TA/TL/2021/1321

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERHITUNGAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR SUNGAI WINONGO BERDASARKAN PARAMETER BOD DAN COD MENGGUNAKAN MODEL QUAL2KW

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



QORI AULIA ULFA

17513021

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERHITUNGAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR SUNGAI WINONGO BERDASARKAN PARAMETER BOD DAN COD MENGGUNAKAN MODEL QUAL2KW

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

QORI AULIA ULFA
17513021

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Pembimbing I	Pembimbing II
Nelly Marlina, S.T., M.T.	**Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.**
NIK. 125130401	**NIK. 195130102**
Tanggal: 2 Agustus 2021	Tanggal: 2 Agustus 2021

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

NIK. 025100406

Tanggal: 6 Agustus 2021

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERHITUNGAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR SUNGAI WINONGO BERDASARKAN PARAMETER BOD DAN COD MENGGUNAKAN MODEL QUAL2KW

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin
Tangggal : 2 Agustus 2021

Disusun Oleh:

QORI AULIA ULFA
17513021

Tim Penguji :

Penguji 1 : Nelly Marlina, S.T., M.T. ()

Penguji 2 : Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T. ()

Penguji 3 : Dr. Joni Aldilla F, S.T., M.Eng. ()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas IslamIndonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian sayasendiri, 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 dalamnaskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalamdaftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian inisepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawabUniversitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalampernyataan ini, maka saya bersedia menerima sangsi akademik denganpencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuaidengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 Juni 2021

Yang membuat pernyataan,



Qori Aulia Ulfa

NIM: 17513021

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Bulan November 2020 hingga April 2021 ini ialah Analisis Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemar Air Sungai Winongo Berdasarkan Parameter BOD dan COD menggunakan Model Qual2Kw.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Ibu Nelly Marlina, S.T., M.T dan Ibu Noviani Ima Wantoputri S.T., M.T selaku pembimbing, bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng selaku penguji serta Ibu Dr. Suphia Rahmawati dan Ibu Any Juliany, S.T., M.T. yang telah banyak memberi saran. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Bapak/Ibu penanggung jawab Laboratorium Kualitas Air UII beserta staff dan laboran yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, teman-teman, serta seluruh keluarga, atas segala doa dan kasih sayangnya.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat.

Yogyakarta, 21 Agustus 2021

Qori Aulia Ulfa

ABSTRAK

QORI AULIA ULFA. ANALISIS PERHITUNGAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR SUNGAI WINONGO BERDASARKAN PARAMETER BOD DAN COD MENGGUNAKAN MODEL QUAL2KW. Dibimbing oleh NELLY MARLINA, S.T., M.T. dan NOVIANI IMA WANTOPUTRI, S.T., M.T..

Sungai Winongo adalah salah satu sungai, dari sepuluh sungai penting yang terletak di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Sungai Winongo membentang melewati tiga wilayah yaitu Kabupaten Sleman, Kota Jogja, dan Kabupaten Bantul sepanjang 43,75 Km. Seiring dengan meningkatnya kepadatan penduduk di DIY, semakin meningkat pula kegiatan masyarakat urban yang menghasilkan air limbah baik domestik maupun non domestik. Penelitian ini dilakukan menggunakan 9 segmen yang melewati Kab Sleman, Kota Jogja, dan Kabupaten Bantul. Berdasarkan pengukuran parameter kualitas air sungai yang dilakukan berdasarkan parameter BOD dan COD, apabila dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Gubernur DIY No 20 Tahun 2008 Kelas II seluruhnya berada diatas BMA yang ditetapkan. Salah satu metode perhitungan yang dapat diterapkan untuk menentukan daya tampung beban pencemar Sungai Winongo adalah Model Qual2Kw. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa model Qual2Kw efektif untuk menentukan nilai daya tampung beban pencemar pada sungai. Qual2Kw bekerja dengan menggunakan data kualitas air, data hidrolik, dan data klimatologis. Pemodelan dilakukan dengan melakukan *trial* dan *error* pada sumber pencemar agar sesuai dengan kondisi eksisting. Pada penelitian ini validasi dilakukan dengan metode RPD dengan hasil yang didapatkan untuk parameter BOD adalah 11% dan COD 6%, dengan ketentuan model diterima <25%. Setelah terverifikasi dilakukan analisis kondisi dengan 4 simulasi. Simulasi pertama dilakukan untuk melihat kondisi eksisting air sungai, simulasi kedua dilakukan untuk mengetahui kondisi kualitas sungai pada tahun 2026, simulasi ketiga dilakukan untuk mengetahui kondisi air sungai dengan polutan maksimum, sedangkan simulasi keempat dilakukan untuk mengetahu kondisi sungai tanpa adnaya polutan yang masuk. Perhitungan beban pencemaran dilakukan dengan simulasi ketiga dan keempat untuk merepresentasikan kondisi maksimum dan minimum sungai. Didapatkan hasil pada parameter BOD daya tampung yang berlebih berada pada titik 3 dan 5 dengan nilai -180,59 kg/hari dan -302,4 kg/hari. Sedangkan untuk parameter COD nilai beban pencemar berlebih berada pada titik 10 dengan nilai -56,16 kg/hari.

Kata kunci: Sungai Winongo, Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP), Qual2Kw, Kualitas Air

ABSTRACT

QORI AULIA ULFA. ANALISIS PERHITUNGAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR SUNGAI WINONGO BERDASARKAN PARAMETER BOD DAN COD MENGGUNAKAN MODEL QUAL2KW. *Supervised by* NELLY MARLINA, S.T., M.T. *and* NOVIANI IMA WANTOPUTRI, S.T., M.T.

Winongo River is one of the ten important rivers located in the Special Region of Yogyakarta (DIY). Winongo River through three areas, namely Sleman Regency, Jogja City, and Bantul Regency along 43.75 Km. Along with the increasing population density in DIY, urban community activities are also increasing that produce wastewater both domestically and non-domestically. This study was conducted using 9 segments that pass through Sleman District, Jogja City, and Bantul Regency. Based on the measurement of river water quality parameters conducted based on BOD and COD parameters, when compared to the quality standards of Governor Regulation of DIY No. 20 of 2008 Class II is entirely above the Water Quality Standard. The effective method that can be applied to determine the pollution load carrying capacity is the Qual2Kw Model. Some research shows that the Qual2Kw model is effective for determining the pollution load carrying capacity on rivers. Qual2Kw works using water quality data, hydraulic data, and climatological data. Modeling is done by conducting trials and errors on polluting sources to fit existing conditions. In this study validation was conducted by RPD method with the results obtained for BOD parameters are 12% and COD 6%, provided that the model is accepted <25%. After being verified, condition analysis is performed with 4 simulations. The first simulation was conducted to see the existing condition of river water, the second simulation was conducted to determine the quality condition of the river in 2026, the third simulation was conducted to determine the condition of river water with maximum pollutants, while the fourth simulation was conducted to determine the condition of the river without adnaya pollutants entering. The calculation of pollution load is done by third and fourth simulation to represent the maximum and minimum condition of the river. The results of the BOD parameters are excess at points 3 and 5 with values of -180.59 kg/day and -302.4 kg/day. As for the COD parameter, the excess pollutant load value is at point 10 with a value of -56.16 kg/day.

Keywords: Winongo River, Loads capacity, Qual2Kw, Water Quality

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI iv
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR GAMBAR ..... **Error! Bookmark not defined.**
DAFTAR LAMPIRAN x
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
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 Winongo 5
2.2 Parameter Kualitas Air Sungai 6
2.2.1 Parameter Fisika 7
2.2.2 Parameter Kimia 7
2.3 Sumber Pencemar 9
2.3.1 Limbah Domestik 9
2.3.2 Limbah Non Domestik 9
2.3.3 Limbah Pertanian 9
2.4 Beban Pencemar dan Daya Tampung Beban Pencemar Air Sungai 10
2.5 Qual2Kw 10
2.6 Penelitian Sebelumnya 12
BAB III METODE PENELITIAN 15
3.1 Tahapan Penelitian 15

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian 16
3.3 Jenis dan Variabel Penelitian 20
3.3.1 Jenis Penelitian 20
3.3.2 Variabel Penelitian 20
3.4 Pengumpulan Data 20
4.5 Pemodelan Qual2Kw 22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 30
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian 30
4.2 Segmentasi Sungai dan Lokasi Sampling 32
4.2.1 Segmentasi Sungai 32
4.2.2 Lokasi Sampling 32
4.3 Kondisi Hidrolik Sungai Winongo 39
4.4 Sumber Pencemar Sungai Winongo 40
4.5 Debit dan Kualitas Air Sungai Winongo 42
4.5.1 Debit Sungai Winongo 42
4.5.2 Kualitas Air Sungai Winongo 42
4.5.2.1 Parameter Fisika 43
4.5.2.2 Parameter Kimia 46
4.6 Pemodelan Kualitas Air dengan Model Qual2Kw 55
4.6.1 Hasil Kalibrasi dan Validasi Model 55
4.6.2 Simulasi Model 62
4.6.2.1 Simulasi 1 62
4.6.2.2 Simulasi 2 65
4.6.2.3 Simulasi 3 68
4.6.2.4 Simulasi 4 70
4.7 Analisis Daya Tampung Beban Pencemar 71
4.7.1 Beban Pencemar (BP) 72
4.7.2 Daya Tampung Beban Pencemar 73
4.8 Alternatif Pengelolaan DAS 75
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 76
5.1 Simpulan 76

5.2 Saran 77
DAFTAR PUSTAKA 78
LAMPIRAN 83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Kualitas Air Sungai Winongo 2019 7
Tabel 3.1 Waktu dan lokasi sampling 17
Tabel 3.2 Metode Penelitian Parameter Air 21
Tabel 3.3 Faktor *Effluent* Pertanian 25
Tabel 3.4 Simulasi Model..... 27
Tabel 4.1 Titik Sampling dan Segmentasi Sungai Winongo..... 31
Tabel 4.2 Data Hidrolik Sungai Winongo 40
Tabel 4.3 Sumber Pencemar Sungai Winongo 41
Tabel 4.4 Data Temperature Sungai Winongo 44
Tabel 4.5 Data pH Air Sungai Winongo 47
Tabel 4.6 Data BOD Sungai Winongo..... 49
Tabel 4.7 Data COD Sungai Winongo..... 55
Tabel 4.8 Analisis *Relative Precentage Difference* (RPD) Debit..... 59
Tabel 4.9 Analisis *Relative Precentage Difference* (RPD) Kecepatan 60
Tabel 4.10 Analisis *Relative Precentage Difference* (RPD) Kedalaman..... 60
Tabel 4.11 Analisis *Relative Precentage Difference* (RPD) BOD 61
Tabel 4.12 Analisis *Relative Precentage Difference* (RPD) COD 61
Tabel 4.13 *Point Source* Tahun Eksisting dan Proyeksi Parameter BOD..... 67
Tabel 4.14 *Point Source* Tahun Eksisting dan Proyeksi Parameter COD..... 67
Tabel 4.15 Beban Pencemar Simulasi 3..... 73
Tabel 4.16 Beban Pencemar Simulasi 4..... 73
Tabel 4.17 Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Winongo..... 74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian 15
Gambar 3.2 DAS Sungai Winongo 19
Gambar 3.3 Segmentasi Sungai Winongo 23
Gambar 4.1 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 1 32
Gambar 4.2 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 3 33
Gambar 4.3 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 5 34
Gambar 4.4 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 6 34
Gambar 4.5 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 7 35
Gambar 4.6 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 8 36
Gambar 4.7 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 9 37
Gambar 4.8 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 10 37
Gambar 4.9 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 11 38
Gambar 4.10 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 12 39
Gambar 4.11 Grafik Debit Sungai Winongo 42
Gambar 4.12 Grafik Temperatur Sungai Winongo 45
Gambar 4.13 Grafik pH Sungai Winongo 48
Gambar 4.14 Grafik BOD Sungai Winongo 51
Gambar 4.15 Grafik COD Sungai Winongo 55
Gambar 4.16 Grafik Model Debit Sungai Winongo 56
Gambar 4.17 Grafik Model Kecepatan Sungai Winongo 57
Gambar 4.18 Grafik Model Kedalaman Sungai Winongo 57
Gambar 4.19 Grafik Model BOD Sungai Winongo 58
Gambar 4.20 Grafik Model COD Sungai Winongo 58
Gambar 4.21 Grafik Model Simulasi 1 Parameter BOD 63
Gambar 4.22 Grafik Model Simulasi 1 Parameter COD 63
Gambar 4.23 Grafik Model Simulasi 2 Parameter BOD 66
Gambar 4.24 Grafik Model Simulasi 2 Parameter COD 66
Gambar 4.25 Grafik Model Simulasi 3 Parameter BOD 69
Gambar 4.26 Grafik Model Simulasi 3 Parameter COD 69

Gambar 4.27 Grafik Model Simulasi 4 Parameter BOD..... 70
Gambar 4.28 Grafik Model Simulasi 4 Parameter COD..... 71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Analisa Data BOD pada Sungai dan *Point Source* 81
Lampiran 2 Hasil Analisa Data COD pada Sungai dan *Point Source* 82
Lampiran 3 Data Kualitas Air, Klimatologi, dan Hidrolika Sungai 83
Lampiran 4 Perhitungan Data Hidrolika Sungai 86
Lampiran 5 Dokumentasi Kegiatan Penelitian 88

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai Winongo ialah salah satu dari sepuluh sungai penting yang terletak di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Sungai Winongo membentang melewati tiga wilayah yaitu Kab. Sleman, Kota Jogja, dan Kab. Bantul sepanjang 43,75 Km. Dari hasil observasi lapangan di Sungai Winongo, kondisi sempadan sungai di tiga kecamatan yaitu Kecamatan Tegalrejo, Ngampilan dan Mantijeron, relatif dikategorikan sebagai pemukiman padat penduduk. Hal tersebut dikarenakan semakin pesatnya pertumbuhan penduduk yang tidak diiringi dengan penyediaan lahan. Sungai ini juga berperan untuk menunjang kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat disekitarnya. Masyarakat sekitar memanfaatkan sungai untuk berbagai kegiatan seperti MCK (Mandi Cuci Kakus), irigasi, budidaya perikanan, dan pembuangan air limbah domestik maupun non domestik.

Berdasarkan laporan dari Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) RI, pada tahun 2017 melaporkan bahwa 75% kondisi perairan sungai di Indonesia masuk dalam golongan cemar berat, dimana 60% diantaranya disebabkan oleh limbah domestik dan 15% disebabkan buangan limbah non domestik. Menurut Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) DIY, pada tahun 2019 menyatakan bahwa sebagian besar sungai yang berada di provinsi DIY tercemar sedang hingga berat, salah satunya Sungai Winongo.

Sesuai dengan peruntukannya, Sungai Winongo dikategorikan sebagai sungai kelas 2 dimana sungai ini hanya dipergunakan sebagai prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan ,air untuk mengairi pertanaman dan peruntukan lainnya yang sesuai (PP RI No. 22 Tahun 2021). Selain itu, menurut Badan Lingkungan Hidup (BLH) DIY Tahun 2012, terdapat berbagai macam sektor seperti rumah tangga, industri, pariwisata, pelayanan kesehatan, peternakan, agriculture, dan perhotelan yang membuang

effluent hasil kegiatan ke dalam Sungai Winongo. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Marlina, et al (2017) dikatakan bahwa kualitas air Sungai Winongo telah melebihi baku mutu air sungai kelas II pada parameter COD dan TSS. Selain itu menurut hasil pemantauan yang dilakukan oleh DLH DIY, pada tahun 2019 beberapa parameter kualitas air di Sungai Winongo melebihi baku mutu diantaranya yaitu BOD dan COD dengan nilai 7,35 mg/L dan 28,34 mg/L.

Berdasarkan observasi yang dilakukan di sekitar Sungai Winongo, terdapat beberapa industri diantaranya yaitu industri kayu. Kegiatan industri kayu menghasilkan limbah yang berasal dari pengawet kayu. Bahan pengawet yang digunakan bersifat pengaktif, dimana limbah dibuang kedalam sungai tanpa adanya proses pengolahan dapat membahayakan biota sungai dan juga manusia yang mengonsumsi air tersebut, hal ini dikarenakan kandungan BOD dan COD yang tinggi (Soedarmanto, 2012). Adanya pembuangan limbah domestik di Sungai Winongo juga dapat menaikkan konsentrasi BOD dan COD dalam air sungai yang disebabkan karena banyaknya kandungan bahan organik dalam air limbah. Konsentrasi BOD dan COD yang tinggi di sungai dapat menyebabkan pendangkalan akibat sedimentasi di sungai. Hal ini dikarenakan berkurangnya kadar oksigen dalam air yang masuk sehingga biota akan mengalami kematian (Suprihatin, 2014).

Berdasarkan permasalahan diatas maka, diperlukan analisis mengenai banyaknya beban pencemar yang dapat diterima oleh Sungai Winongo seperti parameter COD dan BOD untuk tetap menjaga kualitas air sesuai dengan peruntukannya. Penentuan kualitas air sungai dilakukan berdasarkan baku mutu air kelas II berdasarkan Pergub DIY Nomor 20 Tahun 2008.

Secara spesifik kementerian atau dinas terkait belum melakukan analisis perhitungan Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) Sungai Winongo, seperti yang pernah dilakukan oleh sungai besar lainnya yaitu Sungai Citarum berdasarkan Kepmen LHK No 298 Tahun 2017 tentang penetapan daya tampung beban pencemaran air dan alokasi beban pencemaran air Sungai Citarum. Oleh karena itu pada penelitian ini diperlukan untuk menentukan nilai

beban pencemar dan daya tampung beban pencemar Sungai Winongo. Menurut Kepmen Lingkungan Hidup No 110 Tahun 2003, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) Sungai Winongo. Salah satunya adalah dengan menggunakan software Qual2E, yang sekarang dikembangkan menjadi Qual2Kw. Software Qual2Kw dipilih untuk menentukan nilai daya tampung beban pencemar berdasarkan point source dan non point source. Software ini dapat mensimulasikan hingga 15 parameter diantaranya dalah BOD dan COD. Hal ini dilakukan karena Qual2Kw memiliki nilai validasi yang cukup baik untuk merepresentasikan kualitas air sungai (Rezagama, et al, 2019).

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian penentuan daya tampung beban pencemar di Sungai Winongo adalah:

1 Berapa besaran daya tampung beban pencemar berdasarkan parameter Biological Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD) pada Sungai Winongo menggunakan pemodelan Qual2Kw.

2 Bagaimana alternatif pengelolaan kualitas sungai untuk mengurangi beban pencemaran air sungai agar memenuhi baku mutu air kelas II.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian penentuan daya tampung beban pencemar di Sungai Winongo adalah :

1. Menganalisis besaran daya tampung beban pencemar berdasarkan parameter Biological Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD) pada Sungai Winongo menggunakan pemodelan Qual2Kw
2. Memberikan alternatif mengenai pengelolaan kualitas sungai untuk mengurangi beban pencemaran air sungai agar memenuhi baku mutu air kelas II.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian daya tampung beban pencemar di Sungai Winongo adalah :

1. Memberikan gambaran mengenai tingkat pencemaran yang terjadi di Sungai Winongo yang diakibatkan oleh limbah domestik maupun non domestic.
2. Memberikan rekomendasi kepada pihak terkait seperti DLH Provinsi Yogyakarta untuk mengatasi permasalahan pencemaran Sungai Winongo

1.5 Asumsi Penelitian

Asumsi penelitian merupakan anggapan yang pernyataannya tidak dapat diragukan kebenarannya. Menurut pengertian tersebut maka dalam penelitian ini dapat disasumsikan bahwa :

1. Qual2Kw merupakan suatu model dengan menggunakan kualitas data hidrolik dan geografik yang efektif untuk diterapkan dalam perbandingan evaluasi dari program peningkatan kualitas air sungai.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian penentuan daya tampung beban pencemar di Sungai Winongo adalah sebagai berikut :

1. Penentuan Daerah Segmentasi dilakukan dengan membangi 9 segmen pada segmen tengah Sungai Winongo yang terletak di Kabupaten Sleman hingga Kabupaten Bantul
2. Penentuan Beban Pencemar Air Sungai Winongo dilakukan berdasarkan parameter BOD dan COD.
3. Analisis Daya Tampung Beban Pencemar dilakuakan dengan mengacu pada PERGUB DIY No 20 Tahun 2008.
4. Penentuan Besaran Daya Tampung Beban Pencemar Air Sungai Winongo dilakukan dengan menggunakan sofrware Qual2Kw

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan suatu bagian di daratan yang terdiri dari sungai utama dan anak sungai yang berfungsi sebagai tempat penampungan, penyimpanan, dan media untuk mengalirkan air yang berasal dari curah hujan menuju ke danau atau laut secara alamiah (Paimin, 2012). DAS ialah ruang yang dibatasi oleh wilayah lautan maupun perairan lainnya yang diperngaruhi oleh aktivitas lingkungan darat (UU No. 7 Tahun 2004). Oleh karena itu, DAS dapat diartikan sebagai suatu daerah alamiah yang mempengaruhi dan dipengaruhi oleh elemen disekitarnya yang berfungsi memberikan pasokan air berupa air sungai, air tanah, dan memenuhi berbagai kepentingan hidup untuk manusia maupun flora dan fauna yang ada disekitar.

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi perubahan DAS adalah perubahan tata guna lahan. Perubahan tata guna lahan dipengaruhi oleh meningkatnya pertumbuhan penduduk yang berakibat pada meningkatnya kegiatan pembangunan.

2.2 Sungai Winongo

Sungai Winongo ialah satu dari banyak sungai besar yang terletak di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Sungai ini memiliki luas sebesar 118 km^2 dengan panjang 43,75 km. Dengan melintasi beberapa wilayah administrasi yaitu Kab. Sleman, Kota Jogja, dan Kab. Bantul. Sungai Winongo berhulu di lereng Gunung Merapi dan memiliki muara di Sungai Opak yang bermuara ke pantai selatan Jogja (Handayani, 2014).

Sungai Winongo yang masuk dalam wilayah administrasi Provinsi DIY, dipantau langsung oleh Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DIY untuk dilakukan pemantuan secara berkala guna mengetahui kualitas air sungai.

Berdasarkan pemantauan tersebut, didapatkan data sebagai berikut yang dilihat dari parameter temperature atau suhu, derajat keasaman (pH), *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) (DLH Provinsi Yogyakarta, 2019). Data tersebut dibandingkan dengan PERGUB DIY No 20 Tahun 2008 Kelas II. Data kualitas air Sungai Winongo Tahun 2019 dilihat pada tabel **Tabel 2.1** :

Tabel 2.1 Data Kualitas Air Sungai Winongo 2019

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pemantauan
Suhu	^{O}C	± 3 terhadap suhu udara	29,7
pH	-	6-8,5	8,17
DO	Mg/L	5	8,84
COD	Mg/L	25	28,32
BOD	Mg/L	3	7,35

Sumber : DLH Provisni Yogyakarta, 2019

DAS Sungai Winongo merupakan sungai yang berhulu pada tiga sungai yaitu Sungai Denggung, Sungai Doso, dan Sungai duren, yang berada di Kabupaten Sleman. Di hulu, kondisi DAS masih cukup baik, terlihat dari masih dimanfaatkannya pengambilan air bersih di sungai pada musim tertentu untuk memenuhi kebutuhan air bersih di kota. Masuk kedalam tengah hingga hilir sungai, Sungai Winongo banyak dijadikan masyarakat untuk MCK dan pembuangan *effluent* air limbah dari berbagai macam sektor seperti rumah tangga, industri, pariwisata, pelayanan kesehatan, peternakan, *agriculture*, dan perhotelan yang membuang air limbahnya kedalam Sungai Winongo (BLH DIY, 2012).

2.2 Parameter Kualitas Air Sungai

Kualitas air sungai terdiri dari beberapa parameter yang dipengaruhi oleh adanya aktivitas lingkungan seiring dengan meningkatnya kepadatan

penduduk dan aktivitas masyarakat. Hal tersebut menyebabkan adanya berbagai aktivitas manusia guna memenuhi kebutuhan hidup seperti kegiatan industri, pemukiman, dan pertanian (Pohan, 2016). Penurunan kualitas air sungai dipengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya yaitu parameter fisika dan kimia.

2.2.1 Parameter Fisika

A. Temperature

Suhu atau temperatur merupakan parameter air yang merepresentasikan mengenai panas atau dinginnya air. Suhu normal air berada pada rentang 0-35 ^{0}C sesuai dengan sumber, kedalaman, dan musim saat pengambilan sampel. Suhu air dapat menyebabkan perubahan sifat dan karakteristik air seperti densitas, tegangan permukaan, viskositas, kapasitas termal, tekanan, entalpi, konduktivitas jenis, salinitas, dan kelarutan gas seperti oksigen dan karbon dioksida. Perubahan suhu dapat menunjukkan aktivitas kimiawi biologis pada benda padat dan gas dalam air (Susanto, 2015). Suhu yang baik untuk kehidupan organisme dalam air adalah 25°C - 30 °C (Mardhia, 2018).

B. Daya Hantar Listrik (DHL)

Konduktivitas atau DHL merupakan gambaran numeric dari kemampuan air untuk mengalirkan aliran listrik. DHL dapat juga menunjukkan besarnya garam terlarut yang bisa terionisasi didalam air. Beberapa hal dapat mempengaruhi nilai DHL pada air diantaranya yaitu bilangan valensi, reaktivitas, dan konsentrasi ion-ion telarut (South, 2016).

2.2.2 Parameter Kimia

A. pH

pH atau derajat keasaman adalah salah satu parameter air yang menunjukkan intensitas keasaman zat cair encer dan

merepresentasikan konsentrasi ion hidrogennya. Semakin tinggi nilai pH, menunjukkan tingginya nilai alkalinitas dan rendahnya karbondioksida bebas. Nilai Biota akuatik dapat hidup pada kisaran pH 7-8,5. Nilai derajat keasaman dapat berpengaruh terhadap proses biokimiawi perairan, bahkan mengakibatkan berhentinya proses nitrifikasi pada air (South, 2016). Nilai pH juga dapat mempengaruhi besarnya toksisitas senyawa kimia, kegiatan biokimiawi perairan, dan proses metabolisme biotik (Djoharam, 2018).

B. Dissolved Oxygen (DO)

Oksigen terlarut berperan dalam kelangsungan hidup seluruh komponen organisme yang ada di perairan untuk untuk pernafasan. Semakin tinggi kadar DO pada air, maka kualitas air akan baik, sebaliknya jika kadar DO terlalu rendah maka menunjukkan bahwa kualitas air pada perairan tersebut buruk. Hal ini akan menyebabkan pencemaran bau yang diakibatkan oleh degradasi anaerobic yang mungkin akan terjadi (Vandra, 2016).

C. Chemical Oxygen Demand (COD)

Nilai COD adalah parameter pencemaran air oleh zat-zat organik dimana secara alami dapat teroksidari melalui proses mikrobiologis dan menyebabkan menurunnya oksigen terlarut (DO) didalam air (Nuraini, 2019). Selain itu COD juga diartikan sebagai jumlah oksigen yang diperlukan sebagai pengurai bahan organic yang ada dalam air, dimana semua zat organik baik yang sulit maupun mudah terurai dapat teroksidasi.

D. Biological Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan suatu sifat untuk menunjukkan besarnya oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme dalam air untuk mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobic (Nuraini, 2019). Nilai

BOD tidak dapat merepresentasikan besarnya bahan organik yang ada dalam air, namun menunjukkan secara garis besar jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mengoksidasi suatu zat. Nilai BOD dapat menunjukkan banyaknya bahan organik yang siap terdekomposisi dalam perairan.

2.3 Sumber Pencemar

2.3.1 Limbah Domestik

Grey water merupakan air limbah rumah tangga yang berasal dari kegiatan rumah tangga namun tidak berasal dari toilet, sedangkan yang berasal dari toilet disebut *black water. Grey Water* merupakan air limbah yang memiliki kadar pencemaran yang lebih ringan daripada air limbah yang berasal dari *effluent* industri (South, 2016). Bahan organik, anorganik, dan gas yang berasal dari limbah rumah tangga apabila memiliki konsentrasi yang tinggi berpotensi menyebabkan pencemaran air sungai.

2.3.2 Limbah Non Domestik

Pada kegiatan hasil industri menghasilkan *effluent* air limbah yang dapat berdapak negatif. Hal ini terjadi apabila air limbah yang dihasilkan tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai. Jumlah aliran dan karakteristik air limbah yang berasal dari industri bermacam-macam, bergantung pada jenis industri, penggunaan air, pengolahan air limbah, dan besarnya kapasitas industri tersebut.

2.3.3 Limbah Pertanian

Limbah pertanian juga merupakakan penyumbang pencemar di sungai yang disebabkan penggunakan baik pupuk organic, anorganik, dan pestisida. Pada saat hujan pupuk tersebut akan larut dan terbawa bersamaan dengan aliran air hujan menuju ke sungai. Selain itu pupuk juga

dapat mengkontaminasi air sungai melalui saluran drainase. Pada pembuangan limbah pertanian menghasilkan beban pencemar sebesar 90 gBOD5/ha (Yusuf, 2014).

2.4 Beban Pencemar dan Daya Tampung Beban Pencemar Air Sungai

Beban Pencemar (BP) merupakan beban pencemaran yang masuk kedalam air sungai sesuai dengan kondisi eksisting, dimana didalamnya terkandung unsur pencemar yang masuk kedalam air limbah. Dapat dihitung dengan rumus (Dewata, 2018) :

$$BP(\frac{kg}{hari}) = Debit\ \left(\frac{m^3}{detik}\right) \times Konsentrasi\ \left(\frac{mg}{l}\right) \times 86{,}4 \quad (2.1)$$

Daya tampung beban pencemar (DTBP) air sungai merupakan kemampuan sungai dapat menerima masukan berupa pencemar yang masuk kedalam sungai tanpa menyebabkan adanya pencemaran didalamnya. Rumus yang digunakan untuk menghitung daya tampung air sungai (Setiawan, 2017):

$$Daya\ Tampung = Beban\ Pencemar\ sesuai\ BMA\left(\frac{kg}{hari}\right) - Beban\ Pencemar\ Terukur(\frac{kg}{hari}) \quad (2.2)$$

Baku mutu air yang digunakan sesuai dengan PERGUB DIY No. 20 Tahun 2008 Tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY.

2.5 Qual2Kw

Menurut Kepmen LH No 110 Tahun 2003, untuk menentukan Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) dapat dilakukan dengan beberapa metode baik yang sederhana maupun menggunakan software. Untuk metode sederhana dapat digunakan metode neraca masa dengan menentukan konsentrasi rata-rata aliran hilir yang berasal dari sumber pencemar. Sedangkan dengan metode software digunakan model Qual2E, dimana model ini dikembangkan kembali menjadi Qual2Kw. Pemodelan Qual2Kw merupakan metode pemodelan kualitas air sungai yang dikembangkan oleh US EPA (*United States Environmental Protection Agency*). Software Qual2Kw digunakan untuk

mensimulasikan dan menyederhanakan kondisi kualitas air pada sungai kecil maupun sungai besar. Bentuk luaran Qual2Kw disajikan dalam bentuk grafik (Rezagama, et al, 2019).

Beberapa data yang dibutuhkan untuk menjalankan program Qual2Kw diantaranya yaitu :

a Data klimatologis : Temperatur udara, tutupan awan, kecepatan angina
b Data fisiologis sungai : Kedalaman, kekasaran, kemiringan, dan lebar sungai
c Data segmentasi : jarak, elevasi, koordinat upstream dan downstream tiap segmen
d Kualitas air di hulu : debit, kecepatan, elevasi, dan data bendung
e Letak geografis dan ketinggian point source, pintu air, dan bendung

Kelebihan dari software Qual2Kw adalah :

a. Parameter yang digunakan dalam model Qual2Kw tergolong sederhana, seperti data hidrolik, data kualitas air, data fisiologis sungai, dan data klimatologis (Rezagama, 2019).
b. Model Qual2Kw dapat mensimulasikan beberapa paremeter kimia dan biologis seperti pH, alkalinitas, padatan tersuspensi anorganik, bakteri patogen, alga, suhu, CBOD cepat bereaksi, CBOD lambat bereaksi, Dissolved Oxygen (DO), fitoplankton, fosfor organik dan anorganik, nitrogen organik, NH4-Nitrogen, NH3–Nitrogen, konduktivitas, bakteri pathogen dan alkalinitas (Indriani, 2016).
c. Dalam penggunannnya qual2Kw dapat menganalisis akumulasi polutan yang disebabkan oleh kegiatan pertanian.

Kekurangan dari software Qual2Kw adalah :

a. Model Qual2Kw sulit diterapkan untuk pemodelan DAS dataran tinggi, dan lebih baik untuk diaplikasikan pada segmen perkotaan. Hal ini terjadi karena pada dataran tinggi dibutuhkan banyak data spasial yang

bervariasi seperti peta penggunaan lahan, tutupan lahan, dan peta properti tanah dari daerah aliran sungai. Untuk mendapat data yang akurat dianggap sulit, sehingga dikhawatirkan tidak mendapatkan hasil yang akurat (Hoang, 2019).

b. Dalam penggunaannya model Qual2Kw belum dapat diaplikasikan untuk menghitung kualitas air berdasarkan parameter logam, hanya parameter organik dan anorganik saja.

2.6 Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian sebelumnya, model Qual2Kw sudah banyak digunakan untuk menentukan beban pencemaran air sungai dan penentuan alternatif pengelolaan air sungai, baik di Indonesia maupun di luar negeri. Penentuan daya tampung beban pencemar yang dilakukan di Sungai Bengawan Solo menggunakan metode Qual2Kw menunjukkan daya tampung beban pencemar untuk baku mutu sungai kelas II, diperlukan adanya penurunan nilai parameter BOD sebesar 15.559,69 kg/hari dan COD sebesar 30,207 Kg/hari (Dani et al, 2015). Pada penelitian yang dilakukan oleh Kannel et al, 2007 digunakan model Qual2Kw untuk menentukan alternatif pengelolaan sungai. penelitian tersebut menunjukkan nilai 30 mg/L CBOD, 5 mg/L TN, 0,25 mg/L TP pada *point source* dengan Simulasi penambahan debit sebesar 1 m^3/s dan *local oxygenations* pada tiga titik kritis dapat meningkatkan nilai DO, sedangkan kombinasi antara modifikasi beban pencemar, penambahan debit, dan *local oxygenation* efektif untuk mengurangi parameter beban pencemar. Penelitian yang dilakukan di sungai Cau, Vietnam dilakukan analisis Qual2Kw dengan menggunakan data sekunder dengan menggunakan PBIAS untuk mengevaluasi data kualitas air sungai. Hasil penelitian menunjukkan sungai Cau memiliki PBIAS < 15% dengan kategori kualitas air sungai "sangat bagus" (Hoang et al, 2019). Pada penelitian yang dilakukan di Sungai Winongo menunjukkan bahwa pengaruh kekasaran saluran dan kondisi fisik sungai mempengaruhi konsentrasi polutan yang terdapat pada sungai. Selain itu suhu

air sungai juga mempengaruhi jumlah polutan yang masuk kedalam badan air sehingga berdampak langsung terhadap perubahan nilai COD dan TSS (Marlina, 2017). Pada penelitian yang dilakukan oleh Allam et al, 2016 dihasilkan bahwa *agricultural drainage water* (ADW) berperan penting untuk penentuan kualitas air sungai Nill, Egypt dengan beberapa parameter berpengaruh seperti BOD, COD, TSS, TN, dan fosfor melalui saluran Gharbia. Qual2Kw juga digunakan untuk menentukan kualitas air Sungai Skudai, Malaysia berdasarkan parameter NH_3-N, dimana hasil menunjukkan kualitas air Kelas II (sedikit tercemar hingga tercemar). Kualitas air sungai dihasilkan akibat dari beberapa kegiatan yang mempengaruhinya seperti pemukiman, industri, dan pasar (Kamal, 2020). Penelitian yang dilakukan di Sungai Wei, China dihasilkan data mengenai beberapa parameter yang berperan untuk menentukan kualitas air sungai adalah COD, nitrogen amonia dan fosfor dimana masing-masing memiliki koefisien degradasi 0,2428, 0,1019 dan 0,2554. Hasil menunjukkan bahwa nilai prediksi sesuai dengan kondisi eksisting dengan error 10% (Zhang et al, 2016).

Selain Qual2Kw beberapa jenis pemodelan yang dapat digunakan untuk menganalisis kualitas air sungai antara lain adalah :

a. *Water Quality Analysis Simulation* Program (WASP)

   WASP merupakan salah satu software pemodelan air sungai yang dikembangkan oleh US EPA. Sofware ini berfungsi untuk memprediksi kualitas air sungai terhadap kondisi lingkungan dan pencemaran yang berasal dari limbah domestik dan non domestik dengan tujuan untuk metode pembuat keputusan terhadap pengelolaan kualitas air sungai (Chen, 2013). Adapun tahapan pemodelan yang ada pada software WASP antara lain adalah: segmentasi sungai; pengolahan data; input data; kalibrasi model; dan pengembangan simulasi. Adapun beberapa data yang dibutuhkan antara lain adalah data hidrolika; beban pencemaran (*load*); debit sungai; dan konsentrasi parameter kualitas air pada tiap segmen (Purnaini, 2018).

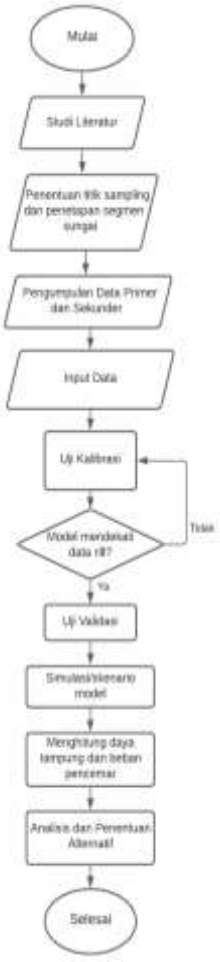
b. *Hydrologic and Water Quality System* (HAWQS)

HAWQS adalah sistem pendukung keputusan berbasis web yang berfungsi untuk melakukan pemodelan Daerah Aliran Sungai (DAS). Model ini merupakan pengembangan dari model SWAT untuk memprediksi kualitas DAS berdasarkan faktor kegiatan pertanian seperti beragam tanaman, tanah, jenis vegetasi alami, dan luas lahan. Adapun beberapa parameter kualitas air yang dapat dikaji dalam model ini adalah: endapan, pathogen, nutrisi, BOD, dan COD. Adapun cara kerja dari model ini antara lain adalah: memilih skala das dalam bentuk *Hydraulic Unit Code* (HUC), memasukkan skenario dan menginput data, melakukan *run* pada model, dan menganalisis input. Adapun beberapa data yang dibutuhkan adalah:data pupuk, lokasi DAS, rute sedimen, data iklim, dan sumber pencemar (Yen, 2015).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan untuk menentukan daya tampung beban pencemar Sungai Winongo dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Pada penelitian analisis beban pencemar Sungai Winongo, Daerah Istimewa Yogyakarta dimulai dengan studi literatur mengenai kondisi sungai. Kemudian dilakukan penentuan titik sampling berdasarkan analisis kondisi eksisting sungai. Setelah itu dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer didapatkan dari data yang didapatkan langsung di lapangan, sedangkan data sekunder didapatkan dari data-data lembaga terkait. Setelah itu digunakan metode QUAL2Kw dengan menggunakan pendekatan analisis kuantitatif. Pendekatan analisis kuantitatif diambil dari perhitungan parameter kualitas air bersih, beban pencemar dan daya tampung beban pencemar air sungai. Sedangkan analisis kualitatif diambil dari alternatif yang dijadikan untuk menangani permasalahan pencemaran sungai.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi sampling air Sungai Winongo dilakukan pada segmen tengah, dengan lokasi administrasi Kabupaten Sleman hingga Kabupaten Bantul. Hal ini dilakukan karena pada segmen ini merupakan daerah padat penduduk yang memanfaatkan sungai sebagai media pembuangan limbah domestic. Selain itu pada segemen ini juga terdapat banyak kegiatan industri, perkantoran, dan pasar yang membuang limbah cairnya kedalam air sungai.

Sampling dilakukan dengan metode *composite samples* atau pengambilang dengan gabungan waktu. Metode ini dilakukan dengan mengambil sampel pada satu lokasi dengan waktu yang berbeda. Sampling dilakukan pada musim hujan. Adapun lokasi dan waktu yang digunakan adalah sebagai berikut :

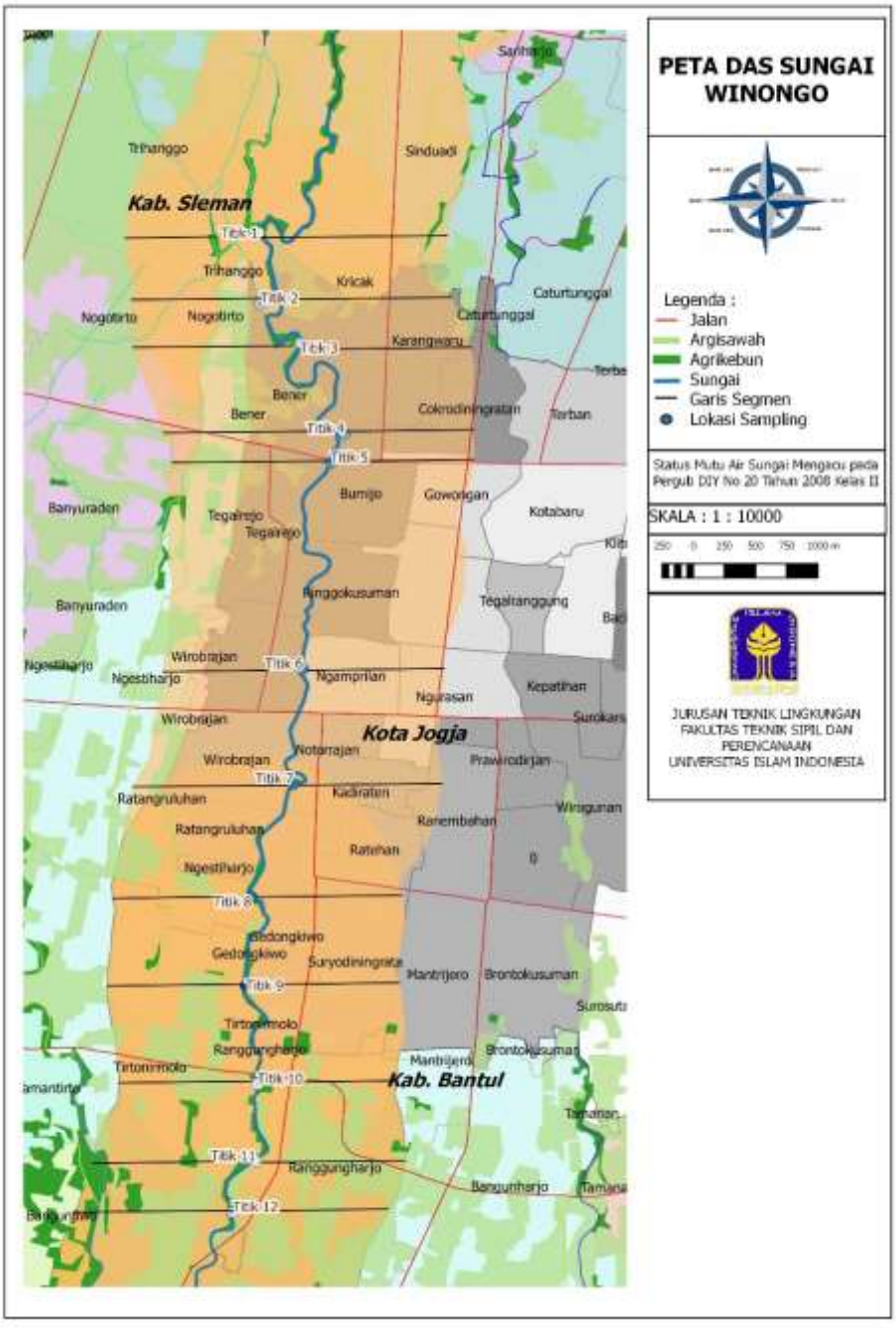
Tabel 3.1 Waktu dan lokasi sampling

Titik	Lokasi	Koordinat	Waktu dan Kondisi Sampling	
			Waktu	Kondisi Cuaca
1	Jembatan Jambon	7°45'58.11"S 110°21'6.50"E	I : 7 Desember 2020 II : 19 Januari 2021 III : 8 Februari 2021	Cerah Hujan Cerah
2	Panggungan (Anak Sungai)	7°46'16.61"S 110°21'7.06"E	I : 7 Desember 2020 II : 19 Januari 2021 III : 8 Februari 2021	Cerah Cerah Cerah
3	Jatimulyo	7°46'27.02"S 110°21'17.41"E	I : 7 Desember 2020 II : 19 Januari 2021 III : 8 Februari 2021	Cerah Cerah Hujan
4	Bumiijo (Anak Sungai)	7°46'58.38"S 110°21'29.14"E	I : 7 Desember 2020 II : 19 Januari 2021 III : 8 Februari 2021	Cerah Cerah Cerah
5	Kyai Mojo	7°46'58.38"S 110°21'25.44"E	I : 7 Desember 2020 II : 19 Januari 2021 III : 8 Februari 2021	Cerah Cerah Cerah
6	Jembatan Merah	7°47'52.53"S 110°21'18.20"E	I : 7 Desember 2020 II : 20 Januari 2021 III : 9 Februari 2021	Hujan Cerah Cerah
7	Ngampilan	7°48'22.67"S 110°21'15.67"E	I : 7 Desember 2020 II : 20 Januari 2021 III : 9 Februari 2021	Cerah Cerah Cerah
8	Mantrijeron	7°48'52.33"S 110°21'4.70"E	I : 7 Desember 2020 II : 20 Januari 2021 III : 9 Februari 2021	Cerah Cerah Cerah
9	Ngestiharjo	7°49'15.54"S 110°21'3.17"E	I : 7 Desember 2020 II : 20 Januari 2021	Cerah Cerah

			III : 9 Februari 2021	Cerah
10	Jembatan Winongo, Dongkelan	7°49'41.41"S 110°21'6.26"E	I : 7 Desember 2020 II : 20 Januari 2021 III : 9 Februari 2021	Cerah Cerah Cerah
11	Jogonalan Kidul	7°50'1.67"S 110°21'5.84"E	I : 7 Desember 2020 II : 20 Januari 2021 III : 9 Februari 2021	Cerah Cerah Cerah
12	Tirtomalan	7°50'15.07"S 110°20'59.72"E	I : 7 Desember 2020 II : 20 Januari 2021 III : 9 Februari 2021	Cerah Cerah Cerah

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

Untuk aliran dan lokasi titik sampling Sungai Winongo dapat dilihat pada **Gambar 2.1** berikut :



Gambar 3.2 DAS Sungai Winongo

3.3 Jenis dan Variabel Penelitian

3.3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan pada analisis daya tampung beban pencemar pada Sungai Winongo, Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif didasarkan pada perhitungan status mutu air, beban pencemaran, dan daya tampung beban pencemar. Sedangkan analisis kualitatif didasarkan pada pemilihan alternatif pengelolaan DAS Sungai Winongo.

3.3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang diamati pada penelitian ini adalah parameter kimiawi air seperti *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Sedangkan, analisis yang digunakan untuk menentukan beban pencemar menggunakan software Qual2Kw.

3.4 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Adapun deskripsi mengenai metode pengumpulan data yang digunakan diantaranya yaitu:

1 Data Primer

Data primer diambil dari pengukuran langsung parameter lapangan dan laboratorium. Pada pengukuran analisis laboratorium mengacu pada SNI 6989.72-2009 untuk BOD dan SNI 6989.2-2019 untuk COD. Adapun detail dari pengukuran data primer dapat dilihat pada **Tabel 3.2** :

Tabel 3.2 Metode Penelitian Parameter Air

No	Variabel	Satuan	Alat	Metode
1	pH	-	pH meter	Portable
2	Temperature air	^{o}C	Thermometer	Portable
4	Konduktivitas	µs/cm	Konduktometer	Portable
5	Temperature udara	^{o}C	Thermometer	Portable
6	Kecepatan aliran	m/s	1 set pengukuran kecepatan aliran	Portable
7	DO	mg/l	DO Meter	Portable
8	BOD	mg/l	Buret	Titrasi Iodometri
9	COD	mg/l	Spektrofotometer	Spektrofotometri

Sumber : SNI Kualitas Air

Selain itu data primer juga mencangkup hasil pengamatan terhadap objek tertentu seperti titik pencemaran (*point source*), tata guna lahan, dan konstruksi pada sungai berupa pintu air,terjunan, dan bendung.

2 Data Sekunder

Data sekunder diambil data-data dari instansi terkait seperti BBWS Serayu-Opak, BMKG, dan DLH DIY. Data sekunder berupa data klimatologis berupa temperature udara, kecepatan angin, tutupan awan, dan persen radiasi serta data fisik dan hidraulika sungai berupa kekasaran dan kemiringan. Data sekunder juga dapat digunakan untuk mengamati tata guna lahan melalui peta tata guna lahan dari Ina Geoportal.

4.5 Pemodelan Qual2Kw

Dalam penggunaan software pemodelan air sungai menggunakan Qual2Kw terdapat beberapa langkah yaitu :

a. Segmentasi

Pada penelitian ini diambil 12 titik sampling yang terbagi menjadi 9 segmen. Pembagian segmen dilakukan untuk membagi daerah pengambilan sampel yang diharapkan hasilnya dapat merepresentasikan populasi penelitian (Pohan, 2016). Sedangkan pengambilan titik sampel berdasarkan pada kemudahan akses.

Bagian hulu diambil dari Jembatan Jambon yang berlokasi di Kabupaten Sleman, sedangkan hilir sungai diambil dari Jembatan Niten, Kabupaten Bantul. Adapun pembagian segmen dilakukan berdasarkan pada lokasi sumber pencemar. Hal ini sumber pencemar dibagi menjadi dua yaitu :

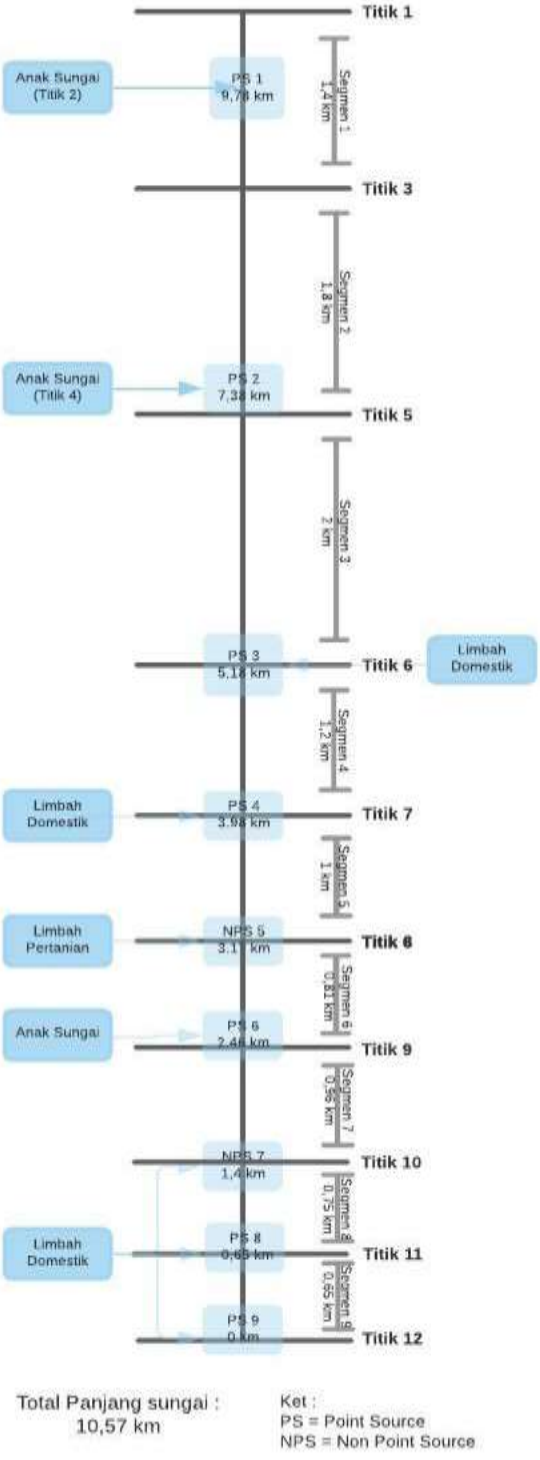
1. *Point Source* (PS)

   PS terdiri dari limbah domestik dan anak sungai. Domestik berasal dari limbah rumah tangga, rumah makan, perkantoran, hotel, dan sekolah yang berada di daerah Sungai Winongo di daerah Panggungan, Jatimulyo, Kyai Mojo, Ngampilan, Mantrijeron, Jogonalan, dan Tirtomalan.

2. *Non Point Source* (NPS)

   NPS terdiri dari limbah pertanian, dimana limbah pertanian yang berada di bantaran Sungai Winongo berada di daerah Mantrijeron.

Detail segmentasi dan sumber pencemar dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.3 Segmentasi Sungai Winongo

b. Input Data

Input data pada aplikasi QUAL2Kw untuk BOD dan COD. Data yang dimasukkan :

1. Kualitas air di hulu seperti debit, kecepatan, elevasi, dan data bendung.
2. Pembagian segmentasi yang meliputi jarak, elevasi, koordinat upstream dan downstream tiap segmen
3. Kedalaman, kekasaran, kemiringan, dan lebar sungai
4. Temperatur udara, kecepatan aliran, tutupan awan, dan persen radiasi
5. Letak geografis dan ketinggian *point source*, pintu air, dan bendung
6. Konsentrasi DO, BOD, COD, pH, DHL, dan temperature air setiap titik
7. Data sumber pencemar :
   a. *Point Source* (PS) dan *Non Point Source* (NPS)
      Data PS dan NPS didapatkan dari data primer yang didapat dari pengukuran insitu dan laboratorium.
   b. Perhitungan Beban Pencemaran Limbah Rumah Tangga
      Data ini didapatkan dari perhitungan perkiraan potensi beban pencemar domestik (PBPD) yang didapatkan menggunakan persamaan berikut (Pangestu, 2017):

$$PBP\ (\frac{kg}{hari}) = Jumlah\ penduduk\ \times faktor\ effluent\ \times\ r\ ek\ \times\ \alpha \quad (3.1)$$

      Keterangan :
      - Rasio ekuivalen kota :
        Kota = 1, pinggiran kota = 0,08125, pedalaman = 0,625
      - Alpha (α) : Koefisien transfer beban
        Jarak sumber pencemar ke sungai 0-100 m menggunakan nilai 1
        Jarak sumber pencemar ke sungai 100-500 m menggunakan nilai 0,85

Jarak sumber pencemar ke sungai >500 m menggunakan nilai 0,3

- Faktor effluent :

  BOD = 0,04 kg/hari, COD = 0,055 kg/hari, TSS = 0,038 kg/hari

c. Perhitungan Beban Pencemaran Limbah Pertanian

Perhitungan Potensi Beban Pencemaran (PBP) lahan pertanian didapatkan dengan persamaan berikut (Sampe, 2018):

$$PBP\ \left(\frac{kg}{hari}\right) = Luaslahan\ (ha) \times faktor\ effluent\ \left(\left(\frac{kg}{ha}\right)/musim\ tanam\right) \times\ 10\%\quad (3.2)$$

Tabel 3.3 Faktor *effluent* Pertanian

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

Sumber : Sampe, 2018

d. Perhitungan Beban Pencemaran Limbah Industri

Berdasarkan Permen LH Nomor 1 Tahun 2010, penentuan sumber pencemar air limbah industri ditentukan mengacu pada data eksisting yang didapatkan dari pengukuran lapangan. Adapun Perhitungan Potensi Beban Pencemaran (PBP) kegiatan industri dihitung dengan rumus sebagao berikut (PPKL KLHK, 2017):

$$PBP\ \left(\frac{kg}{hari}\right) = Ci\ \times V \times\ OpHrs\ \times 10^{-6}\quad (3.2)$$

Dimana :

PBP = Beban pencemar (kg/tahun)

Ci = Konsentrasi pencemar air limbah (mg/L)

V = Kecepatan aliran limbah (L/jam)

OpHrs = jam operasional per tahun (jam/tahun)

c. Kalibrasi Model

Kalibrasi bertujuan untuk menyesuaikan tingkat kecocokan antara kualitas air sungai hasil pengukuran dengan kualitas air sungai hasil pemoelan. Kalibrasi dilakukan hingga mendekati kondisi sebenarnya. Kalibrasi dilakukan menggunakan metode *trial and error* dengan membandingkan nilai model dengan nilai hasil pengukuran. Untuk kalibrasi data hidrolik proses *trial and error* yang digunakan adalah dengan mengubah manning formula pada *worksheet reach*, sedangkan kalibrasi data kualitas air pada worksheet *point source* dan *diffuse source* (Fajaruddin, 2017).

d. Validasi Model

Proses selanjutnya adalah validasi model yang bertujuan untuk mengukur nilai error model dengan nilai kualitas air hasil pengukuran. Validasi model dilakukan dengan menghitung *Relative Precentage Difference* (RPD). RPD merupakan persamaan yang digunakan untuk mengevaluasi kalibrasi dan validasi pada model Qual2Kw untuk data parameter air sungai (Kamal et al, 2020). Adapun persamaan RPD adalah :

$$RPD = \frac{Csim - Cobs}{Cobs} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dimana Csim adalah konsentrasi simulasi (mg/L) dan Cobs adalah konsentrasi observasi (mg/L). Apabila nilai RPD <25% maka model tersebut dapat diterima (Kamal et al, 2020).

e. Simulasi Model

Setelah model diterima sesuai dengan metode RPD, kemudian dilakukan simulasi untuk menentukan parameter kadar

pencemar di sepanjang sungai. Hasil pemodelan simulasi disajikan berupa diagram jarak lokasi dengan parameter yang diukur.

Pada penelitian ini dilakukan beberapa simulasi dengan rincian seperti pada **Tabel 3.4**

Tabel 3.4 Simulasi Model

Simulasi	Kondisi Hulu	Sumber Pencemar	Kondisi Air Sungai
1	Kondisi *existing*	*Point Source*	Model
2	Kondfisi *existing*	Estimasi tahun 2026	Model
3	Baku mutu air kelas II	*Trial and error*	Baku mutu air kelas II
4	Baku mutu air kelas II	Kondisi Awal	Model

Sumber : Analisis Data, 2021

Simulasi 1

Simulasi satu dilakukan dengan mensimulasikan kondisi hulu berupa data eksisting yang diperoleh dari uji laboratorium. Kondisi sumber pencemar diperoleh dari konsisi eksisting. Sumber pencemar yang digunakan berupa *point source* yang berasal dari limbah domestik, limbah industri, dan masukan dari anak sungai. sedangkan *non point source* berasal dari limbah domestik dan limbah pertanian. Kondisi air sungai yang digunakan berasal dari model. Simulasi dapat diterima apabila hasil simulasi sesuai kondisi eksisting.

Simulasi 2

Simulasi kedua dilakukan dengan mensimulasikan kualitas air di hulu sesuai dengan peruntukan Sungai Winongo yang masuk kedalam baku mutu air sungai Kelas II (DLH Yogyakarta, 2019). Baku mutu air digunakan dalam simulasi untuk mengsimulasikan kondisi air sungai di hulu sudah memenuhi baku mutu yang ada.

Sumber pencemar yang digunakan merupakan estimasi konsentrasi sumber pencemar tahun 2026. Kondisi sungai yang digunakan adalah output model. Simulasi dilakukan untuk mengetahui kondisi air pada proyeksi tahun 2026. Metode proyeksi penduduk yang digunakan menggunakan metode aritmatika. Simulasi dapat diterima apabila titik proyeksi mengalami perubahan konsentrasi yang diambil dari *source summary*.

Simulasi 3

Simulasi ketiga dilakukan dengan kualitas air di hulu sesuai dengan baku mutu air sungai kelas II berdasarkan Pergub DIY No 20 Tahun 2008. Untuk kondisi pencemar pada Sungai Winongo dilakukan *trial and error* hingga hasilnya memenuhi baku mutu air sungai kelas II. Baku mutu air kelas II digunakan untuk merepresentasikan kondisi air sungai dari hulu hingga hilir sudah memenuhi baku mutu. Simulasi ini akan digunakan untuk mengetahui besaran daya tampung beban pencemar air sungai berdasarkan sumber pencemar yang ada. Simulasi dapat diterima apabila sudah memenuhi baku mutu air sungai kelas II.

Simulasi 4

Simulasi keempat dilakukan dengan kualitas air di hulu sesuai dengan baku mutu air sungai kelas II berdasarkan Pergub DIY No 20 Tahun 2008. Sumber pencemar yang masuk diasumsikan hanya berasal dari anak sungai saja. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kondisi air sungai dengan pencemaran alamiah. Hasil simulasi dimaksudkan untuk mengetahu kemampuan sungai untuk melakukan *self purification*. Simulasi ini akan digunakan untuk menentukan daya tampung beban pencemar yang masuk kedalam air limbah.

f. Daya Tampung Beban Pencemaran

Beban Pencemar (BP) adalah kondisi besar pencemaran yang masuk kedalam air sungai sesuai dengan kondisi eksisting (Dewata, 2018). Besarnya beban pencemar (BP) dapat diperoleh dengan memodifikasi menambah atau mengurangi beban pencemar secara *trial* dan *error* pada titik tertentu. BP dapat dihitung dengan rumus (Dewata, 2018) :

$$BP(\frac{kg}{hari}) = Debit\ \left(\frac{m^3}{detik}\right) \times Konsentrasi\ \left(\frac{mg}{l}\right) \times 86{,}4 \quad (3.3)$$

Sedangkan Daya Tampung Beban Pencemar adalah kondisi dimana air sungai memiliki kemampuan untuk menerima sumber cemaran yang masuk tanpa menyebabkan pencemaran (Setiawan, 2017). Untuk menentukan daya tampung beban pencemaran digunakan acuan baku mutu PERGUB DIY No. 20 Tahun 2008 Tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY. Rumus yang digunakan untuk menghitung daya tampung air sungai (Setiawan, 2017) :

$$Daya\ Tampung = Beban\ Pencemar\ sesuai\ BMA\left(\frac{kg}{hari}\right) - Beban\ Pencemar\ Terukur(\frac{kg}{hari}) \quad (3.3)$$

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Sungai Winongo adalah sungai yang terdapat di Provinsi DIY yang memiliki luas 118 km^2 . Sungai Winongo terbentang sepanjang 43,75 km melewati Kab. Sleman, Kota Jogja, dan Kab. Bantul. Sungai ini diawali dengan tiga hulu yaitu Sungai Denggung, Sungai Doso dan Sungai Duren yang berada di wilayah kecamatan Turi. Sungai ini berubah nama menjadi Sungai Winongo saat memasuki Kecamatan Mlati, Sleman. Area tengah sungai Winongo mengalir di wilayah Kota Jogja yang masuk kearea daerah padat penduduk. Hilir dari Sungai Winongo bermuara ke Sungai Opak yang terletak di Kabupaten Bantul.

Pemanfaatan tata guna lahan di wilayah DAS Sungai Winongo memberikan pengaruh besar terhadap kualitas air sungai. Pemanfaatan sungai sebagai saluran pembuangan *effluent* yang berasal dari kegiatan rumah tangga, aktivitas urban, industri, dan pertanian, yang dapat mempengaruhi kondisi parameter air sungai sehingga menyebabkan adanya pencemaran.

Secara administrasi, lokasi pengambilan sampel dimulai pada segmen hulu yang berlokasi di Jembatan Jambon di wilayah Kabupaten Sleman, segmen tengah di wilayah Kota Jogja, dan segmen hilir di Tirtomalan, Kabupaten Bantul. Pengambilan sampel air dilakukan pada 12 titik dimana 2 diantaranya merupakan anak sungai. Selain itu pengambilan sample juga dilakukan pada titik yang terdapat saluran pembuangan baik air limbah maupun saluran drainase. Adapun detail dari titik sampling dan pembagian segmentasi Sungai Winongo dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Titik Sampling dan Segmentasi Sungai Winongo

No	Segmen	Titik Sampling	Koordinat	Jarak (km)	Elevasi (m)	
					Upstream	*Downstream*
1	Titik 1	Jembatan Jambon, Tegalrejo, Kab. Sleman	7º45'58.11"S 110 º 21'6.50"E	0	-	100
2	Titik 3	Jatimulyo, Tegalrejo, Kota Jogja	7º46'27.02"S 110º21'17.41"E	1,4	100	96,5
3	Titik5	Kyaimojo, Tegalrejo, Kota Jogja	7º46'58.38"S 110º21'25.44"E	1,8	96,5	91
4	Titik 6	Jembata Merah, Bumiijo, Jetis, Kota Jogja	7º47'52.53"S 110º21'18.20"E	2	91	87,5
5	Titik 7	Ngampilan, Kota Jogja	7º48'22.67"S 110º21'15.67"E	1,2	87,5	81,25
6	Titik 8	Mantrijeron, Kota Jogja	7º48'52.33"S 110º21'4.70"E	1	81,25	75
7	Titik 9	Gumuk Indah, Ngestiharjo, Kab Bantul	7º49'15.54"S 110º21'3.17"E	0,81	75	62,5
8	Titik 10	Jembatan Winongo, Dongkelan, Kab Bantul	7º49'41.41"S 110º21'6.26"E	0,96	62,5	61,5
9	Titik 11	Jogonalan Kidul, Kab Bantul	7º50'1.67"S 110º21'5.84"E	0,75	61,5	60,5
10	Titik 12	Tirtomalan, Kab Bantul	7º50'15.07"S 110º20'59.72"E	0,65	60,5	60

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

4.2 Segmentasi Sungai dan Lokasi Sampling

4.2.1 Segmentasi Sungai

Untuk menentukan daya tampung beban pencemar Sungai Winongo menggunakan model Qual2Kw, diperlukan pembagian menggunakan segmentasi sungai. Maksud dari segmentasi adalah untuk merepresentasikan keadaan sungai berdasarkan wilayah kepadatan penduduk maupun kegiatan industri. Selain itu segmentasi dilakukan karena setiap bagian sungai yang memiliki karakteristik hidrolika tertentu seperti *slope* dan lebar sungai.

4.2.2 Lokasi Sampling

A. Titik 1

Titik 1 merupakan lokasi sampling pertama yang terletak di Jembatan Jambon, Kabupaten Sleman. Pada titik ini kondisi vegetasi masih cukup banyak. Masyarakat disekitar lokasi memanfaatkan sungai untuk memancing dan media pembuangan air limbah. Selain itu pada titik ini juga terdapat *effluent* yang berasal dari saluran drainase.



Gambar 4.1 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 1

B. Titik 3

Titik 3 merupakan segmen yang terletak di Jembatan Jatimulyo, Jatimulyo, Kec. Tegalrejo, Kota Jogja. Pada titik ini terdapat beberapa sumber pencemar yang berasal dari limbah domestik. Pemukiman yang ada di lingkungan ini cukup padat karena merupakan daerah yang berada di tengah kota. Selain itu di lingkungan titik ini tidak banyak vegetasi yang menutupi area sungai.



Gambar 4.2 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 3

C. Titik 5

Titik 5 terletak di Kyaimojo, Tegalrejo, Kota Jogja. Pada titik ini sungai berada ditengah kota Jogjakarta yang merupakan area padat penduduk. Diarea sungai masih terdapat beberapa vegetasi alami, namun diarea tersebut juga dijadikan masyarakat sebagai tempat pembuangan sampah. Pada titik ini terdapat sumber pencemar diantaranya yaitu berasal dari limbah rumah tangga.



Gambar 4.3 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 5

D. Titik 6

Titik 6 terletak di Jembatan Merah, Ngampilan, Kota Jogja. Di titik ini sungai tepat berada di wilayah padat penduduk. Kondisi sekitar sungai sekitar 50% sudah dilakukan perbaikan infrastruktur, sehingga tidak lagi dalam kondisi alami. Diwilayah ini air sungai dimanfaatkan sebagai media pembuangan air limbah industri maupun limbah rumah tangga.



Gambar 4.4 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 6

E. Titik 7

Titik 7 berada diwilayah Gedongkiwo, Mantrijeron, Kota Jogja. Diarea ini masyarakat bataran sungai memanfaatkan area sungai untuk peternakan, pembuangan limbah, dan memancing. Kondisi perairan sungai diwilayah ini cukup keruh.



Gambar 4.5 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 7

F. Titik 8

Titik 8 berada di wilayah Mantrijeron, Kota Jogja. Area ini banyak dijadikan warga sekitar sebagai tempat pengambilan pasir dan batu yang ikut terbawa arus sungai. Diarea ini pula terdapat kegiatan pertanian warga yang limbahnya mengalir langsung kedalam air sungai. Pada titik ini juga dimanfaatkan warga untuk pembuangan air limbah rumah tangga.



Gambar 4.6 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 8

G. Titik 9

Titik 9 berada di wilayah Gumuk Indah, Ngestiharjo, Kab Bantul. Pada segmen ini, kondisi perairan cukup keruh. Banyak masyarakat sekitar memanfaatkan air sungai untuk budidaya perikanan. Selain itu, pada titik ini terdapat saluran drainase berupa sungai kecil yang bermuara ke sungai utama. Kondisi vegetasi di area ini masih cukup banyak.



Gambar 4.7 Lokasi Pengambilan Sampel Segmen 6

H. Titik 10

Titik 10 terletak tepat di bawah jembatan winongo berada di daerah Dongkelan, Kab, Bantul. Pada titik ini terdapat terjunan dan bendung yang menampung air dari terjunan. Di segmen ini, masih terdapat vegetasi di area sungai. Kondisi kanal di titik ini pada area bendung sebagian merupakan buatan manusia, namun setelah area bendung 50% masih alamiah. Beberapa sluran masuk kedalam sungai seperti saluran drainase dan limbah domestik.



Gambar 4.8 Lokasi Pengambilan Sampel Titik 10

I. Titik 11

Titik 11 terletak di wilaya Jogonalan Kidul, Kab Bantul. Pada segmen ini kondisi vegetasi masih cukup banyak dan kanal belum mendapat banyak perbaikan sehingga masih cukup alamiah. Kondisi vegetasi pada titik 11 juga masih cukup banyak dibandigkan dengan segmen lainnya. Pada segmen ini sungai digunakan hanya untuk pembuangan air limbah saja.



Gambar 4.9 Lokasi Pengambilan Sampel Segmen 8

J. Titik 12

Titik 12 merupakan segmen terakhir yang berloaksi di Tirtomanan, Kabupaten Bantul. Pada segmen ini, banyak masyarakat sekitra memanfaatkan sungai untuk mengambil material yang terbawa oleh arus sungai. pada titik ini tidak ditemukan adanya saluran pembuangan yang dibuang ke sungai.



Gambar 4.10 Lokasi Pengambilan Sampel Segmen 9

4.3 Kondisi Hidrolik Sungai Winongo

Dalam penggunaan software Qual2Kw digunakan beberapa data mengenai kondisi hidrolik Sungai Winongo. Kondisi hidrolik air sungai dilihat dari beberapa faktor seperti debit, kecepatan, dan kedalaman air sungai. Pengukuran daya tampung beban pencemar sangat dipengaruhi oleh kondisi hidrolik sungai (Dani, 2015).

Pada software Qual2kw data hidrolik yang dimasukkan pada *sheet hydraulic data* diantaranya yaitu kecepatan aliran (m/s) , kedalaman (m) , dan debit aliran sungai (m^3/s). Data hidrolik Sungai Wionongo dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Data Hidrolik Sungai Winongo

No	Titik	Kecepatan Aliran (m/s)	Kedalaman (m)	Debit Aliran (m^3/s)
1	Titik 1	0.78	1	6,7
2	Titik 3	0.76	0.93	8.65
3	Titik5	0.75	1.12	5.05
4	Titik 6	0.65	0.91	7.62
5	Titik 7	0.51	0.68	3.5
6	Titik 8	0.55	0.64	2.47
7	Titik 9	0.57	0.64	2.6
8	Titik 10	0.98	0.58	6.48
9	Titik 11	0.82	0.67	7.08
10	Titik 12	0.76	0.62	6.06

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

4.4 Sumber Pencemar Sungai Winongo

Pada setiap segmen, *effluent* yang masuk menuju Sungai Winongo berasal dari berbagai jenis sumber pencemar yaitu limbah domestik, limbah non domestik, maupun limbah pertanian. Berbagai sumber pencemar tersebut berkontribusi menyumbang terjadinya pencemaran air sungai, dimana pada setiap jenis limbah memiliki karakter yang berbeda-beda. South (2016) menyatakan jika limbah cair yang berasal dari kegiatan domestik memiliki konsentrasi pencemaran yang lebih rendah dibandingkan dengan kegiatan non domestik. Sementara itu, limbah yang berasal dari kegiatan pertanian juga memiliki karakteristik yang berbeda, seperti penelitian yang dilakukan oleh Yusuf (2014) limbah pertanian memiliki kadar BOD yang tinggi karena mengandung bahan organik yang tinggi pula.

Pada penelitian ini, sumber pencemar digolongkan menjadi dua jenis, yaitu *point source* dan *non point source*. *Point source* merupakan sumber pencemar yang berasal dari saluran pembuangan baik limbah rumah tangga, limbah industri, maupun saluran drainase yang berada pada suatu titik. Sedangkan *non point* source merupakan sebaran saluran air buangan limbah domestik yang dibuang langsung ke sungai. Selain itu *non point souce* juga berasal dari limbah pertanian. Keberadaan sumber pencemar PS dan NPS memberikan dampak terhadap kualitas air sungai dengan kontaminan terlarut dari sumber yang berbeda-beda (Maguire, 2019). Adapun jenis dan lokasi sumber pencemar dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Sumber Pencemar Sungai Winongo

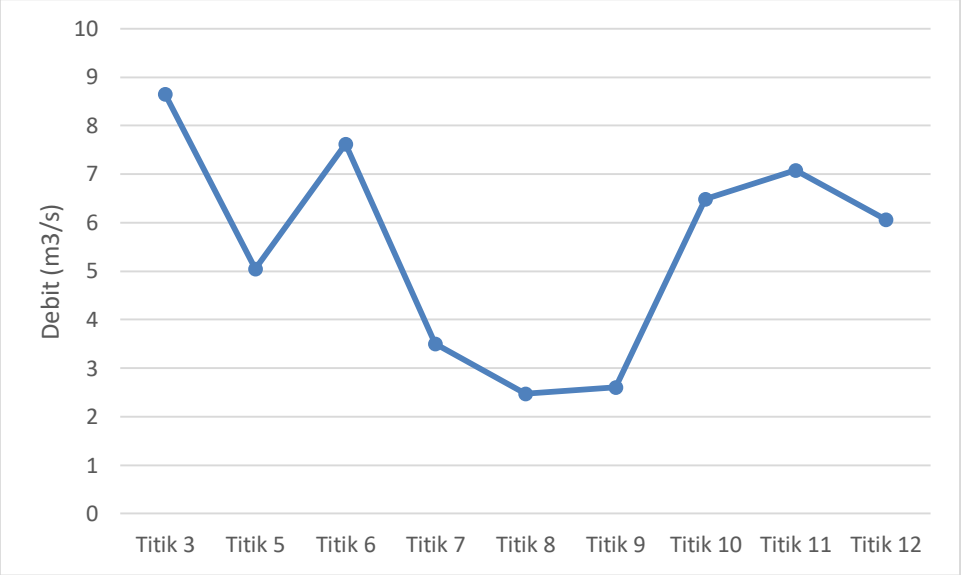
Titik	Sumber Pencemar			
	Point Source		*Non Point Source*	
	Sumber Pencemar	Titik (Km)	Sumber Pencemar	Titik (Km)
Titik 1	Anak Sungai	9,78		
Titik 3	Anak Sungai	7,38		
Titik 5	Limbah Pabrik	5,38		
Titik 6	Limbah Domestik	4,16		
Titik 7	-		Limbah Pertanian	4,2
Titik 8	Anak Sungai	3		
Titik 9	-		Limbah Domestik	1,41
Titik 10	Limbah Domestik	0,66		
Titik 11	-			

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

4.5 Debit dan Kualitas Air Sungai Winongo

4.5.1 Debit Sungai Winongo

Debit aliran dapat diukur dengan volume zat cair dengan satuan waktu. Untuk kecepatan dalam satu segmen nilainya dianggap sama sehingga variasi pada tampang melintang diabaikan (Harisnor, 2016). Hasil pengukuran debit Sungai Winongo dapat dilihat pada **Gambar 4.11**.



Gambar 4.11 Grafik Debit Sungai Winongo

4.5.2 Kualitas Air Sungai Winongo

Penentuan kualitas air sungai dilakukan untuk mengetahui indeks pencemaran suatu sungai. Kualitas air sungai diambil dengan menggunakan data primer yang diambil langsung dilapangan dan dilakukan pengujian di Laboratorium Kualitas Air FTSP UII. Penentuan kualitas air Sungai Winongo dilakukan dengan menilai indeks kualitas air sungai dengan memperhitungkan beberapa parameter diantaranya yaitu parameter fisika dan kimia. Parameter-parameter ini dilakukan dengan memperhitungkan nilai per segmen atau per titik. Sebagai acuan, kualitas air sungai yang dianalisis mengacu pada

Peraturan Gubernur D.I. Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air. Dalam hal ini Sungai Winongo berada pada kelas II sesuai dengan peruntukannya sebagai rekreasi air, pembudidayaan air tawar, peternakan, dan untuk pengairan tanaman.

Pada penelitian ini digunakan analisis kualitas air pada parameter BOD dan COD pada musim penghujan. Sedangkan pada musim kemarau, diperlukan pemodelan analisis terhadap kualitas air untuk mengetahui nilai Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) dengan menggunakan data kualitas air pada musim kemarau. Hal ini dilakukan karena terdapat perbedaan kualitas air parameter BOD dan COD yang disebabkan oleh faktor cuaca. Menurut (Sener 2017) pada musim penghujan menyebabkan aliran pada sungai meningkat dan membantu proses *self puricication* pada badan air sehingga berpotensi menurunkan nilai BOD dan COD pada perairan sungai.

4.5.2.1 Parameter Fisika

A. Temperature Air

Suhu merupakan sifat fisika yang dimiliki oleh air. Suhu atau temperatur air dapat mempengaruhi sifat dan karakteristik air diantaranya yaitu kelarutan gas seperti oksigen yang terdapat pada perairan (Susanto, 2015).

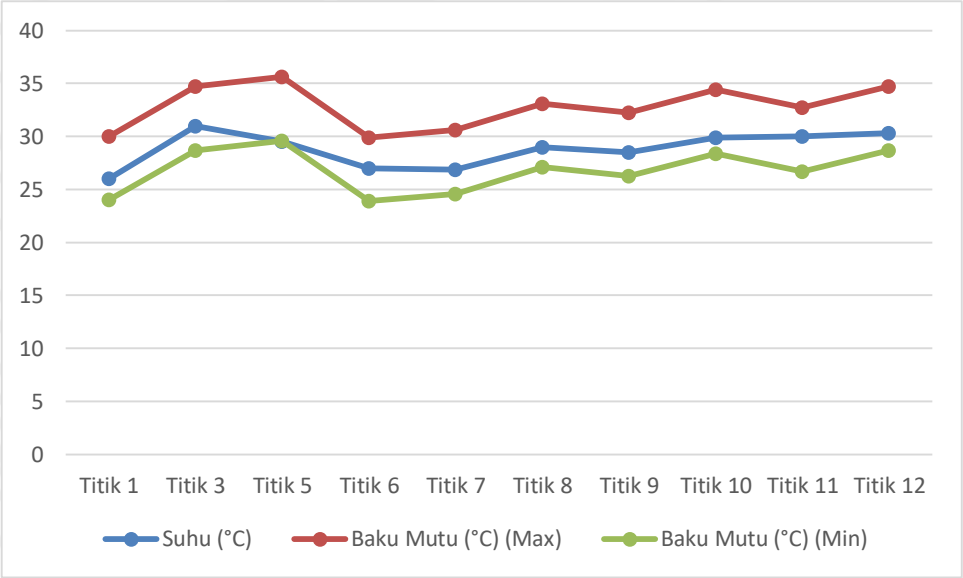
Tabel 4.4 Data Temperature Sungai Winongo

No	Titik	**Suhu (°C)**	**Baku Mutu (°C) (Max)**	**Baku Mutu (°C) (Min)**
1	Titik 1	26,023	30,7	24,7
2	Titik 3	31,000	37,6	31,6
3	Titik5	29,507	37,6	31,6
4	Titik 6	26,970	29,9	23,9
5	Titik 7	26,883	30,6	24,6
6	Titik 8	28,990	33,1	27,1
7	Titik 9	28,480	32,27	26,27
8	Titik 10	29,867	34,4	28,4
9	Titik 11	30,030	32,7	26,7
10	Titik 12	30,3	33,7	27,7

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

Dari **Tabel 4.4** , menunjukkan bahwa nilai temperatur Sungai Winongo berada diantara 26,02°C – 31,01°C. Menurut Mardhia (2018) kondisi suhu yang optimum untuk kehidupan organisme dalam air adalah 25°C – 30°C. Ini menunjukkan bahwa suhu yang terdapat pada Sungai Winongo pada segmen satu dengan nilai 31°C masih belum memenuhi kondisi optimum untuk kehidupan organisme yang ada. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pada segmen satu terdapat beberapa saluran yang masuk kedalam air sungai seperti limbah domestik. Kondisi tingginya temperature dalam air limbah dapat mempengaruhi kehidupan tumbuhan air dan kehidupan organisme yang ada pada perairan (Idaho dept. EQ, 2015). Hubungan oksigen terlarut terhadap nilai suhu memiliki hubungan timbal balik, dimana kenaikan suhu akan menurunkan nilai oksigen terlarut dikarenakan terjadinya peningkatan laju pernapasan (Mardhia, 2018).

Namun, menurut Peraturan Gubernur DIY No 20 Tahun 2008 kondisi temperatur terukur Sungai Winongo, sudah sesuai dengan baku mutu yang ada sesuai dengan kelasnya yaitu Kelas II. Baku mutu yang didianjurkan sesuai dengan kelasnya adalah ±3° dari temperatur udara pada lokasi sampling. Adapun grafik kualitas Air Sungai Winongo Berdasarkan parameter temperatur air dapat dilihat pada **Gambar 4.12**.



Gambar 4.12 Grafik Temperatur Sungai Winongo

Berdasarkan **Gambar 4.12** diatas dapat diketahui bahwa nilai temperatur Sungai Winongo pada tiap segmen berbeda-beda. Hal tersebut terjadi karena pada setiap segmennya terdapat beberapa aktivitas manusia yang berbeda-beda seperti aktivitas industri maupun domestik. Selain itu suhu udara juga mempengaruhi nilai suhu air. Energi matahari yang masuk atau radiasi matahari yang masuk kedalam perairan sungai merupakan faktor utama penentu temperature perairan. Radiasi matahari gelombang pendek merupakan

masukan termal terbesar untuk suhu udara dan air. Adapun beberapa hal yang memepengaruhi nilai temperature sungai antara lain (Idaho dept. EQ, 2015)

a. Radiasi gelombang Panjang yang dipantulkan dari lingkungan ke aliran sungai dan dipantulkan kembali ke lingkungan.
b. Penguapan dari permukaan sungai yang menyebabkan pendinginan
c. Pertukaran panas dengan atmosfer
d. Adanya teduhan (vegetasi)
e. Adanya zona *hyporeic*

Sehingga dalam hal ini sampel yang diambil pada pagi hari seperti segmen titik 1, titik 6, dan titik 7 memiliki nilai temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan titik lainnya. Selain itu pada lokasi sampling yang memiliki tingkat vegetasi yang tinggi seperti pada titik 8 dan 9 memiliki temperature yang lebih rendah dikarenakan lebih sedikitnya nilai radiasi yang masuk.

4.5.2.2 Parameter Kimia

A. pH

pH merupakan faktor penting untuk menentukan kualitas air sungai dikarenakan pH merupakan faktor keasaman atau alkalinitas suatu perairan. Untuk menentukan beban pencemar Sungai Winongo diperlukan parameter pH untuk mengetahui pengaruhnya terhadap parameter kualitas air. Adapun nilai pH berdasarkan analisis data dapat dilihat pada **Tabel 4.5.**

Tabel 4.5 Data pH Air Sungai Winongo

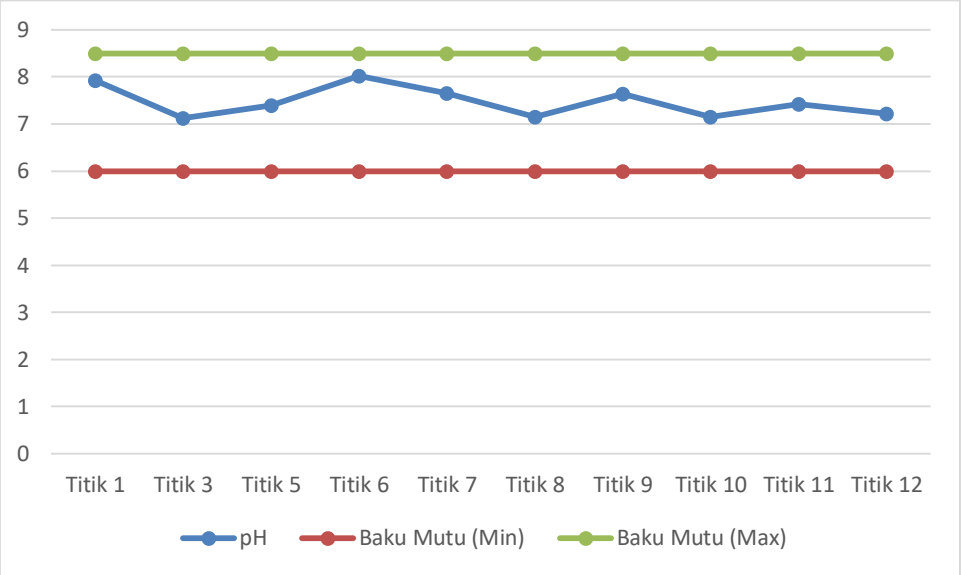
Titik	pH	Baku Mutu Kelas	Baku Mutu Lingkungan(mg/L)
Titik 1	7,92	II	6-8,5
Titik 3	7,123	II	6-8,5
Titik5	7,390	II	6-8,5
Titik 6	8,020	II	6-8,5
Titik 7	7,647	II	6-8,5
Titik 8	7,147	II	6-8,5
Titik 9	7,633	II	6-8,5
Titik 10	7,150	II	6-8,5
Titik 11	7,423	II	6-8,5
Titik 12	7,220	II	6-8,5

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

Berdasarkan **Tabel 4.5** hasil sampling dan analisis data didapatkan nilai pH Sungai Winongo pada titik1 – titik 12 berada pada rentang 7,147-8,020. Nilai pH yang dihasilkan mempengaruhi kondisi perairan, karena pH air merupakan faktor penting dalam menentukan kondisi perairan karena dapat mempengaruhi kehidupan biologi dalam air. Menurut South (2016), kehidupan akuatik dalam air dapat bertahan hidup dengan rentang pH 7-8,5. Kondisi pH juga berpengaruh dengan nilai toksisitas senyawa kimia, proses biokimiawi perairan, dan proses metabolism organisme air (Djoharam, 2018). Ketidakstabilan nilai pH pada air dapat mempengaruhi kehidupan organisme yang ada pada perairan. Namun, kisaran pH juga tidak seluruhnya mempengaruhi kehidupan akuatik, dikarenakan terdapat beberapa organisme yang hidup pada pH tertentu (Djoharam, 2018).

Berdasarkan **Tabel 4.5** yang disajikan dapat diketahui bahwa pH Sungai Winongo masih memenuhi pH stabil yang baik untuk biota akuatik yaitu pada rentang 7-8,5. Selain itu, nilai pH yang dihasilkan

juga memperlihatkan kecenderungan hampir sama pada setiap segmennya. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa nilai pH sungai winongo masih dalam kondisi yang baik. Grafik pH yang dihasilkan dapat dilihat pda **Gambar 4.13.**



Gambar 4.13 Grafik pH Sungai Winongo

Pada **Gambar 4.13** diatas dapat dilihat bahwa nilai pH per segmen tidak memiliki selisih yang begitu jauh. Namun pada segmen 3 nilai pH yang dihasilkan lebih tinggi dari segmen lainnya, yaitu 8,02. Tingginya nilai pH pada titik 6 diduga karena pada segmen ini terdapat saluran pembuangan air limbah pabrik kayu, dimana air limbah yang dihasilkan dapat mempengaruhi kondisi pH perairan. Berdasarkan teori yang ada kenaikan pH dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya yaitu limbah organik maupun anorganik yang di buang ke sungai. (Mahyudin *et al*,).

Berdasarkan baku mutu Peraturan Gubernur DIY No 20 Tahun 2008, kondisi pH sungai winongo masih memenuhi rentang yang ditetapkan yaitu 6-8,5. Ini menunjukkan jika kualitas air sungai masih tergolong baik sesuai dengan peruntukannya pada kelas II.

B. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan salah satu karakteristik pada parameter air yang dimanfaatkan organisme akuatik sebagai pendekomposisi bahan organik pada keadaan aerobic (Nuraini, 2019). Parameter ini dalam penentuan kualitas air sungai juga dijadikan sebagai penentu tingkat pencemaran suatu sungai yang diakibatkan oleh aliran pencemaran dari hulu ke hilir. Oleh karena itu pada penelitian penentuan analisis beban pencemaran Sungai Winongo ini, parameter BOD dijadikan sebagai salah satu parameter penentu tingkat pencemaran sungai. Analisis parameter BOD telah dilakukan dengan Metode Titrasi Iodometri di Laboratorium Kualitas Air FTSP UII. Adapun data yang dihasilkan dapat dilihat pada **Tabel 4.6**

Tabel 4.6 Data BOD Sungai Winongo

Titik	Nilai BOD (mg/L)			Max (mg/L)	Min (mg/L)	Rata-rata (mg/L)
	Sampling 1	Sampling 2	Sampling 3			
Titik 1	3,42	6,05	5,76	6,05	3,42	5,08
Titik 3	5,88	4,70	7,04	7,04	4,70	5,87
Titik 5	9,09	5,38	3,20	9,09	3,20	5,89
Titik 6	6,10	-	7,04	7,04	6,1	6,57
Titik 7	5,70	6,72	4,48	6,72	4,48	6,21
Titik 8	7,10	7,39	5,12	7,39	5,12	6,11
Titik 9	5,86	6,72	3,84	6,72	3,84	5,47
Titik 10	1,41	3,36	3,20	3,36	1,41	2,66
Titik 11	4,10	7,39	5,12	7,39	4,10	5,54
Titik 12	4,89	3,36	6,40	6,40	3,36	4,88

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

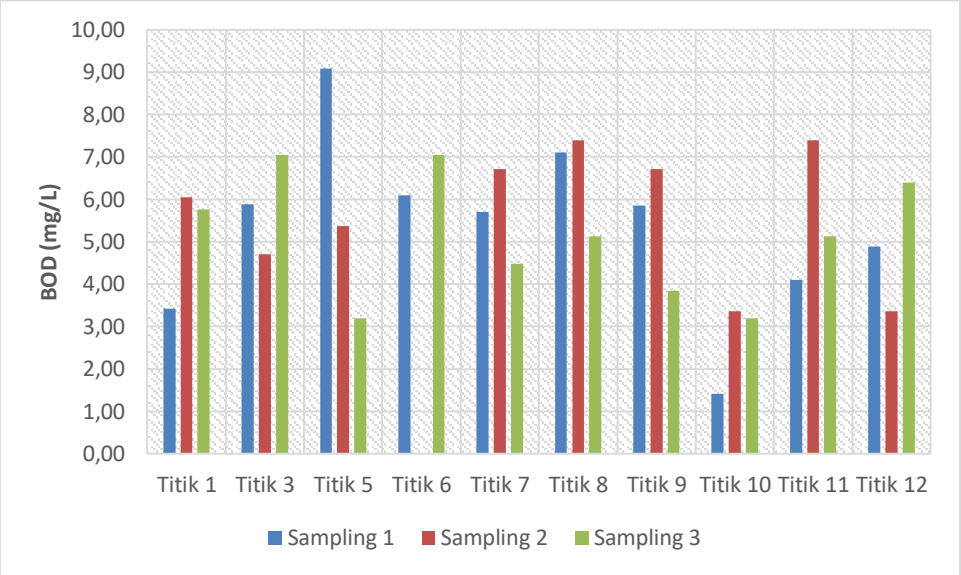
Keberadaan BOD di sungai berkaitan dengan jumlah oksigen organisme aerobic untuk mengoksidari senyawa organik. Namun pada dasarnya, nilai BOD tidak dapat merepresentasikan jumlah zat organic yang sebenarnya dalam air, namun hanya mengukur secara relative jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mengoksidasi suatu zat. Nilai BOD dapat menunjukkan banyaknya

bahan organik yang sulit terurai pada perairan. Dengan begitu, sungai yang memiliki nilai BOD yang tinggi dapat menyebabkan penurunan oksigen pada perairan, sehingga organisme akuatik yang terdapat didalamnya berpotensi mengalami kematian (Bendicno, 2017).

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan pada sampel, didapatkan bahwa nilai BOD Sungai Winongo pada sampling 1 berkisar antara 1,41 mg/L-9,09 mg/L, pada sampling 2 berkisar 3,36 mg/L-7,39 mg/L, dan pada sampling 3 berkisar 3,2 mg/L-7,04 mg/L. Pengambilan sampel yang dilakukan pada bulan November hingga Februari menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan merupakan konsentrasi parameter BOD sungai winongo pada musim hujan. Berdasarkan data diatas, nilai minimum BOD yang dihasilkan seluruhnya berada pada titik 10. Hal ini dapat terjadi karena pada titik 10 terdapat infrastruktur penunjang sungai yaitu bendungan dan terjunan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Hendrasari, 2016) keberadaan terjunan dalam suatu perairan menyebabkan adanya perbedaan kedalaman serta kecepatan aliran sungai sehingga mempengaruhi kadar BOD perairan. Selain itu, nilai maksimum BOD berdasarkan analisis data berada pada titik 6 yaitu rata-rata 6,57 mg/L. Hal ini dapat terjadi, karena pada lokasi pengambilan sampel terdapat aliran *effluent* air limbah yang berasal dari industri kayu. *Effluent* limbah industri kayu mengandung bahan yang dapat mencemari lingkungan yang berasal dari bahan pengawet kayu. Pengawet ini memiliki bahan pengaktif yang terkandung zat-zat kimia yang berbahaya untuk organisme akuatik dan manusia yang memanfaatkan air sungai karena dapat menyebabkan peningkatan kandungan BOD dan COD (Soedarmanto, 2012).

Berdasarkan analisis data disimpulkan bahwa nilai BOD yang dihasilkan, hampir seluruhnya melibihi baku mutu yang telah ditetapkan pada Pergub DIY No 20 Tahun 2008. Ini menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Winongo jika dilihat dari parameter BOD

termasuk dalam kategori tercemar karena melebihi baku mutu air Kelas II yaitu 3 mg/L.



Gambar 4.14 Grafik BOD Sungai Winongo

Pada **Gambar 4.14** dapat dilihat bahwa pada sampling kedua rata-rata nilai BOD cenderung lebih tinggi pada titik 1, titik 7, titik 8, titik 9, titik 10, dan titik 11. Hal ini dapat terjadi karena pada saat pengambilan sampel air sungai kondisi cuaca cerah dan pada saat terjadi hujan dalam intensitas kecil. Pada sampling pertama kualitas BOD rata-rata memiliki nilai lebih rendah, karena pada saat pengambilan sampel terjadi hujan dengan intensitas cukup tinggi pada malam hingga pagi hari sebelum pengambilan, sehingga dalam hal ini berpengaruh dengan nilai BOD perairan Sungai Winongo. Begitu pula dengan sampling ketiga pada hari kedua kualitas air sungai cenderung lebih rendah pada titik 7 hingga 9 karena sampling dilakukan pagi hari dengan hari sebelumnya kondisi cuaca hujan. Kondisi sungai apabila dalam keadaan cuaca cerah berpengaruh terhadap menurunnya debit dan meningkatnya suhu air sungai, akibatnya pada kondisi ini proses

degradasi BOD berada pada kondisi kritis sehingga dapat menyebabkan kenaikan kadar BOD dan menurunkan tingkat DO (Montes, 2013). Pada sampling ketiga di titik 3 pada saat terjadinya hujan nilai BOD tinggi, karena pengambilan sampel dilakukan berdekatan dengan sumber pencemar, sehingga diasumsikan terjadi akumulasi polutan yang terbawa oleh aliran air hujan. Sedangkan pada sampling pertama pada titik 5 nilai BOD cenderung tinggi karena lokasi pengambilan sampel berdekatan dengan pengambilan sedimen air sungai sehingga terakumulasi partakel didalamnya.

Pada **Gambar 4.14** juga dapat dilihat bahwa rata-rata nilai BOD Sungai Winongo yang diambil dari segmen tengah berada diatas baku mutu air kelas II. Kenaikan konsentrasi BOD dapat terjadi karena pada segmen tengah hingga hilir, banyak terdapat aktivitas manusia. Memasuki Kota Jogja hingga Kab. Bantul (Titik 1 – Titik 12), selain sebagai penerima *effluent*, masyarakat juga masih menggunakan sungai sebagai MCK, budidaya perikanan, pertanian, dan peternakan.

Dengan banyaknya *effluent* yang masuk kedalam air sungai menyebabkan meningkatnya konsentrasi BOD. Hal ini dapat terjadi karena *effluent* yang terbuang mengandung bahan organik yang tinggi. Dengan bertambahnya kadungan bahan organik dalam perairan, maka oksigen yang digunakan untuk oksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air juga semakin besar. Oleh karena itu, maka kandungan oksigen biologis di perairan meningkat (Vandra, 2016).

C. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah banyaknya oksigen yang digunakan sebagai media pengurai semua bahan organik yang terdapat pada air. Nilai COD dijadikan untuk pengukuran cemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air (Nuraini, 2019).

Pada analisis beban pencemar Sungai Winongo ini, analisis COD dijadikan sebagai parameter penentu. Pengujian COD dilakukan di Laboratorium Kualitas Air FTSP UII, dengan hasil analisa seperti pada **Tabel 4.7**

Tabel 4.7 Data COD Sungai Winongo

Titik	Nilai COD (mg/L)			Max (mg/L)	Min (mg/L)	Rata-rata (mg/L)
	Sampling 1	Sampling 2	Sampling 3			
Titik 1	-	31,12	35,94	35,94	31,12	33,53
Titik 3	38,13	30,50	41,19	41,19	30,50	36,61
Titik 5	26,75	47,49	35,62	47,49	26,75	36,62
Titik 6	28,50	35,94	49,79	49,79	28,50	38,07
Titik 7	38,56	46,25	32,87	46,25	32,87	39,23
Titik 8	29,81	32,87	57,39	57,39	29,81	40,02
Titik 9	25,87	41,63	50,38	50,38	25,87	39,29
Titik 10	26,31	28,93	31,68	31,68	26,31	28,93
Titik 11	26,75	38,13	49,51	49,51	26,75	38,13
Titik 12	28,06	33,75	39,44	39,44	28,06	33,75

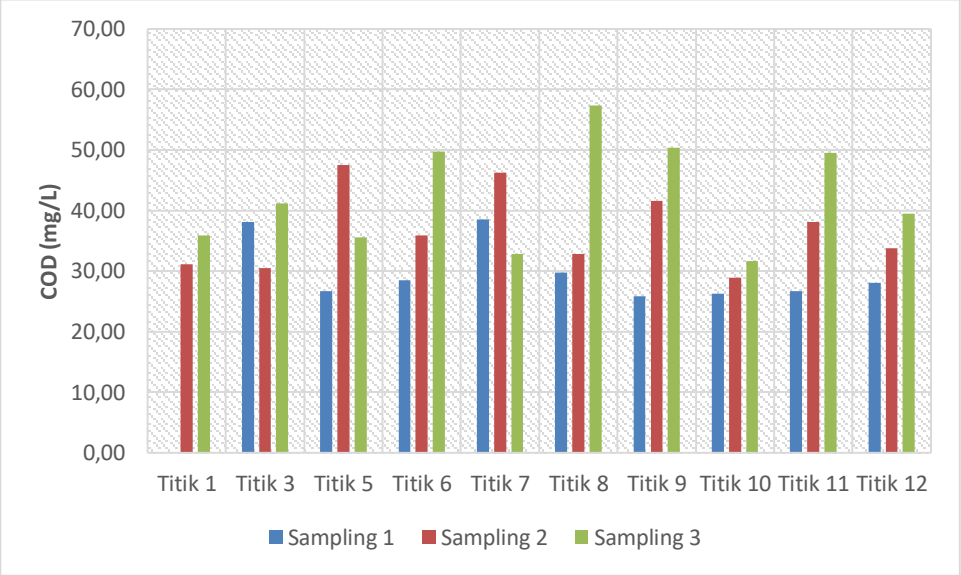
Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

Berdasarkan **Tabel 4.7** hasil pengukuran nilai COD diketahui bahwa nilai COD pada sampling 1 antara 25,87 mg/L-38,56 mg/L, sampling 2 antara 28,93 mg/L-47,49 mg/L, sampling 3 antara 31,68 mg/L-57,39 mg/L. Hasil ini merupakan representasi sampel yang diambil pada musim penghujan yaitu pada bulan November sampai Februari. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai COD pada tiap segmen memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding nilai BOD. Ini terjadi karena terdapat senyawa khusus yang stabil di reaksi biologis yang hanya bisa dioksidasi dalam COD. Adapun beberapa contoh komponen senyawa khusus yang yang tidak dapat terukur oleh nilai BOD dan terdeteksi pada analisis COD adalah sukrosa (Arief, 2014). Pada penelitian yang dilakukan oleh Fardiaz (1992) dalam Arief,

(2014), diketahui bawa 96% nilai COD selama 10 menit setara dengan nilai BOD selama 5 hari.

Berdasarkan pengukuran nilai COD **Tabel 4.7**, diketahui bahwa nilai COD pada setiap segmennya memiliki nilai yang berbeda-beda. Nilai COD pada titik 6, titik 7, titik 9, dan titik 11 cenderung memiliki rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan titik lainnya. Pada titik 6 terjadi aktivitas industri kayu lapis yang membuang limbah industrinya kesungai. Limbah industri kayu mengandung bahan pengawet kayu yang terkadung didalamnya zat-zat kimia yang berbahaya untuk organisme perairan yang dapat meningkatkan kadar COD (Soedarmanto, 2012). Pada titik 7 dan titik 11 terjadi aktivitas pembuangan limbah domestik dengan debit *effluent* yang cukup besar. Limbah domestik yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya peningkatan kadar COD karena mengandung bahan organic yang tinggi (Soith, 2016). Pada titik 9 juga memiliki nilai COD yang cenderung tinggi karena pada titik ini banyak terjadi aktivitas warga yang melakukan budidaya perikanan yang membuang airnya kedalam sungai. Penurunan nilai COD pada titik 10 terjadi karena pada titik ini terdapat *weir*. Keberadaan *weir* atau terjunan menyebabkan adanya aerasi akibat perbedaan elevasi sehingga mampu menurunkan kadar COD (Hendrasari, 2016).

Adapun kenaikan nilai COD pada tiap segmen dapat dilihat pada **Tabel 4.15**



Gambar 4.15 Grafik COD Sungai Winongo

Berdasarkan **Gambar 4.15** dapat dilihat bahwa pada sampling kedua dan ketiga nilai COD sebagian besar lebih tinggi, hal ini dapat terjadi karena pada sampling kedua dan ketiga kondisi cuaca cenderung cerah dan terjadi hujan namun dalam intensitas yang tidak cukup besar. Debit hujan yang tinggi dapat mempengaruhi adanya peningkatan debit pada sungai sehingga dapat membantu percepatan proses *self purification* sehingga mempengaruhi proses penurunan nilai COD pada air sungai (Sener, 2017).

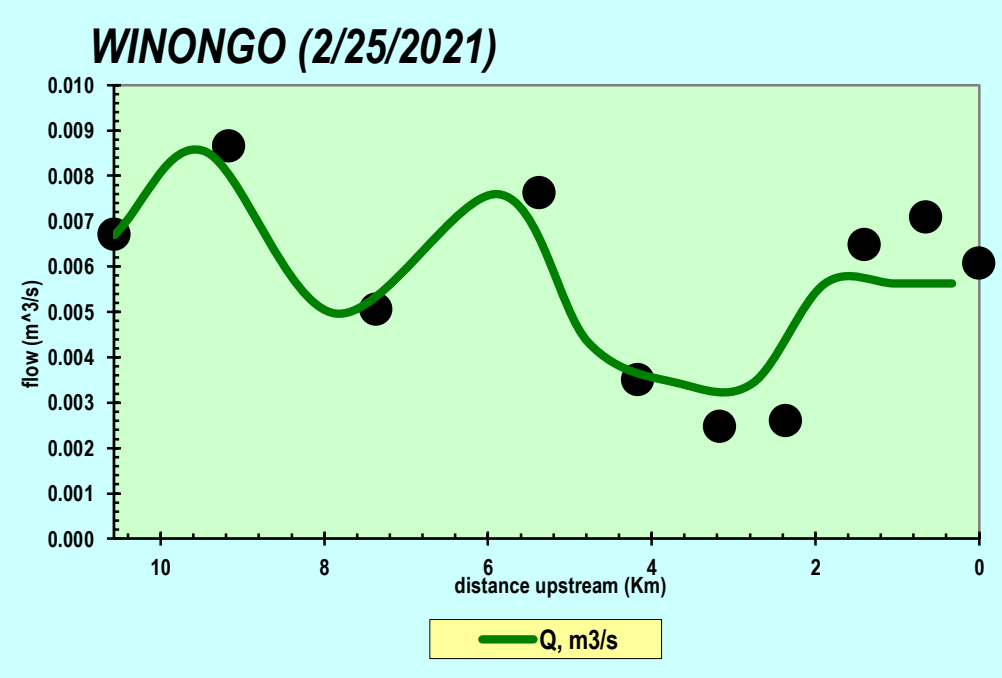
Berdasarkan **Gambar 4.15** dapat dilihat bahwa semakin menuju hilir, nilai COD yang dihasilkan semakin besar. Nilai COD dipengaruhi oleh kandungan bahan organik yang masuk kedalam air sungai. bahan-bahan organik ini berasal dari beberapa sumber diantaranya adalah limbah domestik dan non domestik (South, 2016). Pada titik 1-titik 12, aliran sungai memasuki wilayah padat penduduk. Banyak warga masih memanfaatkan air sungai sebagai MCK, pembuangan *effluent*, dan perternakan.

4.6 Pemodelan Kualitas Air dengan Model Qual2Kw

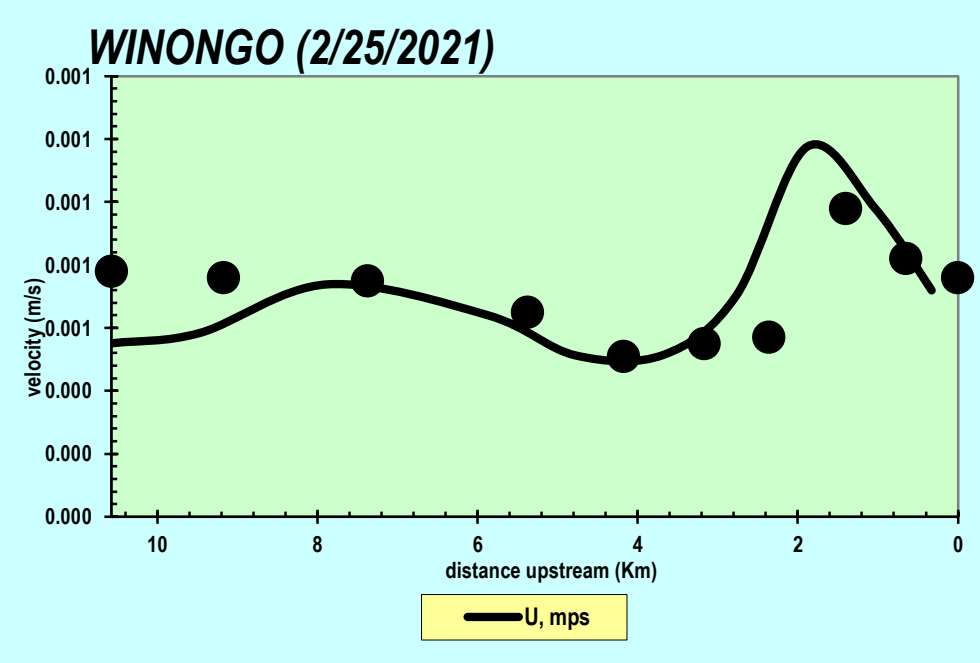
4.6.1 Hasil Kalibrasi dan Validasi Model

Kalibrasi merupakan metode yang digunakan untuk penyesuaian antara kualitas air hasil analisis dengan kualitas air pada model. Hal ini bertujuan untuk mengatur kualitas air pada model agar mendekati kondisi sebenarnya. Proses kalibrasi dilakukan menggunakan metode *trial and error*. *Trial and error* yang dilakukan pada model Qual2Kw ini dilakukan pada parameter hidrolik dan kualitas air. Pada parameter kualitas air *trial and error* dilakukan dengan cara merubah nilai debit dan konsentrasi sumber pencemar baik *point source* dan *non point* source. Hal ini dilakukan agar mendekati data ril. Konsentrasi *effluent* pada *point source* dan *non point* source diubah dengan menyesuaikan jenis *effluent* yang keluar. Begitupun dengan debit *effluent* yang dihasilkan juga diubah dengan menyesuaikan jenis *effluent* yang ada. Selain itu, pada kalibrasi data hidrolik trial and error juga dapat mengganti nilai manning formula dalam worksheet reach rates (Fajaruddin, 2017).

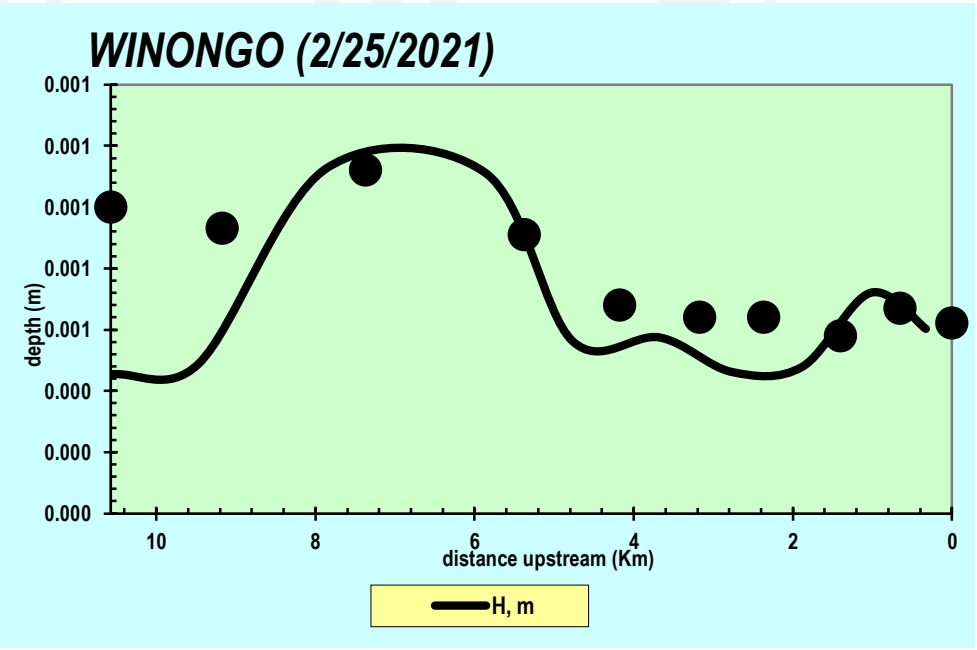
Hasil dari proses kalibrasi model menggunakan metode *trial and error* dapat dilihat pada **Gambar 4.16**, **Gambar 4.17**, **Gambar 4.18**, **Gambar 4.19**, dan **Gambar 4.20** :



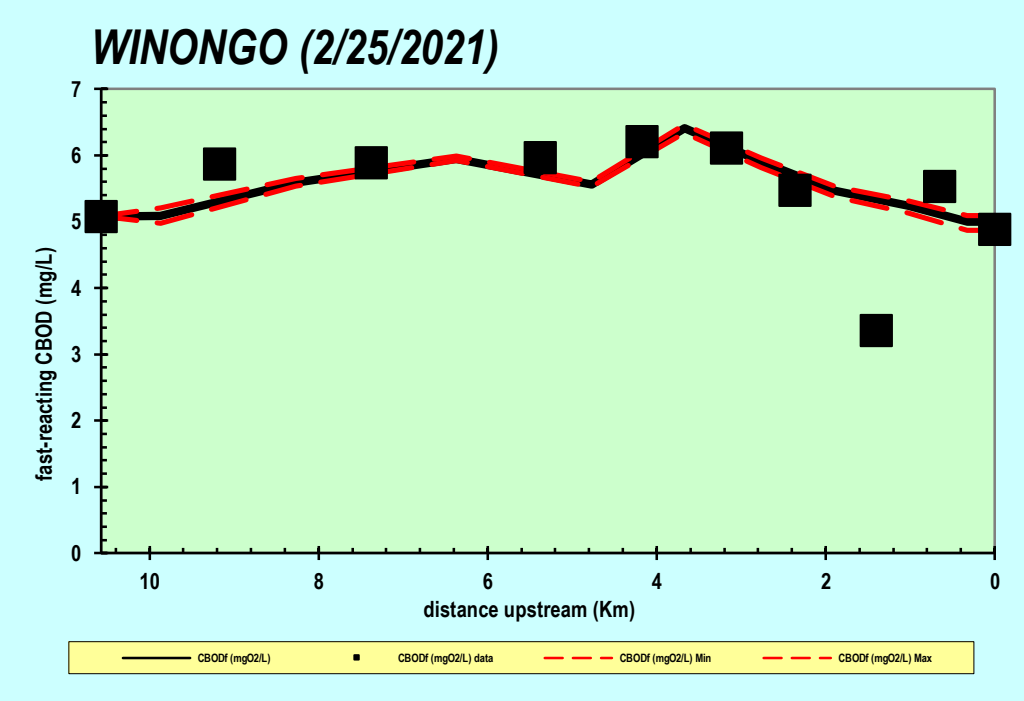
Gambar 4.16 Grafik Model Debit Sungai Winongo



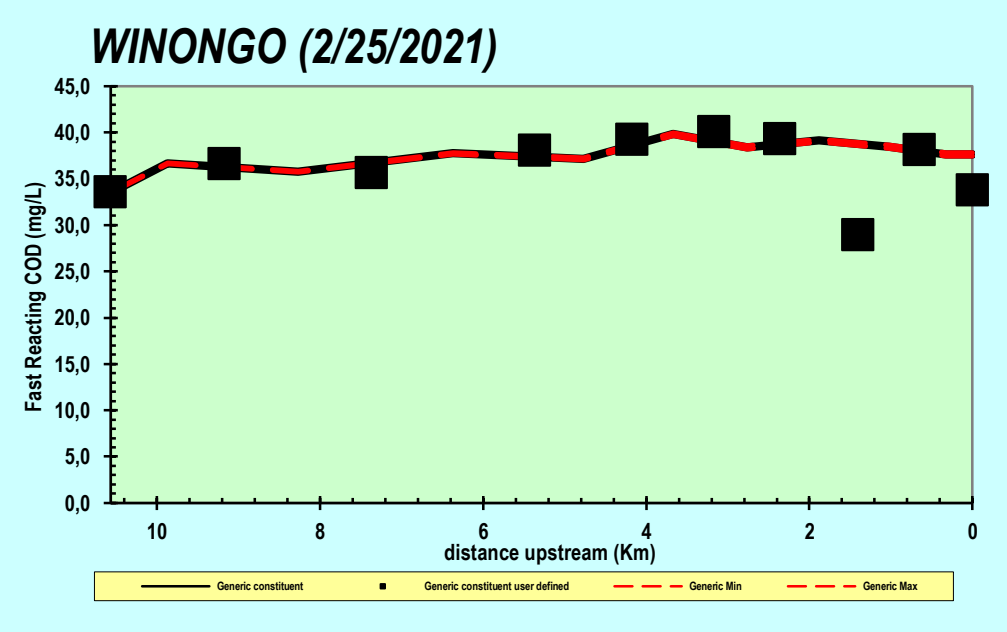
Gambar 4.17 Grafik Model Kecepatan Sungai Winongo



Gambar 4.18 Grafik Model Kedalaman



Gambar 4.19 Grafik Model BOD Sungai Winongo



Gambar 4.20 Grafik Model COD Sungai Winongo

Setelah dilakukan proses kalibrasi kemudian dilakukan proses validasi pada model. Proses validasi model yang bertujuan untuk

mengetahui apakah model yang dihasilkan hasilnya mendekati kondisi sebenarnya . Validasi model dilakukan dengan menghitung *Relative Precentage Difference* (RPD) dengan rumus (Kamat et al, 2020) :

$$RPD = \frac{Csim - Cobs}{Cobs} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dimana :

- Csim = konsentrasi simulasi (mg/L)
- Cobs = konsentrasi observasi (mg/L)

Adapun hasil perhitungan RPD pada model Qual2Kw berdasarkan parameter parameter debit, kecepatan, kedalaman, BOD, dan COD dapat dilihat pada **Tabel 4.8, Tabel 4.9, Tabel 4.10, Tabel 4.11,** dan **Tabel 4.12.**

Tabel 4.8 Analisis *Relative Precentage Difference* (RPD) Debit

No	Segmen	Konsentrasi Eksisting	Konsentrasi Model	Hasil	RPD
1	Titik 1	6,70	6,70	0	14%
2	Titik 3	8,65	8,55	0,01156	
3	Titik 5	5,05	4,97	0,01584	
4	Titik 6	7,62	7,60	0,00262	
5	Titik 7	3,50	4,32	0,235	
6	Titik 8	2,47	3,43	0,38866	
7	Titik 9	2,60	3,43	0,31923	
8	Titik 10	6,48	5,63	0,13105	
9	Titik 11	7,08	5,63	0,20465	
10	Titik 12	6,06	5,63	0,07078	
				0,13794	

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

Tabel 4.9 Analisis *Relative Precentage Difference* (RPD) Kecepatan

No	Segmen	Konsentrasi Eksisting	Konsentrasi Model	Hasil	RPD
1	Titik 1	0,78	0,55	0,29468	13%
2	Titik 3	0,76	0,58	0,23789	
3	Titik 5	0,75	0,74	0,01987	
4	Titik 6	0,65	0,63	0,02915	
5	Titik 7	0,51	0,50	0,01713	
6	Titik 8	0,55	0,45	0,18286	
7	Titik 9	0,57	0,71	0,25237	
8	Titik 10	0,98	1,11	0,13432	
9	Titik 11	0,82	0,76	0,07769	
10	Titik 12	0,76	0,68	0,09946	
				0,13454	

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

Tabel 4.10 Analisis *Relative Precentage Difference* (RPD) Kedalaman

No	Segmen	Konsentrasi Eksisting	Konsentrasi Model	Hasil	RPD
1	Titik 1	1,00	0,45	0,54558	22%
2	Titik 3	0,93	0,48	0,48019	
3	Titik 5	1,12	1,12	0,00402	
4	Titik 6	0,91	1,08	0,18995	
5	Titik 7	0,68	0,55	0,19805	
6	Titik 8	0,64	0,55	0,14403	
7	Titik 9	0,64	0,44	0,31144	
8	Titik 10	0,58	0,46	0,20455	
9	Titik 11	0,67	0,69	0,03432	
10	Titik 12	0,62	0,58	0,0634	
				0,21755	

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

Tabel 4.11 Analisis *Relative Precentage Difference* (RPD) BOD

No	Segmen	Konsentrasi Eksisting	Konsentrasi Model	Hasil	RPD
1	Titik 1	5,08	5,08	0,00052521	12%
2	Titik 3	5,87	5,09	0,1332393	
3	Titik 5	5,89	5,59	0,05081405	
4	Titik 6	6,63	5,95	0,10203622	
5	Titik 7	6,21	5,56	0,1043311	
6	Titik 8	6,11	6,41	0,04939752	
7	Titik 9	5,47	5,91	0,07949584	
8	Titik 10	3,36	5,47	0,62693143	
9	Titik 11	5,54	5,25	0,05237817	
10	Titik 12	4,88	5,00	0,0247606	
				0,12239094	

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

Tabel 4.12 Analisis *Relative Precentage Difference* (RPD) COD

No	Segmen	Konsentrasi Eksisting	Konsentrasi Model	Hasil	RPD
1	Titik 1	33,50	33,50	0	6%
2	Titik 3	36,61	36,66	0,00140824	
3	Titik 5	36,62	35,80	0,0224046	
4	Titik 6	38,07	37,77	0,00807553	
5	Titik 7	39,23	37,17	0,05243938	
6	Titik 8	40,02	39,87	0,00385751	
7	Titik 9	39,29	38,41	0,02253972	
8	Titik 10	28,93	39,13	0,35254619	
9	Titik 11	38,13	38,49	0,00956765	
10	Titik 12	33,75	37,67	0,11602961	
			35,8603949	0,05888684	

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

Berdasarkan perhitungan *Relative Precentage Difference* (RPD) diatas, dihasilkan bahwa nilai RPD untuk debit 24%, kecepatan 13%, kedalaman 22%, BOD sebesar 12% dan COD sebesar 6%. Nilai ini sudah sesuai dengan ketentuan maksimal model dapat diterima dengan nilai RPD <25% (Kamal et al, 2020).

4.6.2 Simulasi Model

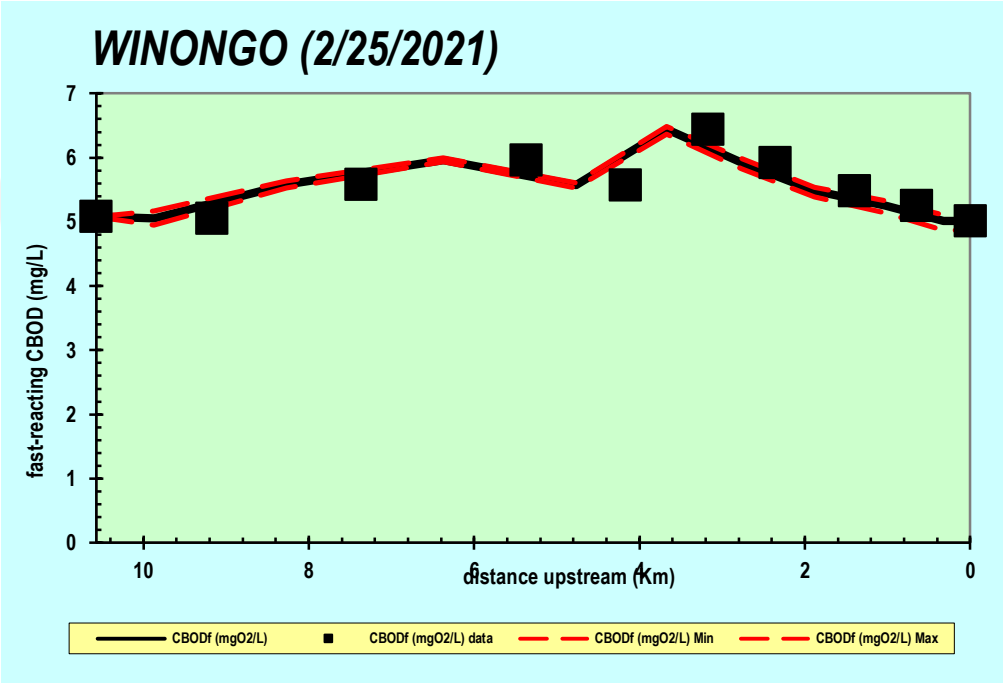
Setelah dilakukan *running* model untuk mendapatkan model kualitas air Sungai Winongo, dilakukan proses simulasi dengan beberapa skenario. Simulasi dilakukan sebanyak empat jenis dengan mengasumsikan kondisi sungai di hulu, sumber pencemar, debit, dan *water quality* pada Sungai Winongo.

Untuk menentukan daya tampung beban pencemar Sungai Winongo, diperlukan adanya simulasi kondisi air sungai pada kondisi maksimum dan minimum. Kondisi maksimum diasumsikan air sungai memiliki beban pencemar penuh sesuai dengan baku mutu air sungai kelas II, sedangkan kondisi minimum merupakan kondisi air sungai yang masih memiliki polutan alamiah tanpa adanya *effluent* yang masuk. selain itu, skenario juga digunakan untuk mengetahui kondisi air sungai lima tahun kedepan, dengan melakukan proyeksi terhadap *effluent* yang masuk.

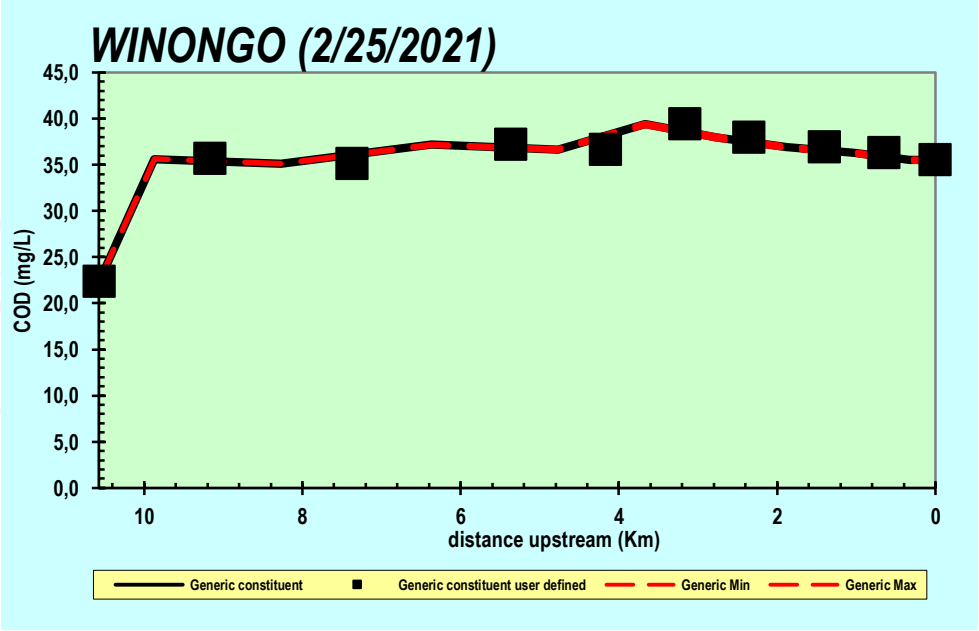
4.6.2.1 Simulasi 1

Pada simulasi 1, skenario dilakukan dengan menggunakan data hulu dan pencemar menggunakan data eksisting, serta data *water quality* (WQ) menggunakan data model yang sudah dilakukan *trial* dan *error*. Data yang digunakan sebagai data *point source* dan *non point source* sesuai dengan kondisi riil lapangan. *Effluent* tersebut antara lain adalah berasal dari limbah domestik, saluran drainase atau anak sungai, limbah non domestik, dan limbah pertanian. Limbah non domestik yang diinputkan berasal dari industri kayu. Sedangkan limbah domestik yang dimasukkan berasal dari kegiatan urban warga yang langsung masuk kedalam air sungai baik

berupa *point source* maupun *non point source*. Data yang diolah pada Simulasi 1 sesuai dengan model yaitu BOD dan COD . Adapun hasil dari simulasi Simulasi 1 dapat dilihat pada **Gambar.21** dan **Gambar 4.22**



Gambar 4.21 Grafik Model Simulasi 1 Parameter BOD



Gambar 4.22 Grafik Model Simulasi 1 Parameter COD

Berdasarkan pemodelan simulasi 1 berdasarkan **Gamber 4.21** dan **Gambar 4.22** dapat dilihat bahwa pada parameter BOD rata-rata mengalami peningkatan dibandingkan pada segmen hulu. Peningkatan nilai BOD ini berada diatas ambang batas yaitu 3 mg/L, sesuai dengan Pergub DIY No 20 Tahun 2008. Hal ini dapat terjadi karena pada titik 1 sampai titik 12 terdapat adanya *effluent* yang masuk kedalam sungai yang dapat menyebabkan penurunan kualitas air sungai. *Effluent* yang berupa *point source* dan *non point source* ini menyebabkan adanya peningkatan konsentrasi BOD, karena banyaknya zat organik yang terkandung dalam air limbah yang terakumulasi dengan air sungai. pada titik 3 dan terjadi peningkatan konsentrasi BOD karena pada segmen ini Pada titik 6 terjadi peningkatan konsentrasi BOD yang disebabkan adanya saluran pembuangan limbah industri pabrik kayu. Pada segmen ke 7 terjadi penurunan tingkat BOD karena pada titik ini terdapat masukan dari anak sungai yaitu Sungai Boyong dan anak sungai lain yang berasal dari saluran drainase. Pada segmen 4, nilai BOD yang dihasilkan pada model Simulasi 1 juga tinggi dikarenakan adanya *effluent* dari limbah pertanian. Pada pembuangan limbah pertanian menghasilkan beban pencemar sebesar 90 gBOD5/ha (Yusuf, 2014). Pada segmen 4, 7, dan 8, *effluent* pencemar yang masuk kedalam air sungai berupa limbah domestik yang berasal dari kegiatan warga.

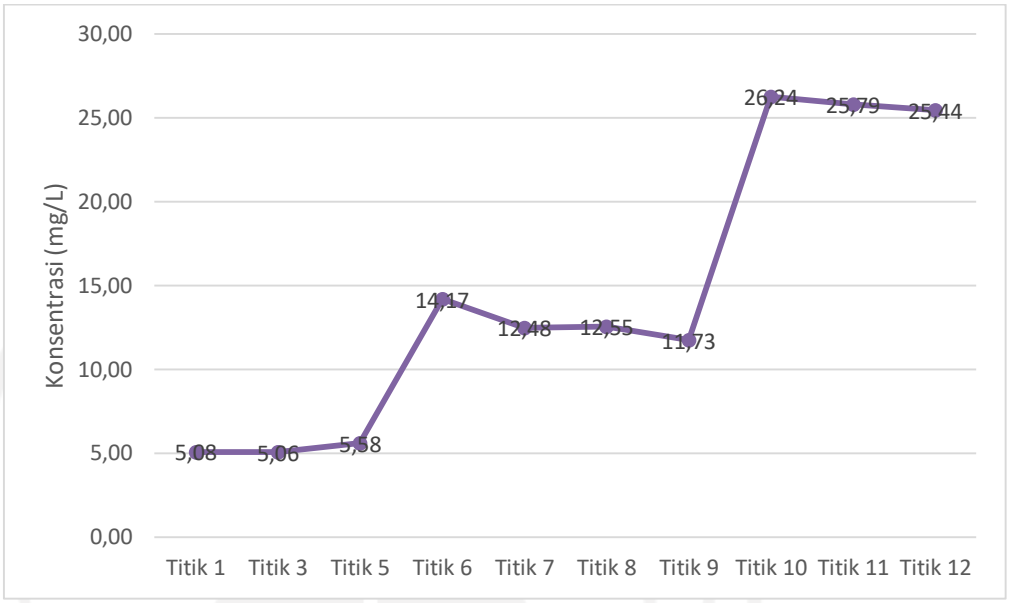
Pada grafik model simulasi 1 parameter COD, nilai konsentrasi cenderung mengalami peningkatan dari hulu ke hilir. Sama halnya dengan BOD, pada *headwater* tingkat pencemaran masih kecil, karena pada titik ini terdapat terjunan yang menyebabkan penurunan kadar COD. Adanya terjunan mampu meningkatkan hidrodinamika perairan sehingga konsentrasi DO didalamnya juga mengalami peningkatan (Rezagama, 2019). Sedangkan untuk konsentrasi tertinggi berada pada segmen 8 dimana pada segmen ini terdapat aliran masuk ke sungai utama dari limbah pertanian. Semakin banyaknya *effluent* yang masuk, maka menyebabkan

meningkatkan bahan organik yang tinggi dan terdegradasi oleh mikroorganisme (Pohan, 2019)

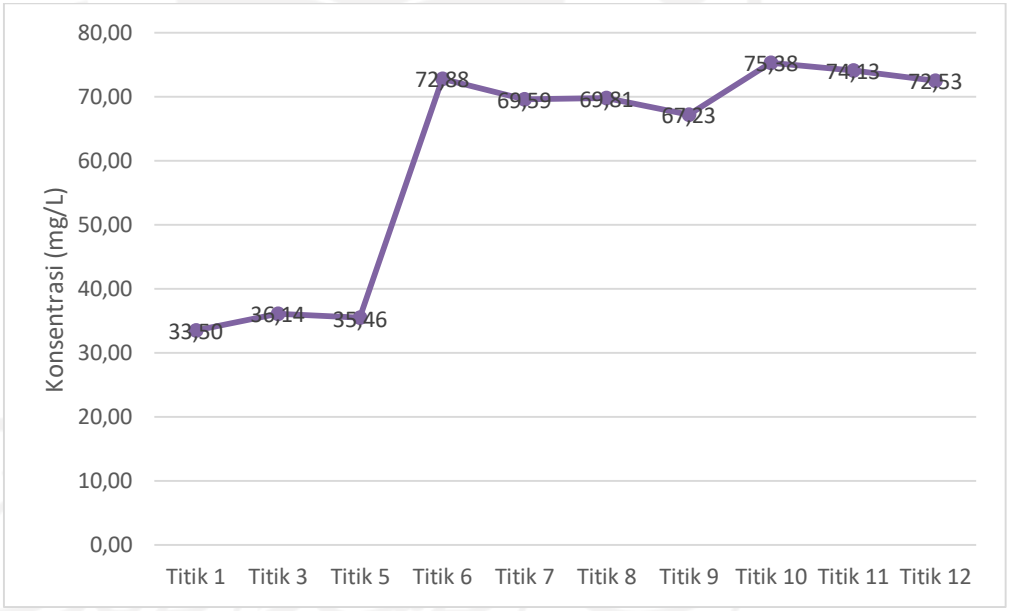
4.6.2.2 Simulasi 2

Pada Simulasi 2, simulasi dilakukan dengan memproyeksikan kondisi sumber pencemar pada tahun 2026. Sumber pencemar yang diproyeksi dilakukan pada *effluent* limbah domestik yaitu limbah industri, limbah pertanian, dan limbah domestic yaitu pada titik 6, 8, dan 10. Adapun detail dari proyeksi adalah sebagai berikut :

a. Pada titik 6, saluran limbah industri yang masuk berasal dari limbah industri kayu. Pada industri ini jam operasional pekerja dimulai selama 8 jam. Proyeksi dilakukan selama 5 tahun hingga tahun 2026. Konsentrasi limbah yang masuk berdasarkan pengukuran lapangan adalah 12, 97 mg/L untuk BOD dan 45,86 mg/L untuk COD.
b. Pada titik ke 8, proyeksi dilakukan dengan limbah yang dihasilkan dari kegiatan pertanian. Proyeksi ini dilakukan dengan memperkirakan penurunan lahan pertanian selama 5 tahun adalah 50% dari 0,2 ha menjadi 0,1 ha.
c. Pada titik ke 10, saluran limbah domestik berasal dari limbah grey water yang terdiri dari beberapa saluran yang menyebar atau *non point source*. Untuk melakukan prediksi kondisi air limbah, dilakukan proyeksi penduduk menggunakan metode artimatika. Pada titik ini diperkirakan menampung limbah domestik dari Desa Dongkelan dengan proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2026 adalah 1145 yang mencangkup 3 RT pada hulu sungai.



Gambar 4.23 Grafik Model Simulasi 2 Parameter BOD



Gambar 4.24 Grafik Model Simulasi 2 Parameter COD

Berdasarkan pemodelan Simulasi 2 dengan menggunakan proyeksi beban pencemar pada tahun 2026 didapatkan hasil seperti pada **Tabel 4.13** dan **Tabel 4.14**

Tabel 4.13 *Point Source* Tahun Eksisting dan Proyeksi Parameter BOD

No	Titik	Konsentasi (mg/L) (2021)	Konsentrasi (mg/L) (2026)
1	Titik 3	7,58	7,58
2	Titik 5	10,00	10,00
3	Titik 6	68,80	426,00
4	Titik 7	55,00	46,00
5	Titik 8	79,28	77,81
6	Titik 9	5,50	5,50
7	Titik 10	22	83,13
8	Titik 11	5,00	5,00
9	Titik 12	-	0,00

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

Tabel 4.14 *Point Source* Tahun Eksisting dan Proyeksi Parameter COD

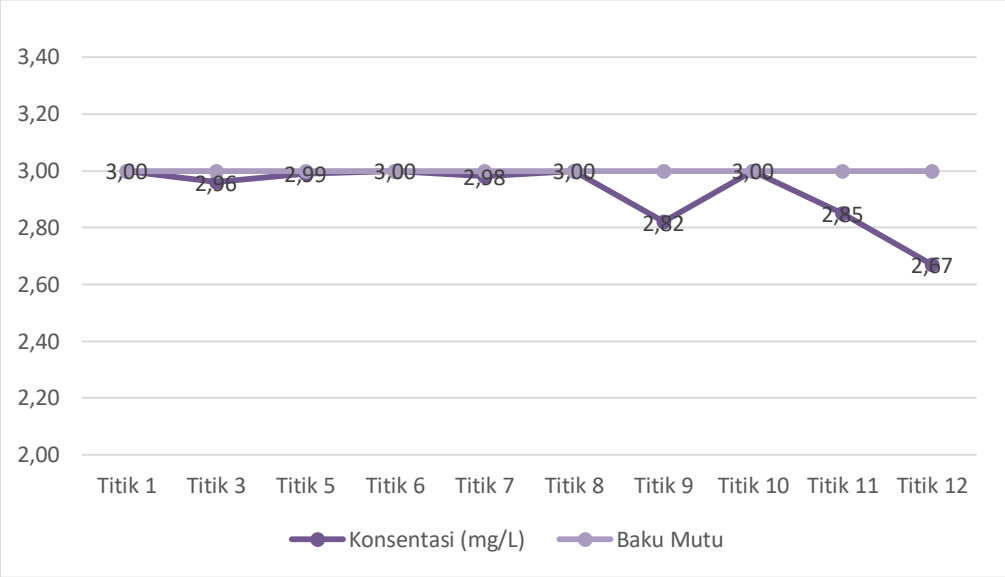
No	Titik	Konsentasi (mg/L) (2021)	Konsentrasi (mg/L) (2026)
1	Titik 3	52,00	52,00
2	Titik 5	40,00	40,00
3	Titik 6	198,00	1528,00
4	Titik 7	201,00	201,00
5	Titik 8	242,02	242,02
6	Titik 9	43,00	43,00
7	Titik 10	64	114,30
8	Titik 11	87,00	87,00
9	Titik 12	-	-

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

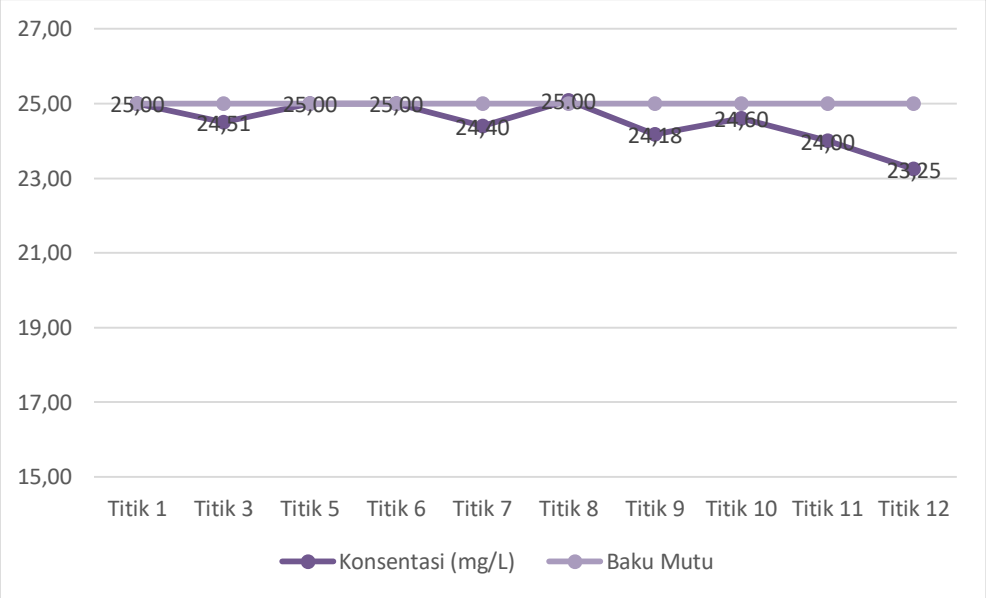
Pada tabel diatas didapatkan dari sheet *source summary* dan dapat diketahui bahwa perubahan konsentrasi terjadi pada segmen yang diproyeksikan pada *effluent* limbah industri, pertanian dan domestik. Pada limbah industri terjadi kenaikan jumlah polutan yang cukup besar untuk parameter BOD yaitu 68,8 mg/L menjadi 426 mg/L dan parameter COD yaitu 198 mg/L menjadi 1528 mg/L . Untuk limbah pertanian, penurunan lahan pertanian menyebabkan menurunya konsentrasi polutan untuk parameter BOD yaitu 55 mg/L menjadi 46 mg/L. sedangkan untuk marameter COD tidak mengalami perubahan. Pada limbah domestic terjadi kenaikan konestrasi polutan untuk parameter BOD yaitu 22 mg/L menjadi 82,3 mg/L dan parameter COD yaitu 64 mg/L menjadi 114,3 mg/L.

4.6.2.3 Simulasi 3

Pada Simulasi 3, pemodelan dilakukan dengan data hulu dan data *Water Quality (WQ)* menggunakan Baku Mutu Air (BMA) Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008. Berdasarkan peruntukan Sungai Winongo yaitu Kelas II, konsentrasi BOD dan COD maksimum adalah 3 mg/L dan 25 mg/L. Sedangkan untuk sumber pencemar yang digunakan menggunakan data *trial and error* pada *point source* dan *non point source*. Adapun hasil simulasi yang dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 4.25** dan **Gambar 4.26**



Gambar 4.25 Grafik Model Simulasi 3 Parameter BOD

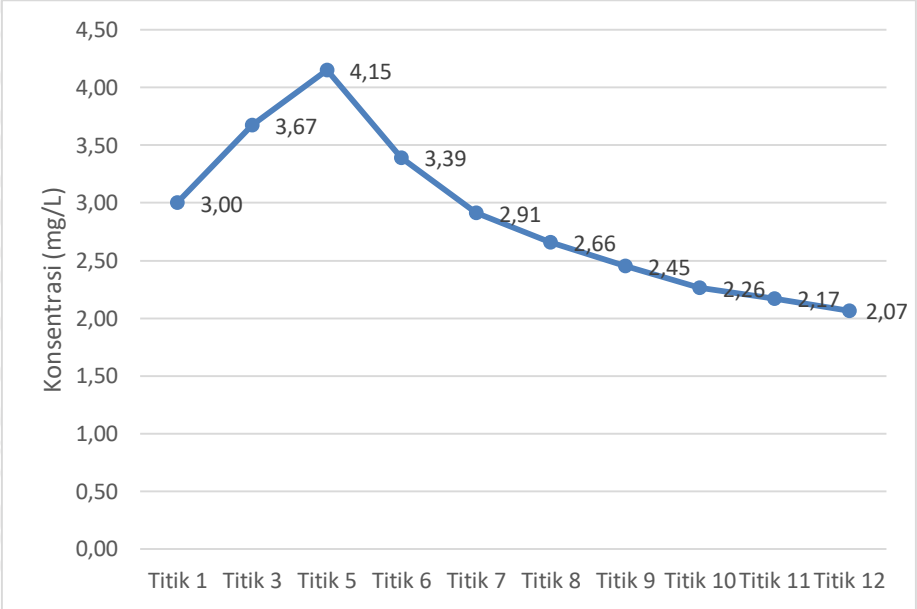


Gambar 4.26 Grafik Model Simulasi 3 Parameter COD

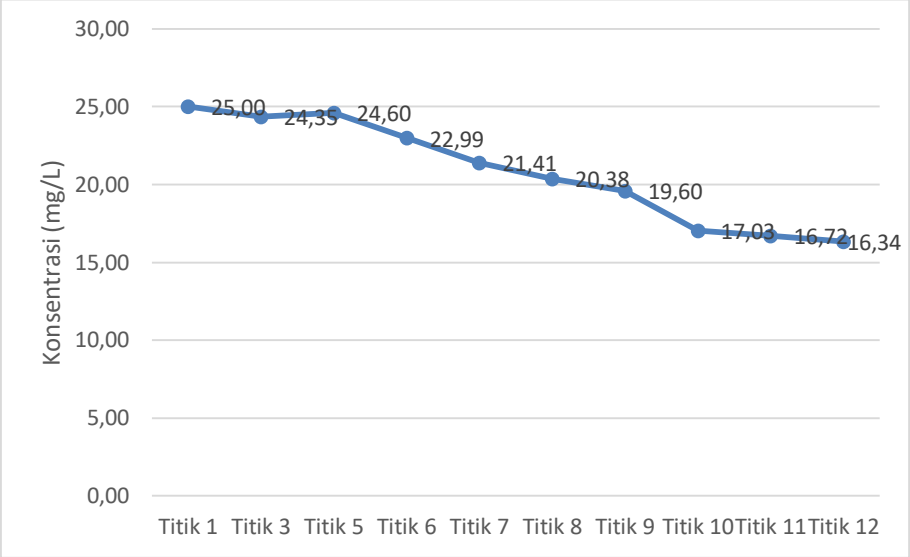
Pada grafik model simulasi 3 parameter BOD dan COD diatas, dapat diketahui apabila WQ *Output* yang dihasilkan hampir seluruhnya berada di bawah Baku Mutu Air (BMA) Kelas II. Hasil simulasi yang telah dilakukan digunakan sebagai perhitungan daya tampung beban pencemar air sungai.

4.6.2.4 Simulasi 4

Pada simulasi 4, kondisi hulu dianggap sudah sesuai dengan baku mutu yang ada berdasarkan Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008. Nilai yang dimasukan pada lembar *reach* untuk BOD dan COD adalah 1 mg/L dan 15 mg/L. Untuk kondisi sumber pencemar dianggap sesuai dengan kondisi awal, dimana tidak terdapat *point source* dan *non point source* yang masuk kedalam aliran sungai. Jadi, untuk effluent yang berasal dari limbah domestic, non domestik, dan pertanian untuk simulasi ini dianggap tidak ada. *Effluent* yang masuk hanya berasal dari anak sungai, sistem drainase, dan air hujan dengan konsentrasi polutan masih memenuhi baku mutu. Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan sungai untuk melakukan *self purification* tanpa adanya sumber pencemar yang masuk. Hasil dari simulasi dapat dilihat pada **Gambar 4.27** dan **Gambar 4.28**.



Gambar 4.27 Grafik Model Simulasi 4 Parameter BOD



Gambar 4.28 Grafik Model Simulasi 4 Parameter COD

Berdasarkan grafik model simulasi 4 parameter BOD dan COD, dapat diketahui bahwa kualitas air sunga bervariatif. Untuk parameter COD seluruhnya sudah memenuhi baku mutu air sungai kelas II. Sedangkan untuk parameter COD untuk titik 1-7 masih berada diatas baku mutu. Simulasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan air sungai dalam melakukan *self purification* dengan dihilangkannya sumber pencemar.

4.7 Analisis Daya Tampung Beban Pencemar

Berdasarkan teori yang ada, perhitungan beban pencemar dapat dilakukan dengan dua kondisi yaitu kondisi hulu sesuai dengan eksisting dan kondisi hulu sesuai dengan baku mutu air kelas II (Febriyana, 2016). Pada penelitian ini dilakukan dengan asumsi kondisi hulu sesuai baku mutu air sungai kelas II berdasarkan Pergub DIY No 20 Tahun 2008. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui besaran beban pencemar yang hanya dipengaruhi oleh kondisi kualitas air sungai dengan kualitas air di hulu sesuai dengan baku air kelas II.

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, untuk menghitung beban pencemar digunakan hasil simulasi yang merepresentasikan kondisi minimum dan maksimum sungai. Kondisi minimum merupakan kondisi

dimana air sungai tidak terdapat *effluent* yang masuk selain dari anak sungai, saluran drainase, dan air hujan (Febriyana,2016). Sedangkan kondisi maksimum menyatakan adanya beban pencemaran penuh yang masih memenuhi baku mutu air limbah. Untuk menghitung daya tampung beban pencemar digunakan hasil simulasi pada *sheet source summary*. Pada *sheet* ini digunakan data debit dan konsentrasi pencemar yang ada pada tiap segmen. Menurut Kep. Menteri Lingkungan Hidup No 110 Tahun 2003, perhitungan daya tampung beban pencemaran dilakukan dengan menggunakan debit minimum.

4.7.1 Beban Pencemar (BP)

Perhitungan Beban Pencemar (BP) diperoleh dengan memodifikasi menambah atau mengurangi *point source* secara *trial* dan *error* pada titik tertentu. Nilai BP dapat dihitung dengan rumus (Dewata, 2018) :

$$\text{BP (kg/hari)} = \text{Debit } (m^3/\text{hari}) \times \text{Konsentrasi (mg/l)} \times 0{,}001$$

Beban Pencemar dihitung dengan memperhatikan dua kondisi yaitu kondisi saat sungai menampung beban pencemar maksimum dan saat sungai menampung beban pencemar minimum. Kondisi sungai saat beban pencemar maksimum terjadi pada simulasi 3, dimana *point source* dan *non point source* dilakukan penambahan dan pengurangan konsentrasi untuk memperoleh kondisi eksisting. Sedangkan kondisi sungai saat beban pencemar minimum terjadi pada simulasi 4. Pada simulasi ini kondisi pencemar baik *point source* maupun *non point source* dihilangkan. Hasil perhitungan beban pencemar pada simulasi 3 dan 4 dapat dilihat pada **Tabel 4. 15** dan **4.16**

Tabel 4.15 Beban Pencemar Simulasi 3

No	Segmen	Jarak	Jarak	Debit	BOD (kg/hari)	COD (kg/hari)
1	Titik 3	10,57	9,17	0,90	365,33	2332,80
2	Titik 5	9,17	7,37	1,38	596,16	3815,42
3	Titik 6	7,37	5,37	0,10	345,60	915,84
4	Titik 7	5,37	4,17	0,05	213,19	498,96
5	Titik 8	4,17	3,17	0,11	249,91	1107,22
6	Titik 9	3,17	2,36	0,01	4,49	46,31
7	Titik 10	2,36	1,40	0,07	181,44	635,04
8	Titik 11	1,40	0,65	0,00	0,88	3,34
9	Titik 12	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

Tabel 4.16 Beban Pencemar Simulasi 4

No	Segmen	Jarak	Jarak	Debit (m3/s)	BOD (kg/hari)	COD (kg/hari)
1	Titik 3	10,57	9,17	0,80	545,92	2073,60
2	Titik 5	9,17	7,37	1,30	898,56	3369,60
3	Titik 6	7,37	5,37	0,12	82,94	311,04
4	Titik 7	5,37	4,17	0,05	36,29	113,40
5	Titik 8	4,17	3,17	0,11	74,30	271,08
6	Titik 9	3,17	2,36	0,00	0,55	2,07
7	Titik 10	2,36	1,40	1,00	172,80	691,20
8	Titik 11	1,40	0,65	0,00	0,21	0,78
9	Titik 12	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

4.7.2 Daya Tampung Beban Pencemar

Daya tampung beban pencemar dihitung menggunakan selisih perhitungan antara simulasi kondisi sungai pada beban pencemaran maksimum (simulasi 4) dan kondisi sungai saat tidak memiliki beban pencemar (simulasi 3). Rumus yang digunakan untuk menghitung Daya Tampung Beban Pencemar adalah sebagai berikut :

DTBP = Beban Pencemar Sesuai dengan BMA (kg/hari)- Beban Pencemar Kondisi Minimum (kg/hari)

Hasil perhitungan daya tampung beban pencemar sungai winongo berdasarkan parameter BOD dan COD sapat dilihat pada **Tabel 4.17** :

Tabel 4.17 Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Winongo

No	Segmen	Jarak	BOD (kg/hari)	COD (kg/hari)
1	Titik 3	10,57	-180,59	259,20
2	Titik 5	9,17	-302,40	445,82
3	Titik 6	7,37	262,66	604,80
4	Titik 7	5,37	176,90	385,56
5	Titik 8	4,17	175,61	836,14
6	Titik 9	3,17	3,94	44,24
7	Titik 10	2,36	8,64	-56,16
8	Titik 11	1,4	0,67	2,57
9	Titik 12	0,65	0,00	0,00

Sumber : Hasil Analisa Data, 2021

Berdasarkan hasil perhitungan Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) diatas dapat diketahui bahwa berdasarkan parameter COD dan BOD kualitas air sungai winongo pada beberapa segmen telah melebihi daya tampung minimum. Pada parameter BOD daya tampung yang berlebih berada pada titik 3 dan 5 dengan nilai -180,59 kg/hari dan -302,4 kg/hari. Sedangkan untuk parameter COD nilai beban pencemar berlebih berada pada titik 10 dengan nilai -56,16 kg/hari.

Besarnya beban pencemar pada titik 3,5, dan 10 terjadi karena hampir seluruhnya titik sampling berada di area padat penduduk. Limbah yang dihasilkan dari kegiatan domestik berperan penuh dalam pencemaran air sungai. Berdasarkan analisis yang dilakukan YipingWu (2012), adanya *point source* dan *non point source* 94% berkontribusi dominan dalam pencemaran air sungai berdasarkan parameter BOD dan COD.

4.8 Alternatif Pengelolaan DAS

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperlukan beberapa alternatif untuk pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) agar daya tampung air sungai tidak berlebih. Salah satu alternatif pengelolaan air sungai yaitu dengan menambahkan debit suplesi pada bagian hulu. Menurut Rezagama (2019), peningkatan debit suplesi dapat menimbulkan adanya pengenceran pada pencemar dan menaikkan laju aliran air sungai.

Alternatif untuk melakukan debit suplesi adalah dengan membangun terjunan dan bendung pada air sungai. Pembangunan terjunan dilakukan dengan melakukan penurunan dasar sungai (H) serta memperlebar saluran sungai (B). Hal ini dapat menyebabkan adanya perbedaan elevasi yang menimbulkan perubahan kecepatan aliran. Dengan adanya perubahan elevasi menimbulkan aerasi secara alamiah dan berpotensi mendegradasi polutan BOD (Hendrasari, 2016). Selain mendegradasi polutan BOD, peningkatan debit suplesi juga mampu menurunkan kadar COD dan meningkatkan kadar DO pada air sungai. Debit suplesi mampu memberikan bantuan kepada sungai untuk melakukan *self purification* (Rezagama, 2019).

BAB V
SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian terhadap analisis beban pencemar Sungai Winongo diatas, dapat disimpulkan bahwa :

1. Kondisi eksisting Sungai Winongo berdasarkan parameter BOD dan COD apabila dibandingkan dengan Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008 baku mutu air Kelas II, didapatkan hasil sebagai berikut :
   a. Berdasarkan parameter BOD nilai yang didapatkan dari titik 1 sampai titik 12 berturut-turut adalah 5,08 mg/l, 5,87 mg/l, 5,89 mg/l, 6,57 mg/l, 6,21 mg/l, 6,11 mg/l, 5,47 mg/l, 2,66 mg/l, 5,54 mg/l, dan 4,88 mg/l. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Winongo berdasarkan parameter BOD melebihi ambang batas yang ditentukan yaitu 3 mg/l.
   b. Berdasarkan parameter COD nilai yang didapatkan dari hasil perhitungan dari titik 1 sampai titik 12 berturut-turut adalah 33,53 mg/l, 36,61 mg/l, 36,62 mg/l, 38, 07 mg/l, 39,23 mg/l, 40,02 mg/l, 39,29 mg/l, 28,97 mg/l, 38,13 mg/l, dan 33,75 mg/l. dari hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa semuanya berada diatas baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 25 mg/l.
2. Kondisi Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) Sungai Winongo berdasarkan parameter COD dan BOD terdiri dari dua kondisi :
   a. Kondisi yang pertama yaitu beban pencemar berada pada kondisi berlebih. Untuk parameter BOD, nilai DTBP berlebih terdapat pada beberapa titik. Pada parameter BOD daya tampung yang berlebih berada pada titik 3 dan 5 dengan nilai -180,59 kg/hari dan -302,4 kg/hari. Sedangkan untuk parameter COD nilai beban pencemar berlebih berada pada titik 10 dengan nilai -56,16 kg/hari.

b. Kondisi yang kedua yaitu beban pencemar tidak dalam kondisi berlebih. Untuk nilai DTBP COD yang tidak dalam kondisi berlebih berada pada titik 6 262,66 kg/hari, titik 7 176,9 kg/hari, titik 8 175,61 kg/hari, titik 9 3,94 kg/hari, titik 10 8,64 kg/hari, dan titik 11 0,67 kg/hari. Sedangkan untuk parameter COD yaitu pada titik 3 259,2 kg/hari, titik 5 445 kg/hari, titik 6 604,8 kg/hari, titik 7 385,56 kg/hari, titik 8 836,14 kg/hari, titik 9 44,24 kg/hari, dan titik 11 2,57 kg/hari.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terdapat masukan yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Diperlukan adanya pendataan yang terbuka mengenai sumber pencemar baik domestik maupun non domestik yang masuk kedalam aliran Sungai Winongo.
2. Diperlukan adanya ketersediaan data klimatologis dan hidrologis yang baik untuk meningkatkan kualitas penelitian analisis perhitungan daya tampung beban pencemar.
3. Diperlukan adanya pemantauan kualitas air secara kontinyu setiap bulannya untuk memperoleh data kualitas air yang baik agar hasil analisi daya tampung beban pencemar lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

Allam, A., Tawfik, A., Yoshimura, C., Fleifle, A. 2016. Simulation-based optimization framework for reuse of agricultural drainage water in irrigation. Journal of Environmental Management 172. Hal 82-96.

Arief, Achmad., 2014. Pengaruh Keberadaan Bendung dan Terjunan pada Konsentrasi Oksigen dalam Air. Jurnal Rekayasa Sipil Vol 2 No. 2. Hal 154-166.

Badan Standarisasi Nasional. 2009. SNI 6989.72:2009 : Cara Uji BOD. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta. Halaman: 2

Badan Standarisasi Nasiona. 2009. SNI 6989.2-2019: Cara Uji COD. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta. Halaman: 2

Bendicno, C., Lavilla, I. 2017. Water Analysis I Sewage. Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering. University de Vigo Spain. Hal 300-307.

Bidang Pengendalian Pencemaran dan kerusakan Lingkungan Hidup. Pemantauan Kualitas Air Sungai di Daerah Istimewa Yogyakarta. 2012. Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) Daerah Istimewa Yogyakarta

Chen, Chien Hung. 2013. Technical challenges with BOD/DO modeling of rivers in Taiwan. Journal of Hydro-environment Research. Vol. 6 No. 1. Hal 3-8.

Dahruji., Pipit F W., Totok H. 2017. Studi Pengolahan Limbah Usaha Mandiri Rumah Tangga dan Dampak Bagi Kesehatan di Wilayah Kenjeran. Aksiologiya: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat. 1, 36-44.

Dani, Taufik., Suripin., Sudarno. 2015. Analisis Daya Tampung Beban Cemar di DAS Bengawan Solo Segmen Kota Surakarta dan Kabupaten Karanganyar dengan Model Qual2Kw. Jurnal Ilmu Lingkungan Vol 13 No 2. Hal 92-100.

Dewata and Adri. 2018. Water Quality Assessment and Determining the Carrying Capacity of Pollution Load Batang Kuranji River. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 335. Hal 1-9.

Djoharam, Veybi., Riani, Etty., Yani, Mohammad. 2018. Water Quality Analysis and Pollution Load Capacity of Pesanggrahan River, Province of DKI Jakarta. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Vol. 8 No. 1. Hal 127-133.

Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) Daerah Istimewa Yogyakarta. 2019. Hasil Pemantauan Sungai Winongo Titik Pantau J. Jatimulyo, Kricak, Yogyakarta Tahun 2019

Febriyana, Nuraini., Masduqi, Ali. 2016. Penentuan Daya Tampung Kali Surabaya Segmen Tambang Cangkir-Bendungan Gunungsari dengan Model Qual2Kw. Jurnal ITS. Vol 5 No. 2.

Fajaruddin, Abdul Harisr., Solichin, Moch., Prayogo, Tri Budi. 2018. Studi Penentuan Daya Tampug Beban Pencemaran Sungai Brantas Ruas Kota Malang Dengan Menggunakan Paket Program Qual2Kw. Jurnal Mahasiswa Jurusan Pengairan. Vol1 No2.

Handayani, RI., Dewi, NJ., Priyono, B. 2014. Akumulasi Kromuium (Cr) pada Daging Ikan Nila Merah (Oreochromis ssp.) dalam Keramba Jaring Apung di Sungai Winongo Yogyakarta. Jurnal MIPA UNNES Vol 37 No 2. Hal 123-129

Harisnor, Al., Amalia, Maya. 2016. Analisa Parameter Hidraulik Pada Sungai Veteran Kota Banjarmasin. Jurnal Poros Teknik Vol 8 No. 2. Hal 55-103

Hoang, Bui H., Hien Ha Ngoc., Dinh, Nguyen Thi., Thao Nguyen Anh. 2019. Integration of SWAT and QUAL2K for water quality modeling in a data scarce basin of Cau River basin in Vietnam. Jurnal Ecology and Hydrology 19. Hal 210-223

Idaho Dept Of Environmental Quality. 2015. Modeling Stream Temperature under System Potential Shade. Darcy Sharp, Technical Services, Idaho Department of Environmental Quality.

Kamal, Norashikin A., Muhamad, Nur S., Abdullah, Jazuri. 2020 Scenario-based Pollution Sinolations and Mapping using Integrated QUAL2K-GIS. Environmental Pollution 259 (2020).

Kannel, Prakash Raj., Lee, S., Lee, YS., Kanel, SR., Pelletier, GJ. 2007. Application of Automated Qual2Kw for water Quality Modelling and Management in Bagmati River, Nepal. Jurnal Ecological Modelling 202. Hal 503-317.

Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) RI, 2017

Lestari, Handayani., Hariwibowo, Riyanto., dan Yuliani, Emma. Determination of Pollution Load Capacity Using QUAL2Kw Program on The Musi River Palembang. Civil and Environmental Science Journal Vol. II, No. 02. Hal 105-115.

Maguire, Timothy., Spencer, Courtney., Mannion, Alice Grgicak. 2019. Distinguishing point and non point sources of dissolved nutrients, metals, and legacy contaminants in the Detroit River. Science ofthe Total Environment 681. Hal 1-8.

Mahyudin., Soemarmo., Prayogo, Tri Budi. 2015. Analisis Kualitas Air Dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Metro di Kota Kepanjen Kabupaten Malang. J-PAL, Vol. 6, No. 2. Hal. 105-114.

Mardhia, Dwi., Abdullah, Viktor. 2018. Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. Jurnal Biologi Tropis Vol. 18 No.2. Hal 182-189.

Marlina, Nelly., Hudori., Hafidh, Ridwan. 2017. Pengaruh Kekasaran Saluran dan Suhu Air Sungai pada Parameter Kualitas Air COD, TSS di Sungai Winongo Menggunakan Software Qual2Kw. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan. Vol 9, No 2. Hal 122-133.

Nuraini, Eko., Fauziah, Tantri., Lestari, Fajar., 2019. Penentuan nilai BOD dan COD Limbah Cair *Inlet* Laboratorium Pengujian Fisis Politeknik ATK Yogyakarta. Integrated Lab Journal Vol 07 No 02. Hal 10-15.

Rezagama, Arya., Sarminingsih, Anik., Rahmadani, Ajeng R., Aini, Afifah N. 2019. Pemodelan Peningkatan Kualitas Air Sungai melalui Variasi Debit Suplesi. Jurnal Teknik UNDIP Vol 40, No 2. Hal 106-114.

Pangestu, Rahmat., Riany, Etty., Effendi, Hefni. 2017. Estimasi Beban Pencemar *Point Source* dan Limbah Domestik di Sungai Kalibaru Rimur Provinsi DKI Jakarta, Indonesia. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Vol. 7 No. 3. Hal 219-226.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran. Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup

Pohan, Dedy AS., Budiyono, Syarifudin. 2016. Analisis Kualitas Air Sungai Guna Menentukan Peruntukan Ditinjau Dari Aspek Lingkungan. Jurnal Ilmu Lingkungan Vol. 14 No 2. Hal 63-71.

Purnaini, Rizki., 2019. Pemodelan Sebaran BOD di Sungai Kapuas Kecil Bagian Hilir Menggunakan WASP. Jurnal Teknosains Vol. 8. No2. Hal 148-157.

Sampe, Hisky., Juwana, Iwan., Marganingrum, Dyah. 2018. Kajian Perhitungan Beban Pencemaran Sungai Cisangkuy di Cekung Bandung dari Sektor Pertanian. Jurnal Rekayasa Hijau No.2 Vol.2. Hal 165-175.

Sener, Sehnaz., Erhan Sener dan Aysen Davraz, 2017. Evaluation of Water Quality Using Water Quality Index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW – Turkey). Science of The Total Environment. Hal. 131-144

Setiawan, Dody., Dharma, Sila IGB., Suyarsa, I Wayan B. 2017. Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Badung di Desa Dauh Puri Kota Denpasar dengan Model QUAL2Kw. Jurnal Ecotrophic Vol 11 No 2. Hal 116-124.

South, Alfrida E. 2016. Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga Pada Salah satu Perumahan Menengah ke Atas yang Berada di Tangerang Selatan. Jurnal Ecolab Vol 10. Hal 47-102.

Suprihatin, H. 2014. Kalilo river pollution due to limited land settlement and human behavior along the Kalilo riverbanks. Journal Of Degraded And Mining Lands Management Volume 1, Number 3.

Susanto, Gumbolo Hadi. 2015. *Pencemaran Lingkungan dan Dampaknya*. Yogyakarta: Ardana Media.

Yen, Haw. 2015. Application of Large-Scale, Multi-Resolution Watershed Modeling Framework Using the Hydrologic and Water Quality System (HAWQS). Journal MDPI Vol. 8 No. 4. Hal. 164.

Yusuf, Iskandar. 2014. Kajian Kriteria Mutu Air Irigasi. Peneliti Pusat Litbang-SDA, Kementerian Pekerjaan Umum, Jurnal Irigasi – Vol.9, No.1. Hal 1-15.

YipingWu., Chen, Ji. 2013. Investigating the effects of point source and nonpoint source pollution on the water quality of the East River (Dongjiang) in South China. Journal of Ecological Indicators. Hal. 294-304.

Zhang, Yali., Yang, Huige., Wang, Zhisong. 2016. Simulating Water Quality of Wei River with QUAL2K Model, a Case Study of Hai River Basin in China. MATEC Web of Conferences 6 , ICIEA 2016.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Analisa Data BOD pada Sungai dan *Point Source*

Data Sampling 1			
Air Sungai		*Point Source*	
Headwater	3,424		
Segmen 1	5,886	PS 1	11,65
Segmen 2	9,088	PS 2	12,38
Segmen 3	6,084	PS 3	13,31
Segmen 4	5,696	PS 4	8,032
Segmen 5	7,104	PS 5	11,16
Segmen 6	5,856	PS 6	8,736
Segmen 7	1,408	PS 7	11
Segmen 8	4,096	PS 8	7,36
Segmen 9	4,894	PS 9	

Data Sampling 2			
Air Sungai		*Point Source*	
Headwater	6,048		
Segmen 1	4,7040	PS 1	3,36
Segmen 2	5,3760	PS 2	4,03
Segmen 3	-	PS 3	13,44
Segmen 4	6,7200	PS 4	10,75
Segmen 5	7,3900	PS 5	10,08
Segmen 6	6,7200	PS 6	4,032
Segmen 7	3,3600	PS 7	4,704
Segmen 8	7,3920	PS 8	8,736

Segmen 9	3,3600	PS 9	

Data Sampling 3			
Air Sungai		*Point Source*	
Headwater	5,76		
Segmen 1	7,04	PS 1	3,2
Segmen 2	3,2	PS 2	3,84
Segmen 3	7,04	PS 3	12,16
Segmen 4	4,48	PS 4	11,52
Segmen 5	5,12	PS 5	7,04
Segmen 6	3,84	PS 6	2,56
Segmen 7	3,2	PS 7	3,84
Segmen 8	5,12	PS 8	7,04
Segmen 9	6,4	PS 9	

Lampiran 2 Hasil Analisa Data COD pada Sungai dan *Point Source*

Data Sampling 1			
Air Sungai		*Point Source*	
Headwater	0		
Segmen 1	38,1268	PS 1	42,06652
Segmen 2	26,7453	PS 2	32,43604
Segmen 3	28,4963	PS 3	58,45092
Segmen 4	38,5645	PS 4	132,8528
Segmen 5	29,8096	PS 5	92,69939
Segmen 6	25,8698	PS 6	216,7025

Segmen 7	26,3121	PS 7	39,87777
Segmen 8	26,7453	PS 8	97,81697
Segmen 9	28,0586	PS 9	

Data Sampling 2

Air Sungai	
Headwater	31,1228
Segmen 1	30,50102
Segmen 2	47,4908
Segmen 3	35,93803
Segmen 4	46,24744
Segmen 5	32,87379
Segmen 6	41,62877
Segmen 7	28,93405
Segmen 8	38,12678
Segmen 9	33,74929

Point Source	
PS 1	30,68505
PS 2	45,13076
PS 3	288,3487
PS 4	110,4141
PS 5	39,87777
PS 6	196,2321
PS 7	41,62877
PS 8	154,1104
PS 9	

Data Sampling 3

Air Sungai	
Headwater	35,93803
Segmen 1	41,19102
Segmen 2	35,61861
Segmen 3	49,79039
Segmen 4	32,87379

Point Source	
PS 1	26,30756
PS 2	60,02556
PS 3	63,56851
PS 4	98,21063

Segmen 5	57,38772	PS 5	28,13906
Segmen 6	50,38374	PS 6	104,5092
Segmen 7	31,6806	PS 7	39,94888
Segmen 8	49,50617	PS 8	60,02556
Segmen 9	39,44	PS 9	

Lampiran 3. Data Kualitas Air, Klimatologi, dan Hidrolika Sungai

Titik 3

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	7,12333
Suhu	˚C	31,01
DO	ppm	26,6967
Konduktivitas	s/cm	0,102
Kekeruhan	NTU	44,3333
ORP	mV	124
TDS	gr/L	0,061

Pengukuran Parameter Kualitas Udara

Parameter	Satuan	Nilai
Temperature Udara	˚C	31,7
Temperature Titik Embun	˚C	22,3333333
Kecepatan Angin	m/s	3,33333333
Tutupan Awan	%	0,88
% Radiasi Matahari	%	0,25631774

Pengukuran Kondisi Fisik Sungai

Parameter	Satuan	Nilai
Lebar	m	12
Kedalaman	m	0,93
Panjang	m	3,89
Slope	m/m	#DIV/0!
Kecepatan	m/s	0,76448
Debit	m3/s	8,65486

Titik 5

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	7,39
Suhu	˚C	29,5067
DO	ppm	28,0967

Parameter	Satuan	Nilai
Temperature Udara	˚C	32,6333333
Temperature Titik Embun	˚C	22,6666667
Kecepatan Angin	m/s	3,53333333

Parameter	Satuan	Nilai
Lebar	m	5,78
Kedalaman	m	1,12333
Panjang	m	4,01333

Konduktivitas	s/cm	0,10233
Kekeruhan	NTU	31,2667
ORP	mV	181,333
TDS	gr/L	0,06033

Tutupan Awan	%	0,88
% Radiasi Matahari	%	0,25631774

Slope	m/m	#DIV/0!
Kecepatan	m/s	0,75722
Debit	m3/s	5,05115

Titik 6

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	8,02
Suhu	˚C	26,97
DO	ppm	18,29
Konduktivitas	s/cm	0,22833
Kekeruhan	NTU	22,2
ORP	mV	151,333
TDS	gr/L	0,14267

Parameter	Satuan	Nilai
Temperature Udara	˚C	26,9
Temperature Titik Embun	˚C	22,6666667
Kecepatan Angin	m/s	5,4
Tutupan Awan	%	0,78666667
% Radiasi Matahari	%	0,19955282

Parameter	Satuan	Nilai
Lebar	m	13
Kedalaman	m	0,91
Panjang	m	3
Slope	m/m	#DIV/0!
Kecepatan	m/s	0,64778
Debit	m3/s	7,61827

Titik 7

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	7,64667

Parameter	Satuan	Nilai
Temperature Udara	˚C	27,6

Parameter	Satuan	Nilai
Lebar	m	10

Suhu	˚C	26,8833
DO	ppm	28,0533
Konduktivitas	s/cm	0,10933
Kekeruhan	NTU	33,45
ORP	mV	160,667
TDS	gr/L	0,066

Temperature Titik Embun	˚C	23
Kecepatan Angin	m/s	2,66666667
Tutupan Awan	%	0,78666667
% Radiasi Matahari	%	0,19955282

Kedalaman	m	0,67667
Panjang	m	2,83333
Slope	m/m	#DIV/0!
Kecepatan	m/s	0,51674
Debit	m3/s	3,47976

Titik 8

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	7,14667
Suhu	˚C	28,99
DO	ppm	22,16
Konduktivitas	s/cm	0,145
Kekeruhan	NTU	21,15
ORP	mV	195,667
TDS	gr/L	0,086

Parameter	Satuan	Nilai
Temperature Udara	˚C	30,1
Temperature Titik Embun	˚C	23
Kecepatan Angin	m/s	2,36666667
Tutupan Awan	%	0,78666667
% Radiasi Matahari	%	0,19955282

Parameter	Satuan	Nilai
Lebar	m	7,000
Kedalaman	m	0,64
Panjang	m	3,33333
Slope	m/m	#DIV/0!
Kecepatan	m/s	0,55449
Debit	m3/s	2,46865

Titik 9

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	7,63333
Suhu	˚C	28,48
DO	ppm	26,1733
Konduktivitas	s/cm	0,21267
Kekeruhan	NTU	22,6
ORP	mV	196,333
TDS	gr/L	0,13567

Parameter	Satuan	Nilai
Temperature Udara	˚C	29,2666667
Temperature Titik Embun	˚C	23
Kecepatan Angin	m/s	2,6
Tutupan Awan	%	0,76
% Radiasi Matahari	%	0,14677505

Parameter	Satuan	Nilai
Lebar	m	7,000000
Kedalaman	m	0,64333
Panjang	m	4,37667
Slope	m/m	#DIV/0!
Kecepatan	m/s	0,57357
Debit	m3/s	2,60287

Titik 10

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	7,15
Suhu	˚C	29,8667
DO	ppm	21,1367
Konduktivitas	s/cm	0,16367
Kekeruhan	NTU	20,75
ORP	mV	203,667

Parameter	Satuan	Nilai
Temperature Udara	˚C	31,3966667
Temperature Titik Embun	˚C	23,3333333
Kecepatan Angin	m/s	3,33333333
Tutupan Awan	%	0,76666667
% Radiasi Matahari	%	0,14677505

Parameter	Satuan	Nilai
Lebar	m	11,6667
Kedalaman	m	0,57667
Panjang	m	2,86667
Slope	m/m	#DIV/0!
Kecepatan	m/s	0,97614
Debit	m3/s	6,48032

TDS	gr/L	0,101

Titik 11

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	7,42333
Suhu	˚C	30,03
DO	ppm	20,54
Konduktivitas	s/cm	0,23033
Kekeruhan	NTU	25,75
ORP	mV	172,333
TDS	gr/L	0,143

Parameter	Satuan	Nilai
Temperature Udara	˚C	29,6666667
Temperature Titik Embun	˚C	23,3333333
Kecepatan Angin	m/s	3,73333333
Tutupan Awan	%	0,76666667
% Radiasi Matahari	%	0,14677505

Parameter	Satuan	Nilai
Lebar	m	12,7
Kedalaman	m	0,67333
Panjang	m	3,94
Slope	m/m	#DIV/0!
Kecepatan	m/s	0,81863
Debit	m3/s	7,07792

Titik 12

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	7,22333
Suhu	˚C	30,2967
DO	ppm	20,6833
Konduktivitas	s/cm	0,212

Parameter	Satuan	Nilai
Temperature Udara	˚C	35
Temperature Titik Embun	˚C	23
Kecepatan Angin	m/s	2,83333333
Tutupan Awan	%	0,76666667

Parameter	Satuan	Nilai
Lebar	m	12,75
Kedalaman	m	0,62333
Panjang	m	3
Slope	m/m	#DIV/0!

Kekeruhan	NTU	19,1
ORP	mV	181
TDS	gr/L	0,11941

% Radiasi Matahari	%	0,14677505

Kecepatan	m/s	0,76345
Debit	m3/s	6,06442

Headwater

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	7,92333
Suhu	˚C	26,0233
DO	ppm	24,25
Konduktivitas	s/cm	0,12333
Kekeruhan	NTU	30
ORP	mV	145
TDS	gr/L	0,07667

Parameter	Satuan	Nilai
Temperature Udara	˚C	27,0333333
Temperature Titik Embun	˚C	22,3333333
Kecepatan Angin	m/s	1,8
Tutupan Awan	%	0,87333333
% Radiasi Matahari	%	0,25630663

Parameter	Satuan	Nilai
Lebar	m	13,2
Kedalaman	m	1,0
Panjang	m	3,45
Slope	m/m	#DIV/0!
Kecepatan	m/s	0,78274
Debit	m3/s	10,3736

Lampiran 4 Perhitungan Data Hidrolika Sungai

Segmen	Q (m/s)	Sd	n	H (dipakai) (m)	B (dipakai) (m)	P (m)	A (m^2)	R (m)	Koef Chezy (C)	Free Board (m)	V (m/s)
Segmen 1	8,65	0,0025	0,04	0,9	12	13,86	11,16	0,81	0,08	0,27	0,8
Segmen 2	5,05	0,0025	0,04	1,1	5,78	8,02	6,47	0,81	0,08	0,30	0,8
Segmen 3	7,62	0,0031	0,05	0,9	13	14,82	11,83	0,80	0,08	0,27	0,6
Segmen 4	3,50	0,0018	0,05	0,7	10	11,36	6,80	0,60	0,07	0,21	0,5
Segmen 5	2,47	0,0052	0,025	0,6	7	8,28	4,48	0,54	0,06	0,20	0,6
Segmen 6	2,60	0,0063	0,05	0,6	7	8,28	4,48	0,54	0,06	0,20	0,6
Segmen 7	6,48	0,0154	0,05	0,6	11,7	12,86	6,79	0,53	0,06	0,19	1,0
Segmen 8	7,08	0,0010	0,05	0,7	12,7	14,04	8,51	0,61	0,07	0,21	0,8
Segmen 9	6,06	0,0013	0,05	0,6	12,75	13,99	7,91	0,57	0,07	0,20	0,8

No	Segmen	Reach (Km)	Elevasi (m)		Slope
			Upstream	*Downstream*	
1	Headwater	0	-	100	########
2	Segmen 1	1,4	100	96,5	0,003
3	Segmen 2	1,8	96,5	91	0,003
4	Segmen 3	2	91	87,5	0,002
5	Segmen 4	1,2	87,5	81,25	0,005
6	Segmen 5	1	81,25	75	0,006
7	Segmen 6	0,81	75	62,5	0,015
8	Segmen 7	0,96	62,5	61,5	0,001
9	Segmen 8	0,75	61,5	60,5	0,001
10	Segmen 9	0,65	60,5	60	0,001

Lampiran 5. Dokumentasi Kegiatan Penelitian















Lampiran 5. Perhitungan Beban Pencemar Skenario 2

a. Perhitungan Beban Pencemaran Limbah Rumah Tangga (Titik 10)

Metode Aritmatika :

Tahun	Tahun Ke-n (X)	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan Penduduk		Hasil Perhitungan Aritmatik (Yi)	(Yi-Ymean)	(Yi-Ymean)²
			Jiwa	Ratio			
2019	1	809	0	0,00%	693	-158,00	24964,00
2020	2	893	400	59,52%	893	42,00	1764,00
Jumlah	3	1702	400	0,5952381	1586	-116	26728,00

Ymean	2	851	200	0	793	-58	13.364
Standar Deviasi	73,11						

Proyeksi Maju :

Tahun	Jumlah Penduduk
2019	672
2020	1072
2021	1084
2022	1096
2023	1108
2024	1120
2025	1132
2026	1145

Setelah dihitung proyeksi jumlah penduduk maka dilakukan perhitungan perkiraan potensi beban pencemar domestik (PBPD) tahun 2026 yang didapatkan menggunakan persamaan berikut (Pangestu, 2017):

$$PBP\ (\frac{kg}{hari}) = Jumlah\ penduduk\ \times$$
$$faktor\ effluent\ \times\ r\ ek\ \times\ \alpha \quad (3.1)$$

Keterangan :

- Rasio ekuivalen kota :
  Kota = 1, pinggiran kota = 0,08125, pedalaman = 0,625
- Alpha (α) : Koefisien transfer beban
  Jarak sumber pencemar ke sungai 0-100 m menggunakan nilai 1
  Jarak sumber pencemar ke sungai 100-500 m menggunakan nilai 0,85
  Jarak sumber pencemar ke sungai >500 m menggunakan nilai 0,3

- Faktor effluent :

  BOD = 0,04 kg/hari, COD = 0,055 kg/hari, TSS = 0,038 kg/hari

Perhitungan PBP BOD:

$$= Jumlah\ penduduk\ 2026 \times faktor\ effluent \times r\ ek \times \alpha$$

$$= 1145 \times 0{,}04\ kg/hari \times 0{,}08 \times 1$$

$$= 3{,}6\ kg/hari$$

Dimana, Q = 0,51 m^3/detik

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

$$= \frac{3{,}6\ kg/hari}{0{,}51\ m^3/detik}$$

$$= 83{,}13\ mg/L$$

Perhitungan PBP COD:

$$= Jumlah\ penduduk\ 2026 \times faktor\ effluent \times r\ ek \times \alpha$$

$$= 1145 \times 0{,}055\ kg/hari \times 0{,}08 \times 1$$

$$= 5{,}03\ kg/hari$$

Dimana, Q = 0,51 m^3/detik

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

$$= \frac{5{,}04\ kg/hari}{0{,}51\ m^3/detik}$$

$$= 114{,}3\ mg/L$$

b. Perhitungan Beban Pencemaran Limbah Pertanian

Perhitungan Potensi Beban Pencemaran (PBP) lahan pertanian didapatkan dengan persamaan berikut (Sampe, 2018):

$$PBP\ \left(\frac{kg}{hari}\right) = Luaslahan\ (ha) \times$$

$$faktor\ effluent\ \left((\frac{kg}{ha})/musim\ tanam\right) \times\ 10\%\ \ (3.2)$$

Tabel 3.3 Faktor *effluent* Pertanian

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

Sumber : Sampe, 2018

Perhitungan :

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

$$= 0{,}1\ ha\ \times\ 225 \times\ 10\%$$

$$= 0{,}16\ kg/hari$$

Dimana, Q = 0,04 m^3/detik

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

$$= \frac{0{,}16\ kg/hari}{0{,}04\ m^3/detik}$$

$$= 46{,}5\ mg/L$$

c. Perhitungan Beban Pencemaran Limbah Industri

Adapun Perhitungan Potensi Beban Pencemaran (PBP) kegiatan industri dihitung dengan rumus sebagao berikut (PPKL KLHK, 2017):

$$PBP\ \left(\frac{kg}{tahun}\right) = Ci\ \times V \times\ OpHrs\ \times 10^{-6}\ (3.2)$$

Dimana :

PBP = Beban pencemar (kg/tahun)

Ci = Konsentrasi pencemar air limbah (mg/L)

V = Kecepatan aliran limbah (L/jam)

OpHrs = jam operasional per tahun (jam/tahun)

Perhitungan PBP BOD:

$$= Ci \times V \times OpHrs \times 10^{-6}$$

$$= \frac{12{,}8\,\frac{mg}{L} \times 0{,}002 \times (8jam.365\ hari.5tahun) \times 10^{-6}}{365\ hari}$$

$$= 3{,}7\ kg/hari$$

Debit : 0,1 m^3/detik

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

$$= \frac{3{,}6\ kg/hari}{0{,}1\ m^3/detik}$$

$$= 426{,}7\ mg/L$$

Perhitungan PBP COD:

$$= Ci \times V \times OpHrs \times 10^{-6}$$

$$= \frac{46{,}86\,\frac{mg}{L} \times 0{,}002 \times (8jam.365\ hari.5tahun) \times 10^{-6}}{365\ hari}$$

$$= 13{,}2\ kg/hari$$

Debit : 0,1 m^3/detik

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

$$= \frac{13{,}2\ kg/hari}{0{,}1\ m^3/detik}$$

$$= 1528{,}7 mg/L$$

RIWAYAT HIDUP

Nama	: Qori Aulia Ulfa		
Tempat Tanggal Lahir	: Salatiga, 13 Oktober 1998		
Jenis Kelamin	: Perempuan		
Agama	: Islam		
Jumlah sodara	: 1 Dari 2 Bersaudara		
Nama Orang Tua			
a. Ayah	: Tasin Rifai		
b. Ibu	: Nafiah		
Riwayat Pendidikan			
c. TK	: TK Tarbiyatul Banin 58	(2003-2005)	
d. SD	: SD Ledok 02 Salatiga	(2005-2011)	
e. SMP	: SMP Negeri 1 Salatiga	(2011-2014)	
f. SMA	: SMA Negeri 2 Salatiga	(2014-2017)	
g. Kuliah	: Universitas Islam Indonesia Jurusan Teknik Lingkungan	(2017-sekarang)	

Kegiatan Non Akademik

a. Anggota Ristek HMTL UII
b. Zero Waste FTSP UII
c. Staff Kewirausahaan HMTL UII