konsentrasi TSS sebesar 23 mg/l; 14 mg/l; dan 13 mg/l. hal ini menunjukkan bahwa adanya kenaikan konsentrasi TSS yang terjadi pada tahun 2024.

Sesuai baku mutu, titik A dan B di malam hari belum memenuhi baku mutu sesuai peruntukkannya. Hal ini dikarenakan sumber pencemar yang masuk kedalam sungai pada titik A dan B di malam hari yaitu berasal dari saluran drainase dan limbah domestik mengalami kenaikkan konsentrasi pencemar TSS. Konsentrasi TSS yang tinggi pada musim hujan dapat disebabkan oleh proses erosi yang terjadi akibat dari tanah penampang sungai yang tidak dapat menahan tekanan dari hujan (Itratip & Jannah, 2016).

4.3.4 DO (*Dissolved Oxygen*)

DO merupakan kandungan oksigen terlarut yang terjadi karena adanya proses fotosintesia dan absorbsi udara didalam air. Kualitas air dapat tergolong baik apabila jumlah DO pada sungai memiliki nilai yang tinggi. Menurut Effendi dkk., (2013) dalam (Sari & Wijaya, 2019) kandungan DO dapat dikatakan tidak tercemar jika bernilai antara 80% hingga 100%. Selain itu, oksigen terlarut didalam air alaminya juga dapat terjadi secara langsung dari atmosfer karena terjadinya

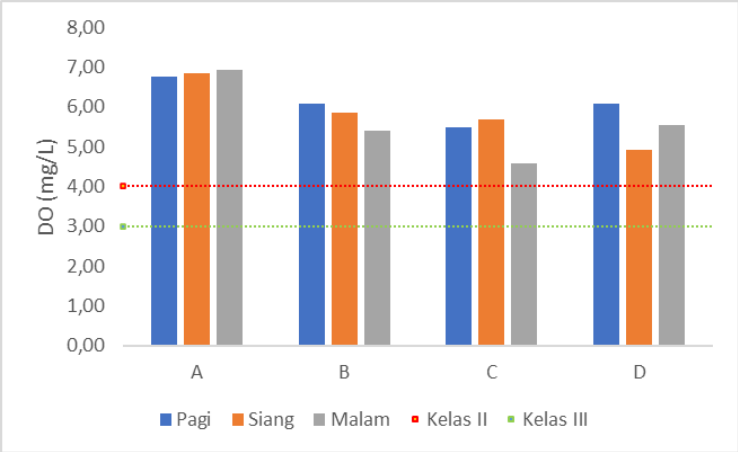
turbulensi pada perairan sehingga sungai dengan arus yang kuat biasanya mengandung oksigen terlarut yang tinggi. Hasil pengamatan dan pengukuran DO yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15.

Tabel 4.14 Hasil Pengukuran DO Air Sungai Code

DO (mg/L)					
Waktu	Titik	Musim Hujan		Musim Kering	
		Selasa	Minggu	Selasa	Minggu
Pagi	A	6,68	6,26	6,68	7,39
	B	6,39	6,47	5,64	5,84
	C	6,26	5,34	4,63	5,67
	D	5,68	5,22	7,97	5,47
Siang	A	7,1	6,26	6,81	7,22
	B	5,72	6,69	5,26	5,76
	C	6,14	6,05	4,55	6,01
	D	5,64	5,64	4,38	4,01
Malam	A	7,22	6,26	7,1	7,18
	B	5,84	5,01	5,38	5,34
	C	6,43	5,01	3,01	3,92
	D	5,39	7,72	3,59	5,51

Tabel 4.15 Nilai Rerata Pengukuran DO Berdasarkan Waktu

DO (mg/l)					
Titik	Kelas BMA	BMA	Pagi	Siang	Malam
A	II	4	6,75	6,85	6,94
B	II	4	6,09	5,86	5,39
C	III	3	5,48	5,69	4,59
D	III	3	6,09	4,92	5,55



Gambar 4.6 Perbandingan Nilai Rerata DO dengan Baku Mutu

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa nilai DO Sungai Code secara keseluruhan variasi waktu berkisar antara 4,59 mg/l hingga 6,94 mg/l. Sesuai dengan baku mutu kelas II dan III sebagai batas minimum yaitu 4 mg/l dan 3 mg/l, bahwa semua titik pada masing-masing variasi waktu telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan sesuai dengan peruntukkannya. Pada nilai rerata titik A, nilai konsentrasi DO tertinggi berada di malam hari yaitu sebesar 6,94 mg/l dan nilai DO terendah berada di pagi hari sebesar 6,09 mg/l. Titik B, pagi hari merupakan waktu yang memiliki nilai DO tertinggi dengan nilai DO sebesar 6,09 mg/l dan nilai terendah berada di malam hari sebesar 5,39 mg/l. Titik C, pada siang hari memiliki nilai DO tertinggi dengan nilai sebesar 5,69 mg/l dan malam hari merupakan waktu yang memiliki nilai DO terendah yaitu sebesar 4,59 mg/l. Titik D, pada pagi hari memiliki nilai DO tertinggi yaitu sebesar 6,09 mg/l sedangkan, pada siang hari memiliki nilai DO terendah sebesar 4,92 mg/l. Berdasarkan penelitan (Ayu Febriati, 2023) nilai konsentrasi DO pada lokasi pengambilan sampel yang sama dan dilakukan saat musim hujan 2023, yaitu untuk titik 3, 5 dan 6 memiliki nilai konsentrasi DO sebesar 6 mg/l; 6,65 mg/l; dan 6,77 mg/l.

4.3.5 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD merupakan kandungan oksigen dalam air yang butuhkan oleh mikroba yang digunakan untuk mengoksidasi bahan-bahan pencemar. Kandungan BOD

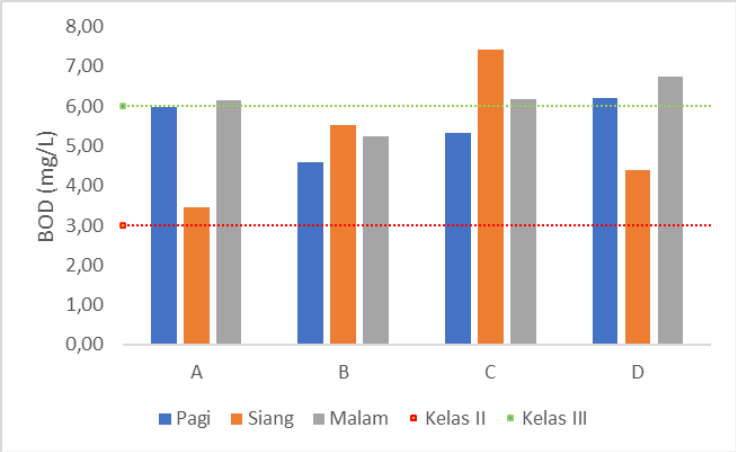
biasanya lebih rendah dibandingkan dengan COD, hal ini disebabkan oleh proses oksidasi yang besar kemungkinan terjadi pada senyawa kimia dibandingkan dengan oksidasi secara biologis (Christiana dkk., 2020). Semakin rendah konsentrasi DO maka konsentrasi BOD semakin meningkat. Hasil pengamatan dan pengukuran BOD yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.22 hingga Tabel 4.25 dan Gambar 4.16 hingga 4.17.

Tabel 4.16 Hasil Pengukuran BOD Air Sungai Code

BOD (mg/L)					
Waktu	Titik	Musim Hujan		Musim Kering	
		Selasa	Minggu	Selasa	Minggu
Pagi	A	3,32	4,86	13,40	2,35
	B	6,81	3,64	2,42	5,46
	C	9,08	4,46	4,81	2,93
	D	6,73	5,27	5,38	7,42
Siang	A	4,13	3,48	2,67	3,50
	B	6,16	6,89	3,57	3,09
	C	6,32	7,70	3,74	5,21
	D	7,54	4,86	11,30	6,20
Malam	A	5,75	4,05	3,98	10,80
	B	8,43	6,49	3,82	2,27
	C	6,32	6,65	6,12	5,62
	D	5,92	7,05	4,90	9,13

Tabel 4.17 Nilai Rerata BOD Berdasarkan Waktu

BOD (mg/l)					
Titik	Kelas BMA	BMA	Pagi	Siang	Malam
A	II	3	5,98	3,45	6,15
B	II	3	4,58	5,53	5,25
C	III	6	5,32	7,43	6,18
D	III	6	6,20	4,38	6,75



Gambar 4.7 Perbandingan Nilai Rerata BOD dengan Baku Mutu

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa hampir keseluruhan titik pada masing-masing variasi waktu berada di atas baku mutu kelas II (titik A dan B) yaitu sebesar 3 mg/l dan kelas III (titik C dan D) yaitu sebesar 6 mg/l. Namun, pada titik C pagi hari dan titik D siang hari masih berada di bawah baku mutu kelas III.

Pada titik A, nilai konsentrasi BOD tertinggi berada di malam hari yaitu sebesar 6,15 mg/l dan nilai terendah berada di siang hari sebesar 3,45 mg/l. Titik B, nilai BOD tertinggi berada di siang hari dengan nilai sebesar 5,53 mg/l dan nilai terendah berada di pagi hari yaitu sebesar 4,58 mg/l. Titik C, siang hari memiliki nilai BOD tertinggi yaitu sebesar 7,43 mg/l dan pagi hari memiliki nilai terendah sebesar 5,32 mg/l. Titik D, nilai konsentrasi BOD tertinggi berada pada malam hari dengan nilai sebesar 6,75 mg/l dan nilai terendah berada pada siang hari sebesar 4,38 mg/l. Berdasarkan penelitan (Ayu Febriati, 2023) nilai konsentrasi BOD pada lokasi pengambilan sampel yang sama dan dilakukan saat musim hujan 2023, yaitu untuk titik 3, 5 dan 6 memiliki nilai konsentrasi BOD sebesar 6,06 mg/l; 6,6 mg/l; dan 7,15 mg/l. Jika dibandingkan maka terlihat bahwa pada titik yang sama berada di atas baku mutu kelas II dan III.

Menurut (Yuliani dkk., 2020), nilai debit yang semakin tinggi maka konsentrasi kadar BOD akan semakin menurun. Tingginya konsentrasi BOD terjadi karena merupakan akumulasi pada dua musim yaitu musim hujan dan musim kering. Menurut penelitian (Purnaini dkk., 2019) pada musim kering konsentrasi BOD sungai lebih tinggi dibandingkan dengan saat musim hujan. Hal ini,

dikarenakan kebutuhan oksigen pada organisme semakin tinggi sehingga nilai DO yang rendah dapat mempengaruhi tingkat BOD yang akan semakin meningkat.

4.3.6 Nitrat (NO_3)

Nitrat merupakan suatu senyawa terlarut yang berbentuk nitrogen stabil, keberadaannya terjadi karena adanya proses oksidasi nitrogen yang sempurna didalam air. Selain itu, adanya ammonia di sungai baik berasal secara alami maupun buangan dari aktivitas manusia dapat menyebabkan keberadaan senyawa pencemar nitrat di sungai. Konsentrasi nitrat yang tinggi dapat menyebabkan berkurangnya oksigen dalam air sehingga dapat terjadinya penurunan populasi ikan, bau busuk, dan rasa air yang tidak lazim (Afidin dkk., 2021). Hasil pengamatan dan pengukuran Nitrat yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.18 dan Tabel 19.

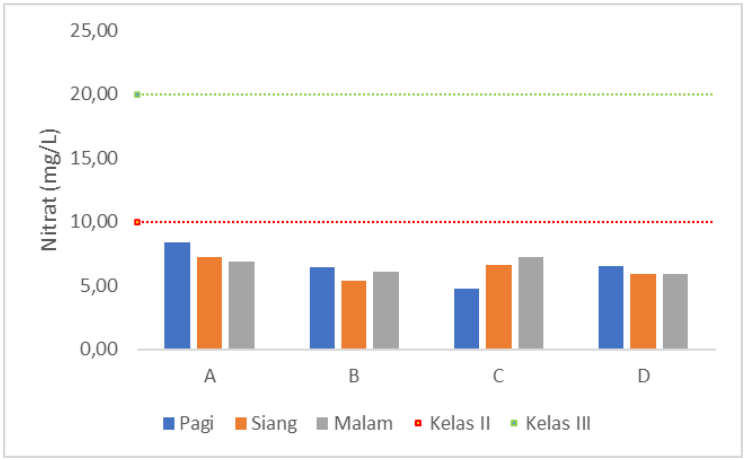
Tabel 4.18 Hasil Pengukuran Nitrat Air Sungai Code

Nitrat (mg/L)					
Waktu	Titik	Musim Hujan		Musim Kering	
		Selasa	Minggu	Selasa	Minggu
Pagi	A	16,50	14,50	2,10	0,32
	B	6,11	16,50	0,84	2,16
	C	5,11	10,10	0,89	2,97
	D	18,80	5,11	1,23	0,81
Siang	A	16,50	9,12	1,38	1,85
	B	12,50	2,44	0,72	5,90
	C	18,10	5,11	1,54	1,61
	D	11,50	8,79	0,90	2,21
Malam	A	12,50	13,10	1,50	0,30
	B	12,50	6,78	2,03	2,92
	C	16,10	10,50	1,48	0,93
	D	13,10	7,45	1,94	1,07

Tabel 4.19 Nilai Rerata Nitrat Berdasarkan Waktu

Nitrat (mg/l)					
Titik	Kelas BMA	BMA	Pagi	Siang	Malam
A	II	10	8,36	7,21	6,85
B	II	10	6,40	5,39	6,06
C	III	20	4,77	6,59	7,25

Nitrat (mg/l)					
Titik	Kelas BMA	BMA	Pagi	Siang	Malam
D	III	20	6,49	5,85	5,89



Gambar 4.8 Perbandingan Nilai Rerata Nitrat dengan Baku Mutu

Berdasarkan Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa keseluruhan titik dalam semua variasi waktu kadar nitrat telah memenuhi baku mutu kelas II (titik A dan B) dan kelas III (titik C dan D) yang telah ditetapkan yaitu 10 mg/l dan 20 mg/l. Pada titik A, pagi hari memiliki nilai Nitrat tertinggi yaitu sebesar 8,36 mg/l dan siang hari memiliki nilai sebesar 7,21 mg/l. sedangkan, pada malam hari merupakan yang memiliki nilai terendah sebesar 6,85 mg/l. Titik B, pagi hari merupakan waktu dengan nilai konsentrasi Nitrat tertinggi sebesar 6,40 mg/l dan siang hari memiliki nilai terendah sebesar 5,39 mg/l. Titik C, malam hari memiliki nilai Nitrat tertinggi dengan nilai sebesar 7,25 mg/l dan nilai terendah berada di pagi hari sebesar 4,77 mg/l. Titik D, nilai konsentrasi Nitrat tertinggi berada di pagi hari dengan nilai sebesar 5,49 mg/l dan nilai terendah berada di siang hari yaitu sebesar 5,85 mg/l.

4.3.7 Total Fosfat Sebagai P (PO_4^{3-})

Total Fosfat (TP) merupakan unsur hara atau dapat disebut juga nutrien yang berasal dari suatu komponen limbah baik domestik, industri maupun pertanian. Keberadaan senyawa ini dapat disebabkan oleh erosi pada batuan mineral dan penguraian bahan organik yang terbawa dan masuk kedalam sungai. Selain itu,

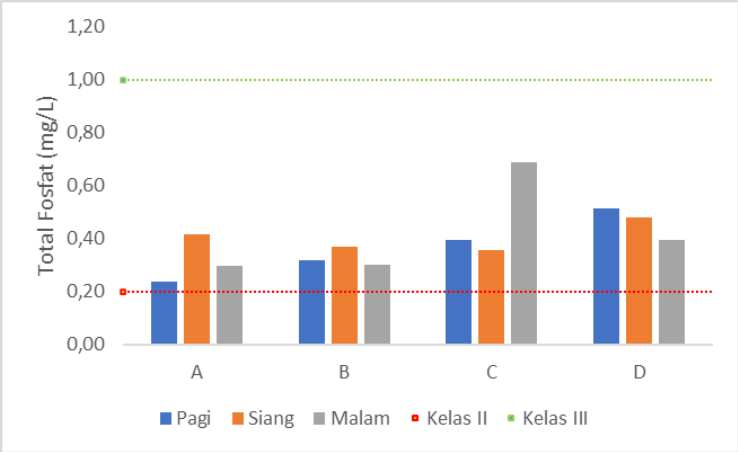
fosfat dapat berasal dari buangan pupuk pertanian, fases manusia dan hewan, serta penggunaan deterjen baik di industry maupun rumah tangga yang langsung dibuang ke sungai (Karami & Titah, 2024). Sehingga, apabila aktivitas tersebut dilakukan secara berkelanjutan maka akan mengakibatkan tingginya kandungan TP di sungai dan akan mempengaruhi kualitas air sungai menjadi buruk (Kurniati dkk., 2021). Hasil pengamatan dan pengukuran Nitrat yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.20 dan Tabel 4.21.

Tabel 4.20 Hasil Pengukuran Total Fosfat Sungai Code

Total Fosfat (mg/L)					
Waktu	Titik	Musim Hujan		Musim Kering	
		Selasa	Minggu	Selasa	Minggu
Pagi	A	0,16	0,16	0,21	0,41
	B	0,22	0,37	0,25	0,43
	C	0,35	0,44	0,26	0,52
	D	0,76	0,3	0,34	0,66
Siang	A	0,84	0,19	0,17	0,46
	B	0,35	0,42	0,21	0,5
	C	0,35	0,23	0,28	0,57
	D	0,49	0,4	0,33	0,69
Malam	A	0,18	0,34	0,22	0,44
	B	0,24	0,28	0,25	0,44
	C	1,47	0,41	0,34	0,53
	D	0,37	0,22	0,33	0,66

Tabel 4.21 Nilai Rerata Total Fosfat Berdasarkan Waktu

Total Fosfat (mg/l)					
Titik	Kelas BMA	BMA	Pagi	Siang	Malam
A	II	0,2	0,24	0,42	0,30
B	II	0,2	0,32	0,37	0,30
C	III	1	0,39	0,36	0,69
D	III	1	0,52	0,48	0,40



Gambar 4.9 Perbandingan Nilai Rerata Total Fosfat dengan Baku Mutu

Berdasarkan Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa dari keseluruhan variasi waktu titik A dan B berada di atas baku mutu kelas II yaitu 0,2 mg/l. Sedangkan, untuk titik C dan D telah memenuhi baku mutu kelas III yaitu 1 mg/l. Secara keseluruhan konsentrasi total fosfat memiliki nilai berkisar anatara 0,24 mg/l hingga 0,69 mg/l.

Pada titik A, siang hari merupakan waktu yang memiliki nilai Total Fosfat tertinggi yaitu sebesar 0,42 mg/l dan pada pagi hari merupakan nilai terendah dengan nilai sebesar 0,24 mg/l. Titik B, pada siang hari merupakan waktu yang memiliki nilai Total Fosfat tertinggi yaitu sebesar 0,37 mg/l dan nilai terendah berada di malam hari yaitu sebesar 0,3 mg/l. pada titik C, nilai tertinggi berada di malam hari yaitu dengan nilai Total Fosfat sebesar 0,69 mg/l dan nilai terendah berada di siang hari dengan nilai sebesar 0,39 mg/l. Titik D, nilai konsentrasi Total Fosfat tertinggi berada di pagi hari yaitu dengan nilai sebesar 0,52 mg/l dan nilai Total Fosfat terendah berada di malam hari yaitu sebesar 0,4 mg/l. Berdasarkan penelitan (Yusuf Laksono, 2023) nilai konsentrasi Fosfat pada lokasi pengambilan sampel yang sama dan dilakukan saat musim hujan 2023, yaitu untuk titik 3, 5 dan 6 memiliki nilai konsentrasi Fosfat sebesar 0,21 mg/l; 0,27 mg/l; dan 0,3 mg/l. Jika dibandingkan maka terlihat bahwa pada titik 3 berada diatas baku mutu kelas II. Namun, titik 5 dan 6 masih berada dibawah baku mutu kelas III.

Dari keseluruhan konsentrasi pada masing-masing titik di waktu yang berbeda memiliki nilai yang variatif, hal ini disebabkan karena adanya perbedaan

keadaan dan aktifitas manusia di setiap daerah dan waktunya pada lokasi pengambilan sampel sehingga sumber pencemar yang masuk ke sungai memiliki perbedaan konsentrasi. Selain itu, pengambilan data sampel yang dilakukan secara akumulatif yaitu pada dua musim serta di *weekdays* dan *weekend*. Hal ini dapat menyebabkan adanya pengaruh data akumulatif sehingga data yang diperoleh sangat variatif. Menurut Effendi (2003) dalam (Mesaluna dkk., 2023), kandungan fosfat didalam sungai terjadi karena adanya Buangan limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga dan industri serta adanya kegiatan penambakan dan pertanian. Tingginya konsentrasi fosfat pada sungai akan mengakibatkan terjadinya proses eutrofikasi, dimana adanya masukkan nutrisi yang berlebih sehingga menyebabkan peningkatan pertumbuhan alga (Mesaluna dkk., 2023).

4.4 Sumber Pencemar Sungai Code

Pada penelitian ini, setiap segmentasi memiliki 2 jenis *effluent* dan menjadi sumber pencemar yang masuk ke Sungai Code yaitu *point source* dan *diffuse source*. Sumber pencemar ini berasal dari saluran drainase, limbah domestik, dan limbah pertanian yang mengalir dan masuk ke sungai. Seluruh sumber pencemar tersebut menjadi peran penting dalam pengaruh kualitas air Sungai Code dan memiliki karakteristik yang berbeda.

Point source merupakan sumber pencemar yang berasal dari saluran drainase atau biasanya berada pada satu titik. Sedangkan, *diffuse source* merupakan sumber pencemar yang berasal dari sebaran titik saluran pembuangan secara luas dan langsung masuk ke sungai. Keberadaan sumber pencemar tersebut akan mempengaruhi kualitas air sungai dengan beberapa parameter pencemar yang terbawa masuk ke air sungai. Data *point source* didapat dari hasil pengujian laboratorium pada sampel yang telah diambil langsung pada lapangan. Sedangkan, untuk data *diffuse source* didapat dari hasil pendekatan dari perhitungan menggunakan faktor beban dan pendekatan dari berbagai sumber serta dilakukan *trial and error* saat melakukan pemodelan dengan *software* QUAL2K *version* 2.12. Berikut merupakan parameter dari masing-masing jenis sumber pencemar, yang dapat dilihat pada Tabel 4.22 hingga Tabel 4.23.

Tabel 4.22 Sumber Pencemar *point source* Sungai Code

Kualitas *Point Source*						
Segmen	Sumber Pencemar	Jarak (km)	Konsentrasi TSS (mg/l)	Konsentrasi BOD (mg/l)	Konsentrasi Nitrat (mg/l)	Konsentrasi Total Fosfat (mg/l)
1	Drainase	5,3	44	13,8	0,21	1,76
	Drainase	3,32	26	5,88	2,56	0,87
2	Drainase	2,77	30	3,67	6,76	0,46
3	Drainase	1,21	104	33,9	0,13	1,46
	Drainase	1,02	36	18,8	0,34	1,33
	Drainase	0,11	70	20,3	0,08	1,31

Tabel 4.23 Sumber Pencemar *diffuse source* Sungai Code

Kualitas *Diffuse Source*														
Segmen	Sumber Pencemar	Jarak (km)	Konsentrasi TSS (mg/l)			Konsentrasi BOD (mg/l)			Konsentrasi Nitrat (mg/l)			Konsentrasi Total Fosfat (mg/l)		
			Pagi	Siang	Malam	Pagi	Siang	Malam	Pagi	Siang	Malam	Pagi	Siang	Malam
1	Run Off Blok 1	5,6 - 3,17	10,4	20,4	49,34	1,3	6,3	1,9	0,0903	0,124	1,252	0,234	0,187	0,239
	Limbah Domestik	3,86 - 3,45	25,08	42,65	54,14	4,03	7,98	2,45	0,13	1,678	3,26	0,676	0,273	0,29
2	Run Off Blok 2	3,17 - 1,14	1,4	2,4	4,12	4,2	3,1	2,14	0,1	0,042	1,493	0,673	0,225	0,145

Kualitas *Diffuse Source*														
Segmen	Sumber Pencemar	Jarak (km)	Konsentrasi TSS (mg/l)			Konsentrasi BOD (mg/l)			Konsentrasi Nitrat (mg/l)			Konsentrasi Total Fosfat (mg/l)		
			Pagi	Siang	Malam	Pagi	Siang	Malam	Pagi	Siang	Malam	Pagi	Siang	Malam
	Limbah Domestik	2,97 - 2,67	1,4	2,2	48	6,86	9,2	5,89	0,1	11,58	12,87	1,384	0,24	1,34
	Limbah Domestik	1,45 - 1,08	1,2	2,2	40	5,2	9,12	6,2	0,125	13,9	11,9	1,186	0,337	1,82
3	Run Off Blok 3	1,14 - 0,00	1,4	40,12	9,2	9	12,5	2,1	0,125	0,056	1,423	1,873	0,125	0,185
	Pertanian	0,72 - 0,31	1,4	439	15	22	24,77	8	0,11	0,519	6,63	2,8	1,798	0,173
	Limbah Domestik	0,34 - 0,06	1,4	439	15	22	26,3	9,2	0,114	0,41	1,27	3,82	1,558	0,142

4.4.1 Debit Sumber Pencemar

Sumber air limbah pada *diffuse source* dapat berasal dari limbah hasil rumah tangga, dan air limbah yang terbawa oleh limpasan air hujan (*run off*). Berikut ini merupakan contoh perhitungan dalam menentukan debit *diffuse source* yang berasal dari limbah rumah tangga dan *run off*.

a. Debit *diffuse source* limbah rumah tangga

- Jumlah rumah =150 rumah
- Asumsi 1 rumah terdapat 4 orang
- Jumlah penduduk = Jumlah rumah x 4 orang/rumah
  = 150 rumah x 4 orang/rumah
  = 600 jiwa
- Kebutuhan air bersih = 120 l/orang/hari
- Asumsi air bersih menjadi limbah sebesar 80%

Q = (Jumlah Penduduk x Kebutuhan Air Bersih x 80%) / 86400
= (600 org x 120 l/org/hari x 80%) / 86400
= 0,67 m^3/detik

b. Debit *Run Off*

- Curah hujan bulan Februari (musim hujan) = 146 mm (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Yogyakarta, 2024)
- Curah hujan bulan Mei (musim kering = 10 mm (BMKG DIY, 2024)
- Asumsi durasi curah hujan = 2 jam
- Metode Talbot = $\frac{R_{24}}{24}(\frac{24}{t})^n$

  Keterangan : R_{24} = Curah hujan maksimum selama 24 jam (mm)
  t = Durasi curah hujan (jam)
  n = Konstanta yang ditentukan berdasarkan data
- Intensitas (musim hujan) = $\frac{146}{24}(\frac{24}{2})^1$
  = 73 mm/jam
- Intensitas (musim kering) = $\frac{10}{24}(\frac{24}{2})^1$

= 5 mm/jam

- Intensitas rata-rata dua musim = 39 mm/jam
- Nilai Koefisien C

  Pemukiman = 0,6

  Jalan = 0,8

  Lahan Hijau = 0,2

  Pelayanan = Blok 1 (segmen 1)

  Luas daerah layanan = 92,5 Ha

- Pemukiman = Luas daerah layanan x 50 %

  = 9,68 Ha x 50%

  = 4,84 Ha

- Jalan = Luas daerah layanan x 30%

  = 9,68 Ha x 30 %

  = 2,90 Ha

- Lahan hijau = Luas daerah layanan x 20%

  = 9,68 Ha x 20%

  = 1,94 Ha

  Perhitungan debit

- Pemukiman

  Q = 0,00278 x C x I x A

  = 0,00278 x 0,6 x 39 mm/jam x 4,84 Ha

  = 0,315 m^3/detik

- Jalan

  Q = 0,00278 x C x I x A

  = 0,00278 x 0,8 x 39 mm/jam x 2,90 Ha

  =0,252 m^3/detik

- Lahan Hijau

  Q = 0,00278 x C x I x A

  = 0,00278 x 0,2 x 39 mm/jam x 1,94 Ha

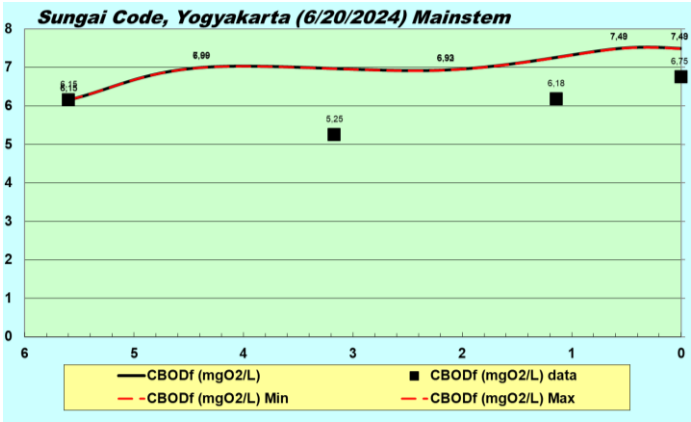
  = 0,042 m^3/detik

4.5 Pemodelan Kualitas Air Sungai Code Menggunakan QUAL2K

QUAL2K *version* 2 merupakan sebuah *software* yang digunakan untuk melakukan pemodelan kualitas air sungai dengan melakukan beberapa simulasi yang berbasis *excel*. Model *output* yang dihasilkan dalam QUAL2K berupa model kualitas air aliran satu dimensi yang dilakukan pendekatan antara data lapangan dengan model hasil secara matematis. Pada penelitian ini, hal yang dilakukan pertama dalam penggunaan QUAL2K yaitu penginputan masing-masing data berdasarkan *worksheet* yang tersedia seperti data hulu kualitas air (*worksheet headwater*), data setiap segmen (*reach*), dan data pendukung lain seperti *air temperature, wind speed, cloud cover*. Selanjutnya, untuk *worksheet point source, worksheet diffuse source, worksheet hydraulic data*, *worksheet temperature data*, dan *worksheet WQ data* diinput dengan data yang telah didapat dari pengambilan sampel baik data hidrolik (debit, kecepatan, dan kedalaman) maupun kualitas air (TSS, BOD, Nitrat, dan Total Fosfat) Sungai Code.

4.5.1 Input Data Sebelum Kalibrasi Model

Pada penelitian ini, data yang diinput sesuai dengan masing-masing variasi waktu yang telah dibagi yaitu pagi hari, siang hari, dan malam hari. Data yang telah didapatkan seperti data hidrolik, kualitas air Sungai Code, dan data sumber pencemar diinput berdasarkan masing-masing *worksheet* dalam *softeare* QUAL2K *version 2*. Pada data hidrolik diinput kedalam *worksheet hydraulic data*, data kualitas air Sungai Code diinput kedalam *worksheet WQ data*, dan data sumber pencemar diinput kedalam *worksheet point source* dan *worksheet diffuse source*. Pada data *diffuse source* didapatkan melalui pendekatan yang dilakukan baik secara perhitungan jumlah beban pencemar yang tersebar di sekitar titik pengambilan sampel dan dengan pendekatan dari berbagai sumber yang digunakan dalam penelitan ini. Berikut ini merupakan contoh model hasil parameter BOD malam hari sebelum dilakukan kalibrasi model, yang dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Model BOD Malam Hari sebelum Kalibrasi

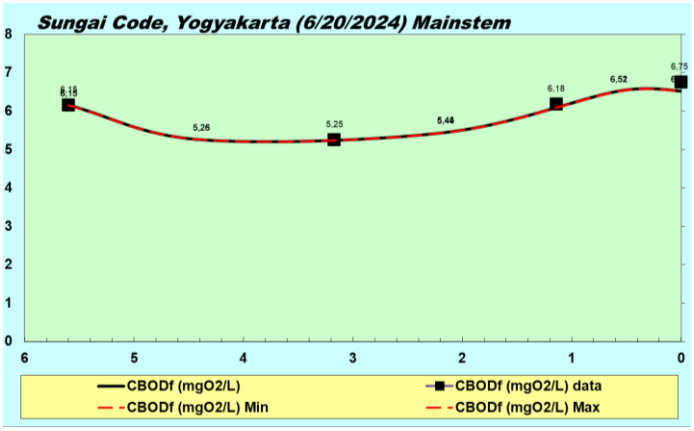
Berdasarkan Gambar 4.10 menunjukkan bahwa model hasil masih belum sesuai dengan data ketiga variasi waktu tersebut yang diinput kedalam *software* QUAL2K. Terlihat pada model BOD malam hari masih jauh dengan data eksisting yang diinput. Pada model debit disebabkan karena debit *diffuse source* yang dimasukkan terlalu besar sehingga harus melakukan perubahan debit *diffuse source* dengan cara *trial and error*. Untuk model kecepatan aliran air dan kedalaman juga masih belum mendekati karena pada model ini juga dipengaruhi oleh model debit serta harus melakukan perubahan pada *worksheet reach* pada bagian *manning formula* dengan cara *trial and error*. Untuk model hasil kualitas air seperti TSS, BOD, Nitrat dan Total Fosfat konsentrasi yang dimasukkan pada *worksheet diffuse source* terlalu tinggi sehingga perbedaan data input dengan model masih memiliki perbedaan yang signifikan.

4.5.2 Hasil Kalibrasi Model

Setelah dilakukan penginputan data pada masing-masing *worksheet*, selanjutnya yaitu melakukan kalibrasi model pada data hidrolik dan kualitas air Sungai Code. Kalibrasi model dilakukan dengan cara *trial and error* pada data hidrolik dan kualitas air sehingga model yang dihasilkan dapat mendekati data lapangan yang telah diinput di *worksheet hydraulic data* dan *WQ data*. Kalibrasi model dilakukan untuk dapat melanjutkan menuju skenario selanjutnya. Sehingga model berdasarkan skenario selanjut tidak perlu melakukan kalibrasi ulang pada

model. Berikut ini merupakan hasil data hidrolik dan kualitas air setelah dilakukan kalibrasi model, yang dapat dilihat pada Gambar 4.13 hingga Gambar 4.15.

Kalibrasi model terhadap data hidrolik dilakukan secara *trial and error* pada *formula manning* bagian dari *worksheet reach* dan debit input bagian dari *worksheet diffuse source.* Selain itu, kalibrasi model terhadap kualitas air sungai juga dilakukan sama seperti kalibrasi model hidrolik yaitu secara *trial and error* pada konsentrasi pencemar kualitas air sungai (TSS, BOD, Nitrat dan Total Fosfat) dalam *worksheet diffuse source* sehingga data dapat mendekati data kondisi sebenarnya. Berikut ini merupakan contoh model hasil parameter BOD malam hari yang telah dilakukan kalibrasi.



Gambar 4.11 Model BOD Malam Hari

Berdasarkan Gambar 4.11, pada model BOD malam hari telah dilakukan kalibrasi dan dapat dilihat bahwa dari hulu hingga hilir pada model hasil telah mendekati data input. Sehingga model yang telah mendekati data input ini dapat diterima. Nilai BOD dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu debit sungai dan nilai DO yang terkandung pada sungai serta adanya aktifitas masyarakat yang berbeda setiap titik sehingga menghasilkan *effluent* limbah yang masuk kedalam sungai berbeda. Sehingga terlihat bahwa garis tren pada model terlah mendekati kotak hitam yang merupakan perwakilan data lapangan.

4.5.3 Hasil Validasi Model

Setelah dilakukan kalibrasi model dan telah mendekati data kondisi sebenarnya sesuai dengan variasi waktu yang berbeda, maka data dapat dilanjutkan langkah selanjutnya yaitu melakukan validasi model secara perhitungan validasi sehingga model yang telah terkalibrasi dapat diterima dan dapat digunakan untuk melakukan simulasi terhadap skenario yang dibuat dalam penelitian ini. Perhitungan validasi model menggunakan metode *Root Mean Square Percent Error* (RMSPE), metode ini dapat mengukur persentase kesalahan atau nilai *error* yang terjadi pada model. Persentase hasil perhitungan menggunakan RMSPE harus dibawah 50% untuk dapat dikatakan bahwa data model yang telah terkalibrasi dapat diterima. Berikut adalah persamaan metode RMSPE.

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

Dimana :

St = nilai prediksi pada waku t

At = nilai aktual pada waktu t

n = jumlah observasi

Berikut merupakan hasil RMSPE pada model yang dapat dilihat pada Tabel 4.24 hingga Tabel 4.26.

Tabel 4.24 Hasil RMSPE Sungai Code Pagi Hari

RMSPE Model Pagi Hari									
Jarak (km)	Debit			Kecepatan Aliran Air			Kedalaman Air		
	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$
5,60	3,39	3,39	0,0000	0,994	0,92	0,00554	0,4	0,38	0,0025
3,17	4,73	3,39	0	0,81	0,81	0,00000	0,45	0,44	0,0005
1,14	4,25	4,69	7,15151E-05	0,54	0,53	0,00034	0,3	0,31	0,0011
0,00	4,28	4,82	0,017987543	0,48	0,49	0,00043	0,38	0,37	0,0007
	Total		**0,03904**	**Total**		**0,00632**	**Total**		**0,0048**
	RMSPE		**10%**	**RMSPE**		**4%**	**RMSPE**		**3%**
	Model diterima			**Model diterima**			**Model diterima**		

RMSPE Model Pagi Hari												
Jarak (km)	TSS			BOD			Nitrat			Total Fosfat		
	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$
5,60	38	38,00	0,0E+00	5,98	5,98	0	8,36	8,36	0	0,24	0,24	0
3,17	33,5	32,52	8,6E-04	4,58	4,72	0,0009	6,40	6,04	0,003	0,32	0,3	0,003
1,14	32,7	32,80	9,4E-06	5,32	4,83	0,0085	4,77	5,96	0,063	0,39	0,31	0,039
0,00	32	32,43	1,8E-04	6,02	5,02	0,0276	6,49	5,85	0,010	0,52	0,35	0,096
	Total		**1,0E-03**	**Total**		**0,037**	**Total**		**0,076**	**Total**		**0,138**
	RMSPE		**2%**	**RMSPE**		**10%**	**RMSPE**		**14%**	**RMSPE**		**19%**
	Model diterima			**Model diterima**			**Model diterima**			**Model diterima**		

Tabel 4.25 Hasil RMSPE Sungai Code Siang Hari

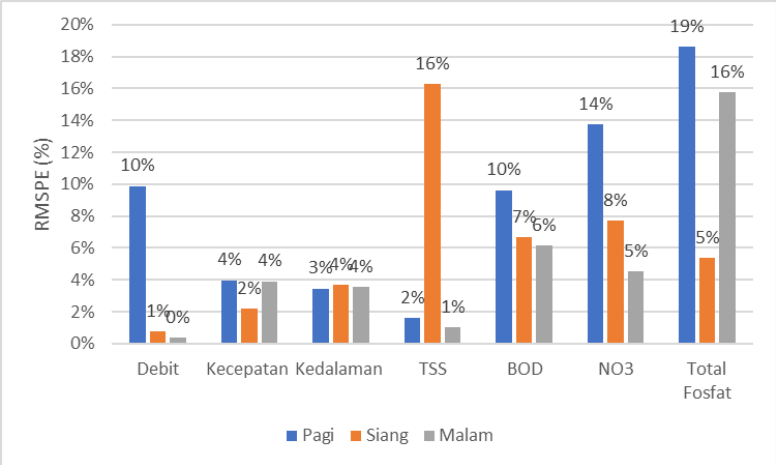
RMSPE Model Siang Hari									
Jarak (km)	Debit			Kecepatan Aliran Air			Kedalaman Air		
	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$
5,60	3,14	3,14	0	0,91	0,91	0	0,38	0,36	0,0028
3,17	4,68	4,69	4,6E-06	0,86	0,85	0,00014	0,43	0,42	0,0005
1,14	5,73	5,76	2,7E-05	0,71	0,71	0	0,27	0,28	0,0014
0,00	6,35	6,44	2,0E-04	0,71	0,68	0,00179	0,35	0,36	0,0008
	Total		**2,3E-04**	**Total**		**0,00192**	**Total**		**0,0055**
	RMSPE		**1%**	**RMSPE**		**2%**	**RMSPE**		**4%**
	Model diterima			**Model diterima**			**Model diterima**		

RMSPE Model Siang Hari												
Jarak (km)	TSS			BOD			Nitrat			Total Fosfat		
	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$
5,60	38	38,00	0	3,45	3,45	0	7,21	7,21	0	0,42	0,42	0
3,17	39,5	36,62	0,005	4,93	4,70	0,0022	5,39	5,18	0,0015	0,37	0,36	0,0009
1,14	28	31,15	0,013	5,74	5,26	0,0070	6,59	5,78	0,0149	0,36	0,35	0,0003
0,00	80,5	56,59	0,088	7,48	6,79	0,0085	5,85	5,34	0,0073	0,48	0,43	0,0103
	Total		**0,106**	**Total**		**0,0177**	**Total**		**0,0236**	**Total**		**0,0115**
	RMSPE		**16%**	**RMSPE**		**7%**	**RMSPE**		**8%**	**RMSPE**		**5%**
	Model diterima			**Model diterima**			**Model diterima**			**Model diterima**		

Tabel 4.26 Hasil RMSPE Sungai Code Malam Hari

RMSPE Model Malam Hari									
Jarak (km)	Debit			Kecepatan Aliran Air			Kedalaman Air		
	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$
5,60	2,87	2,87	0	0,83	0,84	0,0001	0,38	0,36	0,0028
3,17	3,69	3,70	7,3E-06	0,64	0,67	0,0022	0,41	0,42	0,0006
1,14	4,53	4,55	1,9E-05	0,63	0,61	0,0010	0,24	0,25	0,0017
0,00	7,49	7,45	2,9E-05	0,76	0,80	0,0028	0,35	0,35	0
0,	**Total**		**5,5E-05**	**Total**		**0,0061**	**Total**		**0,0051**
	RMSPE		**0%**	**RMSPE**		**4%**	**RMSPE**		**4%**
	Model diterima			**Model diterima**			**Model diterima**		

RMSPE Model Malam Hari												
Jarak (km)	TSS			BOD			Nitrat			Total Fosfat		
	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$	At	St	$(\frac{(St)-(At)}{At})^2$
5,60	78,50	78,50	0	6,15	6,15	0	6,85	6,85	0	0,295	0,295	0
3,17	73,00	72,56	3,6E-05	5,25	5,26	3,6E-06	6,06	5,87	0,0009	0,303	0,291	0,0013
1,14	66,70	66,00	1,1E-04	6,18	5,44	1,4E-02	7,25	6,69	0,0060	0,688	0,477	0,0933
0,00	45,50	46,26	2,8E-04	6,72	6,52	8,9E-04	5,89	5,68	0,0013	0,395	0,367	0,0049
	Total		**4,3E-04**	**Total**		**1,5E-02**	**Total**		**0,0083**	**Total**		**0,0995**
	RMSPE		**1%**	**RMSPE**		**6%**	**RMSPE**		**5%**	**RMSPE**		**16%**
	Model diterima			**Model diterima**			**Model diterima**			**Model diterima**		



Gambar 4.12 Perbandingan Persentase RMSPE Model Sungai Code Pagi, Siang dan Malam Hari

Berdasarkan Gambar 4.12 merupakan hasil menggunakan metode RMSPE dari masing-masing variasi waktu secara keseluruhan dapat disumpulkan bahwa model yang telah terkalibrasi dapat diterima. Hal ini, dikarenakan persentase hasil dari perhitungan telah memenuhi syarat untuk diterima atau tidaknya model yaitu persentase harus kurang dari 50%. Untuk model pagi hari nilai *error* pada data debit sebesar 10%, kecepatan aliran air sebesar 4%, kedalaman air sungai sebesar 3%, TSS sebesar 2%, BOD sebesar 10%, Nitrat sebesar 14%, dan Total Fosfat sebesar 19%. Untuk model siang hari memiliki nilai *error* pada data debit sebesar 1%, kecepatan aliran air sebesar 2%, kedalaman air sungai sebesar 4%, TSS sebesar 14%, BOD sebesar 7%, Nitrat sebesar 8%, dan Total Fosfat sebesar 5%. Sedangkan, untuk model malam hari memiliki nilai *error* pada debit sebesar 0%, kecepatan aliran air sebesar 4%, kedalaman air sungai sebesar 4%, TSS sebesar 1%, BOD sebesar 6%, Nitrat sebesar 5% dan Total Fosfat sebesar 16%.

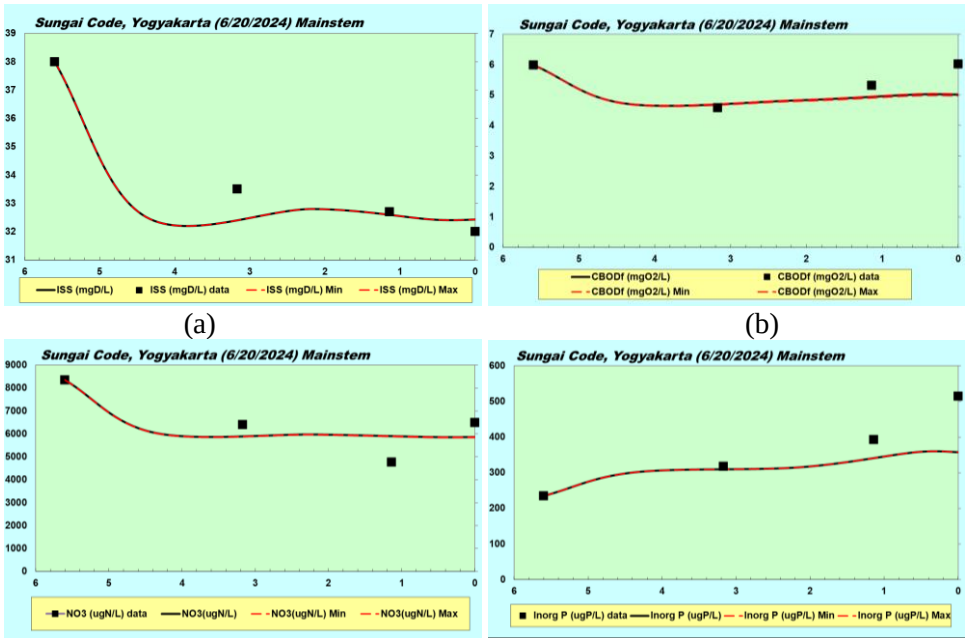
4.5.4 Hasil Simulasi Model Menggunakan Skenario

Setelah dilakukan kalibrasi dan validasi terhadap model, selanjutnya melakukan simulasi model dengan skenario yang telah dibuat. Pada penelitian ini, skenario dibagi menjadi dua skenario yang masing-masing skenario akan diterapkan terhadap model berdasarkan variasi waktu. Simulasi dengan skenario ini

bertujuan untuk mendapatkan nilai beban pencemar yang terkandung dalam sungai sehingga dapat digunakan untuk menentukan daya tampung sungai.

4.5.4.1 Skenario 1

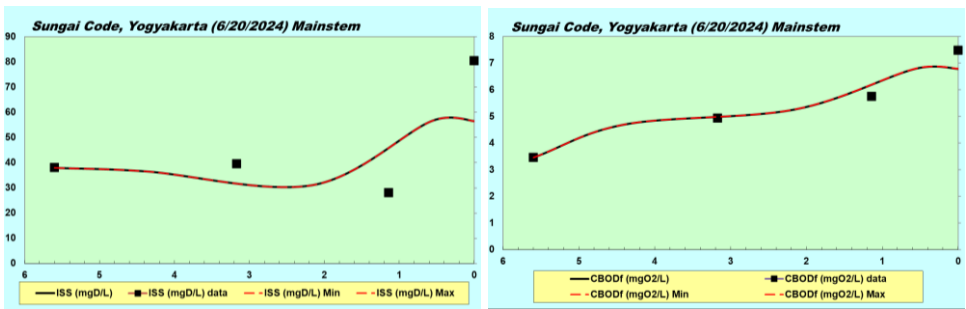
Pada skenario ini menggunakan data kondisi lapangan atau eksisting kualitas air di hulu sungai, serta data eksisting pada sumber pencemar (*point source*). Sehingga, hasil simulasi dari skenario ini dapat mengetahui kondisi sebenarnya pada sungai. Berikut ini merupakan hasil dari simulasi menggunakan skenario 1 berdasarkan variasi waktu yang dapat dilihat pada Gambar 4.17 hingga 4.19.



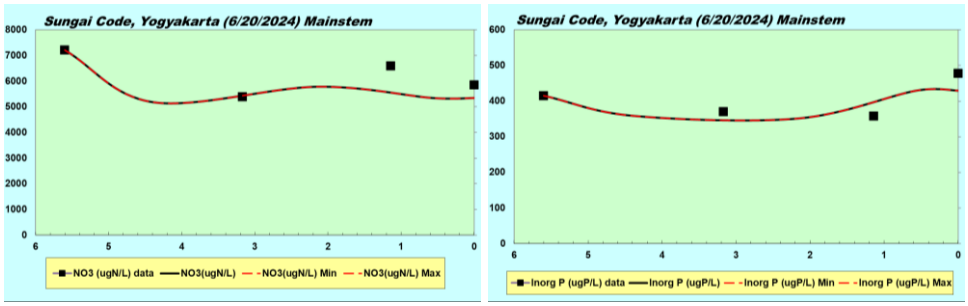
(a) (b)

(c) (d)

Gambar 4.13 Model Skenario 1 Pagi Hari: (a)TSS, (b)BOD, (c)Nitrat, (d)Total Fosfat

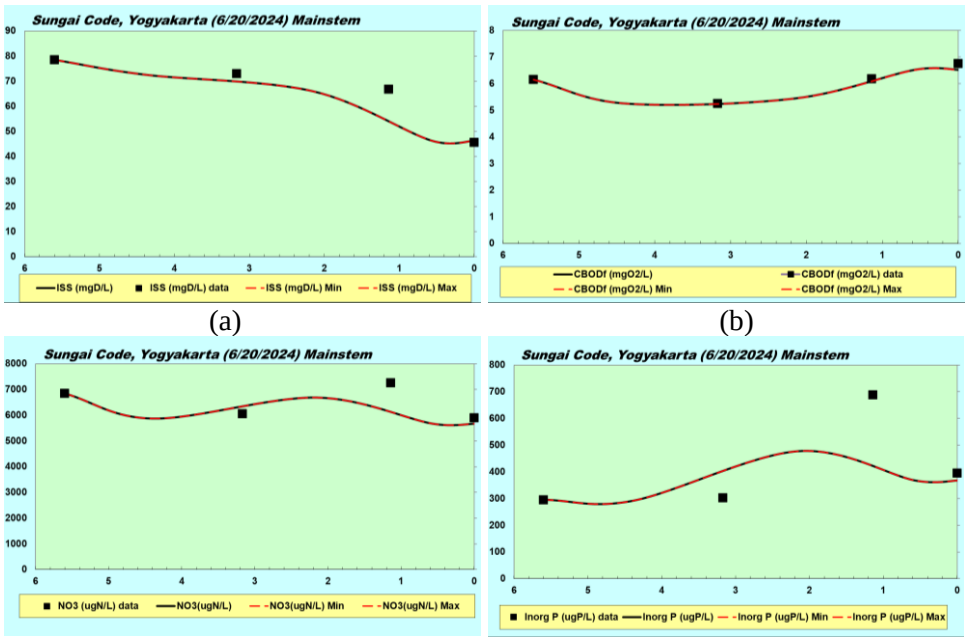


(a) (b)



(c) (d)

Gambar 4.14 Model Skenario 1 Siang Hari: (a)TSS, (b)BOD, (c)Nitrat, (d)Total Fosfat



(a) (b)

(c) (d)

Gambar 4.15 Model Skenario 1 Malam Hari: (a)TSS, (b)BOD, (c)Nitrat, (d)Total Fosfat

Berdasarkan Gambar 4.13 hingga Gambar 4.15 adalah hasil model skenario 1, pada skenario ini merupakan model yang sama dengan model hasil kalibrasi yaitu sebagai kondisi sebenarnya atau aktual Sungai Code. Pada model skenario 1 terlihat bahwa tren garis model masing-masing parameter di variasi waktunya telah mendekati tren data aktual dan tidak melebihi baik data maksimum maupun minimum. Namun, terdapat tren garis model yang tidak dapat dimodelkan secara identik sesuai dengan data aktual dikarenakan data yang digunakan merupakan data akumulasi dari beberapa data pada musim hujan dan musim kering sehingga data berfluktiatif.

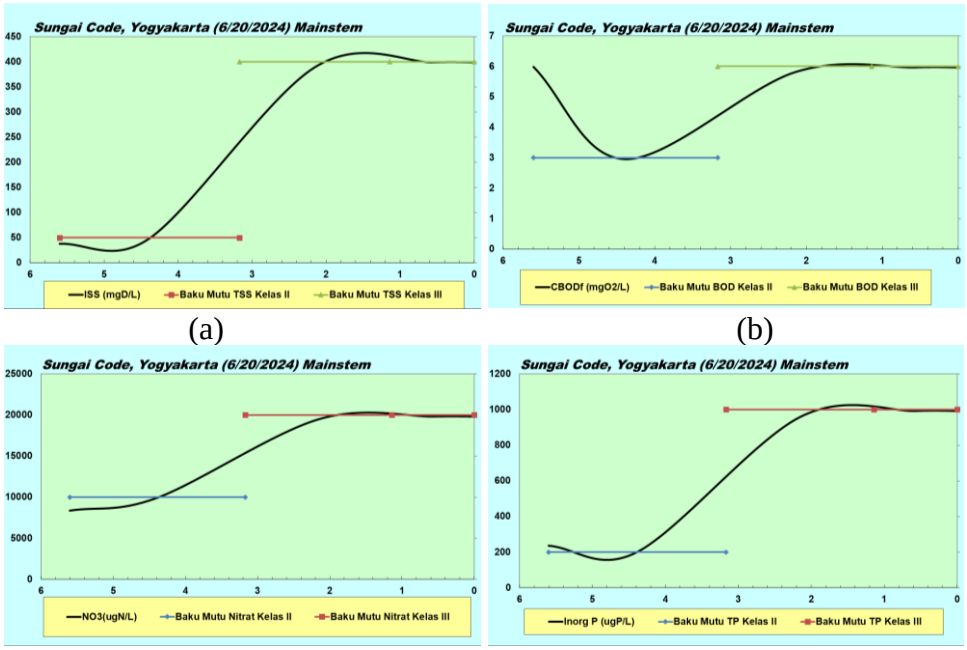
Pada Gambar 4.13 merupakan model hasil skenario 1 pagi hari. Untuk hasil model profil TSS dari hulu hingga hilir (km 0) cenderung menurun. Grafik model BOD mengalami penurunan pada km 3,17 dan mengalami kenaikkan kembali di km 1,14 hingga hilir yaitu sebesar 5,32 mg/l. Grafik model Nitrat, mengalami penurunan pada km 3,17 hingga km 1,14 dan mengalami kenaikkan yang tidak terlalu signifikan pada hilir yaitu sebesar 6,48 mg/l. Pada grafik model Total Fosfat dari km 3,17 hingga hilir mengalami kenaikkan yaitu sebesar 0,31 mg/l.

Pada Gambar 4,14 merupakan model hasil skenario 1 siang hari. Grafik model TSS menunjukkan bahwa terdapat penurunan konsentrasi di km 1,14 dan kembali mengalami kenaikkan konsentrasi pada hilir yaitu sebesar 80,5 mg/l. Pada grafik model BOD mengalami kenaikkan dari km 3,17 hingga hilir yaitu sebesar 4,93 mg/l. Grafik model Nitrat menunjukan bahwa model berfluktuatif namun tidak signifikan. Untuk grafik model Total Fosfat dari hulu hingga km 1,14 mengalami penurunan, sedangkan pada hilir mengalami kenaikkan kembali yaitu sebesar 0,47 mg/l.

Pada Gambar 4.15 merupakan model profil hasil skenario 1 malam hari. Grafik model TSS menunjukkan bahwa dari hulu hingga hilir mengalami penurunan. Untuk grafik BOD terdapat kenaikkan pada km 1,14 yaitu sebesar 6,18 mg/l. untuk grafik Nitrat terdapat kenaikkan pada km 1,14 yaitu sebesar 7,25 mg/l. pada grafik Total Fosfat terdapat kenaikkan konsentrasi yang signifikan pada km 1,14 yaitu sebesar 0,68 mg/l.

4.5.4.2 Skenario 2

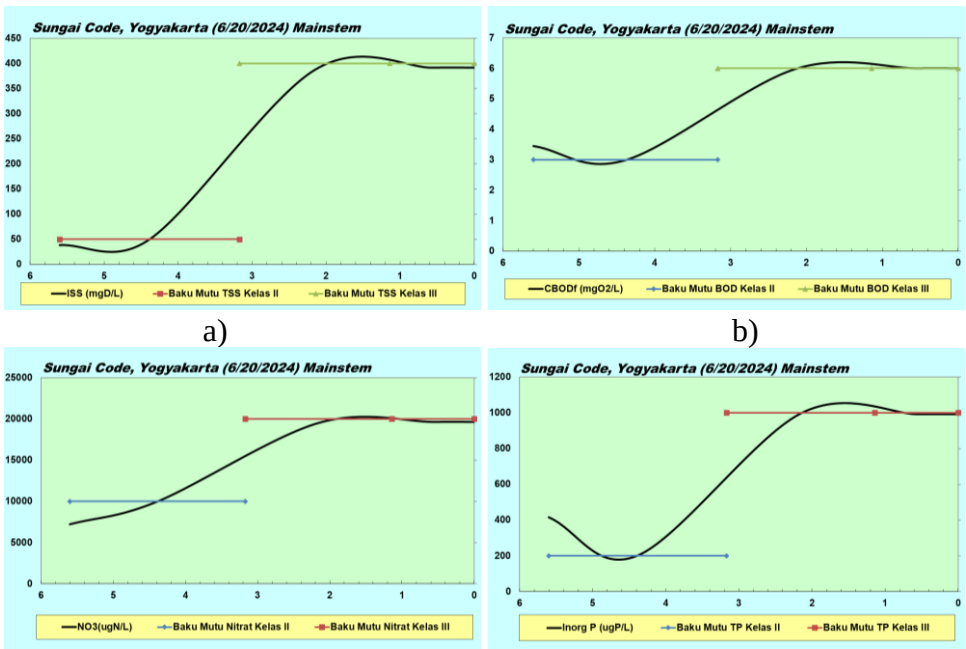
Pada penelitian ini, skenario 2 menggunakan data yang di bagian hulu menggunakan data eksisting seperti skenario 1. Tetapi, untuk data kualitas sumber pencemar (*point sources* dan *diffuse source)* dilakukan dengan cara *trial and error* pada konsentrasi parameter pencemar. Sehingga, model *output* kualitas air di sepanjang sungai dapat memenuhi baku mutu air yang mengacu pada PerGub DIY No.20 Tahun 2008 kelas II (segmen 1 & 2) dan kelas III (segmen 3). Pada hasil skenario 2 ini bertujuan untuk mengetahui besarnya beban pencemar saat penuh berdasarkan masing-masing variasi waktu.



(a) (b)

(c) (d)

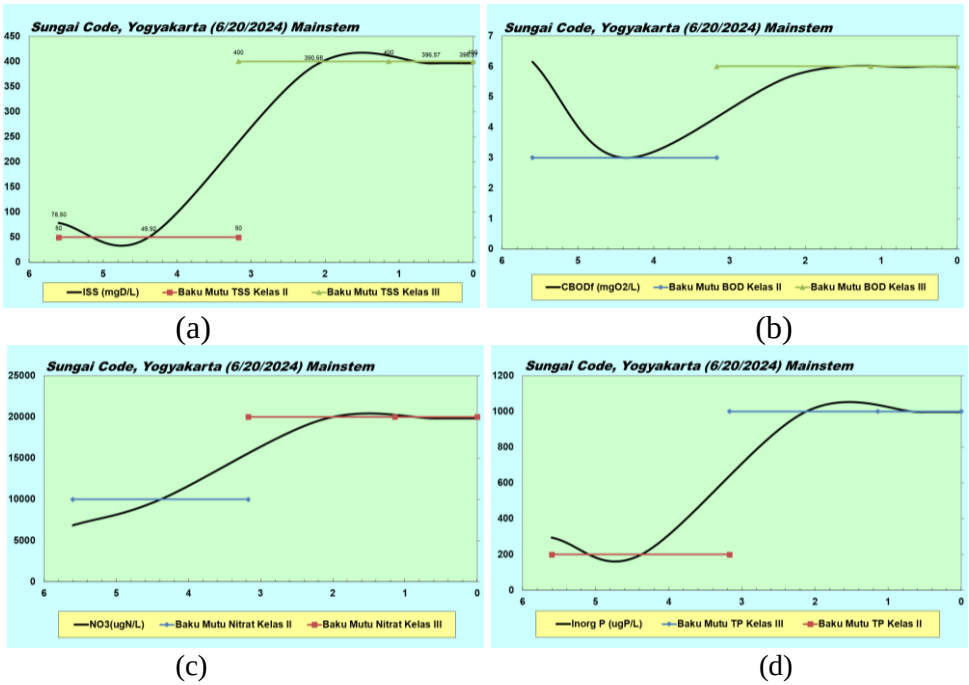
Gambar 4.16 Model Skenario 2 Pagi Hari: (a)TSS, (b)BOD, (c)Nitrat, (d)Total Fosfat



a) b)

(c) (d)

Gambar 4.17 Model Skenario 2 Siang Hari: (a)TSS, (b)BOD, (c)Nitrat, (d)Total Fosfat



Gambar 4.18 Model Skenario 2 Malam Hari: (a)TSS, (b)BOD, (c)Nitrat, (d)Total Fosfat

Berdasarkan Gambar 4.16 hingga Gambar 4.18 merupakan hasil pemodelan menggunakan skenario 2 yaitu saat kondisi beban pencemar penuh dengan mengacu baku mutu kelas II (segmen 1 & 2) dan kelas III (segmen 3). Namun, nilai konsentrasi pencemar masih dibawah baku mutu dan kondisi hulu merupakan kondisi aktual. Pada skenario 2 ini dilakukan secara *trial and error* terhadap sumber pencemar yang masuk ke sungai, sehingga hasil model dapat menunjukkan kondisi kualitas air hampir sama dengan baku mutu sesuai masing-masing kelas.

4.6 Penentuan Daya Tampung Beban Pencemar

Model yang telah didapatkan sesuai dengan skenario yang telah dibuat pada penelitian ini, selanjutnya tahapan yang dilakukan yaitu melakukan perhitungan daya tampung beban pencemar Sungai Code berdasarkan variasi waktu. Dalam perhitungan daya tampung sungai, data kualitas air yang digunakan adalah data yang dihasilkan oleh model sesuai skenario untuk mengetahui beban pencemarnya dengan cara melakukan perkalian antara debit beban pencemar dengan konsentrasi kualitas air. Data hasil model konsentrasi kualitas air setiap segmen dapat dilihat pada lembar kerja *source summary* didalam *software* QUAL2K. Setelah itu, nilai

beban pencemar yang telah didapat pada kedua skenario tersebut akan digunakan untuk menghitung daya tampung beban pencemar dengan persamaan sebagai berikut :

DTBP = Skenario 2 (kg/hari) - Skenario 1 (kg/hari)

4.6.1 Beban Pencemar Sungai Code

Dalam perhitungan beban pencemar data debit didapat dari debit (m^3/s) simulasi dan konsentrasi kualitas air (mg/l) didapat dari lembar kerja *source summary* pada masing-masing parameter pencemar berdasarkan skenario terhadap variasi waktu. Kemudian, data debit dan konsentrasi kualitas air dilakukan perkalian sehingga mendapatkan hasil beban pencemar Sungai Code. Berikut ini merupakan hasil perhitungan beban pencemar Sungai Code hasil dari simulasi menggunakan skenario 1 yang dapat dilihat pada Tabel 4.27 hingga Tabel 4.29.

Tabel 4.27 Beban Pencemar Skenario 1 Pagi Hari

Beban Pencemar Skenario 1 Pagi Hari					
Segmen	Jarak Hulu ke Hilir (km)	TSS	BOD	Nitrat	Total Fosfat
		Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari
1	5,60 - 3,17	2053,15	312,52	14,65	53,11
2	3,17 - 1,14	485,98	130,60	45,99	9,27
3	1,14 - 0,00	70,25	134,54	0,86	20,23

Pada Tabel 2.27 merupakan beban pencemar yang dihasilkan oleh model skenario 1 pagi hari, menunjukan bahwa beban pencemar TSS terbesar ada di segmen 1 (5,60 – 3,17 km) yaitu sebesar 2053,15 kg/hari. Beban pencemar BOD terbesar berada di segmen 1 (5,60 – 3,17 km) yaitu sebesar 312,52 kg/hari. Beban pencemar Nitrat yang terbesar berada di segmen 2 (3,16 – 1,14 km) yaitu sebesar 45,99 kg/hari. Beban pencemar total fosfat yang terbesar berada di segmen 1 (5,60 – 3,17 km) yaitu sebesar 53,11 kg/hari.

Tabel 4.28 Beban Pencemar Skenario 1 Siang Hari

Beban Pencemar Skenario 1 Siang Hari					
Segmen	Jarak Hulu ke Hilir (km)	TSS	BOD	Nitrat	Total Fosfat
		Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari
1	5,60 - 3,17	4525,64	978,66	143,59	32,72
2	3,17 - 1,14	672,41	727,03	781,84	29,69
3	1,14 - 0,00	15965,11	1168,79	95,01	63,63

Pada Tabel 2.28 merupakan beban pencemar yang dihasilkan oleh model skenario 1 siang hari, terlihat bahwa beban pencemar TSS terbesar ada di segmen 3 (1,14 – 0,00 km) yaitu sebesar 15965,11 kg/hari. Beban pencemar BOD terbesar berada di segmen 3 (1,14 – 0,00 km) yaitu sebesar 1168,79 kg/hari. Beban pencemar Nitrat yang terbesar berada di segmen 2 (3,16 – 1,14 km) yaitu sebesar 781,84 kg/hari. Beban pencemar total fosfat yang terbesar berada di segmen 3 (1,14 – 0,00 km) yaitu sebesar 63,63 kg/hari.

Tabel 4.29 Beban Pencemar Skenario 1 Malam Hari

Beban Pencemar Skenario 1 Malam Hari					
Segmen	Jarak Hulu ke Hilir (km)	TSS	BOD	Nitrat	Total Fosfat
		Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari
1	5,60 - 3,17	3725,24	164,94	179,22	20,06
2	3,17 - 1,14	2782,01	475,46	94,69	94,69
3	1,14 - 0,00	3784,61	2059,33	48,46	48,46

Pada Tabel 2.29 merupakan beban pencemar yang dihasilkan oleh model skenario 1 malam hari, terlihat bahwa beban pencemar TSS dan BOD yang terbesar berada di segmen 3 (1,14 – 0,00 km) yaitu secara berurut sebesar 3784,61 kg/hari dan 2059,33 kg/hari. Untuk Nitrat beban pencemar terbesa berada di segmen 1 sebesar 179,22 kg/hari. Untuk beban pencemar total fosfat yang terbesar berada di segmen 2 (3,17 – 1,14 km) yaitu sebesar 94,69 kg/hari.

Sedangkan, untuk hasil perhitungan beban pencemar dari simulasi menggunakan skenario 2 dapat dilihat pada Tabel 4.30 hingga 4.32.

Tabel 4.30 Beban Pencemar Skenario 2 Pagi Hari

Beban Pencemar Skenario 2 Pagi Hari					
Segmen	Jarak Hulu ke Hilir (km)	TSS	BOD	Nitrat	Total Fosfat
		Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari
1	5,60 - 3,17	22373,13	563,33	4343,96	67,82
2	3,17 - 1,14	471640,74	5879,90	18518,28	1106,19
3	1,14 - 0,00	131793,76	2020,80	6336,76	339,08

Pada Tabel 4.31 merupakan beban pencemar skenario 2 pagi hari, menunjukkan bahwa beban pencemar untuk keseluruhan parameter terbesar berada di segmen 2 (3,17 – 1,14 km) yaitu TSS sebesar 471640,74 kg/hari, BOD sebesar 5879,9 kg/hari, Nitrat sebesar 18518,28 kg/hari, dan Total Fosfat sebesar 1106,19 kg/hari.

Tabel 4.31 Beban Pencemar Skenario 2 Siang Hari

Beban Pencemar Skenario 2 Siang Hari					
Segmen	Jarak Hulu ke Hilir (km)	TSS	BOD	Nitrat	Total Fosfat
		Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari
1	5,60 - 3,17	21600,50	1001,48	4473,08	15,85
2	3,17 - 1,14	455236,61	5661,13	18140,35	1124,57
3	1,14 - 0,00	121939,65	1870,08	5990,94	289,87

Pada Tabel 4,31 merupakan beban pencemar skenario 2 siang hari, menunjukkan bahwa beban pencemar untuk TSS, BOD, Nitrat dan Total Fosfat terbesar berada di segmen 2 (3,17 – 1,14 km) yaitu secara berurut sebesar 455236,61 kg/hari, 5661,13 kg/hari, 18140,35 kg/hari dan 1124,57 kg/hari.

Tabel 4.32 Beban Pencemar Skenario 2 Malam Hari

Beban Pencemar Skenario 2 Malam Hari					
Segmen	Jarak Hulu ke Hilir (km)	TSS	BOD	Nitrat	Total Fosfat
		Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari
1	5,60 - 3,17	7703,58	300,62	3744,59	34,82
2	3,17 - 1,14	320729,64	3507,47	12074,33	776,52
3	1,14 - 0,00	141055,65	2328,43	6950,06	344,67

Pada Tabel 4.32 merupakan beban pencemar skenario 2 malam hari, menunjukkan bahwa beban pencemar untuk TSS, BOD, Nitrat dan Total Fosfat terbesar berada di segmen 2 (3,17 – 1,14 km) yaitu secara berurut sebesar 320729,64 kg/hari, 3507,47 kg/hari, 12074,33 kg/hari dan 776,52 kg/hari.

4.6.2 Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Code

Setelah didapatkan nilai beban pencemar dari masing-masing skenario berdasarkan variasi waktu, maka perhitungan daya tampung beban pencemar dapat dilakukan dengan cara menghitung selisih antara nilai beban pencemar dari kedua skenario tersebut. Dimana skenario 2 merupakan simulasi saat beban penuh yang mengacu pada Peraturan Gubernur DIY No.20 Tahun 2008 kelas II (segmen 1 & 2) dan kelas III (Segmen 3) akan dikurangi dengan skenario 1 yang merupakan simulasi kondisi sebenarnya atau kondisi eksisting. Sehingga, daya tampung beban pencemar Sungai Code berdasarkan variasi waktu didapatkan. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan daya tampung beban pencemar yang dapat dilihat pada Tabel 4.33 hingga 4.35.

Tabel 4.33 Daya Tampung Beban Pencemar Pagi Hari

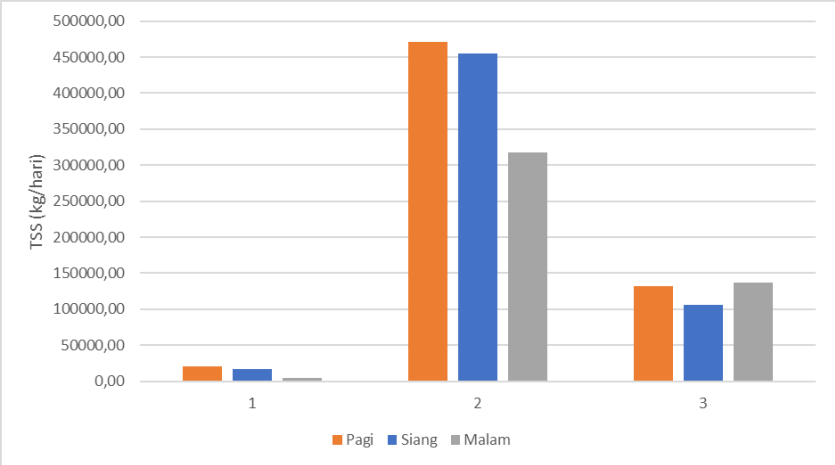
Daya Tampung Beban Pencemar Pagi Hari					
Segmen	Jarak Hulu ke Hilir (km)	TSS	BOD	Nitrat	Total Fosfat
		Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari
1	5,60 - 3,17	20319,97	250,81	4329,31	14,71
2	3,17 - 1,14	471154,75	5749,29	18472,28	1096,91
3	1,14 - 0,00	131723,51	1886,26	6335,90	318,86

Tabel 4.34 Daya Tampung Beban Pencemar Siang Hari

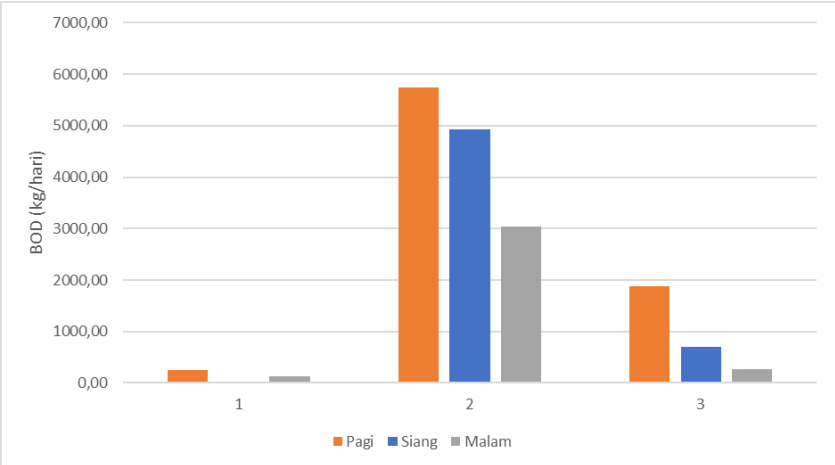
Daya Tampung Beban Pencemar Siang Hari					
Segmen	Jarak Hulu ke Hilir (km)	TSS	BOD	Nitrat	Total Fosfat
		Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari
1	5,60 - 3,17	17074,85	22,82	4329,48	-16,87
2	3,17 - 1,14	454564,19	4934,10	17358,51	1094,88
3	1,14 - 0,00	105974,54	701,29	5895,93	226,24

Tabel 4.35 Daya Tampung Beban Pencemar Malam Hari

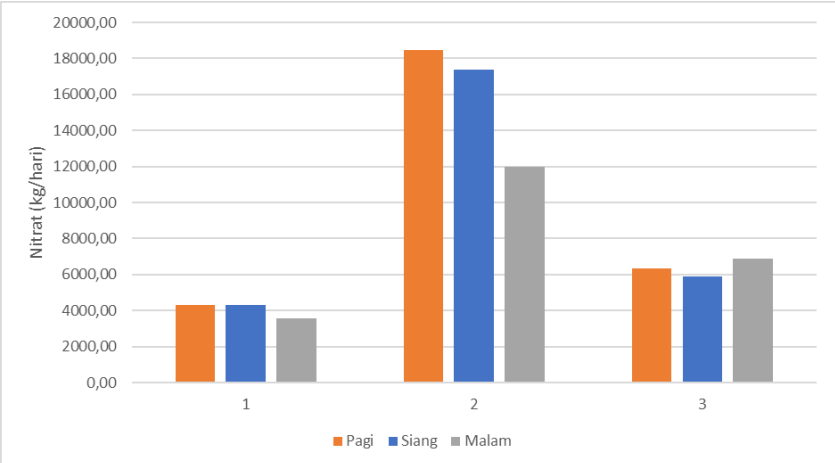
Daya Tampung Beban Pencemar Malam Hari					
Segmen	Jarak Hulu ke Hilir (km)	TSS	BOD	Nitrat	Total Fosfat
		Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari	Kg/hari
1	5,60 - 3,17	3978,34	135,68	3565,37	14,76
2	3,17 - 1,14	317947,63	3032,01	11979,64	681,83
3	1,14 - 0,00	137271,04	269,09	6901,60	296,21



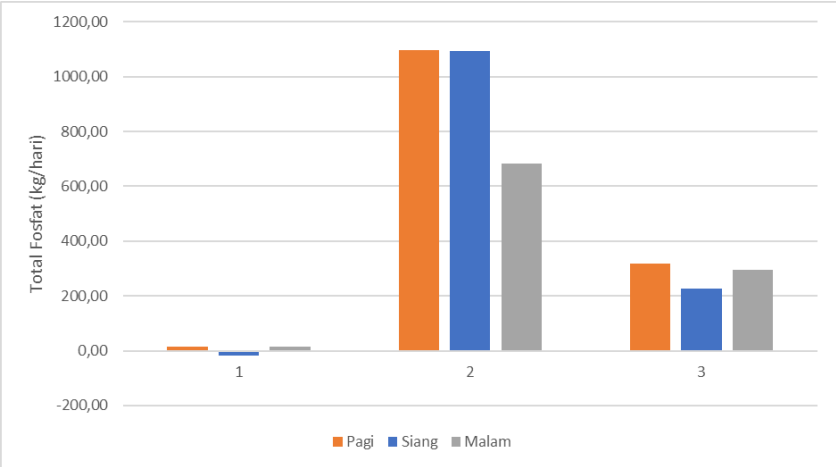
Gambar 4. 19 Daya Tampung Beban Pencemar TSS Sungai Code



Gambar 4. 20 Daya Tampung Beban Pencemar BOD Sungai Code



Gambar 4. 21 Daya Tampung Beban Pencemar Nitrat Sungai Code



Gambar 4. 22 Daya Tampung Beban Pencemar Total Fosfat Sungai Code

Berdasarkan Tabel 4.33 hingga Tabel 4.35 menunjukkan bahwa pada hasil daya tampung beban pencemar dari ketiga variasi waktu tersebut, untuk parameter TSS, BOD dan Nitrat pada seluruh segmen di ketiga variasi waktu masih memiliki daya tampung yang cenderung besar. Sedangkan, untuk parameter Total Fosfat terdapat segmen yang memiliki beban pencemar dengan nilai negati. Artinya, pada segmen tersebut untuk beban pencemar telah melebihi daya tampung sungai. Segmen yang melebihi daya tampung pada parameter Total Fosfat yaitu segmen 1 siang hari. perhitungan DTBP ini betujuan untuk mengetahui seberapa banyak beban pencemar yang harus diturunkan apabila melebihi daya tampung.

Daya tampung beban pencemar TSS pada penelitian ini untuk segmen 2 pagi sebesar 471154,75 kg/hari, siang sebesar 454564,19 kg/hari, dan malam hari sebesar 317947,04 kg/hari. Sedangkan, untuk segmen 3 pagi sebesar 131723,51 kg/hari, siang sebesar 1059774,54 kg/hari, dan malam hari sebesar 137271,04 kg/hari. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dengan lokasi penelitian yang sama pada tahun 2023. Nilai daya tampung beban pencemar TSS pada penelitian Cholil Rifai (2023), pada segmen 2 sebesar 3620,94 kg/hari dan segmen 3 sebesar 69297,98 kg/hari. Hal ini menunjukkan bahwa tahun 2023 masih memiliki daya tampung dan begitupun pada tahun 2024 ini.

Daya tampung beban pencemar BOD pada penelitian ini untuk segmen 2 pagi sebesar 5749,29 kg/hari, siang sebesar 4934,10 kg/hari, dan malam hari sebesar

3032,01 kg/hari. Sedangkan, pada segmen 3 pagi sebesar 1886,26 kg/hari, siang sebesar 701,29 kg/hari, dan malam hari sebesar 269,09 kg/hari. jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dengan lokasi penelitian yang sama pada tahun 2023, Nilai daya tampung beban pencemar BOD pada penelitian Ayu Febriati (2023) pada segmen 2 sebesar 23,63 kg/hari dan segmen 3 sebesar -106,97 kg/hari sehingga menunjukkan bahwa pada segmen 2 pada penelitian tersebut masih memiliki daya tampung. Namun, pada segmen 3 telah melebihi daya tampung. Hal ini, menunjukkan bahwa pada tahun 2024 beban pencemar BOD yang masuk sudah berkurang sehingga sungai masih memiliki daya tampung untuk parameter BOD.

Daya tampung beban pencemar Fosfat pada penelitian ini untuk segmen 2 pagi sebesar 18472,28 kg/hari, siang hari sebesar 17358,51 kg/hari, dan malam hari sebesar 11979,64 kg/hari. Sedangkan, pada segmen 3 pagi hari sebesar 6335,90 kg/hari, siang hari sebesar 5895,93 kg//hari, dan malam hari sebesar 6901,60 kg/hari. jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dengan lokasi penelitian yang sama pada tahun 2023. Nilai daya tampung beban pencemar Fosfat pada penelitian Yusuf Laksono (2023) pada segmen 2 sebesar 12,54 kg/hari dan segmen 3 sebesar 99,09 kg/hari, dalam penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada segmen tersebut masih memiliki daya tampung untuk beban pencemar fosfat.

Berdasarkan hasil perbandingan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya di lokasi yang sama tahun 2023 terdapat adanya perbedaan pada pengambilan data sampel air Sungai Code. Pada penelitian sebelumnya, pengambilan data sampel dilakukan hanya di musim hujan dan satu kali pengambilan sampel. Sedangkan, data sampel penelitian ini merupakan akumulasi data yang diambil pada dua musim yang berbeda yaitu musim hujan dan musim kering. Pengambilan data sampel yang diambil pada setiap musim dilakukan dua kali (hari kerja dan akhir pekan) dengan variasi waktu yang berbeda (pagi, siang, dan malam hari) sehingga menyebabkan data yang bervariasi akibat dari akumulasi data.

Dari hasil perhitungan daya tampung beban pencemar tersebut, terdapat segmen dengan beban pencemar yang melebihi daya tampung. Pada segmen 1 siang hari hari untuk parameter BOD sebesar -16,87 kg/hari. Beban pencemar yang

melebihi daya tampung pada segmen tersebut disebabkan karena adanya konsentrasi parameter pencemar dan debit yang berasal dari sumber pencemar masuk ke sungai dengan nilai yang besar sehingga sungai tidak dapat melakukan proses *self purification* dengan baik.

4.7 Penurunan Beban Pencemar Sungai Code

Pengelolaan sungai merupakan langkah konservasi sumber daya air yang bertujuan untuk mengurangi tingkat pencemaran, sehingga dapat memperbaiki kualitas air sungai dan meningkatkan daya tampung sungai (Chasna, 2016).

Beban pencemar yang telah melampaui daya tampung pada Sungai Code ini disebabkan karena kualitas air dari outlet sumber pencemar seperti *point source* dan *diffuse source* yang memiliki konsentrasi pencemar melebihi baku mutu. Untuk *point source* penurunan konsentrasi parameter BOD dan Total Fosfat harus dilakukan pada drainase segmen 1 (km 5,3). Sehingga dapat diketahui bahwa konsentrasi dari seluruh drainase pada segmen 1 memiliki konsentrasi yang telah melampaui baku mutu yang telah ditetapkan. Hal ini juga terjadi pada kualitas air *diffuse source* yang hampir secara keseluruhan telah melampaui baku mutu. Berikut ini merupakan beban pencemar yang perlu diturunkan, terlihat pada Tabel 4.36.

Tabel 4.36 Beban Pencemar yang Perlu Diturunkan Pada Sungai Code

Waktu	Segmen	Total Fosfat	Sumber Pencemar
		Kg/hari	
Siang	Segmen 1	16,87	Drainase dan Limbah Domestik

Pada Tabel 4.36 menunjukkan bahwa pada segmen 1 siang hari pada beban pencemar parameter Total Fosfat harus diturunkan dari sumber pencemar yang masuk ke segmen tersebut. Nilai beban pencemar Total Fosfat di segmen 1 Siang yang perlu diturunkan yaitu pagi hari sebesar 16,87 kg/hari.

Pengelolaan sungai dapat dilakukan oleh berbagai pihak terkait seperti pemerintahan, pihak swasta, perguruan tinggi, Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) dan pihak terkait lainnya (Brontowiyono dkk., 2013). sehingga dalam

pengelolaan Sungai Code ini peran masyarakat juga dibutuhkan untuk mendukung untuk upaya pelestarian sumberdaya air di Sungai Code.

Adanya pengelolaan yang diharapkan untuk dapat memperbaiki kualitas air Sungai Code dengan penurunan potensi sumber limbah pencemar. Menurut Yuliastuti (2011) tingginya kadar pencemar pada parameter Total Fosfat dapat disebabkan adanya bahan fosfor pada limbah domestik yang berasal dari detergen. Sehingga, terdapat kemungkinan bahwa masyarakat disekitar segmen 1 banyak yang melakukan aktifitas mencuci pakaian dengan membuang langsung ke badan sungai. Selain itu, adanya kemungkinan limbah hasil dari usaha *laundry* yang terbawa melalui drainase dan masuk ke sungai. Usaha laundry, umumnya beroperasi pada siang hari serta adanya peningkatan jumlah usaha jasa *laundry* yang sejalan dengan meningkatnya permintaan masyarakat akan pelayanan pencucian pakaian yang praktis, terutama di daerah perkotaan yang memiliki gaya hidup yang sibuk dan waktu luang yang terbatas. Hal ini, mengakibatkan limbah hasil pencucian *laundry* semakin meningkat. Menurut Figenius (2023), masih banyaknya pelaku usaha jasa *laundry* yang tidak melakukan pengelolaan limbah cair hasil pencucian.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan ini sehingga dapat disimpulkan bahwa :

1. Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) Sungai Code pada parameter TSS, BOD, dan Nitrat berdasarkan variasi waktu seluruh parameter masih memiliki daya tampung. Namun, pada parameter Total Fosfat di segmen 1 siang hari memiliki daya tampung yang telah mepaui. Berikut merupakan nilai daya tampung pada segmen 1 hingga segmen 3 sesuai variasi waktu :
   a) Pagi hari
      - TSS: 20319,97 kg/hari, 471154,51 kg/hari, dan 131723,51 kg/hari.
      - BOD : 250,81 kg/hari, s 5749,29 kg/hari, dan 1886,26 kg/hari.
      - Nitrat : 4329,31 kg/hari, 18472,28 kg/hari, dan 6335,90 kg/hari.
      - Total Fosfat : 14,71 kg/hari, 1096,91 kg/hari, dan 318,86 kg/hari.
   b) Siang hari
      - TSS : 17074,85 kg/hari, 454564,19 kg/hari, dan 105974,54 kg/hari.
      - BOD : 22,82 kg/hari, 4934,10 kg/hari, dan 701,29 kg/hari.
      - Nitrat : 4329,48 kg/hari, 17358,93 kg/hari, dan 5895,93 kg/hari.
      - Total Fosfat : -16,87 kg/hari, 1094,88 kg/hari, dan 226,24 kg/hari.
   c) Malam hari
      - TSS : 3978,34 kg/hari, 317947,63 kg/hari, dan 137271,04 kg/hari.
      - BOD : 135,68 kg/hari, 3032,01 kg/hari, dan 269,09 kg/hari.
      - Nitrat : 3565,37 kg/hari, 11979,64 kg/hari, dan 6901,60 kg/hari.
      - Total Fosfat : 14,76 kg/hari, 691,83 kg/hari, dan 296,21kg/hari.
2. Agar dapat memenuhi standar mutu air kelas II, maka beban pencemar total fosfat di segmen 1 pada siang hari harus diturunkan sebesar 16,87 kg/hari.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Sungai Code, terdapat saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Pendataan inventarisasi dan pemetaan sumber pencemar pada Sungai Code dilakukan secara rutin
2. Pengambilan sampel air dari sumber pencemar *point source* harus selaras dengan pengambilan kualitas air Sungai Code sehingga model hasil dapat lebih mendekati dengan kondisi aktual
3. Pembaharuan variasi skenario terhadap model yang dilakukan untuk menentukan Daya Tampung Beban Pencemar

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Akmal Karami, A., & Sulistiyaning Titah, H. (2024). Penentuan Status Mutu Air Sungai Wrati Pasuruan Jawa Timur dengan Indeks Kualitas Air. *Jurnal Serambi Engineering*, *IX*(1), 7774–7780.

Altamis, M. I., Oktari, I., & Harahap, S. K. (2023). Upaya Penegakan Hukum Terhadap Pencemaran Air Sungai di Taman Mercy Deli Tua. *Journal Of Social Science Research*, *3*(4), 2734–2746.

Andika, B., Wahyuningsih, P., & Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai Bod Dan Cod Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (Ppks) Medan. *Quimica: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, *2*(1), 14–22. https://ejurnalunsam.id/index.php/JQ

Anggraini, N., Simarta, A. H., & Sitohang, C. (2015). *Dissolved Oxygen Concentration From the Water around the Floating Cage Fish Culture Area and from No Cage, in the DAM site of the Koto Panjang Reservoir*. Stationery Office.

Arya Pradipta, M., & Hendriyanto, O. (2024). Strategi Penanggulangan Pencemaran Air Sungai Rejo Agung Menggunakan Pemodelan Qual2kw. *Jurnal Serambi Engineering P-ISSN : 2528-3561* , *IX*(2), 8467–8475.

Ayu Febriati, R. (2023). *Analisis Daya Tampung Beban Pencemar Bod Di Sungai Code Dengan QUAL2Kw*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.

Brontowiyono, W., Kasam, Ribut, L., & Ike, A. (2013). Strategi Penurunan Pencemaran Limbah Domestik di Sungai Code DIY. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan ISSN: 2085-1227*, *5*(1), 36–47.

Budhiawan, A., Susanti, A., & Hazizah, S. (2022). Analisis Dampak Pencemaran Lingkungan Terhadap Faktor Sosial dan Ekonomi pada Wilayah Pesisir di

Desa Bagan Kuala Kecamatan Tanjung Beringin Kabupaten Serdang Bedagai. *Jurnal Pendidikan Tambusai* , *6*(1), 240–249.

Chapra, S., Pelletier, G., & Tao, H. (2012). *QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality (Version 2.12) The Mystic River at Medford, MA*.

Chasna, R. (2016a). *Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Menggunakan Software QUAL2Kw (Studi Kasus : Sungai Code, Yogyakarta)*.

Chasna, R. (2016b). *Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Menggunakan Sooftware QUAL2KW (Studi Kasus : Sungai Code, Yogyakarta)*. Universitas Islam Indonsia.

Cholil Rifai, Moh. (2023). *Analisis Daya Tampung Beban Pencemar Cod Dan Tss Di Sungai Code Dengan QUAL2Kw*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.

Christiana, R., Muthya Anggraini, I., & Syahwanti, H. (2020). Analisis Kualitas Air dan Status Mutu Serta Beban Pencemaran Sungai Mahap di Kabupaten Sekadau Kalimantan Barat. *Jurnal Serambi Engineering P-ISSN : 2528-3561*, *V*(2), 941–950.

Figenius, D. E. (2023). Perizinan Usaha Laundry Sebagai Upaya Pencegahan Pencemaran Lingkungan. *Bureaucracy Journal: Indonesia Journal of Law and Social-Political Governance*, *3*(2), 2023. https://doi.org/10.53363/bureau.v3i2.259

Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, S., & Maury, H. K. (2018). Konsentrasi Amoniak, Nitrat Dan Fosfat Di Perairan Distrik Depapre, Kabupaten Jayapura. *EnviroScienteae*, *14*(1), 8. https://doi.org/10.20527/es.v14i1.4887

Hasibuan, M., Cahyono, K., & Hasibuan, S. (2022). Kajian Beban Pencemar dan Daya Tampung Beban Pencemar Air di Daerah Aliran Sungai Siak. *Jurnal Rekayasa Hijau*, *6*(1), 45–56. https://doi.org/10.26760/jrh.v6i1.45-56

Hasrianti, & Nurasia. (2019). Analisis Warna, Suhu, pH Dan Salinitas Air Sumur Bor Di Kota Palopo. *Universitas Cokroaminoto Palopo*, *2*(1), 747–753.

Itratip, & Jannah, W. (2016). Analisa Rasio Debit Maksimum Dan Minimum (Qmax/Qmin) Sungai Unus Kota Mataram. *JUPE ISSN 2548– 5555*, *1*, 273–276.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tentang Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis dan Surat Kelayakan Operasional Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Permen LHK Nomor 5 Tahun 2021*.

Khoiriyah, D. R. A. N. (2021). *Analisis Daya Tampung Beban Pencemar Amonia dan Nitrat di Sungai Winongo dengan Metode Qual2Kw*. Universitas Islam Indonesia.

Kurniati, R. I., Komala, P. S., & Zulkarnaini, Z. (2021). Analisis Beban Pencemar Total Nitrogen dan Total Fosfat akibat Aktivitas Antropogenik di Danau Maninjau. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *19*(2), 355–364. https://doi.org/10.14710/jil.19.2.355-364

Kusnadi, E., Utomo, K. P., & Desmaiani, H. (2023). Pola Sebaran Total Nitrogen dan Total Fosfat Akibat Aktivitas Disekitar Danau Sebedang Sambas. In *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah* (Vol. 11, Issue 1).

Listyaningrum, N., Fauzia Lestari, S., Agus Riyanto, I., & Cahyadi, A. (2017). Pengelolaan Sempadan Sungai Code Sebagai Upaya Pelestarian Ekosistem Daerah Aliran Sungai Di Kota Yogyakarta Dan Sekitarnya. *Seminar Nasional III*, 1–12.

Liu, C., Pan, C., Chang, Y., & Luo, M. (2021). An integrated autoregressive model for predicting water quality dynamics and its application in Yongding River. *Ecological Indicators*, *133*, 108354. https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2021.108354

Lusiana, N., Widiatmono, B. R., & Luthfiyana, H. (2020). Beban Pencemaran BOD dan Karakteristik Oksigen Terlarut di Sungai Brantas Kota Malang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *18*(2), 354–366. https://doi.org/10.14710/jil.18.2.354-366

M. Z. Afidin, I., & Kholidah. (2021). Analisis Kandungan Nitrat dan Nitrit Serta Total Bakteri Colliform Pada Air Sungai Di PT.SUCOFINDO Semarang. *Inovasi Teknik Kimia*, *6*(1), 23–27.

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*, *V*(4).

Mesaluna, A. R., Firmansyah, F. A., Syahla, S. W. A., Handayani, A. M. T., Mardiyana, M., & Putri, A. K. (2023). Konsentrasi Nitrat dan Fosfat sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Perairan Sungai Pelus, Kabupaten Banyumas. *MAIYAH*, *2*(3), 247. https://doi.org/10.20884/1.maiyah.2023.2.3.9615

Miriam, D., Sitepu, B., Yudha Perwira, I., Wayan, I., & Kartika, D. (2021). Kandungan Nitrat dan Fosfat pada Air di Sungai Telagawaja Kabupaten Karangasem, Bali. *Curr.Trends Aq. Sci*, *X*(2), 1–7.

Muarif. (2016). Karakteristik Suhu Perairan di Kolam Budidaya Perikanan. *Jurnal Mina Sains ISSN: 2407-9030*, *2*(2), 96–101.

Mummidivarapu, S. K., Rehana, S., & Singh, H. (2023). Application of QUAL2K Model for Water Quality Modeling of Bhadra River Stretch, India. *Lecture Notes in Civil Engineering*, *314 LNCE*, 567–579. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9151-6_46

Nasrizal, A., Ali, A., & Bolong, N. (2021). *Water quality modelling using QUAL2K at Likas River, Sabah*. https://www.researchgate.net/publication/357766679

Nuraya, T., Sari, D. W., & Harfinda, E. M. (2022). Analisis Kandungan Nitrat Dan Fosfat Di Perairan Parit Baru, Kubu Raya Kalimantan Barat. *Manifish Journal ISSN 2721-2939*, *2*(3), 114–118. http://ejurnal.polnep.ac.id/index.php/manfish

Nurjanah, P. (2018). *Analisis Pengaruh Curah Hujan Terhadap Kualitas Air Parameter Mikrobiologi dan Status Mutu Air di Sungai Code, Yogyakarta The Analysis of Rainfall Impact on Water Quality of Microbiological Parameters and Water Quality Status in Code River, Yogyakarta*. Universitas Islam Indonesia.

Pangestu, R., Riani, E., & Effendi B A, H. (2017). Estimation of Point Source and Domestic Waste Loads of East Kalibaru River Province DKI Jakarta, Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, *7*(3), 219–226. https://doi.org/10.19081/jpsl.2017.7.3.219

Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta. (2006). PerDa DIY Nomor 7 Tahun 2006 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Peraturan Daerah Kota Yogyakarta. (2009). Peraturan Daerah Kota Yogyakarta No. 6 Tahun 2009 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik.

Peraturan Pemerintah. (2021). *Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.

Peraturan Pemerintah Repulik Indonesia. (2011). *PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA No. 38 Tahun 2011*.

Pingki, T., & Sudarti. (2021). Analisis kualitas air sungai berdasarkan ketinggian sungai Bladak dan Sungai Kedungrawis di Kabupaten Blitar. In *Budidaya Perairan 2021* (Vol. 9, Issue 2).

Pratama, M. A., Sidabutar, C. P., & Hakim, R. (2023). Analisis Sensitivitas Simulasi Parameter Bod, Tss Dan Do Dalam Pemodelan Kualitas Air Dengan Menggunakan Qual2k. *Jurnal Reka Lingkungan*, *11*(1), 1–11. https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v11i1.1-11

Purnaini, R., Sudarmadji, S., & Purwono, S. (2019). Pemodelan Sebaran Bod Di Sungai Kapuas Kecil Bagian Hilir Menggunakan Wasp. *Jurnal Teknosains*, *8*(2), 148. https://doi.org/10.22146/teknosains.34921

Rahadi, B., Suharto, B., & Yuke Monica, F. (2020). Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemar dan Kualitas Air Sungai Lesti Sebelum Pembangunan Hotel. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan* , *6*(3).

Rahayu, Y., Juwana, I., & Marganingrum, D. (2018). Kajian Perhitungan Beban Pencemaran Air Sungai Di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung dari Sektor Domestik. *Jurnal Rekayasa Hijau ISSN: 2550-1070* , *2*(1), 61–71.

Salsabila, R. I., Hendrasarie, N., Kunci, K., Masyarakat, A., Sungai, K., & Brantas, S. (2023). Pengaruh Aktivitas Masyarakat Terhadap Kualitas Sungai Brantas. *Environmental Science and Engineering Conference*, *4*(1), 387–392.

Sari, E. K., & Wijaya, O. E. (2019). Penentuan Status Mutu Air Dengan Metode Indeks Pencemaran Dan Strategi Pengendalian Pencemaran Sungai Ogan Kabupaten Ogan Komering Ulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *17*(3), 486. https://doi.org/10.14710/jil.17.3.486-491

Setiyawan, A. (2019). *Strategi Perlakuan Terhadap Kualitas Air Sungai Metro Di Ruas Pakisaji-Kepanjen Di Kecamatan Pakisaji-Kepanjen Kabupaten Malang*. http://ejurnal.malangkab.go.id/index.php/kr

Sugiarto, E., Widya Purnama Setyabudi, C., & Astuti, E. (2014). Kajian Total Daya Tampung Beban Pencemaran Harian Menggunakan Pemodelan QUAL2K Untuk Pencemaran BOD, TSS, Ammonia, Fosfat dan Nitrat Di Sungai Kampung Bugis, Tarakan. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, *21*(1), 21–29.

Yuliani, L., & Widayatno, T. (2020). Pengaruh Variasi Waktu Tinggal Dan Kuat Arus Terhadap Penurunan Kadar COD,TSS Dan BOD Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Elektrokoagulasi Secara Kontinyu. *Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta*, 48–55.

Yuliastuti, E. (2011). *KAJIAN KUALITAS AIR SUNGAI NGRINGO KARANGANYAR DALAM UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR*. Universitas Diponegoro.

Yuliati, E. (2019). *Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar Dalam Upaya Pengendalian*. 7–19. http://eprints.undip.ac.id/31570/

Yusuf Laksono, D. (2023). *Analisis Daya Tampung Beban Pencemar Amonia Dan Fosfat Di Sungai Code Dengan QUAL2Kw*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1 Peraturan Gubernur No. 20 Tahun 2008

LAMPIRAN PERATURAN GUBERNUR DIY NOMOR 20 TAHUN 2008

PERATURAN GUBERNUR DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
NOMOR 20 TAHUN 2008
TANGGAL 14 AGUSTUS 2008
TENTANG
BAKU MUTU AIR DI PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Parameter Baku Mutu Air DIY	Satuan	KANDUNGAN				Keterangan
		Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV	
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	-	-	-	
Kekeruhan	NTU	5	-	-	-	
Warna	TCU	50	100	-	-	
Residu Terlarut (TDS)	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi (TSS)	mg/L	0	50	400	400	
KIMIA						
Ph	mg/L	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	-	-	-	Bagi perikanan,kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH_3
Arsen	mg/L	0.05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	
Barium	mg/L	1	-	-	-	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selemium	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05	
Kadmium	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	
Krom (VI)	mg/L	0.05	0.05	0.05	1	
Tembaga	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.2	Bagi pengolahan air

Lampiran 2 Peraturan Gubernur DIY No.22 Tahun 2007

Bagian Ketujuh
Sungai Code

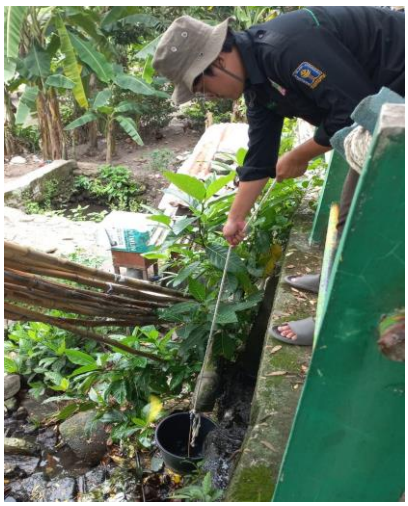
Pasal 10

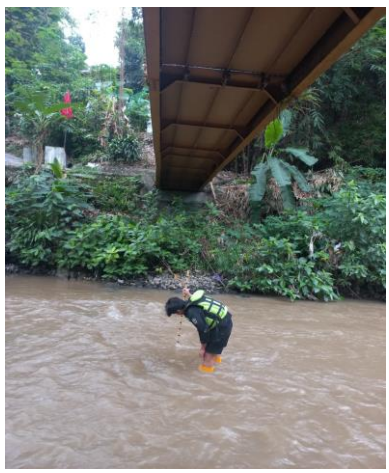
(1) Sungai Code mulai dari bagian hulu kearah hilir sampai pertemuan Sungai Boyong dengan Sungai Trasi di Dusun Dayakan, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman menurut peruntukannnya sebagai sungai kelas satu.

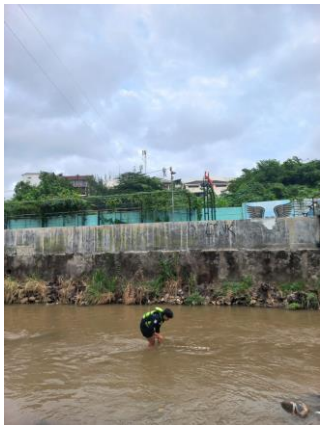
(2) Sungai Code mulai pertemuan Sungai Boyong dengan Sungai Trasi di Dusun Dayakan, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman kearah hilir sampai Kampung Surokrasan, Wirogunan, Mergangsan, Yogyakarta menurut peruntukannnya sebagai sungai kelas dua.

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

Lampiran 3 Dokumentasi Pengambilan Sampel

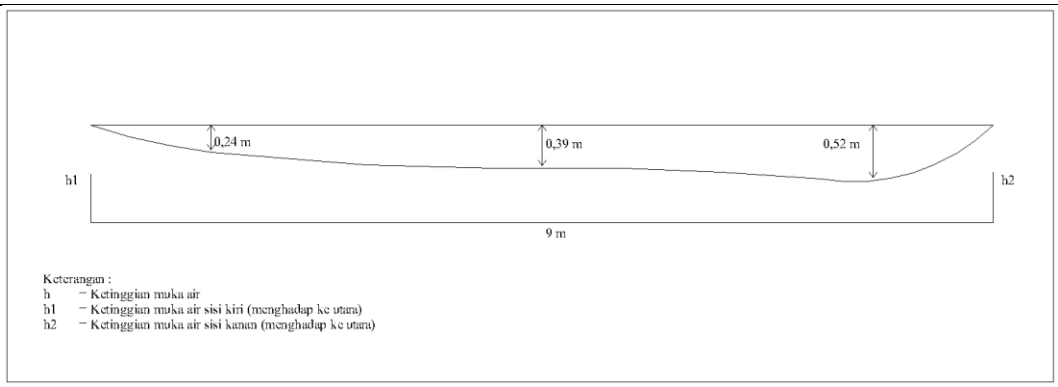


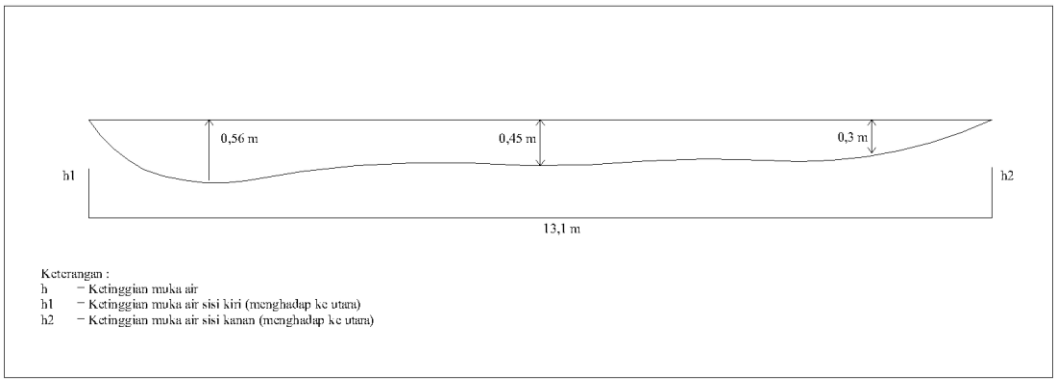
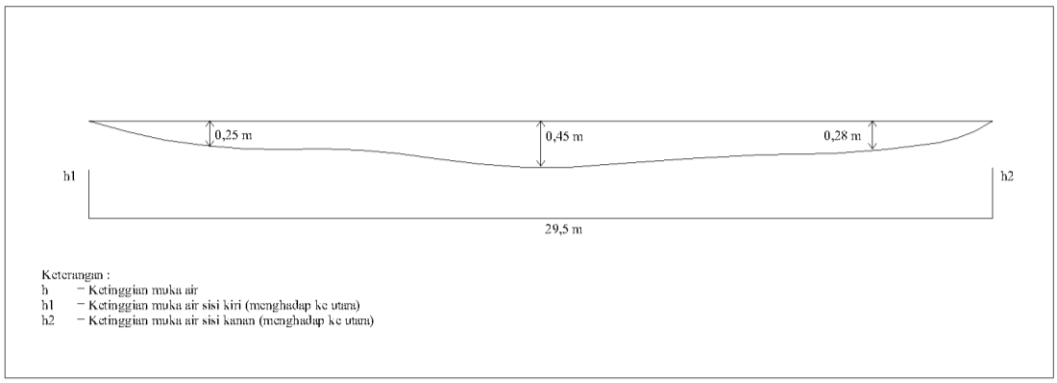
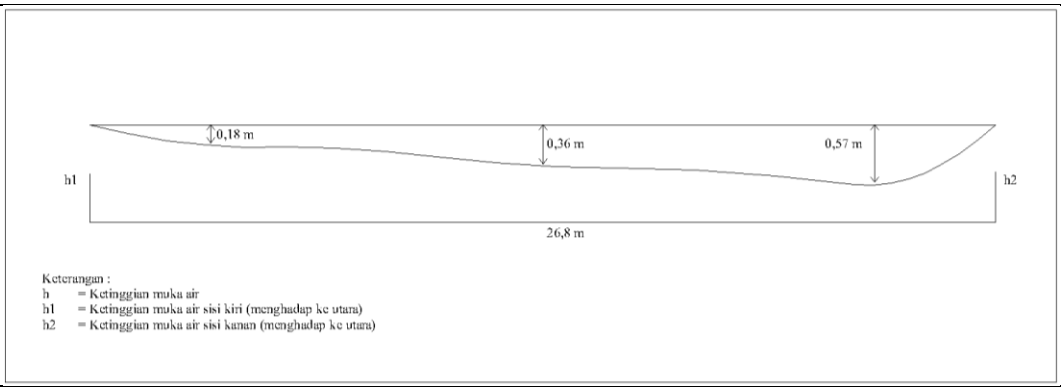




Lampiran 4 Penampang Basah Sungai Code

Gambar penampang basah akumulasi dua musim (musim hujan dan musim kering).

Titik	Lokasi	Penampang Basah
A	Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman	

Titik	Lokasi	Penampang Basah
B	Kecamatan Danurejan, Kota Yogyakarta	
C	Kecamatan Mergangsan, Kota Yogyakarta	
D	Tungkak, Kota Yogyakarta	

Lampiran 5 Gambar Plot *Diffuse Source* Sungai Code

Lampiran 6 Perhitungan Debit *Non-Point Source*

- Perhitungan Debit *Diffuse Source*

Lokasi	Jenis DS	Up	Down	QNPS	QNPS input		
					Pagi	Siang	Malam
		km		m^3/s			
Segmen 1	Run Off Blok 1	5,6	3,17	0,608	0,608	0,608	0,308
	Limbah Domestik	3,86	3,45	0,667	0,983	1,53	0,81
	Run Off Blok 2	3,17	1,14	0,503	0,0128	0,303	0,103

Lokasi	Jenis DS	Up	Down	QNPS	QNPS input		
					Pagi	Siang	Malam
		km		m^3/s			
Segmen 2	Limbah Domestik	2,97	2,67	0,444	0,087	0,6	0,375
	Limbah Domestik	1,46	1,08	0,444	0,053	0,41	0,424
Segmen 3	Run Off Blok 3	1,14	0	0,247	0,012	0,197	0,147
	Pertanian	0,72	0,31	0,002	0,014	0,274	1,41
	Limbah Domestik	0,34	0,06	0,444	0,0404	0,267	1,47

Perhitungan debit *diffuse source :*

a) Segmen 1
   - Limbah Domestik

     Q = (Jumlah Penduduk x Kebutuhan Air Bersih x 80%) / 86400

     = (600 org x 120 l/org/hari x 80%) / 86400

     = 0,67 m^3/detik

b) Segmen 2
   - Limbah Domestik

     Q = (Jumlah Penduduk x Kebutuhan Air Bersih x 80%) / 86400

     = (400 org x 120 l/org/hari x 80%) / 86400

     = 0,44 m^3/detik
   - Limbah Domestik

     Q = (Jumlah Penduduk x Kebutuhan Air Bersih x 80%) / 86400

     = (400 org x 120 l/org/hari x 80%) / 86400

     = 0,44 m^3/detik

c) Segmen 3
   - Pertanian

     Q = Luas Lahan x Kebutuhan Air Irigasi

     = 2,96 ha x 0,7 l/detik/ha

     = 2 l/detik

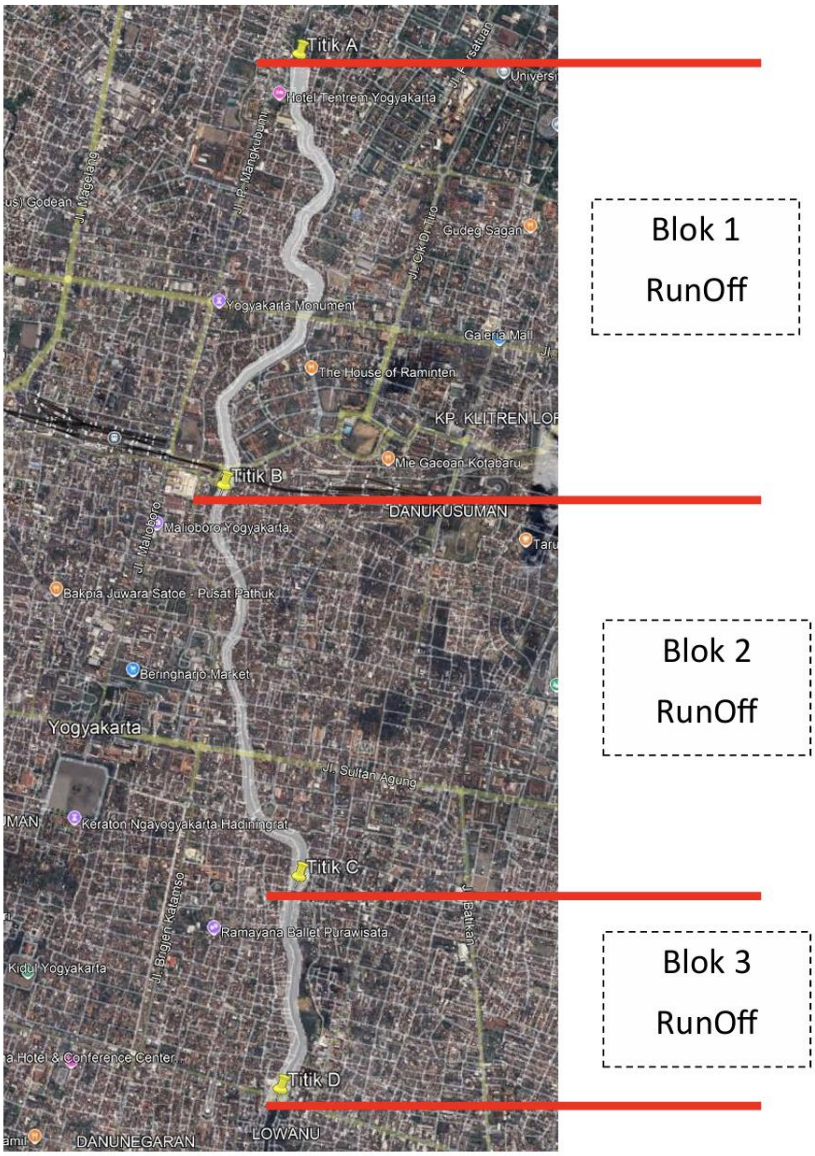
     = 0,002 m^3/detik
   - Limbah Domestik

Q = (Jumlah Penduduk x Kebutuhan Air Bersih x 80%) / 86400

= (400 org x 120 l/org/hari x 80%) / 86400

= 0,44 m^3/detik

- Perhitungan Debit Run Off



- Curah Hujan Musim Hujan = 146 mm (Bulan Februari)
- Curah Hujan Musim Kering = 10 mm (Bulan Mei)
- Durasi Hujan = 2 jam
- Intensitas (musim hujan) = 73 mm/jam

- Intensitas (musim kering) = 5 mm/jam
- Intensitas rata-rata = 39 mm/jam
- Luas daerah blok
  a. Blok 1 = 9,68 Ha
  b. Blok 2 = 7,14 Ha
  c. Blok 3 = 4,38 Ha
- Koefisien Pengaliran
  a. Pemukiman = 0,6
  b. Jalan = 0,8
  c. Lahan Hijau = 0,2

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
	Bahan	
1	Jalan beton & jalan aspal	0,70 - 0,95
2	Jalan kerikil & jalan tanah	0,40 - 0,70
3	Bahu jalan	
	-Tanah berbutir halus	0,40 - 0,65
	-Tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20
	-Batuan masif kasar	0,70 - 0,85
	-Batuan masif lunak	0,60 - 0,75
	Tata Guna Lahan	
1	Daerah perkotaan	0,70 - 0,95
2	Daerah pinggir kota	0,60 - 0,70
3	Daerah industri	0,60 - 0,90
4	Pemukiman padat	0,40 - 0,60
5	Pemukiman tidak padat	0,40 - 0,60
6	Taman dan Kebun	0,20 - 0,40
7	Persawahan	0,45 - 0,60
8	Perbukitan	0,70 - 0,80
9	Pegunungan	0,75 - 0,90

Sumber : Tatacara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan (SNI 03.3424-1994)

No.	Segmen	Jarak	Titik	Luas Daerah Layanan (Ha)	Daerah Aliran	C	A(%)	A (Ha)	C.A (Ha)	C.Gab	I (mm/jam)	Q (m3/s)	Q (m3/s)
1	Segmen 1	5,6 - 3,17	1-2	9,68	Pemukiman	0,6	50%	4,84	2,9	0,58	39	0,315	0,608
					Jalan	0,8	30%	2,90	2,3			0,252	
					Lahan Hijau	0,2	20%	1,94	0,4			0,042	
2	Segmen 2	3,17 - 1,14	2-3	7,14	Pemukiman	0,6	60%	4,284	2,6	0,65		0,278	0,503
					Jalan	0,8	35%	2,499	2,0			0,217	
					Lahan Hijau	0,2	5%	0,357	0,1			0,008	
3	Segmen 3	1,14 - 0	3-4	4,38	Pemukiman	0,6	50%	2,19	1,3	0,52		0,142	0,247
					Jalan	0,8	20%	0,876	0,7			0,076	
					Lahan Hijau	0,2	30%	1,314	0,3			0,028	

Lampiran 7 Perhitungan Konsentrasi *diffuse source*

PBP = Jumlah Penduduk x Faktor emisi X rasio ek x alpha

dalam hal ini :

PBP = Potensi beban pencemaran

Faktor emisi (*generation load*) penduduk:

1) BOD = 40 gr/orang/hari
2) COD = 55 gr/orang/hari
3) TSS = 38 gr/orang/hari

Rasio ekivalen kota (*discharge load*):

2) Kota = 1
3) Pinggiran Kota = 0,8125
4) Pedalaman = 0,625

Alpha (α) : Koefesien transfer beban (*delivery load*)

Nilai α = 1, digunakan untuk daerah yang lokasinya berjarak antara 0 sampai 100 meter dari sungai,

Nilai α = 0,85, untuk lokasi yang berjarak diantara 100 – 500 meter dari sungai dan

Parameter		Sawah	Palawija	Perkebunan Lain/Tegalan/Kebun campuran
BOD	kg/ha/musim tanam	225	125	32,5
TN		20	10	3
TP		10	5	1,5
TSS		0,46	2,4	1,6
Pestisida		0,16	0,08	0,025

Sumber : BLK-PSDA, 2004

SUMBER PENCEMAR AIR	FAKTOR EMISI (gr/kapita/hari)			
	BOD	COD	TN	TP
I. PEMUKIMAN				
A. LIMBAH CAIR TANPA DIOLAH	53	101,6	22,7	3,8
B. PAKAI SEPTIC TANK	12,6	24,2	5,4	0,9
	FAKTOR EMISI (gr/ekor/hari)			
2. PETERNAKAN	694,4	1620	223,1	8,6

Sumber : Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010

a) Segmen 1

- Limbah Domestik
  - BOD

    PBP (kg/hari) = Jumlah penduduk x faktor emisi x faktor ekivalen x α

    = 600 org x 0,04 kg/orang/hari x 1 x 1

    = 24 kg/hari

    C = BP/Q

    = $\frac{24}{0,67}$

    = 36 mg/l
  - TSS

    PBP (kg/hari) = Jumlah penduduk x faktor emisi x faktor ekivalen x α

    = 600 org x 0,038 kg/org/hari x 1 x 1

    = 22,8 kg/hari

    C = BP/Q

    = $\frac{22,8}{0,67}$

    = 34,2 mg/l
  - Total Fosfat

    PBP (kg/hari) = Jumlah penduduk x faktor emisi x faktor ekivalen x α

    = 600 org x 0,0038 kg/org/hari x 1 x 1

    = 2,28 kg/hari

    C = BP/Q

    = $\frac{2,28}{0,67}$

    = 3,42 mg/l

b) Segmen 2

- Limbah Domestik
  - BOD

    PBP (kg/hari) = Jumlah penduduk x faktor emisi x faktor ekivalen x α

    = 400 org x 0,04 kg/orang/hari x 1 x 1

    = 16 kg/hari

    C = BP/Q

    = $\frac{16}{0,44}$

= 36 mg/l

- TSS

PBP (kg/hari) = Jumlah penduduk x faktor emisi x faktor ekivalen x α

= 400 org x 0,038 kg/org/hari x 1 x 1

= 15,2 kg/hari

C = BP/Q

$= \frac{15,2}{0,44}$

= 34,2 mg/l

- Total Fosfat

PBP (kg/hari) = Jumlah penduduk x faktor emisi x faktor ekivalen x α

= 400 org x 0,0038 kg/org/hari x 1 x 1

= 1,52 kg/hari

C = BP/Q

$= \frac{1,52}{0,44}$

= 3,42 mg/l

- Limbah Domestik
  - BOD

PBP (kg/hari) = Jumlah penduduk x faktor emisi x faktor ekivalen x α

= 400 org x 0,04 kg/orang/hari x 1 x 1

= 16 kg/hari

C = BP/Q

$= \frac{16}{0,44}$

= 36 mg/l

  - TSS

PBP (kg/hari) = Jumlah penduduk x faktor emisi x faktor ekivalen x α

= 400 org x 0,038 kg/org/hari x 1 x 1

= 15,2 kg/hari

C = BP/Q

$= \frac{15,2}{0,44}$

= 34,2 mg/l

  - Total Fosfat

PBP (kg/hari) = Jumlah penduduk x faktor emisi x faktor ekivalen x α

= 400 org x 0,0038 kg/org/hari x 1 x 1

= 1,52 kg/hari

C = BP/Q

= $\frac{1,52}{0,44}$

= 3,42 mg/l

c) Segmen 3

- Pertanian
  - BOD

PBP (kg/hari) = Luas lahan x faktor emisi x 100%

= 2,96 x 0,225 kg/hari x 1

= 0,66 kg/hari

C = BP/Q

= $\frac{0,66}{0,02}$

= 321,43mg/l

  - TSS

PBP (kg/hari) = Luas lahan x faktor emisi x 100%

= 2,96 x 0,00046 kg/hari x 1

= 0,0013 kg/hari

C = BP/Q

= $\frac{0,0013}{0,02}$

= 0,66 mg/l

  - Total Fosfat

PBP (kg/hari) = Luas lahan x faktor emisi x 100%

= 2,96 x 0,01 kg/hari x 1

= 0,0296 kg/hari

C = BP/Q

= $\frac{0,0296}{0,02}$

= 14,29 mg/l

- Limbah Domestik
  - BOD

PBP (kg/hari) = Jumlah penduduk x faktor emisi x faktor ekivalen x α

= 400 org x 0,04 kg/orang/hari x 1 x 1

= 16 kg/hari

C = BP/Q

$= \frac{16}{0,44}$

= 36 mg/l

- TSS

PBP (kg/hari) = Jumlah penduduk x faktor emisi x faktor ekivalen x α

= 400 org x 0,038 kg/org/hari x 1 x 1

= 15,2 kg/hari

C = BP/Q

$= \frac{15,2}{0,44}$

= 34,2 mg/l

- Total Fosfat

PBP (kg/hari) = Jumlah penduduk x faktor emisi x faktor ekivalen x α

= 400 org x 0,0038 kg/org/hari x 1 x 1

= 1,52 kg/hari

C = BP/Q

$= \frac{1,52}{0,44}$

= 3,42 mg/l

Data Kualitas kualitas air dari berbagai sumber untuk acuan *diffuse source*

Judul	Tahun	Penulis	Konsentrasi (mg/L)				
			TSS	DO	BOD	NO3	Total Fosfat
"Analisis Kandungan Nitrat Dan Fosfat Di Perairan Parit Baru, Kubu Raya Kalimantan Barat" (Nuraya dkk., 2022)	2022	Tia Nuraya, Dahlia Wulan Sari, Elliska Murni Harfinda				0,6 - 1,8	0,27 - 5,06
"Pengaruh Aktivitas Masyarakat Terhadap Kualitas Sungai Brantas" (Salsabila dkk., 2023)	2023	Risma I. Salsabila dan Novirina Hendrasarie	5,2 - 390		1,59 - 2,95		
"Kandungan Nitrat dan Fosfat pada Air di Sungai Telagawaja Kabupaten Karangasem, Bali" (Miriam et al., 2021)	2021	Deta Miriam Br Sitepu, Ima Yudha Perwira, I Wayan Darya Kartika	20 - 226	3,7 - 5,4			

Lampiran 8 Worksheet QUAL2K

a. Pagi Hari

- *Reach*

Reach for diel plot		3																	
Element for diel plot		1	Reach	Headwater	Reach			Location		Element	Elevation		Downstream						
Reach	Downstream		Number	Reach	length	Downstream		Upstream	Downstream	Number	Upstream	Downstream	Latitude			Longitude			
Label	end of reach label				(km)	Latitude	Longitude	(km)	(km)	>=1	(m)	(m)	Degrees	Minutes	Seconds	Degrees	Minutes	Seconds	
Segmen 1	B		1	Yes	2,43	7,79	110,37	5,600	3,170		115,000	100,000	7,00	47	28	110,00	22	6,93	
Segmen 2	C		2		2,03	7,81	110,37	3,170	1,140		100,000	90,000	7,00	48	24	110,00	22	26,86	
Segmen 3	D		3		1,14	7,82	110,37	1,140	0,000		90,000	85,000	7,00	48	56	110,00	22	28,7	

Hydraulic Model (Weir Overrides Manning Formula; Manning Formula Override Rating Curves)													
Weir					Rating Curves				Manning Formula				
Weir	Height	Width	adam	bdam	Velocity		Depth		Channel	Manning	Bot Width	Side	Side
Type	(m)	(m)			Coefficient	Exponent	Coefficient	Exponent	Slope	n	m	Slope	Slope
			1,2500	0,9000					0,0062	0,0540	13,11		
			1,2500	0,9000					0,0049	0,0592	29,50		
			1,2500	0,9000					0,0044	0,0692	26,73		

- *Reach Rate*

			ISS	Fast CBOD	Nitrate		Inorganic P
Reach	Reach	Prescribed	Settling	Oxidation	Denitri	Sed Denitri	Settling
Number	Label	Reaeration	Velocity	Rate	Rate	transfer coeff	Velocity
		/d	m/d	/d	m/d	m/d	m/d
1	Segmen 1	1,2		1,0000	2,0000		2,0000
2	Segmen 2	1,1		0,4800	2,0000		2,0000
3	Segmen 3	3,4		0,0010	2,0000		2,0000

- *Point Source*

	Tributary	Headwater	Location	Point		Temperature		
				Abstraction	Inflow	mean	range/2	time of
Name	No.	Label	km	m3/s	m3/s	°C	°C	max
Drainase 1	0	Mainstem headwater	5,30		0,0011	28,00		
Drainase 2	0	Mainstem headwater	3,32		0,0100	26,00		
Drainase 3	0	Mainstem headwater	2,77		0,0720	25,00		
Drainase 4	0	Mainstem headwater	1,21		0,0330	28,00		
Drainase 5	0	Mainstem headwater	1,02		0,0044	28,00		
Drainase 6	0	Mainstem headwater	0,11		0,0080	27,00		

Inorganic Suspended Solids			Dissolved Oxygen			Fast CBOD			Nitrate + Nitrite N		
mean	range/2	time of	mean	range/2	time of	mean	range/2	time of	mean	range/2	time of
mg/L	mg/L	max	mg/L	mg/L	max	mgO2/L	mgO2/L	max	ugN/L	ugN/L	max
44,00			7,31			13,80			210,00		
26,00			3,42			5,88			2560,00		
30,00			3,01			3,67			6760,00		
104,00			3,21			33,90			1300,00		
36,00			3,05			18,80			340,00		
70,00			2,46			20,30			80,00		

Inorganic P			pH		
mean	range/2	time of	mean	range/2	time of
ugP/L	ugP/L	max	s.u.	s.u.	max
1760,00			6,00		
870,00			5,50		
470,00			6,00		
1460,00			6,00		
1330,00			6,00		
1310,00			6,00		

- *Diffuse Source*

	Tributary	Headwater	Location		Diffuse	Diffuse		Spec	Inorg	Diss	CBOD	CBOD	Organic	Ammon	Nitrate	Organic	Inorganic
			Up	Down	Abstraction	Inflow	Temp	Cond	SS	Oxygen	slow	fast	N	N	N	P	P
Name	No.*	Label	km	km	m3/s	m3/s	C	umhos	mgD/L	mg/L	mgO2/L	mgO2/L	ugN/L	ugN/L	ugN/L	ugP/L	ugP/L
Limbah Domestik	0	Mainstem headwater	3,86	3,45		0,6830	28,00		25,08	3,91		4,03			130,00		676,00
Limbah Domestik	0	Mainstem headwater	2,97	2,67		0,0027	29,00		1,40	1,89		6,86			100,00		1384,00
Limbah Domestik	0	Mainstem headwater	1,46	1,08		0,0130	28,00		1,20	1,32		5,20			125,00		1186,00
Pertanian	0	Mainstem headwater	0,72	0,31		0,0140	28,00		1,40	1,72		22,00			110,00		2800,00
Limbah Domestik	0	Mainstem headwater	0,34	0,16		0,0404	28,00		1,40	1,65		22,00			114,00		3820,00
Run Off Blok 1	0	Mainstem headwater	5,60	3,17		0,6082	28,00		10,40	2,40		1,30			90,30		234,00
Run Off Blok 2	0	Mainstem headwater	3,17	1,14		0,0128	28,00		1,40	1,50		4,20			100,20		673,00
Run Off Blok 3	0	Mainstem headwater	1,14	0,00		0,0117	28,00		1,40	1,40		9,00			125,00		1873,00

Constituent iii	pH
100,00	7,00
100,00	7,00
100,00	6,50
100,00	7,00
100,00	7,00
100,00	7,00
100,00	7,00
100,00	7,00

- *Hydraulic* Data

Tributary No.	Distance x(km)	Q-data m3/s	H-data m	U-data m/s	Travel time data (d)
0	5,600	3,390	0,400	0,994	
0	3,170	4,730	0,450	0,810	
0	1,140	4,250	0,300	0,540	
0	0,000	4,280	0,380	0,480	

b. Siang Hari

- *Reach*

Reach for diel plot	3																	
Element for diel plot	1	Reach	Headwater	Reach			Location		Element	Elevation		Downstream						
Reach	Downstream	Number	Reach	length	Downstream		Upstream	Downstream	Number	Upstream	Downstream	Latitude			Longitude			
Label	end of reach label			(km)	Latitude	Longitude	(km)	(km)	>=1	(m)	(m)	Degrees	Minutes	Seconds	Degrees	Minutes	Seconds
Segmen 1	B	1	Yes	2,43	7,79	110,37	5,600	3,170		115,000	100,000	7,00	47	28	110,00	22	6,93
Segmen 2	C	2		2,03	7,81	110,37	3,170	1,140		100,000	90,000	7,00	48	24	110,00	22	26,86
Segmen 3	D	3		1,14	7,82	110,37	1,140	0,000		90,000	85,000	7,00	48	56	110,00	22	28,7

Hydraulic Model (Weir Overrides Manning Formula; Manning Formula Override Rating Curves)												
Weir					Rating Curves				Manning Formula			
Weir Type	Height (m)	Width (m)	adam	bdam	Velocity Coefficient	Velocity Exponent	Depth Coefficient	Depth Exponent	Channel Slope	Manning n	Bot Width m	Side Slope	Side Slope
			1,2500	0,9000					0,0062	0,0500	13,11		
			1,2500	0,9000					0,0049	0,0412	29,50		
			1,2500	0,9000					0,0044	0,0485	26,73		

- *Reach Rate*

Reach Number	Reach Label	Prescribed Reaeration /d
1	Segmen 1	0,01
2	Segmen 2	0,01
3	Segmen 3	0,01

- *Point Source*

	Tributary	Headwater	Location	Point		Temperature			Inorganic Suspended Solids		
				Abstraction	Inflow	mean	range/2	time of	mean	range/2	time of
Name	No.	Label	km	m3/s	m3/s	°C	°C	max	mg/L	mg/L	max
Drainase 1	0	Mainstem headwater	5,30		0,0011	28,00			44,00		
Drainase 2	0	Mainstem headwater	3,32		0,0100	26,00			26,00		
Drainase 3	0	Mainstem headwater	2,77		0,0720	25,00			30,00		
Drainase 4	0	Mainstem headwater	1,21		0,0330	28,00			104,00		
Drainase 5	0	Mainstem headwater	1,02		0,0044	28,00			36,00		
Drainase 6	0	Mainstem headwater	0,11		0,0080	27,00			70,00		

Dissolved Oxygen			Fast CBOD			Nitrate + Nitrite N			Inorganic P		
mean	range/2	time of	mean	range/2	time of	mean	range/2	time of	mean	range/2	time of
mg/L	mg/L	max	mgO2/L	mgO2/L	max	ugN/L	ugN/L	max	ugP/L	ugP/L	max
7,31			13,80			210,00			1760,00		
3,42			5,88			2560,00			870,00		
3,01			3,67			6760,00			470,00		
3,21			33,90			1300,00			1460,00		
3,05			18,80			340,00			1330,00		
2,46			20,30			80,00			1310,00		

pH		
mean	range/2	time of
s.u.	s.u.	max
6,00		
5,50		
6,00		
6,00		
6,00		
6,00		

- *Diffuse Source*

	Tributary	Headwater	Location		Diffuse	Diffuse		Spec	Inorg	Diss	CBOD	CBOD	Organic	Ammon	Nitrate	Organic	Inorganic
			Up	Down	Abstraction	Inflow	Temp	Cond	SS	Oxygen	slow	fast	N	N	N	P	P
Name	No.*	Label	km	km	m3/s	m3/s	C	umhos	mgD/L	mg/L	mgO2/L	mgO2/L	ugN/L	ugN/L	ugN/L	ugP/L	ugP/L
Limbah Domestik	0	Mainstem headwater	3,86	3,45		0,9300	30,00		42,65	3,91		7,98			1678,00		273,45
Limbah Domestik	0	Mainstem headwater	2,97	2,67		0,3200	30,00		2,20	6,89		9,20			11585,00		240,00
Limbah Domestik	0	Mainstem headwater	1,46	1,08		0,4100	31,00		2,20	1,32		9,12			13900,00		337,50
Pertanian	0	Mainstem headwater	0,72	0,31		0,2040	31,00		439,00	0,72		24,77			519,00		1798,00
Limbah Domestik	0	Mainstem headwater	0,34	0,16		0,1970	31,00		439,00	0,65		26,30			410,00		1558,00
Run Off Blok 1	0	Mainstem headwater	5,60	3,17		0,6082	31,00		20,40	3,50		6,30			124,26		187,00
Run Off Blok 2	0	Mainstem headwater	3,17	1,14		0,3028	31,00		2,40	4,20		3,10			42,12		225,50
Run Off Blok 3	0	Mainstem headwater	1,14	0,00		0,1967	31,00		40,12	2,10		12,50			56,23		125,00

Constituent	
iii	pH
100,00	6,00
100,00	6,50
100,00	6,00
100,00	6,00
100,00	6,00
100,00	7,00
100,00	7,00
100,00	7,00

- *Hydraulic* Data

Tributary	Distance	Q-data	H-data	U-data
No.	x(km)	m3/s	m	m/s
0	5,600	3,140	0,380	0,910
0	3,170	4,680	0,430	0,860
0	1,140	5,730	0,270	0,710
0	0,000	6,350	0,350	0,710

c. Malam Hari

- *Reach*

Reach for diel plot	3							
Element for diel plot	1	Reach	Headwater	Reach			Location	
Reach	Downstream	Number	Reach	length	Downstream		Upstream	Downstream
Label	end of reach label			(km)	Latitude	Longitude	(km)	(km)
Segmen 1	B	1	Yes	2,43	7,79	110,37	5,600	3,170
Segmen 2	C	2		2,03	7,81	110,37	3,170	1,140
Segmen 3	D	3		1,14	7,82	110,37	1,140	0,000

Elevation		Downstream					
Upstream	Downstream	Latitude			Longitude		
(m)	(m)	Degrees	Minutes	Seconds	Degrees	Minutes	Seconds
115,000	100,000	7,00	47	28	110,00	22	6,93
100,000	90,000	7,00	48	24	110,00	22	26,86
90,000	85,000	7,00	48	56	110,00	22	28,7

Hydraulic Model (Weir Overrides Manning Formula; Manning Formula Override Rating Curves)													
Weir					Rating Curves				Manning Formula				
Weir	Height	Width	adam	bdam	Velocity		Depth		Channel	Manning	Bot Width	Side	Side
Type	(m)	(m)			Coefficient	Exponent	Coefficient	Exponent	Slope	n	m	Slope	Slope
			1,2500	0,9000					0,0062	0,0630	13,11		
			1,2500	0,9000					0,0049	0,0450	29,50		
			1,2500	0,9000					0,0044	0,0400	26,73		

- *Reach Rate*

Reach Number	Reach Label	Prescribed Reaeration /d
1	Segmen 1	0,01
2	Segmen 2	0,01
3	Segmen 3	0,1

- *Point Source*

	Tributary	Headwater	Location	Point		Temperature		
				Abstraction	Inflow	mean	range/2	time of
Name	No.	Label	km	m3/s	m3/s	°C	°C	max
Drainase 1	0	Mainstem headwater	5,30		0,0011	28,00		
Drainase 2	0	Mainstem headwater	3,32		0,0100	26,00		
Drainase 3	0	Mainstem headwater	2,77		0,0720	25,00		
Drainase 4	0	Mainstem headwater	1,21		0,0330	28,00		
Drainase 5	0	Mainstem headwater	1,02		0,0044	28,00		
Drainase 6	0	Mainstem headwater	0,11		0,0080	27,00		

Inorganic Suspended Solids			Dissolved Oxygen			Fast CBOD		
mean	range/2	time of	mean	range/2	time of	mean	range/2	time of
mg/L	mg/L	max	mg/L	mg/L	max	mgO2/L	mgO2/L	max
44,00			7,31			13,80		
26,00			3,42			5,88		
30,00			3,01			3,67		
104,00			3,21			33,90		
36,00			3,05			18,80		
70,00			2,46			20,30		

Nitrate + Nitrite N			Inorganic P			pH		
mean	range/2	time of	mean	range/2	time of	mean	range/2	time of
ugN/L	ugN/L	max	ugP/L	ugP/L	max	s.u.	s.u.	max
210,00			1760,00			6,00		
2560,00			870,00			5,50		
6760,00			470,00			6,00		
1300,00			1460,00			6,00		
340,00			1330,00			6,00		
80,00			1310,00			6,00		

- *Diffuse Source*

	Tributary	Headwater	Location		Diffuse	Diffuse		Spec	Inorg	Diss	CBOD	CBOD	Organic	Ammon	Nitrate	Organic	Inorganic
			Up	Down	Abstraction	Inflow	Temp	Cond	SS	Oxygen	slow	fast	N	N	N	P	P
Name	No.*	Label	km	km	m3/s	m3/s	C	umhos	mgD/L	mg/L	mgO2/L	mgO2/L	ugN/L	ugN/L	ugN/L	ugP/L	ugP/L
Limbah Domestik	0	Mainstem headwater	3,86	3,45		0,5100	28,00		54,12	0,85		2,45			3260,00		290,00
Limbah Domestik	0	Mainstem headwater	2,97	2,67		0,3750	29,00		48,00	2,85		5,89			12870,00		1340,00
Limbah Domestik	0	Mainstem headwater	1,46	1,08		0,3240	28,00		30,00	2,20		6,20			11900,00		1820,00
Pertanian	0	Mainstem headwater	0,72	0,31		1,4100	28,00		15,00	5,65		8,00			6630,00		173,00
Limbah Domestik	0	Mainstem headwater	0,34	0,16		1,2700	28,00		15,00	7,45		9,20			1270,00		142,00
Run Off Blok 1	0	Mainstem headwater	5,60	3,17		0,3082	28,00		49,34	2,56		1,90			1252,00		239,00
Run Off Blok 2	0	Mainstem headwater	3,17	1,14		0,1028	28,00		4,12	2,40		2,14			1493,00		145,00
Run Off Blok 3	0	Mainstem headwater	1,14	0,00		0,1467	28,00		9,20	1,40		2,10			1423,00		185,00

Constituent	
iii	pH
100,00	7,00
100,00	7,30
100,00	7,00
100,00	7,00
100,00	7,00
100,00	7,00
100,00	7,00
100,00	7,00

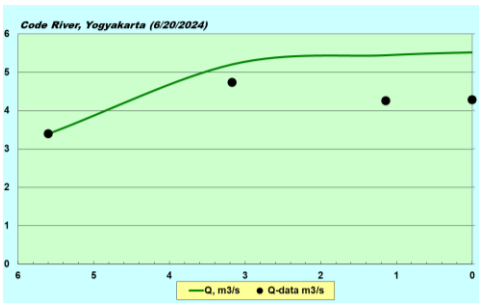
- *Hydraulic* Data

Tributary	Distance	Q-data	H-data	U-data
No.	x(km)	m3/s	m	m/s
0	5,600	2,870	0,380	0,830
0	3,170	3,690	0,410	0,640
0	1,140	4,530	0,240	0,630
0	0,000	7,490	0,350	0,760

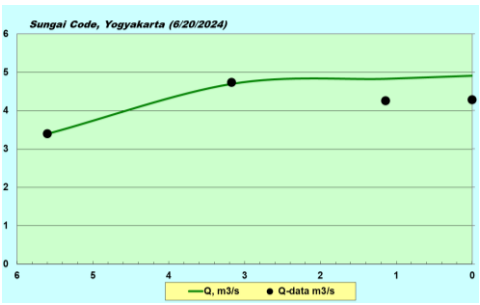
Lampiran 9 Model Sebelum Kalibrasi dan Sesudah Kalibrasi

- Pagi Hari

a) Debit

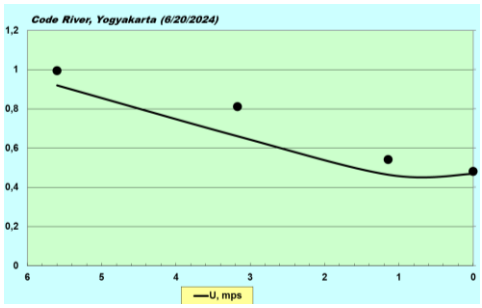


Sebelum Kalibrasi

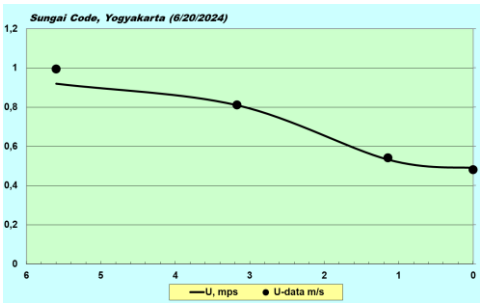


Sesudah Kalibrasi

b) Kecepatan Aliran Air

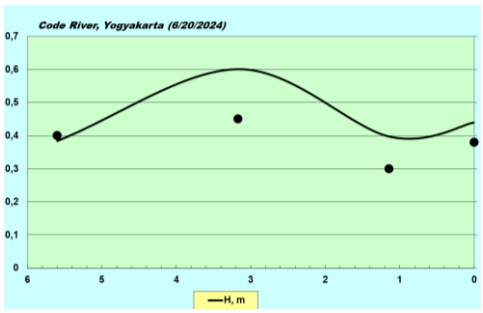


Sebelum Kalibrasi

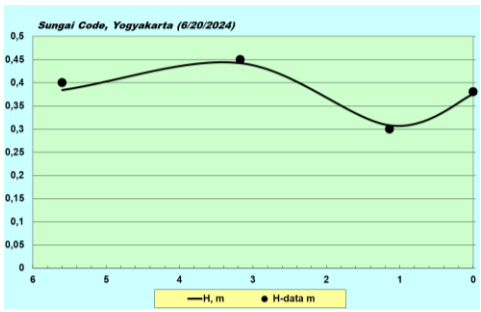


Sesudah Kalibrasi

c) Kedalaman Air

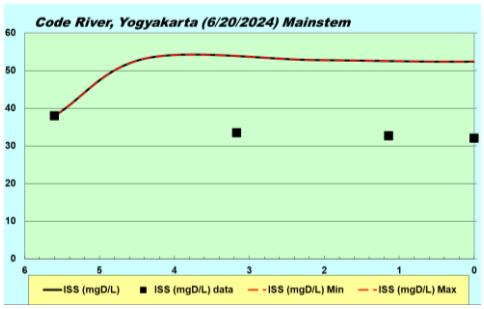


Sebelum Kalibrasi

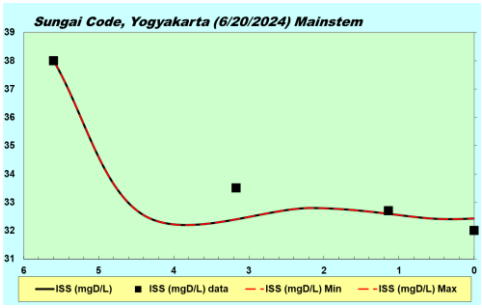


Sesudah Kalibrasi

d) TSS

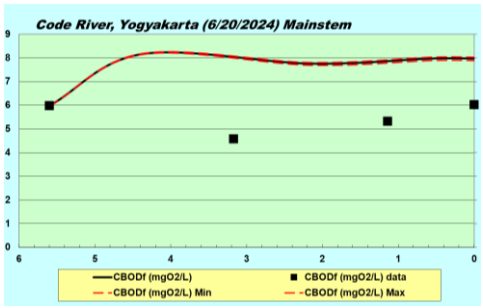


Sebelum Kalibrasi

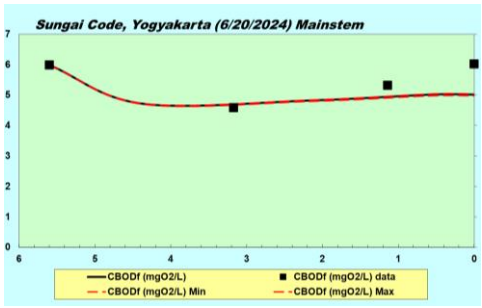


Sesudah Kalibrasi

e) BOD

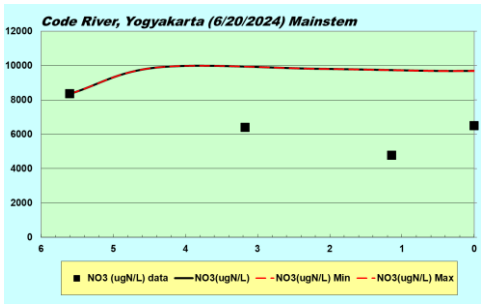


Sebelum Kalibrasi

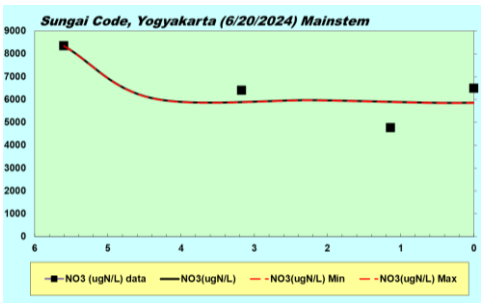


Sesudah Kalibrasi

f) Nitrat

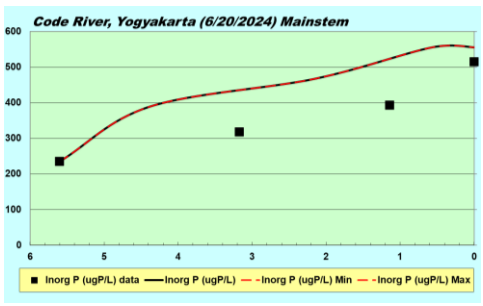


Sebelum Kalibrasi

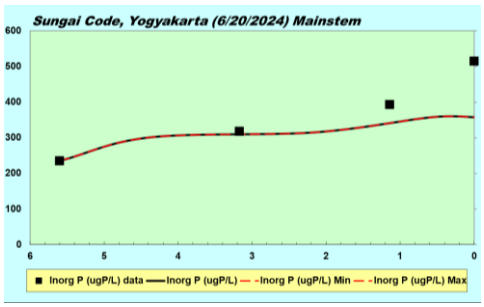


Sesudah Kalibrasi

g) Total Fosfat



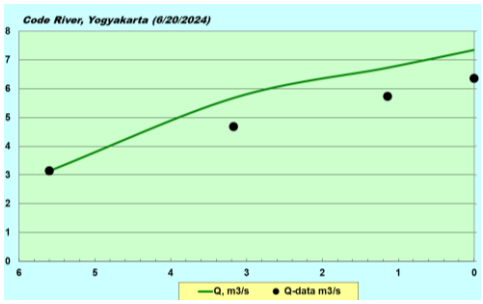
Sebelum Kalibrasi



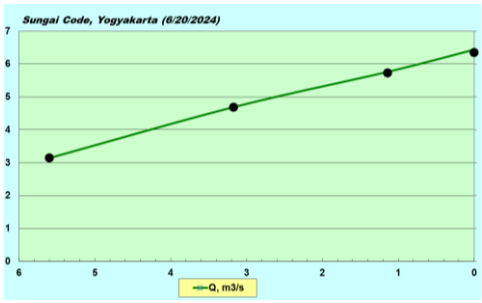
Sesudah Kalibrasi

- Siang Hari

a) Debit

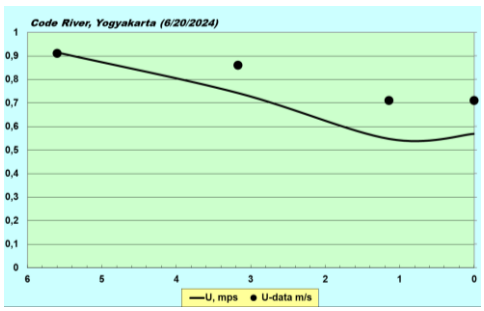


Sebelum Kalibrasi

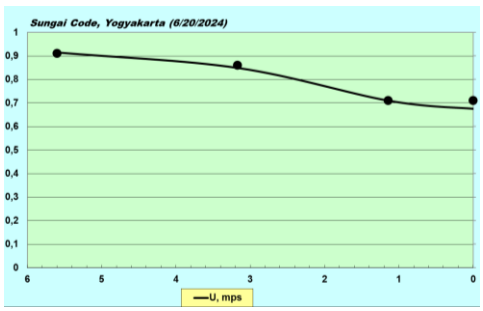


Sesudah Kalibrasi

b) Kecepatan Aliran Air

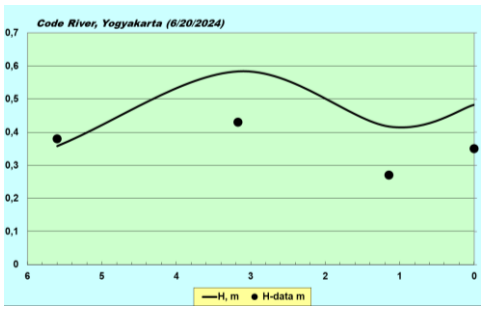


Sebelum Kalibrasi

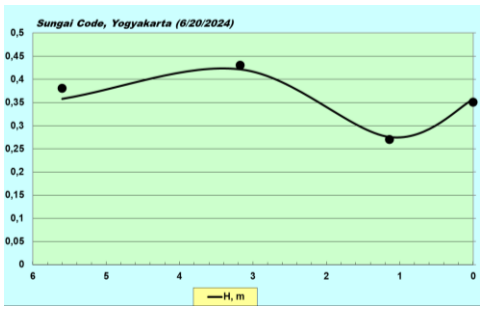


Sesudah Kalibrasi

c) Kedalaman Air

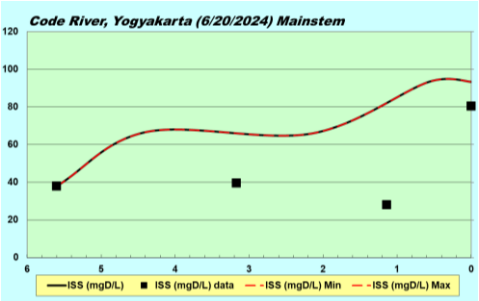


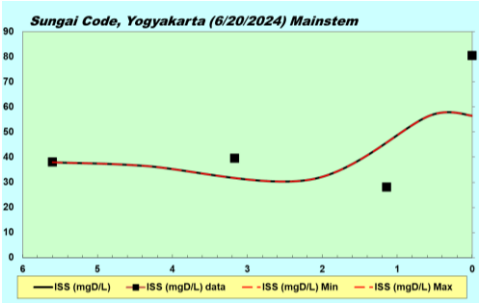
Sebelum Kalibrasi



Sesudah Kalibrasi

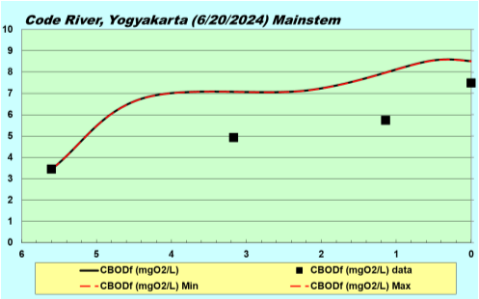
d) TSS

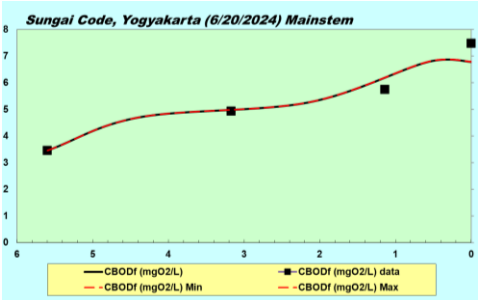




Sebelum Kalibrasi Sesudah Kalibrasi

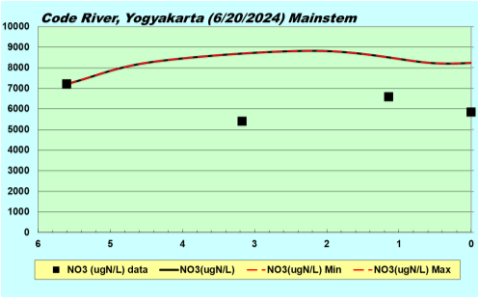
e) BOD

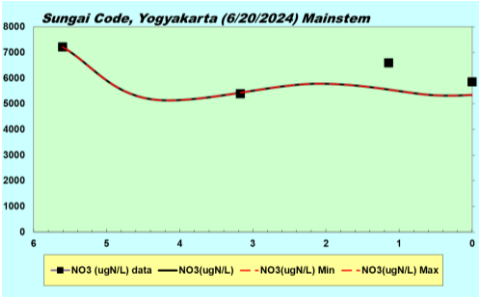




Sebelum Kalibrasi Sesudah Kalibrasi

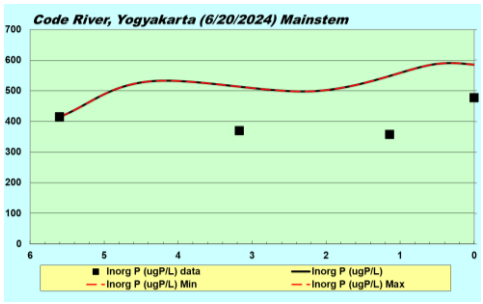
f) Nitrat

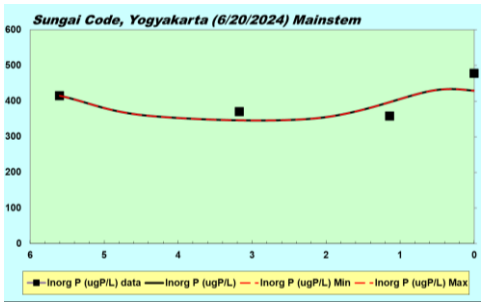




Sebelum Kalibrasi Sesudah Kalibrasi

g) Total Fosfat

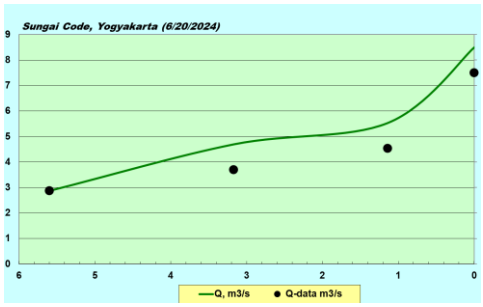


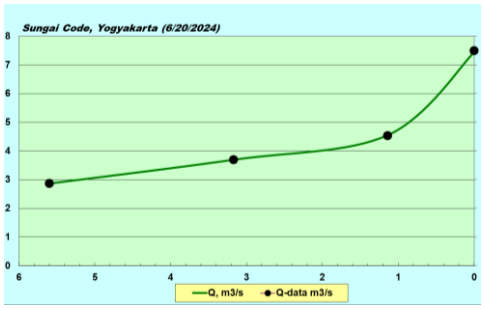


Sebelum Kalibrasi Sesudah Kalibrasi

- Malam Hari

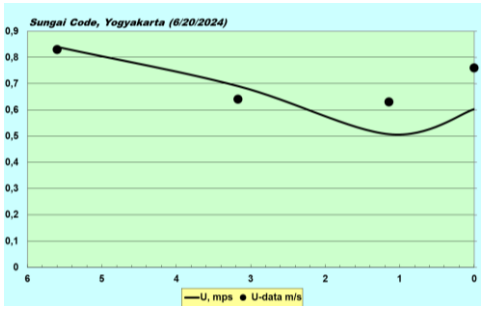
a) Debit

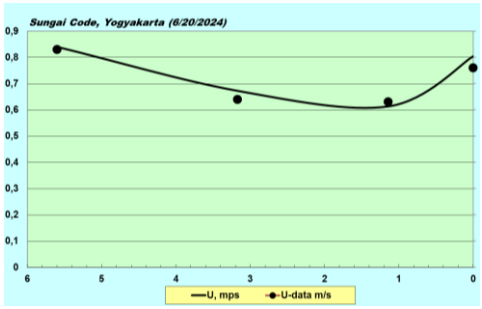




Sebelum Kalibrasi Sesudah Kalibrasi

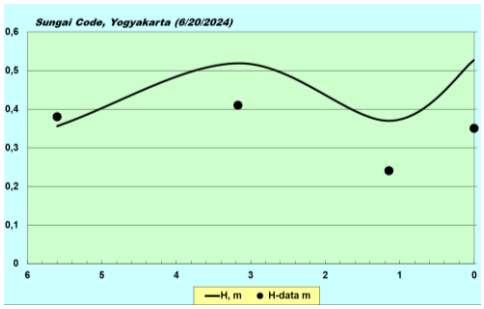
b) Kecepatan Aliran Air



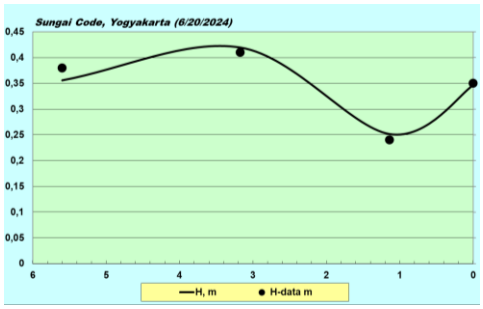


Sebelum Kalibrasi Sesudah Kalibrasi

c) Kedalaman Air

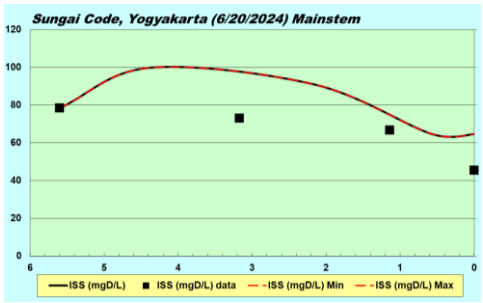


Sebelum Kalibrasi

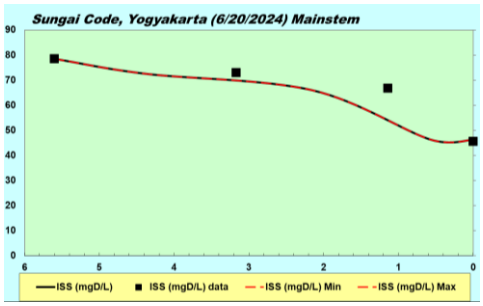


Sesudah Kalibrasi

d) TSS

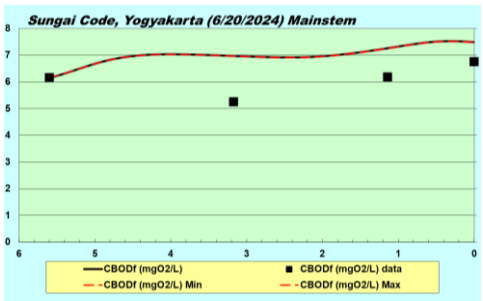


Sebelum Kalibrasi

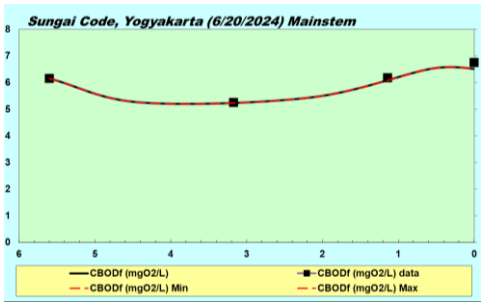


Sesudah Kalibrasi

e) BOD

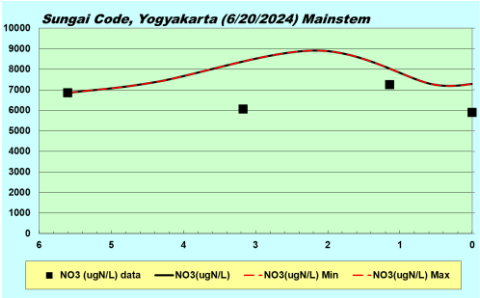


Sebelum Kalibrasi

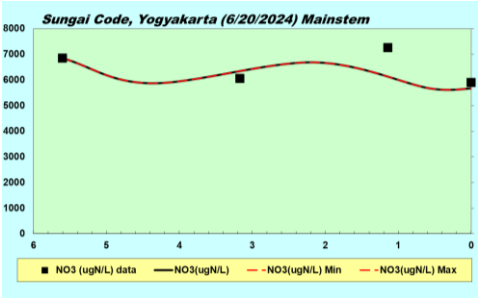


Sesudah Kalibrasi

f) Nitrat

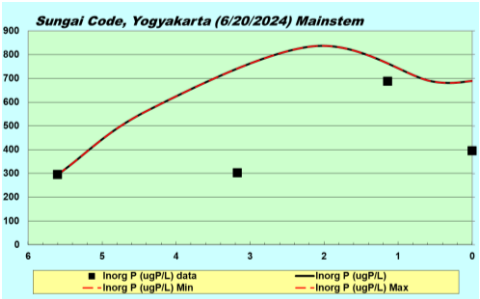


Sebelum Kalibrasi

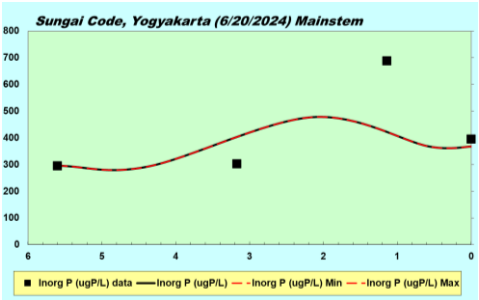


Sesudah Kalibrasi

g) Total Fosfat



Sebelum Kalibrasi



Sesudah Kalibrasi

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Cilegon, 24 Desember 2001. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di SD YPWKS V pada tahun 2008 – 2014 di Kota Cilegon, Banten. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP YPWKS Kota Cilegon, Banten dan melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Cilegon pada tahun 2017 – 2020. Setelah lulus dari jenjang SMA, penulis melanjutkan studi di Universitas Islam Indonesia dengan mengambil jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan pada tahun 2020. Beberapa kegiatan yang penulis lakukan saat menjadi mahasiswa adalah mengikuti ZeroWaste FTSP. Penulis melaksanakan Kerja Praktek pada bulan Mei tahun 2023 di PT PP Proyek KCC *Float Glass* Batang, Jawa Tengah dengan topik pembahasan yaitu Pengelolaan Kualitas Udara di PT PP Proyek KCC *Float Glass* Batang, Jawa Tengah. Pada bulan Februari – Mei 2024 penulis melakukan penelitian terkait pemodelan QUAL2K terhadap daya tampung beban pencemar di Sungai Code dengan judul " Penentuan Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Code Pada Pagi, Siang, Dan Malam Hari Menggunakan Qual2k", sebagai syarat menyelesaikan studi Strata 1 di Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.