TA/TL/2024/1896

TUGAS AKHIR

PENENTUAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR SUNGAI CODE MENGGUNAKAN QUAL2K DI MUSIM KERING

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

MUHAMMAD AFIF FALAH SALSABIL

20513240

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2024

TUGAS AKHIR

PENENTUAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR SUNGAI CODE MENGGUNAKAN QUAL2K DI MUSIM KERING

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

MUHAMMAD AFIF FALAH SALSABIL

20513240

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. 045130401
Tanggal : 21 Oktober 2024

HALAMAN PENGESAHAN

PENENTUAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR SUNGAI CODE MENGGUNAKAN QUAL2K DI MUSIM KERING

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari: Kamis

Tanggal: 10 Oktober 2024

Disusun Oleh:

MUHAMMAD AFIF FALAH SALSABIL

20513240

Tim Penguji :

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

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

21/10/2024

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 menjadi tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sangsi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 25 Agustus 2024

Pembuat pernyataan,



Muhammad Afif Falah Salsabil

NIM : 20513240

PRAKATA

Puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas nikmat dan rahmat-Nya, sehingga tugas akhir dengan judul "Penentuan Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Code Menggunakan QUAL2K di Musim Kering" berhasil diselesaikan.

Dalam penulisan laporan ini penulis ucapkan terima kasih dan rasa syukur kepada pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini, maka penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis yaitu Papa Ikhwan Happy Setyarsa (*Rahimahullahu ta'ala*) dan Mama Diah Handayani yang selalu memberikan dukungan, kepercayaan, serta doa yang telah dipanjatkan selalu kepada penulis.
2. Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing yang telah membantu memberi arahan dan saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc., dan Bapak Hudori, S.T., M.T., Ph.D. selaku penguji yang telah membantu serta membimbing dalam menyelasaikan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen, staf, dan Keluarga Besar Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan, pengajaran, dan pengalaman yang telah diberikan.
5. Seluruh staf Laboratorium Kualitas Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan yang telah memberikan banyak bantuan serta arahan kepada penulis.
6. Teruntuk teman seperjuangan Dito, Mirza, Daru, Nafis, Fatur, Abdul, Zian, Bagas dan masih banyak lainnya yang telah memberikan dukungan dan selalu membersamai penulis dalam suka dan duka.

7. Teman-teman “Bimbingan TA QUAL2K” Jindan, Azzyati, dan Dito yang telah berproses bersama, dan saling bantu dalam proses pengumpulan data dan pengolahan data.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik maupun saran yang dapat membangun serta menambah pengetahuan penulis dalam penyusunan tugas akhir. Diharapkan tugas akhir ini dapat menjadi manfaat bagi para pembaca.

Yogyakarta, 25 Agustus 2024

Muhammad Afif Falah Salsabil

NIM : 20513240

ABSTRAK

Muhammad Afif Falah Salsabil. Penentuan Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Code Menggunakan QUAL2K di Musim Kering. Dibimbing oleh Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Sungai Code merupakan salah satu sungai yang terletak di Daerah Istimewa Yogyakarta, dimana sungai ini melewati tiga kota yaitu Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, dan Kabupaten Bantul. Sungai Code merupakan sungai yang memiliki DAS yang dikelilingi permukiman padat penduduk serta industri. Kepadatan penduduk, perubahan tata guna lahan mengakibatkan pola hidup masyarakat di area DAS Sungai Code beragam. Potensi pencemaran terhadap kualitas air sungai tidak dapat dihindarkan dengan pola hidup masyarakat serta padatnya penduduk di sekitar sungai. Menurunnya kualitas air sungai dapat diakibatkan oleh adanya masukan air limbah yang berasal dari *point source* dan *diffuse source* berupa limbah domestik, pertanian, dan drainase. Sungai memiliki daya tampung beban pencemar (DTBP) guna dapat melakukan *self-purification*. Pada penelitian ini dilakukan simulasi guna menentukan daya tampung beban pencemar Sungai Code di musim kering. Hasil perhitungan daya tampung beban pencemar menunjukkan bahwa parameter total fosfat merupakan pencemar yang dominan melebihi daya tampung. Hal ini dikarenakan nilai hasil perhitungan DTBP pada parameter tersebut memiliki nilai negatif pada setiap perhitungan DTBP. Namun selain itu terdapat beberapa parameter yang melebihi daya tampung beban pencemar seperti TSS, DO, dan BOD. Berdasarkan hasil perhitungan DTBP 1 nilai parameter total fosfat yang melebihi daya tampung beban pencemar memiliki nilai sebesar 43,54 kg/hari (segmen 1), dan 11,85 kg/hari (segmen 3). Kemudian untuk parameter TSS yang melebihi daya tampung beban pencemar memiliki nilai sebesar 7262,11 kg/hari (segmen 1). Sedangkan untuk parameter BOD yang melebihi daya tampung beban pencemar memiliki nilai sebesar 51,91 kg/hari (segmen 1), dan 604,45 kg/hari (segmen 3). Upaya dalam meningkatkan kualitas air Sungai Code dapat dilakukan dengan cara pembatasan limbah buangan terkhusus pada limbah deterjen rumah tangga ataupun usaha *laundry*, pembangunan serta penerapan IPAL baik komunal maupun setempat, mengimplementasikan regulasi terkait limbah domestik, dan melakukan pemantauan serta pengawasan terhadap sumber pencemar yang masuk ke Sungai Code.

Kata kunci : BOD, Daya Tampung Beban Pencemar, QUAL2K, Sungai Code, Total Fosfat, TSS.

ABSTRACT

Muhammad Afif Falah Salsabil. *Determination of* Code *River Pollutant Load Carrying Capacity Using QUAL2K in the Dry Season*. *Supervised by* Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

The Code River is one of the rivers located in the Special Region of Yogyakarta, where this river passes through three cities, namely Sleman Regency, Yogyakarta City and Bantul Regency. The Code River is a river that has a watershed that surrounds densely populated and industrial organizations. Population density and changes in land use have resulted in diverse patterns of community life in the Code River watershed area. The potential for pollution to river water quality cannot be avoided due to the community's lifestyle and the dense population around the river. The decline in river water quality can be caused by waste water input originating from point sources and diffuse sources in the form of domestic, agricultural and drainage waste. Rivers have the total maximum daily loads (TMDL) in order to purify themselves. In this research, a simulation was carried out to determine the capacity to carry the pollution load of the Code River in the dry season. The calculation results of the total maximum daily load show that the total phosphate parameter is the dominant pollutant exceeding the carrying capacity. This is because the value of the DTBP calculation results for this parameter has a negative value for each DTBP calculation. However, apart from that, there are several parameters that exceed the total maximum daily load such as TSS, BOD and total phosphate. Based on the results of the DTBP calculation, the total phosphate parameter value that exceeds the total maximum daily load has a value of 43.54 kg/day (segment 1), and 11.85 kg/day (segment 3). Then for TSS parameter value that exceeds the TMDL has a value of 7262.11 kg/day (segment 1). While, for BOD parameter value that exceeds the TMDL has a value of 51.91 kg/day (segment 1) and 604.45 kg/day (segment 3). Efforts to improve the water quality of the Code River can be made by limiting waste disposal, especially household detergent waste or laundry business waste, building and implementing WWTP both communally and locally, implementing regulations related to domestic waste, and monitoring and supervising sources of pollution entering the river. Code River.

Keywords: BOD, Code *River, QUAL2K, Total Maximum Daily Load, Total Phosphate, TSS.*

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR LAMPIRAN xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Asumsi Penelitian 4
1.6 Ruang Lingkup 4
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 7
2.5 Sumber Pencemar Air 7
2.6 Baku Mutu Air 8
2.7 Parameter Kualitas Air Sungai 8
2.7.1 Temperatur 9
2.7.2 pH (*Potential of Hydrogen*) 9
2.7.3 TSS (*Total Suspended Solid*) 10
2.7.4 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) 10
2.7.5 DO (*Dissolved Oxygen*) 11
2.7.6 NO_3 (Nitrat) 11
2.7.7 Total Fosfat sebagai P (PO_4^{3-}) 11

2.8 Daya Tampung Beban Pencemar 12
2.9 Pemodelan Kualitas Air dengan Metode QUAL2K 13
2.10 Strategi Pengelolaan Kualitas Air Sungai 14
2.11 Penelitian Sebelumnya 16
BAB III METODE PENELITIAN 22
3.1 Diagram Alir Penelitian 22
3.2 Waktu dan Lokasi 23
3.2.1 Waktu Penelitian 23
3.2.2 Lokasi Penelitian 23
3.3 Penentuan Titik Pengambilan Sampel 25
3.4 Alat dan Bahan 26
3.5 Penentuan Segmen Sungai 27
3.6 Pengumpulan Data 28
3.6.1 Data Primer 29
3.6.2 Data Sekunder 32
3.7 Metode Analisis Data 32
3.7.1 Input Data 32
3.7.2 Kalibrasi Model 34
3.7.3 Validasi Model 35
3.7.4 Simulasi Model 36
3.7.4.1 Skenario 1 37
3.7.4.2 Skenario 2 37
3.7.4.3 Skenario 3 38
3.7.4.4 Skenario 4 38
3.7.4.5 Skenario 5 38
3.7.4.6 Skenario 6 38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 40
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian dan Titik Sampling 40
4.2 Kondisi Hidrolik Sungai Code 49
4.2.1 Debit Sungai Code 50
4.3 Kondisi Kualitas Air Sungai Code 53
4.3.1 Temperatur 54

4.3.2 Derajat Keasaman (pH) 56
4.3.3 *Total Suspended Solid* (TSS) 58
4.3.4 *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) 60
4.3.5 *Dissolved Oxygen* (DO) 63
4.3.6 Nitrat 65
4.3.7 Total Fosfat Sebagai PO_4^{3-} 67
4.4 Sumber Pencemar Sungai Code 69
4.5 Pemodelan Kualitas Air Sungai Code Menggunakan QUAL2K 75
4.5.1 Hasil Model Sebelum Dilakukan Kalibrasi 76
4.5.2 Hasil Kalibrasi Model 80
4.5.3 Hasil Validasi Model 84
4.5.4 Hasil Simulasi Model 88
4.6 Analisis Daya Tampung Beban Pencemar 102
4.6.1 Beban Pencemar (masukin rumus BP) 103
4.6.2 Daya Tampung Beban Pencemar 107
4.7 Strategi Pengelolaan Kualitas Air Sungai Code 112
4.7.1 Strategi Pengelolaan pada Skenario Simulasi 114
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 117
5.1 Simpulan 117
5.2 Saran 118
DAFTAR PUSTAKA 119
LAMPIRAN 127
RIWAYAT HIDUP 144

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya 16
Tabel 3. 1 Waktu Pengambilan Sampel 23
Tabel 3. 2 Lokasi Penelitian 24
Tabel 3. 3 Titik Lokasi Pengambilan Sampel Air *Point Source* 25
Tabel 3. 4 Alat Penelitian 26
Tabel 3. 5 Bahan Penelitian 26
Tabel 3. 6 Parameter Uji Kualitas Air Sungai 30
Tabel 3. 7 Deskripsi *Worksheet* QUAL2K 32
Tabel 3. 8 Skenario Simulasi Model 37
Tabel 4. 1 Titik Lokasi Sampling Sungai Code 41
Tabel 4. 2 Kondisi Lokasi Pengambilan Sampel Sungai Code 42
Tabel 4. 3 Data Hidrolik Sungai Code 49
Tabel 4. 4 Nilai Temperatur Sungai Code pada Hari Selasa, dan Minggu 54
Tabel 4. 5 Nilai Rerata Temperatur Air Sungai Code 54
Tabel 4. 6 Nilai pH Sungai Code pada Hari Selasa, dan Minggu 56
Tabel 4. 7 Nilai Rerata pH Sungai Code 57
Tabel 4. 8 Nilai TSS Sungai Code pada Hari Selasa, dan Minggu 58
Tabel 4. 9 Nilai Rerata TSS Sungai Code 59
Tabel 4. 10 Nilai BOD Sungai Code pada Hari Selasa, dan Minggu 61
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian BOD Sungai Code 61
Tabel 4. 12 Nilai DO Sungai Code pada Hari Selasa, dan Minggu 63
Tabel 4. 13 Nilai Rerata DO Sungai Code 63
Tabel 4. 14 Nilai Nitrat Sungai Code pada Hari Selasa, dan Minggu 65
Tabel 4. 15 Nilai Rerata Nitrat Sungai Code 66
Tabel 4. 16 Nilai Total Fosfat Sungai Code pada Hari Selasa, dan Minggu 67
Tabel 4. 17 Nilai Rerata Total Fosfat Sungai Code 68
Tabel 4. 18 Sumber Pencemar di Sungai Code 71
Tabel 4. 19 Perhitungan Debit *Runoff* 74
Tabel 4. 20 Nilai Koefisien Laju Reaksi 81
Tabel 4. 21 Hasil Validasi Model Data Debit Sungai Code 85
Tabel 4. 22 Hasil Validasi Model Data Kecepatan Sungai Code 86
Tabel 4. 23 Hasil Validasi Model Data Kedalaman Sungai Code 86
Tabel 4. 24 Hasil Validasi Model Data TSS Sungai Code 86
Tabel 4. 25 Hasil Validasi Model Data BOD Sungai Code 87
Tabel 4. 26 Hasil Validasi Model Data NO_3 Sungai Code 87
Tabel 4. 27 Hasil Validasi Model Data Total Fosfat Sungai Code 87
Tabel 4. 28 Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter TSS 103

Tabel 4. 29 Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter BOD 104
Tabel 4. 30 Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter Nitrat..... 105
Tabel 4. 31 Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter Total Fosfat..... 106
Tabel 4. 32 Hasil Perhitungan DTBP 1 108
Tabel 4. 33 Hasil Perhitungan DTBP 2 109
Tabel 4. 34 Hasil Perhitungan DTBP 3 110
Tabel 4. 35 Hasil Perhitungan DTBP 4 110
Tabel 4. 36 Hasil Perhitungan DTBP 5 111
Tabel 4. 37 Jumlah Beban Pencemar yang Perlu Diturunkan 112
Tabel 4. 38 Strategi Pengelolaan terhadap Skenario 114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 22
Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian Aliran Sungai Code 24
Gambar 3.3 Peta Segmentasi Sungai Code 28
Gambar 3.4 Diagram Alir Kalibrasi Model 35
Gambar 4.1 Grafik Nilai Debit Sungai Code 50
Gambar 4. 2 *Mass Balance* 52
Gambar 4. 3 Perbandingan Nilai Temperatur Air Sungai Code dengan Baku Mutu yang Berlaku 55
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan pH dengan Baku Mutu 57
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Nilai TSS Sungai Code dengan Baku Mutu 59
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Nilai Konsentrasi BOD Sungai Code dengan Baku Mutu 62
Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Nilai Konsentrasi DO Sungai Code dengan Baku Mutu 64
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai Konsentrasi Nitrat Sungai Code dengan Baku Mutu 66
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Nilai Konsentrasi Total Fosfat Sungai Code dengan Baku Mutu 68
Gambar 4. 10 Peta Intensitas Curah Hujan D.I. Yogyakarta 73
Gambar 4. 11 Model Debit Sebelum Kalibrasi 77
Gambar 4. 12 Model Kecepatan Sebelum Kalibrasi 77
Gambar 4. 13 Model Kedalaman Sebelum Kalibrasi 77
Gambar 4. 14 Model TSS Sebelum Kalibrasi 78
Gambar 4. 15 Model BOD Sebelum Kalibrasi 78
Gambar 4. 16 Model NO_3 Sebelum Kalibrasi 78
Gambar 4. 17 Model Total Fosfat Sebelum Kalibrasi 79
Gambar 4. 18 Hasil Kalibrasi Debit Sungai Code 82
Gambar 4. 19 Hasil Kalibrasi Kecepatan Sungai Code 82
Gambar 4. 20 Hasil Kalibrasi Kedalaman Sungai Code 82
Gambar 4. 21 Hasil Kalibrasi TSS Sungai Code 83
Gambar 4. 22 Hasil Kalibrasi BOD Sungai Code 83
Gambar 4. 23 Hasil Kalibrasi NO_3 Sungai Code 83
Gambar 4. 24 Hasil Kalibrasi Total Fosfat Sungai Code 84
Gambar 4.25 Hasil Simulasi Skenario 1 Parameter TSS 88
Gambar 4. 26 Hasil Simulasi Skenario 1 Parameter BOD 89
Gambar 4.27 Hasil Simulasi Skenario 1 Parameter NO_3 89
Gambar 4.28 Hasil Simulasi Skenario 1 Parameter Total Fosfat 89

Gambar 4. 29 Hasil Simulasi Skenario 2 Parameter TSS 91
Gambar 4. 30 Hasil Simulasi Skenario 2 Parameter BOD 91
Gambar 4. 31 Hasil Simulasi Skenario 2 Parameter NO_3 92
Gambar 4. 32 Hasil Simulasi Skenario 2 Parameter Total Fosfat 92
Gambar 4. 33 Hasil Simulasi Skenario 3 Parameter TSS 94
Gambar 4. 34 Hasil Simulasi Skenario 3 Parameter BOD 94
Gambar 4. 35 Hasil Simulasi Skenario 3 Parameter NO_3 94
Gambar 4. 36 Hasil Simulasi Skenario 3 Parameter Total Fosfat 95
Gambar 4. 37 Hasil Simulasi Skenario 4 Parameter TSS 96
Gambar 4. 38 Hasil Simulasi Skenario 4 Parameter BOD 96
Gambar 4. 39 Hasil Simulasi Skenario 4 Parameter NO_3 97
Gambar 4. 40 Hasil Simulasi Skenario 4 Parameter Total Fosfat 97
Gambar 4. 41 Hasil Simulasi Skenario 5 Parameter TSS 98
Gambar 4. 42 Hasil Simulasi Skenario 5 Parameter BOD 99
Gambar 4. 43 Hasil Simulasi Skenario 5 Parameter NO_3 99
Gambar 4. 44 Hasil Simulasi Skenario 5 Parameter Total Fosfat 99
Gambar 4. 45 Hasil Simulasi Skenario 6 Parameter TSS 100
Gambar 4. 46 Hasil Simulasi Skenario 6 Parameter BOD 101
Gambar 4. 47 Hasil Simulasi Skenario 6 Parameter NO_3 101
Gambar 4. 48 Hasil Simulasi Skenario 6 Parameter Total Fosfat 101
Gambar 4. 49 Grafik Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter TSS 104
Gambar 4. 50 Grafik Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter BOD 105
Gambar 4. 51 Grafik Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter Nitrat 106
Gambar 4. 52 Grafik Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter Total Fosfat 107

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008 127
Lampiran 2 Peraturan Gubernur DIY No. 22 Tahun 2007 128
Lampiran 3 Dokumentasi Pengambilan Sampel Air di Sungai Code 129
Lampiran 4 Perhitungan Debit *Diffuse Source*..... 130
Lampiran 5 Perhitungan Konsentrasi Pencemar *Diffuse Source*..... 131
Lampiran 6 Sumber Data Kualitas Air Sebagai Acuan *Diffuse Source*..... 137
Lampiran 7 Worksheet QUAL2K 138
Lampiran 8 Penampang Basah Sungai Code 141
Lampiran 9 Gambar Plotting Diffuse Source Menggunakan Google Earth Pro 142

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelolaan sumber daya air permukaan pada umumnya tertuju pada pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS). Pengelolaan DAS disini memiliki makna untuk melakukan pengelolaan DAS terhadap pencemaran dan kerusakan yang dapat terjadi terhadap sumber daya alam. DAS merupakan suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung serta menyimpan air hujan guna disalurkan ke laut melalui sungai utama. DAS sendiri merupakan suatu sistem ekologi bersifat multi aspek yang didalamnya terdapat berbagai aktivitas manusia seperti permukiman, pertanian serta industri yang memiliki potensi mencemari lingkungan khususnya terhadap badan sungai. Perubahan kondisi kualitas air pada suatu DAS dapat diakibatkan oleh adanya peningkatan aktivitas manusia di dalamnya, sehingga kondisi kualitas air menurun dan tidak dapat dimanfaatkan secara optimal (Asdak, 1995).

Daerah yang dijadikan sebagai objek penelitian ini adalah Sungai Code. Pemilihan Sungai Code sebagai daerah penelitian disebabkan Sungai Code merupakan salah satu sungai yang melewati area padat permukiman, industri, dan aktivitas pertanian. Sungai Code sendiri merupakan salah satu sungai yang kualitas airnya dipantau oleh Badan Lingkungan Hidup Yogyakarta secara berkala. Berdasarkan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 22 Tahun 2007 tentang Penetapan Kelas Air Sungai di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Sungai Code merupakan sungai dengan baku mutu air kelas I di bagian hulu (Ngaglik,Sleman), baku mutu kelas II di bagian tengah (Mergangsan, Yogyakarta), baku mutu kelas III di bagian hilir (pertemuan dengan Sungai Opak di Jetis, Bantul).

Penetapan kelas mutu air dan pemantauan yang dilakukan secara berkala pada Sungai Code mengartikan bahwa Sungai Code memiliki peranan penting terhadap

lingkungan hidup di sekitarnya. DAS Sungai Code tiap tahunnya mengalami peningkatan aktivitas manusia secara signifikan. Peningkatan aktivitas manusia tersebut dapat menjadikan intensitas beban pencemaran di Sungai Code meningkat sehingga penentuan terhadap daya tampung beban pencemar (DTBP) perlu dilakukan sebagai upaya penanggulangan pencemaran lingkungan. Penelitian ini akan menentukan DTBP di Sungai Code yang merupakan akumulasi sumber pencemar yang berasal dari kegiatan manusia sepanjang DAS Sungai Code.

Perencanaan dan perhitungan mengenai keberadaan pencemar di suatu wilayah baik secara kuantitatif maupun kualitatif diperlukan untuk mengendalikan sebaran pencemar dan kondisi sungai kelak di masa mendatang sangatlah diperlukan. Salah satu upaya dalam melakukan prediksi persebaran pencemar menggunakan model QUAL2K. Model QUAL2K merupakan versi modern yang dikeluarkan oleh US EPA (*United States Environmental Protection Agency*) dan bentuk modern dari versi sebelumnya yaitu QUAL2E (Chapra dkk., 2012).

Sumber pencemar dapat terbagi menjadi dua jenis antara lain *point source* dan *non-point source*. Perbedaan dari kedua jenis sumber pencemar ini berada pada sumber utamanya, yaitu pada *point source* mencakup saluran drainase, saluran *sewerage*, dan saluran pembuangan lainnya (USEPA, 2022). Sementara untuk *non-point source* tidak seperti pencemar yang berasal dari industri ataupun saluran *sewerage*, namun berasal dari banyak sumber yang tersebar. Sumber pencemar *non-point source* diakibatkan oleh air hujan atau lelehan salju yang mengalir di permukaan dan di dalam tanah (USEPA, 1994).

Zat pencemar yang terkandung dalam air sungai dapat berasal dari air limbah permukiman, industri dan pariwisata, perdagangan, apotik, klinik, dan laboratorium, rumah sakit, hotel, dan rumah makan. Kualitas air sungai dapat dipengaruhi oleh nilai parameter yang terdapat di sungai baik parameter fisik, kimia, ataupun biologi. Perbedaan musim dapat mempengaruhi kualitas air sungai, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya debit air, kecepatan aliran, dan kedalaman sungai. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Iqtashada & Febrita (2023), saat musim kemarau nilai indeks pencemaran di sungai lebih tinggi

dibandingkan musim penghujan, hal ini disebabkan saat musim kemarau terjadi penurunan debit sungai yang mengakibatkan akumulasi zat pencemar.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan penelitian mengenai penentuan daya tampung beban pencemar guna mengetahui sejauh mana sebuah sungai dapat menerima beban pencemar yang tidak melebihi batas kualitas air untuk berbagai peruntukannya. Sungai yang tercemar menimbulkan berbagai masalah seperti kesehatan lingkungan dan masyarakat, serta menurunnya nilai estetika sebuah sungai.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan urian dari latar belakang, berikut adalah rumusan masalah yang akan dikaji pada penelitian ini, meliputi :

1) Bagaimana DTBP Sungai Code pada musim kemarau menggunakan pemodelan QUAL2K?
2) Berapakah beban pencemar yang diturunkan jika pencemar melebihi daya tampung di Sungai Code?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan DTBP Sungai Code berdasarkan parameter utama kualitas air pada musim kering.
2. Menghitung beban pencemar dengan berbagai skenario.
3. Menentukan alokasi beban pencemar yang harus diturunkan di Sungai Code.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menjadi pengetahuan dan pemahaman dalam menganalisis kualitas air sungai.

2. Dapat memberikan solusi alternatif kepada pemerintah dalam pengelolaan air Sungai Code.
3. Memberikan informasi kepada masyarakat terkait sumber pencemar sungai.

1.5 Asumsi Penelitian

Penelitian ini dilakukan analisis dalam menentukan besaran daya tampung sungai terhadap beban pencemaran yang masuk ke dalam sungai sebagai upaya serta strategi dalam pengelolaan kualitas air sungai menggunakan *software* QUAL2K.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di daerah perkotaan (bagian tengah) Sungai Code, Yogyakarta.
2. Pengambilan sampel dilakukan di bagian hulu yang terletak di Jembatan Sendowo hingga di bagian hilir yang terletak di Jembatan Tungkak.
3. Parameter pencemar air yang diuji adalah temperatur, pH, TSS, BOD, COD, DO, NO_3, Total Fosfat, dan Klorida (Cl).
4. Menggunakan *software* QUAL2K versi 2.12 sebagai pemodelan air Sungai Code.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 38 Tahun 2011 tentang Sungai, sungai merupakan alur atau wadah air alami dan/atau buatan jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Pengertian dari daerah aliran sungai (DAS) sendiri adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Sungai menjadi wadah air mengalir yang memiliki posisi paling rendah dalam lanskap bumi, sehingga kondisi sungai tidak dapat dipisahkan dari kondisi daerah aliran sungai (DAS).

Keberadaan sungai sendiri dapat memberikan manfaat bagi manusia serta alam yang berada disekitarnya. Manfaat akan keberadaan sungai dapat disebut sebagai fungsi sungai. Sungai memiliki berbagai fungsi diantaranya dalam kehidupan manusia sungai berfungsi sebagai penyedia air dan wadah air untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, sanitasi lingkungan, pertanian, industri, pariwisata, olah raga, pertahanan, perikanan, pembangkit tenaga listrik, transportasi, dan kebutuhan lainnya. Fungsi sungai terhadap kehidupan alam adalah sebagai pembangkit utama ekosistem flora dan fauna, pemulih kualitas air, dan penyalur banjir (Peraturan Pemerintah No 38 Tahun 2011, 2011).

3.2 Sungai Code

Sungai Code merupakan salah satu sungai yang terletak di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dengan lokasi strategis, dikarenakan sungai ini melewati tiga

kota yaitu Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, dan Kabupaten Bantul. Sungai Code sendiri memiliki panjang berkisar 41 km, bagian hulu dari Sungai Code terletak di Gunung Merapi (Kabupaten Sleman), kemudian untuk bagian tengah melewati wilayah padat penduduk lebih tepatnya berlokasi di wilayah Kota Yogyakarta, sedangkan untuk bagian hilir dari sungai berletak di Kabupaten Bantul yang dimana hilir dari Sungai Code ini merupakan pertemuan antara Sungai Code dengan Sungai Opak. Sebagian besar DAS Sungai Code berada di Kabupaten Sleman yaitu 71,44% dari total luas DAS Sungai Code (G. Pratama dkk., 2020).

Sungai Code merupakan sungai yang paling parah tercemar dibandingkan ketiga sungai lainnya, hal ini dikarenakan Sungai Code adalah area pusat drainase dan Sungai Code sendiri melewati wilayah padat penduduk. Sumber pencemar utama Sungai Code berasal dari limbah rumah tangga yang disebabkan sebagian besar DAS Sungai Code berada di wilayah padat penduduk (Sriyono dkk., 2019).

3.3 Kualitas Air

Kualitas air merupakan sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat, energi ataupun komponen lain di dalam air. Kualitas air dapat ditunjukkan oleh mutu atau kondisi air yang dikaitkan dengan suatu kegiatan atau keperluan tertentu. Maka dari itu, kualitas air akan berbeda dari suatu kegiatan ke kegiatan lain, sebagai contoh kualitas air untuk keperluan pertanian berbeda dengan kualitas air untuk keperluan air minum (Rohmawati dkk., 2018)

Turunnya kualitas air pada sungai dapat disebabkan oleh adanya pencemaran yang terjadi di sungai. Penurunan kualitas air sungai dapat berupa adanya perubahan fisik, kimia, dan biologi pada air. Kualitas air sungai yang turun dapat ditandai dengan air sungai yang tidak jernih dan berbau tidak sedap. Kualitas air dapat dinyatakan dengan beberapa parameter diantaranya parameter fisik (suhu, kekeruhan, padatan terlarut, dan sebagainya), parameter kimia (pH, oksigen terlarut, BOD, COD, dan sebagainya), dan parameter biologi (bakteri, dan sebagainya) (Kirana dkk., 2019).

3.4 Pencemaran Air

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang dimakud dengan pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui Baku Mutu Air yang telah ditetapkan.

Pencemaran air dapat menyebabkan perubahan kondisi wadah penampungan air sebab aktivitas manusia semisal di danau, sungai, lautan, dan air tanah. Pencemaran air ini diakibatkan adanya berbagai zat atau komponen yang masuk ke dalam air sehingga dapat menurunkan fungsi dan kualitas air (Khotimah & Nasruddin, 2022).

3.5 Sumber Pencemar Air

Berdasarkan klasifikasinya, sumber pencemar air dibedakan menjadi 2 sumber, yaitu :

1) Sumber Pencemar Tertentu (*Point Source*)

   Pencemar *point source* merupakan sumber pencemar dari identifikasi lokal tunggal atau sumber pencemar tunggal. *Point source* relatif mudah untuk diidentifikasi, diukur, dan dikontrol. Pencemaran *point source* dapat berasal dari limbah drainase kota, industri, dan sebagainya (Pangestu dkk., 2017).

2) Sumber Pencemar Tak Tentu (*Nonpoint Source*)

   Pencemar *nonpoint source* tidak seperti pencemar yang berasal dari industri dan saluran *sewerage*, namun pencemar ini berasal dari berbagai macam sumber. Pencemar *nonpoint source* dapat disebabkan oleh aliran air hujan atau lelehan salju yang mengalir dan melalui tanah (US EPA, 1994).

3.6 Baku Mutu Air

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, baku mutu air merupakan ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Maka dari itu, baku mutu air diperlukan guna mengatur kualitas air agar sesuai dengan peruntukannya dan tidak menimbulkan suatu kerugian bagi makhluk hidup sekitarnya. Berdasarkan Lampiran VI pada Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup baku mutu air nasional terbagi menjadi 4 kelas berdasarkan klasifikasi peruntukannya, yakni :

1. Kelas satu, merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua, merupakan air yang peruntukannya 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 tiga, merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mepersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat, merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.7 Parameter Kualitas Air Sungai

Pemantauan serta pengujian kualitas air Sungai Code dilakukan dengan beberapa parameter kualitas air guna mengetahui pencemaran yang terjadi pada air Sungai Code. Parameter yang dijadikan acuan dalam proses *monitoring* pencemar

Sungai Code pada penelitian ini antara lain temperatur, pH, TSS, BOD, DO, NO_3, dan Total Fosfat sebagai P (PO_4^{3-}).

2.7.1 Temperatur

Temperatur merupakan ukuran derajat panas ataupun dingin dari suatu benda atau material. Secara umum, makin tinggi temperatur suatu benda, maka benda tersebut semakin panas. Secara mikroskopis, temperatur menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda melalui atom, semakin tinggi energi dari atom penyusun benda maka temperatur benda semakin tinggi juga. Terdapat beberapa satuan yang digunakan untuk pengukuran suhu, diantaranya Kelvin (K), Celcius I, Fahrenheit (F), dan Reamur I (Supu Idawati dkk., 2016).

Kenaikan temperatur dalam suatu perairan dapat disebabkan adanya dekomposisi materi organik oleh bakteri melalui proses biologi maupun kimiawi. Proses dekomposisi dapat menyebabkan kenaikan pada kadar CO_2 dan kadar oksigen menjadi rendah, hal ini mengakibatkan juga suhu dalam air mengalami kenaikan.

2.7.2 pH (*Potential of Hydrogen*)

Potential of Hydrogen atau biasa disingkat pH merupakan derajat kesaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman ataupun kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. pH dapat didefinisikan sebagai sebuah kologaritma aktivitas ion hidrogen (H+) yang terlarut. Skala pH bersifat tidak absolut. Hal ini bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar dimana nilai pH telah ditentukan berdasarkan persetujuan internasional. Nilai pH merupakan suatu ukuran untuk konsentrasi ion hidrogen dalam suatu larutan akuatik. Nilai pH berfungsi untuk menentukan sifat dari suatu larutan yaitu bersifat basa, netral, ataupun basa. Apabila pH 1 sangat asam, pH 7 netral, dan pH 14 sangat basa. Nilai pH dari suatu larutan dapat ditentukan dengan elektrometrik ataupun dengan indikator warna (Sulistia & Septisya, 2020).

2.7.3 TSS (*Total Suspended Solid*)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan jumlah material padat tersuspensi dalam suatu volume cair tertentu. TSS sendiri merupakan sebuah cerminan jumlah kepekatan padatan dalam sampel air (Kurniati & Mujiburohman, 2020). Selain itu TSS juga merupakan suatu parameter yang dapat menentukan sebuah badan air tercemar atau tidak. Perubahan kualitas air terhadap air yang disebabkan oleh TSS dapat dipengaruhi oleh perubahan ikim, pembangunan, dan urbanisasi dikaitkan dengan ketahanan permukaan merupakan akibat dari adanya peningkatan populasi, dan kontaminasi yang disebabkan oleh perubahan lingkungan yang cepat dan tidak terkendali termasuk diantaranya adalah kekeringan, pembuangan air limbah, polusi nutrisi, sedimen, dan perubahan penggunaan lahan, dan tutupan lahan yang dapat mengakibatkan dampak negatif seperti perkembangbiakan alga biru-hijau yang berbahaya, percepatan eutrofikasi, dan kekeruhan ekstrem yang mengakibatkan dampak negatif terhadap kelestarian sumber daya air yang terbatas (G. Adjovu dkk., 2023).

2.7.4 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan sebuah indikator polusi organik di badan air yang memiliki korelasi terhadap kontaminasi mikrobiologi. BOD merupakan jumlah oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme untuk mengkonsumsi bahan organik yang dapat teroksidasi dalam waktu tertentu. Tingginya konsentrasi BOD dapat mengurangi ketersediaan oksigen, menurunkan habitat perairan dan keanekaragaman hayati serta mengganggu penggunaan air. Ketersediaan BOD yang tinggi dalam suatu badan air sebagian besar diakibatkan oleh sumber antropogenik, diantaranya adalah limbah rumah tangga dan peternakan, emisi industri, dan luapan dari saluran pembuangan (*sewer*) (Vigiak dkk., 2019).

2.7.5 DO (*Dissolved Oxygen*)

Dissolved Oxygen (DO) atau oksigen terlarut merupakan parameter yang penting dalam melakukan penilaian terhadap kualitas air dikarenaan DO merupakan sebuah faktor kunci bagi kehidupan air. Perubahan konsentrasi oksigen terlarut dalam air dapat mempengaruhi proses biologi dan kimiawi di badan air (Fitri dkk., 2021). Selain sebagai indikator kualitas air, oksigen terlarut merupakan faktor penting dalam pemurnian air. Kandungan oksigen terlarut yang tinggi dalam suatu badan air memiliki dampak positif untuk mendegradasi beragam polutan di dalam air, hal ini berarti air dapat melakukan pemurnian (*purification*) secara cepat. Singkatnya, rendahnya kandungan oksigen terlarut dalam air dapat menyebabkan lamanya degradasi polutan di dalam air (Wei dkk., 2019).

2.7.6 NO_3 (Nitrat)

Nitrogen (N) dalam bentuk nitrat merupakan polutan yang biasa terdapat di dalam air permukaan ataupun air tanah. Jumlah nitrat atau nitrogen di perairan permukaan haruslah dibatasi, produktivitas fitoplankton dapat dipicu oleh nitrat sehingga menyebabkan eutrofikasi dan menimbulkan meluasnya hipoksia dan anoksia, hilangnya keanekargaman hayati dan pertumbuhan alga yang dapat berdampak terhadap kehidupan di air serta lingkungan (Bijay-Singh & Craswell, 2021). Secara umum sumber dari nitrat ini berasal dari sumber antropogenik seperti pupuk yang digunakan untuk pertanian, kotoran hewan, air limbah buangan yang berasal dari sistem *sewer*, dan hasil pembakaran bahan bakar fosil (Schaider dkk., 2019).

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

Fosfat merupakan hasil oksidasi dari fosfor, dan ini merupakan polutan yang secara umum terdapat di dalam air atau perairan. Fosfor sendiri

merupakan sebuah nutrien yang penting bagi tanaman. Namun, dalam perairan peningkatan fosfor sering kali dibatasi dikarenakan memicu pertumbuhan tanaman di air, dikarenakan fosfor sendiri dianggap sebagai sebuah polutan. Fosfor dikenal sebagai salah satu nutrien utama yang berperan dalam peningkatan eutrofikasi di perairan. Sumber utama dari fosfat yang berada di perairan berasal dari sumber alamiah dan aktivitas antropogenik. Sumber alamiah dari fosfat antara lain dari endapan bebatuan, sedangkan sumber antropogenik berasal dari penggunaan detergen, dekomposisi limbah organik, *runoff* pertanian, dan buangan air limbah industri (Badamasi dkk., 2019).

2.8 Daya Tampung Beban Pencemar

Daya tampung beban pencemar merupakan kemampuan dari badan air (sungai) menyerap limbah tanpa mencemari air sungai, sedangkan beban pencemaran merupakan banyaknya bahan pencemar yang terkandung di dalam air ataupun limbah tersebut (Taufiqurrahman dkk., 2023). Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air, daya tampung beban pencemaran (DTBP) seringkali disebut dengan beban harian maksimum total (*total maximum daily loads*) adalah kemampuan air pada suatu sumber air guna menerima masukan beban pencemaran tanpa menyebabkan air tersebut menjadi tercemar.

DTBP dapat digunakan sebagai alat pertimbangan dalam menyusun sebuah kebijakan daerah yang berkaitan mengenai penetapan rencana tata ruang, pemberian izin usaha atau kegiatan, pemberian izin pembuangan limbah, dan penilaian kualitas air (Arya Pradipta & Hendriyanto, 2024). Terdapat beberapa faktor yang dapat menentukan daya tampung beban pencemar sungai antara lain sebagai berikut :

a. Kondisi hidrologi, dan morfologi sumber air termasuk kualitas air sumber air yang ditetapkan DTBP-nya.

b. Kondisi klimatologi sumber air seperti suhu udara, kecepatan angin, dan kelembaban udara.
c. Baku mutu air atau kelas air untuk sungai.
d. Beban pencemar sumber tertentu (*point source*).
e. Beban pencemar sumber tak tentu (*non-point source*).
f. Karakteristik dan perilaku zat pencemar yang dihasilkan sumber pencemar.
g. Pemanfaatan atau penggunaan sumber air.
h. Faktor pengaman (*margin of 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.

2.9 Pemodelan Kualitas Air dengan Metode QUAL2K

Pemodelan QUAL2K merupakan salah satu instrumen simulasi kualitas air yang paling sering digunakan di Indonesia, hal ini direkomendasikan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2021. Terdapat berbagai studi telah melakukan simulasi kualitas air pada sungai-sungai utama di Indonesia diantaranya seperti Sungai Citarum, Sungai Cisadane, Sungai Brantas, dan Sungai Gajahwong dengan menggunakan QUAL2K (M. A. Pratama dkk., 2023).

Kualitas air dapat dimodelkan dengan menggunakan program QUAL2K, sebuah pemodelan kualitas satu-dimensional yang telah dimodifikasi dari versi sebelumnya yaitu program QUAL2E. QUAL2K telah digunakan secara luas dalam pemodelan kualitas air. Modifikasi terbaru dari program QUAL2K termasuk didalamnya terdapat penambahan parameter kualitas seperti DO dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) disebabkan oleh alga dan interaksi tanaman sungai dan kelajuan denitrifikasi. QUAL2K membutuhkan data parameter hidrolik seperti aliran, kecepatan, dan panjang dari sungai, serta dapat ditambahkan 16 parameter

kualitas air termasuk didalamnya seperti temperatur, pH, TSS (*Total Suspended Solids*), total fosfor, dan total nitrat (Jitolis dkk., 2021).

Kemampuan untuk menambahkan data setiap jam pada model QUAL2K merupakan suatu nilai besar. Hal ini memungkinkan untuk memodelkan aliran dengan beberapa anak sungai dan cabang utama. Model satu dimensi ini dapat menyimulasikan dampak beban pencemar *point source* dan *non-point source*, hal ini dapat didasarkan pada sebuah prinsip bahwa saluran tercampur dengan baik pada dua arah yaitu vertikal dan lateral. Seluruh parameter hidrolik dimodelkan sebagai aliran satu dimensi, aliran yang stabil dan aliran tidak seragam (stabil), hal ini berarti kedalaman air, dan kecepatan yang bervariasi tergantung pada lokasi saluran (Mummidivarapu dkk., 2023).

QUAL2K dapat menyimulasikan kualitas air dengan galat yang variatif sebagai implikasi ketiakpastian nilai parameter dan koefisien yang digunakan seperti koefisien kinetik dan koefisien hidrolik, pada umumnya nilai yang terpilih merupakan nilai *default*. Galat hasil simulasi dapat berasal dari pemilihan nilai variabel *input* seperti satuan timbulan pencemar dimana pengguna biasa menggunakan nilai yang direkomendasikan pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air. Namun pada beberapa studi melaporkan bahwa variabilitas faktor emisi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Dissolved Oxygen* (DO) pada limbah domestik yang cukup tinggi di antara sampel rumah tangga yang dikaji (M. A. Pratama dkk., 2023).

2.10 Strategi Pengelolaan Kualitas Air Sungai

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pengelolaan kualitas air merupakan upaya yang dilakukan guna melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum. Dalam upaya pengelolaan mutu air, masyarakat memiliki peran aktif seperti pemantauan air secara mandiri, melakukan

upaya pengurangan bahan pencemar air, dan menyebarluaskan gerakan pengurangan pencemar air.

Perubahan kualitas lingkungan yang semakin buruk memiliki dampak yang buruk terhadap kemampuan daya tampung sungai. Pengelolaan dengan cara mengurangi air limbah yang dibuang secara langsung menuju sungai dapat dilakukan dengan cara pemanfaatan air limbah, efisiensi penggunaan air, penyimpanan air limbah. Apabila pada suatu badan air permukaan memiliki beban pencemar yang melebihi daya tampung, pembatasan beban pencemar air dapat dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi atau menurunkan kuota beban yang ditetapkan untuk masing-masing sumber pencemar sesuai dengan parameter tersebut terhadap total beban pencemar aktual pada satu segmen badan air.

2.11 Penelitian Sebelumnya

Berikut merupakan rangkuman dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan.

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya

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.

				- Strategi 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 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 beturut 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.
3	Dany Yusuf Laksono	2023	Analisi 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 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 perluu adanya penurunan dengan melakukan pengelolaan.
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.

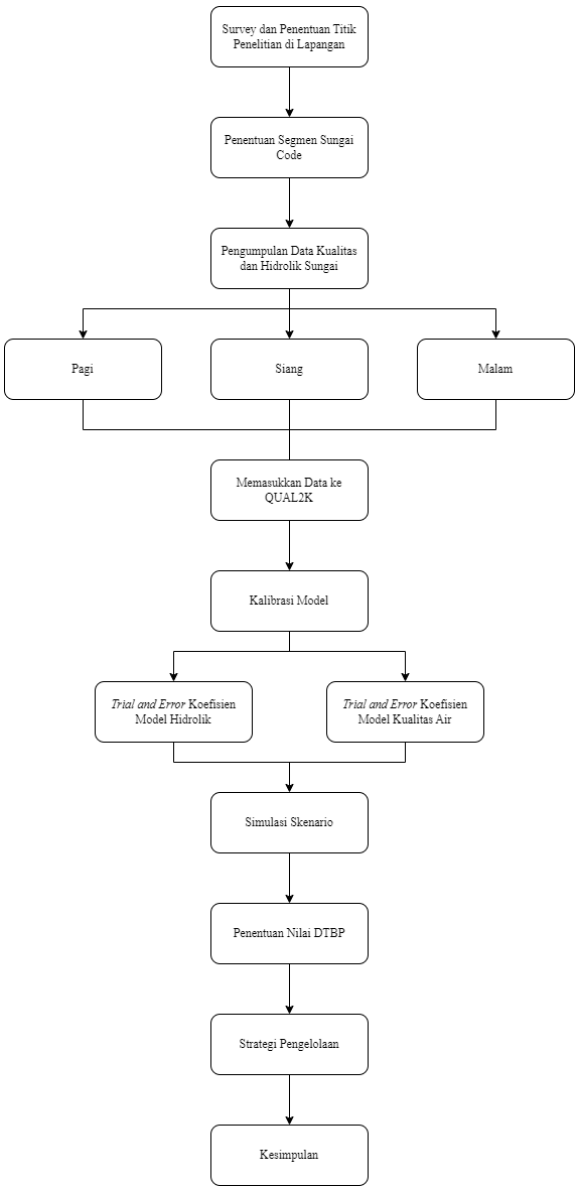
5	Eko Sugiharto, dkk.	2014	Kajian Total Daya Tampung Beban Pencemar Harian Menggunakan Pemodelan QUAL2K untuk Pencemar BOD, TSS, Ammonia, Fosfat, dan Nitrat di Sungai Kampung Bugis, Tarakan	- Penelitian dilakukan di Sungai kampung Bugis yang bertujuan untuk mengetahui nilai beban pencemar maksimum yang diizinkan oleh pemerintah dengan cara membuat simulasi dan perhitungan kondisi kritis di Sungai Kampung Bugis, Tarakan, Kalimantan Tengah dengan menggunakan konsep perhitungan TMDL dan permodelan menggunakan QUAL2K. terdapat tiga pembagian segmen dengan 19 titik sampling. - Kualitas air di Sungai Kampung Bugis disimulasikan menggunakan perhitungan TMDL dan pemodelan QUAL2K. Pada parameter BOD, nilai baku mutu lingkungan (BML) yang digunakan sesuai dengan PP No. 82 Tahun 2001 dan PerGub KalTim No. 2 Tahun 2011 adalah 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. Prakiraan dampak yang tampak sebagai perhitungan TMDL menggunakan QUAL2K berada pada kisaran 0,28 hingga 5,9 ppm. Pada parameter TSS, rona lingkungan awal berada pada kisaran 16 hingga 294 ppm, sedangkan untuk hasil pemodelan QUAL2K kisaran dampak TSS berkisar antara 1,56 hingga

				51,39 ppm. Pada parameter PO_4, hasil rona lingkungan awal cenderung stabil pada 0,02 ppm. Berdasarkan prakiraan model QUAL2K untuk sebaran pencemar PO_4 kisaran nilai pada masing-masing ruas tidak lebih dari 0,01 ppm. Pola pencemaran NO_3 pada rona lingkungan awal cenderung menurun pada bagian hulu (1,25 ppm) menuju bagian hilir (0,1 ppm). Prediksi sebaran NO_3 menggunakan QUAL2K berada pada kisaran konsentrasi antara 0,317 ppm (hilir) hingga 1,025 ppm (hulu). 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 5,75 kg/hari. - Penelitian ini diasumsikan bahwa telah terjadi kondisi kritis di Sungai Kampung Bugis yang didasarkan dari hasil pemantauan dan data BPLH Kota Tarakan yang menyatakan adanya beberapa faktor bahwa kondisi kritis meliputi terjadinya fluktuasi debit antara musim kemarau dan hujan cukup signifikan, serta adanya aktivitas penambangan pasir, pengerukan bukit dan pembukaan lahan.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan gambar diagram alir penilitian yang terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi

3.2.1 Waktu Penelitian

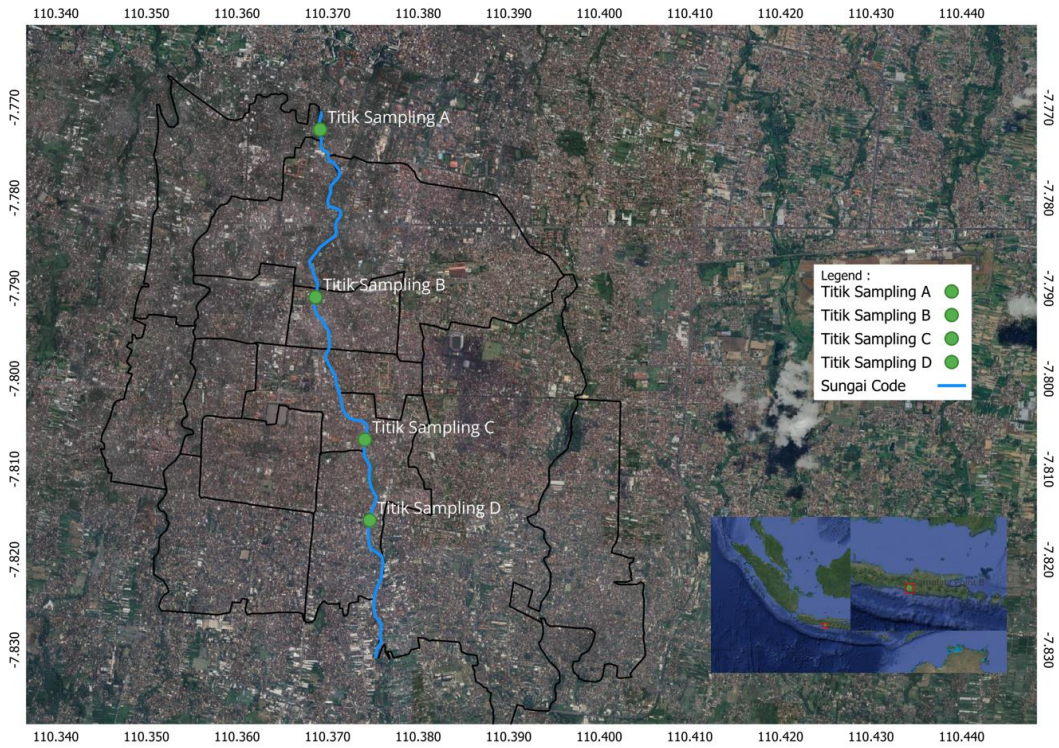
Waktu penelitian ini dilakukan pada musim kemarau yang dilaksanakan pada bulan Mei. Dalam penelitian ini dilakukan dalam dua waktu yaitu pada *weekdays* dan *weekend* guna mengetahui perbedaan polutan yang terkandung dalam air sungai berdasarkan pada aktivitas yang terjadi di sekitar lokasi. Berikut merupakan tabel mengenai detail waktu pengambilan sampel yang terlihat pada Tabel 3.1.

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)	Kemarau : Mei

3.2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sungai Code yang merupakan salah satu sungai di daerah Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta hingga Kabupaten Bantul. Pada bagian hulu untuk titik pemantauan berlokasi di Jembatan Sendowo, Sinduadi, Mlati, Kabupaten Sleman, sedangkan pada bagian hilir untuk titik pemantauan berlokasi di Jembatan Tungkak, Brontokusuman, Mergangsan, Kota Yogyakarta. Berikut merupakan peta aliran Sungai Code yang menjadi lokasi penelitian ini,



Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian Aliran Sungai Code

Untuk titik lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut,

Tabel 3. 2 Lokasi Penelitian

No	Titik	Lokasi Pemantauan	Koordinat
1	A	Jembatan Sendowo, Kec. Tegalrejo (Hulu)	-7.7724481 LS, 110.3691221 BT
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*

3.3 Penentuan Titik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air sungai dilakukan pada empat titik lokasi pada bagian hulu terletak di Jembatan Sendowo dan pada bagian hilir terletak di Jembatan Tungkak. Pengambilan sampel air sungai dilakukan satu kali di setiap titiknya (*grab sample*) berdasarkan SNI 9689.57:2008 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan. Kriteria utama dalam pemilihan titik pengambilan sampel adalah tidak memasukkan terlalu banyak subsitem yang harus dimodelkan. Dalam hal ini, pada survey yang dilaksanakan di Sungai Code ditemukan banyak sekali terjunana yang dapat mengakibatkan perubahan *fate* parameter kualitas air disebabkan oleh aerasi karena turbulensi dari terjunan. Subsistem yang dimodelkan akan menjadi terlalu banyak apabila melibatkan banyak terjunan. Maka, dipilih segmen sungai yang tidak melibatkan terlalu banyak terjunan. Alhasil, segmen yang tepilih berlokasi di area perkotaan Yogyakarta, di mana titik hulu berada di daerah selatan Pogung dan titik hilir berada di Jembatan Tungkak.

Pemilihan titik hulu di selatan Pogung memiliki beberapa alasan antara lain: 1) menghindari terjunan yang banyak di bagian utara Pogung, dan 2) berdekatan dengan *Automatic Water Level Recorder* (AWLR). Lokasi titik pengambilan

sampel di hilir berlokasi di Jembatan Tungkak dengan pertimbangan antara lain: 1) menghindari terjunan besar di selatan Jembatan Tungkak, dan 2) tidak terlalu jauh lokasinya dari hulu, sehingga masih memungkinkan untuk mengambil sampel pada empat lokasi (Tabel 3.2) pada tiga waktu dalam satu hari (Tabel 3.1)

3.4 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini dibutuhkan alat serta bahan guna mendukung pengambilan sampel yang dilakukan. Pada pengambilan sampel air sungai alat yang dibutuhkan adalah seperti berikut,

Tabel 3. 4 Alat Penelitian

No.	Nama Alat	Jumlah
1	Multiparameter Horiba U-53G-10	1
2	Botol winkler	24
3	Jerigen 1 Liter	24
4	Ember	2
5	Pengukur kedalaman	1
6	*Current meter*	1
7	Pelampung	3
8	*Safety Line*	1
9	*Cooling Box*	2

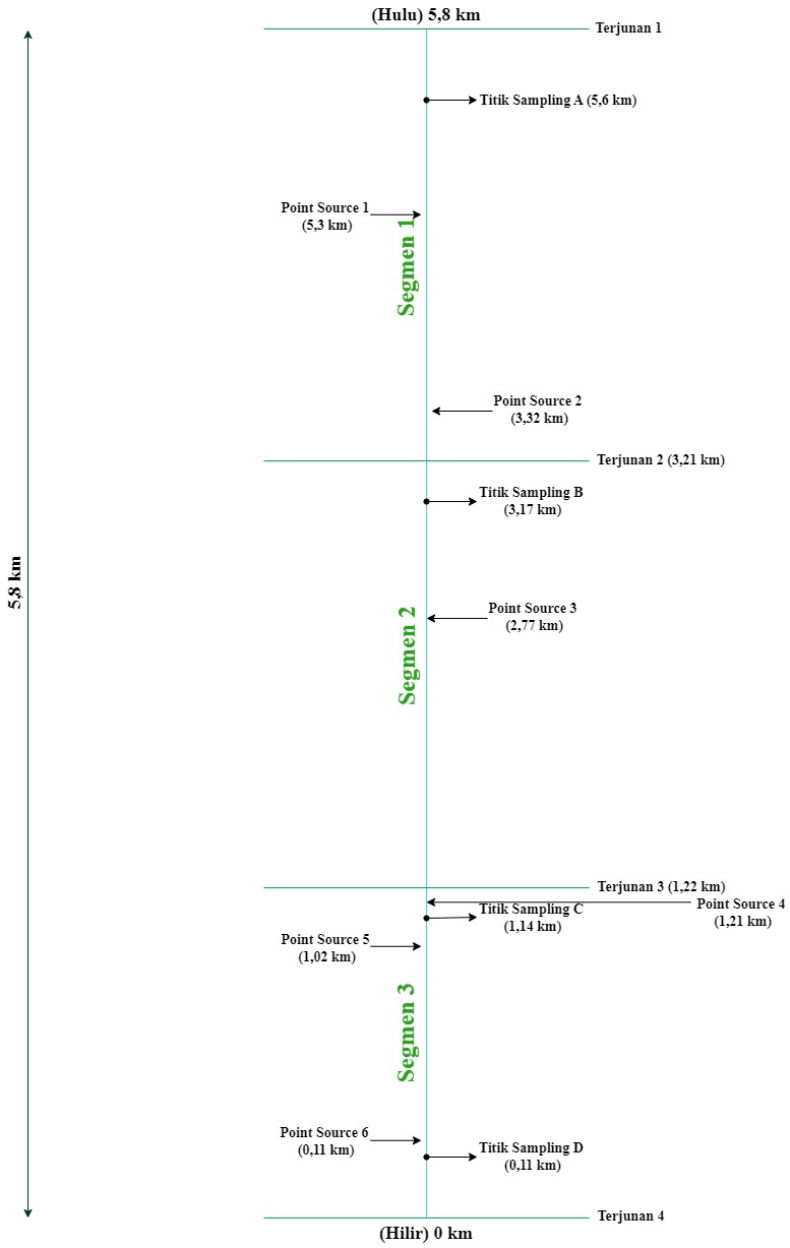
Bahan yang dibutuhkan dalam pengambilan sampel air sungai pada penelitian ini adalah sebagai berikut,

Tabel 3. 5 Bahan Penelitian

No.	Nama Alat	Jumlah
1	Aquades	2 (botol)

3.5 Penentuan Segmen Sungai

Lokasi pemantauan dan pengambilan sampel air sungai dapat ditentukan menggunakan metode survey atau *"sample survey method"*. Metode ini dilakukan dengan cara membagi lokasi penelitian menjadi beberapa segmen yang diharapkan dapat mewakili populasi penelitian. Penentuan titik *sampling* dilakukan di 4 titik yaitu dengan membagi sungai menjadi 3 segmen berdasarkan kegiatan masyarakat dan karakteristik dari setiap penggunaan lahan dengan tetap mempertimbangkan faktor biaya, kemudahan akses peneliti, dan waktu sehingga dapat ditentukan titik-titik yang telah mewakili kondisi dan kualitas air Sungai Code. Selain itu pertimbangan penentuan segmen sungai dipengaruhi oleh jumlah terjunan yang terdapat di Sungai Code. Batas segmen ditentukan oleh adanya terjunan sebelum titik pengambilan sampel. Adanya terjunan ini dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO) pada air sungai yang diakibatkan adanya kontak air terhadap udara Berikut merupakan segmen pengambilan sampel kualitas air Sungai Code, terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Peta Segmentasi Sungai Code

3.6 Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data kualitas air sesuai dengan baku mutu pada Lampiran VI PP RI Nomor 22 Tahun 2021. Parameter kualitas air yang digunakan menyesuaikan dengan parameter uji yang

dapat dilayani oleh Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan UII, disebabkan sampel tidak diuji sendiri, melainkan diujikan pada laboratorium tersebut. Parameter utama dalam penelitian ini ditampilkan pada Tabel 3.4.

3.6.1 Data Primer

Data primer berasal dari observasi di lapangan berupa :

1) Data Kualitas Air

Air sungai dan air limbah pada penelitian ini berasal dari *point source* dan *diffuse source* sesuai dengan SNI 6989-57-2008. Parameter yang akan diuji antara lain adalah temperatur, pH, TSS, BOD, DO, NO_3, dan Total Fosfat sebagai $P(PO_4^{3-})$. Pengujian ini berdasarkan peraturan atau standar yang berlaku di Indonesia yaitu SNI terkait masing-masing parameter uji.

Pengambilan data kualitas air (sampel) dilakukan sebanyak empat kali dengan menentukan empat titik. Pengambilan ini dilakukan dengan waktu yang berbeda sesuai dengan Tabel 3.1. Hal tersebutu dilakukan guna mengetahui gambaran yang sebenarnya dari keadaan sungai. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *grab sampling* atau sampel diambil pada waktu-waktu tertentu dan sampel tersebut sudah dapat mewakili badan air secara keseluruhan. Tata cara pengambilan sampel dapat dilakukan berdasarkan SNI 6989.57:2008 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan. Berikut merupakan cara pengambilan sampel yang dilakukan dengan beberapa tahapan antara lain :

1. Menyiapkan alat pengambil contoh yang sesuai dengan keadaan sumber air;
2. Membilas alat pengambil contoh dengan air yang akan diambil sebanyak 3 (tiga) kali;

3. Mengambil sampel sesuai dengan titik sampling dan memasukkannya ke wadah sampel sesuai peruntukkan analisis;
4. Melakukan uji parameter lapangan seperti parameter suhu, dan pH;
5. Memberi label pada wadah sampel;
6. Mengamankan sampel serta mencatat lokasi titik sampling, dan jam pengambilan.

Tabel 3. 6 Parameter Uji Kualitas Air Sungai

No	Parameter	Alat	SNI	Metode	Tentang
1	TSS	Neraca Analitik	SNI 6989.3:2019	Gravimetri	Air dan Air Limbah – Bagian 3 : Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solid*) secara Gravimetri
2	BOD	Botol Winkler	SNI 6989.72-2009	Iodometri	Air dan Air Limbah – Bagian 72 : Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemcial Oxyegn Demand*/BOD)
3	DO	Botol Winkler	SNI 06-6989.14-2004	Iodometri	Air dan Air Limbah – Bagian 14 : Cara Uji

No	Parameter	Alat	SNI	Metode	Tentang
					Oksigen Terlarut Secara Iodometri (modifikasi azida)
4	NO_3^-	Spektrofotometer	SNI 6989.79:2011	Spektrofotometri	Air dan Air Limbah – Bagian 79 : Cara Uji Nitrat (NO_3^-N) dengan Spektrofotometer UV-Visibel Secara Reduksi Kadmium
5	Total Fosfat PO_4^{3-}	Spektrofotometer	SNI 6989.31:2021	Spektrofotometri	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 Code meliputi debit, kedalaman sungai, kecepatan aliran dan lebar sungai. Pengukuran debit dilakukan dengan metode profil sungai (*cross section*) yang didapatkan dari hasi perkalian luas penampang sungai dengan kecepatan aliran air. Kecepatan aliran

air sungai diukur menggunakan alat *current meter*, sehingga didapatkan nilai kecepatan aliran pada berbagai kedalaman. Sedangkan untuk lebar sungai dapat diukur menggunakan meteran.

3.6.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari hasil studi literatur yang ada dan terdapat di *website* resmi pemerintah ataupun instansi terkait penelitian ini, seperti :

a. Data klimatologi, berupa kecepatan angin, temperatur titik embun, tutupan awan, persen radiasi matahari, kekasaran dan kemiringan sungai dari BMKG DIY dan data pemantauan kualitas air 5 tahun kebelakang dari DLH DIY.
b. Peta administrasi, peta topografi, dan peta penggunaan lahan dari *Google Earth* ataupun aplikasi GIS seperti QGIS.

3.7 Metode Analisis Data

Proses analisis data dilakukan dengan menginput data pada *software* QUAL2K *version* 3.02 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 *softaware* 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 :

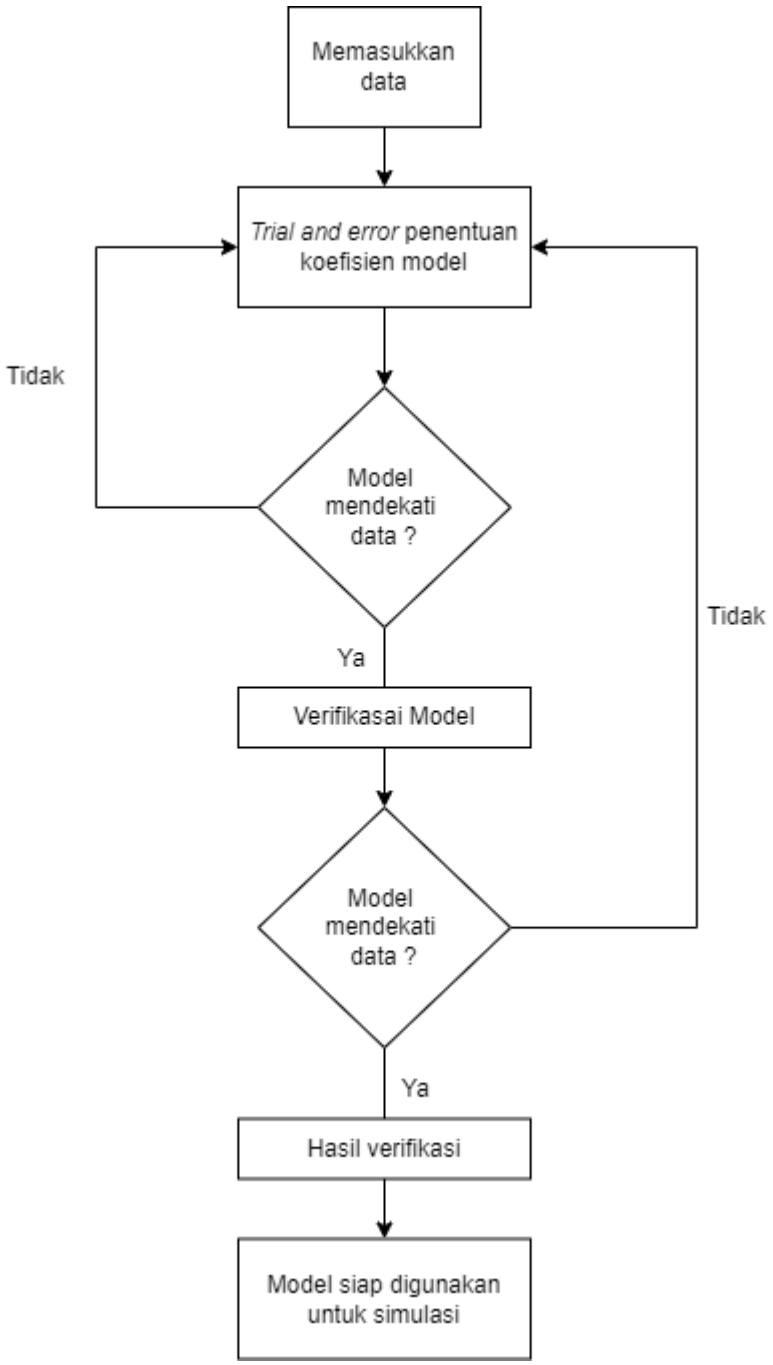
Tabel 3. 7 Deskripsi *Worksheet* QUAL2K

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.
9	*Wind Speed*	Kecepataan 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

No.	Nama *Worksheet*	Deskripsi
		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 guna membuat model yang mendekati data. Kalibrasi dilakukan karena terdapat perbedaan variasi data pada waktu yang berbeda, baik data kualitas air sungai ataupun kualitas air limbah. Model parameter hidrolik merupakan parameter pertama yang harus dikalibrasi. Kalibrasi dapat dilakukan dengan cara *trial and error* variabel yang sesuai dengan parameter yang dimodelkan, sehingga model parameter dapat mendekati data yang telah diinput. Setelah dilakukan model parameter hidrolik sungai, dilakukan kalibrasi model parameter kualitas air sungai. Kalibrasi model kualitas air sungai dilakukan dengan cara yang sama yaitu *trial and error* pada koefisien serta kualitas pencemar *point sources* dan *diffuse sources* (Setiyawan, 2019).



Gambar 3.4 Diagram Alir Kalibrasi Model

3.7.3 Validasi Model

Validasi model memiliki tujuan guna melihat nilai *error* yang terdapat pada nilai model serta mengetahui kearutan antara data model yang dihasilkan

dengan data lapangan yang sebelumnya dimasukkan dalam proses pemodelan, sehingga dapat digunakan dalam menjalankan skenario. Validasi model dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode seperti *mean absolute error* (MAE), *root mean square percent error* (RMSPE), *relative error* (RE), dan sebagainya (Hasham & Ramal, 2022). Pada penelitian ini validasi model RMSPE (*Root Mean Square Percent Error*) guna mengkuantifikasi besar dan sifat error yang terjadi. Pengukuran metode dapat dilakukan dengan rumus seperti berikut,

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\hat{y}_l - y_i}{y_i}\right)^2}$$

Dimana :

$\hat{y}_l$ = nilai prediksi untuk i^n poin data

y_i = nilai aktual untuk i^n poin data

n = angka observasi

Hasil dari perhitungan menggunakan metode RMSPE dapat dianggap sesuai dengan data lapangan apabila memiliki selisih yang kecil terhadap hasil dari nilai kalibrasi (Hasham & Ramal, 2022).

3.7.4 Simulasi Model

Simulasi model dapat dilakukan setelah model terkalibrasi dan tervalidasi serta lulus atau sesuai dengan kriteria yang diterapkan. Tujuan dari simulasi model adalah untuk mengetahui kondisi sungai dengan sumber pencemar yang berbeda, sehingga nilai daya tampung beban pencemar dapat diterapkan dalam enam skenario. Berikut merupakan tabel dari skenario simulasi mode yang terlihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3. 8 Skenario Simulasi Model

Skenario	Kualitas Hulu	Kualitas Pencemar	Kualitas Air Sungai
1	Eksisting	Eksisting	Model
2	Eksisting	*Trial & Error*	Baku Mutu Kelas II untuk segmen I dan II; Baku Mutu Kelas III untuk segmen III
3	Eksisting	*Trial & Error*	Baku Mutu Kelas II
4	Eksisting	*Trial & Error*	Baku Mutu Kelas I
5	Baku Mutu Kelas II	*Trial & Error*	Baku Mutu Kelas II
6	Baku Mutu Kelas I	*Trial & Error*	Baku Mutu Kelas I

3.7.4.1 Skenario 1

Pada skenario 1 dilakukan pemodelan sesuai dengan kondisi eksisting yang ada. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh sumber pencemaran eksisting terhadap kualitas air sungai. Hasil skenario 1 dapat menunjukkan kualitas air pada sungai telah memenuhi baku mutu air kelas II ataukah belum memenuhi. Kondisi kualitas air serta sumber pencemar disimulasikan sesuai dengan kondisi di lapangan guna mengetahui apakah hasil model sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan (Marlina dkk., 2020a).

3.7.4.2 Skenario 2

Pada skenario 2 dilakukan simulasi dengan melakukan *trial & error* pada sumber pencemar (*point source* dan *non-point source*) sehingga dapat menghasilkan kualitas air sungai memenuhi baku mutu air kelas II untuk segmen I dan II, sedangkan baku mutu kelas III untuk segmen III . Skenario ini memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar beban pencemar apabila kualitas air sungai memenuhi baku mutu

air kelas II untuk segmen I dan II, sedangkan baku mutu kelas III untuk segmen III.

3.7.4.3 Skenario 3

Pada skenario 3, kualitas air sungai sesuai dengan baku mutu kelas II pada keseluruhan atau sepanjang sungai. Skenario ini memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar beban pencemar apabila sepanjang sungai memiliki kualitas air yang sesuai dengan baku mutu kelas II.

3.7.4.4 Skenario 4

Pada skenario 4, kualitas air sungai sesuai dengan baku mutu kelas I pada keseluruhan atau sepanjang sungai, sedangkan kualitas hulu sesuai dengan kondisi eksisting, dan kualitas pencemar dilakukan *trial and error*. Skenario ini memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar beban pencemar apabila sepanjang sungai memiliki kualitas air yang sesuai dengan baku mutu kelas I.

3.7.4.5 Skenario 5

Pada skenario 5, kualitas air sungai dan kualitas hulu sesuai dengan baku mutu kelas II, sedangkan kualitas pencemar dilakukan *trial and error*. Skenario ini memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar beban pencemar apabila kualitas air sungai sesuai dengan baku mutu kelas II dengan kualitas hulu sungai sesuai dengan baku mutu kelas II.

3.7.4.6 Skenario 6

Pada skenario 6, kualitas air sungai dan kualitas hulu sesuai dengan baku mutu kelas I, sedangkan kualitas pencemar dilakukan *trial*

and error. Skenario ini memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar beban pencemar apabila kualitas air sungai sesuai dengan baku mutu kelas I dengan kualitas hulu sungai sesuai dengan baku mutu kelas I.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian dan Titik Sampling

Penelitian ini dilakukan di Sungai Code yang merupakan salah satu sungai yang mengalir melintasi tiga wilayah di Provinsi D.I. Yogyakarta diantaranya, Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, dan Kabupaten Bantul. Aliran Sungai Code secara administratif memiliki bagian hulu yang terletak di kaki Gunung Merapi, Kabupaten Sleman yang kemudian mengalir menuju bagian tengah sungai yang terletak di Kota Yogyakarta dan memiliki bagian hilir yang terletak di Kabupaten Bantul. Pada penelitian ini bagian hulu ditetapkan di Jembatan Sendowo yang berlokasi di Kabupaten Sleman, sedangkan bagian hilir ditetapkan di Jembatan Tungkak yang berlokasi di Kota Yogyakarta. Berdasarkan hasil pengamatan, pada bagian hulu Sungai Code terdapat beberapa sumber pencemar diantaranya berupa saluran drainase, dan limbah domestik. Limbah domestik ini merupakan air buangan yang berasal dari aktivitas rumah tangga, rumah makan, perkantoran, dan air bekas cucian. Pada bagian tengah Sungai Code, terdapat beberapa sumber pencemar diantaranya berupa saluran drainase, dan limbah domestik. Pada bagian hilir, terdapat sumber pencemar berupa saluran drainase, limbah domestik, dan limbah pertanian. Limbah pertanian ini merupakan sebuah saluran limbah dari sebuah kawasan pertanian (sawah) yang pembuangannya menuju ke badan air. Berbagai sumber pencemar yang terdapat di sepanjang aliran sungai ini memiliki potensi menyebabkan pencemaran yang mengakibatkan turunnya kualitas air Sungai Code.

Pada penelitian ini panjang dari Sungai Code berkisar 5,8 km dengan sumber pencemar yang terdapat pada sepanjang aliran Sungai Code, diantaranya terdapat 6 titik *point source* dan 5 titik *diffuse source*. Berikut merupakan titik lokasi sampling air di Sungai Code yang terlihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Titik Lokasi Sampling Sungai Code

Segmen	Panjang (km)	Titik	Jarak (km)	Lokasi	Koordinat		Elevasi (m)		Keterangan	Penetapan Baku Mutu Air*
					Lintang	Bujur	*Upstream*	*Downstream*		
1	2,59	A	5,6	Jembatan Sendowo, Kec. Tegalrejo, Kab. Sleman	-7.7724481	110.3691221	-	115	Hulu Sungai *Point Source :* Saluran Drainase *Diffuse Source* : Limbah Domestik	Kelas II
2	1,99	B	3,17	Jembatan Abu Bakar Ali, Kec. Danurejan, Kota Yogyakarta	-7.79090859	110.36859990	115	100	*Point Source* : Saluran Drainase *Diffuse Source* : Limbah Domestik	Kelas II
3	1,22	C	1,14	Jembatan Mergangsan, Kec. Mergangsan, Kota Yogyakarta	-7.806581	110.374144	100	90	*Point Source* : Saluran Drainase *Diffuse Source* : Limbah Domestik, Pertanian	Kelas III
		D	0,11	Jembatan Tungkak, Kec. Wirogunan, Kota Yogyakarta	-7.815656	110.374623	90	85	Hilir Sungai	Kelas III

Tabel 4. 2 Kondisi Lokasi Pengambilan Sampel Sungai Code

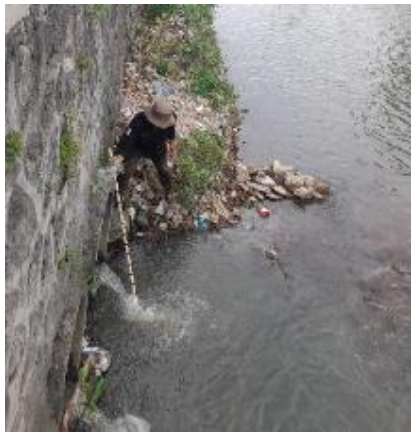
Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
Titik 1		Titik 1 terletak di Jembatan Sendowo Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman. Kondisi pada titik ini masih banyak pohon di sepanjang aliran sungai. Pada titik ini mempunyai kedalaman sebesar 0,4 m dan lebar sungai 9,6 m

Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
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 2		Titik 2 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 11,6 m

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 m/s, pada kondisi titik ini banyaknya padatan dan juga batuan di pinggiran sungai.

Titik Pengambilan Sampel	Gambar	Kondisi Titik Pengambilan Sampel
Titik 3		Pengambilan sampel air sungai di titik 3 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 37 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 4		Titik 4 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

Data hidrolik Sungai Code dibutuhkan dalam pemodelan kualitas air menggunakan *software* QUAL2K, data hidrolik sungai diinput guna memenuhi kalibrasi model kualitas air sungai. Data hidrolik air sungai yang dibutuhkan dalam pemodelan kualitas air sungai diantaranya debit air sungai (m^3/detik), kecepatan aliran (m/detik), kedalaman sungai (meter), dan lebar sungai (meter). Data hidrolik ini diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan serta hasil dari perhitungan di setiap lokasi menggunakan rumus yang sesuai.

Pengambilan data hidrolik sungai, dapat dilakukan dengan berbagai cara. Pada penelitian kali ini, pengambilan data hidrolik seperti pengukuran debit sungai (m^3/s), kecepatan aliran (m/detik), kedalaman sungai (meter), dan lebar sungai (meter) dilakukan secara manual atau langsung. Pegambilan data dilakukan secara langsung ini dikarenakan beberapa faktor seperti akses sungai yang mudah dijangkau, dan efisiensi waktu. Pengukuran kecepatan aliran sungai dilakukan menggunakan tongkat kayu yang diikat dengan *styrofoam* yang kemudian dialirkan sepanjang 1 meter, kemudian hasil pengukuran kecepatan aliran sungai ini menjadi data untuk perhitungan debit sungai berdasarkan rumus. Pengukuran kedalaman sungai dilakukan dengan menggunakan tongkat yang sudah diberikan ukuran (per 10 cm), tongkat kemudian dimasukkan ke dalam air, bagian yang basah terkena air merupakan nilai kedalaman sungai. Pengukuran lebar sungai sendiri menggunakan meteran *laser* yang diukur dari tepi sungai menuju tepi sungai. Berikut merupakan data hidrolik Sungai Code yang terlihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Data Hidrolik Sungai Code

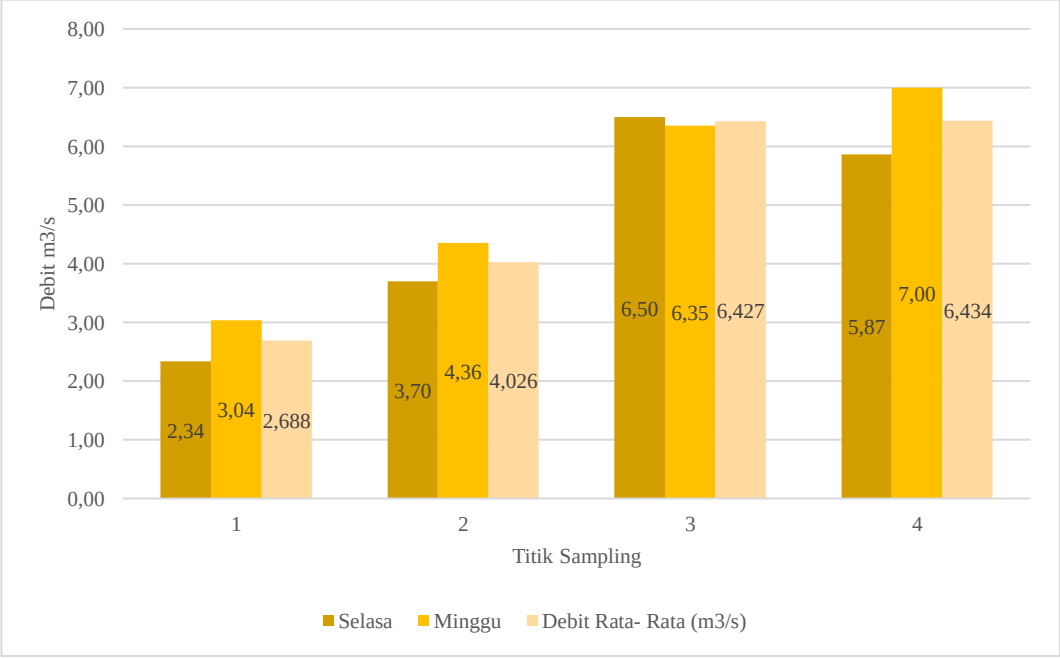
Titik	Debit (m3/s)	Kedalaman Rata-Rata (m)	Kecepatan Rata-Rata (m/s)
A	2,688	0,369 ± 0,013	0,831
B	4,026	0,426 ± 0,001	0,722
C	6,427	0,236 ± 0,013	0,683
D	6,434	0,339 ± 0,006	0,716

4.2.1 Debit Sungai Code

Pengukuran debit Sungai Code memiliki hasil yang sangat beragam, hal ini dapat dipengaruhi oleh kondisi hidrolis sungai seperti kemiringan, lebar sungai, dan kedalaman sungai. Selain itu pengaruh naik turunnya debit dapat dipengaruhi oleh aktivitas manusia di sepanjang DAS, dan faktor hidrologi (curah hujan, musim, dan infiltrasi).

Adanya fluktuasi nilai debit sungai memiliki pengaruh terhadap konsentrasi pencemar di sungai. Debit sungai yang meningkat berpengaruh terhadap pengenceran polutan, sehingga semakin besar debit sungai maka zat pencemar dalam sungai akan semakin kecil (Ali Akbar & Desmaiani, 2021). Menurunnya debit sungai juga memiliki pengaruh terhadap konsentrasi polutan, yaitu adanya akumulasi pencemar yang mengakibatkan kenaikan konsentrasi pencemar (Qin dkk., 2020). Penurunan debit sungai seringkali terjadi di musim kering yang disebabkan adanya peningkatan suhu dan evaporasi yang terjadi di sungai (Booker & Whitehead, 2022).

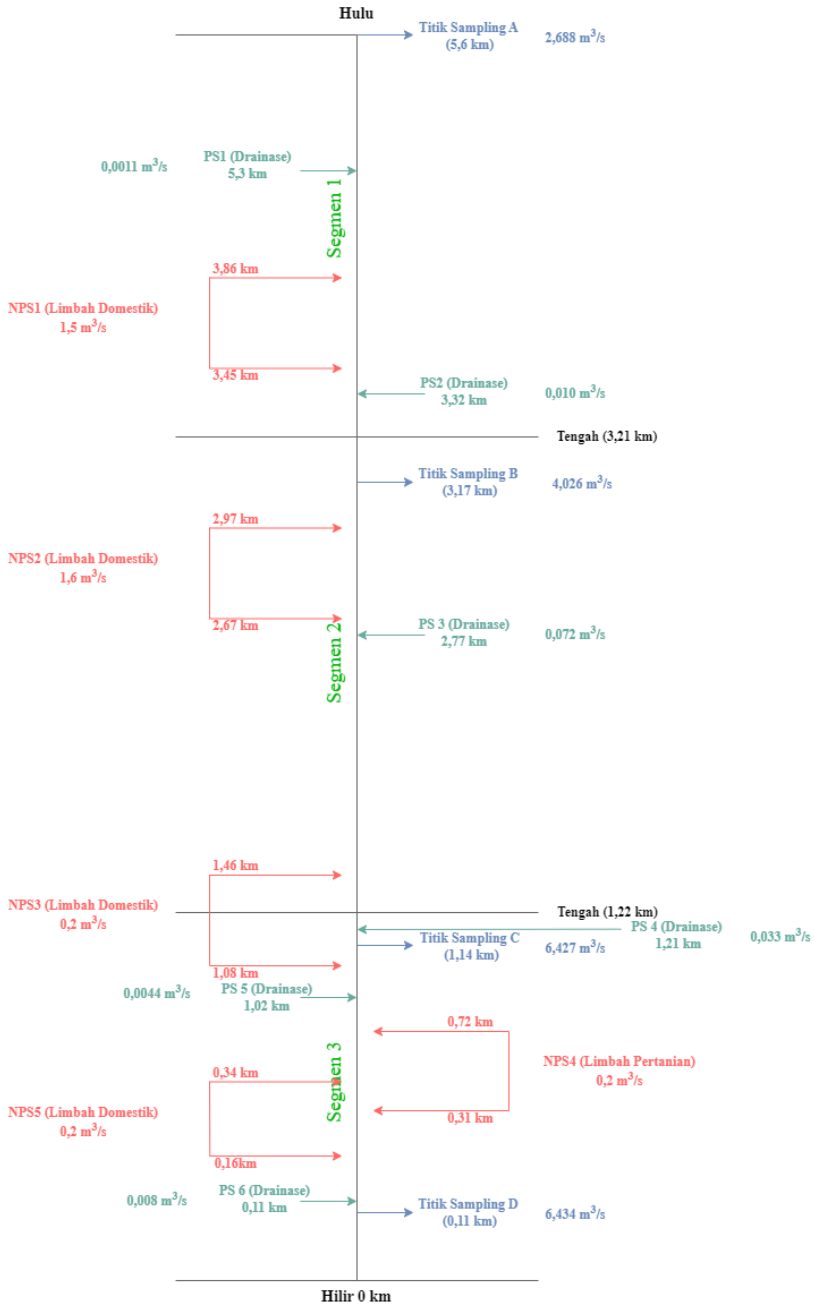
Berikut merupakan grafik nilai debit Sungai Code yang didapatkan pada penelitian ini, terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Nilai Debit Sungai Code

Berdasarkan grafik yang terlihat pada Gambar 4.1 diketahui nilai debit tertinggi terdapat pada hari Minggu di titik 4 dengan nilai sebesar 7,00 m^3/s dan debit terkecil terdapat pada hari Selasa di titik 1 dengan nilai sebesar 2,34 m^3/s. Namun, pada grafik debit rata-rata terlihat nilai debit terkecil memiliki nilai sebesar 2,688 m^3/s yang terletak di titik 1 dan nilai debit terbesar memiliki nilai sebesar 6,434 m^3/s yang terletak di titik 4. Nilai debit Sungai Code mengalami fluktuasi baik pada hari Selasa, Minggu ataupun secara rata-rata. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya fluktuasi debit seperti faktor meteorologi (intensitas, durasi, dan distribusi hujan), dan faktor hidrolis (luas dan bentuk DAS, topografi). Debit akan bertambah besar seiring dengan bertambahnya luas DAS, sedangkan kecepatan alir sendiri akan mengalami penurunan seiring dengan bertambah luasnya DAS (Putu dkk., 2022). Pada hari Selasa di titik 1 diketahui bahwa nilai debit sebesar 2,34 m^3/s, titik 2 sebesar 3,70 m^3/s, titik 3 sebesar 6,50 m^3/s, dan titik 4 sebesar 5,87 m^3/s. Kemudian pada hari Minggu di titik 1 diketahui bahwa nilai debit sebesar 3,04 m^3/s, titik 2 sebesar 4,36 m^3/s, titik 3 sebesar 6,35 m^3/s, dan titik 4 sebesar 5,87 m^3/s. Pada debit rata-rata, diketahui nilai debit di titik 1 sebesar 2,688 m^3/s, titik 2 sebesar 4,026 m^3/s, titik 3 sebesar 6,427 m^3/s, dan titik 4 sebesar 6,434 m^3/s.

Berikut merupakan diagram *mass balance* yang terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 *Mass Balance*

Terlihat pada Gambar 4.2 bahwa debit masukan dari sumber pencemar berupa *diffuse source*, dan *point source* mempengaruhi besaran debit Sungai Code. Pada segmen 1 terdapat 2 *point source* yang bersumber dari saluran drainase, masing-masing memiliki besaran debit 0,0011 m^3/s (PS 1), dan 0,010

m^3/s (PS2). Selain itu terdapat 1 *diffuse source* bersumber dari limbah domestik yang memiliki besaran debit 1,5 m^3/s (NPS 1).

Kemudian pada segmen 2 terdapat 1 *point source* bersumber dari saluran drainase yang memiliki besaran debit 0,072 m^3/s (PS 3). Selain itu terdapat 1 *diffuse source* bersumber dari limbah domestik yang memiliki besaran debit 1,6 m^3/s (NPS 2).

Kemudian pada segmen 3 memiliki 3 *point source* yang masing-masingnya memiliki besaran debit antara lain, 0,033 m^3/s (PS 4), 0,0044 m^3/s (PS 5), dan 0,008 m^3/s (PS 6). Selain itu terdapat juga 3 *diffuse source* yang memiliki sumber berbeda, untuk NPS 3 bersumber dari limbah domestik yang memiliki besaran debit 0,2 m^3/s. Letak dari NPS 3 ini berada di antara segmen 2 dan segmen 3, namun debit dari *diffuse source* tersebut mempengaruhi titik sampling C (segmen 3). Dikarenakan panjang dari NPS 3 dominan berada di segmen 3. Kemudian terdapat NPS 4 bersumber dari limbah pertanian yang memiliki besaran debit 0,2 m^3/s. Terakhir terdapat NPS 5 bersumber dari limbah domestik yang memiliki besaran debit 0,2 m^3/s.

4.3 Kondisi Kualitas Air Sungai Code

Kondisi kualitas air Sungai Code dapat ditentukan terhadap beberapa parameter yang dimana dibutuhkan pengukuran serta pengujian untuk mengetahui besaran nilainya. Hal yang dilakukan pertama kali adalah dengan melakukan sampel pada setiap titik uji (*sampling*), kemudian terdapat beberapa parameter yang dilakukan pengukuran secara langsung di lapangan seperti pH, dan temperatur air. Kemudian, untuk parameter yang tidak dilakukan pengukuran secara langsung di lapangan akan dilakukan pengujian di Laboratorium Kualitas Air FTSP UII seperti parameter TSS (*Total Suspended Solids*), Nitrat, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), Total Fosfat, dan DO (*Dissolved Oxygen*), pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai konsentrasi dari parameter tersebut.

4.3.1 Temperatur

Temperatur air merupakan faktor abiotik yang memiliki peranan penting bagi keberlangsungan hidup organisme perairan. Sinar matahari yang jatuh ke permukaan air sangat mempengaruhi temperatur air, karena sinar yang jatuh sebagian dipantulkan dan sebagian lainnya diserap menjadi energi panas. Temperatur air yang tinggi dapat menimbulkan beberapa akibat seperti (1) jumlah oksigen terlarut di dalam air menurun; (2) kecepatan reaksi kimia meningkat; (3) kehidupan ikan dan hewan air lainnya terganggu. Temperatur memiliki pengaruh langsung terhadap peran kontrol rekasi kimia dalam proses fotosintesa. Temperatur yang tinggi dapat meningkatkan laju maksimum fotosintesa, sedangkan pengaruh tidak langsung yaitu dapat merubah struktur hidrologi perairan yang dapat mempengaruhi distribusi fitoplankton. Dapat disimpulkan bahwa, temperatur air memiliki peranan penting bagi organisme dalam melakukan metabolisme (Koniyo, 2020). Berikut merupakan hasil dari pengukuran temperatur air yang dilakukan di Sungai Code, terlihat pada Tabel 4.4, dan 4.5.

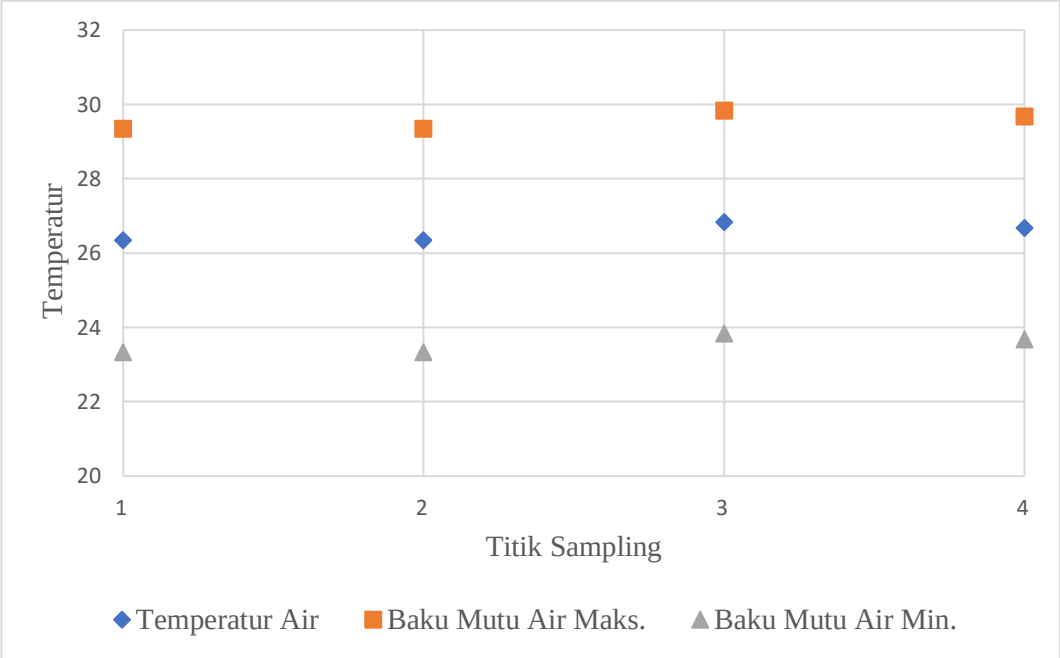
Tabel 4. 4 Nilai Temperatur Sungai Code pada Hari Selasa, dan Minggu

Titik	**Temperatur**		**Baku Mutu PERGUB Prov. DIY No. 20 Tahun 2008**
	Selasa	**Minggu**	
Titik 1	26,00	26,67	Deviasi 3
Titik 2	26,33	26,33	Deviasi 3
Titik 3	26,67	27,00	Deviasi 3
Titik 4	26,67	26,67	Deviasi 3

Tabel 4. 5 Nilai Rerata Temperatur Air Sungai Code

Titik	**Temperatur Air (℃)**	**Baku Mutu Maks. (℃)**	**Baku Mutu Min. (℃)**
Titik 1	26,33	29,33	23,33
Titik 2	26,33	29,33	23,33
Titik 3	26,83	28,83	23,83

Titik	Temperatur Air (℃)	Baku Mutu Maks. (℃)	Baku Mutu Min. (℃)
Titik 4	26,67	29,67	23,67



Gambar 4. 3 Perbandingan Nilai Temperatur Air Sungai Code dengan Baku Mutu yang Berlaku

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan pada hari Selasa, dan Minggu terlihat pada Tabel 4.4 berkisar antara 26,00 – 27,00 ℃. Menurut Tabel 4.4 diketahui nilai temperatur tertinggi berada di titik 3 (hari Minggu) dengan nilai sebesar 27,00 ℃, sedangkan nilai temperatur terkecil berada di titik 1 (hari Selasa) dengan nilai sebesar 26,00 ℃. Kemudian menurut Tabel 4.5 nilai rerata temperatur Sungai Code berkisar antara 26,33 – 26,83 ℃. Nilai temperatur ini merupakan nilai rata-rata dari hasil pengukuran di lapangan yang dilakukan pada 3 (tiga) waktu yang berbeda, yaitu pagi, siang, dan malam.

Berdasarkan Gambar 4.3 yang terlihat diatas, hasil pengukuran temperatur air di Sungai Code telah memenuhi baku mutu kelas II (bagian hulu) dan baku mutu kelas III (bagian hilir). Baku mutu yang digunakan dalam

perbandingan hasil pengukuran mengacu pada Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Berdasarkan Pergub DIY No. 20 Tahun 2008, bahwa baku mutu untuk temperatur air sungai kelas II dan kelas II adalah deviasi 3.

4.3.2 Derajat Keasaman (pH)

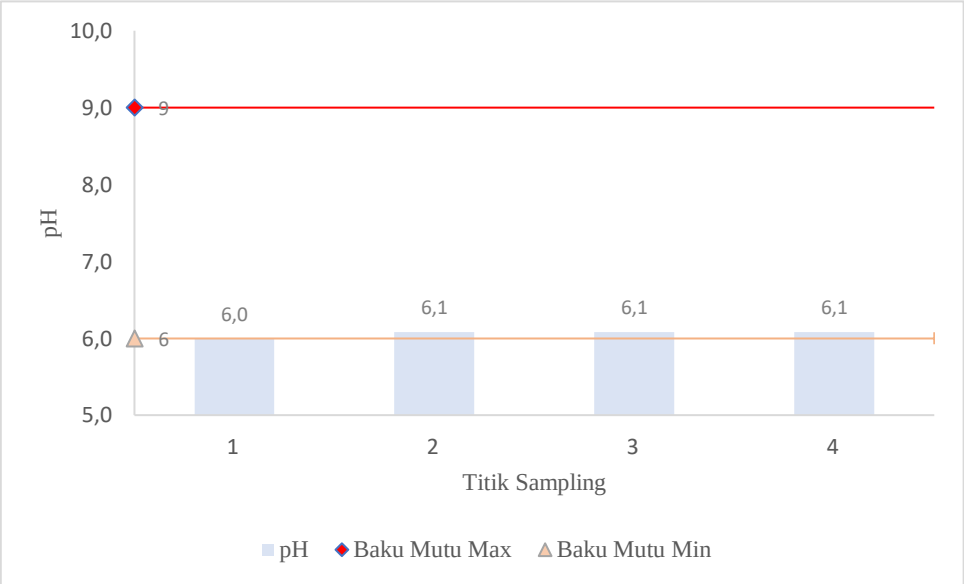
Derajat keasaman (pH) merupakan ukuran untuk menentukan sifat asam dan basa suatu zat. Terjadinya perubahan pH di suatu perairan sangatlah berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, ataupun biologi dari organisme yang terdapat di dalamnya. Derajat keasaman (pH) juga memiliki hubungan terhadap suhu, dimana suhu dapat meningkatkan laju reaksi kimia dalam air termasuk di dalamnya asam-basa, maka dari itu kenaikan suhu di air dapat menyebabkan adanya kenaikan pH (Yolanda, 2023). Proses kimiawi yang terjadi di perairan seperti reaksi asam-basa, reaksi pengenceran, reaksi oksidasi-reduksi, dan reaksi kompleks lainnya dipengaruhi oleh pH. Menurut WHO, standar baku mutu air minum untuk parameter pH berada di rentang 6,5 – 8,5 (Saalidong dkk., 2022). Berikut merupakan hasil pengukuran pH yang dilakukan di Sungai Code, terlihat pada Tabel 4.6, dan Tabel 4.7.

Tabel 4. 6 Nilai pH Sungai Code pada Hari Selasa, dan Minggu

Titik	**pH**		**Baku Mutu PERGUB Prov. DIY No. 20 Tahun 2008**
	Selasa	**Minggu**	
Titik 1	6,17	5,83	6 - 9
Titik 2	6,00	6,17	6 - 9
Titik 3	6,17	6,00	6 - 9
Titik 4	6,17	6,00	6 - 9

Tabel 4. 7 Nilai Rerata pH Sungai Code

pH			
Titik	**Rata-Rata**	**Baku Mutu Min**	**Baku Mutu Max**
Titik 1	6,0	6	9
Titik 2	6,1	6	9
Titik 3	6,1	6	9
Titik 4	6,1	6	9



Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan pH dengan Baku Mutu

Berdasarkan Tabel 4.6, terlihat bahwa hasil pengukuran pH yang dilakukan secara langsung di Sungai Code berkisar 5,83 – 6,17. Nilai pH tertinggi berdasarkan pengukuran di hari Selasa dan Minggu bernilai 6,17, sedangkan nilai terendah terdapat di titik 1 (hari Minggu) dengan besaran nilai 5,83. Nilai pH di titik 1 (hari Minggu) tidak memenuhi baku mutu yang digunakan (6 – 9) dengan besaran nilai 5,83.

Berdasarkan Tabel 4.7 terlihat bahwa nilai rerata pH Sungai Code berkisar antara 6,0 – 6,1. Nilai pH Sungai Code yang didapatkan dari pengukuran secara langsung telah memenuhi baku mutu Pergub No. 20 Tahun 2008, dimana baku mutu pH untuk kelas II dan kelas III berkisar antara 6 – 9. Nilai pH Sungai Code berdasarkan Gambar 4.4 di titik 1 mendekati ambang

baku mutu minimum. Rendahnya nilai pH di perairan dapat diakibatkan oleh penurunan konsentrasi karbon dioksida (Raven dkk., 2020).

Naik turunnya nilai pH juga dapat dipengaruhi oleh proses fotosintesis yang disebabkan tanaman di sekitar sungai. Proses fotosintesis menghasilkan oksigen yang berakibat naiknya nilai pH, sedangkan proses respirasi aerobik membutuhkan oksigen yang berakibat turunnya nilai pH (Hamid dkk., 2020).

4.3.3 *Total Suspended Solid* (TSS)

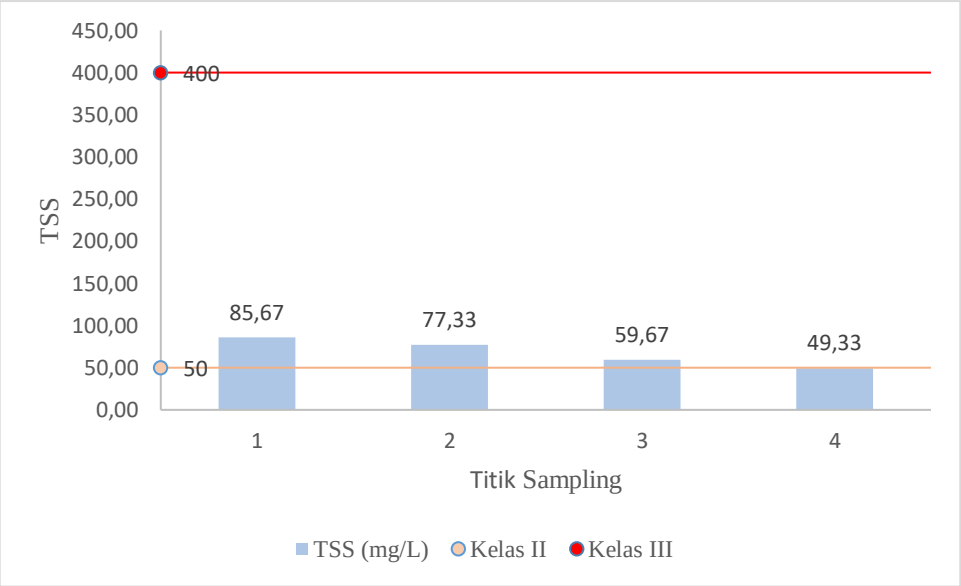
Total Suspended Solid (TSS) terdiri atas jasad renik, lumpur, pasir halus, yang diakibatkan oleh kikisan tanah yang kemudian terbawa ke badan air. Kandungan TSS yang tinggi di perairan dapat mengakibatkan kekeruhan dan berakibat menghambat penetrasi cahaya matahari untuk masuk ke dalam perairan (Lestari Riyandini dkk., 2020). TSS memiliki keterkaitan terhadap tubiditas (kekeruhan), dimana substansi bercampur dengan air secara bervariasi dan membentuk kekeruhan di dalam air (Ustaoğlu dkk., 2020). Tingginya konsentrasi TSS di perairan menyebabkan perairan tidak dapat difungsikan sebagaiman mestinya seperti untuk air minum, sarana penunjang biodiversitas, dan sebagainya. Tingginya konsentrasi TSS di perairan disebabkan oleh beberapa faktor seperti perubahan iklim, urbanisasi yang berakibat menambahnya jumlah penduduk, air limbah buangan, perubahan tata guna lahan, dan sebagainya (G. E. Adjovu dkk., 2023). Berikut terdapat hasil pengujian konsentrasi TSS Sungai Code, terlihat Tabel 4.8, dan Tabel 4.9.

Tabel 4. 8 Nilai TSS Sungai Code pada Hari Selasa, dan Minggu

Titik	**TSS (mg/L)**		**Baku Mutu PERGUB Prov. DIY No. 20 Tahun 2008**	**Kelas**
	Selasa	**Minggu**		
Titik 1	28,0	143,3	50	Kelas II
Titik 2	18,7	136,0	50	Kelas II
Titik 3	22,7	96,7	400	Kelas III
Titik 4	22,0	76,7	400	Kelas III

Tabel 4. 9 Nilai Rerata TSS Sungai Code

TSS			
Titik	**TSS (mg/L)**	**Baku Mutu PERGUB DIY No. 20 Tahun 2008 (mg/L)**	**Kelas**
Titik 1	85,67	50	Kelas II
Titik 2	77,33	50	Kelas II
Titik 3	59,67	400	Kelas III
Titik 4	49,33	400	Kelas III



Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Nilai TSS Sungai Code dengan Baku Mutu

Berdasarkan Tabel 4.8 nilai konsentrasi TSS Sungai Code yang dilakukan pengukuran di hari Selasa, dan Minggu berkisar antara 18,7 – 143,3 mg/L. Nilai tertinggi konsentrasi TSS Sungai Code terdapat di titik 1 (hari Minggu) dengan besaran nilai 143,3 mg/L, sedangkan nilai konsentrasi TSS terendah terdapat di titik 2 (hari Selasa) bernilai 18,7 mg/L. Menurut Tabel 4.8, terlihat bahwa pengukuran yang dilakukan pada hari Minggu di titik 1, dan 2

melebih baku mutu kelas II (50 mg/L) yaitu titik 1 bernilai 143,3 mg/l; dan titik 2 bernilai 126,0 mg/L.

Berdasarkan Tabel 4.9 nilai konsentrasi TSS Sungai Code berkisar 49,33 – 85,67 mg/L. Nilai konsentrasi TSS tertinggi berada di titik 1 dengan nilai konsentrasi 85,67 mg/L, sedangkan nilai konsentrasi TSS terendah berada di titik 4 dengan nilai konsentrasi 49,33 mg/L. Semakin sedikit tutupan vegetasi di sepanjang DAS serta semakin beragamnya penggunaan lahan dapat menyebabkan kondisi kualitas air sungai menjadi semakin buruk, hal ini dapat diakibatkan oleh aktivitas pertanian serta pemukiman (Viona, 2019). Tingginya nilai konsentrasi TSS di titik 1 dapat diakibatkan oleh beberapa faktor yang terdapat di sekitar lokasi, seperti aktivitas pertanian ataupun tutupan vegetasi, serta aktivitas rumah tangga. Kondisi eksisting di sekitar titik 1 terdapat tutupan vegetasi yang cukup luas di sepanjang DAS, sedangkan di sekitar titik 4 keberadaan tutupan vegetasi sangatlah sedikit dan didominasi oleh padatnya pemukiman penduduk.

Berdasarkan Gambar 4.5, terlihat grafik perbandingan nilai TSS Sungai Code dengan baku mutu yang digunakan yaitu Pergub No. 20 Tahun 2008, dimana nilai konsentrasi di titik 1dan titik 2 melebihi baku mutu yang ditetapkan. Nilai konsentrasi di titik 1 berkisar 85,67 mg/L dan titik 2 berkisar 77,33 mg/L, sedangkan baku mutu yang berlaku untuk kelas II adalah 50 mg/L. Namun, di titik selanjutnya seperti titik 3 hingga titik 4 telah memenuhi baku mutu dengan nilai konsentrasi 59,67 mg/L dan 49,33 mg/L dimana baku mutu yang digunakan adalah kelas III dengan nilai batas maksimal 400 mg/L.

4.3.4 *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) dapat didefinisikan sebagai banyaknya jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh organisme ketika pemecahan bahan organik pada kondisi aerobik. Pemeceahan bahan organik disini dapat diartikan bahwa dalam bahan organik digunakan oleh sebuah organisme

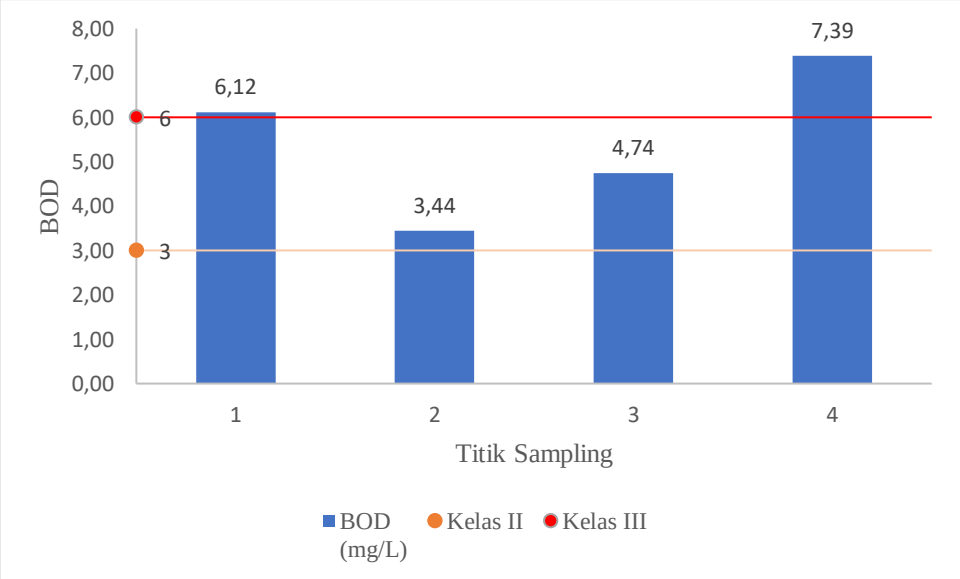
sebagai bahan makanan dan sumber energi (Viona, 2019). Berikut merupakan hasil pengujian BOD Sungai Code yang terlihat pada Tabel 4.10, dan Tabel 4.11.

Tabel 4. 10 Nilai BOD Sungai Code pada Hari Selasa, dan Minggu

Titik	BOD		Baku Mutu PERGUB Prov. DIY No. 20 Tahun 2008
	Selasa	Minggu	
Titik 1	6,68	5,55	3
Titik 2	3,27	3,61	3
Titik 3	4,89	4,59	6
Titik 4	7,19	7,58	6

Tabel 4. 11 Hasil Pengujian BOD Sungai Code

BOD			
Titik	BOD (mg/L)	Baku Mutu PERGUB DIY No. 20 Tahun 2008 (mg/L)	Kelas
Titik 1	6,12	3	Kelas II
Titik 2	3,44	3	Kelas II
Titik 3	4,74	6	Kelas III
Titik 4	7,39	6	Kelas III



Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Nilai Konsentrasi BOD Sungai Code dengan Baku Mutu

Berdasarkan Tabel 4.10 nilai konsentrasi BOD Sungai Code yang dilakukan pengukuran pada hari Selasa, dan Minggu berkisar antara 3,27 – 7,58 mg/L. Nilai konsentrasi BOD tertinggi berada di titik 4 (hari Minggu) dengan besaran nilai 7,58 mg/L, sedangkan nilai konsentrasi BOD terendah berada di titik 2 (hari Selasa) dengan besaran nilai 3,27 mg/L. Terdapat nilai konsentrasi BOD yang tidak memenuhi baku mutu berdasarakan kelasnya. Untuk baku mutu kelas II (3 mg/L) yang tidak memenuhi baku mutu terdapat di titik 1 (hari Selasa) dengan nilai 6,68 mg/L; titik 1 (hari Minggu) dengan nilai 5,55 mg/L; titik 2 (hari Selasa) dengan nilai 3,27 mg/L; dan titik 2 (hari Minggu) dengan nilai 3,61 mg/L. Untuk baku mutu kelas III (6 mg/L) yang tidak memenuhi baku mutu terdapat di titik 4 (hari Selasa) dengan nilai 7,19 mg/L; dan titik 4 (hari Minggu) dengan nilai 7,58 mg/L.

Berdasarkan Tabel 4.11 nilai konsentrasi BOD Sungai Code berkisar antara 3,44 – 7,39 mg/L. Nilai konsentrasi BOD tertinggi berada di titik 4 dengan nilai 7,39 mg/L, sedangkan nilai konsentrasi BOD terendah berada di titik 3 dengan nilai 3,44 mg/L. Semakin tinggi nilai konsentrasi BOD yang berada di suatu perairan menunjukkan bahwa perairan tersebut semakin tercemar. Tingginya nilai BOD berakibat adanya penipisan kadar oksigen dalam air sehingga menyebabkan kematian pada biota air dan menimbulkan bau yang tak sedap (Asrori, 2021). Keberadaan komponen organik di perairan dengan kondisi tidak normal dapat mengakibatkan adanya peningkatan konsentrasi BOD dan menyebabkan turunnya konsentrasi DO (*Dissolved Oxygen*) di perairan (Mustapha dkk., 2013).

Berdasarkan Gambar 4.6 nilai konsentrasi BOD di titik 1 dan titik 2 memenuhi baku mutu kelas II dengan nilai pada masing-masing titik adalah 6,12 mg/L, dan 3,44 mg/L, sedangkan baku mutu kelas II adalah 3 mg/L. Nilai konsentrasi BOD di titik 3 memenuhi baku mutu kelas III dengan nilai konsentrasi sebesar 4,74 mg/L. Nilai konsentrasi BOD di titik 4 tidak

memenuhi baku mutu kelas III dengan nilai konsentrasi sebesar 7,39 mg/L, sedangkan nilai baku mutu kelas III adalah 6 mg/L.

4.3.5 *Dissolved Oxygen* (DO)

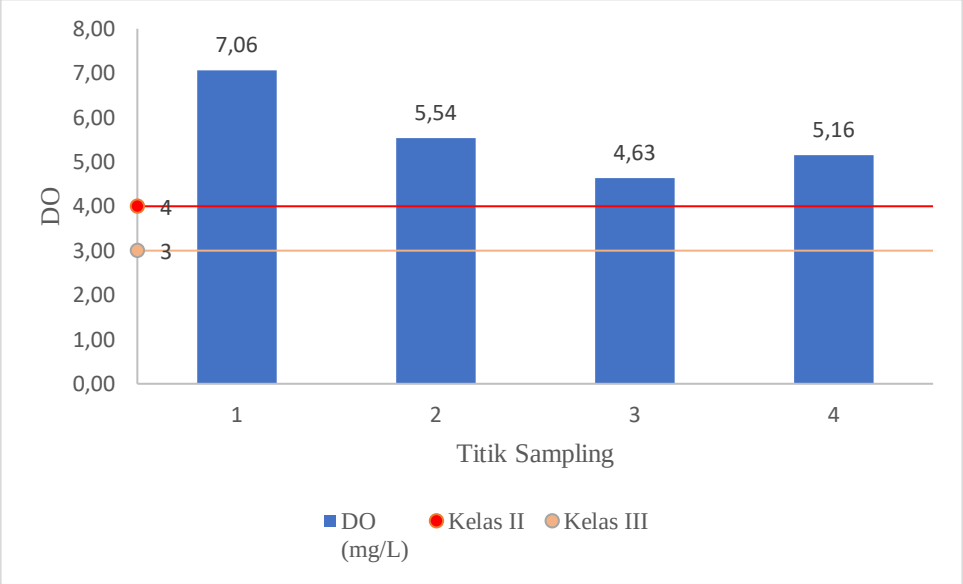
Dissolved oxygen (DO) merupakan oksigen terlarut yang terdapat di perairan. DO sendiri merupakan parameter penting sebagai indikator kualitas air serta merefleksikan proses fisik dan biologi yang terjadi di dalam air. Nilai DO mengindikasikan tingkatan polusi (diakibatkan oleh pembusukan komponen organik) di badan air. Berikut merupakan hasil pengujian nilai DO Sungai Code yang terlihat pada Tabel 4.12, dan Tabel 4.13

Tabel 4. 12 Nilai DO Sungai Code pada Hari Selasa, dan Minggu

Titik	**DO**		**Baku Mutu PERGUB Prov. DIY No. 20 Tahun 2008**
	Selasa	**Minggu**	
Titik 1	6,86	7,26	4
Titik 2	5,43	5,65	4
Titik 3	4,06	5,20	3
Titik 4	5,31	5,00	3

Tabel 4. 13 Nilai Rerata DO Sungai Code

DO			
Titik	**DO (mg/L)**	**Baku Mutu PERGUB DIY No. 20 Tahun 2008 (mg/L)**	**Kelas**
Titik 1	7,06	4	Kelas II
Titik 2	5,54	4	Kelas II
Titik 3	4,63	3	Kelas III
Titik 4	5,16	3	Kelas III



Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Nilai Konsentrasi DO Sungai Code dengan Baku Mutu

Berdasarkan Tabel 4.12 nilai konsentrasi DO Sungai Code yang dilakukan pengukuran hari Selasa, dan Minggu berkisar antara 4,06 - 7,26 mg/L. Nilai konsentrasi DO tertinggi terdapat di titik 1 (hari Minggu) dengan besaran nilai 7,26 mg/L, sedangkan nilai terendah terdapat di titik 3 (hari Selasa) dengan besaran nilai 4,06 mg/L. Pengukuran nilai konsentrasi DO Sungai Code yang dilakukan di hari Selasa, dan Minggu telah memenuhi baku mutu. Baku mutu untuk parameter DO merupakan batas minimum nilai konsentrasi DO di perairan.

Berdasarkan Tabel 4.13 nilai konsentrasi DO Sungai Code berkisar antara 4,63 – 7,06 mg/L. Nilai konsentrasi DO tertinggi berada di titik 1 dengan nilai sebesar 7,06 mg/L, sedangkan nilai konsentrasi DO terendah berada di titik 3 dengan nilai sebesar 4,63 mg/L. Jumlah konsentrasi DO di perairan merefleksikan adanya kehidupan di perairan. Rendahnya konsentrasi DO (hipoksia) yang timbul dari eutrofikasi menyebabkan adanya zona mati di perairan. Rendahnya konsentrasi DO juga memicu adanya denitrifikasi dan lepasnya kandungan kimia seperti fosfor reaktif, dan logam beracun (As, Cr) dari endapan tercemar. Adanya kandungan di perairan dapat dihasilkan dari pelarutan gas O_2 dan proses fotosintesis yang terjadi di perairan. Berdasarkan

teori Henry, semakin tinggi temperatur maka konsentrasi DO akan mengalami penurunan, begitu pula dengan semakin tinggi elevasi (kedalaman) maka konsentrasi DO akan semakin menurun. Konsentrasi DO seringkali berada pada ambang minimum ketika musim kering, karena tingkat konsumsi DO melalui respirasi berada pada titik puncak (Zhi dkk., 2021).

Berdasarkan Gambar 4.7 terlihat perbandingan nilai konsentrasi DO Sungai Code dengan baku mutu yang berlaku, konsentrasi DO Sungai Code telah memenuhi baku mutu. Baku mutu yang berlaku merupakan batas minimum konsentrasi DO yang terkandung di dalam perairan. Baku mutu DO untuk kelas II memiliki besaran 4 mg/L, sedangkan untuk kelas III memiliki besaran 3 mg/L.

4.3.6 Nitrat

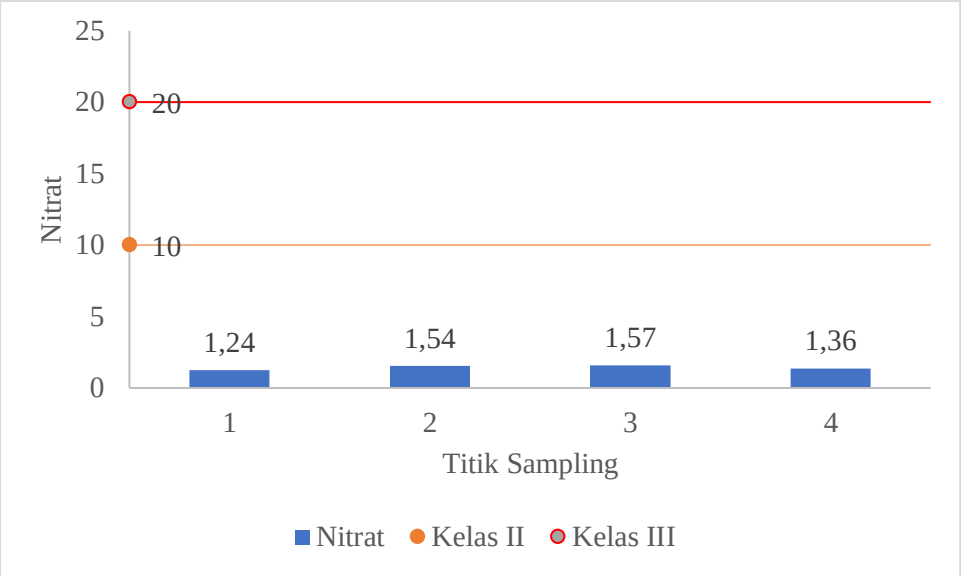
Nitrat merupakan salah satu bentuk variasi dari nitrogen yang diperlukan sebagai nutrien untuk pertumbuhan tanaman (Matiatos dkk., 2021). Faktor utama sumber pencemar nitrat berasal dari limbah agrikultural, domestik, dan industri yang berada di sekitar badan air (Crooks dkk., 2021). Berikut merupakan hasil pengujian konsentrasi nitrat di Sungai Code yang terlihat pada Tabel 4.14, dan Tabel 4.15.

Tabel 4. 14 Nilai Nitrat Sungai Code pada Hari Selasa, dan Minggu

Titik	**Nitrat**		**Baku Mutu PERGUB Prov. DIY No. 20 Tahun 2008**
	Selasa	**Minggu**	
Titik 1	1,66	0,82	10
Titik 2	1,20	1,89	10
Titik 3	1,30	1,84	20
Titik 4	1,36	1,36	20

Tabel 4. 15 Nilai Rerata Nitrat Sungai Code

Nitrat			
Titik	**Nitrat (mg/L)**	**Baku Mutu PERGUB DIY No. 20 Tahun 2008 (mg/L)**	**Kelas**
1	1,24	10	Kelas II
2	1,54	10	Kelas II
3	1,57	20	Kelas III
4	1,36	20	Kelas III



Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai Konsentrasi Nitrat Sungai Code dengan Baku Mutu

Berdasarkan Tabel 4.14 terlihat nilai konsentrasi nitrat di Sungai Code yang dilakukan pengukuran pada hari Selasa, dan Minggu. Nilai konsentrasi nitrat tertinggi terdapat di titik 2 (hari Minggu) dengan nilai sebesar 1,89 mg/L, sedangkan nilai konsentrasi terendah terdapat di titik 2 (hari Selasa) dengan nilai sebesar 1,20 mg/L. Nilai konsentrasi nitrat yang didapatkan dari hasil pengukuran pada hari Selasa, dan Minggu tidak melebihi baku mutu yang ditentukan.

Berdasarkan Tabel 4.15 terlihat nilai konsentrasi rerata nitrat di Sungai Code. Nilai konsentrasi nitrat tertinggi terdapat di titik 3 dengan nilai sebesar 1,57 mg/L, sedangkan nilai konsentrasi nitrat terendah terdapat di titik 1 dengan nilai sebesar 1,24 mg/L. Tingginya konsentrasi nitrat di sungai dapat disebabkan oleh masukan bahan organik yang berasal dari aktivitas manusia di sekitar perairan, masukan limbah rumah tangga, dan limbah pertanian yang terbawa langsung menuju badan air (Hellen dkk., 2020).

Berdasarkan Gambar 4.8 terlihat grafik perbandingan konsentrasi nitrat di Sungai Code dengan baku mutu yang berlaku. Berdasarkan gambar tersebut tidak ada nilai konsentrasi nitrat di Sungai Code yang melebihi baku mutu yang digunakan. Baku mutu yang digunakan untuk kelas II memiliki nilai besaran 10 mg/L, sedangakn baku mutu yang digunakan untuk kelas III memiliki nilai besaran 20 mg/L.

4.3.7 Total Fosfat Sebagai PO_4^{3-}

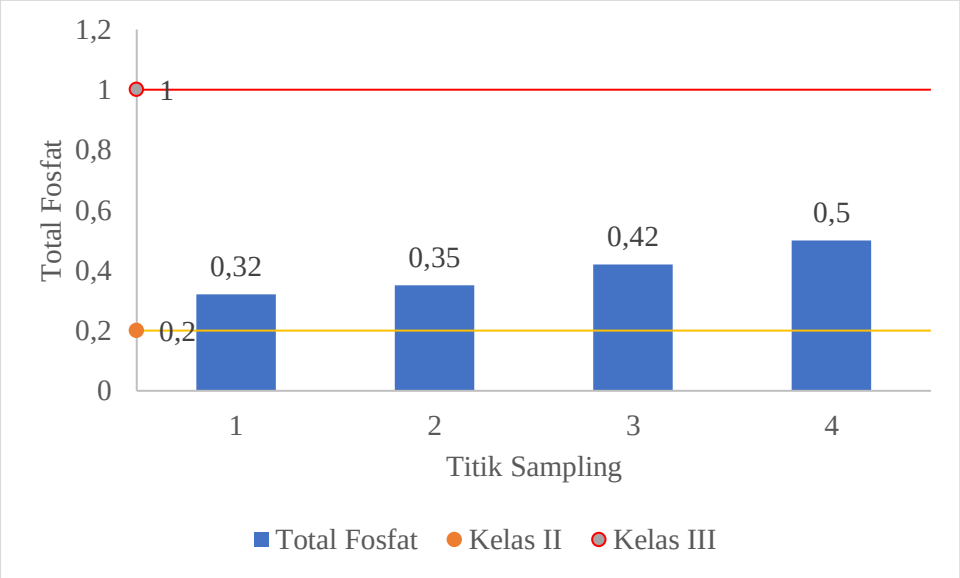
Fosfat merupakan makronutrien penting untuk biota, namun juga dapat menjadi sebuah polutan dikarenakan menyebabkan beban pencemar yang berlebih di perairan. Sumber alami fosfat berasal dari pelapukan batu, namun sumber utama fosfat sekarang mayoritas berasal dari pupuk (Mallin & Cahoon, 2020). Berikut merupakan hasil pengujian konsentrasi total fosfat di Sungai Code yang terlihat pada Tabel 4.16, dan Tabel 4.17.

Tabel 4. 16 Nilai Total Fosfat Sungai Code pada Hari Selasa, dan Minggu

Total Fosfat			
Titik	**Total Fosfat (mg/L)**	**Baku Mutu PERGUB DIY No. 20 Tahun 2008 (mg/L)**	**Kelas**
1	0,32	0,2	Kelas II
2	0,35	0,2	Kelas II
3	0,42	1	Kelas III
4	0,50	1	Kelas III

Tabel 4. 17 Nilai Rerata Total Fosfat Sungai Code

Titik	Total Fosfat		Baku Mutu PERGUB Prov. DIY No. 20 Tahun 2008
	Selasa	Minggu	
Titik 1	0,20	0,44	0,2
Titik 2	0,24	0,46	0,2
Titik 3	0,29	0,54	1
Titik 4	0,33	0,67	1



Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Nilai Konsentrasi Total Fosfat Sungai Code dengan Baku Mutu

Berdasarkan Tabel 4.16 terlihat nilai konsentrasi total fosfat Sungai Code yang dilakukan pengukuran pada hari Selasa, dan Minggu. Nilai tertinggi konsentrasi total fosfat terdapat di titik 4 (hari Minggu) dengan nilai sebesar 0,67 mg/L, sedangkan nilai terendah terdapat di titik 1 (hari Selasa) dengan nilai sebesar 0,20 mg/L. Konsentrasi total fosfat menurut Tabel 4.16 terlihat di beberapa titik melebihi baku mutu yang digunakan, seperti di titik 1 (hari Minggu) dengan nilai sebesar 0,44 mg/L; dan titik 2 (hari Minggu) dengan nilai

sebesar 0,46 mg/L, sedangkan baku mutu yang ditetapkan merupakan kelas II dengan besaran nilai 0,2 mg/L.

Berdasarkan Tabel 4.17 terlihat nilai konsentrasi rerata total fosfat Sungai Code. Nilai tertinggi konsentrasi total fosfat terdapat di titik 4 dengan nilai sebesar 0,50 mg/L, sedangkan nilai terendah terdapat di titik 1 dengan nilai sebesaar 0,32 mg/L. Tingginya nilai konsentrasi total fosfat di perairan dapat disebabkan oleh air limbah yang berasal dari aktivitas agrikultural (Crooks dkk., 2021). Tingginya konsentrasi total fosfat di suatu perairan dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi ataupun *algae bloom* (meledaknya jumlah alga di perairan) (Mallin & Cahoon, 2020).

Berdasarkan Gambar 4.9 terlihat grafik perbandingan nilai konsentrasi total fosfat dengan baku mutu yang digunakan. Konsentrasi total fosfat menurut Gambar 4.8 terlihat di beberapa titik melebih baku mutu yang digunakan, seperti di titik 1 dengan nilai sebesar 0,32 mg/L; dan di titik 2 dengan nilai sebesar 0,35 mg/L, sedangkan baku mutu yang ditetapkan merupakan kelas II dengan besaran nilai 0,2 mg/L.

4.4 Sumber Pencemar Sungai Code

Setiap segmentasi sungai, terdapat *effluent* limbah yang masuk ke badan Sungai Code yang berasal dari berbagai jenis sumber pencemar seperti limbah domestik, limbah industri, limbah pertanian, drainase, dan sebagainya. Setiap sumber pencemar memiliki karakteristik limbah yang berbeda satu sama lainnya. Pada penelitian ini, sumber pencemar dikategorikan menjadi dua, yaitu *point source* dan *diffuse source*. *Point source* merupakan sumber pencemar yang berasal dari saluran pembuangan berupa satu titik pembuangan, seperti halnya saluran drainase. *Diffuse source* merupakan sumber pencemar yang tidak hanya berasal dari satu sumber pencemar, atau singkatnya merupakan kumpulan dari berbagai sumber pencemar yang langsung masuk ke badan sungai. Adanya *point source* dan *diffuse source* dapat mengubah kualitas suatu badan air air dikarenakan bahan pencemar

yang terbawa oleh air limbah. Berikut merupakan jenis sumber pencemar yang terdapat di Sungai Code, terlihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Sumber Pencemar di Sungai Code

Segmen	Sumber Pencemar		Konsentrasi TSS (mg/L)		Konsentrasi DO (mg/L)		Konsentrasi BOD (mg/L)		Konsentrasi Nitrat (mg/L)		Konsentrasi Total Fosfat (mg/L)	
	Point Source	*Diffuse Source*	*Point Source**	*Diffuse Source***	*Point Source**	*Diffuse Source***	*Point Source**	*Diffuse Source***	*Point Source**	*Diffuse Source***	*Point Source**	*Diffuse Source***
1	Drainase	-	44	-	7,31	-	13,80	-	0,21	-	1,76	-
	Drainase	Limbah Domestik	26	63	3,42	5,20	5,88	1,10	2,56	2,06	0,87	0,40
2	Drainase	Limbah Domestik	30	10	3,01	3,90	3,67	10,00	6,76	1,56	0,47	0,50
	-	Limbah Domestik	-	20	-	8,00	-	4,00	-	0,07	-	1,30
3	Drainase	Pertanian	104	20	3,21	16,00	33,90	38,00	1,30	0,08	1,46	0,99
	Drainase	Limbah Domestik	36	10	3,05	18,00	18,80	50,00	0,34	0,09	1,33	1,77
	Drainase	-	70	-	2,46	-	20,30	-	0,08	-	1,31	-

(*) Hasil Pengujian Laboratorium

(**) Hasil dari *trial and error,* pendekatan data, dan berbagai sumber

Berdasarkan Tabel 4.18, pengambilan sampel sumber pencemar hanya dilakukan pada *point source*, sedangkan sumber pencemar pada *diffuse source* tidak dilakukan pengambilan sampel. Sampel yang berasal dari sumber pencemar *point source* dilakukan pengujian di Laboratorium Kualitas Air FTSP UII untuk didapatkan hasil konsentrasi yang akurat. Sumber pencemar *diffuse source* dilakukan pendekatan sesuai dengan rentang nilai setiap jenis parameter dengan cara melakukan *trial and error* pada setiap nilai konsentrasi masing-masing konsentrasi.

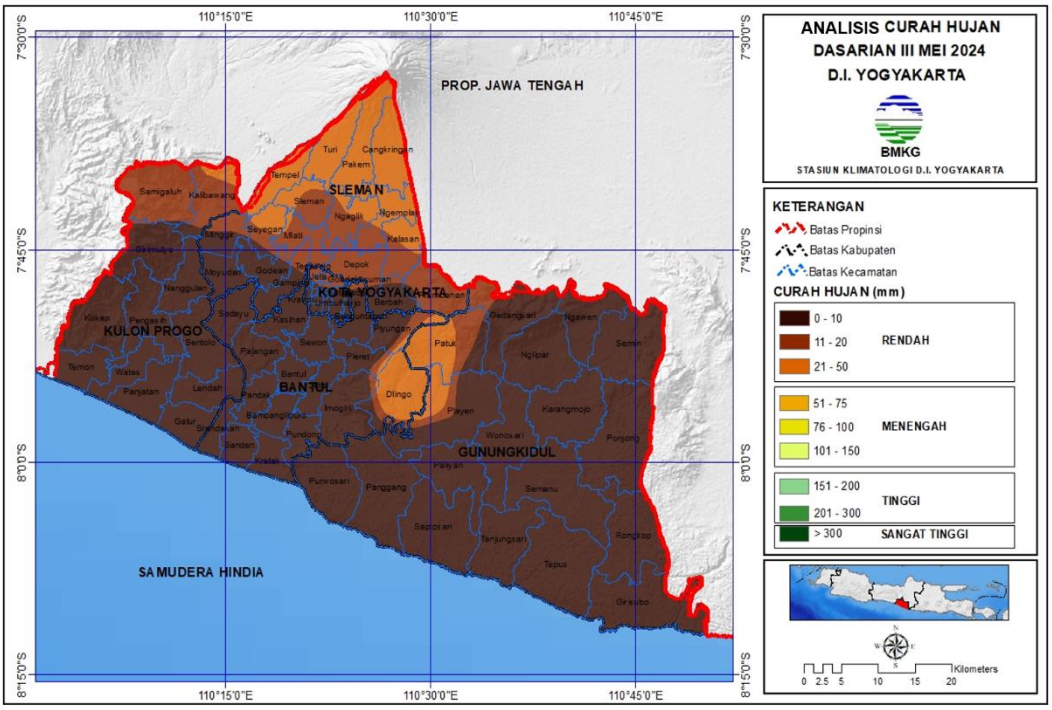
Berdasarkan penelitian yang dilakukan Marlina dkk., 2020di Sungai Code, rentang nilai konsentrasi parameter TSS yang didapatkan berkisar antara 50 – 110 mg/L. Kemudian untuk parameter fosfat memiliki rentang nilai konsentrasi antara 0,05 – 0,25 mg/L. Pada penelitian ini untuk rentang nilai dari parameter TSS yang bersumber dari *point source* berkisar antara 26 – 104 mg/L. Sedangkan menurut penelitian yang dilakukan Biantoro (2023) konsentrasi pencemar untuk parameter TSS yang bersumber dari *point source* memiliki rentang antara 2 – 480 mg/L. Kemudian untuk parameter fosfat memiliki rentang nilai antara 0,06 – 0,27 mg/L.

Nilai konsentrasi yang bersumber dari *point source* dalam penelitian ini didapatkan dari hasil pengujian dan pengambilan sampel secara langsung. Pengujian nilai konsentrasi pencemar dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Sumber pencemar *point source* didominasi oleh saluran drainase yang terhubung atau buangan *outlet* langsung menuju ke badan air (Sungai Code).

Namun, untuk nilai konsentrasi yang bersumber dari *diffuse source* dalam penelitian ini didapatkan menggunakan metode *trial and error*, pendekatan, serta sumber lainnya. Penggunaan metode ini berguna untuk mendapatkan hasil model kualitas air sungai yang mendekati dengan data aktual.

Intensitas curah hujan di musim kering cenderung lebih rendah dibandingkan di musim hujan. Berdasarkan data dari BMKG pada dasarian III bulan Mei (21-31)

di provinsi DI. Yogyakarta sendiri memiliki intensitas curah hujan berkisar 0 – 50 mm. Berikut peta intensitas curah hujan yang terlihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Peta Intensitas Curah Hujan D.I. Yogyakarta

Berdasarkan Gambar 4.10, untuk wilayah Kota Yogyakarta sendiri memiliki intensitas curah hujan sebesar 10 mm per harinya. Hal ini menimbulkan adanya kemungkinan masih terjadi hujan walaupun jarang apabila mengacu pada intensitas curah hujan tersebut. Berikut merupakan debit *runoff* yang dapat masuk ke dalam aliran sungai, terlihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Perhitungan Debit *Runoff*

No.	Pelayanan	Segmen	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	Blok 1	Segmen 1	1-2	9,68	Pemukiman	0,6	50%	4,84	2,9			0,040	
					Jalan	0,8	30%	2,90	2,3			0,032	
					Lahan Hijau	0,2	20%	1,94	0,4	0,58		0,005	0,078
2	Blok 2	Segmen 2	2-3	7,14	Pemukiman	0,6	60%	4,284	2,6			0,036	
					Jalan	0,8	35%	2,499	2,0		5	0,028	
					Lahan Hijau	0,2	5%	0,357	0,1	0,65		0,001	0,064
3	Blok 3	Segmen 3	3-4	4,38	Pemukiman	0,6	50%	2,19	1,3			0,018	
					Jalan	0,8	20%	0,876	0,7			0,010	
					Lahan Hijau	0,2	30%	1,314	0,3	0,52		0,004	0,032

4.5 Pemodelan Kualitas Air Sungai Code Menggunakan QUAL2K

QUAL2K merupakan perangkat lunak pemodelan kualitas air satu-dimensi yang dikembangkan oleh US EPA (*US Environmental Protection Agency*). QUAL2K merupakan versi modern dari QUAL2E (Q2E) model yang dikembangkan oleh Brown dan Barnwell di tahun 1987. Secara umum QUAL2K tidak hanya digunakan untuk sistem sungai yang kompleks saja, namun juga untuk *intake*, *outlet*, dan *inflow* yang banyak. Persamaan dasar dalam pemodelan kualitas air QUAL2K adalah pengantaran materi adveksi-dispersi satu-dimensi dan persamaan reaksi tersebut mempertimbangkan adveksi-dispersi, dilusi, *self-reaction* dengan komponen kualitas air, dan interaksi yang terjadi diantaranya.

Pada penelitian ini, pemodelan kualitas air Sungai Code menggunakan QUAL2K versi 2.12. Hal pertama yang dilakukan adalah dengan menginput data-data yang didapat dari hasil pengambilan sampel di Sungai Code, seperti data kualitas air di hulu (*worksheet headwater*), data di setiap segmen (*worksheet reach*), serta data pendukung seperti *air temperature*, *wind speed*, dan *cloud cover*. Kemudian menginput data pencemar berupa *point source* dan *diffuse source* pada masing-masing *worksheet* (*point source* dan *diffuse source worksheet*). Setelah itu dapat dilanjutkan dengan menginput data hidrolik sungai di *worksheet hydraulics data* dan *temperature data*. Kemudian memasukkan data kualitas air di *worksheet WQ data*, *WQ data min*, dan *WQ data max*. *Worksheet* yang terdapat pada QUAL2K memiliki perbadaan warna dan fungsi dalam setiap *worksheet*-nya, antara lain :

1. ***Workseeht biru***, difungsikan sebagai input data berupa parameter yang akan dimasukkan oleh pengguna.
2. ***Worksheet kuning***, difungsikan sebagai input data yang akan dimasukkan oleh pengguna, kemudian hasil *output data* yang dihasilkan oleh QUAL2K akan berupa grafis.
3. ***Worksheet hijau***, difungsikan sebagai hasil data yang dikeluarkan oleh model QUAL2K.

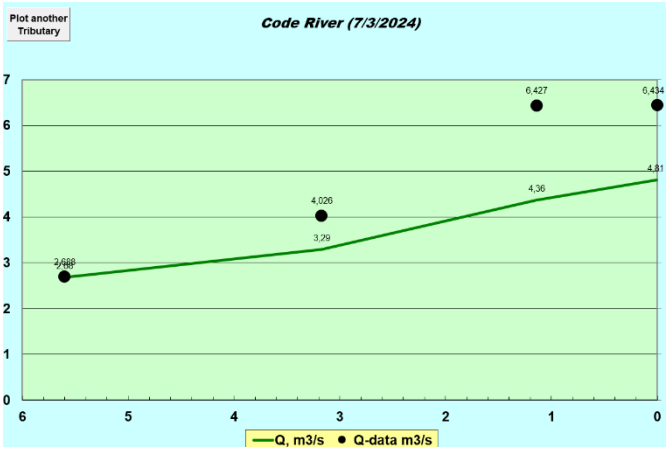
Setiap lembar kerja yang terdapat di QUAL2K memiliki tiga opsi yang berada di atas *sheet* dengan fungsi yang berbeda, antara lain :

1. *Open file*, memiliki fungsi untuk memilih data yang akan dibuka. *Software* QUAL2K akan menghasilkan file yang memiliki format .q2k.
2. *Run Fortran*, memiliki fungsi untuk mengolah data yang telah dimasukkan (diinput) ke dalam *sheet* atau *running model* dalam versi Fortran dan akan menjadi file yang akan menyimpan segala informasi yang telah dimasukkan. Dalam versi terdahulu terdapat 2 (dua) metode pengolahan model yaitu VBA, dan Fortran, perbedaan ini terdapat dalam kecepata proses pengolahan data. Fortran lebih cepat dibandingkan dengan VBA dikarenakan Fortran merupakan *complied executeable program*.

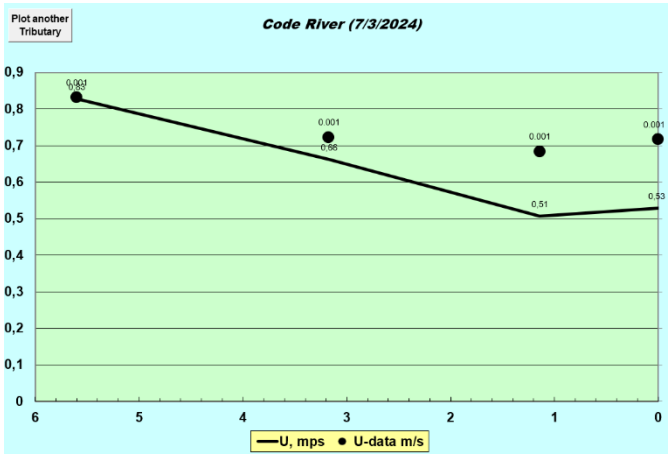
4.5.1 Hasil Model Sebelum Dilakukan Kalibrasi

Setelah didapatkan data berupa data hidrolik, data kualitas air, serta data sumber pencemar, langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai-nilai dari data tersebut ke dalam *worksheet* yang terdapat di QUAL2K. Data hidrolik yang didapat diinput ke dalam *worksheet hydraulics data*, sedangkan untuk data kualitas air diinput ke dalam *workshett WQ data*, dan data untuk sumber pencemar diinput ke dalam *worksheet point source* dan *diffuse source*.

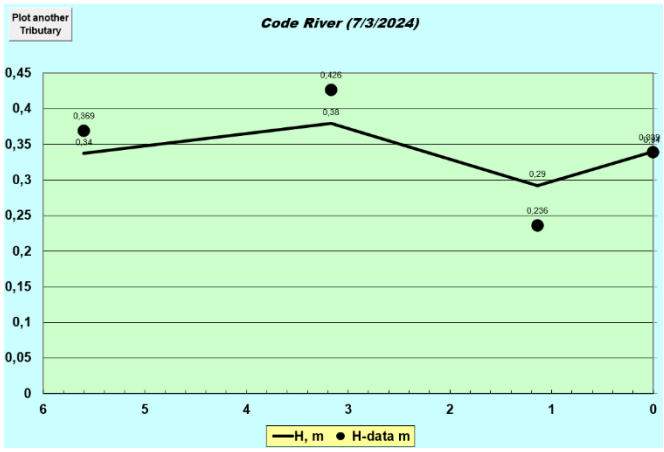
Pengukuran nilai konsentrasi pencemar pada *diffuse source* dilakukan dengan cara pendekatan dan *trial error* dikarenakan terdapat kesulitan dalam pengukuran konsentrasinya. Berikut merupakan hasil model dari data hidrolik serta kualitas air sebelum dilakukan kalibrasi terhadap model, terlihat pada Gambar 4.11 hingga Gambar 4.17.



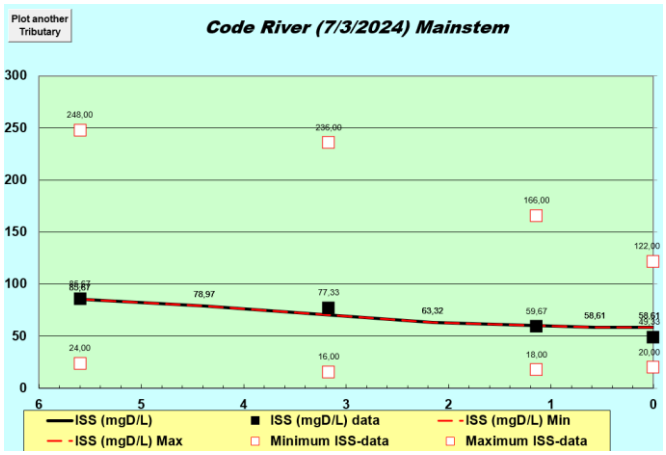
Gambar 4. 11 Model Debit Sebelum Kalibrasi



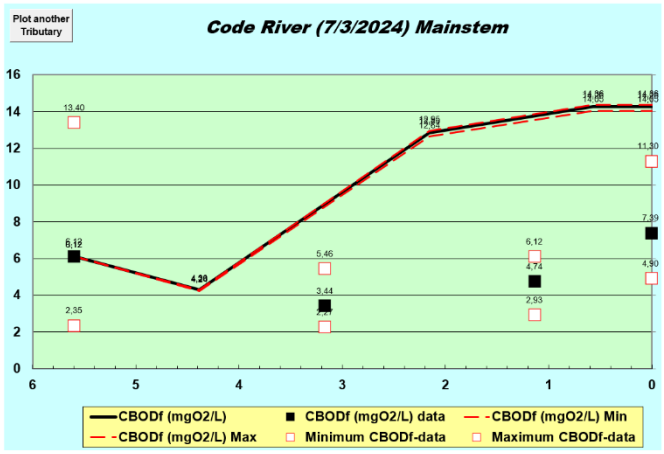
Gambar 4. 12 Model Kecepatan Sebelum Kalibrasi



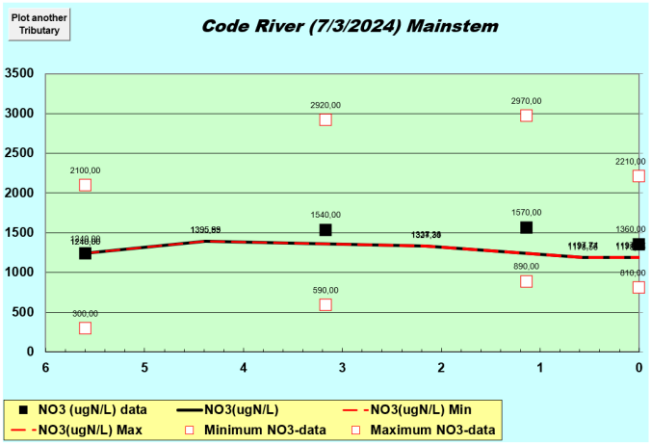
Gambar 4. 13 Model Kedalaman Sebelum Kalibrasi



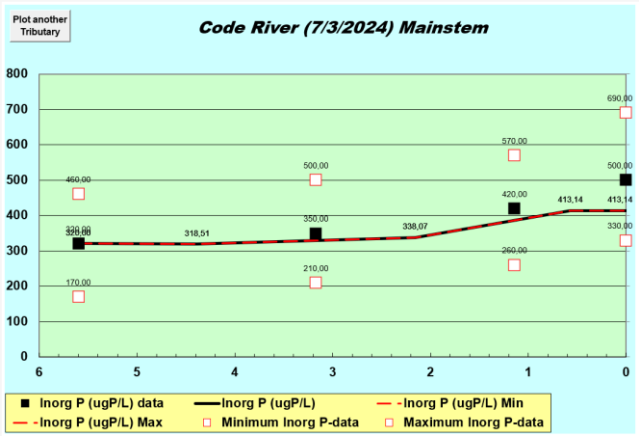
Gambar 4. 14 Model TSS Sebelum Kalibrasi



Gambar 4. 15 Model BOD Sebelum Kalibrasi



Gambar 4. 16 Model NO_3 Sebelum Kalibrasi



Gambar 4. 17 Model Total Fosfat Sebelum Kalibrasi

Berdasarkan Gambar 4.11 hingga Gambar 4.17 terlihat bahwa tren hasil model masih jauh dari data aktual (data yang diinput). Untuk model debit tren garis model masih jauh dari data aktual, hal ini dikarenakan data debit pada *diffuse source* memiliki nilai yang terlalu kecil ataupun terlalu besar, sehingga diperlukan *trial and error* agar menemukan model yang mendekati data aktual. Untuk model *velocity* (kecepatan), dan *depth* (kedalaman) tren model masih jauh untuk mendekati data aktual, hal ini disebabkan karena data debit yang diinput masih terlalu besar, selain itu terdapat penyebab lain seperti *manning formula* yang terdapat pada *worksheet reach*. Nilai koefisien *manning* memiliki pengaruh terhadap tren model *velocity* dan *depth*, sehingga diperlukan *trial and error* guna mendapatkan hasil model yang baik (mendekati data aktual). Untuk data kualitas air tren hasil model masih jauh dari data aktual, hal ini disebabkan karena data kualitas pencemar *diffuse source* terlalu besar ataupun terlalu kecil. Maka dari itu, diperlukan *trial and error* terhadap data kualitas pencemar *diffuse source* dengan cara melakukan pendekatan dari berbagai sumber yang ada guna mendapatkan tren hasil model yang baik. Selain itu, koefisien laju reaksi yang terdapat di *worksheet reach rates* perlu dilakukan *trial and error* pada setiap parameter. Rentang acuan laju reaksi untuk setiap parameter dapat dilihat pada Tabel 4.20. Untuk dapat melanjutkan ke tahap berikutnya seperti

pemodelan kualitas air berdasarkan skenario yang digunakan, maka diperlukan kalibrasi model guna mendapatkan hasil model yang mendekati data aktual dan menghasilkan tren model yang baik.

4.5.2 Hasil Kalibrasi Model

Kalibrasi model diperlukan agar hasil model mendekati data aktual. Kalibrasi model dilakukan dengan cara melakukan *trial and error* terhadap data hidrolik dan data kualitas air. *Trial and error* ini dilakukan terhadap data hidrolik, dan data kualitas air.

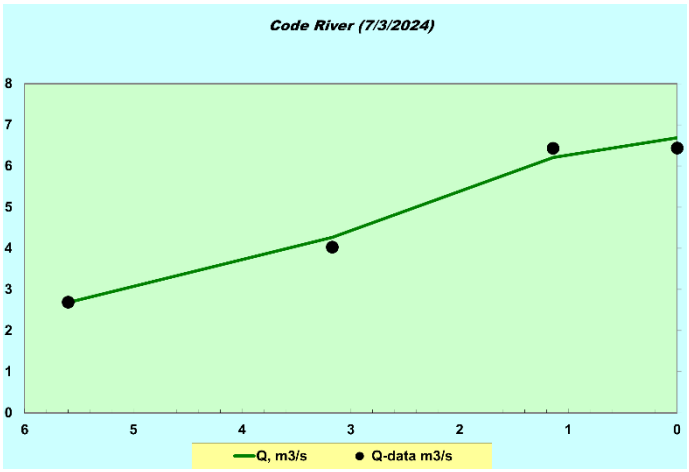
Kalibrasi model ini terbagi menjadi kalibrasi data hidrolik, dan kalibrasi dat kualitas air. Data hidrolik yang dikalibrasi berupa debit, kecepatan aliran, dan kedalaman. Kalibrasi data hidrolik ini dilakukan dengan cara *trial and error* nilai koefisien *manning* di *worksheet reach*, dan mengubah nilai debit sumber pencemar di *worksheet diffuse source*. Metode *trial and error* yang dilakukan terhadap nilai koefisien *manning* dan nilai debit sumber pencemar ini memiliki tujuan agar hasil model data hidrolik memiliki tren garis (garis model) yang mendekati data aktual (kotak hitam). Apabila kalibrasi terhadap data hidrolik telah dilakukan dan data mendekati data aktual, dilanjutkan dengan melakukan kalibrasi terhadap kualitas air sesuai parameter. Kalibrasi data kualitas air ini dilakukan dengan cara melakukan *trial and error* terhadap nilai laju reaksi di *worksheet reach rates*. *Trial and error* laju reaksi ini mengacu pada rentang laju reaksi yang terlihat pada Tabel 4.20. Berikut merupakan tabel rentang nilai laju reaksi, terlihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4. 20 Nilai Koefisien Laju Reaksi

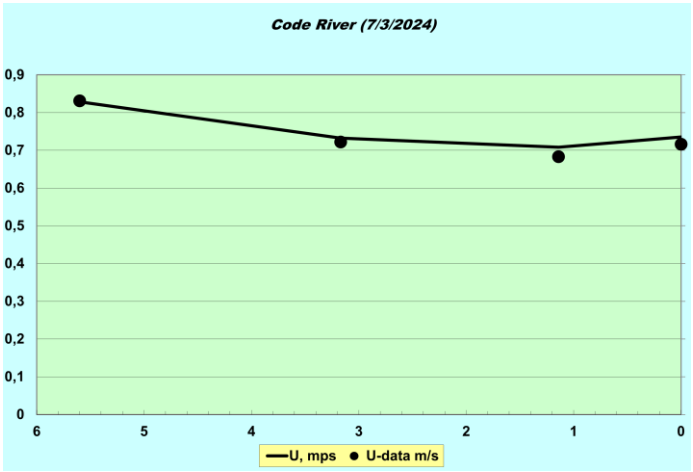
Parameter	Satuan	Rentang Nilai Laju Reaksi
Reaeration	day^{-1}	0,02 – 3,4
ISS settling velocity	*m/day*	0 – 2
Fast CBOD oxidation rate	day^{-1}	0,02 – 4,2
Nitrate denitrification	day^{-1}	0 – 2
Inorganic P settling velocity	*m/day*	0 – 2

Sumber : Kannel dkk., 2007, dan Brown & Barnwell, 1987

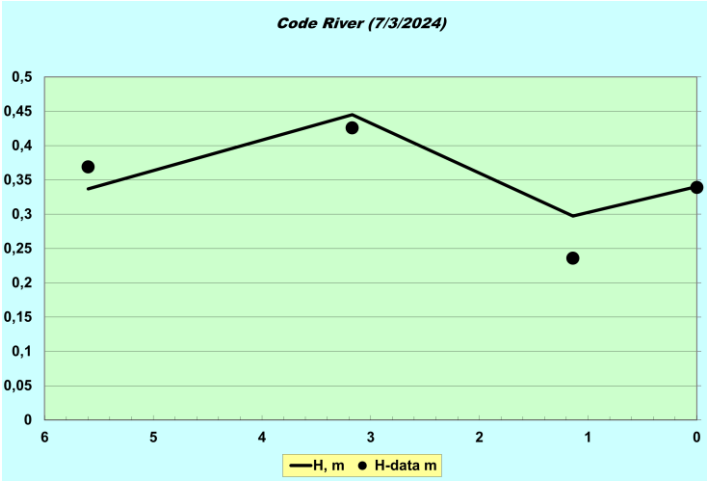
Proses kalibrasi dilakukan dengan melakukan *trial and error* terhadapa koefising *manning* di *worksheet reach* dikarenakan berpengaruh terhadap tren garis model debit, kecepatan, dan kedalaman. Setelah didapatkan tren garis model yang mendekati data aktual terhadap data hidrolik, kemudian dilanjutkan dengan melakukan *trial and error* terhadap debit sumber pencemar di *worksheet diffuse source*. *Trial and error* terhadap debit sumber pencemar ini berpengaruh terhadap tren garis model pencemar. *Trial and error* ini dilakukan hingga tren hasil model berupa grafik mendekati data aktual. Berikut merupakan hasil dari kalibrasi terhadap data hidrolik dan data kualitas air, telihat pada Gambar 4.18, dan Gambar 4.24.



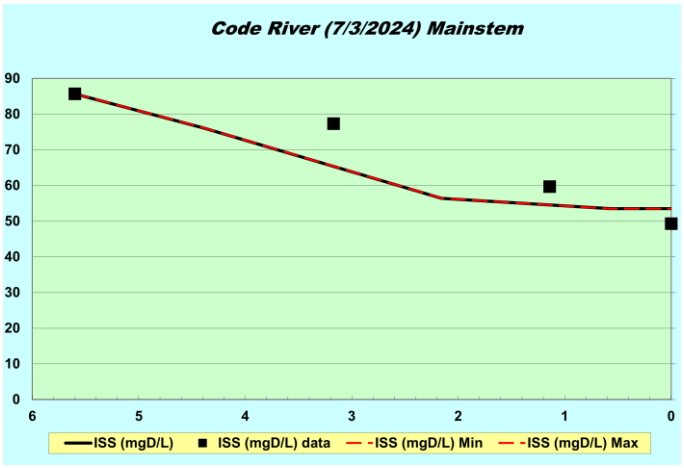
Gambar 4. 18 Hasil Kalibrasi Debit Sungai Code



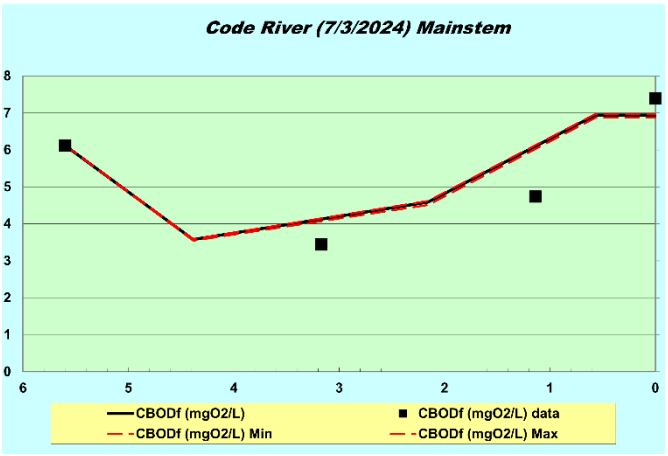
Gambar 4. 19 Hasil Kalibrasi Kecepatan Sungai Code



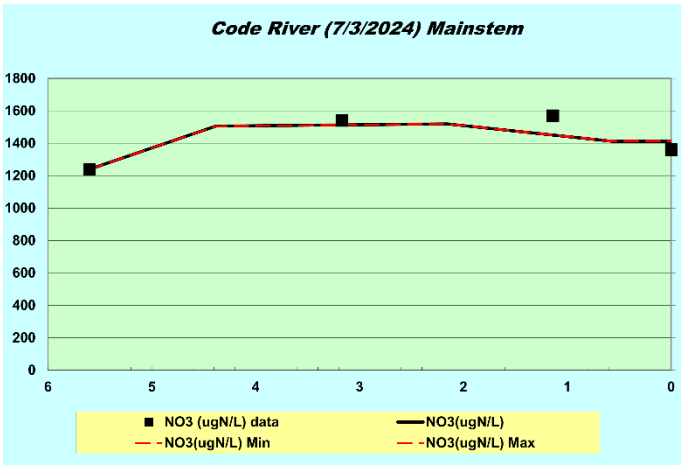
Gambar 4. 20 Hasil Kalibrasi Kedalaman Sungai Code



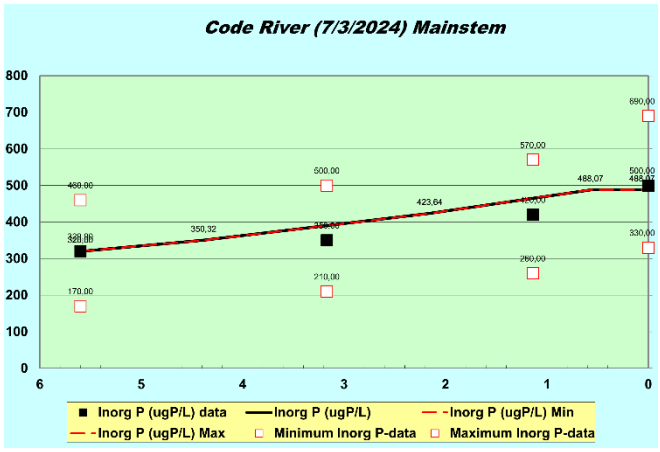
Gambar 4. 21 Hasil Kalibrasi TSS Sungai Code



Gambar 4. 22 Hasil Kalibrasi BOD Sungai Code



Gambar 4. 23 Hasil Kalibrasi NO_3 Sungai Code



Gambar 4. 24 Hasil Kalibrasi Total Fosfat Sungai Code

Berdsarkan pada Gambar 4.18 hingga Gambar 4.24 terlihat grafik hasil kalibrasi model dengan masing-masing parameter yang berbeda. Tren garis pada model secara keseluruhan terlihat telah mendekati data aktual (titik hitam). Hasil kalibrasi model yang telah mendekati data aktual akan dilanjutkan dengan cara melakukan validasi terhadap model.

4.5.3 Hasil Validasi Model

Setelah kalibrasi dilakukan, langkah selanjutnya ada melakukan validasi dengan cara melakukan perhitungan nilai *error* terhadap model. Validasi model dilakukan dengan menggunakan metode RMSPE (*Root Mean Square Percent Error*) guna mendapatkan nilai *error* model. Nilai *error* model dianggap sangat baik apabila RMSPE < 10%, baik jika RMSPE 10 – 20%, cukup jika RMSPE 20 – 30%, dan buruk jika nilai RMSPE > 30%. Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam menghitung nilai *error* dengan metode RMSPE.

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\hat{y}_l - y_i}{y_i}\right)^2}$$

Dimana :

$\hat{y}_l$ = nilai prediksi untuk i^n poin data

y_i = nilai aktual untuk i^n poin data

n = angka observasi

Berikut merupakan hasil perhitungan validasri model yang menggunakan metode RMSPE yang dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 4. 21 Hasil Validasi Model Data Debit Sungai Code

DEBIT				
TITIK	**DATA LAPANGAN**	**DATA MODEL**	$\left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i}\right)^2 \times 100\%$	**RMSPE**
1	2,688	2,68	0,00000885771	3,96%
2	4,026	4,27	0,00367309458	
3	6,427	6,21	0,00113999479	
4	6,434	6,68	0,00146186780	
Jumlah			0,00628381489	

Tabel 4. 22 Hasil Validasi Model Data Kecepatan Sungai Code

KECEPATAN				
TITIK	**DATA LAPANGAN**	**DATA MODEL**	$\left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i}\right)^2 \times 100\%$	**RMSPE**
1	0,831	0,83	0,00000144810	2,65%
2	0,722	0,73	0,00012277377	
3	0,683	0,71	0,00156273781	
4	0,716	0,74	0,00112356044	
Jumlah			0,00281052012	

Tabel 4. 23 Hasil Validasi Model Data Kedalaman Sungai Code

KEDALAMAN				
TITIK	**DATA LAPANGAN**	**DATA MODEL**	$\left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i}\right)^2 \times 100\%$	**RMSPE**
1	0,369	0,34	0,00617651163	14,21%
2	0,426	0,44	0,00108003262	
3	0,236	0,3	0,07354208561	
4	0,339	0,34	0,00000870163	
Jumlah			0,08080733149	

Tabel 4. 24 Hasil Validasi Model Data TSS Sungai Code

TSS				
TITIK	**DATA LAPANGAN**	**DATA MODEL**	$\left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i}\right)^2 \times 100\%$	**RMSPE**
1	85,67	85,67	0,00000000000	5,11%
2	77,33	76,08	0,00026129073	
3	59,67	56,4	0,00300319429	
4	49,33	53,51	0,00718009735	
Jumlah			0,01044458237	

Tabel 4. 25 Hasil Validasi Model Data BOD Sungai Code

BOD				
TITIK	**DATA LAPANGAN**	**DATA MODEL**	$\left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i}\right)^2 \times 100\%$	**RMSPE**
1	6,12	6,12	0,00000000000	3,92%
2	3,44	3,57	0,00142813683	
3	4,74	4,59	0,00100144208	
4	7,39	6,94	0,00370796948	
Jumlah			0,00613754839	

Tabel 4. 26 Hasil Validasi Model Data NO_3 Sungai Code

NO3				
TITIK	**DATA LAPANGAN**	**DATA MODEL**	$\left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i}\right)^2 \times 100\%$	**RMSPE**
1	1240	1240	0,00000000000	2,77%
2	1540	1506	0,00049781144	
3	1570	1519	0,00103503594	
4	1360	1413	0,00153998535	
Jumlah			0,00307283273	

Tabel 4. 27 Hasil Validasi Model Data Total Fosfat Sungai Code

TOTAL FOSFAT				
TITIK	**DATA LAPANGAN**	**DATA MODEL**	$\left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i}\right)^2 \times 100\%$	**RMSPE**
1	320	320	0,00000000000	2,33%
2	350	346	0,00014744898	
3	420	416	0,00008014512	
4	500	478	0,00194304640	
Jumlah			0,00217064050	

Berdasarkan hasil perhitungan validasi dengan metode RMSPE yang terlihat pada Tabel 4.21 hingga Tabel 4.27, menunjukkan bahwa nilai RMSPE

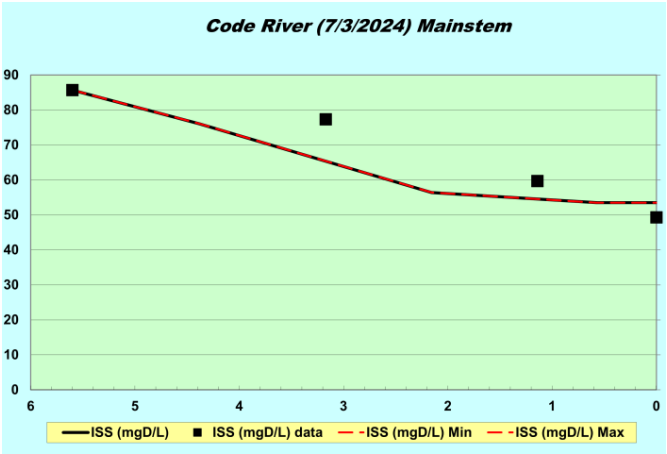
berada di rentang 10 – 20%. Hal ini menandakan bahwa hasil model baik dikarenakan nilai *error* masih di rentang 10 – 20%. Nilai RMSPE tertinggi berada di data kedalaman dengan nilai RMSPE sebesar 14,21%, sedangkan nilai terendah berada di data Total Fosfat dengan nilai sebesar 2,33%. Nilai RMSPE pada keseluruhan model termasuk ke dalam kategori baik, sehingga dapat dilanjutkan dengan melakukan simulasi model menggunakan skenario tertentu.

4.5.4 Hasil Simulasi Model

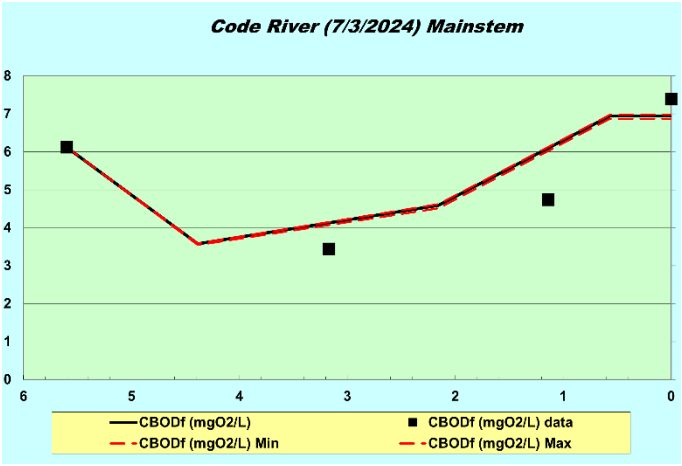
Setelah validsasi model dilakukan dan hasil dari nilai validasi baik, maka dilakukan simulasi terhadap model dengan skenario yang direncanakan. Parameter kualitas air yang akan disimulasikan meliputi TSS, BOD, DO, nitrat, dan total fosfat. Terdapat 6 (enam) skenario yang akan dilakukan simulasi terhadap kualitas air, antara lain :

1) Skenario 1

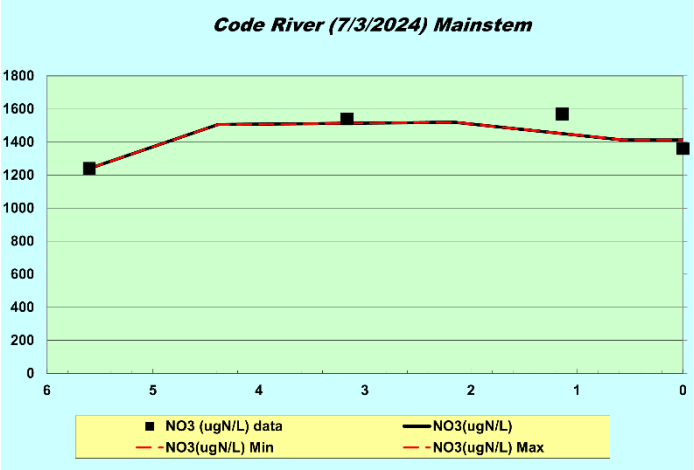
Pada skenario 1 ini dilakukan dengan menggunakan data kualitas air di hulu merupakan data eksisting, dan data kualitas pencemar merupakan data eksisiting, sedangkan data kualitas air sungai adalah data hasil pemodelan kualitas air. Berikut merupakan hasil simulasi model pada skenario 1 yang terlihat pada Gambar 4.25 hingga Gambar 4.28.



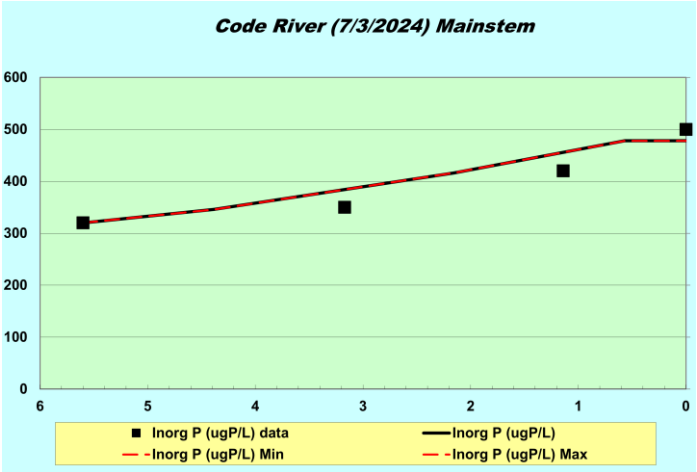
Gambar 4.25 Hasil Simulasi Skenario 1 Parameter TSS



Gambar 4. 26 Hasil Simulasi Skenario 1 Parameter BOD



Gambar 4.27 Hasil Simulasi Skenario 1 Parameter NO_3



Gambar 4.28 Hasil Simulasi Skenario 1 Parameter Total Fosfat

Hasil simulasi model dari skenario 1 dapat dilihat pada Gambar 4.25 hingga Gambar 4.28 yang berupa gambar grafik. Hasil simulasi terhadap parameter TSS terlihat pada Gambar 4.25, memiliki nilai konsentrasi terendah yang terletak di segmen 3 (kilometer 0,57) dengan nilai sebesar 53,51 mg/L, sedangkan konsentrasi tertinggi berada di segmen 1 (kilometer 5,60) dengan nilai sebesar 85,67 mg/L. Penurunan konsentrasi yang signifikan terjadi di segmen 1 (kilometer 4,39) hingga segmen 2 (kilometer 2,16), dengan konsentrasi di segmen 1 sebesar 76,08 mg/L, sedangkan konsentrasi di segmen 2 sebesar 56,40 mg/L.

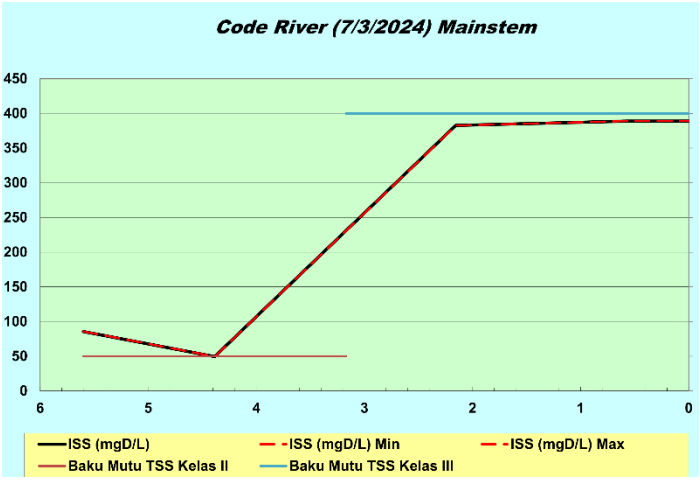
Untuk parameter BOD terlihat pada Gambar 4.26, memiliki nilai konsentrasi terendah yang terletak di segmen 1 (kilometer 4,39) dengan nilai sebesar 3,57 mg/L, sedangkan konsentrasi tertinggi terletak di segmen 3 (kilometer 0,57) dengan nilai sebesar 6,94 mg/L. Pada parameter BOD mengalami penurunan konsentrasi yang cukup signifikan, hal ini terjadi di segmen 1 yang terletak di kilometer 5,60 hingga kilometer 4,39 dengan nilai konsentrasi sebesar 6,12 mg/L (kilometer 5,60), dan 3,57 mg/L (kilometer 4,39).

Terlihat pada Gambar 4.27 bahwa tren garis model pada parameter nitrat cenderung konstan pada segmen 1 hingga segmen 3. Namun, terdapat kenaikan konsentrasi yang terlihat jelas pada grafik pada kilometer 5,60 dan kilometer 4,39 dengan nilai sebesar 1,240 mg/L (kilometer 5,60), dan 1,506 mg/L (kilometer 4,39).

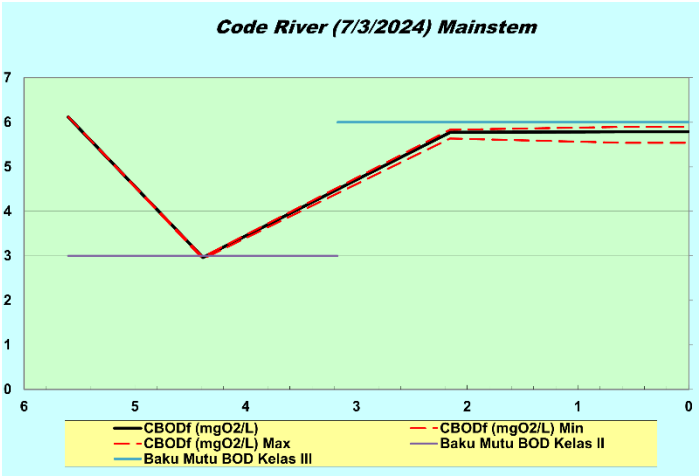
Tren garis model pada parameter total fosfat cenderung mengalami kenaikan yang konstan pada segmen 1 hingga segmen 2. Hal ini terlihat pada Gambar 4.28 bahwa kenaikan konsentrasi dimulai dari kilometer 5,60 hingga kilometer 2,16 dengan nilai sebesar 0,32 mg/L (kilometer 5,60), 0,35 mg/L (kilometer 4,39), dan 0,416 mg/L (kilometer 2,16).

2) Skenario 2

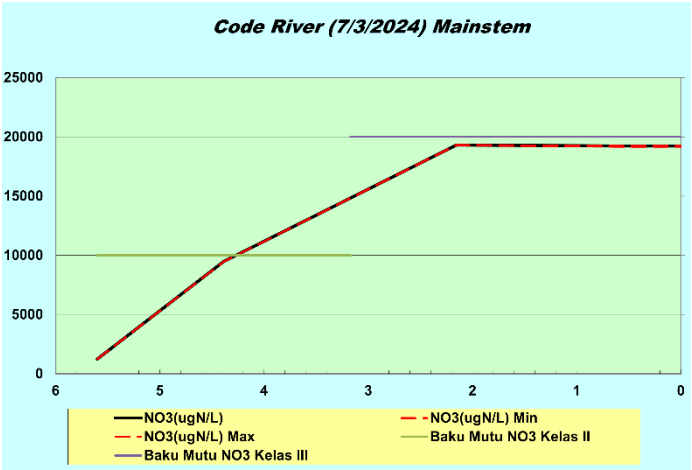
Pada skenario 2 ini dilakukan simulasi model dengan menggunakan data kualitas air di bagian hulu berupa data eksisting, sedangkan data kualitas pencemar akan dilakukan *trial and error*. Hasil model kualitas air sungai yang ingin didapatkan berupa pada segmen I dan segmen II akan memenuhi baku mutu kelas II, sedangkan pada segmen III akan memenuhi baku mutu kelas III. Berikut merupakan hasil simulasi model pada skenario 2 yang terlihat pada Gambar 4.29 hingga Gambar 4.32.



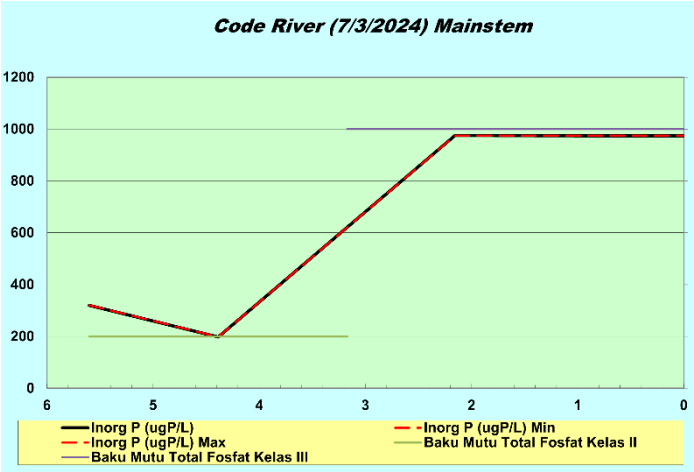
Gambar 4. 29 Hasil Simulasi Skenario 2 Parameter TSS



Gambar 4. 30 Hasil Simulasi Skenario 2 Parameter BOD



Gambar 4. 31 Hasil Simulasi Skenario 2 Parameter NO_3



Gambar 4. 32 Hasil Simulasi Skenario 2 Parameter Total Fosfat

Pada simulasi model skenario 2 ini hasil model diharapkan dapat memenuhi baku mutu sesuai dengan kelas peruntukkannya pada masing-masing segmen. Hasil model skenario 2 dapat dilihat pada Gambar 4.29 hingga Gambar 4.31. Pada parameter TSS terlihat terdapat kenaikan yang signifikan pada segmen 1 (kilometer 4,39) menuju segmen 2 (kilometer 2,16), dengan nilai sebesar 49,61 mg/L (kilometer 4,39), dan 382,67 mg/L (kilometer 2,16). Kemudian tren garis model terlihat stabil dari segmen 2 hingga segmen 3. Namun, terdapat penurunan konsentrasi di hulu menuju

titik 2 (segmen 1). Hal ini dipengaruhi oleh kondisi kualitas hulu yang digunakan dalam skenario ini sesuai dengan kondisi eksisting.

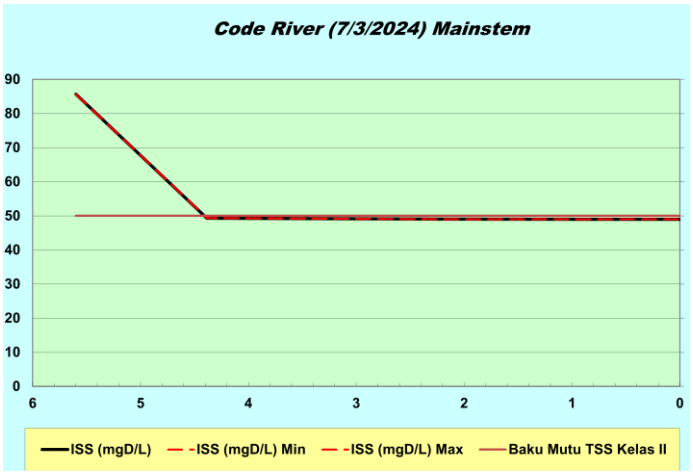
Untuk parameter BOD juga terdapat penurunan konsentrasi dari hulu menuju titik 2 (segmen 1). Kemudian terdapat kenaikan konsentrasi yang cukup signifikan di segmen 1 (kilometer 4,39) menuju segmen 2 (kilometer 2,16), dengan nilai sebesar 2,96 mg/L (kilometer 4,39), dan 5,77 mg/L (kilometer 2,16).

Pada parameter nitrat, terlihat tren garis hasil model memiliki perbedaan dari parameter lainnya. Terlihat nilai konsentrasi cenderung naik dari titik hulu (segmen 1) menuju segmen 2. Nilai konsentrasi pada hulu (kilometer 5,60) memiliki nilai sebesar 1,24 mg/L, kemudian pada segmen 1 (kilometer 4,39) memiliki nilai sebesar 9,48 mg/L, dan pada segmen 2 (kilometer 2,16) memiliki nilai sebesar 19,31 mg/L.

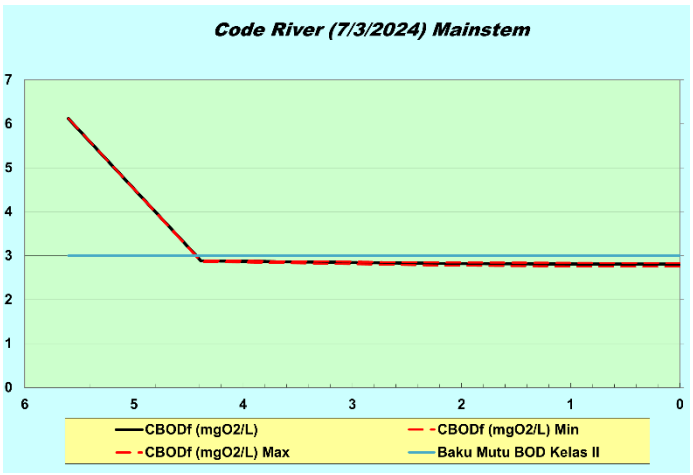
Kemudian untuk parameter total fosfat tren garis hasil model sama seperti dengan tren garis model pada parameter TSS, dan BOD. Terdapat penurunan konsentrasi pada titik hulu menuju titik 2 (segmen 1). Kemudian tren garis mengalami kenaikan pada segmen 1 (kilometer 4,39) menuju segmen 2 (kilometer 2,16), dengan nilai konsentrasi sebesar 0,198 mg/L (kilometer 4,39), dan 0,9 mg/L (kilometer 2,16).

3) Skenario 3

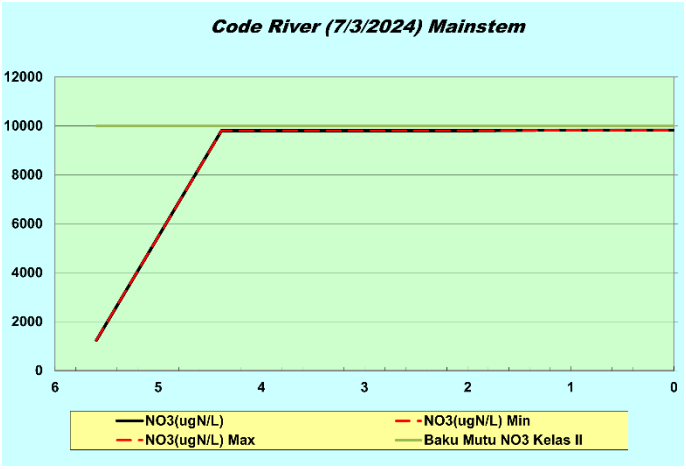
Pada skenario 3, simulasi model yang akan dilakukan terhadap kualitas air sungai menggunakan data kualitas hulu berupa data eksisting, kemudian data kualitas pencemar akan dilakukan *trial and error.* Kemudian kualitas air sungai yang diinginkan dapat memenuhi atau setara dengan baku mutu kelas II. Berikut merupakan hasil simulasi model menggunakan skenario 3 yang terlihat pada Gambar 4.33 hingga Gambar 4.36.



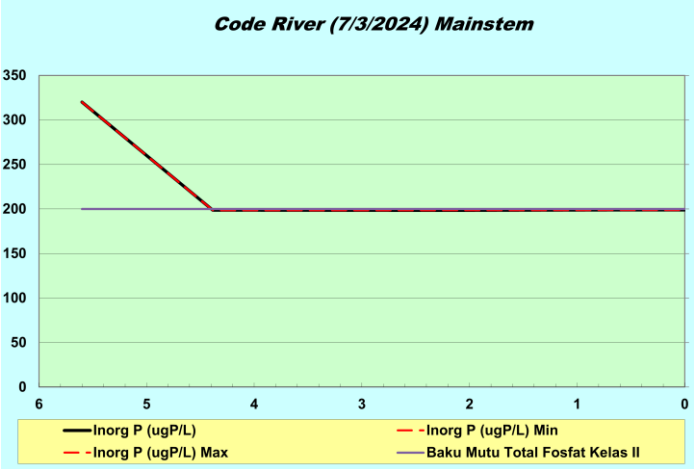
Gambar 4. 33 Hasil Simulasi Skenario 3 Parameter TSS



Gambar 4. 34 Hasil Simulasi Skenario 3 Parameter BOD



Gambar 4. 35 Hasil Simulasi Skenario 3 Parameter NO_3



Gambar 4. 36 Hasil Simulasi Skenario 3 Parameter Total Fosfat

Hasil dari simulasi model menggunakan skenario 3 terlihat pada Gambar 4.33 hingga Gambar 4.36. Untuk parameter TSS tren garis hasil model mengalami penurunan di titik hulu menuju segmen 2, kemudian tren garis cenderung stabil hingga segmen 3. Nilai konsentrasi TSS di hulu adalah 85,67 mg/L, kemudian mengalami penurunan di kilometer 4,39 dengan nilai sebesar 49,33 mg/L.

Untuk parameter BOD memiliki tren garis yang sama dengan TSS, yakni mengalami penurunan konsentrasi dari titik hulu menuju segmen 2. Nilai konsentrasi BOD di hulu adalah 6,12 mg/L, kemudian mengalami penurunan di kilometer 4,93 dengan nilai sebesar 2,88 mg/L atau dapat dibulatkan menjadi 3 mg/L.

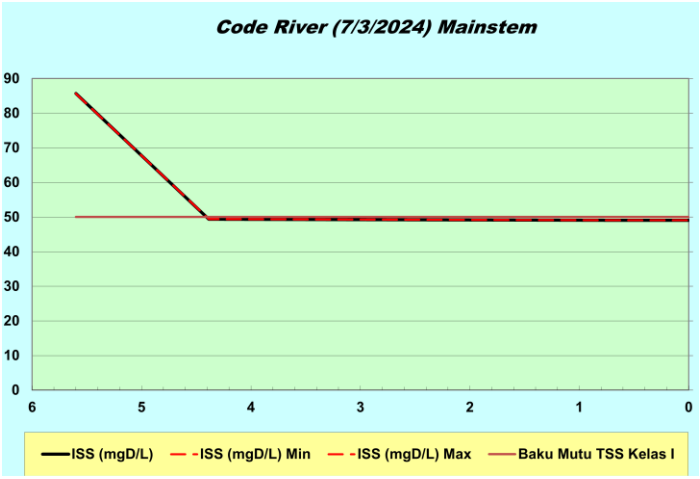
Kemudian untuk parameter nitrat, tren garis hasil model mengalami kenaikan dari titik hulu menuju segmen 2. Nilai konsentrasi nitrat di hulu adalah 1,24 mg/L, kemudian terjadi kenaikan di kilometer 4,93 dengan nilai sebesar 9,81 mg/L atau dapat dibulatkan menjadi 10 mg/L.

Sedangkan untuk parameter total fosfat, tren garis model memiliki kesamaan dengan parameter TSS, dan BOD. Terlihat pada Gambar 4.35 terjadi penurunan konsentrasi di titik hulu menuju segmen 2. Nilai konsentrasi di hulu adalah 0,32 mg/L, kemudian mengalami penurunan di

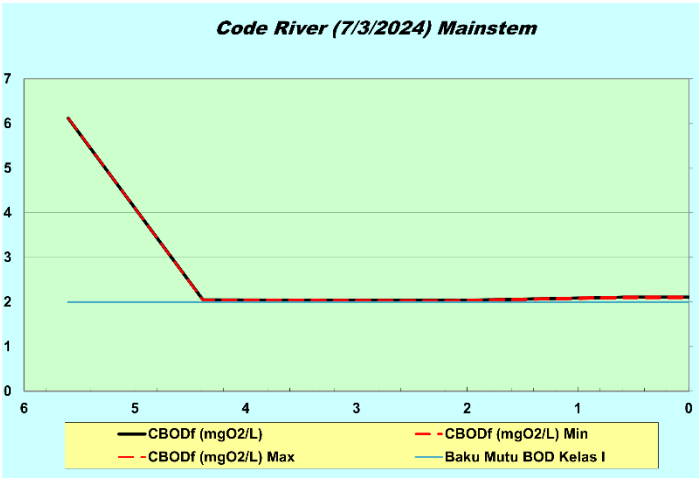
kilometer 4,93 dengan nilai sebesar 0,199 mg/L atau dapat dibulatkan menjadi 0,2 mg/L.

4) Skenario 4

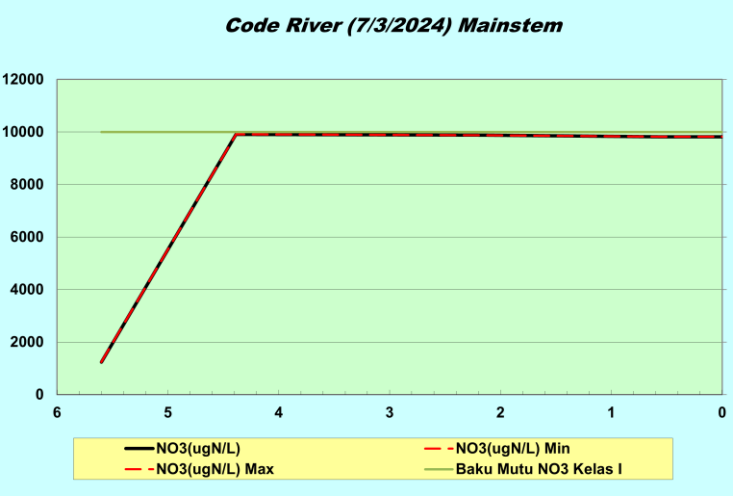
Pada skenario 4, nilai kualitas hulu menggunakan data eksisting, kemudian untuk nilai kualitas pencemar dilakukan *trial and error*. Hasil pemodelan kualitas air sungai yang diharapkan dapat memenuhi baku mutu kelas I untuk semua segmen sungai. Berikut merupakan hasil simulasi skenario 4 yang terlihat Gambar 4.37 hingga Gambar 4.40.



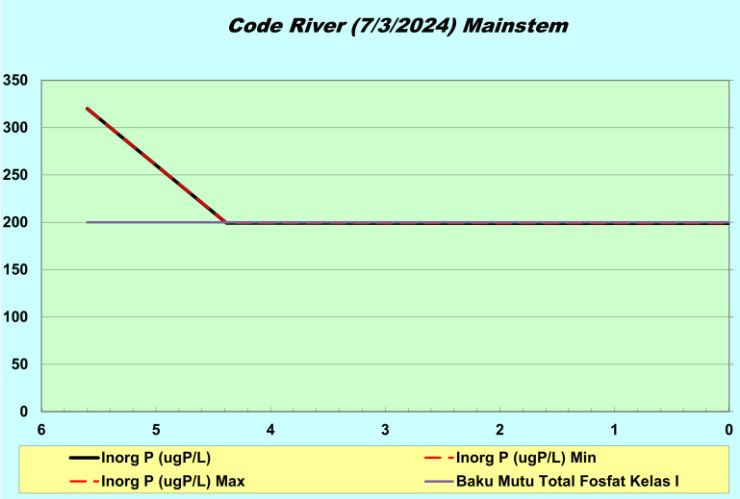
Gambar 4. 37 Hasil Simulasi Skenario 4 Parameter TSS



Gambar 4. 38 Hasil Simulasi Skenario 4 Parameter BOD



Gambar 4. 39 Hasil Simulasi Skenario 4 Parameter NO_3



Gambar 4. 40 Hasil Simulasi Skenario 4 Parameter Total Fosfat

Hasil dari simulasi model menggunakan skenario 4 dapat dilihat di Gambar 4.37 hingga Gambar 4.40. Untuk parameter TSS tren garis model mengalami penurunan di titik hulu menuju segmen 2. Nilai konsentrasi di hulu adalah 85,67 mg/L, kemudian penurunan terjadi di kilometer 4,39 dengan nilai sebesar 49,40 mg/.

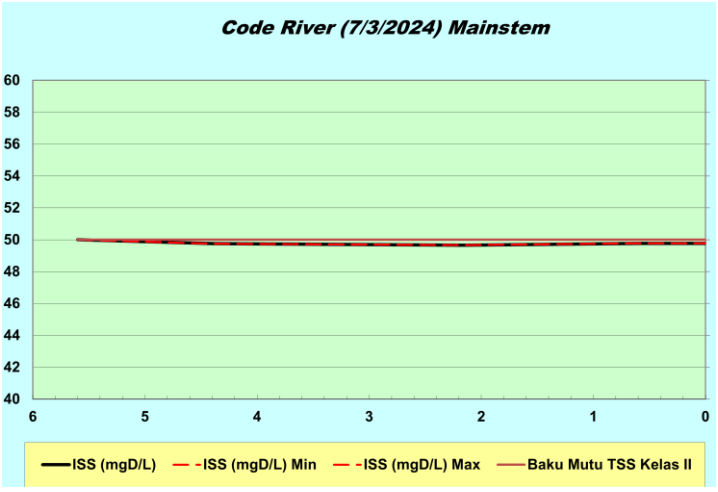
Untuk parameter BOD tren garis model juga mengalami penurunan di titik hulu menuju segmen 2. Nilai konsentrasi BOD di titik hulu adalah 6,12 mg/L,, kemudian terjadi penurunan di kilometer 4,39 dengan nilai konsentrasi sebesar 2,05 mg/L atau dapat dibulatkan menjadi 2 mg/L.

Kemudian untuk parameter nitrat tren garis mengalami kenaikan dari titik hulu menuju segmen 2. Nilai konsentrasi nitrat di titik hulu memiliki nilai sebesar 1,24 mg/L, kemudian terjadi kenaikan di kilometer 4,39 dengan nilai sebesar 9,91 mg/L atau dapat dibulatkan menjadi 10 mg/L.

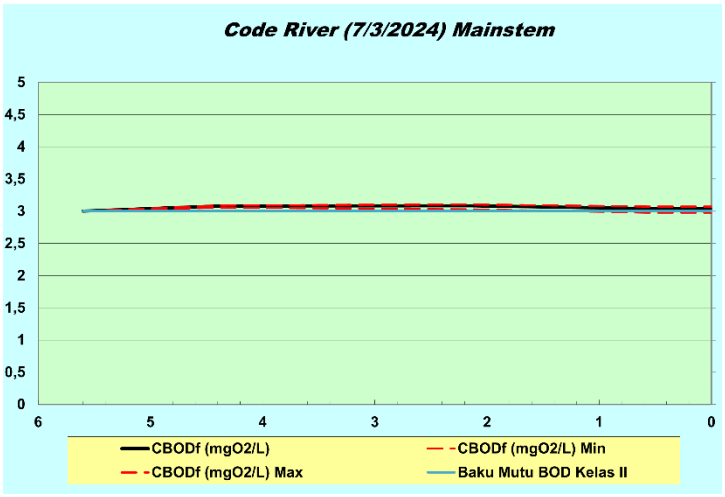
Untuk parameter total fosfat tren garis memiliki kesamaan dengan parameter TSS, dan BOD yaitu terjadi penurunan nilai konsentrasi di hulu menuju segmen 2. Nilai konsentrasi total fosfat di hulu adalah 0,32 mg/L, kemudian terjadi penurunan di kilometer 4,39 dengan nilai sebesar 0,19 mg/L.

5) Skenario 5

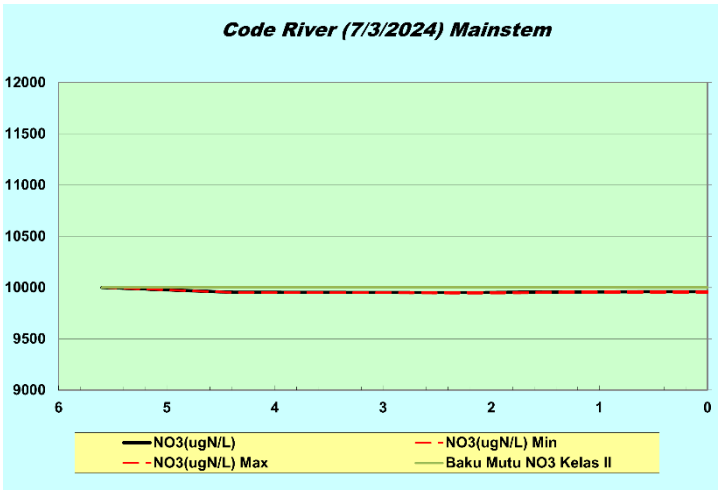
Pada skenario 5 ini dilakukan simulasi dengan menggunakan data kualitas hulu sesuai dengan baku mutu kelas II, sedangkan data kualitas pencemar dilakukan *trial and error*. Hasil pemodelan kualitas air sungai diharapkan dapat memenuhi baku mutu kelas II untuk setiap segmen sungai. Berikut merupakan hasil simulasi model skenario 5 yang terlihat pada Gambar 4.41 hingga Gambar 4.44.



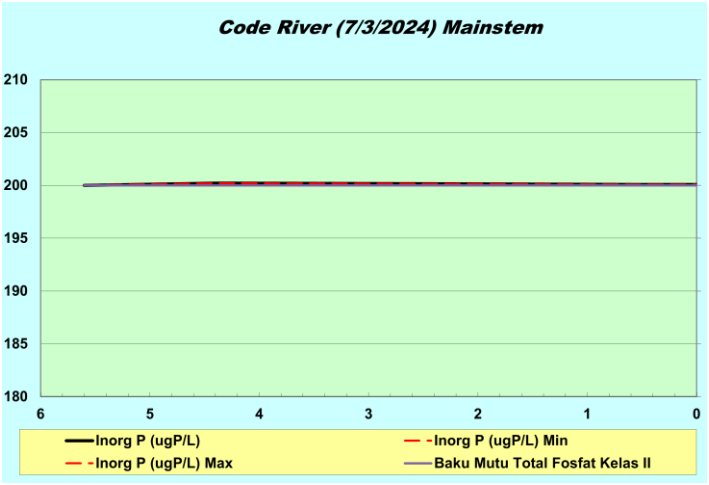
Gambar 4. 41 Hasil Simulasi Skenario 5 Parameter TSS



Gambar 4. 42 Hasil Simulasi Skenario 5 Parameter BOD



Gambar 4. 43 Hasil Simulasi Skenario 5 Parameter NO_3

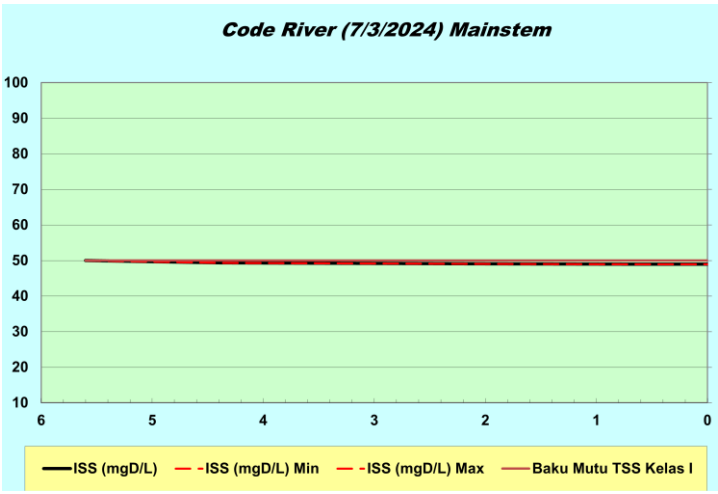


Gambar 4. 44 Hasil Simulasi Skenario 5 Parameter Total Fosfat

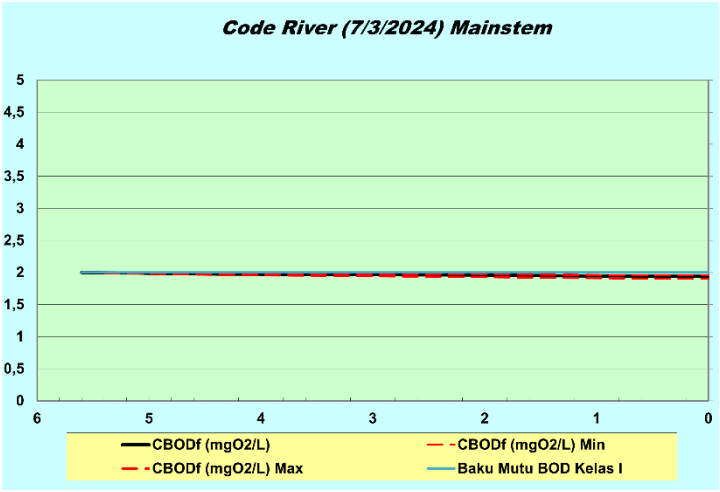
Hasil dari simulasi model menggunakan skenario 5 dapat dilihat pada Gambar 4.41 hingga 4.44. Pada gambar diatas tren garis model pada setiap parameter cenderung stabil berbentuk datar menyesuaikan baku mutu kelas II di setiap segmennya. Untuk parameter TSS nilai konsentrasi di titik hulu hingga segmen 3 berada di angka 50 mg/L (hasil pembulatan). Untuk parameter BOD nilai konsentrasi di titik hulu hingga segmen berada di angka 3 mg/L (hasil pembulatan). Kemudian untuk parameter nitrat nilai konsentrasi di titik hulu hingga segmen 3 berada di angka 10 mg/L (hasil pembulatan). Sedangkan untuk parameter total fosfat nilai konsentrasi di titik hulu hingga segmen 3 berada di angka 0,2 mg/L (hasil pembulatan).

6) Skenario 6

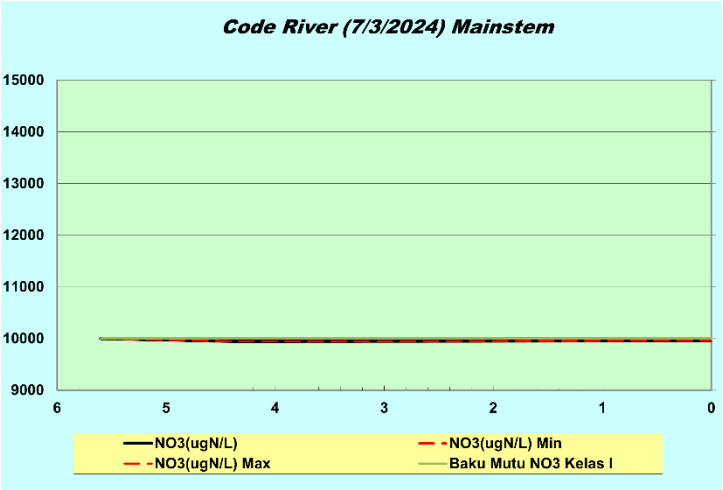
Pada skenario 6 ini dilakukan simulasi dengan menggunakan data kualitas hulu sesuai dengan baku mutu kelas I, sedangkan data kualitas penceamar dilakukan *trial and error*. Hasil pemodelan kualitas air diharapkan dapat memenuhi baku mutu kelas I. Berikut merupakan hasil pemodelan kualitas air sungai berdasarkan skenario 6 yang terlihat pada Gambar 4.45 hingga Gambar 4.48.



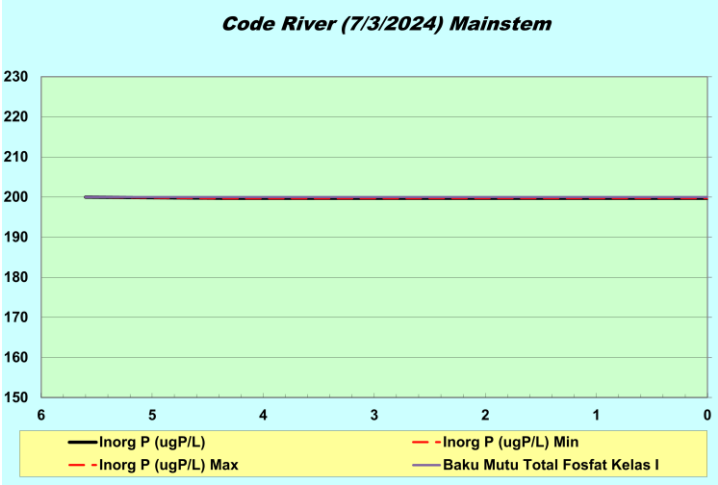
Gambar 4. 45 Hasil Simulasi Skenario 6 Parameter TSS



Gambar 4. 46 Hasil Simulasi Skenario 6 Parameter BOD



Gambar 4. 47 Hasil Simulasi Skenario 6 Parameter NO_3



Gambar 4. 48 Hasil Simulasi Skenario 6 Parameter Total Fosfat

Hasil dari simulasi model menggunakan skenario 6 dapat dilihat pada Gambar 4.45 hingga Gambar 4.48. Pada gambar grafik diatas, tren garis hasil model cenderung stabil berbentuk datar dari titik hulu hingga segmen 3. Hal ini dikarenakan hasil model yang dihasilkan memiliki nilai yang sama dengan baku mutu kelas I di setiap segmennya. Untuk parameter TSS memiliki nilai konsentrasi di titik hulu hingga segmen 3 yang berada di angka 50 mg/L. Untuk parameter BOD memiliki nilai konsentrasi di titik hulu hingga segmen 3 yang berada di angka 2 mg/L. Kemudian untuk parameter nitrat memiliki nilai konsentrasi di titik hulu hingga segmen 3 yang berada di angka 10 mg/L. Sedangkan untuk parameter total fosfat memiliki nilai konsentrasi di titik hulu hingga segmen 3 yang berada di angka 0,2 mg/L.

4.6 Analisis Daya Tampung Beban Pencemar

Setelah dilakukan simulasi kualitas air dan mendapatkan hasil yang sesuai dengan skenario yang direncanakan, maka dilanjutkan dengan melakukan perhitungan daya tampung beban pencemar (DTBP) Sungai Code dari titik 1 hingga titik 4. Perhitungan daya tampung beban pencemar dimulai dengan menghitung beban pencemar dengan cara melakukan perkalian debit beban pencemar dengan konsentrasi kualitas air di setiap segmen yang terdapat di *worksheet Source Summary*. Kemudian untuk perhitungan daya tampung beban pencemar sendiri dilakukan dengan menggunakan data hasil simulasi pada skenario yang direncanakan. Skenario yang direncakan dalam penelitian kali ini berjumlah 6 skenario, sehingga dihasilkan 5 perhitungan DTBP yang berbeda. Rumus perhitungan DTBP dilakukan dengan menggunakan persamaan, beban pencemar penuh (skenario 2,3, dst.) dikurangi dengan beban pencemar sesuai kondisi eksisting (skenario 1).

$$\text{DTBP} = \text{Skenario 2} - \text{Skenario 1}$$

4.6.1 Beban Pencemar (masukin rumus BP)

Perhitungan beban pencemar dapat dilakukan dengan cara melakukan perkalian nilai besaran debit yang masuk ke aliran sungai (*inflow*) yang memiliki satuan m^3/detik dengan konsentrasi pencemar yang masuk ke sungai (mg/L). Data konsentrasi pencemar yang masuk ke sungai ini diambil dari *worksheet Source Summary* di QUAL2K. Perhitungan beban pencemar ini dilakukan terhadap parameter TSS, DO, BOD, nitrat, dan total fosfat. Persamaan hitungan beban pencemar sungai terlihat pada rumus di bawah ini.

$$BP = Q \times C$$

Keterangan :

BP : Beban Pencemar (Kg/hari)

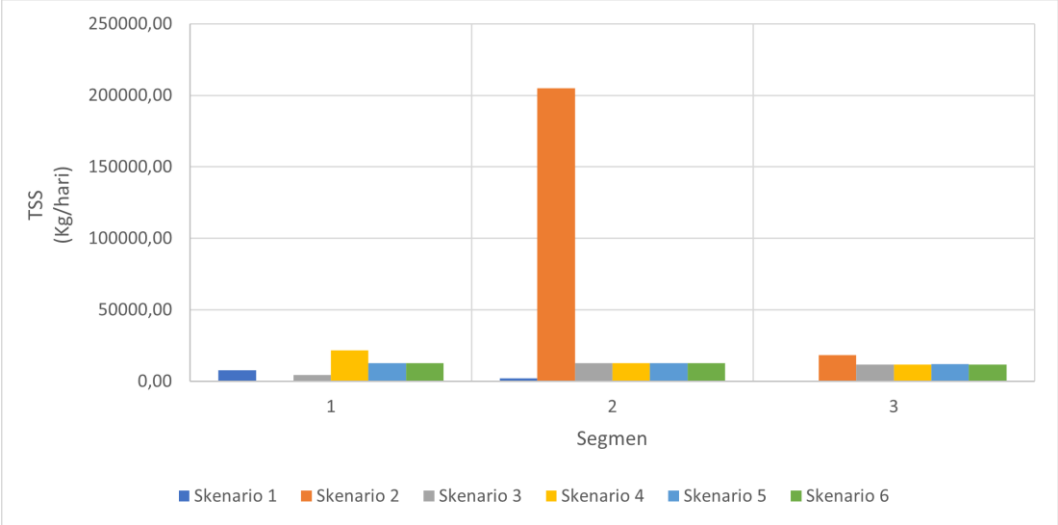
Q : *Inflow* (m^3/detik)

C : Konsentrasi Pencemar (mg/L)

Berikut hasil perhitungan beban pencemar untuk parameter TSS yang terlihat pada Tabel 4.28 dan Gambar 4.49.

Tabel 4. 28 Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter TSS

Beban Pencemar TSS (Kg/hari)								
Segmen	**Jarak (km)**		**Skenario 1**	**Skenario 2**	**Skenario 3**	**Skenario 4**	**Skenario 5**	**Skenario 6**
	Up Dist.	**Down Dist.**						
1	5,6	3,17	7816,10	553,99	4603,13	21591,92	12883,57	12688,52
2	3,17	1,14	2108,46	205050,00	12660,23	12660,23	12908,11	12660,23
3	1,14	0	599,89	18313,83	11812,95	11745,22	12132,29	11745,22
Total			**10524,45**	**223917,82**	**29076,31**	**45997,36**	**37923,97**	**37093,97**



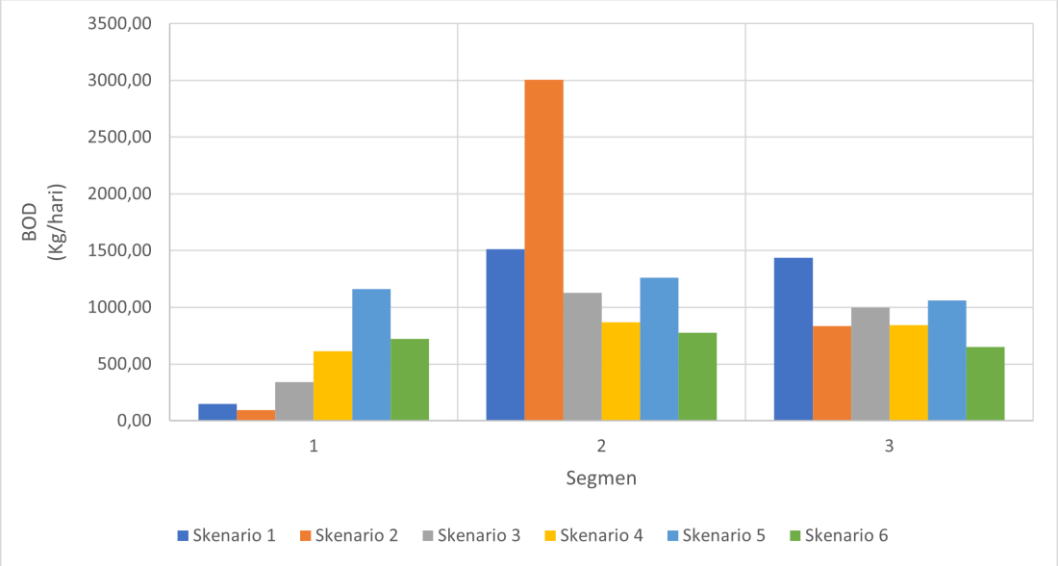
Gambar 4. 49 Grafik Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter TSS

Berdasarkan Gambar 4.49 dan Tabel 4.28 diatas, terlihat parameter TSS memiliki beban pencemar tertinggi berada pada skenario 2 yang terletak di segmen 2 dengan nilai sebesar 205050 kg/hari. Sedangkan nilai beban pencemar terkecil berada di segmen 1 pada skenario 2 dengan nilai sebesar 533,99 kg/hari.

Berikut merupakan hasil perhitungan beban pencemar untuk parameter BOD yang terlihat pada Tabel 4.29 dan Gambar 4.50.

Tabel 4. 29 Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter BOD

Beban Pencemar BOD (Kg/hari)								
Segmen	**Jarak (km)**		**Skenario 1**	**Skenario 2**	**Skenario 3**	**Skenario 4**	**Skenario 5**	**Skenario 6**
	Up Dist.	**Down Dist.**						
1	5,6	3,17	147,42	95,52	340,68	611,72	1162,49	720,38
2	3,17	1,14	1510,66	3007,31	1127,21	868,89	1260,28	774,96
3	1,14	0	1437,77	833,31	996,71	841,88	1062,03	650,76
Total			**3095,85**	**3936,13**	**2464,60**	**2322,49**	**3484,80**	**2146,10**



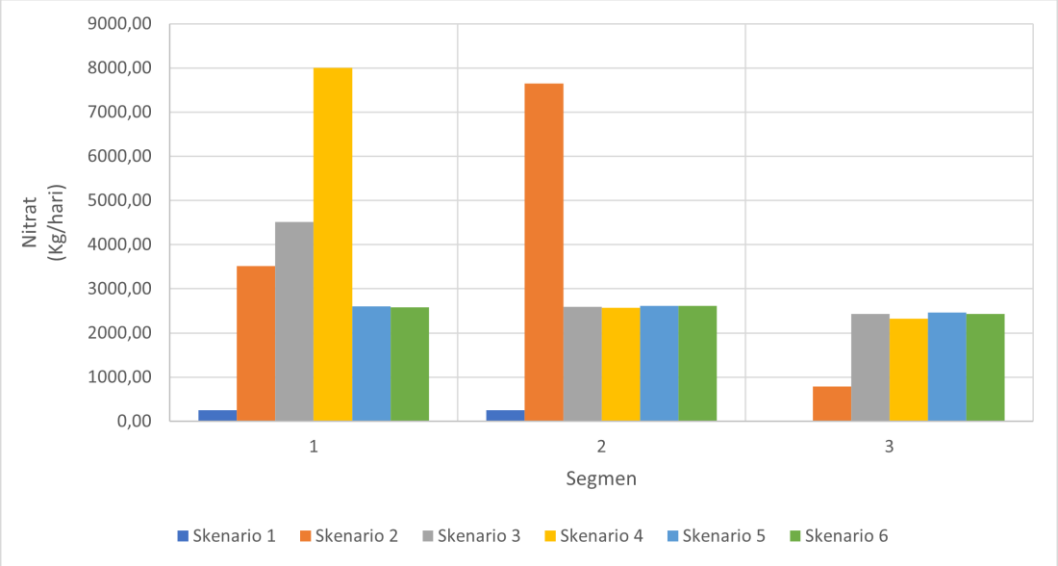
Gambar 4. 50 Grafik Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter BOD

Berdasarkan Gambar 4.50 dan Tabel 4.29 diatas, terlihat parameter BOD yang memiliki beban pencemar tertinggi berada pada skenario 2 yang terletak di segmen 2 dengan nilai 3007,31 kg/hari. Sedangkan nilai beban pencemar terkecil untuk parameter BOD berada pada skenario 2 yang terletak di segmen 1 dengan nilai sebesar 95,52 kg/hari.

Berikut merupakan hasil perhitungan beban pencemar untuk parameter nitrat yang terlihat pada Tabel 4.30 hingga Gambar 4.51.

Tabel 4. 30 Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter Nitrat

Beban Pencemar Nitrat (Kg/hari)								
Segmen	**Jarak (km)**		**Skenario 1**	**Skenario 2**	**Skenario 3**	**Skenario 4**	**Skenario 5**	**Skenario 6**
	Up Dist.	**Down Dist.**						
1	5,6	3,17	255,94	3509,33	4513,59	8001,94	2601,57	2582,87
2	3,17	1,14	253,41	7645,76	2590,37	2564,68	2611,33	2607,95
3	1,14	0	3,11	791,89	2434,24	2326,94	2459,86	2434,11
Total			**512,46**	**11946,99**	**9538,19**	**12893,57**	**7672,76**	**7624,93**



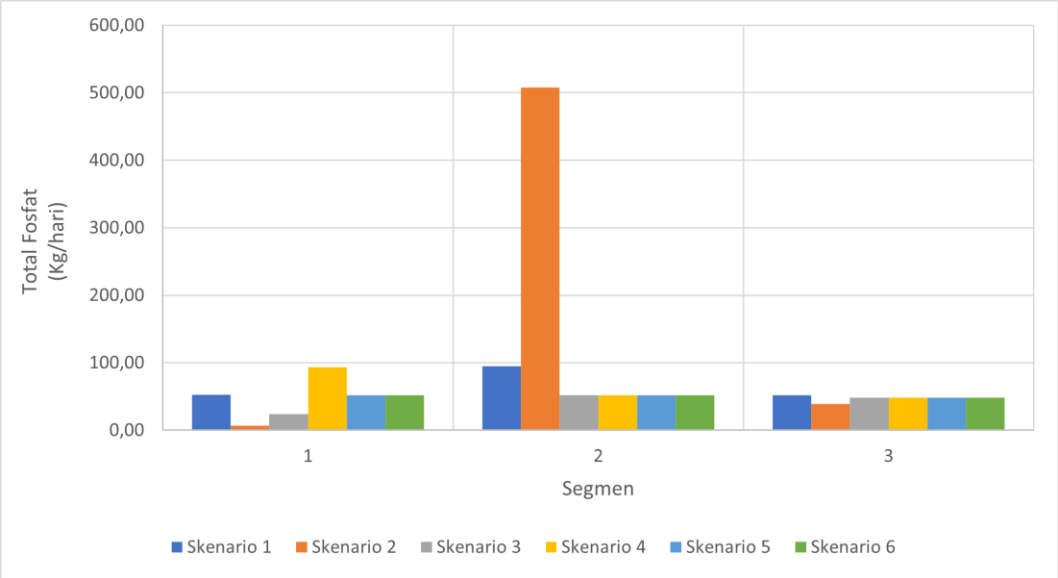
Gambar 4. 51 Grafik Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter Nitrat

Berdasarkan Gambar 4.51 dan Tabel 4.29 diatas, terlihat bahwa parameter nitrat yang memiliki nilai beban pencemar tertinggi berada pada skenario 4 yang terletak di segmen 1 dengan nilai sebesar 8001,94 kg/hari. Sedangkan nilai beban pencemar nitrat terkecil berada pada skenario 1 yang terletak di segmen 3 dengan nilai sebesar 3,11 kg/hari.

Berikut merupakan hasil perhitungan beban pencemar untuk parameter total fosfat yang terlihat pada Tabel 4.31 hingga Gambar 4.52.

Tabel 4. 31 Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter Total Fosfat

Beban Pencemar Total Fosfat (Kg/hari)								
Segmen	**Jarak (km)**		**Skenario 1**	**Skenario 2**	**Skenario 3**	**Skenario 4**	**Skenario 5**	**Skenario 6**
	Up Dist.	**Down Dist.**						
1	5,6	3,17	50,77	7,24	24,17	92,97	52,11	51,86
2	3,17	1,14	92,35	493,57	51,75	51,70	52,19	52,10
3	1,14	0	48,77	36,91	48,46	48,23	48,36	48,32
Total			**191,89**	**537,72**	**124,38**	**192,90**	**152,66**	**152,29**



Gambar 4. 52 Grafik Hasil Perhitungan Beban Pencemar Parameter Total Fosfat

Berdasarkan Gambar 4.52 dan Tabel 4.31 diatas, terlihat bahwa parameter total fosfat yang memiliki nilai beban pencemar tertinggi berada pada skenario 2 yang terletak di segmen 2 dengan nilai sebesar 493,57 kg/hari. Sedangkan nilai beban pencemar total fosfat terkecil berada pada skenario 2 yang terletak di segmen 1 dengan nilai sebesar 7,24 kg/hari.

4.6.2 Daya Tampung Beban Pencemar

Perhitungan daya tampung beban pencemar (DTBP) dapat dilakukan dengan cara menghitung selisih nilai beban pencemar maksimum (skenario 2, 3, dst.) dengan nilai pencemar sesuai eksisting (skenario 1). Nilai beban pencemar maksimum merupakan kondisi kualitas air sungai yang telah disesuaikan (dimodelkan) berdasarkan skenario, sehingga kualitas air sungai telah memenuhi baku mutu kelas I, kelas II, ataupun kelas III. Sedangkan nilai pencemar sesuai kondisi eksisting merupakan kondisi sungai yang dimana kualitas air yang digunakan adalah kualitas air berdasarkan kondisi di lapangan (eksisting) yang dimodelkan. Pemodelan data kualitas air sesuai eksisting dilakukan dengan *trial and error* pada sumber pencemar berupa *diffuse source*

hingga model yang dihasilkan mendekati data aktual. Pada penelitian ini dihasilkan 5 perhitungan DTBP, karena hasil perhitungan beban pencemar berjumlah 6 perhitungan. Banyaknya jumlah perhitungan ini bergantung banyaknya jumlah skenario yang digunakan dalam memodelkan kualitas air sungai.

Berikut merupakan hasil perhitungan DTBP 1 yang terlihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4. 32 Hasil Perhitungan DTBP 1

DTBP 1 (Skenario 2 – Skenario 1)						
Segmen	**Jarak (km)**		**TSS (Kg/d)**	**BOD (Kg/d)**	**NO3 (Kg/d)**	**Total Fosfat (Kg/d)**
	Up Dist	**Down Dist**				
1	5,6	3,17	-7262,11	-51,91	3253,40	-43,54
2	3,17	1,14	202941,54	1496,65	7392,36	401,22
3	1,14	0	17713,94	-604,45	788,78	-11,85

Berdasarkan Tabel 4.32 terlihat bahwa parameter TSS, BOD, dan total fosfat memiliki nilai beban pencemar yang melebihi daya tampung. Pada perhitungan DTBP 1 memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar beban pencemar yang harus diturunkan agar setiap segmen memenuhi baku mutu sesuai dengan kelas peruntukkannya, apabila kondisi kualitas air di hulu sesuai dengan kondisi eksisting. Nilai beban pencemar yang harus diturunkan untuk parameter TSS sebesar 7262,11 kg/hari yang terletak di segmen 1. Kemudian untuk parameter BOD nilai beban pencemar yang harus diturunkan sebesar 51,91 kg/hari di segmen 1, dan 604,45 kg/hari di segmen 3. Lalu, untuk parameter total fosfat nilai beban pencemar yang harus diturunkan sebesar 43,54 kg/hari di segmen 1, dan 11,85 kg/hari di segmen 3.

Berikut merupakan hasil perhitungan DTBP 2 yang terlihat pada Table 4.33.

Tabel 4. 33 Hasil Perhitungan DTBP 2

DTBP 2 (Skenario 3 – Skenario 1)						
Segmen	**Jarak (km)**		**TSS (Kg/d)**	**BOD (Kg/d)**	**NO3 (Kg/d)**	**Total Fosfat (Kg/d)**
	Up Dist	**Down Dist**				
1	5,6	3,17	-3212,97	193,26	4257,65	-26,60
2	3,17	1,14	10551,76	-383,45	2336,96	-40,59
3	1,14	0	11213,06	-441,05	2431,12	-0,31

Berdasarkan Tabel 4.33 terlihat bahwa nilai beban pencemar yang melebihi daya tampung terdapat pada parameter TSS, BOD, dan total fosfat. Pada perhitungan DTBP 2 ini memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa banyak beban pencemar yang harus diturunkan agar setiap segmen sungai memenuhi baku mutu kelas II, apabila kondisi kualitas air di hulu sesuai dengan kondisi eksisting. Nilai beban pencemar yang harus diturunkan pada parameter TSS sebesar 3212,97 kg/hari di segmen 1. Untuk parameter BOD, nilai beban pencemar yang harus diturunkan sebesar 383,45 kg/hari di segmen 2, dan 441,05 kg/hari di segmen 3. Kemudian untuk parameter total fosfat, nilai beban pencemar yang harus diturunkan sebesar 26,60 kg/hari di segmen 1, 40,59 kg/hari di segmen 2, dan 0,31 kg/hari di segmen 3.

Berikut merupakan hasil perhitungan DTBP 3 yang terlihat pada Tabel 4.34.

Tabel 4. 34 Hasil Perhitungan DTBP 3

DTBP 3 (Skenario 4 – Skenario 1)						
Segmen	**Jarak (km)**		**TSS (Kg/d)**	**BOD (Kg/d)**	**NO3 (Kg/d)**	**Total Fosfat (Kg/d)**
	Up Dist	**Down Dist**				
1	5,6	3,17	13775,82	464,30	7746,01	42,20
2	3,17	1,14	10551,76	-641,77	2311,28	-40,65
3	1,14	0	11145,32	-595,88	2323,83	-0,54

Berdasarkan Tabel 4.34 nilai beban pencemar yang melebihi daya tampung terdapat pada parameter BOD, dan total fosfat. Pada perhitungan DTBP 3 ini memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa banyak beban pencemar yang harus diturunkan agar setiap segmen sungai dapat memenuhi baku mutu kelas I, apabila kualitas air di hulu sesuai dengan kondisi eksisting. Nilai beban pencemar yang harus diturunkan pada parameter BOD sebesar 641,77 kg/hari di segmen 2, dan 595,88 kg/hari di segmen 3. Kemudian untuk parameter total fosfat, nilai beban pencemar yang harus diturunkan sebesar 40,65 kg/hari di segmen 2, dan 0,54 kg/hari di segmen 3.

Berikut merupakan hasil perhitungan DTBP 4 yang terlihat pada Tabel 4.35.

Tabel 4. 35 Hasil Perhitungan DTBP 4

DTBP 4 (Skenario 5 – Skenario 1)						
Segmen	**Jarak (km)**		**TSS (Kg/d)**	**BOD (Kg/d)**	**NO3 (Kg/d)**	**Total Fosfat (Kg/d)**
	Up Dist	**Down Dist**				
1	5,6	3,17	5067,47	1015,06	2345,63	1,34
2	3,17	1,14	10799,65	-250,38	2357,92	-40,16
3	1,14	0	11532,40	-375,74	2456,75	-0,41

Berdasarkan Tabel 4.35 nilai beban pencemar yang melebihi daya tampung terdapat pada parameter BOD, dan total fosfat. Pada perhitungan DTBP 4 ini memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai beban pencemar yang harus diturunkan agar setiap segmen sungai dapat memenuhi baku mutu kelas II, apabila kualitas air di hulu sesuai dengan baku mutu kelas II. Nilai beban pencemar yang harus diturunkan pada parameter BOD sebesar 250,38 kg/hari di segmen 2, dan 375,74 kg/hari di segmen 3. Kemudian nilai beban pencemar yang harus diturunkan pada parameter total fosfat sebesar 40,16 kg/hari di segmen 2, dan 0,41 kg/hari di segmen 3.

Berikut merupakan hasil perhitungan DTBP 5 yang terlihat pada Tabel 4.36.

Tabel 4. 36 Hasil Perhitungan DTBP 5

DTBP 5 (Skenario 6 – Skenario 1)						
Segmen	**Jarak (km)**		**TSS (Kg/d)**	**BOD (Kg/d)**	**NO3 (Kg/d)**	**Total Fosfat (Kg/d)**
	Up Dist	**Down Dist**				
1	5,6	3,17	4872,42	572,95	2326,94	1,09
2	3,17	1,14	10551,76	-735,70	2354,55	-40,24
3	1,14	0	11145,32	-787,00	2430,99	-0,44

Berdasarkan Tabel 4.36 nilai beban pencemar yang melebihi daya tampung terdapat pada parameter BOD, dan total fosfat. Pada perhitungan DTBP 5 ini memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar beban pencemar yang harus diturunkan agar setiap segmen sungai dapat memenuhi baku mutu kelas I, apabila kualitas air di hulu sesuai dengan baku mutu kelas I. Nilai beban pencemar yang harus diturunkan pada parameter BOD sebesar 735,70 kg/hari di segmen 2, dan 787 kg/hari di segmen 3. Kemudian nilai beban pencemar yang harus diturunkan pada parameter total fosfat sebesar 40,24 kg/hari di segmen 2, dan 0,44 kg/hari di segmen 3.

4.7 Strategi Pengelolaan Kualitas Air Sungai Code

Setelah dilakukan perhitungan DTBP terlihat bahwa terdapat beberapa parameter memiliki beban pencemar yang melebihi daya tampung. Beban pencemar yang melebihi daya tampung menyebabkan terhambatnya proses *self-purification* sungai, sehingga menimbulkan permasalahan kualitas air pada sungai. Maka dari itu diperlukan sebuah upaya untuk menurunkan beban pencemar agar sungai dapat melakukan proses *self-purification*. Berikut merupakan jumlah dari beban pencemar yang harus diturunkan agar tidak melebihi daya tampung, terlihat pada Tabel 4.37.

Tabel 4. 37 Jumlah Beban Pencemar yang Perlu Diturunkan

Segmen	**Jarak (km)**	**Parameter Pencemar**	**Jumlah Beban Pencemar yang Harus Diturunkan (Kg/hari)**	**Sumber Pencemar**
1	5,6 – 3,17	TSS	7262,11	Drainase dan *Runoff*
		BOD	51,91	Limbah domestik, dan Drainase
		Total Fosfat	43,54	Limbah domestik, dan Drainase
3	1,14 - 0	BOD	604,45	Limbah domestik, dan Drainase
		Total Fosfat	11,85	Limbah domestik, dan Drainase

Jumlah beban pencemar yang harus diturunkan terlihat pada Tabel 4.37 meliputi parameter TSS, BOD, dan total fosfat. Jumlah beban pencemar yang harus diturunkan ini didapatkan dari hasil perhitungan DTBP yang dilakukan terhadap skenario 1 dan 2. Pada segmen 1, nilai beban pencemar TSS yang harus diturunkan sebesar 7262,11 kg/hari. Tingginya beban pencemar TSS di segmen 1 ini bersumber dari aliran drainase yang masuk ke sungai. Kemudian pada segmen 1, nilai beban pencemar BOD yang harus diturunkan sebesar 51,91 kg/hari. Selanjutnya untuk nilai beban pencemar total fosfat yang harus diturunkan sebesar 43,54 kg/hari.

Pada segmen 3, nilai beban pencemar BOD yang harus diturunkan sebesar 604,45 kg/hari. Tingginya nilai beban pencemar BOD ini bersumber dari limbah domestik dan aliran drainase yang masuk ke sungai. Kemudian untuk nilai beban pencemar total fosfat yang harus diturunkan sebesar 11,85 kg/hari.

Perhitungan DTBP yang terlihat pada Tabel 4.37 merupakan perhitungan DTBP 1, dimana dalam perhitungan tersebut merupakan hasil dari selisih skenario 2 dengan skenario 1. Penggunaan hasil perhitungan DTBP 1 dalam strategi penurunan beban pencemar memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar beban pencemar yang harus diturunkan agar setiap segmen sungai memiliki kualitas air yang memenuhi baku mutu sesuai dengan kelas peruntukkannya. Dalam artian, nilai beban pencemar dapat digunakan dalam menentukan langkah untuk melakukan pencegahan, penanggulangan, dan pemulihan terhadap kualitas air Sungai Code.

Tingginya nilai beban pencemar dari parameter BOD dan total fosfat berasal dari limbah domestik serta aliran drianase yang masuk ke sungai. Limbah domestik yang dapat meningkatkan kadar BOD di sungai dapat berasal dari sisa makanan, sabun, ataupun detergen. Hal ini juga termasuk penyebab dari tingginya kadar total fosfat yang ada di sungai. Tingginya fosfat juga berasal dari sisa makanan, sabun, ataupun total fosfat (Safitri dkk., 2024).

Sedangkan tingginya nilai beban pencemar dari parameter TSS berasal dari saluran drainase. Tingginya kadar TSS menjadi tanda bahwa adanya limbah domestik ataupun erosi tanah yang tidak terolah. Aliran drainase yang berasal dari berbagai sumber dapat membawa material seperti lanau, tanaman atau hewan yang membusuk, dan limbah industri. Namun, kadar TSS yang tinggi di segmen 1 diduga berasal dari endapan tanah ataupun lumpur yang terbawa melalui aliran drainase yang masuk ke sungai (Wahab dkk., 2018).

Berdasarkan Tabel 4.37 parameter BOD dan total fosfat memiliki nilai beban pencemar yang melebihi daya tampung pada segmen 1 dan 3. Menurut Yuliastuti (2011) tingginya kadar pencemar terhadap parameter BOD berasal dari bahan yang bersifat beracun seperti detergen, fenol, insektisida, dan sebagainya. Sedangkan

pada total fosfat diakibatkan oleh adanya bahan fosfor pada limbah domestik yang berasal dari detergen. Maka dari itu tingginya nilai beban pencemar pada segmen 1 dan 3 dapat diakibatkan oleh tingginya aktivitas mencuci masyarakat yang membuang limbah cucian langsung menuju sungai. Selain itu terdapat kemungkingan adanya limbah dari usaha *laundry* yang berada di sekitar DAS Code terbawa oleh aliran air dari saluran drainase menuju sungai.

Usaha *laundry* merupakan usaha skala kecil dengan jumlah yang terus bertambah secara signifikan di beberapa negara seperti Indonesia (Jayanto dkk., 2021). Peningkatan usaha *laundry* ini dipengaruhi oleh meningkatnya perminataan masyarakat terhadapa layanan cuci yang praktis. Hal ini cocok dengan kondisi Kota Yogyakarta, dimana sebagian masyarakat memiliki gaya hidup yang sibuk dengan waktu luang yang terbatas.

Maka dari itu diperlukan usaha pengelolaan terhadap kualitas air sungai agar proses *self-purification* dapat berlangsung tanpa adanya halangan. Usaha pengelolaan ini dapat dilakukan oleh berbagai pihak terkait seperti pemerintah, akademisi, lembaga swadaya masyarakat, dan masyarakat.

4.7.1 Strategi Pengelolaan pada Skenario Simulasi

Setiap skenario yang dilakukan pada simulasi model memiliki tujuan untuk meningkatkan kualitas air Sungai Code. Namun, terdapat perbedaan target kualitas air sungai yang diinginkan pada masing-masing skenario yang digunakan. Berikut merupakan strategi pengelolaan yang dapat diterapkan pada setiap skenario yang digunakan, terlihat pada Tabel 4.38.

Tabel 4. 38 Strategi Pengelolaan terhadap Skenario

Skenario	Tujuan	Strategi Pengelolaan
1	Mengetahui kondisi kualitas air sungai yang terpengaruh oleh sumber pencemar eksisting pada setiap segmen.	Melakukan pembatasan terhadap limbah domestik yang langsung dibuang menuju sungai seperti sisa

Skenario	Tujuan	Strategi Pengelolaan
		makanan, deterjen, dan bahan organik lainnya. Melakukan pengawasan dan pemantauan terhadap sumber pencemar yang masuk ke sungai secara berkala. Menerapkan regulasi terkait pembuangan limbah domestik termasuk memberikan sangsi apabila terdapat pelanggaran terhadap regulasi yang berlaku. Pengadaan sistem pengolahan air limbah domestik baik berupa IPAL setempat maupun komunal.
2	Mengetahui seberapa banyak beban pencemar yang harus diturunkan agar setiap segmen dapat memenuhi baku mutu sesuai dengan kelas peruntukkannya.	Melakukan pemantauan serta pengawasan terhadap sumber pencemar yang masuk ke sungai secara berkala.
3	Mengetahui seberapa banyak beban pencemar yang harus diturunkan agar dapat memenuhi baku mutu kelas II untuk setiap	

Skenario	Tujuan	Strategi Pengelolaan
	segmen apabila kualitas air pada hulu sesuai dengan eksisiting.	
4	Mengetahui seberapa banyak beban pencemar yang harus diturunkan agar dapat memenuhi baku mutu kelas I untuk setiap segmen apabila kualitas air pada hulu sesuai dengan eksisting.	
5	Mengetahui seberapa banyak beban pencemar yang harus diturunkan agar dapat memenuhi baku mutu kelas II untuk setiap segmen apabila kualitas air pada hulu memenuhi baku mutu kelas II.	
6	Mengetahui seberapa banyak beban pencemar yang harus diturunkan agar dapat memenuhi baku mutu kelas I untuk setiap segmen apabila kualitas air pada hulu memenuhi baku mutu kelas I.	

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan hasil perhitungan DTBP 1 merupakan hasil dari selisih skenario 2 dengan skenario 1, dimana skenario 1 merupakan data eksisting. Nilai pencemar yang melebihi daya tampung pada penelitian yang dilakukan di musim kering adalah sebagai berikut :

    a. Untuk TSS pada kilometer 5,6 hingga 3,17 (segmen 1) beban pencemar melebih daya tampung dengan nilai sebesar 7262,11 kg/hari.
    b. Untuk BOD pada kilometer 5,6 hingga 3,17 (segmen 1) beban pencemar melebihi daya tampung dengan nilai sebesar 51,91 kg/hari. Kemudian pada kilometer 1,14 hingga 0 (segmen 3) dengan nilai sebesar 604,45 kg/hari.
    c. Untuk total fosfat pada kilometer 5,6 hingga 3,17 (segmen 1) beban pencemar melebihi daya tampung dengan nilai sebesar 43,54 kg/hari. Kemudian pada kilometer 1,14 hingga 0 (segmen 3) dengan nilai sebesar 11,85 kg/hari.

    Berdasarkan dari perhitungan DTBP, parameter yang melebihi daya tampung beban pencemar adalah TSS, BOD, dan total fosfat. Untuk parameter nitrat, sungai masih memiliki daya tampung terhadap pencemar. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai DTBP pada parameter nitrat yang melebihi daya tampung beban pencemar.

2. Guna dapat memenuhi kualitas atau mutu air sesuai dengan kelasnya, yaitu kelas II (segmen 1 dan 2) serta kelas III (segmen 3) maka diperlukan

penurunan beban pencemar. Beban pencemar yang harus diturunkan adalah sebagai berikut,

a. Segmen 1, TSS sebesar 7262,11 kg/hari, BOD sebesar 51,91 kg/hari, dan total fosfat sebesar 43,54 kg/hari
b. Segmen 3, BOD sebesar 604,45 kg/hari, dan total fosfat sebesar 11,85 kg/hari.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukannya pemantauan dan pemetaan terhadap sumber pencemar di Sungai Code secara rutin.
2. Perlu adanya pembaharuan terkait bagaimana daya tampung beban pencemar di Sungai Code pada masa depan.
3. Perlu dilakukan pembaharuan terkait daya tampung beban pencemar di Sungai Code dengan menggunakan skenario yang berbeda dari penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Adjovu, G. E., Stephen, H., James, D., & Ahmad, S. (2023). Measurement of Total Dissolved Solids and Total Suspended Solids in Water Systems: A Review of the Issues, Conventional, and Remote Sensing Techniques. Dalam *Remote Sensing* (Vol. 15, Nomor 14). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/rs15143534

Adjovu, G., Stephen, H., James, D., & Ahmad, S. (2023). Measurement of total dissolved solids and total suspended solids in water systems. *Remote Sensing*, *15*(14), 1–43.

Ali Akbar, A., & Desmaiani, H. (2021). PENGARUH AKTIVITAS MANUSIA TERHADAP BEBAN PENCEMARAN SUB DAS SUNGAI RENGAS, KALIMANTAN BARAT. Dalam *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah* (Vol. 09, Nomor 2).

Arya Pradipta, M., & Hendriyanto, O. (2024). *Strategi Penanggulangan Pencemaran Air Sungai Rejo Agung Menggunakan Pemodelan Qual2kw*. *IX*(2).

Asdak, C. (1995). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*.

Asrori, M. K. (2021). *PEMETAAN KUALITAS AIR SUNGAI DI SURABAYA*. *13*(2).

Badamasi, H., Yaro, M. N., Ibrahim, A., & Bashir, I. A. (2019). CODEN(USA): CRJHA5 Impacts of Phosphates on Water Quality and Aquatic Life. *Chemistry Research Journal*, *4*(3), 124–133.

Biantoro, B. (2023). *Studi Pemetaan Beban Pencemar Air Sungai Code*.

Bijay-Singh, & Craswell, E. (2021). Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water: an increasingly pervasive global problem. *SN Applied Sciences*, *3*(4), 1–24. https://doi.org/10.1007/s42452-021-04521-8

Booker, D. J., & Whitehead, A. L. (2022). River water temperatures are higher during lower flows after accounting for meteorological variability. *River Research and Applications*, *38*(1), 3–22. https://doi.org/10.1002/rra.3870

Brown, L. C., & Barnwell, T. (t.t.). *The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: documentation and user manual*. https://www.researchgate.net/publication/235754236

Chapra, S. C., Pelletier, G. J., & Tao, H. (2012). QUAL2K: a modeling framework for simulating river and stream water quality, Version 2.12: *Documentation and User Manual*, 97.

Chua, L. H. C., Lo, E. Y. M., Shuy, E. B., & Tan, S. B. K. (2009). Nutrients and suspended solids in dry weather and storm flows from a tropical catchment with various proportions of rural and urban land use. *Journal of Environmental Management*, *90*(11), 3635–3642. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.07.001

Crooks, E. C., Harris, I. M., & Patil, S. D. (2021). Influence of Land Use Land Cover on River Water Quality in Rural North Wales, UK. *Journal of the American Water Resources Association*, *57*(3), 357–373. https://doi.org/10.1111/1752-1688.12904

Fitri, A., Maulud, K. N. A., Rossi, F., Dewantoro, F., Harsanto, P., & Zuhairi, N. Z. (2021). Spatial and Temporal Distribution of Dissolved Oxygen and Suspended Sediment in Kelantan River Basin. *Proceedings of the 4th International Conference on Sustainable Innovation 2020–Technology, Engineering and Agriculture (ICoSITEA 2020)*, *199*(ICoSITEA 2020), 51–54. https://doi.org/10.2991/aer.k.210204.011

Hamid, A., Bhat, S. U., & Jehangir, A. (2020). Local determinants influencing stream water quality. Dalam *Applied Water Science* (Vol. 10, Nomor 1). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/s13201-019-1043-4

Hasham, G. J., & Ramal, M. M. (2022). Application of QUAL2K for Water Quality Modeling and Management for the Euphrates River in Fallujah City as a Case Study. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, *17*(5), 1511–1521. https://doi.org/10.18280/ijsdp.170515

Hellen, A., Kisworo, & Rahardjo, D. (2020). *Komunitas Makroinvertebrata Bentik Sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Code*. http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/psb/

Iqtashada, & Febrita, J. (2023). Pengaruh Tata Guna Lahan terhadap Kualitas Air Sungai Cisadane di Kota Bogor. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, *8*(1), 9–18. https://doi.org/10.29244/jsil.8.1.9-18

Jayanto, G. D., Widyastuti, M., & Hadi, M. P. (2021). Laundry wastewater characteristics and their relationship with river water quality as an indicator of water pollution. Case study: Code Watershed, Yogyakarta. *E3S Web of Conferences*, *325*. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132502011

Jitolis, J. L., Nasrizal, A., Ali, A., & Bolong, N. (2021). Water quality modelling using QUAL2K at Likas River, Sabah. *UMS Colloquium on Fundamental Research and Application*, *8*(2), 363–371.

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

Khotimah, S. K., & Nasruddin. (2022). Pencemaran Sungai Martapura Akibat Perilaku Masyarakat Membuang Sampah Di Sungai, Limbah Industri Dan Pertambangan (Human Behavior Environmental Analysis). *Jurnal Penelitian Multidisiplin*, *1*(2), 37–41. https://doi.org/10.58705/jpm.v1i2.47

Kirana, K. H., Novala, G. C., Fitriani, D., Agustine, E., Rahmaputri, M. D., Fathurrohman, F., Rizkita, N. R., Andrianto, N., Juniarti, N., Zaenudinna, R. A., Nawawi, M. R., Mentari, V. Z., Nugraha, M. G., & Mulyadi, Y. (2019). Identifikasi Kualitas Air Sungai Citarum Hulu Melalui Analisa Parameter Hidrologi Dan Kandungan Logam Berat (Studi Kasus: Sungai Citarum Sektor 7). *Wahana Fisika*, *4*(2), 120–128. https://doi.org/10.17509/wafi.v4i2.21907

Koniyo, Y. (2020). ANALISIS KUALITAS AIR PADA LOKASI BUDIDAYA IKAN AIR TAWAR DI KECAMATAN SUWAWA TENGAH. *Jurnal Technopreneur (JTech)*, *8*(1), 52–58. https://doi.org/10.30869/jtech.v8i1.527

Kurniati, T. R., & Mujiburohman, M. (2020). Pengaruh Beda Potensial dan Waktu Kontak Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Cair Laundry. *The 11th University Research Colloquium 2020 Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta*, 309–313.

Lestari Riyandini, V., Studi Teknik Lingkungan, P., & Tinggi Teknologi Industri Padang, S. (2020). PENGARUH AKTIVITAS MASYARAKAT TERHADAP KUALITAS AIR SUNGAI BATANG TAPAKIS KABUPATEN PADANG PARIAMAN. *Jurnal Sains dan Teknologi*, *20*(2).

Mallin, M. A., & Cahoon, L. B. (2020). The Hidden Impacts of Phosphorus Pollution to Streams and Rivers. Dalam *BioScience* (Vol. 70, Nomor 4, hlm. 315–329). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/biosci/biaa001

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

Marlina, N., Brontowiyono, W., & Chasna, R. (2020b). Analisis Kualitas Air dan Daya Tampung Sungai dengan Metode Qual2Kw (Studi Kasus: Sungai Code, Yogyakarta). *Serambi Engineering*, *V*(4).

Matiatos, I., Wassenaar, L. I., Monteiro, L. R., Venkiteswaran, J. J., Gooddy, D. C., Boeckx, P., Sacchi, E., Yue, F. J., Michalski, G., Alonso-Hernández, C., Biasi, C., Bouchaou, L., Edirisinghe, N. V., Fadhullah, W., Fianko, J. R., García-Moya, A., Kazakis, N., Li, S. L., Luu, M. T. N., … Welti, N. (2021). Global patterns of nitrate isotope composition in rivers and adjacent aquifers reveal reactive nitrogen cascading. *Communications Earth and Environment*, *2*(1). https://doi.org/10.1038/s43247-021-00121-x

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

Mustapha, A., Aris, A. Z., Juahir, H., Ramli, M. F., & Kura, N. U. (2013). River water quality assessment using environmentric techniques: Case study of Jakara River Basin. *Environmental Science and Pollution Research*, *20*(8), 5630–5644. https://doi.org/10.1007/s11356-013-1542-z

Pangestu, R., Riani, E., Effendi B A Program, H., Pengelolaan, S., Alam, S., Lingkungan, D., Institut, P., & Bogor, P. (2017). ESTIMASI BEBAN PENCEMARAN POINT SOURCE DAN LIMBAH DOMESTIK DI SUNGAI KALIBARU TIMUR PROVINSI DKI JAKARTA, INDONESIA 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 Pemerintah No 38 Tahun 2011. (2011). *PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 38 TAHUN 2011 TENTANG SUNGAI*. *11*(2), 10–14.

Pratama, G., Kurniawan, I. D., & Ilhamdy, A. F. (2020). Pengendalian Pencemaran Limbah Domestik sebagai Upaya Rehabilitasi Pesisir di Desa Malangrapat, Kabupaten Bintan. *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services*, *4*(1), 45. https://doi.org/10.20961/prima.v4i1.41228

Pratama, M. A., Sidabutar, C. P., & Hakim, R. (2023a). 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

Pratama, M. A., Sidabutar, C. P., & Hakim, R. (2023b). 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

Putu, N., Fitriyani, V., & Sipil, T. (2022). Analisis Debit Air di Daerah Aliran Sungai (DAS). Dalam *Ilmuteknik.org* (Vol. 2, Nomor 2).

Qin, G., Liu, J., Xu, S., & Wang, T. (2020). Water quality assessment and pollution source apportionment in a highly regulated river of Northeast China. *Environmental Monitoring and Assessment*, *192*(7). https://doi.org/10.1007/s10661-020-08404-0

Raven, J. A., Gobler, C. J., & Hansen, P. J. (2020). Dynamic CO2 and pH levels in coastal, estuarine, and inland waters: Theoretical and observed effects on harmful algal blooms. *Harmful Algae*, *91*. https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.03.012

Rohmawati, S. M., Sutarno, S., & Mujiyo, M. (2018). Kualitas Air Irigasi Pada Kawasan Industri Di Kecamatan Kebakkramat Kabupaten Karanganyar. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, *31*(2), 108. https://doi.org/10.20961/carakatani.v31i2.11958

Saalidong, B. M., Aram, S. A., Otu, S., & Lartey, P. O. (2022). Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems. *PLoS ONE*, *17*(1 1). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262117

Safitri, S. A., Ulhaq, N. H. D., & Salim, A. (2024). Upaya Peningkatan Kualitas Lingkungan Hidup di Kota Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora*, *2*.

Schaider, L. A., Swetschinski, L., Campbell, C., & Rudel, R. A. (2019). Environmental justice and drinking water quality: Are there socioeconomic disparities in nitrate levels in U.S. drinking water? *Environmental Health: A Global Access Science Source*, *18*(1), 1–15. https://doi.org/10.1186/s12940-018-0442-6

Setiyawan, A. (2019). Strategi Perlakuan Terhadap Kualitas Air Sungai Metro Di Ruas Pakisaji – Kepanjen Di Kecamatan Pakisaji – Kepanjen Kabupaten Malang. *Karta Rahardja*, *1*(2), 15–30.

Sriyono, E., Sardi, & Cahyo Kresnanto, N. (2019). Well Water Contamination Analysis in the Code Riverbank Terrace in Yogyakarta. *Journal of Physics: Conference Series*, *1175*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1175/1/012024

Sulistia, S., & Septisya, A. C. (2020). Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, *12*(1), 41–57. https://doi.org/10.29122/jrl.v12i1.3658

Supu Idawati, Baso, U., Selviani, B., & Sunarmi. (2016). PENGARUH SUHU TERHADAP PERPINDAHAN PANAS PADA MATERIAL YANG BERBEDA. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, *44*(8), 1689–1699. https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201

Taufiqurrahman, A., Nurmaningsih, D. R., & Pribadi, A. (2023). Memiliki Perlindungan Lingkungan Hidup Melalui Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Kedurus Kecamatan Wiyung Surabaya. *JURNAL Al-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, *8*(2), 140. https://doi.org/10.36722/sst.v8i2.1442

USEPA. (1994). *Nonpoint Source*. *August*.

USEPA. (2022). *Point Source Discharge*. *2019*.

Ustaoğlu, F., Tepe, Y., & Taş, B. (2020). Assessment of stream quality and health risk in a subtropical Turkey river system: A combined approach using statistical analysis and water quality index. *Ecological Indicators*, *113*. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105815

Vigiak, O., Grizzetti, B., Udias-Moinelo, A., Zanni, M., Dorati, C., Bouraoui, F., & Pistocchi, A. (2019). Predicting biochemical oxygen demand in European freshwater bodies. *Science of the Total Environment*, *666*, 1089–1105. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.252

Viona, D. (2019). *ANALISIS KUALITAS AIR SUNGAI PADA ALIRAN SUNGAI KALI SURABAYA*.

Wahab, N. A., Khairul, M., Kamarudin, A., Toriman, E., Ata, F. M., Juahir, H., Ghazali, A., & Anuar, A. (2018). The Evaluation of Dissolved Oxygen (DO), Total Suspended Solids (TSS) and Suspended Sediment Concentration (SSC) in Terengganu River, Malaysia. Dalam *International Journal of Engineering & Technology* (Vol. 7, Nomor 3). www.sciencepubco.com/index.php/IJET

Wei, Y., Jiao, Y., An, D., Li, D., Li, W., & Wei, Q. (2019). Review of dissolved oxygen detection technology: From laboratory analysis to online intelligent detection. *Sensors (Switzerland)*, *19*(18). https://doi.org/10.3390/s19183995

Yolanda, Y. (2023). Analisa Pengarruh Suhu, Salinitas dan pH Terhadap Kualitas Air di Muara Perairan Belawan. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, *Vol. 11*, 329–337.

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

Zhi, W., Feng, D., Tsai, W. P., Sterle, G., Harpold, A., Shen, C., & Li, L. (2021). From hydrometeorology to river water quality: Can a deep learning model predict dissolved oxygen at the continental scale? *Environmental Science and Technology*, *55*(4), 2357–2368. https://doi.org/10.1021/acs.est.0c06783

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1 Peraturan Gubernur DIY No. 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	^{0}C	± 3^{0}C Terhadap suhu udara	± 3^{0}C Terhadap suhu udara	± 3^{0}C Terhadap suhu udara	± 3^{0}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 minum secara konvesional Cu ≤ 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	-	-	-	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.

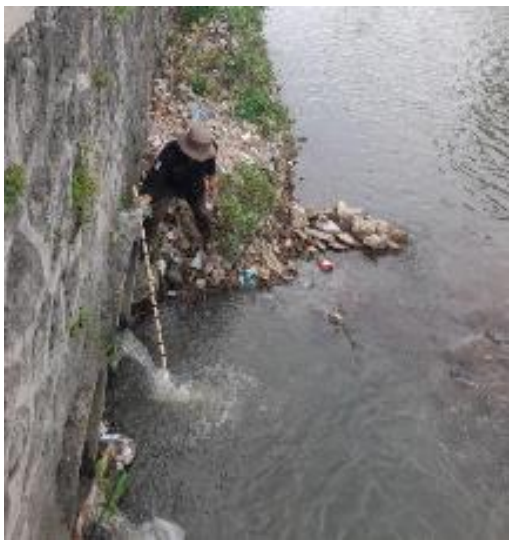
Lampiran 3 Dokumentasi Pengambilan Sampel Air di Sungai Code













Lampiran 4 Perhitungan Debit *Diffuse Source*

Segmen	Jenis Sumber Pencemar	Up	Down	Q *Diffuse Source*	Q *input Diffuse Source*
		km		m^3/detik	
Segmen 1	Limbah Domestik	3,86	3,45	0,67	1,5
Segmen 2	Limbah Domestik	2,97	2,67	0,89	1,6
	Limbah Domestik	1,46	1,08	0,89	0,2
Segmen 3	Pertanian	0,72	0,31	0,002	0,2
	Limbah Domestik	0,34	0,06	0,44	0,2

Perhitungan debit *diffuse source* :

a. Segmen 1
   - Limbah domestik

     Q = (Jumlah penduduk x Kebutuhan air bersih x 80%) / 86400

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

     = 0,67 m^3/detik

b. Segmen 2
   - Limbah domestik

     Q = (Jumlah penduduk x Kebutuhan air bersih x 80%) / 86400

     = (800 orang x 120 l/orang/hari x 80%) / 86400

     = 0,89 m^3/detik
   - Limbah domestik

     Q = (Jumlah penduduk x Kebutuhan air bersih x 80%) / 86400

     = (800 orang x 120 l/orang/hari x 80%) / 86400

     = 0,89 m^3/detik

c. Segmen 3
   - Pertanian

     Q = Luas lahan x Kebutuhan air irigasi

     = 2,96 ha x 0,71 l/detik/ha

= 2 l/detik

= 0,002 m^3/detik

- Limbah domestik

Q = (Jumlah penduduk x Kebutuhan air bersih x 80%) / 86400

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

= 0,44 m^3/detik

Lampiran 5 Perhitungan Konsentrasi Pencemar *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

Nilai α = 0,3, untuk lokasi yang berjarak lebih besar dari 500 meter dari sungai.

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 : Buku Kajian Daya Tampung dan Alokasi Beban Pencemaran Sungai Citarum

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 No. 1 Tahun 2010

a. Segmen 1

- Limbah Domestik
  - BOD

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

    = 600 org x 0,04 kg/org/hari x 1 x1

    = 24 kg/hari

    C = BP / Q

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

    = 36 mg/L
  - TSS

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

    = 600 org x 0,038 kg/org/hari x 1 x1

= 22,8 kg/hari

C = BP / Q

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

= 34,03 mg/L

- Total Fosfat

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

= 600 org x 0,0038 kg/org/hari x 1 x1

= 2,28 kg/hari

C = BP / Q

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

= 3,4 mg/L

b. Segmen 2

- Limbah Domestik
  - BOD

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

= 800 org x 0,04 kg/org/hari x 1 x1

= 32 kg/hari

C = BP / Q

$= \frac{32}{0,89}$

= 35,96 mg/L

  - TSS

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

= 800 org x 0,038 kg/org/hari x 1 x1

= 30,4 kg/hari

C = BP / Q

$= \frac{30,4}{0,89}$

= 34,16 mg/L

  - Total Fosfat

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

= 800 org x 0,0038 kg/org/hari x 1 x1

= 3,04 kg/hari

C = BP / Q

$= \frac{3,04}{0,89}$

= 3,42 mg/L

- Limbah Domestik
  - BOD

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

    = 800 org x 0,04 kg/org/hari x 1 x1

    = 32 kg/hari

    C = BP / Q

    $= \frac{32}{0,89}$

    = 47,76 mg/L

  - TSS

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

    = 800 org x 0,038 kg/org/hari x 1 x1

    = 30,4 kg/hari

    C = BP / Q

    $= \frac{30,4}{0,67}$

    = 45,37 mg/L

  - Total Fosfat

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

    = 800 org x 0,0038 kg/org/hari x 1 x1

    = 3,04 kg/hari

    C = BP / Q

    $= \frac{3,04}{0,67}$

    = 4,54 mg/L

c. Segmen 3

- Limbah Pertanian
  - BOD

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

    = 2,96 x 0,255 kg/hari x 1

    = 0,75 kg/hari

    C = BP / Q

    $= \frac{0,75}{0,002}$

    = 375 mg/L
  - TSS

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

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

    = 0,0014 kg/hari

    C = BP / Q

    $= \frac{0,0014}{0,002}$

    = 0,7 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

    $= \frac{0,0296}{0,002}$

    = 14,8 mg/L

    Limbah Domestik
  - BOD

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

    = 400 org x 0,04 kg/org/hari x 1 x1

    = 16 kg/hari

    C = BP / Q

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

= 36,36 mg/L

- TSS

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

= 400 org x 0,038 kg/org/hari x 1 x1

= 15,2 kg/hari

C = BP / Q

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

= 34,54 mg/L

- Total Fosfat

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

= 400 org x 0,0038 kg/org/hari x 1 x1

= 1,52 kg/hari

C = BP / Q

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

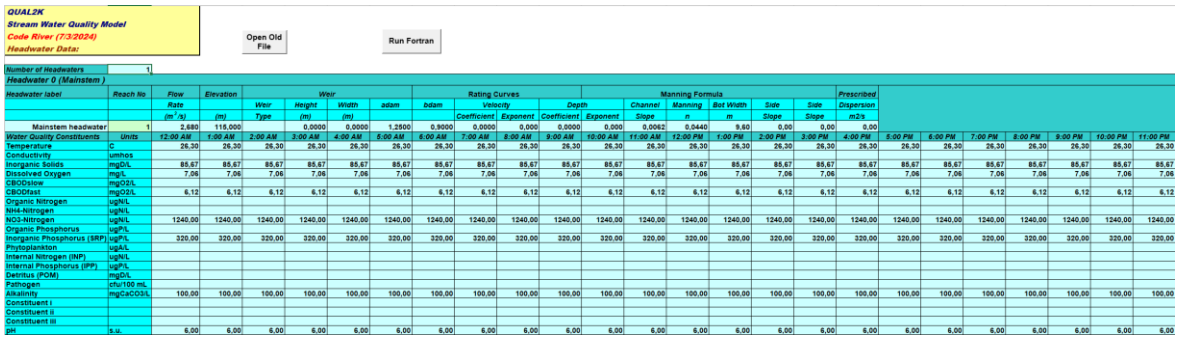
= 3,45 mg/L

Lampiran 6 Sumber Data Kualitas Air Sebagai Acuan *Diffuse Source*

Judul	Tahun	Penulis	Konsentrasi				
			TSS	DO	BOD	NO_3	Total Fosfat
Analisis Kualitas Air dan Daya Tampung Sungai dengan Metode Qual2Kw (Studi Kasus : Sungai Code, Yogyakartaa	2020	Nelly Marlina, Widodo Brontowiyono, Rosida Chasna	70 – 110				0,25 – 0,2
"Pengaruh Aktivitas Masyarakat Terhadap Kualitas Sungai Brantas"	2023	Risma I. Salsabila, dan Novirina Hendrasarie	5,2 – 390		1,59 – 2,95		
Analisis Kandungan Nitrat dan Fosfat di Perairan Parit Barum Kubu Raya Kalimantan Barat	2022	Tia Nuraya, Dahlia Wulan Sari, Elliska Murni Harfinda				0,6 – 1,8	0,27 – 5,06
Kandungan Nitrat dan Fosfat pada Air di Sungai Telagawaja Kabupaten Karangasem, Bali	2021	Deta Miriam Br Sitepu, Ima Yudha Perwira, I Wayan Darya Kartika	20 – 226	3,7 – 5,4			

Lampiran 7 Worksheet QUAL2K

a. *Worksheet* bagian *Headwater*



QUAL2K
Stream Water Quality Model
Code River (7/3/2024)
Headwater Data:

Open Old File | Run Fortran

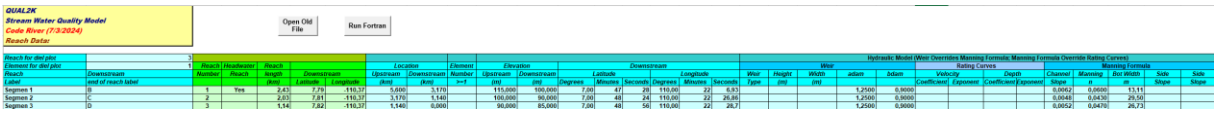
Number of Headwaters: 1

Headwater 0 (Mainstem)

Headwater label	Reach No	Flow Rate (m^3/s)	Elevation (m)	Weir Type	Weir Height (m)	Weir Width (m)	Weir adam	Rating Curves bdam	Rating Curves Velocity Coefficient	Rating Curves Velocity Exponent	Rating Curves Depth Coefficient	Rating Curves Depth Exponent	Manning Formula Channel Slope	Manning Formula Manning n	Manning Formula Bot Width m	Side Slope	Side Slope	Prescribed Dispersion $m2/s$
Mainstem headwater	1	2,680	118,000		0,0000	0,0000	1,2500	0,9000	0,0000	0,000	0,0000	0,000	0,0062	0,0440	9,60	0,00	0,00	0,00

Water Quality Constituents	Units	12:00 AM	1:00 AM	2:00 AM	3:00 AM	4:00 AM	5:00 AM	6:00 AM	7:00 AM	8:00 AM	9:00 AM	10:00 AM	11:00 AM	12:00 PM	1:00 PM	2:00 PM	3:00 PM	4:00 PM	5:00 PM	6:00 PM	7:00 PM	8:00 PM	9:00 PM	10:00 PM	11:00 PM
Temperature	C	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30	26,30
Conductivity	umhos																								
Inorganic Solids	mgD/L	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67	85,67
Dissolved Oxygen	mg/L	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06
CBODslow	mgO2/L																								
CBODfast	mgO2/L	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12
Organic Nitrogen	ug/N/L																								
NH4-Nitrogen	ug/N/L																								
NO3-Nitrogen	ug/N/L	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00	1240,00
Organic Phosphorus	ug/P/L																								
Inorganic Phosphorus (SRP)	ug/P/L	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00
Phytoplankton	ugA/L																								
Internal Nitrogen (INP)	ug/N/L																								
Internal Phosphorus (IPP)	ug/P/L																								
Detritus (POM)	mgD/L																								
Pathogen	cfu/100 mL																								
Alkalinity	mgCaCO3/L	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Constituent i																									
Constituent ii																									
Constituent iii																									
pH	s.u.	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00

b. *Worksheet* bagian *Reach*



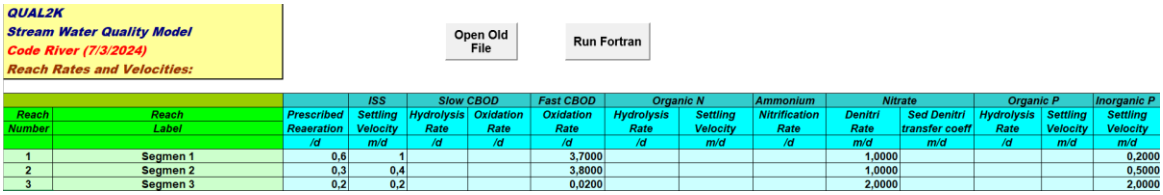
QUAL2K
Stream Water Quality Model
Code River (7/3/2024)
Reach Data:

Open Old File | Run Fortran

Reach for diel plot: 1
Element for diel plot: 1

Reach Label	Downstream end of reach label	Reach Number	Headwater Reach	Reach Height (km)	Downstream Latitude	Downstream Longitude	Location Upstream (km)	Location Downstream (km)	Element Number	Elevation Upstream (m)	Elevation Downstream (m)	Downstream Latitude Degrees	Latitude Minutes	Latitude Seconds	Downstream Longitude Degrees	Longitude Minutes	Longitude Seconds	Weir Type	Weir Height (m)	Weir Width (m)	Rating Curves adam	Rating Curves bdam	Velocity Coefficient	Velocity Exponent	Depth Coefficient	Depth Exponent	Manning Formula Channel Slope	Manning Formula Manning n	Manning Formula Bot Width m	Side Slope	Side Slope
Segmen 1	B	1	Yes	2,43	7,79	-110,37	5,000	3,170		115,000	100,000	7,00	47	28	110,00	22	6,93				1,2500	0,9000					0,0062	0,0600	13,11		
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	26,88				1,2500	0,9000					0,0048	0,0430	25,50		
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				1,2500	0,9000					0,0052	0,0470	26,73		

c. *Worksheet* bagian *Reach Rates*

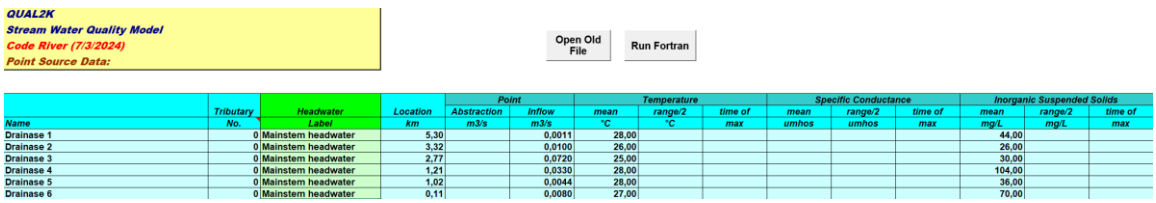


QUAL2K
Stream Water Quality Model
Code River (7/3/2024)
Reach Rates and Velocities:

Open Old File | Run Fortran

Reach Number	Reach Label	Prescribed Reaeration /d	ISS Settling Velocity m/d	Slow CBOD Hydrolysis Rate /d	Slow CBOD Oxidation Rate /d	Fast CBOD Oxidation Rate /d	Organic N Hydrolysis Rate /d	Organic N Settling Velocity m/d	Ammonium Nitrification Rate /d	Nitrate Denitri Rate m/d	Nitrate Sed Denitri transfer coeff m/d	Organic P Hydrolysis Rate /d	Organic P Settling Velocity m/d	Inorganic P Settling Velocity m/d
1	Segmen 1	0,6	1			3,7000				1,0000				0,2000
2	Segmen 2	0,3	0,4			3,8000				1,0000				0,5000
3	Segmen 3	0,2	0,2			0,0200				2,0000				2,0000

d. *Worksheet* bagian *Point Source*



QUAL2K
Stream Water Quality Model
Code River (7/3/2024)
Point Source Data:

Open Old File | Run Fortran

Name	Tributary No.	Headwater Label	Location km	Point Abstraction m3/s	Point Inflow m3/s	Temperature mean °C	Temperature range/2 °C	Temperature time of max	Specific Conductance mean umhos	Specific Conductance range/2 umhos	Specific Conductance time of max	Inorganic Suspended Solids mean mg/L	Inorganic Suspended Solids range/2 mg/L	Inorganic Suspended Solids time of 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		

Inorganic P		
mean	range/2	time of
ugP/L	ugP/L	max
1760,00		
870,00		
470,00		
1460,00		
1330,00		
1310,00		

Alkalinity			Constituent i			Constituent ii			Constituent iii			pH		
mean	range/2	time of	mean	range/2	time of	mean	range/2	time of	mean	range/2	time of	mean	range/2	time of
mgCaCO3/L	mgCaCO3/L	max			max			max			max	s.u.	s.u.	max
100,00												6,00		
100,00												5,50		
100,00												6,00		
100,00												6,00		
100,00												6,00		
100,00												6,00		

e. *Worksheet* bagian *Diffuse Source*

Stream Water Quality Model
Code River (7/3/2024)
Diffuse Source Data:

Open Old File | Run Fortran

	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	3,40		1,5000	28,00		63,00	5,20		1,10			2060,00		400,00
Limbah domestik	0	Mainstem headwater	2,97	2,67		1,6000	29,00		10,00	3,90		10,00			1560,00		500,00
Limbah domestik	0	Mainstem headwater	1,46	1,08		0,2000	28,00		20,00	8,00		4,00			70,00		1300,00
Pertanian	0	Mainstem headwater	0,72	0,31		0,2000	28,00		20,00	16,00		38,00			80,00		985,00
Limbah domestik	0	Mainstem headwater	0,34	0,06		0,2000	28,00		10,00	18,00		50,00			90,00		1765,00

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

f. *Worksheet* bagian *Hydraulics Data*

QUAL2K
Stream Water Quality Model
Code River (7/3/2024)
Hydraulics Data:

Tributary No.	Distance x(km)	Q-data m3/s	H-data m	U-data m/s	Travel time data (d)
0	5,600	2,688	0,369	0,831	
0	3,170	4,026	0,426	0,722	
0	1,140	6,427	0,236	0,683	
0	0,000	6,434	0,339	0,716	

g. *Worksheet* bagian *WQ Data*

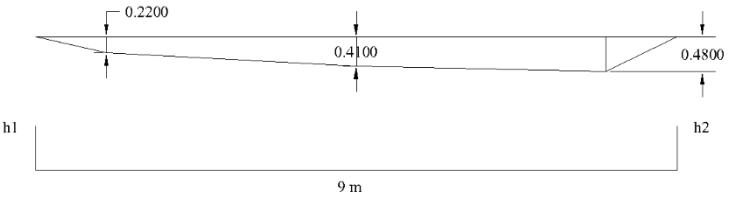
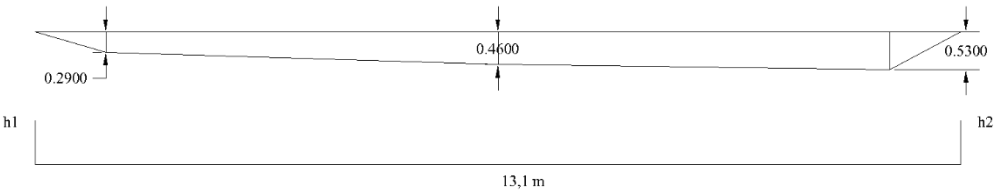
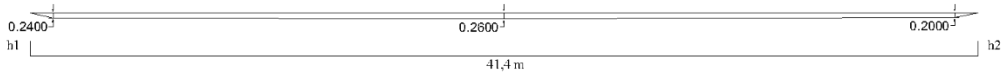
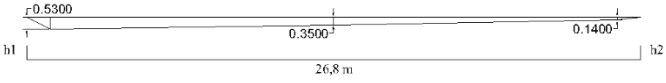
QUAL2K
Stream Water Quality Model
Code River (7/3/2024)
Water Quality Data:

Open Old File | Run Fortran

Tributary No.	Distance km	Cond (umhos) data	ISS (mgD/L) data	DO (mgO2/L) data	CBODs (mgO2/L) data	CBODf (mgO2/L) data	Norg (ugN/L) data	NH4 (ugN/L) data	NO3 (ugN/L) data	Porg (ugN/L) data	Inorg P (ugP/L) data
0	5,60		85,67	7,06		6,12			1240,00		320,00
0	3,17		77,33	5,54		3,44			1540,00		350,00
0	1,14		59,67	4,63		4,74			1570,00		420,00
0	0,00		49,33	5,16		7,39			1360,00		500,00

Constituent iii data	pH data
	6,00
	6,10
	6,10
	6,10

Lampiran 8 Penampang Basah Sungai Code

Titik *Sampling*	Lokasi *Sampling*	Penampang Basah
A	Jembatan Sendowo, Kec. Tegalrejo (Hulu)	Titik A  Keterangan : h = Ketinggian muka air h1 = Ketinggian muka air sisi kiri (menghadap ke utara) h2 = Ketinggian muka air sisi kanan (menghadap ke utara)
B	Jembatan Abu Bakar Ali, Kec. Danurejan (Tengah)	Titik B  Keterangan : h = Ketinggian muka air h1 = Ketinggian muka air sisi kiri (menghadap ke utara) h2 = Ketinggian muka air sisi kanan (menghadap ke utara)
C	Jembatan Mergangsan, Kec. Mergangsan (Tengah)	Titik C  Keterangan : h = Ketinggian muka air h1 = Ketinggian muka air sisi kiri (menghadap ke utara) h2 = Ketinggian muka air sisi kanan (menghadap ke utara)
D	Jembatan Tungkak, Kec. Wirogunan (Hilir)	Titik D  Keterangan : h = Ketinggian muka air h1 = Ketinggian muka air sisi kiri (menghadap ke utara) h2 = Ketinggian muka air sisi kanan (menghadap ke utara)

Lampiran 9 Gambar Plotting Diffuse Source Menggunakan Google Earth Pro



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Madiun, 25 Februari 2001. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh jenjang pendidikan tingkat dasar di SDN 02 Mojorejo pada tahun 2007 – 2013 di Kota Madiun, Jawa Timur. Kemudian melanjutkan pendidikan tingkat menengah di International Islamic Boarding School Daarul Qur'an pada tahun 2013 – 2016 di Ungaran, Jawa Tengah. Kemudian mengenyam pendidikan tingkat atas di Ma'had Tahfidzul Qur'an Isy Karima pada tahun 2016 – 2020 di Karanganyar, Jawa Tengah. Penulis kemudian melanjutkan studi di Universitas Islam Indonesia dengan mengambil Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan pada tahun 2020. Penulis mengikuti beberapa kegiatan saat menjadi mahasiswa antara lain Lembaga Pers Mahasiswa "HIMMAH", dan Zerowaste FTSP. Penulis melaksanakan Kerja Praktek pada bulan Maret 2023 di PT. PP Proyek KCC *Float Glass*, Batang, Jawa Tengah dengan topik pembahasan yaitu Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada 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 Menggunakan Qual2k di Musim Kering", sebagai syarat menyelesaikan studi Strata 1 di Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.