

**TUGAS AKHIR
ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR
AMONIA DAN FOSFAT DI SUNGAI GAJAHWONG
DENGAN PEMODELAN QUAL2KW**

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



**SABIQ FIKRI DAMARI
19513109**

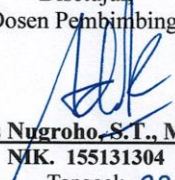
**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

TUGAS AKHIR
ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR
AMONIA DAN FOSFAT DI SUNGAI GAJAHWONG
DENGAN PEMODELAN QUAL2KW


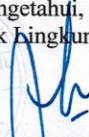
Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



Disetujui
Dosen Pembimbing:


Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.
NIK. 155131304
Tanggal: 29-09-2023

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng), Ph.D
NIK. 045130401
Tanggal: 29-09-2023

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN
PENCEMAR AMONIA DAN FOSFAT DI SUNGAI
GAJAHWONG DENGAN PEMODELAN QUAL2KW**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : *Jumat*
Tanggal : *29-09-2023*

Disusun Oleh:

**SABIQ FIKRI DAMARI
19513109**

Tim Penguji :

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

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

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

(*Adik*)
(*Hudori*)
(*Awaluddin*)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 5 Oktober 2023

Yang membuat pernyataan,



Sabiq Fikri Damari
NIM: 19513109

PRAKATA

Assalamu 'alaikum Warahmatulahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis haturkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) dengan judul “Analisis Daya Tampung Beban Pencemar Amonia dan Fosfat di Sungai Gajahwong dengan Pemodelan QUAL2Kw”. Penyusunan laporan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dorongan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yakni Bapak Arif Widodo, SS. dan Ibu dr. Utami Mulyaningrum, M.Sc. serta keluarga besar penulis, yang selalu memberikan dukungan dan mendoakan, serta menjadi kunci semangat penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini,
2. Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah memberikan waktunya untuk membimbing, memberi arahan dan masukan untuk penulis,
3. Bapak Hudori, S.T., M.T., Ph.D dan Bapak Dr.Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji 1 dan 2 Tugas Akhir yang turut memberikan masukan dan arahan untuk menjadikan penelitian ini menjadi lebih baik,
4. Seluruh dosen, staf, dan keluarga Besar Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia atas bantuan, pengajaran, dan pengalaman yang telah diberikan,
5. Seluruh staf Laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan,
6. Zulfakah Indah Iswari yang selalu memberikan dukungan secara moral

maupun spiritual, membantu menguatkan dan selalu memberi semangat serta saran terbaik di segala situasi dan menemani penulis sampai menyelesaikan tugas akhir ini,

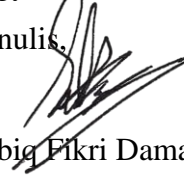
7. Rekan seperjuangan tugas akhir: Dany, Cholil, Hanif, Bagas, Intan dan Ferditya yang saling memberikan dukungan dan membantu satu sama lain,
8. Teman-teman Angkatan 2019 Program Studi Teknik Lingkungan,
9. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan berbesar hati, penulis sangat mengharapkan masukan, kritik maupun saran yang membangun demi kemajuan penulis dan kelayakan laporan tugas akhir ini. Penulis juga memohon maaf atas segala kekurangan, kekhilafan, dan keterbatasan yang ada dalam penelitian ini. Semoga laporan tugas akhir ini memberikan manfaat bagi kita semua. *Aamiin*.

Wassalamualaikum Warrahmatulahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 5 Oktober 2023

Penulis,



Sabiq Fikri Damari

NIM. 19513109

ABSTRAK

SABIQ FIKRI DAMARI. Analisis Daya Tampung Beban Pencemar Amonia dan Fosfat di Sungai Gajahwong dengan Pemodelan QUAL2Kw. Dibimbing oleh ADAM RUS NUGROHO, S.T., M.T. PH.D.

Sungai Gajahwong yang memiliki luas $\pm 46,082 \text{ km}^2$ ini merupakan sub daerah aliran sungai (DAS) Opak. Potensi sumber pencemar yang terdapat di Sungai Gajahwong berasal dari limbah mall, kegiatan industri, rumah tangga, pertanian, saluran drainase, dan perikanan. Sumber pencemar ini dapat mengandung bahan nutrien seperti amonia dan fosfat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan daya tampung beban pencemar amonia dan fosfat di Sungai Gajahwong menggunakan pemodelan *software* QUAL2Kw. Metode QUAL2Kw merupakan metode pemodelan yang menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic for Applications (VBA) untuk menganalisis daya dukung sungai dalam kaitannya dengan beban yang mencemari yang dijalankan dengan Microsoft Excel. Lokasi penelitian dibagi menjadi 6 segmen dengan jumlah titik *sampling* sebanyak 7 titik. Penelitian ini menggunakan 2 simulasi/skenario pemodelan *software* QUAL2Kw. Simulasi 1 merupakan simulasi menurut kondisi eksisting sedangkan skenario 2 merupakan pembentukan model kualitas air agar beban pencemar maksimum dapat diketahui sesuai dengan standar baku mutu air Kelas II (PP Nomor 22 Tahun 2021). Nilai daya tampung dihitung melalui selisih dari beban pencemar skenario 2 dikurangi beban pencemar simulasi 1. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa Sungai Gajahwong termasuk sungai yang tercemar karena nilai dari daya tampung beban pencemar amonia dan fosfat masih melebihi nilai daya tampung, untuk amonia perlu dilakukan penurunan pada segmen 2 dan 4, sedangkan untuk fosfat perlu dilakukan penurunan beban pencemar pada segmen 2 sampai 4. Penurunan beban pencemar amonia dan fosfat harus dilakukan, untuk beban pencemar amonia harus dilakukan penurunan pada segmen 2 dan 4 sebagai berikut: segmen 2 harus dilakukan penurunan beban pencemar sebesar 9,38 kg/hari, dan segmen 4 sebesar 12,11 kg/hari. Sedangkan untuk beban pencemar fosfat perlu diturunkan pada segmen 2 sampai 4 sebagai berikut; segmen 2 harus diturunkan sebesar 11,13 kg/hari, segmen 3 sebesar 2,44 kg/hari, dan segmen 4 sebesar 7,41 kg/hari.

Kata kunci: Amonia, daya tampung, fosfat, QUAL2Kw, Sungai Gajahwong

ABSTRACT

SABIQ FIKRI DAMARI. *Analysis of the load carrying capacity of ammonia and phosphate pollutants in the Gajahwong River with QUAL2Kw modeling. Supervised by ADAM RUS NUGROHO, S.T., M.T. PH.D.*

The Gajahwong River, which has an area of $\pm 46,082$ km², is a sub-watershed (DAS) of Opak. The potential sources of pollution in the Gajahwong River come from mall waste, industrial activities, households, agriculture, drainage channels, and fisheries. This pollutant source can contain nutrients such as ammonia and phosphate. The purpose of this study was to determine the carrying capacity of ammonia and phosphate pollutant loads in the Gajahwong River using the QUAL2Kw modeling software. The QUAL2Kw method is a modeling method that uses the Visual Basic for Applications (VBA) programming language to analyze the carrying capacity of a river in relation to the polluting load, which is run with Microsoft Excel. The research location is divided into six segments with a total of seven sampling points. This study used two simulations and scenario modeling with QUAL2Kw software. Simulation 1 is a simulation according to existing conditions, while scenario 2 is the establishment of a water quality model so that the maximum pollutant load can be determined according to Class II water quality standards (PP No. 22 of 2021). The carrying capacity value is calculated by dividing the difference between the pollutant load in scenario 2 and the pollutant load in simulation 1. The results obtained show that the Gajahwong River is a polluted river because the value of the carrying capacity of the ammonia and phosphate pollutant loads still exceeds the carrying capacity value. For ammonia, it is necessary to reduce the pollutant load in segments 2 and 4, while for phosphate, it is necessary to reduce the pollutant load in segments 2 to 4. A decrease in the pollutant load of ammonia and phosphate must be carried out. For the ammonia pollutant load, it must be reduced in segments 2 and 4 as follows: segment 2 must reduce the pollutant load of 9.38 kg/day, and segment 4 must reduce the pollutant load of 12.11 kg/day. Meanwhile, the phosphate pollutant load needs to be reduced in segments 2 to 4 as follows: segment 2 must be reduced by 11.13 kg/day, segment 3 by 2.44 kg/day, and segment 4 by 7.41 kg/day.

Keywords: *Ammonia, Carrying capacity, Gajahwong River, Phosphate, QUAL2Kw.*

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR TABEL..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | ix |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.4 Ruang Lingkup Penelitian..... | 2 |
| 1.5 Asumsi Penelitian | 2 |
| 1.6 Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 4 |
| 2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS) | 4 |
| 2.2 Sungai Gajahwong | 5 |
| 2.3 Pencemaran Air..... | 5 |
| 2.4 Bentuk Sebaran Sumber Pencemar Air..... | 6 |
| 2.5 Baku Mutu..... | 6 |
| 2.6 Parameter Pencemar..... | 7 |
| 2.6.1 Amonia (NH ₃) | 7 |
| 2.6.2 Fosfat (PO ₄)..... | 8 |
| 2.7 Daya Tampung Beban Pencemar | 9 |
| 2.8 QUAL2Kw | 9 |
| 2.9 Penelitian Terdahulu | 10 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 12 |
| 3.1 Alur Penelitian | 12 |
| 3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian | 13 |
| 3.3 Penentuan Segmentasi Sungai | 14 |
| 3.4 Jenis dan Variabel Penelitian | 16 |
| 3.4.1 Jenis Penelitian..... | 16 |

| | |
|---|----|
| 3.4.2 Variabel Penelitian | 16 |
| 3.5 Metode Pengumpulan Data | 16 |
| 3.5.1 Data Primer | 16 |
| 3.5.2 Data Sekunder | 19 |
| 3.6 Pembangunan Model..... | 19 |
| 3.6.1 Input Data..... | 19 |
| 3.6.2 Kalibrasi Model..... | 20 |
| 3.6.3 Validasi Model..... | 21 |
| 3.6.4 Simulasi Model | 21 |
| 3.6.5 Perhitungan Beban Pencemar | 22 |
| 3.6.6 Daya Tampung | 22 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... | 23 |
| 4.1 Kondisi Lokasi Sampling..... | 23 |
| 4.2 Kondisi Hidrolik Sungai Gajahwong..... | 25 |
| 4.2.1 Debit Sungai Gajahwong | 26 |
| 4.3 Kondisi Kualitas Air Sungai Gajahwong..... | 29 |
| 4.3.1 Derajat Keasaman (pH)..... | 29 |
| 4.3.2 Temperatur Air..... | 31 |
| 4.3.3 Amonia (NH ₃) | 32 |
| 4.3.4 Fosfat (PO ₄)..... | 34 |
| 4.4 Sumber Pencemar Sungai Gajahwong..... | 36 |
| 4.5 Pemodelan Kualitas Air Sungai dengan QUAL2Kw..... | 38 |
| 4.5.1 Hasil Kalibrasi Model | 39 |
| 4.5.2 Hasil Validasi Model..... | 43 |
| 4.5.3 Hasil Simulasi Model..... | 44 |
| 4.6 Analisis Daya Tampung Beban Pencemar..... | 48 |
| 4.6.1 Beban Pencemar..... | 48 |
| 4.6.2 Daya Tampung Beban Pencemar | 49 |
| 4.7 Penurunan Beban Pencemar..... | 49 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 54 |
| 1.1 Kesimpulan..... | 54 |
| 1.2 Saran | 55 |
| DAFTAR PUSTAKA | 56 |
| LAMPIRAN | 63 |
| RIWAYAT HIDUP..... | 75 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu | 10 |
| Tabel 3.1 Lokasi Titik Pengambilan Sampel kualitas air sungai | 17 |
| Tabel 3.2 Alat yang digunakan selama sampling..... | 18 |
| Tabel 3.3 Lokasi Titik pengambilan sampel point source | 18 |
| Tabel 3.4 Simulasi Model | 21 |
| Tabel 4.1 Kondisi Lokasi <i>Sampling</i> Sungai Gajahwong | 23 |
| Tabel 4.2 Data Hidrolik Sungai Gajahwong | 26 |
| Tabel 4.3 Hasil Pengukuran pH Sungai Gajahwong..... | 30 |
| Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Temperatur Air Sungai Gajahwong..... | 31 |
| Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Amonia Sungai Gajahwong..... | 33 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Fosfat Sungai Gajahwong..... | 34 |
| Tabel 4.7 Sumber Pencemar Sungai Gajahwong | 36 |
| Tabel 4.8 Hasil Validasi Model Debit dengan RPD | 43 |
| Tabel 4.9 Hasil Validasi Model Amonia dengan RPD | 43 |
| Tabel 4.10 Hasil Validasi Model Fosfat dengan RPD | 44 |
| Tabel 4.11 Beban Pencemar Simulasi 1..... | 48 |
| Tabel 4.12 Beban Pencemar Simulasi 2..... | 48 |
| Tabel 4.13 Daya Tampung Beban Pencemar | 49 |
| Tabel 4.14 Strategi Penurunan Kadar Amonia yang melebihi DTBP | 50 |
| Tabel 4.15 Strategi Penurunan Kadar Fosfat yang melebihi DTBP | 52 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian | 12 |
| Gambar 3.2 Peta DAS Sungai Gajahwong | 13 |
| Gambar 3.3 Segmentasi Sungai | 15 |
| Gambar 3.4 Peta Titik Pengambilan Sampel | 17 |
| Gambar 4.1 Grafik Nilai Debit Sungai Gajahwong | 27 |
| Gambar 4.2 <i>Mass Balance</i> | 28 |
| Gambar 4.3 Nilai pH Sungai Gajahwong | 30 |
| Gambar 4.4 Nilai Temperatur Air Sungai Gajahwong | 31 |
| Gambar 4.5 Nilai Amonia Sungai Gajahwong | 33 |
| Gambar 4.6 Nilai Fosfat Sungai Gajahwong | 35 |
| Gambar 4.7 Hasil Kalibrasi Data Debit Sungai Gajahwong..... | 40 |
| Gambar 4.8 Hasil Kalibrasi Data Amonia Sungai Gajahwong..... | 41 |
| Gambar 4.9 Hasil Kalibrasi Data Fosfat Sungai Gajahwong..... | 42 |
| Gambar 4.10 Hasil Simulasi 1 Parameter Amonia | 45 |
| Gambar 4.11 Hasil Simulasi 1 Parameter Fosfat | 46 |
| Gambar 4.12 Hasil Simulasi 2 Parameter Amonia | 47 |
| Gambar 4.13 Hasil Simulasi 2 Parameter Fosfat | 47 |
| Gambar 4.14 Nilai Amonia dan Fosfat yang melebihi daya tampung..... | 50 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran 1. Lampiran 6 Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 | 63 |
| Lampiran 2. Dokumentasi Kegiatan <i>Sampling</i> | 65 |
| Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan Laboratorium | 67 |
| Lampiran 4. Worksheet QUAL2Kw | 68 |
| Lampiran 5. Data Kualitas Sumber Pencemar Berdasarkan Penelitian Sebelumnya..... | 69 |
| Lampiran 6. Perhitungan Debit Diffuse Source..... | 71 |
| Lampiran 7. Penampang Basah Sungai Gajahwong | 73 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai Gajahwong mengalir di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dan merupakan salah satu dari tiga sungai utama di provinsi tersebut. Sungai Gajahwong telah menjadi pionir kegiatan program sungai bersih yang dimanfaatkan sebagai sumber air primer dan sekunder di hulu sampai hilir (Hardhaka, 2019). Peruntukan Sungai Gajahwong sebagai air kelas I yang dapat digunakan untuk air baku air minum terdapat pada hulu sungai, kemudian di bagian tengah dan hilir sungai peruntukannya termasuk ke dalam air kelas II yang dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, dan air untuk mengairi pertanian (Pergub DIY No. 22 Tahun 2007).

Sungai Gajahwong telah mengalami pencemaran sebagai akibat dari meningkatnya volume limbah kota, rumah tangga, industri, pertanian, dan perikanan (Nuraini dkk, 2010). Menurut Risyanto dan Widyastuti (2004), potensi sumber pencemar yang terdapat di Sungai Gajahwong berasal dari rumah limbah mall, kegiatan industri, rumah tangga, pertanian, saluran drainase, dan perikanan. Sumber pencemar ini dapat mengandung bahan nutrisi seperti amonia dan fosfat.

Untuk mengatasi masalah pada uraian di atas, perlu dilakukan tindakan untuk menjaga kondisi kualitas air Sungai Gajahwong sehingga tepat dengan peruntukannya. Salah satu tindakan untuk menjaga kondisi kualitas air Sungai Gajahwong adalah dengan menentukan daya tampung air sungai dalam memenuhi beban pencemar (Permen LH No. 1 Tahun 2010) Sungai Gajahwong. Dengan menentukan daya terima beban pencemar, maka dapat ditentukan batas maksimal limbah yang dapat ditampung agar sungai tidak tercemar dan secara alami dapat memperbaiki kondisi kualitas air (*self-purification*). Metode QUAL2Kw merupakan model komputasi untuk menentukan kapasitas beban polutan yang diaplikasikan untuk penelitian ini. Metode QUAL2Kw dapat mensimulasikan model parameter kualitas air dengan beban pencemaran dari sumber titik (*point source*) dan sumber tersebar (*diffuse source*) untuk mendekati kondisi sungai (Pelletier, 2008) sehingga solusi pengelolaan kualitas air sungai dapat didasarkan

pada kapasitas beban pencemaran di beberapa parameter. Penentuan nilai DTBP juga perlu dilakukan secara berkala sekurang-kurangnya lima tahun sekali. (PP No.82 Tahun 2001 pasal 23).

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat masalah yang hendak dipecahkan yakni :

1. Seberapa besar beban pencemar yang dapat masuk ke Sungai Gajahwong?
2. Apakah daya tampung beban pencemar eksisting amonia dan fosfat di Sungai Gajahwong memenuhi kemampuan sungai untuk memperbaiki kondisi kualitas air secara alami (*Self-Purification*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Menentukan daya tampung beban pencemar Amonia dan Fosfat di Sungai Gajahwong.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang Lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Waktu *sampling* dilaksanakan pada bulan Januari hingga Februari 2023.
2. Menggunakan aplikasi QUAL2Kw versi 5.1 untuk memodelkan kualitas air sungai.
3. Lokasi pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan UII.

1.5 Asumsi Penelitian

Berdasarkan kondisi eksisting kualitas air Sungai Gajahwong, analisis daya tampung beban pencemar dilakukan sebagai upaya serta strategi untuk mengetahui batasan maksimal daya tampung beban pencemar yang dapat diterima di sungai Gajahwong dengan menggunakan pemodelan dari *software* QUAL2Kw.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Dapat menjadi referensi ilmiah bagi akademisi dan peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan analisis daya tampung beban pencemar dengan pemodelan kualitas air Sungai Gajahwong metode QUAL2Kw.
2. Dapat memberikan solusi alternatif kepada pemerintah dalam pengelolaan air Sungai Gajahwong akibat dari kegiatan pencemaran kontaminan bahan nutrien.
3. Memberikan informasi kepada masyarakat terkait sumber pencemaran bahan nutrien air sungai.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011, sungai adalah wadah air alami dan/atau buatan berupa saluran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu hingga muara, yang dibatasi oleh garis pembatas di sisi kanan dan kiri sungai. Sungai menjadi wadah air yang selalu berada pada titik terendah di permukaan bumi. Artinya, kondisi sungai tidak lepas dari kondisi daerah aliran sungai (DAS).

Keberadaan sungai diyakini dapat memberikan hal-hal yang bermanfaat bagi kehidupan manusia dan alam. Keuntungan dari keberadaan sebuah sungai disebut sebagai fungsi sungai. Peranan sungai dalam kehidupan manusia adalah sebagai penyedia air dan penampungan air untuk kebutuhan rumah tangga, penyehatan lingkungan, industri, pertanian, pariwisata, olahraga, pertahanan, pembangkit listrik dan kebutuhan lainnya. Sementara itu, peran sungai bagi alam adalah sebagai pemulih kualitas air, penyalur banjir dan habitat ekosistem flora dan fauna (PP No. 38 Tahun 2011).

Secara alamiah, sungai memiliki kemampuan *self-purification*, yang berarti dapat memperbaiki diri mereka sendiri dari pencemaran. Meskipun demikian, hal yang perlu diperhatikan adalah *self-purification* memiliki keterbatasan dalam menerima kontaminan karena ketika jumlah polutan terlalu tinggi, proses pemulihan sungai menjadi kurang efektif. Hal inilah yang mengontrol jumlah kontaminan yang masuk sehingga tidak melebihi kapasitas sungai (Tian dkk, 2011). Faktor-faktor seperti debit air sungai, debit limbah, turbulensi aliran sungai, suhu air, jenis pencemar yang masuk, dan konsentrasi bahan pencemar dapat memengaruhi kemampuan sungai untuk melakukan *self-purification*.

2.2 Sungai Gajahwong

Sungai Gajahwong merupakan salah satu dari tiga sungai utama di Provinsi DIY, selain Sungai Code dan Sungai Winongo. Sungai yang memiliki luas sebesar $\pm 46,082 \text{ Km}^2$ ini merupakan sub DAS Opak. Bagian hulu DAS ini berada di wilayah Kabupaten Sleman yang mencakup Kecamatan Pakem, Ngemplak, Ngaglik, dan Depok. Bagian tengah DAS berlokasi di wilayah Kota Yogyakarta yaitu di Kecamatan Umbulharjo, Kotagede, dan Gondokusuman. Adapun daerah hilir DAS berada di wilayah Kabupaten Bantul yang mencakup Kecamatan Pleret dan Banguntapan (Ahdiaty dkk, 2020).

2.3 Pencemaran Air

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air oleh manusia. Ini menurunkan kualitas air ke titik di mana ia tidak dapat melakukan apa yang seharusnya dilakukan. Agustiniingsih (2012), mengatakan bahwa air dinyatakan tercemar ketika kualitas air telah turun ke titik tertentu. Hal ini disebabkan kandungan senyawa di dalam air lebih tinggi dari baku mutu sehingga tidak dapat digunakan sesuai tujuannya.

Pencemaran air sungai adalah tindakan manusia yang mengubah kualitas air yang dapat merugikan manusia atau makhluk hidup lainnya seperti tumbuhan dan hewan. Beberapa aktivitas manusia seperti domestik, industri, dan pertanian menyebabkan perubahan kualitas air sungai (Anwariani, 2019).

Pertumbuhan penduduk bersama dengan aktivitas rumah tangga, industri, peternakan, pertanian, dan jenis kegiatan lainnya berpotensi meningkatkan pencemaran air yang disebabkan oleh timbulan sampah yang harus ditampung oleh lingkungan. Sebagian besar penduduk Indonesia sudah terbiasa membuang sampah ke sungai, yang menyebabkan pencemaran dan penurunan kualitas air sungai (Agustiniingsih dkk, 2012).

2.4 Bentuk Sebaran Sumber Pencemar Air

Bentuk sebaran sumber pencemar air diklasifikasikan menjadi 2 macam menurut Permen LH No 1 tahun 2010, yaitu:

a. Sumber Pencemar Tentu (*Point source*)

Sumber pencemar air yang dapat ditentukan lokasinya dengan tepat secara geografis. Jumlah limbah yang dibuang juga dapat ditentukan dengan berbagai cara yaitu dengan pengukuran langsung, mass balance, dll. Biasanya berasal dari sumber tertentu seperti aktivitas industri atau pembuangan limbah domestik terpadu.

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

Sumber pencemar air yang tidak dapat ditentukan lokasinya secara tepat, pada umumnya terdiri dari sejumlah besar sumber individu yang relatif kecil seperti pertanian, pemukiman, dan perikanan.

2.5 Baku Mutu

Standar kualitas air yang diterapkan dalam pengelolaan sumber air ada 2 jenis, yaitu *effluent standar* dan *stream standard*.

a. *Effluent Standard*

Menurut McSpadden (1999), standar ini menunjukkan tingkat polutan dalam pipa pembuangan limbah IPAL, yang berpedoman pada Kepmen LH No. 51 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair untuk Aktivitas Industri.

b. *Stream Standard*

Standar baku mutu sungai/*stream standard* adalah standar baku mutu yang ditetapkan untuk badan air yang sesuai dengan peruntukannya, seperti yang tercantum dalam Lampiran 6 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Pembagian kelas terhadap baku mutu air dibagi ke dalam empat kelompok, yaitu:

a. Air kelas I

Air ini merupakan air yang penggunaannya ditujukan sebagai air baku untuk air minum atau untuk tujuan lain yang membutuhkan kualitas air yang sama.

b. Air kelas II

Air ini merupakan air yang dapat dimanfaatkan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, pengairan tanaman, atau tujuan lain yang membutuhkan kualitas air yang sama.

c. Air kelas III

Air ini merupakan air yang dapat dimanfaatkan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, pengairan tanaman, atau tujuan lain yang membutuhkan kualitas air yang sama.

d. Air kelas IV

Air ini merupakan air yang dimanfaatkan untuk mengairi tanaman dan tujuan lain yang membutuhkan kualitas air yang sama dengan tujuan tersebut.

2.6 Parameter Pencemar

Upaya mengidentifikasi pencemaran yang terjadi pada air Sungai Gajahwong dilakukan melalui pemantauan dan pengujian kualitas air sungai dengan menggunakan beberapa kriteria kualitas air. Amonia dan fosfat merupakan parameter yang digunakan sebagai acuan dalam pemantauan Sungai Gajahwong.

2.6.1 Amonia (NH₃)

Amonia adalah bahan kimia NH₃ yang dihasilkan oleh perikanan, sampah rumah tangga, dan perusakan limbah oleh bakteri (Sastrawijaya, 2002). Amonia dapat dibuat secara alami atau buatan (Wahyuningsih dkk, 2020). Metabolisme hewan secara alami mengubah bahan organik menjadi molekul amonia (Alabama, 2008; Fathurrahman dkk, 2014). Dalam siklus nitrogen, molekul ini kemudian berubah menjadi senyawa lain (Ebeling dkk, 2006).

Kadar amonia pada air sungai yang melebihi persyaratan kualitas dapat bersifat toksik yang mengakibatkan penurunan oksigen terlarut (Jang dkk, 2004). Hal ini menyebabkan kematian ikan (Kumar et al., 2020). Menurut Azizah & Humairoh (2015), amonia juga berbahaya bagi manusia jika jumlah amonia yang masuk ke dalam tubuh melebihi jumlah amonia yang dapat didetoksifikasi oleh tubuh. Bahaya paling serius dari menghirup asap amonia adalah iritasi kulit, mata, dan saluran pernapasan. Sehingga batas baku mutu amonia yang diperbolehkan untuk air golongan II adalah 0,2 mg/L yang bertujuan untuk memastikan senyawa amonia

tidak melebihi baku mutu air dan tidak berbahaya bagi ekosistem dan makhluk hidup (PP Nomor 22 Tahun 2021).

2.6.2 Fosfat (PO₄)

Fosfat merupakan jenis fosfor yang diperlukan dan bermanfaat bagi tumbuhan. Senyawa ini adalah faktor pembatas yang dapat mempengaruhi produktivitas air (Alfilaili, 2020). Ortofosfat adalah bentuk fosfat yang ditemukan dalam perairan. Sumber fosfat di dalam air antara lain adalah sabun, pulp, kertas, kotoran manusia atau hewan, maupun industri deterjen.

Pada prinsipnya, organisme akuatik memerlukan fosfat dalam kondisi dan jumlah tertentu, namun, kelebihan fosfat dapat membahayakan kelangsungan hidup organisme ini. Penyebabnya adalah kandungan fosfat yang tinggi akan meningkatkan pertumbuhan alga sehingga mengurangi jumlah sinar matahari yang masuk ke dalam air (Ngibad, 2019). Proses *eutrofikasi* tetap dapat terjadi karena proses fisika, kimia, dan biokimia yang memobilisasi fosfat dari sedimen meskipun konsentrasi fosfat dalam badan air menurun. Proses *eutrofikasi* ini dapat menyebabkan cahaya matahari yang diperlukan bagi tumbuhan untuk proses fotosintesis menjadi terhalang, sehingga dapat menyebabkan proses kematian bagi organisme akuatik karena kurangnya pasokan oksigen. Selain itu, kandungan fosfat yang tinggi memungkinkan pertumbuhan alga biru yang subur. Akibatnya, alga biru tersebut dapat menghasilkan senyawa beracun yang mencemari badan air (Rumhayati, 2010).

2.7 Daya Tampung Beban Pencemar

Kapasitas sungai untuk membawa beban polutan adalah nilai yang ditentukan jika badan air menerima beban polutan dari berbagai sumber tanpa menjadi tercemar. Hasil perhitungan kapasitas ini akan digunakan oleh pemerintah untuk membuat keputusan dan membuat kebijakan untuk semua provinsi di Indonesia. Kebijakan ini mencakup izin usaha, perencanaan tata ruang wilayah, izin pembuangan limbah, dan kebijakan pengendalian pencemaran air.

Menurut (Irsanda, 2014), perhitungan beban pencemar adalah sebagai berikut:

Daya tampung beban pencemar (kg/hari) =

Beban Pencemar Penuh – Beban Kondisi Awal

Keterangan:

Beban Kondisi Awal: bersumber dari pencemar alami

Beban Pencemar penuh: batas maksimum beban pencemar yang diperbolehkan

2.8 QUAL2Kw

Pemodelan adalah salah satu metode mensintesis data lapangan yang berguna untuk analisis data kuantitatif. Salah satu bentuk pemodelan kualitas air adalah menghitung daya dukung beban polutan pada badan air seperti sungai, danau, waduk, dan muara. Salah satu contohnya adalah model aliran, yang memiliki kemampuan untuk meniru perubahan dan penyebaran kontaminan dari sudut pandang fisik, kimia, dan biologis (Baherem, 2014).

Penelitian ini memodelkan kapasitas Sungai Gajahwong untuk menangani beban polutan dengan menggunakan perangkat lunak QUAL2Kw. Beban polutan diukur dengan parameter amonia dan fosfat. Pemodelan ini dapat mensimulasikan lima belas jenis polutan, termasuk temperatur, pH, DO, nitrogen organik, nitrogen amonia, nitrit dan nitrat nitrogen, nitrogen total, fosfor organik, fosfor anorganik, fosfor total, fitoplankton, alga bawah, permintaan biokimia karbon serta sedimen oksigen. Penggunaan QUAL2Kw dapat membantu mensimulasikan kualitas air sungai jika sudah melebihi kapasitasnya, dengan menggunakan data lapangan. Diharapkan bahwa simulasi ini dapat membantu manajemen air sungai agar beban polutan yang masuk dapat sesuai dengan standar mutu yang dapat diterima. Selain

itu, aplikasi QUAL2Kw ini juga menampilkan sungai berdasarkan *point source* dan *diffuse source* (Pelletier & Chapra, 2008).

Perangkat lunak QUAL2Kw adalah produk terbaru dari Qual2K yang diciptakan oleh Pelletier dan Chapra pada tahun 2003 untuk menganalisis daya dukung sungai dalam kaitannya dengan beban yang mencemari. Perangkat lunak QUAL2Kw versi 5.1 dapat diakses secara gratis melalui laman <https://www.ecy.wa.gov/programs/eap/models.html>. Metode pemodelan ini menggunakan *Visual Basic for Applications (VBA)*. Untuk menghasilkan model yang siap dijalankan dan divalidasi, peneliti perlu memasukkan parameter di beberapa lembar kerja Microsoft Excel. Warna biru muda digunakan untuk menandai lembar kerja ini (Syafi'i dkk., 2011).

2.9 Penelitian Terdahulu

Program QUAL2Kw telah banyak digunakan oleh peneliti sebelumnya di Indonesia dan di luar negeri untuk menilai daya tampung sungai terhadap beban pencemar, namun penelitian di Sungai Gajahwong belum banyak dilakukan. Tabel 2.1 menunjukkan rincian penelitian terdahulu.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

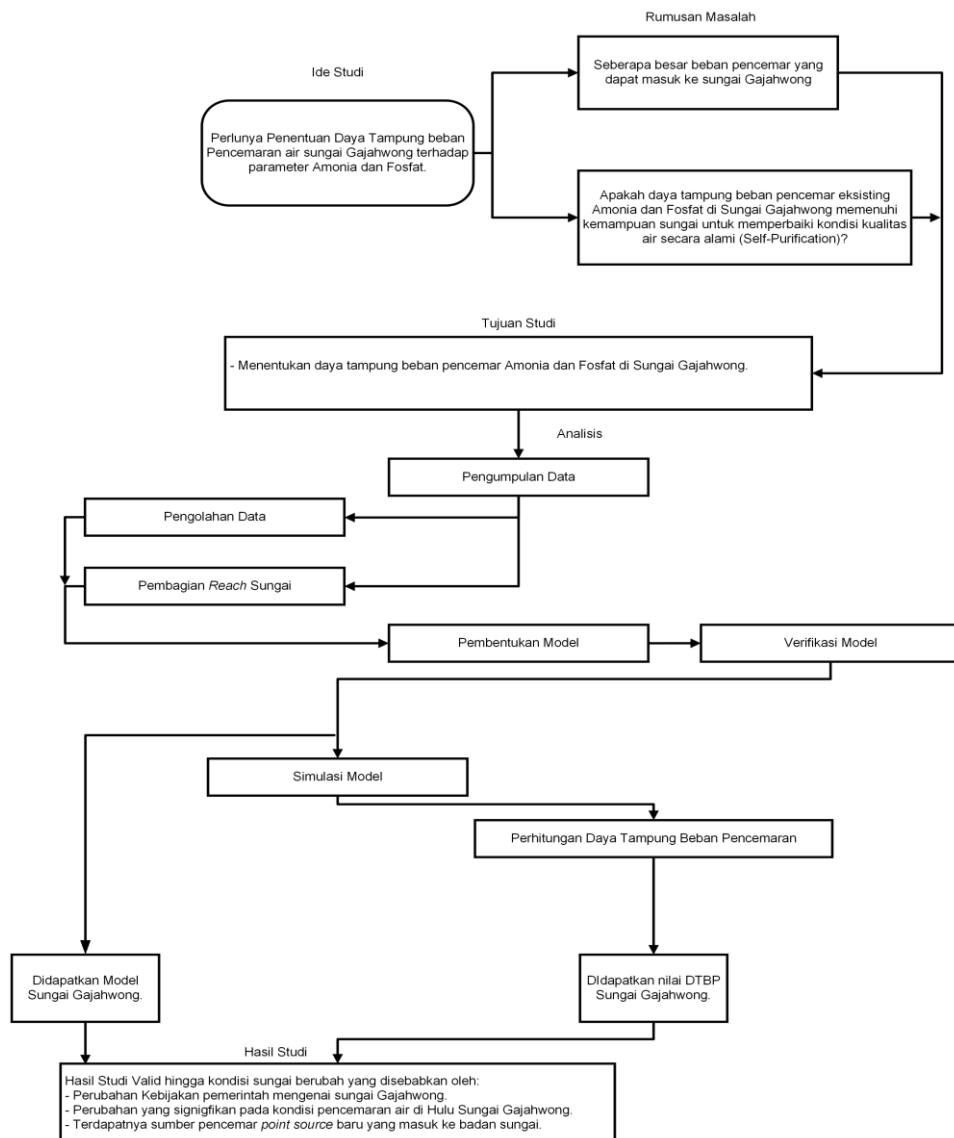
| No | Peneliti | Tahun | Judul | Hasil penelitian |
|----|--|-------|---|--|
| 1. | Lestari, A.D.N., Sugiharto, E., Siswanta, D. | 2013 | <i>Aplikasi Model QUAL2Kw Untuk Menentukan Strategi Penanggulangan Pencemaran Air Sungai Gajahwong Yang Disebabkan Oleh Bahan Organik</i> | Dengan menggunakan model QUAL2kw untuk parameter DO-BOD, penelitian ini menganalisis kualitas air Sungai Gajahwong. Hasil pemodelan untuk kondisi saat ini memperlihatkan bahwa dalam kondisi hujan dan tanpa hujan, konsentrasi BOD melebihi standar kualitas air kelas II. Dengan debit air limbah 0,1 m ³ /s dan konsentrasi BOD 10 mg/L, peneliti dapat meningkatkan BOD dan menurunkan DO untuk mencegah pencemaran air, setiap kabupaten dapat membangun IPAL komunal. |
| 2. | Khoiriyah, Deczy Rahma Ariani Nur | 2021 | <i>Analisis Daya Tampung Beban Pencemar Amonia dan Nitrat di Sungai Winongo dengan metode QUAL2Kw</i> | Sebagai bagian dari upaya pemerintah untuk meningkatkan kualitas air Sungai Winongo, penelitian ini bertujuan untuk menilai daya tampung beban pencemaran terhadap konsentrasi nitrat (NO ₃) dan amonia (NH ₃). Hasilnya menunjukkan bahwa konsentrasi NO ₃ berkisar antara -4,4 kg/hari hingga 2269,6 kg/hari dan NH ₃ berkisar antara 0,007 kg/hari hingga 465,6 kg/hari. Kualitas air dikendalikan dengan mengurangi tingkat pencemaran untuk memenuhi standar. |

| No | Peneliti | Tahun | Judul | Hasil penelitian |
|----|---------------|-------|---|--|
| 3. | Dhilla'ul Haq | 2021 | <i>Analisis Daya Tampung Beban Cemaran Tss Dan Fosfat Di Bagian Tengah Sungai Winongo Dengan Metode Qual2Kw</i> | Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi daya tampung beban pencemar untuk parameter TSS dan fosfat dengan menggunakan metode QUAL2Kw. Studi ini menggunakan empat simulasi skenario yaitu kualitas air yang diperkirakan pada tahun 2026, <i>trial & error</i> dengan beban pencemar maksimum, serta kondisi awal sesuai standar kualitas. |

BAB III METODE PENELITIAN

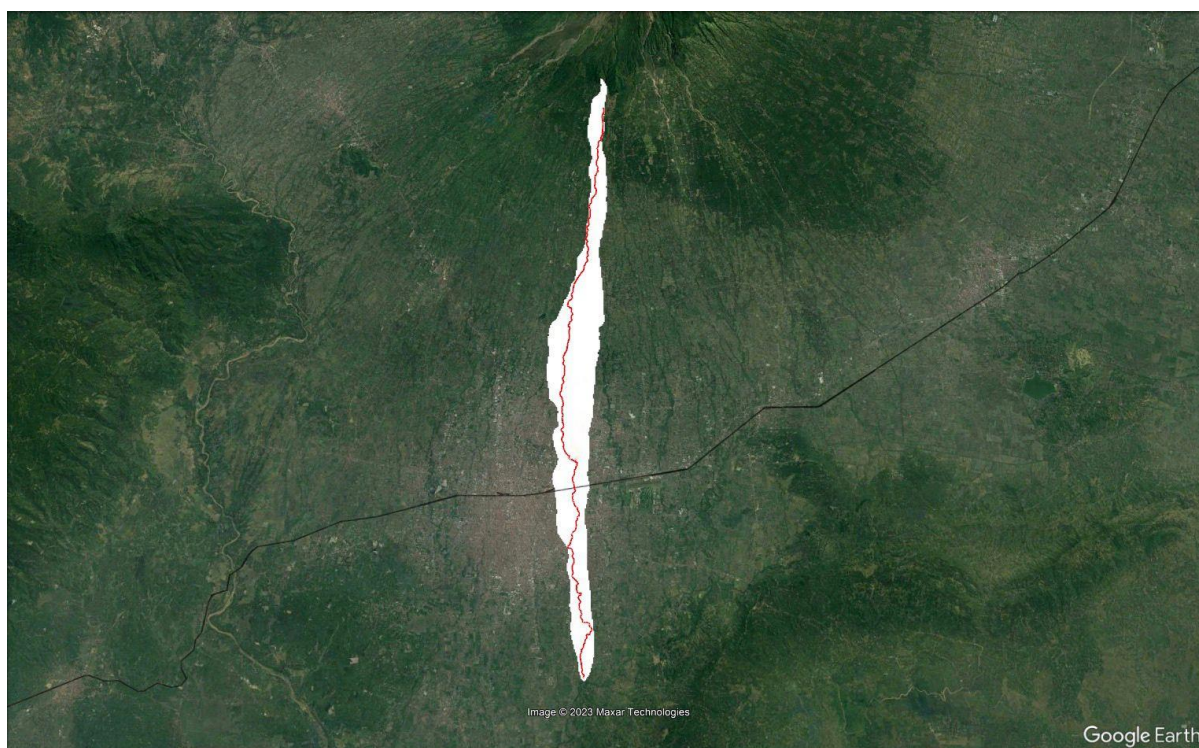
3.1 Alur Penelitian

Diagram alur penelitian berikut menggambarkan berbagai tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian, mulai dari persiapan, pelaksanaan, hingga penyelesaian. Gambar 3.1 berikut menunjukkan diagram alir penelitian.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian



Gambar 3.2 Peta DAS Sungai Gajahwong

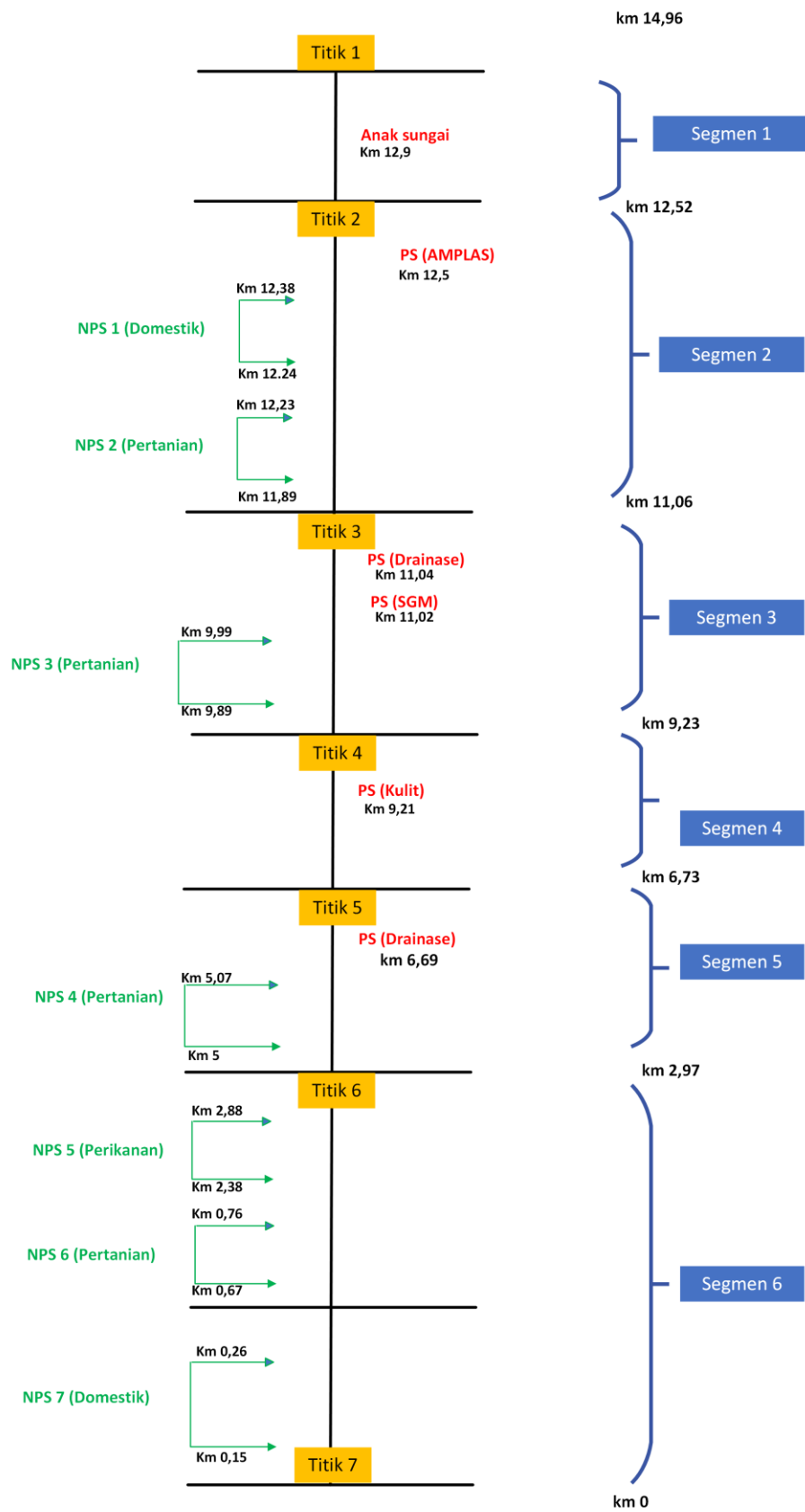
Jumlah lokasi pengambilan sampel pada penelitian ini berjumlah 7 titik berdasarkan titik pemantauan kualitas air Sungai Gajahwong oleh DLH (Dinas Lingkungan Hidup) Yogyakarta yang dimulai dari titik 1 yaitu pada bagian hulu sungai Gajahwong yang terletak pada Kecamatan Depok yaitu jembatan Pelang Condongcatur, setelah itu dilanjut pada titik 2 yang berlokasi di Kecamatan Caturtunggal yaitu jembatan Affandi UIN Sunan Kalijaga, kemudian untuk titik 3 terletak di Kecamatan Umbulharjo yaitu jembatan Muja-muja (Gembira Loka Zoo), sedangkan titik 4 berlokasi di Kecamatan Kotagede Kelurahan Rejowinangun yaitu di jembatan Paleman, setelah itu dilanjut pada titik 5 yang terletak pada Kecamatan Kotagede juga akan tetapi berbeda jembatan yaitu pada jembatan Tegal Gendu, selanjutnya untuk titik ke-6 berlokasi di Kecamatan Banguntapan yaitu jembatan Grojogan, dan titik terakhir yaitu titik ke-7 terletak di Kecamatan Pleret di jembatan Ketonggo.

Total panjang Sungai Gajahwong dari hulu sampai hilir sepanjang 14,96 km. Kemudian untuk pengukuran elevasi dan jarak antar segmentasi menggunakan bantuan dari *software Google Earth Pro*. Waktu pengambilan sampel dilakukan

sebanyak 2 kali, yang pertama dilaksanakan pada tanggal 18 Januari 2023 dimulai pada pagi hari sampai sore hari dan bertujuan untuk mengambil sampel kualitas air Sungai Gajahwong pada titik 1 sampai 7, sedangkan pengambilan sampel yang kedua dilakukan pada tanggal 1 Maret 2023 dimulai dari pagi hari sampai menjelang sore hari yang bertujuan untuk mengambil sampel pada sumber pencemar *point source* pada titik 2 sampai 5. Sumber pencemar pada penelitian ini berjumlah sebanyak 5 titik sumber pencemar *point source*. Sumber pencemar *point source* terletak pada titik 2 (Jembatan Affandi) yang berasal dari limbah Mall Amplaz, titik 3 (Jembatan Muja - muju) yang berasal dari limbah industri Susu SGM dan drainase, selanjutnya titik 4 (Jembatan Paleman) yang berasal dari limbah industri kulit, serta titik 5 (Jembatan Tegal Gendu) yang berasal dari drainase. Sedangkan untuk sumber pencemar *diffuse source* didapatkan dari data Peta Tata Guna Lahan milik BPDAS Serayu Opak Progo.

3.3 Penentuan Segmentasi Sungai

Dengan menggunakan metode survei, atau "*Sample Survey Method*", lokasi pemantauan dan pengambilan sampel air sungai dapat diidentifikasi. Strategi ini diterapkan dengan memisahkan lokasi penelitian menjadi bagian-bagian yang khas dari lokasi pengambilan sampel. Untuk menentukan titik pengambilan sampel yang mewakili kondisi dan kualitas air Sungai Gajahwong, sungai dibagi menjadi 6 segmen berdasarkan data debit air, kecepatan aliran, kedalaman sungai, aktivitas masyarakat dan karakteristik masing - masing penggunaan lahan, dengan tetap mempertimbangkan biaya, kemudahan akses bagi peneliti, dan waktu. Gambar 3.3 menggambarkan segmentasi sungai.



Gambar 3.3 Segmentasi Sungai

3.4 Jenis dan Variabel Penelitian

3.4.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Proses penelitian ini mencakup tahap pengambilan sampel air sungai, tahap pengujian di laboratorium, dan tahap analisis data menggunakan program QUAL2Kw versi 5.1.

3.4.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang akan diamati pada penelitian ini yaitu amonia dan fosfat yang terdapat pada setiap segmen sungai Gajahwong yang kemudian akan dianalisis menggunakan *software* pemodelan QUAL2Kw versi 5.1.

3.5 Metode Pengumpulan Data

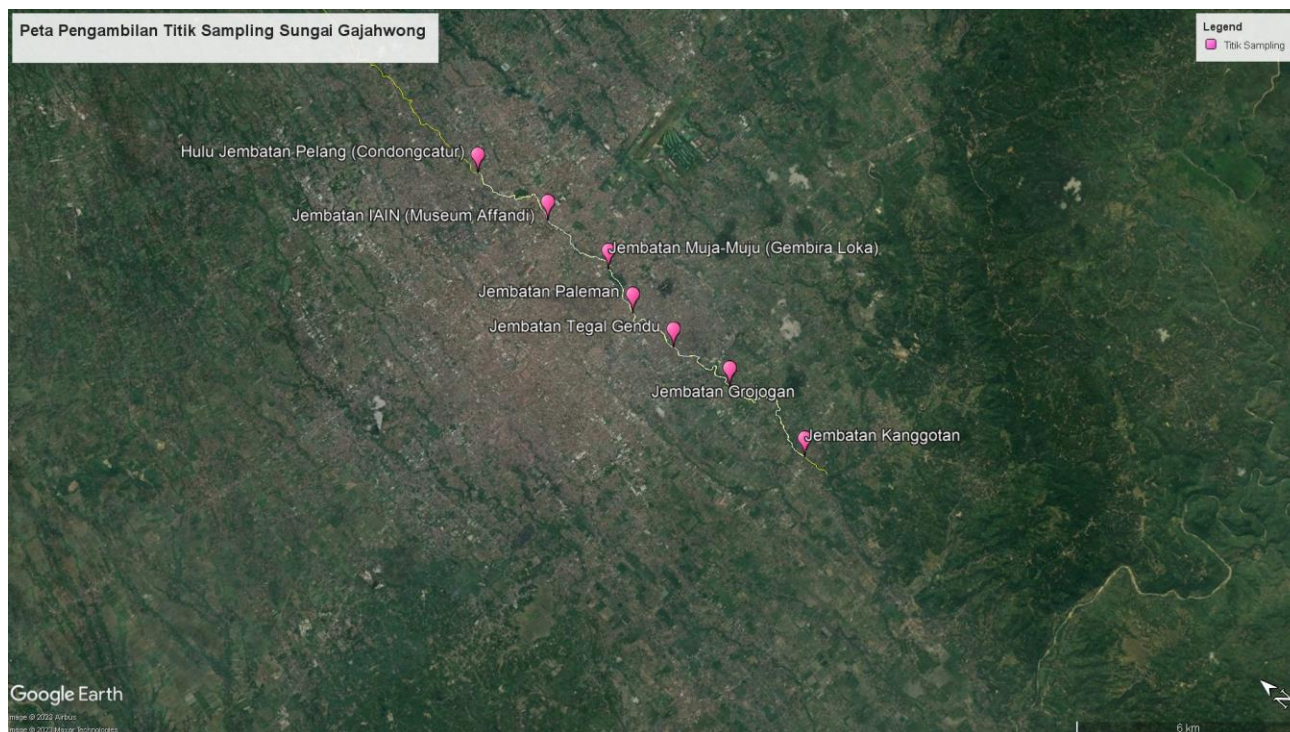
Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode *grab sampling* yaitu mengambil sampel air dari lokasi yang telah ditentukan dan diambil dalam waktu yang sama, maka dari itu hasil dari pengukuran nantinya akan menunjukkan kualitas air pada titik dan saat pengambilan. Dalam penelitian ini akan digunakan data-data yang mendukung proses penelitian. Data yang dibutuhkan adalah data primer yang terdiri dari data kualitas air dan data hidrolik sungai, kemudian data sekunder yang mencakup data klimatologi.

3.5.1 Data Primer

Data primer bersumber dari hasil observasi dilapangan yang meliputi:

1) Data Kualitas Air

Menurut SNI 6989-57-2008 tentang metode pengambilan contoh air permukaan, air sungai dan air limbah dalam penelitian ini berasal dari sumber pencemar *point source* dan sumber pencemar *diffuse source*. Parameter yang diuji pada penelitian ini adalah amonia dan fosfat. Oleh karena itu, pengukuran laboratorium untuk parameter amonia didasarkan pada SNI 06-6989.30-2005 sedangkan pengukuran untuk parameter fosfat mengacu pada SNI 06-6989.31-2021. Gambar 3.4 beserta Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 memberikan rincian berupa peta lokasi titik pengambilan sampel kualitas air sungai, titik pengambilan sampel kualitas air sungai dan alat yang digunakan selama pengambilan sampel.



Gambar 3.4 Peta Titik Pengambilan Sampel

Perlu diketahui bahwa penentuan lokasi pengambilan titik sampel telah mempertimbangkan faktor keselamatan dan kemudahan akses menuju ke titik pengambilan sampel. Penentuan titik sampel juga mengacu pada titik pemantauan kualitas air Sungai Gajahwong yang dilakukan oleh DLH (Dinas Lingkungan Hidup) Yogyakarta.

Tabel 3.1 Lokasi Titik Pengambilan Sampel kualitas air sungai

| Lokasi | Titik | Jarak | Segmentasi | Panjang (Km) | Koordinat |
|----------------------|-------|-------|------------|--------------|------------------------------------|
| Jembatan Pelang | T1 | 14,96 | S1 (T2-T3) | 2.44 | -7.762694444 LS dan 110.3941667 BT |
| Jembatan Affandi | T2 | 12,52 | S2 (T3-T4) | 1.46 | -7.783083333 LS dan 110.3965556 BT |
| Jembatan Muja- muju | T3 | 11,06 | S3 (T4-T5) | 1.83 | -7.807888889 LS dan 110.3978056 BT |
| Jembatan Paleman | T4 | 9,23 | S4 (T5-T6) | 2.50 | -7.813833333 LS dan 110.39325 BT |
| Jembatan Tegal Gendu | T5 | 6,73 | S5 (T6-T7) | 3.76 | -7.826666667 LS dan 110.3933333 BT |
| Jembatan Grojogan | T6 | 2,97 | S6 (T7-T8) | 2.97 | -7.843722222 LS dan 110.3951667 BT |
| Jembatan Ketonggo | T7 | 0 | | | -7.868972222 LS dan 110.395 BT |

Tabel 3.2 Alat yang digunakan selama sampling

| No | Parameter | Alat | Metode Uji |
|----|------------------|----------------------|--|
| 1 | pH | PH Meter | SNI 6989.11:2019 tentang Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan pH meter. |
| 2 | Suhu | Termometer | SNI 03-6989 23-2005 tentang Cara uji suhu dengan termometer. |
| 3 | Kecepatan Aliran | <i>Current Meter</i> | SNI 8066:2015 tentang Tata cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka menggunakan alat ukur arus dan pelampung. |
| 4 | Amonia | Spektrofotometer | SNI 06-6989 30-2005 tentang Cara Uji kadar Ammonia dengan spektrofotometer secara fenat. |
| 5 | Fosfat | Spektrofotometer | SNI 06-6989:31-2021 tentang Cara Uji kadar fosfat dengan spektrofotometer secara asam askorbat. |

2) Data Sumber Pencemar

Data sumber pencemar didapatkan melalui pengambilan sampel pada 4 titik, yang setiap titiknya terdapat sumber pencemar berupa *point source* sedangkan untuk sumber pencemar *diffuse source* diperoleh melalui data dari Peta Tata Guna Lahan Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Serayu Opak Progo (BPDAS Serayu Opak Progo). Pengambilan sampel sumber pencemar *point source* dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Lokasi Titik pengambilan sampel *point source*

| Titik | Lokasi | Koordinat | Sumber Pencemar |
|-------|---|------------------------------------|---------------------|
| 1 | Jembatan IAIN, Caturtunggal, Sleman. | -7.783083333 LS dan 110.3965556 BT | <i>Point source</i> |
| 2 | Jembatan Muja-muju, Umbulharjo, Yogyakarta. | -7.807888889 LS dan 110.3978056 BT | <i>Point source</i> |
| 3 | Jembatan Peleman, Rejowinangun, Kotagede, Yogyakarta. | -7.813833333 LS dan 110.39325 BT | <i>Point source</i> |

| Titik | Lokasi | Koordinat | Sumber Pencemar |
|-------|--|--|---------------------|
| 4 | Jembatan Tegal Gendu, Kotagede, Yogyakarta. | -7.826666667 LS dan 110.3933333 BT | <i>Point source</i> |

3) Data Hidrolik Sungai

Data hidrolik Sungai Gajahwong meliputi debit sungai, kedalaman sungai, kecepatan aliran, dan lebar sungai. Debit diukur dengan menggunakan metode profil sungai (cross section) yang dihitung dengan mengalikan luas penampang sungai dengan kecepataannya. Selanjutnya, meteran arus atau *current* meter digunakan untuk menentukan kecepatan aliran pada berbagai kedalaman dengan mengukur kecepatan aliran. Lebar sungai diukur menggunakan meteran. Pengukuran manual yang dilakukan sudah melalui pengecekan ulang serta perhitungan (debit, kecepatan aliran, lebar sungai, kedalaman, lebar aliran) yang telah tercatat pada lembar analisis sehingga dapat meminimalisir nilai eror.

3.5.2 Data Sekunder

Data sekunder bersumber dari instansi resmi pemerintah yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini, yang terdiri dari:

- 1) Data BMKG DIY berupa data klimatologis seperti kecepatan angin, temperatur udara, tutupan awan, persen radiasi matahari.
- 2) Peta administrasi dan peta tata guna lahan dari google earth.

3.6 Pembangunan Model

Proses analisis data dilakukan dengan memasukkan data-data primer maupun sekunder serta parameter amonia dan fosfat ke *software* QUAL2Kw versi 5.1.

3.6.1 Input Data

Pada tahap proses input data, data yang diinput ke dalam *software* Qual2Kw meliputi data debit, suhu, tutupan awan, kecepatan angin, serta data sumber pencemar berupa *point source* dan *diffuse source*, dan data-data lainnya yang dibutuhkan. Berikut merupakan data-data yang diinput ke dalam *Worksheet* Microsoft Excel *software* QUAL2Kw versi 5.1:

- a. *Worksheet* QUAL2Kw

Nama file, nama sungai, tanggal simulasi, waktu matahari terbit dan tenggelam merupakan data – data yang dimasukkan ke dalam *worksheet* QUAL2Kw.

b. *Worksheet Headwater*

Meliputi data kualitas dan debit air yang terdapat pada hulu sungai.

c. *Worksheet Reach*

Meliputi data pembagian segmen sungai seperti panjang segmen, elevasi, koordinat, terjunan, kedalaman, dan koefisien manning.

d. *Worksheet Data Klimatologi*

Meliputi data klimatologi yang berupa suhu udara, *dew point* (titik embun), tutupan awan, kecepatan angin, serta presentase sinar radiasi matahari yang terdapat pada setiap segmen sungai.

e. *Worksheet Point source*

Meliputi data konsentrasi sumber pencemar beserta debit yang terdapat pada sumber pencemar *Point source*.

f. *Worksheet Diffuse source*

Meliputi data konsentrasi sumber pencemar beserta debit yang terdapat pada sumber pencemar *Diffuse Source*.

g. *Worksheet Temperature Data*

Mencakup data suhu air yang terdapat pada setiap titik pengambilan sampel.

h. *Worksheet Hydraulic Data*

Mencakup data hidrolis air sungai yang meliputi data kecepatan aliran, debit, serta kedalaman air sungai pada setiap titik pengambilan sampel.

i. *Worksheet WQ Data*

Meliputi data harian kualitas air sungai yang terdapat pada setiap titik pengambilan sampel.

3.6.2 Kalibrasi Model

Kalibrasi data kualitas air melibatkan penyesuaian rumus manning pada jangkauan lembar kerja (*worksheet*), sedangkan tujuan dari kalibrasi data kualitas air yaitu untuk menyesuaikan hasil pemodelan kualitas air sungai agar menyerupai data lapangan melalui metode *trial and error* dan diikuti dengan *running* program

yang dilakukan berulang kali hingga hasil model menyerupai kondisi data sebenarnya (Fajaruddin, 2017).

3.6.3 Validasi Model

Tujuan validasi model adalah untuk mengidentifikasi nilai kesalahan atau *error* dalam nilai model serta akurasi antara data model yang dihasilkan dengan data lapangan yang telah dimasukkan sebelumnya ke dalam proses pemodelan. Validasi model ini dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat data model dengan data lapangan. Persamaan RPD (*Relative Percentage Difference*) atau galat relatif dapat digunakan untuk memvalidasi model pada program QUAL2Kw yang mengandung data berupa parameter air sungai. Rumus berikut digunakan dalam persamaan RPD:

$$RPD = \frac{C_{sim} - C_{obs}}{C_{obs}} \times 100\%$$

Dengan Keterangan sebagai berikut:

Cobs : Konsentrasi Observasi (mg/L)

Csim : Konsentrasi Simulasi (mg/L)

Jika nilai RPD yang didapatkan kurang dari 25% maka hasil model dapat diterima, sebaliknya apabila nilai RPD yang didapatkan lebih dari 25% maka hasil model ditolak (Ahmad Kamal et al., 2020).

3.6.4 Simulasi Model

Setelah model dikalibrasi, divalidasi, dan dilalui sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan, langkah berikutnya adalah simulasi model. Simulasi ini dilakukan menggunakan dua skenario untuk menentukan kondisi sungai dengan beban pencemar di berbagai kondisi. Tabel 3.4 menunjukkan dua skenario simulasi yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3.4 Simulasi Model

| Skenario | Kondisi Hulu | Sumber Pencemar | Kondisi Air Sungai |
|----------|--------------|------------------------|--------------------|
| 1 | Eksisting | Eksisting | Model |
| 2 | Eksisting | <i>Trial and Error</i> | BMA II |

BMA = *Baku Mutu Air Kelas II* berdasar PP Nomor 22 Tahun 2021.

1. Simulasi 1 (Kondisi Eksisting)

Tujuan simulasi pertama adalah untuk menghitung jumlah beban pencemar saat ini yang masuk ke dalam Sungai Gajahwong. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan metode *trial and error* untuk membuat model yang sesuai dengan data yang ada di lapangan.

2. Skenario 2 (Beban Pencemar Maksimum)

Skenario 2 melakukan simulasi pembentukan model kualitas air sesuai dengan standar baku mutu Kelas II (PP Nomor 22 Tahun 2021). Dalam skenario ini, data *point source* dan *diffuse source* diperoleh melalui proses *trial and error*, sehingga hasilnya sesuai dengan standar baku mutu Kelas II. Tujuan dari skenario ini adalah untuk mengetahui berapa banyak beban pencemar yang dapat masuk ke Sungai Gajahwong tanpa mencemari sungai sehingga sungai dapat digunakan sepadan dengan kegunaannya.

3.6.5 Perhitungan Beban Pencemar

Untuk menentukan besaran beban pencemar digunakan rumus atau persamaan sebagai berikut:

$$BP = C \times Q$$

Dengan Keterangan:

- C : Konsentrasi Pencemar (mg/L)
- BP : Beban Pencemar Sungai (kg/hari)
- Q : Debit air (m³/s)

3.6.6 Daya Tampung

Daya tampung adalah kemampuan badan air untuk menerima beban polutan tanpa menjadi tercemar. Penghitungan daya tampung tersebut merupakan bagian dari upaya pengendalian pencemaran dengan berfokus pada komponen penting sungai dan baku mutu air (Fatmawati dkk, 2012). Nilai daya tampung dihitung dari hasil pemodelan dari Skenario 2 yang dikurangi dengan hasil pemodelan dari Simulasi 1. Menurut (Irsanda, 2014), perhitungan daya tampung beban pencemar adalah sebagai berikut:



| |
|--|
| <p>Daya tampung beban pencemar (kg/hari) = Beban Pencemar Simulasi 2 (beban pencemar maksimum) – Beban Pencemar Simulasi 1 (kondisi awal)</p> |
|--|




BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN



4.1 Kondisi Lokasi Sampling

Berikut merupakan kondisi 7 lokasi titik *sampling* Sungai Gajahwong.

Tabel 4.1 Kondisi Lokasi *Sampling* Sungai Gajahwong

| Titik <i>Sampling</i> | Gambar | Kondisi Titik <i>Sampling</i> |
|-----------------------|---|---|
| Titik 1 |  | <p>Keadaan di titik <i>sampling</i> 1 menunjukkan adanya vegetasi di bagian DAS sungai seperti tumbuhan dan lumut, serta air sungai tidak terlalu keruh. Kondisi fisik di titik <i>sampling</i> 1 adalah sebagai berikut: sungai memiliki kedalaman 0,155 m dan lebar aliran sungai sebesar 7,9 m; cuaca di titik 1 cerah berawan; di titik 1 tidak ditemui adanya aliran dari sumber pencemar <i>point source</i> dan <i>diffuse source</i>.</p> |
| Titik 2 |  | <p>Pada titik <i>sampling</i> 2, kondisi fisik sungai memiliki kedalaman 0,1 m dan lebar aliran selebar 16,3 m. Kondisi air sungai dianggap keruh dan terdapat sumber pencemar <i>point source</i> yang berasal dari aktivitas perbelanjaan Mall Amplaz dengan aliran yang cukup deras.</p> |

| Titik Sampling | Gambar | Kondisi Titik Sampling |
|----------------|---|--|
| Titik 3 |  | <p>Pada titik <i>sampling</i> 3, kondisi fisik sungai adalah keruh dan berbau karena tumpukan sampah yang terdapat di pinggiran sungai. Sungai memiliki kedalaman 0,45 meter dan lebar aliran selebar 5 meter. Sumber pencemar <i>point source</i> berasal dari limbah industri susu SGM serta bersal dari limpasan air hujan.</p> |
| Titik 4 |  | <p>Pada titik <i>sampling</i> 4, kondisi fisik sungai dianggap keruh. Sungai memiliki kedalaman 0,8 m dan lebar aliran selebar 13,35 m. Terdapat sumber pencemar <i>point source</i> yang berasal dari Industri Kulit.</p> |
| Titik 5 |  | <p>Pada titik <i>sampling</i> 5, kondisi fisik sungai dianggap keruh, dengan kedalaman sungai 0,43 meter dan lebar aliran 9,4 meter. Terdapat sumber pencemar berupa <i>point source</i> yang berasal saluran drainase.</p> |

| Titik <i>Sampling</i> | Gambar | Kondisi Titik <i>Sampling</i> |
|-----------------------|--|--|
| Titik 6 |  | <p>Kondisi fisik sungai pada titik <i>sampling</i> 6 adalah keruh, dengan kedalaman 0,3 m dan lebar aliran 18,3 m. Pada titik <i>sampling</i> 6 terdapat drainase yang dianggap sebagai sumber pencemaran, akan tetapi karena tidak adanya aliran yang mengalir pada drainase tersebut, maka diputuskan bahwa pada titik <i>sampling</i> 6 tidak terdapat sumber pencemar.</p> |
| Titik 7 |  | <p>Pada titik <i>sampling</i> 7, kondisi fisik sungai adalah keruh, dengan kedalaman 0,53 m dan lebar aliran selebar 10,2 m. Serta tidak ada sumber pencemaran yang masuk ke dalam sungai.</p> |

4.2 Kondisi Hidrolik Sungai Gajahwong

Penelitian dan pengukuran di Sungai Gajahwong menghasilkan data hidrolik sungai, yang terdiri dari kecepatan aliran, debit, dan kedalaman sungai, yang diperoleh langsung dari hasil penelitian dan pengukuran yang dilakukan pada delapan titik. Jika data hidrolik sungai benar, proses pemodelan akan lebih mudah dan hasil data yang akurat akan diperoleh pada tahap berikutnya.

Data hidrolik Sungai Gajahwong diperoleh melalui dua metode. Pertama, peneliti terjun langsung ke sungai dengan membawa peralatan yang diperlukan untuk *sampling*, seperti meteran arus, ember, dan meteran serta alat lainnya yang dibutuhkan pada saat kegiatan *sampling*. Metode yang kedua dilakukan apabila

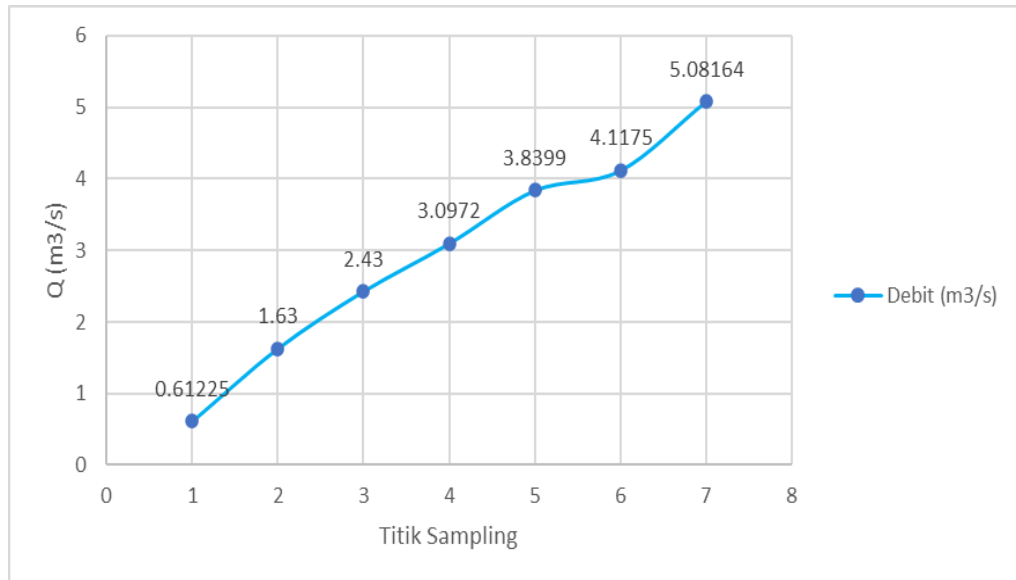
kondisi pengambilan sampel sungai sulit untuk diakses. Metode ini mengumpulkan data yang meliputi kedalaman sungai, kecepatan aliran, dan lebar sungai. Contohnya adalah pengukuran kedalaman sungai yang dapat dilakukan dengan cara mengikat tali dengan ukuran per meter kemudian diikatkan dengan batu agar tali dapat tenggelam ke dalam air, kemudian pengukuran kedalaman sungai dapat dilihat pada bagian tali yang basah yang divalidasi kembali menggunakan meteran. Pengukuran lebar sungai dikerjakan dengan menggunakan meteran. Apabila sungai tersebut dapat dijangkau, pengukuran dilakukan di bawah jembatan, akan tetapi apabila tidak memungkinkan pengukuran dapat dilakukan dengan cara mengukur lebar jembatan di titik lokasi *sampling* yang diteliti sesuai dengan lebar sungai tersebut. Tabel 4.2 menampilkan data hidrolik Sungai Gajahwong yang meliputi debit, kecepatan, serta kedalaman aliran pada masing-masing titik lokasi pengambilan sampel.

Tabel 4.2 Data Hidrolik Sungai Gajahwong

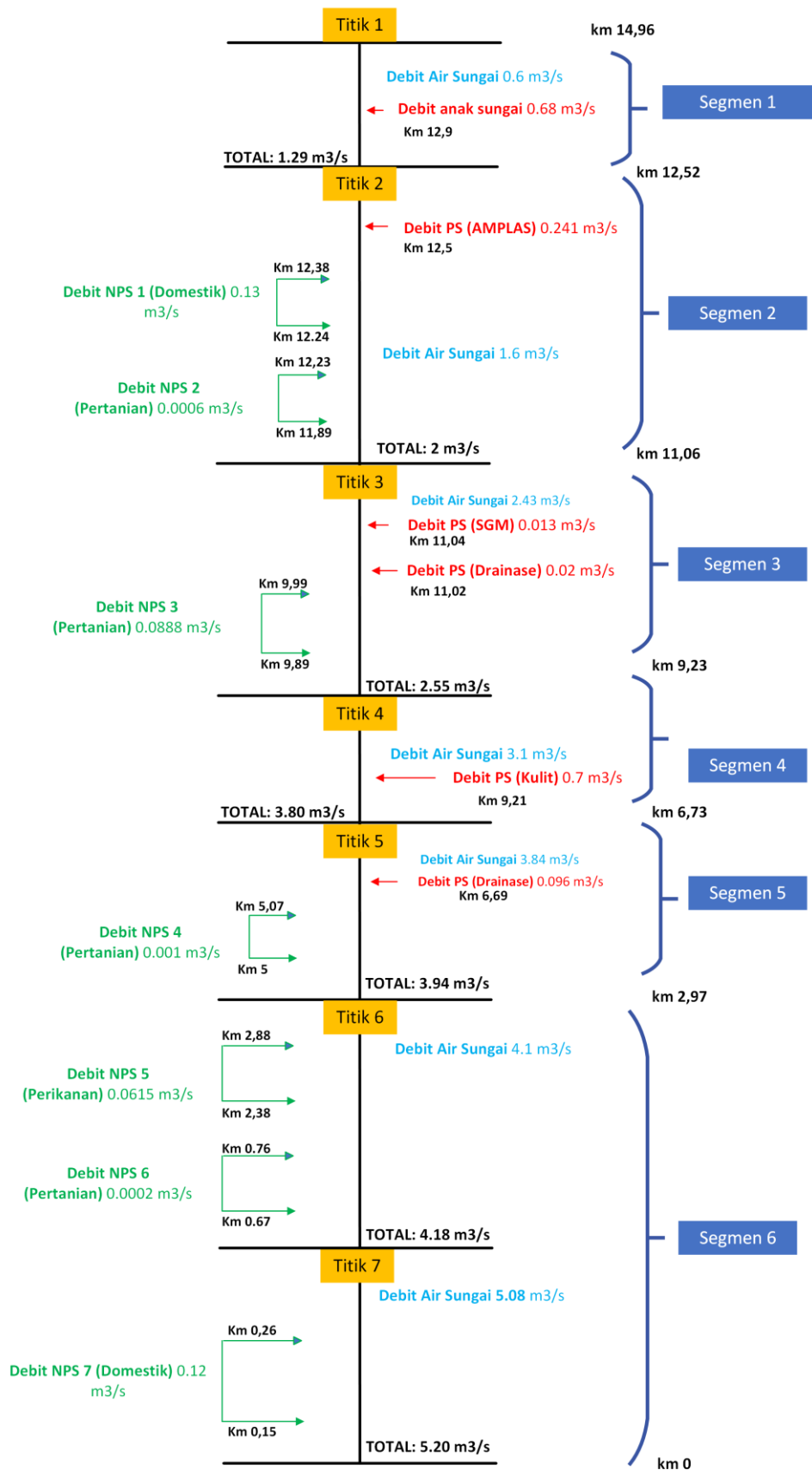
| Titik | Kecepatan Aliran (m/s) | Kedalaman (m) | Lebar (m) | Q (m ³ /s) |
|-------|------------------------|---------------|-----------|-----------------------|
| 1 | 0.5 | 0.16 | 7.90 | 0.61 |
| 2 | 1 | 0.10 | 16.30 | 1.63 |
| 3 | 1.08 | 0.45 | 5.00 | 2.43 |
| 4 | 0.29 | 0.80 | 13.35 | 3.10 |
| 5 | 0.95 | 0.43 | 9.40 | 3.84 |
| 6 | 0.75 | 0.30 | 18.30 | 4.12 |
| 7 | 0.94 | 0.53 | 10.20 | 5.08 |

4.2.1 Debit Sungai Gajahwong

Hasil dari pengukuran nilai debit Sungai Gajahwong memiliki nilai yang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh nilai kecepatan aliran, kedalaman, serta lebar aliran Sungai Gajahwong pada setiap lokasi titik *sampling*. Gambar 4.1 menunjukkan grafik dari debit Sungai Gajahwong pada masing-masing lokasi titik *sampling*.



Gambar 4.1 Grafik Nilai Debit Sungai Gajahwong



Gambar 4.2 Mass Balance

Dari grafik pada gambar 4.1 dan 4.2 menampilkan nilai debit terkecil dan juga terbesar pada lokasi *sampling* di Sungai Gajahwong. Nilai debit terkecil terdapat pada lokasi *sampling* titik 1 (Jembatan Pelang) dengan nilai sebesar 0.6 m³/s. Hal ini terjadi karena banyaknya vegetasi yang terdapat di sekitar aliran sungai dan kondisi topografi sungai yang landai. Menurut Staddal, dkk. (2016) kondisi sungai yang memanjang dan sempit serta topografi yang landai memiliki laju aliran atau debit yang lebih rendah daripada sungai yang lebar dan kemiringannya curam. Adapun nilai debit terbesar terdapat pada titik 7 (Jembatan Ketonggo) dengan nilai sebesar 5.08 m³/s yang disebabkan karena titik 7 merupakan hilir dari Sungai Gajahwong dan didukung oleh kondisi profil hidrolis sungai pada titik 7 dengan kedalaman 0.53 m, kecepatan aliran 0.94 m/s, serta lebar sungai selebar 10.2 m, dan adanya *diffuse source* pertanian dengan debit sebesar 0.12 m³/s yang menjadikan debit pada titik 7 memiliki nilai yang paling besar.

4.3 Kondisi Kualitas Air Sungai Gajahwong

Kondisi kualitas air Sungai Gajahwong diperoleh dari hasil pengukuran serta pengujian dari beberapa parameter. Pengambilan sampel pada masing - masing titik *sampling* diikuti dengan pengukuran langsung terhadap pH dan suhu air, sedangkan pengukuran konsentrasi amonia dan fosfat dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII. Pada penelitian ini, parameter amonia dan fosfat ditinjau untuk mengetahui kondisi kualitas air Sungai Gajahwong. Selanjutnya hasil yang diperoleh dari pengujian kualitas air Sungai Gajahwong dibandingkan dengan baku mutu air kelas II yang terdapat pada PP Nomor 22 Tahun 2021. Dinas Lingkungan Hidup DIY menyatakan bahwa baku mutu air Sungai Gajahwong termasuk ke dalam kriteria baku mutu kualitas air kelas II.

4.3.1 Derajat Keasaman (pH)

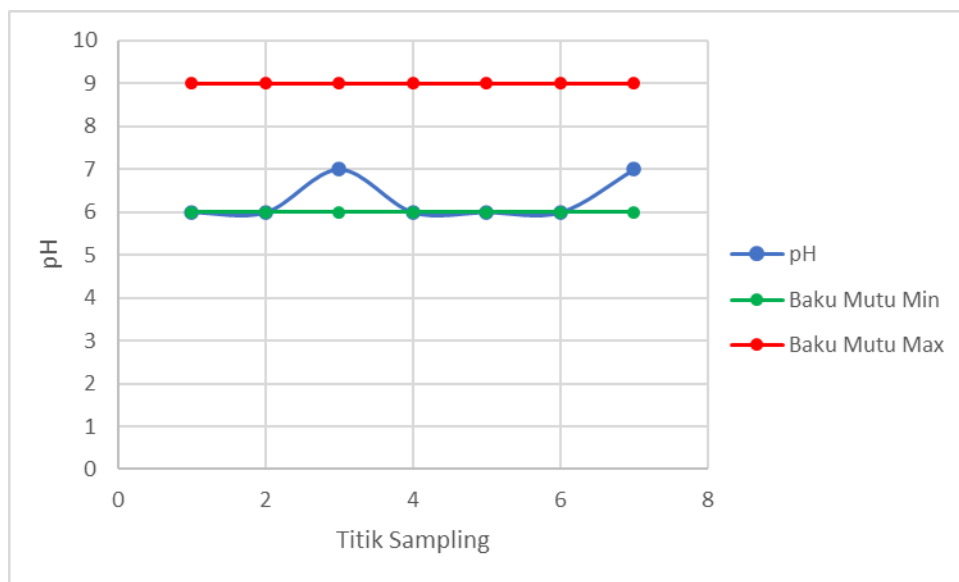
Derajat keasaman atau yang biasa disebut sebagai pH merupakan salah satu parameter kualitas air Sungai Gajahwong yang dapat menunjukkan kadar asam atau basa air sungai. Parameter pH memiliki skala dari 0 – 14. Nilai pH 7 menandakan bahwa kondisi air bersifat netral, sedangkan nilai di bawah 7 menunjukkan kondisi

air yang bersifat asam sementara nilai pH di atas 7 menandakan bahwa kondisi air bersifat basa.

Hasil pengukuran pH yang dilakukan pada saat *sampling* di Sungai Gajahwong diukur menggunakan kertas lakmus pada setiap lokasi titik *sampling*. Hasil dari pengukuran pH di Sungai Gajahwong serta baku mutu pH berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 ditampilkan dalam Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran pH Sungai Gajahwong

| Titik | pH | Baku mutu Min | Baku Mutu Max |
|---------|----|---------------|---------------|
| Titik 1 | 6 | 6 | 9 |
| Titik 2 | 6 | 6 | 9 |
| Titik 3 | 7 | 6 | 9 |
| Titik 4 | 6 | 6 | 9 |
| Titik 5 | 6 | 6 | 9 |
| Titik 6 | 6 | 6 | 9 |
| Titik 7 | 7 | 6 | 9 |



Gambar 4.3 Nilai pH Sungai Gajahwong

Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 memperlihatkan bahwa nilai pH di Sungai Gajahwong memiliki rentang nilai 6 – 7. PP Nomor 22 Tahun 2021 menyatakan bahwa kriteria baku mutu air kelas II untuk pH minimal dan maksimal sebesar 6 dan 9. Hal ini menandakan bahwasannya nilai pH dari hasil pengukuran di Sungai

Gajahwong masih memenuhi kriteria baku mutu pH air kelas II dan kondisi air dengan pH tersebut sangat baik bagi kelangsungan hidup biota air.

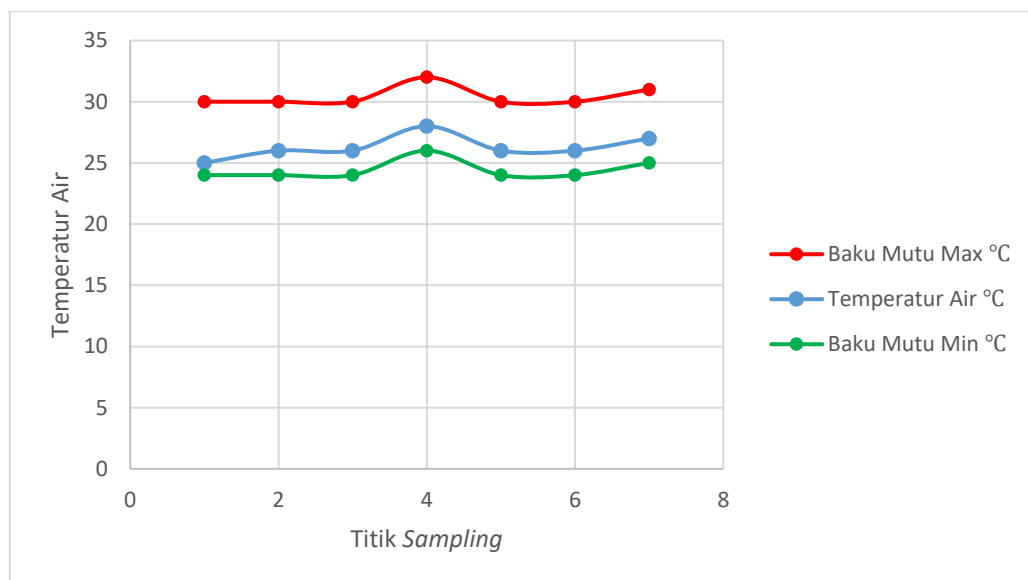
4.3.2 Temperatur Air

Salah satu indikator yang dapat menilai kondisi kualitas air Sungai Gajahwong adalah suhu/temperatur air. Temperatur air dapat mempengaruhi pertumbuhan, perkembangbiakan organisme di sungai, serta metabolisme organisme. Temperatur air yang berubah akan berefek langsung pada aktivitas organisme perairan, seperti pertumbuhan, metabolisme, dan bahkan kematian organisme sungai.

Hasil pengukuran nilai temperatur air pada saat pengambilan sampel di Sungai Gajahwong diukur dengan alat termometer air raksa. Tabel 4.4 menampilkan data temperatur suhu air Sungai Gajahwong pada saat pengambilan sampel di setiap titik serta baku mutu temperatur suhu air kelas II menurut PP Nomor 22 Tahun 2021.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Temperatur Air Sungai Gajahwong

| Titik | Temperatur air (°C) | Baku mutu Min (°C) | Baku Mutu Max (°C) | Suhu Udara (°C) |
|---------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| Titik 1 | 25 | 24 | 30 | 27 |
| Titik 2 | 26 | 24 | 30 | 27 |
| Titik 3 | 26 | 24 | 30 | 27 |
| Titik 4 | 28 | 26 | 32 | 29 |
| Titik 5 | 26 | 24 | 30 | 27 |
| Titik 6 | 26 | 24 | 30 | 27 |
| Titik 7 | 27 | 25 | 31 | 28 |



Gambar 4.4 Nilai Temperatur Air Sungai Gajahwong

Tabel 4.4 dan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa temperatur air pada lokasi titik *sampling* di Sungai Gajahwong memiliki rentang nilai 25 °C – 28 °C. Suhu air terendah berada pada titik 1 (Jembatan Pelang) yang merupakan hulu dari Sungai Gajahwong. Hal ini dikarenakan kondisi lingkungan di sekitar lokasi titik *sampling* yang memiliki suhu rendah karena banyak didapati vegetasi yang menutupi sinar matahari di sekitar lokasi titik pengambilan sampel, serta waktu dan cuaca pada saat mengambil sampel di titik 1 sedang mendung berawan. Adapun suhu air tertinggi berada pada titik 4 (Jembatan Paleman) karena waktu pengambilan sampel di titik 4 dilakukan pada siang hari. Jika dibandingkan dengan kriteria baku mutu temperatur air kelas II menurut PP Nomor 22 Tahun 2021, nilai temperatur air yang didapatkan dari seluruh lokasi titik *sampling* masih sesuai dengan baku mutu temperatur air kelas II yang menyarankan agar temperatur air baiknya memiliki perbedaan sebesar $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari temperatur udara pada saat *sampling* di masing-masing titik lokasi pengambilan sampel Sungai Gajahwong.

Temperatur air akan meningkat akibat intensitas matahari yang lebih tinggi, dan hal ini terkait dengan faktor lain yang dapat mempengaruhi intensitas matahari, seperti musim, cuaca, lama penyinaran, dan tutupan awan. Suhu air yang meningkat akan menyebabkan banyak hal, termasuk penurunan jumlah oksigen yang terlarut dalam air. Kurangnya oksigen di dalam air akan mengganggu kehidupan biota air, menyebabkan peningkatan kecepatan reaksi kimia, dan menyebabkan kematian ikan serta biota air jika temperatur air telah melebihi batas normal.

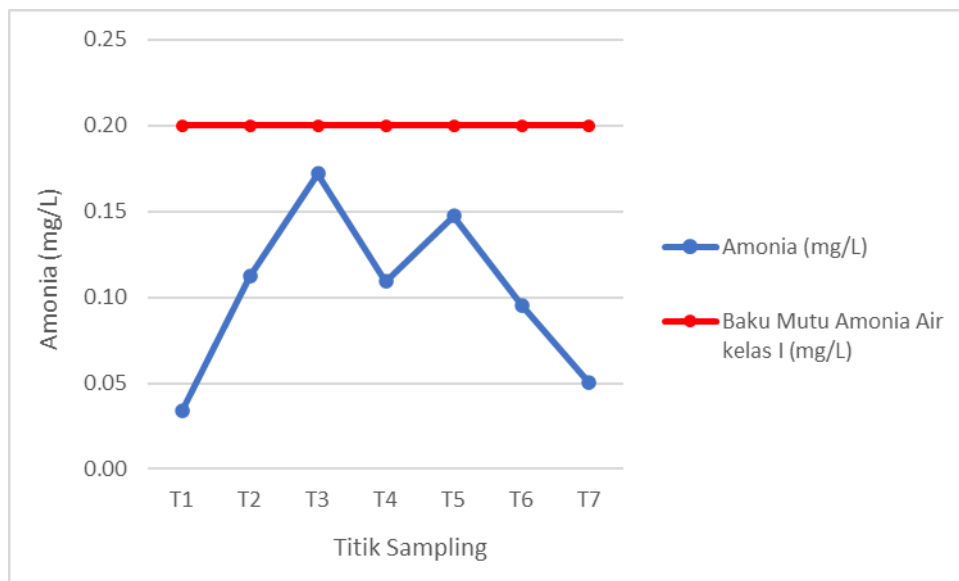
4.3.3 Amonia (NH₃)

Amonia adalah produk sisa metabolisme utama ikan, dihasilkan dari oksidasi bahan organik dengan bantuan bakteri yang mengandung bahan nitrogen dalam air (Sastrawijaya, 2000). Amonia masuk ke dalam perairan karena mikroorganisme membusuk dan dioksidasi oleh oksigen terlarut. Pada perairan alami, nitrat adalah bentuk nitrogen utama yang membantu perkembangan algae dan tumbuhan air. Proses oksidasi Amonia menjadi nitrat terjadi selama proses aerobik, yang dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen yang terlarut di dalam air. Proses ini dikenal sebagai nitrifikasi. Nilai amonia pada setiap lokasi sampel diperoleh dari hasil uji laboratorium. Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengujian amonia yang

dibandingkan dengan baku mutu untuk air kelas II menurut PP Nomor 22 Tahun 2021.

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Amonia Sungai Gajahwong

| Titik <i>Sampling</i> | Nilai Amonia (mg/L) | Baku Mutu Air Kelas II (mg/L) |
|-----------------------|---------------------|-------------------------------|
| Titik 1 | 0.034 | 0.2 |
| Titik 2 | 0.112 | 0.2 |
| Titik 3 | 0.172 | 0.2 |
| Titik 4 | 0.109 | 0.2 |
| Titik 5 | 0.147 | 0.2 |
| Titik 6 | 0.095 | 0.2 |
| Titik 7 | 0.050 | 0.2 |



Gambar 4.5 Nilai Amonia Sungai Gajahwong

PP Nomor 22 Tahun 2021 menetapkan baku mutu amonia sebesar 0,2 mg/L untuk air kelas II. Berdasarkan Tabel 4.5 dan Gambar 4.5 di atas, nilai atau kadar amonia yang terdapat pada setiap lokasi titik *sampling* tidak melebihi kriteria baku mutu amonia air kelas II menurut PP Nomor 22 Tahun 2021.

Tabel 4.5 dan Gambar 4.5 tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi minimum sampai maksimum amonia berada pada rentang 0.034 mg/L – 0.172 mg/L. Nilai kadar amonia tertinggi sebesar 0.172 mg/L terdapat pada lokasi *sampling* titik 3 (Jembatan Muja - muju) yang mana di lokasi tersebut terdapat sumber pencemar berupa *point source* yang bersumber dari limbah pabrik susu SGM beserta saluran drainase yang langsung dibuang ke badan Sungai Gajahwong. Tingginya konsentrasi amonia dipengaruhi oleh pembuangan limbah organik yang dapat

meningkatkan konsentrasi nitrat pada perairan sungai. Jika konsentrasi nitrat di perairan sungai sangat tinggi maka akan berpotensi menyebabkan pertumbuhan ganggang yang melampaui batas. Akibatnya, kadar oksigen terlarut yang terdapat di dalam perairan akan berkurang dan berdampak pada kematian organisme akuatik yang rentan terhadap kondisi tersebut. Pada penelitian ini, kadar amonia terendah terdapat pada titik 1 (Jembatan Pelang) dengan nilai sebesar 0.034 mg/L. Rendahnya konsentrasi amonia pada titik ini disebabkan oleh banyaknya vegetasi di pinggir aliran sungai serta dangkalnya kedalaman air sungai. Adanya vegetasi yang cukup banyak di sisi kanan dan kiri sungai membantu menjaga dinding sungai tetap stabil, mengurangi jumlah sampah dan bahan kimia berbahaya yang masuk ke dalam badan air, menjaga temperatur air tetap dingin, dan meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut. Kedalaman sungai yang dangkal juga memudahkan terjadinya proses aerasi sehingga proses difusi gas amonia ke udara akan terjadi dan kadar amonia dapat berkurang.

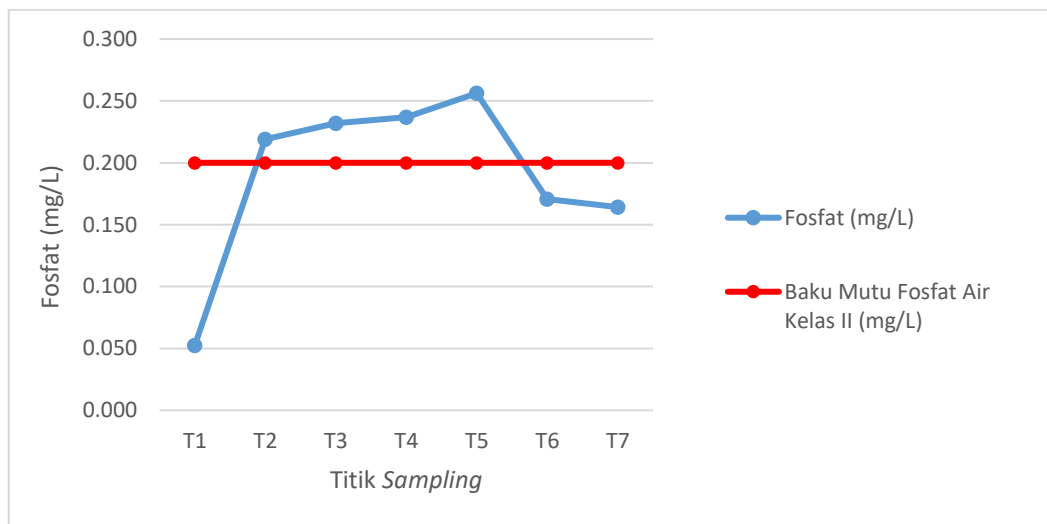
4.3.4 Fosfat (PO₄)

Fosfat dalam bentuk ortofosfat (PO₄), merupakan salah satu tanda kesuburan suatu perairan dan merupakan salah satu komponen kimia yang ketika berada dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan penurunan kualitas air. Fosfat sering ditemukan pada limbah rumah tangga dan pupuk. Bahan kimia yang dihasilkan dari aktivitas ini dapat mengalir ke badan air seperti danau, sungai, dan air tanah. Jika bahan kimia masuk ke dalam air, bahan kimia tersebut dapat menghilangkan bagian penting dari biota air, terutama makanan bagi biota air yang kemudian diikuti dengan penurunan kualitas air. Hasil nilai fosfat pada setiap lokasi *sampling* yang diperoleh didapatkan dari uji laboratorium. Data nilai fosfat pada setiap titik *sampling* beserta buku mutu fosfat untuk air kelas II dari PP Nomor 22 Tahun 2021 dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Fosfat Sungai Gajahwong

| Titik <i>Sampling</i> | Fosfat (mg/L) | Baku Mutu Fosfat Air Kelas II (mg/L) |
|-----------------------|---------------|--------------------------------------|
| Titik 1 | 0.053 | 0.2 |
| Titik 2 | 0.219 | 0.2 |
| Titik 3 | 0.232 | 0.2 |
| Titik 4 | 0.237 | 0.2 |
| Titik 5 | 0.256 | 0.2 |
| Titik 6 | 0.171 | 0.2 |

| Titik <i>Sampling</i> | Fosfat (mg/L) | Baku Mutu Fosfat Air Kelas II (mg/L) |
|-----------------------|---------------|--------------------------------------|
| Titik 7 | 0.164 | 0.2 |



Gambar 4.6 Nilai Fosfat Sungai Gajahwong

Tabel 4.6 dan Gambar 4.6 menunjukkan bahwa hasil pengukuran uji laboratorium fosfat memiliki nilai minimum dan maksimum sebesar 0.053 mg/L dan 0.256 mg/L. Nilai fosfat pada titik 1, 6 dan 7 masih tergolong di bawah kriteria baku mutu fosfat air kelas II yang mengacu pada PP Nomor 22 Tahun 2021. Nilai fosfat terendah berada pada lokasi *sampling* di titik 1 (Jembatan Pelang) sebesar 0.053 mg/L yang merupakan hulu sungai. Hal ini disebabkan karena pada lokasi titik *sampling* 1 tidak didapati adanya sumber pencemar baik *point source* maupun *diffuse source*. Sedangkan kandungan fosfat tertinggi berada pada titik 5 (Jembatan Tegal Gendu) sebesar 0.256 mg/L, yang disebabkan oleh adanya sumber pencemar *point source* yang berasal dari saluran drainase. Salah satu penyumbang terbesar meningkatnya konsentrasi nilai fosfat di suatu perairan adalah limbah dari penggunaan deterjen rumah tangga (Green, 2018). Pelapukan batuan mineral yang terjadi sebagai akibat dari peningkatan pembuangan limbah deterjen merupakan sumber alami fosfat pada perairan (Effendi, 2003). Secara alami fosfat dibutuhkan bagi biota air untuk bertahan hidup. Namun, kandungan fosfat yang berlebihan dapat menyebabkan perairan menjadi subur yang diindikasikan dengan pertumbuhan alga yang sangat banyak (*alga blooming*). Proses *alga blooming* tersebut memiliki potensi untuk mengurangi kadar oksigen dalam air dan mencegah oksigen dan

cahaya matahari masuk ke dalam perairan sehingga kadar *dissolved oksigen* (DO) akan berkurang dan mengancam kehidupan biota air.

4.4 Sumber Pencemar Sungai Gajahwong

Pada setiap segementasi Sungai Gajahwong terdapat *effluent* yang masuk ke badan air dari berbagai sumber pencemar mulai dari saluran drainase, limbah domestik, limbah non-domestik, perikanan, dan pertanian. Penyebab berbagai bentuk pencemaran air sungai berasal dari beragam sumber, dan tiap sumber pencemar memiliki karakteristik unik. Dalam penelitian ini, sumber pencemar digolongkan ke dalam dua jenis, yaitu *point source* dan *diffuse source*. *Point source* merujuk pada sumber pencemar yang berasal dari saluran pembuangan yang terlokalisasi pada satu titik tertentu. Sementara itu, *diffuse source* merujuk pada penyebaran sumber pencemar langsung ke dalam badan sungai melalui saluran pembuangan yang tersebar. Kehadiran kedua jenis sumber ini dapat berdampak pada kualitas air sungai, dengan adanya kontaminan terlarut dari berbagai sumber yang berbeda. Informasi lebih rinci tentang jenis-jenis sumber pencemar ini dapat ditemukan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Sumber Pencemar Sungai Gajahwong

| Segmen | Sumber Pencemar | | Konsentrasi Amonia (mg/L) | | Konsentrasi Fosfat (mg/L) | |
|--------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| | <i>Point Source</i> | <i>Diffuse Source</i> | <i>Point Source</i> | <i>Diffuse Source</i> | <i>Point Source</i> | <i>Diffuse Source</i> |
| 1 | Anak Sungai** | - | 0.138** | - | 0.287 | - |
| 2 | Mall Amplaz* | Domestik dan Pertanian** | 0.962* | 0.124** dan 0.136** | 0.290** | 0.253** dan 0.348** |
| 3 | Drainase dan Pabrik Susu SGM* | Pertanian** | 0.022* dan 0.491* | 0.112** | 0.099* dan 0.324* | 0.258** |
| 4 | Penyamakan Kulit* | - | 1.01* | - | 0.317* | - |

| Segmen | Sumber Pencemar | | Konsentrasi Amonia (mg/L) | | Konsentrasi Fosfat (mg/L) | |
|--------|---------------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---|
| | <i>Point Source</i> | <i>Diffuse Source</i> | <i>Point Source</i> | <i>Diffuse Source</i> | <i>Point Source</i> | <i>Diffuse Source</i> |
| 5 | Drainase* | Pertanian** | 0.436* | 0.185** | 0.332* | 0.021** |
| 6 | - | Perikanan, Pertanian, dan Domestik | - | 0.132**, 0.105**, dan 0.08** | - | 0.018**, 0.012**, dan 0.0025** |

(*) Hasil pengujian laboratorium

(**) Hasil dari pendekatan data sekunder penelitian terdahulu

Berdasarkan data yang tercantum dalam Tabel 4.7, pengambilan sampel dari sumber pencemar hanya dilaksanakan pada *point source*. Pada sisi lain, sampel dari sumber pencemar yang termasuk dalam kategori *diffuse source* tidak dilakukan pengambilan, dan oleh karena itu, perhitungan konsentrasi aktual tidak dapat dilakukan. Hasil pengujian sampel dari sumber pencemar point source telah dilakukan di Laboratorium Kualitas Air FTSP UII, sehingga menghasilkan konsentrasi yang akurat. Sementara itu, dalam kasus sumber pencemar jenis *diffuse source*, penentuan konsentrasi untuk parameter Amonia dan Fosfat dilakukan dengan pendekatan berdasarkan nilai kisaran yang tercatat dalam berbagai referensi sumber pencemar.

Pada daerah *agricultural* atau pertanian, konsentrasi amonia pada *diffuse source* bervariasi antara 0.0002 mg/L hingga 0.24 mg/L (Loftus dkk, 2015). Pada daerah sumber pencemar yang berasal dari perikanan, konsentrasi amonia dapat berkisar antara 0.021 – 2.16 mg/L. (Pramleonita, 2018). Pada air limbah domestik atau rumah tangga, kadar amonia biasanya antara 0.01 – 0.75 mg/L tergantung dari kekuatan limbahnya itu sendiri (Wijayaningrat, 2018).

Pada parameter fosfat, kadar fosfat pada sumber pencemar yang berasal dari perikanan berkisar antara 0.009 mg/L hingga 0.051 mg/L (Juwitanti dkk, 2013). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nuraya dkk, 2022, kandungan fosfat yang terdapat pada aktivitas pertanian yaitu berkisar antara 0,2 mg/L – 5,06 mg/L.

Kemudian kadar fosfat yang berasal dari permukiman atau domestik berkisar antara 0,003 mg/L – 0.287 mg/L (Jati, 2022).

Dalam konteks sumber pencemar diffuse source yang berasal dari wilayah pertanian, debit aliran air dihitung melalui perhitungan luas lahan yang dikalikan dengan kebutuhan air yang diperlukan untuk area persawahan. Kebutuhan air irigasi untuk area persawahan memiliki rentang antara 0,74 hingga 1,2 liter per detik per hektar (Mauliana dkk, 2022). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Fachrurazie pada tahun 2005, ditemukan bahwa kolam berluasan 100 m² memerlukan pasokan air segar sebesar 21 liter per detik. Disarankan agar pergantian air dilakukan sebanyak 50% dari total tinggi kolam secara berkala. Penting untuk melakukan pergantian air dari bagian dasar kolam karena kualitas air pada bagian tersebut cenderung lebih buruk (Arie, 2012). Dalam hal pencemaran akibat sumber limbah domestik, perhitungan debit air limbah didasarkan pada 80% dari total penggunaan air bersih. Menurut (Fadly, 2008), Perhitungan debit air limbah sebagai berikut :

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

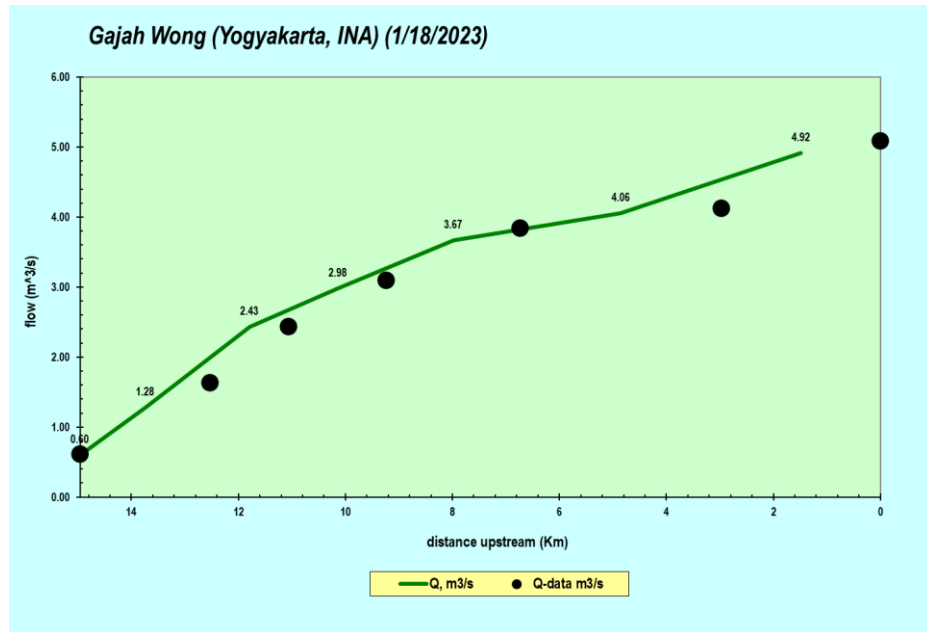
4.5 Pemodelan Kualitas Air Sungai dengan QUAL2Kw

Pemodelan merupakan metode penyederhanaan kondisi eksisting sungai saat ini. Pemodelan kualitas air adalah proses matematis untuk memprediksi atau memodelkan kondisi dan perubahan kualitas air dalam suatu perairan. Hal ini melibatkan penggunaan data dan informasi yang telah dikumpulkan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas air seperti suhu, oksigen terlarut, pH, kekeruhan, jumlah nutrien, dan kontaminan lainnya. Pemodelan kualitas air dapat membantu dalam pengelolaan sumber daya air dan pengambilan keputusan terkait perlindungan dan pemulihan ekosistem air. Penelitian ini menggunakan program QUAL2Kw untuk menghasilkan grafik profil cemaran sungai. Keuntungan metode ini adalah mudah digunakan dan tidak mahal jika dibandingkan dengan uji coba laboratorium (Kurniawan, 2010). Kualitas air, data hidrolis, sumber pencemar tiap segmen, dan data lainnya akan dimasukkan ke dalam lembar kerja yang terdapat pada program. Semua data ini selanjutnya akan dikalibrasi dengan cara *trial and error* hingga data model lebih mirip dengan data

dalam kondisi yang sebenarnya. Setelah kalibrasi data selesai, langkah berikutnya adalah validasi model. Ini dilakukan dengan menentukan nilai *error* model menggunakan metode RPD. Jika nilai *error* tersebut memenuhi persyaratan metode yang digunakan, maka nilai *error* tersebut dapat diterima dan dilanjutkan ke tahap simulasi model. Terdapat dua skenario dalam pemodelan kualitas air sungai menggunakan QUAL2Kw pada penelitian ini, skenario yang pertama yaitu dengan membentuk model yang sesuai dengan data eksisting melalui cara *trial and error* serta skenario 2 yaitu pembentukan model kualitas air yang sesuai dengan standar baku mutu Kelas II (PP Nomor 22 Tahun 2021) dengan batas maksimum konsentrasi amonia dan fosfat sebesar 0,2 mg/L.

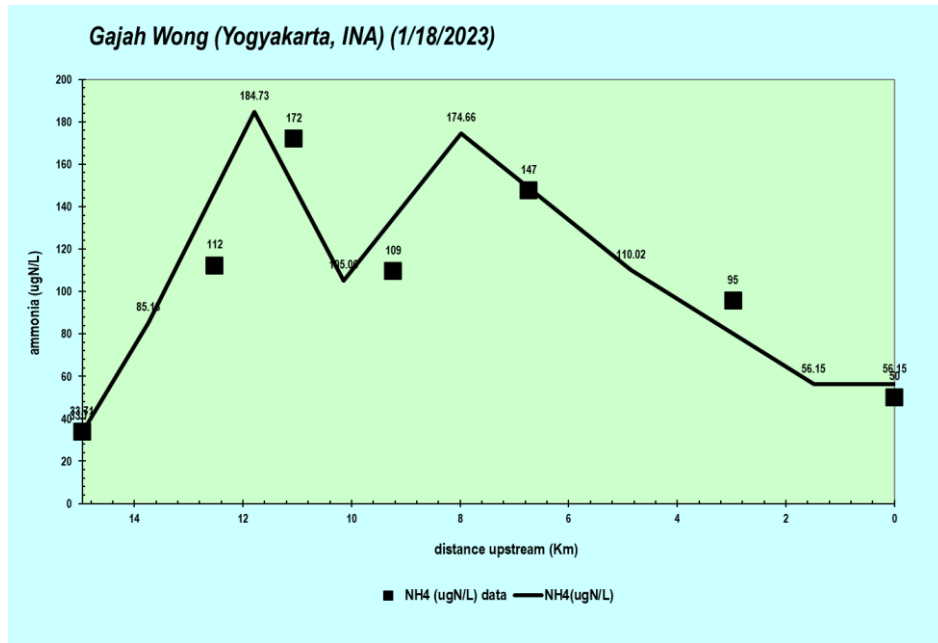
4.5.1 Hasil Kalibrasi Model

Proses kalibrasi data menggunakan cara *trial and error* yang dilakukan dengan beberapa kali pengulangan. Hal ini bertujuan agar data model mendekati/mengikuti/sesuai dengan data eksisting atau data lapangan. Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan kalibrasi pada model debit. Kalibrasi ini dilakukan dengan *trial error* pada *Worksheet Point Source dan Diffuse source* pada bagian tabel *point inflow* dan *diffuse inflow*. Selanjutnya, kalibrasi pada model amonia dilakukan secara *trial error* pada *Worksheet Point & Diffuse Source, Worksheet Rates, Worksheet Reach Rates* pada bagian tabel NH₄ atau amonia, begitu juga untuk kalibrasi pada model fosfat menggunakan cara yang sama seperti kalibrasi pada model amonia, akan tetapi berbeda di bagian tabel saja karena kalibrasi model fosfat menggunakan nama tabel *Inorganic Phosporus*.



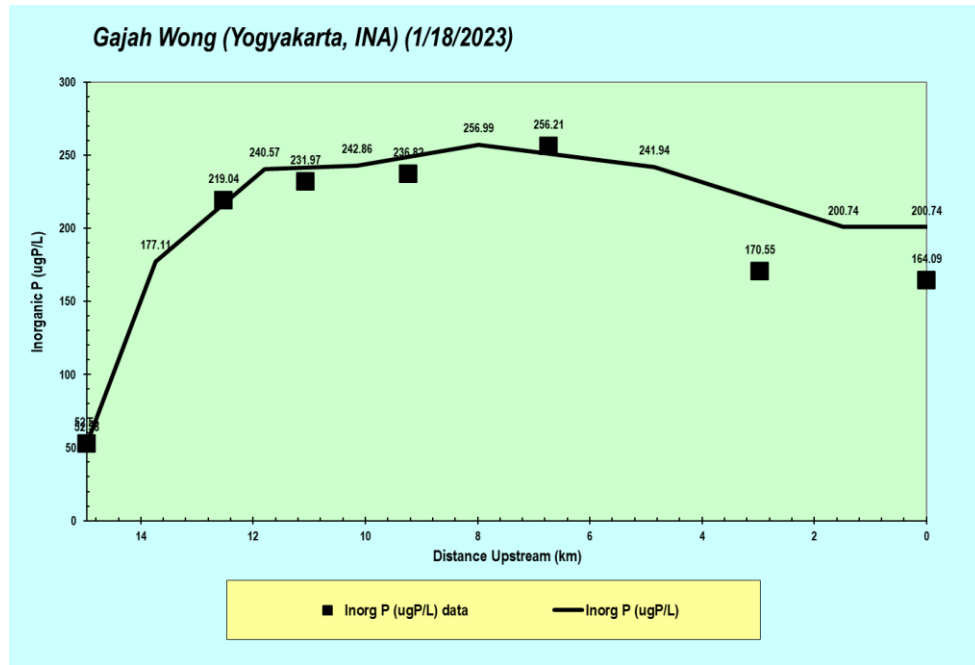
Gambar 4.7 Hasil Kalibrasi Data Debit Sungai Gajahwong

Gambar 4.7 menampilkan data model debit dari titik 1 sampai 7 yang mengalami perubahan nilai debit dengan grafik yang meningkat. Pada pemodelan ini, kedalaman, lebar, dan kemiringan sungai, serta jumlah aliran yang masuk ke dalam sungai, termasuk *effluen point dan diffuse Source*, air hujan, dan air tanah, akan mempengaruhi besar kecilnya debit pada air sungai. Nilai debit terendah terdapat pada lokasi *sampling* titik 1 (Jembatan Pelang) sebesar $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$. Penyebab hal ini adalah banyaknya vegetasi yang terdapat di sekitar aliran sungai dan kondisi topografi sungai yang landai. Menurut Staddal dkk (2016), jika dibandingkan dengan sungai yang lebar dan kemiringannya curam, bentuk sungai yang memanjang dan sempit serta topografi yang landai memiliki laju aliran atau debit yang lebih rendah. Sedangkan untuk nilai debit terbesar terdapat pada titik 7 (Jembatan Ketonggo) dengan nilai sebesar $5.08 \text{ m}^3/\text{s}$ yang disebabkan karena titik 7 berada pada hilir Sungai Gajahwong dan didukung oleh kondisi profil hidrolis sungai pada titik 7 dengan kedalaman 0.53 m , kecepatan aliran 0.94 m/s , serta lebar sungai selebar 10.2 m , dan adanya *diffuse source* pertanian dengan debit sebesar $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$ yang menjadikan debit pada titik 7 memiliki nilai yang paling besar.. Hasil yang diperoleh pada grafik kalibrasi di atas dapat dikatakan diterima karena nilai model (garis hijau) telah mengikuti dan mendekati *trend* atau letak dari data lapangan (titik hitam).



Gambar 4.8 Hasil Kalibrasi Data Amonia Sungai Gajahwong

Gambar 4.8 menampilkan grafik hasil kalibrasi model amonia di Sungai Gajahwong. Hasil kalibrasi dapat diterima karena nilai dari model (Garis Hitam) sudah mendekati serta mengikuti trend atau nilai dari data lapangan (Titik Hitam). Kadar amonia tertinggi, yaitu sebesar 0.172 mg/L atau 172 ug/L terdapat pada lokasi *sampling* titik 3 (Jembatan Muja - muju). Pada lokasi tersebut didapati sumber pencemar berupa *point source* yang bersumber dari limbah pabrik susu SGM serta saluran drainase yang langsung dibuang ke badan Sungai Gajahwong. Tingginya konsentrasi amonia dipengaruhi oleh pembuangan limbah organik yang dapat meningkatkan konsentrasi nitrat pada perairan sungai. Adapun kadar amonia terendah berlokasi di titik 1 (Jembatan Pelang) dengan nilai sebesar 0.034 mg/L atau 34 ug/L. Rendahnya konsentrasi amonia pada titik ini disebabkan oleh banyaknya vegetasi di pinggir aliran sungai serta dangkalnya kedalaman air sungai. Adanya vegetasi yang cukup banyak di sisi kanan dan kiri sungai membantu menjaga dinding sungai tetap stabil, mengurangi jumlah sampah dan bahan kimia berbahaya yang masuk ke dalam badan air, menjaga temperatur air agar tetap dingin, dan meningkatkan kandungan oksigen terlarut. Kedalaman sungai yang dangkal juga memudahkan proses aerasi terjadi sehingga proses difusi gas amonia ke udara akan terjadi dan kadar amonia dapat berkurang.



Gambar 4.9 Hasil Kalibrasi Data Fosfat Sungai Gajahwong

Gambar 4.9 menampilkan grafik hasil kalibrasi model fosfat yang diterima. Kalibrasi model diterima karena data model (Garis Hitam) telah mendekati dan mengikuti *trend* atau nilai dari data lapangan (Titik Hitam). Nilai fosfat terendah berada pada lokasi *sampling* di titik 1 (Jembatan Pelang) sebesar 0.053 mg/L atau 53 ug/L yang merupakan hulu sungai. Hal ini dikarenakan pada lokasi titik tersebut tidak didapati adanya sumber pencemar baik *point source* maupun *diffuse source*. Konsentrasi fosfat yang tertinggi berada pada titik 5 (Jembatan Tegal Gendu) sebesar 0.256 mg/L atau 256 ug/L. Penyebabnya adalah adanya sumber pencemar *point source* yang berasal dari saluran drainase. Salah satu penyumbang terbesar konsentrasi nilai fosfat di suatu perairan adalah limbah dari penggunaan deterjen rumah tangga. Pelapukan batuan mineral yang terjadi sebagai akibat dari peningkatan pembuangan limbah deterjen merupakan sumber alami fosfat pada perairan. Nilai fosfat meningkat pada titik 2 sampai 5 karena adanya sumber pencemar *point source* dari titik - titik tersebut yang mengandung bahan deterjen dari limbah domestik, sedangkan penurunan nilai fosfat pada titik 6 dan 7 disebabkan salah satunya oleh tidak terdapatnya sumber pencemar *point source* pada titik tersebut.

4.5.2 Hasil Validasi Model

Setelah dilakukan kalibrasi model menggunakan metode *trial and error*, langkah selanjutnya pada penelitian ini ialah melakukan validasi model dengan cara menghitung nilai *error* data model dengan data lapangan. Tujuan validasi ini ialah untuk menentukan nilai *error* dalam nilai model dan akurasi antara data model yang dihasilkan dengan data lapangan yang sebelumnya dimasukkan ke dalam proses pemodelan, agar diketahui nilai keakuratan data model dengan data lapangan. Metode yang digunakan untuk validasi model parameter amonia dan fosfat pada penelitian ini adalah *Relative Percentage Difference* (RPD), atau secara umum dikenal sebagai Galat Relatif. Metode RPD digunakan untuk memvalidasi nilai parameter amonia dan fosfat.

Tabel 4.8, 4.9, dan 4.10 menampilkan hasil validasi model debit, amonia dan fosfat menggunakan metode RPD.

Tabel 4.8 Hasil Validasi Model Debit dengan RPD

| DEBIT | | | |
|----------------------|-------------|-------------|--|
| Jarak (Km) | Cobs | Csim | $RPD = \frac{Csim - Cobs}{Cobs} \times 100 \%$ |
| 14.96 | 0.60 | 0.60 | 0% |
| 13.74 | 1.63 | 1.28 | 21% |
| 11.79 | 2.43 | 2.43 | 0% |
| 10.145 | 3.10 | 2.98 | 4% |
| 7.98 | 3.84 | 3.67 | 4% |
| 4.85 | 4.12 | 4.06 | 1% |
| 1.485 | 5.08 | 4.92 | 3% |
| Average (RPD) | | | 5% |

Tabel 4.9 Hasil Validasi Model Amonia dengan RPD

| AMONIA | | | |
|----------------------|-------------|-------------|--|
| Jarak (Km) | Cobs | Csim | $RPD = \frac{Csim - Cobs}{Cobs} \times 100 \%$ |
| 14.96 | 33.71 | 33.71 | 0% |
| 13.74 | 112.22 | 85.13 | 24% |
| 11.79 | 171.88 | 184.73 | 7% |
| 10.145 | 109.44 | 105.06 | 4% |
| 7.98 | 147.46 | 174.66 | 18% |
| 4.85 | 95.45 | 110.02 | 15% |
| 1.485 | 50.09 | 56.15 | 12% |
| Average (RPD) | | | 12% |

Tabel 4.10 Hasil Validasi Model Fosfat dengan RPD

| FOSFAT | | | |
|----------------------|-------------|-------------|--|
| Jarak (Km) | Cobs | Csim | $RPD = \frac{Csim - Cobs}{Cobs} \times 100 \%$ |
| 14.96 | 52.56 | 52.56 | 0% |
| 13.74 | 219.04 | 177.11 | 19% |
| 11.79 | 231.97 | 240.57 | 4% |
| 10.145 | 236.82 | 242.86 | 3% |
| 7.98 | 256.21 | 256.99 | 0% |
| 4.85 | 170.55 | 241.94 | 42% |
| 1.485 | 164.09 | 200.74 | 22% |
| Average (RPD) | | | 13% |

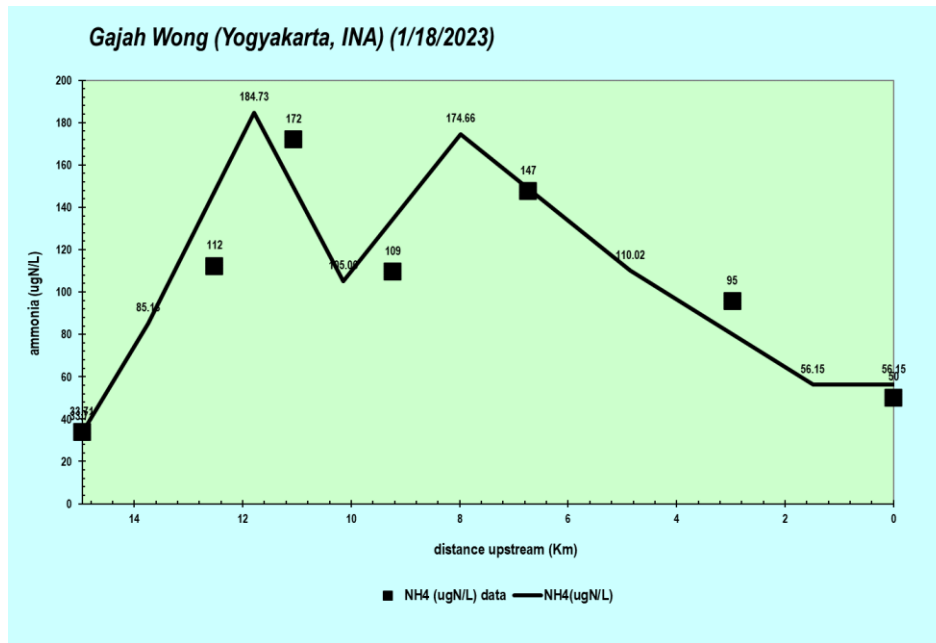
Tabel 4.8, 4.9 dan Tabel 4.10 menunjukkan hasil dari validasi model debit, amonia dan fosfat sebesar 5%, 12% dan 13%. Hasil ini telah sesuai dengan syarat validasi model metode RPD yang menyatakan apabila hasil validasi < 25% maka model dapat diterima.

4.5.3 Hasil Simulasi Model

4.5.3.1 Simulasi 1 (Kondisi Eksisting)

Tujuan simulasi pertama adalah untuk menghitung jumlah beban pencemar saat ini yang masuk ke dalam Sungai Gajahwong. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan metode *trial and error* untuk membuat model yang sesuai dengan

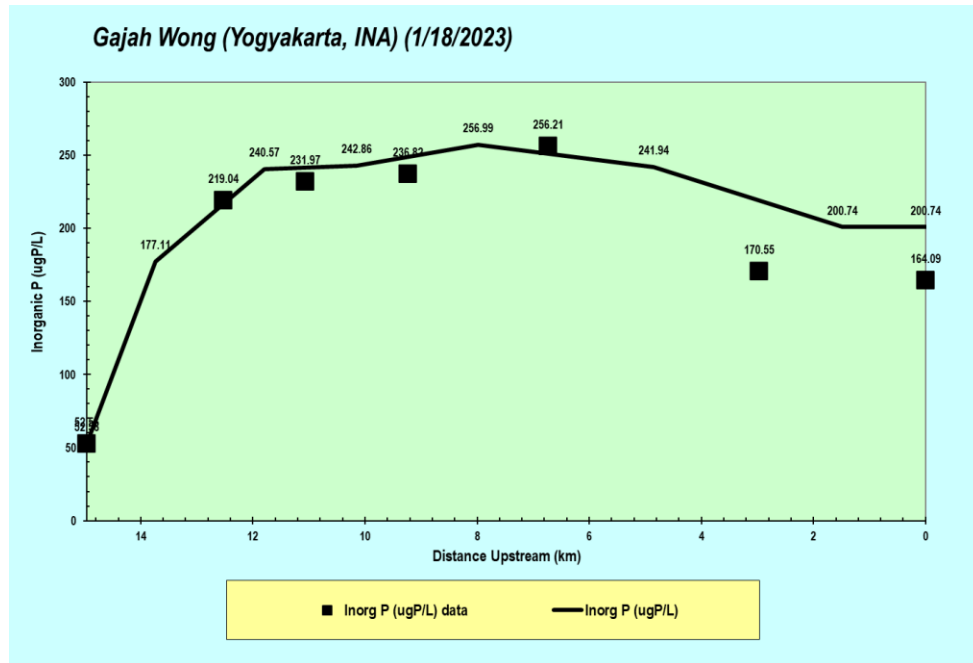
data yang ada. Hasil dari simulasi satu parameter amonia dan fosfat berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.10 Hasil Simulasi 1 Parameter Amonia

Gambar 4.10 menunjukkan hasil dari Simulasi 1 parameter ammonia. Hasil ini menunjukkan bahwa garis model (garis hitam) telah mengikuti dan mendekati titik hitam *trend* kondisi eksisting/lapangan dan menandakan bahwa model dapat diterima. Terdapat peningkatan konsentrasi amonia pada titik 3 yaitu Jembatan Muja - muju sebesar 0.172 mg/L atau 172 ug/L karena pada titik tersebut terdapat 2 sumber pencemar *point source* yang berasal dari limbah pabrik susu SGM dan saluran drainase. Pada titik 5 (Jembatan Tegal Gendu), konsentrasi amonia kembali mengalami peningkatan dengan nilai 0.147 mg/L atau 147 ug/L karena di lokasi tersebut didapati sumber pencemar *point source* berupa saluran drainase yang dijadikan satu pembuangan yang langsung masuk ke badan sungai. Penurunan konsentrasi amonia terjadi pada titik 4 (Jembatan Paleman) sebesar 0.109 mg/L atau 109 ug/L karena terdapat terjunan pada lokasi tersebut yang menyebabkan terjadinya proses aerasi sehingga konsentrasi amonia dapat menurun. Selain itu titik 6 (Jembatan Grojogan) juga mengalami penurunan konsentrasi amonia sebesar 0.095 mg/L atau 95 ug/L yang disebabkan oleh terjunan sungai yang memiliki ketinggian 6 m sehingga proses aerasi yang terjadi di terjunan tersebut dapat

menurunkan konsentrasi amonia, serta pada titik 6 tidak ditemukan adanya sumber pencemar.



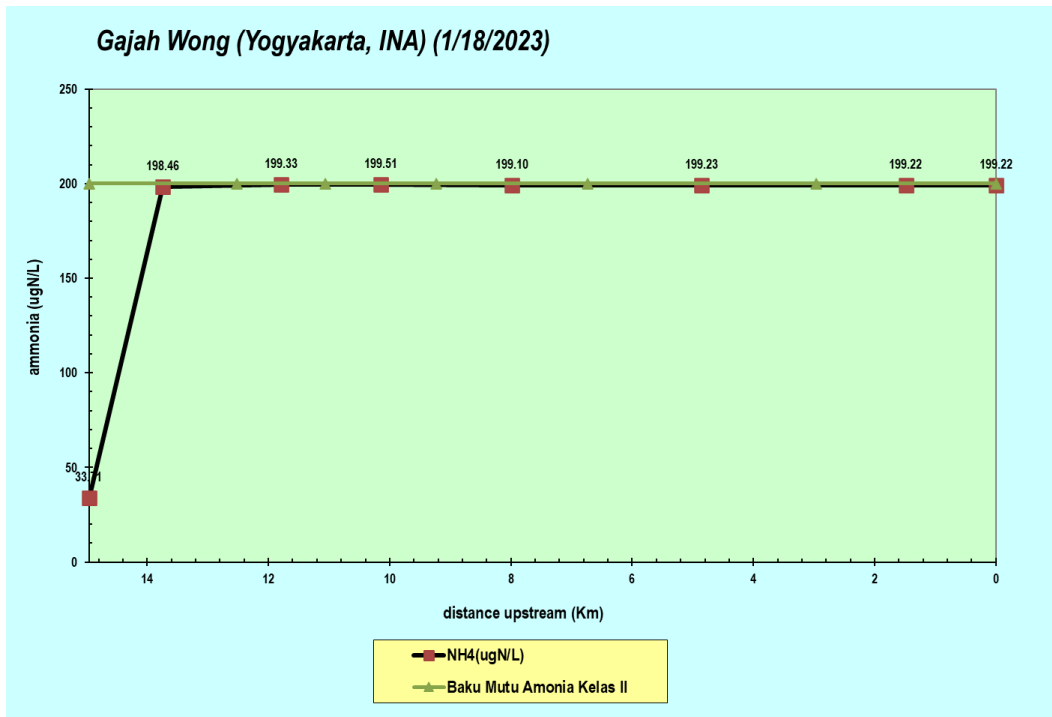
Gambar 4.11 Hasil Simulasi 1 Parameter Fosfat

Gambar 4.11 menampilkan grafik hasil simulasi 1 parameter fosfat. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa garis model (garis hitam) telah mengikuti dan mendekati *trend* dari titik data eksisting/lapangan (titik hitam). Pada simulasi ini, peningkatan konsentrasi fosfat terjadi pada titik 5 (Jembatan Tegal Gendu) sebesar 0.256 mg/L atau 256 ug/L, yang disebabkan terdapatnya sumber pencemar *point source* yang berasal dari saluran drainase. Salah satu penyumbang terbesar meningkatnya konsentrasi nilai fosfat di suatu perairan adalah limbah dari penggunaan deterjen rumah tangga.

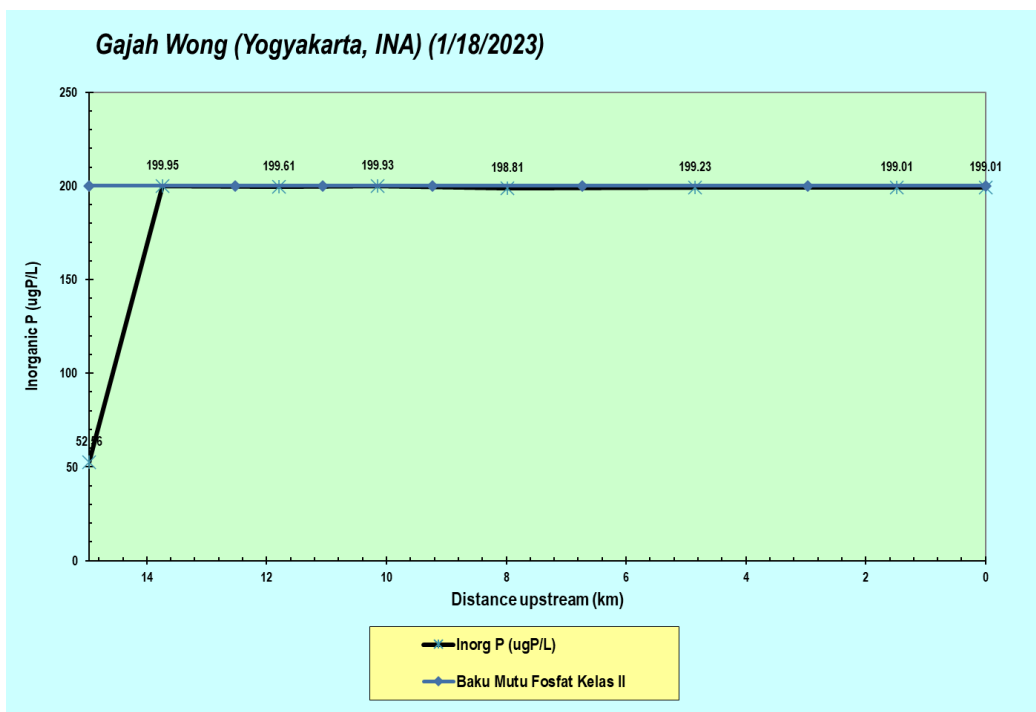
4.5.3.2 Simulasi 2 (Beban Pencemar Maksimum)

Simulasi 2 merupakan simulasi pembentukan model kualitas air yang memenuhi standar baku mutu Kelas II (PP Nomor 22 Tahun 2021), dengan konsentrasi amonia dan fosfat masing-masing sebesar 0.2 mg/L. Data dari *point source* dan *diffuse Source* diperoleh melalui proses *trial and error* sehingga hasilnya sesuai dengan standar baku mutu Kelas II. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengetahui berapa banyak beban pencemar yang diperbolehkan masuk ke

dalam air. Hasil simulasi 2 untuk parameter ammonia dan fosfat berturut-turut ditampilkan pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13.



Gambar 4.12 Hasil Simulasi 2 Parameter Amonia



Gambar 4.13 Hasil Simulasi 2 Parameter Fosfat

Gambar 4.12 dan 4.13 tersebut menunjukkan bahwa nilai *WQ Output* (Garis Hitam) parameter amonia dan fosfat seluruhnya mendekati dan berada di bawah baku mutu air sungai kelas II menurut PP Nomor 22 Tahun 2021. Hasil dari simulasi 2 ini nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai daya tampung beban pencemar air Sungai Gajahwong.

4.6 Analisis Daya Tampung Beban Pencemar

Hasil simulasi yang telah dilakukan, digunakan untuk menghitung beban cemar. *Sheet Source Summary* menunjukkan hasil simulasi, termasuk kondisi awal dan kondisi maksimum sungai. Data debit dan kadar pencemar untuk setiap segmen yang ditunjukkan dalam *Sheet Source Summary* akan digunakan untuk menghitung daya tampung.

4.6.1 Beban Pencemar

Hasil dari perhitungan beban pencemar dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12.

Tabel 4.11 Beban Pencemar Simulasi 1

| Segmen | Distance (Km) | | Amonia (kg/day) | Fosfat (kg/hari) |
|--------|---------------|------------|-----------------|------------------|
| | Upstream | Downstream | | |
| 1 | 14,96 | 12,52 | 8.11 | 16.86 |
| 2 | 12,52 | 11,06 | 30.44 | 30.95 |
| 3 | 11,06 | 9,23 | 5.54 | 11.93 |
| 4 | 9,23 | 6,73 | 60.73 | 19.05 |
| 5 | 6,73 | 2,97 | 8.29 | 3.31 |
| 6 | 2,97 | 0 | 6.68 | 0.47 |

Tabel 4.12 Beban Pencemar Simulasi 2

| Segmen | Distance (Km) | | Amonia (kg/day) | Fosfat (kg/hari) |
|--------|---------------|------------|-----------------|------------------|
| | Upstream | Downstream | | |
| 1 | 14,96 | 12,52 | 21.27 | 19.39 |
| 2 | 12,52 | 11,06 | 21.06 | 19.82 |
| 3 | 11,06 | 9,23 | 42.07 | 9.49 |
| 4 | 9,23 | 6,73 | 48.62 | 11.63 |
| 5 | 6,73 | 2,97 | 52.22 | 6.79 |
| 6 | 2,97 | 0 | 90.68 | 14.71 |

4.6.2 Daya Tampung Beban Pencemar

Hasil perhitungan daya tampung dapat dilihat pada Tabel 4.13.

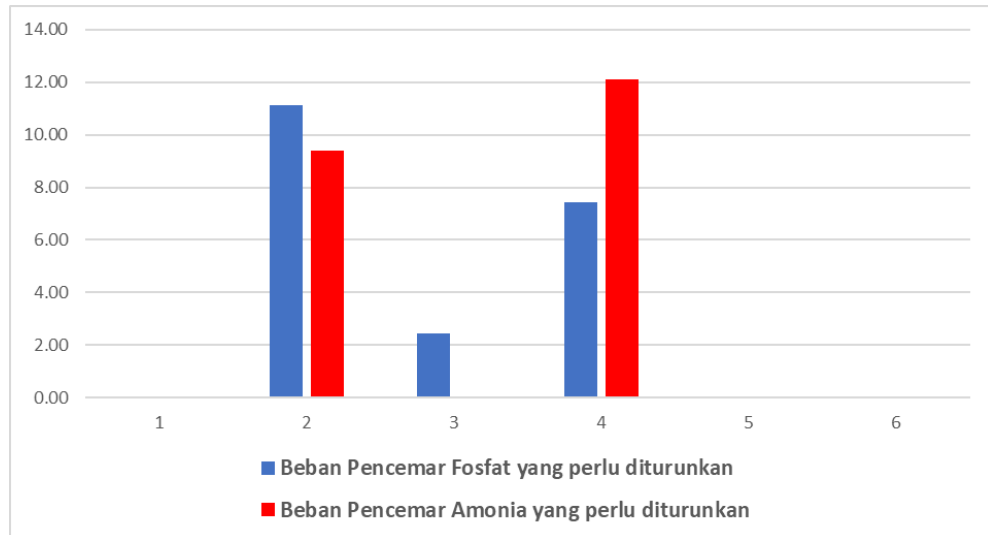
Tabel 4.13 Daya Tampung Beban Pencemar

| Segmen | Distance (Km) | | Amonia (kg/hari) | Fosfat (kg/hari) |
|--------|---------------|------------|------------------|------------------|
| | Upstream | Downstream | | |
| 1 | 14,96 | 12,52 | 13.16 | 2.53 |
| 2 | 12,52 | 11,06 | -9.38 | -11.13 |
| 3 | 11,06 | 9,23 | 36.52 | -2.44 |
| 4 | 9,23 | 6,73 | -12.11 | -7.41 |
| 5 | 6,73 | 2,97 | 43.94 | 3.48 |
| 6 | 2,97 | 0 | 84.00 | 14.24 |

Berdasarkan Tabel 4.13, daya tampung beban pencemar amonia pada segmen 1, 3, 5, dan 6 telah memenuhi nilai daya tampung beban pencemar sedangkan pada segmen 2 dan 4 melebihi nilai daya tampung dan harus dilakukan penurunan beban pencemar. Sementara itu, parameter fosfat di segmen 1, 5, dan 6 telah memenuhi nilai daya tampung sedangkan segmen 2 sampai 4 melebihi daya tampung beban pencemar dan harus dilakukan penurunan beban pencemar.

4.7 Penurunan Beban Pencemar

Hasil analisis daya tampung beban pencemar menunjukkan adanya jumlah beban pencemar yang melampaui daya tampung pada parameter amonia di segmen 2 dan 4 sementara parameter fosfat di segmen 2 sampai 4. Hal ini disebabkan karena pada segmen 2 terdapat sumber pencemar *point source* dari limbah pabrik susu SGM dan saluran drainase, kemudian untuk segmen 3 dan 4 juga terdapat sumber pencemar *point source* yang berasal dari limbah industri kulit. Gambar 4.14 berikut merupakan grafik dari nilai amonia dan fosfat yang melebihi daya tampung.



Gambar 4.14 Nilai Amonia dan Fosfat yang melebihi daya tampung

Berdasarkan Gambar 4.14, beban pencemar amonia yang melebihi daya tampung terdapat pada segmen 2 dan 4 sedangkan beban pencemar fosfat yang melebihi daya tampung pada segmen 2 sampai 4. Penurunan nilai beban pencemar amonia dan fosfat harus dilakukan agar beban pencemar amonia dan fosfat dapat memenuhi nilai daya tampung beban pencemar di Sungai Gajahwong. Beban pencemar amonia untuk segmen 2 harus diturunkan sebesar 9.38 kg/hari, dan segmen 4 harus diturunkan sebesar 12.11 kg/hari, sedangkan beban pencemar fosfat untuk segmen 2 harus diturunkan sebesar 11.13 kg/hari, segmen 3 sebesar 2.44 kg/hari, dan segmen 4 sebesar 7.41 kg/hari. Berikut strategi penurunan beban pencemar amonia dan fosfat pada segmen yang perlu dilakukan penurunan beban pencemar.

Tabel 4.14 Strategi Penurunan Kadar Amonia yang melebihi DTBP

| Segmen | Amonia yang harus diturunkan (kg/hari) | Sumber Pencemar | Strategi Penurunan |
|--------|--|---|---|
| 2 | 9.38 | Limbah <i>Mall</i> Amplaz, saluran drainase, limbah domestik dan pertanian. | a) Proses Fitoremediasi dengan penanaman Eceng Gondok sebagai biofilter penyerap zat berbahaya pada amonia. |
| 4 | 12.11 | Limbah Penyamakan Kulit. | b) Pembangunan IPAL biologis dengan |

| Segmen | Amonia yang harus diturunkan (kg/hari) | Sumber Pencemar | Strategi Penurunan |
|--------|--|-----------------|-------------------------------------|
| | | | teknologi <i>anaerobic system</i> . |

Berdasarkan tabel 4.14 diatas, terdapat dua strategi penurunan beban pencemar amonia yang melebihi daya tampung di Sungai Gajahwong. Penanaman eceng gondok sebagai biofilter untuk menyerap zat-zat berbahaya dalam lingkungan dapat mengurangi jumlah amonia dalam air limbah. Penurunan kadar amonia oleh eceng gondok juga terbantu melalui proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme. Eceng gondok juga memiliki kemampuan untuk bertahan hidup dalam kondisi konsentrasi amonia yang melebihi standar baku mutu yang ditetapkan (Vidyawati dkk, 2019). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nurdin dkk, 2020, kadar amonia dalam air limbah rumah tangga dapat menurun dari 4,08 ppm menjadi 0,29 ppm dengan menggunakan teknologi *fito-biofilm* yang memiliki efisiensi tertinggi (92,76%). Proses ini melibatkan perendaman 5 batang eceng gondok dengan berat total 32,50 gram dan 200 *bioball* ke dalam 10 liter air limbah rumah tangga selama 24 jam, sehingga memenuhi standar kualitas air yang telah ditetapkan.

Strategi penurunan beban pencemar amonia selanjutnya adalah dengan membangun IPAL biologis, menurut penelitian yang dilakukan oleh Quraini dkk, 2022, pembangunan IPAL biologis dengan menggunakan teknologi sistem anaerobik yang terdiri dari modul inlet, bak sedimentasi, filter anaerobik, reaktor anaerobik berdinding berlubang (ABR), dan filtrasi menggunakan arang, telah menunjukkan hasil yang positif. Efisiensi proses penyisihan amonia dapat mencapai rentang 79% hingga 43%.

Tabel 4.15 Strategi Penurunan Kadar Fosfat yang melebihi DTBP

| Segmen | Fosfat yang harus diturunkan (kg/hari) | Sumber Pencemar | Strategi Penurunan |
|--------|--|---|---|
| 2 | 11.13 | Limbah <i>Mall</i> Amplaz, saluran drainase, limbah domestik dan pertanian. | a) Melakukan Fitoremediasi menggunakan eceng gondok. b) Pembangunan IPAL Biologis yang menggunakan reaktor <i>fito-biofilm</i> . |
| 3 | 2.44 | Limbah pabrik susu, saluran drainase dan pertanian. | |
| 4 | 7.41 | Limbah Penyamakan Kulit. | |

Berdasarkan tabel 4.15 diatas, terdapat dua strategi penurunan beban pencemar fosfat yang melebihi daya tampung beban pencemar di Sungai Gajahwong. Strategi penurunan kadar fosfat yang pertama yaitu dengan melakukan fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*eichhornia crassipes*). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Stefhany dkk. (2013) efisiensi pengurangan kadar fosfat dengan menggunakan eceng gondok selama 20 hari dapat mencapai 71,65%, hal ini disebabkan karena eceng gondok memiliki bakteri aktif pada akarnya yang dapat menyerap fosfat, sehingga kadar fosfat dapat menurun dengan signifikan.

Strategi penurunan fosfat selanjutnya adalah dengan membangun IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) biologis yang menggunakan reaktor *fito-biofilm*. Teknologi *fito-biofilm* menggunakan tumbuhan air dan media *biofilm* sebagai filter biologis untuk menurunkan konsentrasi polutan. Kombinasi tanaman eceng gondok dan media biofilm merupakan salah satu representasi *fito-biofilm* yang dapat digunakan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Utami, (2018) efisiensi penurunan kadar fosfat pada IPAL yang menggunakan reaktor *fito-biofilm* dapat mencapai 92.20% setelah mencapai proses pengolahan selama 24 jam. Proses penurunan kadar fosfat pada pengolahan ini disebabkan karena penyerapan kadar fosfat oleh eceng gondok yang disertai aktifitas mikroorganisme yang terdapat pada lapisan *biofilm*. Media dari reaktor *fito-biofilm* dapat menggunakan kombinasi

antara eceng gondok dengan pecahan genting. Nantinya limbah akan disalurkan terlebih dahulu pada media pecahan genting dan pasir hitam sebelum dialirkan masuk kedalam reaktor *fito-biofilm*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan analisis beban pencemar serta daya tampung beban pencemar amonia dan fosfat di Sungai Gajahwong maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kualitas air Sungai Gajahwong pada setiap titik pengambilan sampel berdasarkan parameter amonia dan fosfat apabila dibandingkan dengan baku mutu air kelas II PP Nomor 22 Tahun 2021, diperoleh hasil sebagai berikut:
 - a. Parameter amonia dari titik 1 sampai 7 telah memenuhi baku mutu amonia air kelas II menurut PP Nomor 22 Tahun 2021 sebesar 0.2 mg/L.
 - b. Parameter fosfat dari titik 1 sampai 7 belum sepenuhnya memenuhi baku mutu fosfat air kelas II menurut PP Nomor 22 Tahun 2021 sebesar 0,2 mg/L. Konsentrasi fosfat yang melebihi baku mutu berada pada titik 2 sampai titik 5.
2. Daya tampung beban pencemar amonia dan fosfat di Sungai Gajahwong adalah sebagai berikut:
 - a. Parameter amonia pada segmen 1, 3, 5, dan 6 telah memenuhi nilai daya tampung dengan nilai daya tampung berturut - turut adalah sebagai berikut: 13,16 kg/hari, 36,52 kg/hari, dan 43,94 kg/hari, dan 84 kg/hari. Sedangkan pada segmen 2 dan 4 melebihi nilai daya tampung beban pencemar yaitu sebesar -9,38 kg/hari dan -12,11 kg/hari.
 - b. Parameter fosfat dari segmen 2 sampai 4 melebihi nilai daya tampung beban pencemar yaitu segmen 2 sebesar -11,13 kg/hari, segmen 3 sebesar -2,44 kg/hari, dan segmen 4 sebesar -7,41 kg/hari, sementara untuk segmen 1, 5 dan 6 sudah memenuhi nilai daya tampung dengan nilai berturut – turut sebesar 2,53 kg/hari, 3,48 kg/hari dan 14,24 kg/hari.
3. Penurunan beban pencemar amonia dan fosfat harus dilakukan, untuk beban pencemar amonia harus dilakukan penurunan pada segmen 2 dan 4 sebagai berikut: segmen 2 harus dilakukan penurunan beban pencemar sebesar 9,38 kg/hari, dan segmen 4 sebesar 12,11 kg/hari. Sedangkan untuk beban pencemar

fosfat perlu diturunkan pada segmen 2 sampai 4 sebagai berikut; segmen 2 harus diturunkan sebesar 11,13 kg/hari, segmen 3 sebesar 2,44 kg/hari, dan segmen 4 sebesar 7,41 kg/hari.

1.2 Saran

Menurut penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat dipertimbangkan dalam penelitian-penelitian yang akan dilakukan selanjutnya khususnya mengenai analisis daya tampung beban pencemar di Sungai Gajahwong, yaitu:

1. Diperlukan adanya data-data primer di *website* terkait sumber pencemar *point source* dan *diffuse source* yang masuk ke dalam aliran sungai Gajahwong.
2. Dibutuhkan adanya pemantauan kualitas air sungai Gajahwong secara kontinyu, seperti setiap satu bulan sekali, sehingga pemantauan terhadap kualitas air sungai Gajahwong mendapatkan data yang akurat dan dapat digunakan untuk penelitian analisis daya tampung sungai Gajahwong ke depannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliffia, A., & Karnaningroem, N. 2019. Simulation of Pollution Load Capacity using QUAL2Kw Model in Kali Surabaya River (Cangkir-Sepanjang segment). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 259(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/259/1/012019>.
- Anwariyani, D. 2019. Pengaruh Air Limbah Domestik terhadap Kualitas Sungai. <https://doi.org/10.31227/osf.io/8nxsj>
- Agustiningsih, D. 2012. Analisis Kualitas Air dan Beban Pencemaran Berdasarkan Penggunaan Lahan di Sungai Blukar Kabupaten Kendal. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 30 – 37.
- Agustiningsih, D., Sasongko, S.B., & Sudarno. 2012. Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal. *Jurnal Presipitasi* 9(2), 64-71.
- Ahdiaty, R., & Fitriana, D. 2020. Pengambilan Sampel Air Sungai Gajah Wong di Wilayah Kota Yogyakarta. *Ind. J. Chem. Anal.*, 3(2), 65-73.
- Ahmad Kamal, N., Muhammad, N. S., & Abdullah, J. (2020). Scenario-based pollution discharge simulations and mapping using integrated QUAL2K-GIS. *Environmental Pollution*, 259, 113909. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.113909>
- Alfilaili, F. N. 2020. Perbandingan Berbagai Metode Penentuan Status Mutu Air di Situ Cibuntu, Cibinong, Bogor, Jawa Barat. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Arie, U. (2009). Panen Bawal 40 hari. Perpustakaan KKP; Penebar Swadaya. http://perpustakaan.kkp.go.id/union/index.php?p=show_detail&id=61676
- Azizah, M., & Humairoh, M. 2017. Analisis Kadar Amonia (Nh3) dalam Air di Sungai Cileungsi. *Jurnal Nusa Sylva*, 15(1), 47–54.
- Baherem. 2014. Strategi Pengelolaan Sungai Berdasarkan Daya Tampung Beban Pencemaran dan Kapasitas Asimilasi, Studi Kasus: Sungai Cibanten Provinsi Banten. *Tesis*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Chapra, S.C. & Pelletier, G.J. 2008. QUAL2K: A modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality (Beta Version): Documentation and Theory. Civil and Environmental Engineering Dept. Tufts University.
- Dharma, I. S., Suyasa, B., & Wayan, I. 2017. Daya Tampung Beban Pencemar

Sungai Badung di Desa Dauh Puri Kota Denpasar dengan Model QUAL2Kw. *Ecotrophic*, 11(2), 377749.

Ebeling, JM., Timmons, M., & Bisogni J.J. 2006. Engineering Analysis of The Stoichiometry of Photoautotrophic, Autotrophic and Heterotrophic Removal of Ammonia-Nitrogen in Aquaculture Systems. *Aquaculture*, 257(1-4), 346- 358.

Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta : Kanisius.

Fadly. 2008. “Daya Tampung Dan Daya Dukung Sungai Ciliwung Dan Strategi Pengelolaannya.” 1–64.

Fajaruddin, A. H., Solichin, M., & Prayogo, T. B. 2018. Studi Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Brantas Ruas Kota Malang Dengan Menggunakan Paket Program QUAL2Kw. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Pengairan*, 1(2).

Fathurrahman, F., & Aunurohim, A. 2014. Kajian Komposisi Fitoplankton dan Hubungannya dengan Lokasi Budidaya Kerang Mutiara (*Pinctada Maxima*) Di Perairan Sekotong, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 3(2), E93 – E98.

Fatmawati, R., Masrevaniah, A., & Solichin, M. 2013. Kajian Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowo dengan Menggunakan Paket Program Qual2kw. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 3(2), 122 – 131.

Fachrurazie, Chairil. 2005. “Tinjauan Debit Aliran Pada Saluran Utama Jaringan Irigasi Riam Kanan Sub Area A Untuk Pertanian, Perikanan Dan PDAM.” *Media Komunikasi Teknik Sipil* 13(2):20–26.

Green, Jenny. 2018. How do Phosphates Affect Water Quality. Diakses tanggal 7 Agustus 2023 dari <https://sciencing.com/phosphates-affect-waterquality4565075.html>

Hardhaka, T. 2019. Analisis Kualitas Air Sungai Gajah Wong Daerah Istimewa Yogyakarta Menggunakan Metode Biotilik. Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.

Haq, D. 2021. Analisis Daya Tampung Beban Cemar TSS dan Fosfat di Bagian Tengah Sungai Winongo dengan Metode Qual2Kw. *Skripsi*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Irsanda, P. G. R., Karnaningroem, N., & Bambang, D. 2014. Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Pelayaran Kabupaten Sidoarjo dengan Metode QUAL2Kw. *Jurnal Teknik POMITS*, 3(1), 2337 – 3539.

- Jang, J.D., Barford, J.P., Lindawati., & Renneberg. R. 2004. Application of Biochemical Oxygen Demand (BOD) Biosensor for Optimization of Biological Carbon and Nitrogen Removal from Synthetic Wastewater in a Sequencing Batch Reactor System. *Biosensors and Bioelectronics*, 19, 805-812.
- Jati, M. A. (2022). Studi Kadar Fosfat (total, Polifosfat Dan Ortofosfat) Pada Daerah Aliran sungai Lamat Kecamatan muntilan. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 9(2), 98. <https://doi.org/10.31258/dli.9.2.p.98-106>.
- Juwitanti, E., Soedarsono, P., & Ain, C. (2013). KANDUNGAN NITRAT DAN FOSFAT AIR PADA PROSES PEMBUSUKAN ECENG GONDOK (Eichhornia sp.) (Skala Laboratorium). *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 2(4), 46–52. <https://doi.org/10.14710/marj.v2i4.4267>
- Kannel, P. R., Lee, S., Lee, Y. S., Kanel, S. R., Pelletier, G. J., & Kim, H. 2007. Application of automated QUAL2Kw for Water Quality Modeling and Management in the Bagmati River, Nepal. *Ecological Modelling*, 202(3–4), 503–517. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.12.033>
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomer 51 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.
- Khoiriyah, D. R. A. N. 2021. Analisis Daya Tampung Beban Pencemar Amonia dan Nitrat di Sungai Winongo dengan Metode Qual2Kw. *Skripsi*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Kumar, A., Jung, H., Diricx, M., Kumar, V., Darras, V. M., Blust, R., & De Boeck, G. 2012. Combined effects of high environmental ammonia, starvation and exercise on hormonal and ion-regulatory response in goldfish (*Carassius auratus* L.). *Aquatic Toxicology*, 114–115, 153–164. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.02.027>
- Kurniawan & Azizi, N. M. 2010. Pemetaan kualitas Air Sepanjang Sungai Code Meliputi Parameter TSS, pH, dan COD. Teknik Lingkungan. Universitas Islam Indonesia.
- Legasari, L., Wijayanti, F., Oktaria, M., & Miarti, A. (2023). Analisis Kadar Fosfat Pada Air Sungai Menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis. 6(2), 59–64.
- Lestari, A.D.N., Sugiharto, E., & Siswanta, D. 2013. Aplikasi Model Qual2kw untuk Menentukan Strategi Penanggulangan Pencemaran Air Sungai Gajahwong yang Disebabkan oleh Bahan Organik Manusia dan Lingkungan, 20, 284-293.
- Loftus, C., Yost, M., Sampson, P., Torres, E., Arias, G., Breckwich Vasquez, V., Hartin, K., Armstrong, J., Tchong-French, M., Vedal, S., Bhatti, P., & Karr,

C. (2015). Ambient Ammonia Exposures in an Agricultural Community and Pediatric Asthma Morbidity. *Epidemiology*, 26(6), 794–801. <https://doi.org/10.1097/ede.0000000000000368>

Lumaela AK., Otok BW., & Sutikno. 2013. Pemodelan Chemical Oxygen Demand (COD) Sungai di Surabaya dengan Metode Mixed Geographically Wighted Regression. *Jurnal Sains dan Seni Pomit*, 2, D100-D105.

Lusiana, N., Sulianto, A. A., Devianto, L. A., & Sabina, S. (2020). Determination of Water Pollution Index and Pollution Load Capacity Using QUAL2Kw Software (Case Study of Brantas River, Malang City). *Journal of Territories and The Environment*, 8(2), 161–176. <https://doi.org/10.14710/jwl.8.2.161-176>

Marlina, N., Hudori, & Hafidh, R. 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*, 9(2): 122-133.

Marlina, N., Kasam, K., & Juliani, A. 2015. Evaluasi Daya Tampung Terhadap Beban Pencemar Menggunakan Model Kualitas Air (Studi Kasus: Sungai Winongo). *Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship (AJIE)*, 4(2), 78–86.

Mauliana, Yunita, Mirnanda Cambodia, Lilik Ariyanto, and Elza Novilyansa. 2022. “Analisis Ketersediaan Dan Kebutuhan Air Pada DAS Besai Di Wilayah Sungai Tulang Bawang Berdasarkan Neraca Air Analysis of Water Supply and Demand in the Besai Watershed in the Tulang Bawang River Basin Based on Water Balance.” *Jurnal Teknik Sains* 07.

McSpadden, L.M. 1999. Effluent Standards. In : *Environmental Geology. Encyclopedia of Earth Science*. Springer, Dordrecht.

Muchtar, M., & Simanjuntak. 2008. Karakteristik dan Fluktuasi Zat Hara Fosfat, Nitrat dan Derajat Keasaman (pH) di Estuary Cisadane pada Musim yang Berbeda. Dalam: Ruyitno, A., Syahailatua, M., Muchtar, Pramudji, Sulistijo, Susana, T. (Editor). *Ekosistem Estuari Cisadane*: LIPI: 139-148.

Ngibad, K. 2019. Analisis Kadar Fosfat dalam Air Sungai Ngelom Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medik, Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Maarif Hasyim Latif. Sidoarjo.

Nuraini, E. & Sunardi. 2010. Kualitas Lingkungan Sungai Code dan Gajahwong Ditinjau dari Kadar Cu dan Cr dalam Cuplikan Sedimen. *Pros. Pertem. Ilm. XXIV HFI Jateng dan DIY* 328–338.

- Nuraya, Tia, Dahlia Wulan Sari, and Elliska Murni Harfinda. 2022. "Analisis Kandungan Nitrat Dan Fosfat Di Perairan Parit Baru, Kubu Raya, Kalimantan Barat." *Manfish Journal* 2(3):114–18.
- Nurdin, M. Ilham, Arifah Sukasri, and Jeanne Damayanti. 2020. "Efisiensi Penggunaan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Dengan Media Biofilter Bio-Ball Pada Teknologi Fito-Biofilm Dalam Penurunan Kadar Amonia Pada Limbah Cair Domestik." 93–97.
- Oliveira, B., Bola, J., Nadais, H., & Arroja, L. 2011. Application of Qual2Kw Model as a Tool for Water Quality Management, Certima River as a Case Study. *Environ Monit Assess.*, 184(10): 6197-210.
- Patty, S . I. 2015. Karakteristik Fosfat, Nitrat dan Oksigen Terlarut di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 2(1). 1-7.
- Pelletier, G., & Chapra, S. 2008. QUAL2Kw Theory and Documentation. Washington : Environmental Assessment Program Olympia.
- Peraturan Gubernur DIY Nomor 22 Tahun 2007 tentang Penetapan Kelas Air Sungai Di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Pedoman Penerapan Daya Tampung Beban Pencemar pada Sumber Air. Kementrian Lingkungan Hidup: Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai.
- Pramleonita, M., Yuliani, N.N., Arizal, R., & Wardoyo, S.E. (2018). PARAMETER FISIKA DAN KIMIA AIR KOLAM IKAN NILA HITAM (*Oreochromis niloticus*).
- Putra, T. K., Sulistyani, Raharjo, M., & Suhartono. (2018). Efektivitas Penurunan Kadar Amoniak Dan Kadar Fosfat Di Instalasi Pengolahan Air Limbah Rsud Sunan Kalijaga Demak. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 6(1), 680–684.
- Risyanto & Widyastuti, M. 2004. Pengaruh Perilaku Penduduk dalam Membuang Limbah terhadap Kualitas Air Sungai Gajahwong. *Journal of People and Environment*, 11(2):73-85.
- Rumhayati, B. 2010. Studi Senyawa Fosfat dalam Sedimen dan Air menggunakan Teknik Diffusive Gradient in Thin Films (DGT). Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya. Malang.

- Sastrawijaya. 2002. Perencanaan Lingkungan. Penerbit PT Rinika Cipta, Cetakan kedua. Jakarta.
- Setiawan, A. D., Widyastuti, M., & Hadi, M. P. 2018. Water Quality Modeling for Pollutant Carrying Capacity Assessment using Qual2Kw in Bedog River. *Indonesian Journal of Geography*, 50(1), 49 – 56.
- SNI 6989.11:2019 tentang Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan pH meter.
- SNI 03-6989 23-2005 tentang Cara uji suhu dengan termometer.
- SNI 06-6989 30-2005 tentang Cara Uji kadar Ammonia dengan spektrofotometer secara fenat.
- SNI 06-6989:31-2021 tentang Cara Uji kadar fosfat dengan spektrofotometer secara asam askorbat.
- SNI 8066:2015 tentang Tata cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka menggunakan alat ukur arus dan pelampung.
- Staddal I., Haridjaja O., & Hidayat Y. 2016. Analisis Debit Aliran Sungai DAS Bila Sulawesi Selatan. *Jurnal Sumber Daya Air*, 12(2), 117 – 130.
- Stefhany, C. A., Sutisna, M., & Pharmawati, K. (2013). Reka Lingkungan ©Teknik Lingkungan Itenas | No Fitoremediasi Phospat dengan menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) pada Limbah Cair Industri kecil Pencucian Pakaian (Laundry). *Reka Lingkungan ©Teknik Lingkungan Itenas | No Fitoremediasi Phospat Dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (Laundry)*, 1(1), 13–23.
- Tian, S., Wang, Z., & Shang, H. 2011. Study on the self-purification of Juma River. *Procedia Environmental Science*, 11, 1328-1333.
- Ulgodry, T. Z., Yulisman, Syahdan, M., & Santoso. 2010. Karakteristik dan Sebaran Nitrat, Fosfat dan Oksigen Terlarut di Perairan Karimunjawa Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Sains*, 13(1D), 35 – 41.
- Utami, A. R. (2018). Penurunan Kadar Fosfat Dalam Limbah Rumah Sakit Dengan Menggunakan Reaktor Fitobiofilm. *Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri*, 3(1). <https://doi.org/10.36048/jtpii.v3i1.4185>
- Vidyawati, Dwi Savitri, and Herlina Fitrihidajati. 2019. “Pengaruh Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Melalui Pengenceran Terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu.” *Jurnal Unesa Lentera Bio* 8(2):113–19.
- Wahyuningsih, S., & Gitarama, A.M. 2020. Amonia pada Sistem Budidaya Ikan.

Syntax Literate, Jurnal Ilmiah Indonesia. 5(2), 112-125.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Lampiran 6 Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

LAMPIRAN VI
PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 22 TAHUN 2021
TENTANG
PENYELENGGARAAN PERLINDUNGAN DAN
PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP

BAKU MUTU AIR NASIONAL

I. BAKU MUTU AIR SUNGAI DAN SEJENISNYA

| No | Parameter | Unit | Kelas 1 | Kelas 2 | Kelas 3 | Kelas 4 | Keterangan |
|----|------------------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---|
| 1. | Temperatur | °C | Dev 3 | Dev 3 | Dev 3 | Dev 3 | Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan air |
| 2. | Padatan terlarut total (TDS) | mg/L | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 2.000 | Tidak berlaku untuk muara |
| 3. | Padatan tersuspensi total (TSS) | mg/L | 40 | 50 | 100 | 400 | |
| 4. | Warna | Pt-Co Unit | 15 | 50 | 100 | - | Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya) |
| 5. | Derajat keasaman (pH) | | 6-9 | 6-9 | 6-9 | 6-9 | Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya) |
| 6. | Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD) | mg/L | 2 | 3 | 6 | 12 | |

7. Kebutuhan . . .

SK No 097089 A



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 2 -

| No | Parameter | Unit | Kelas 1 | Kelas 2 | Kelas 3 | Kelas 4 | Keterangan |
|-----|---------------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|--|
| 7. | Kebutuhan oksigen kimiawi (COD) | mg/L | 10 | 25 | 40 | 80 | |
| 8. | Oksigen terlarut (DO) | mg/L | 6 | 4 | 3 | 1 | Batas minimal |
| 9. | Sulfat (SO_4^{2-}) | mg/L | 300 | 300 | 300 | 400 | |
| 10. | Klorida (Cl^-) | mg/L | 300 | 300 | 300 | 600 | |
| 11. | Nitrat (sebagai N) | mg/L | 10 | 10 | 20 | 20 | |
| 12. | Nitrit (sebagai N) | mg/L | 0,06 | 0,06 | 0,06 | - | |
| 13. | Amoniak (sebagai N) | mg/L | 0,1 | 0,2 | 0,5 | - | |
| 14. | Total Nitrogen | mg/L | 15 | 15 | 25 | - | |
| 15. | Total Fosfat (sebagai P) | mg/L | 0,2 | 0,2 | 1,0 | - | |
| 16. | Fluorida (F^-) | mg/L | 1 | 1,5 | 1,5 | - | |
| 17. | Belerang sebagai H_2S | mg/L | 0,002 | 0,002 | 0,002 | - | |
| 18. | Sianida (CN^-) | mg/L | 0,02 | 0,02 | 0,02 | - | |
| 19. | Klorin bebas | mg/L | 0,03 | 0,03 | 0,03 | - | Bagi air baku air minum tidak dipersyaratkan |
| 20. | Barium (Ba) terlarut | mg/L | 1,0 | - | - | - | |
| 21. | Boron (B) terlarut | mg/L | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | |
| 22. | Merkuri (Hg) terlarut | mg/L | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,005 | |
| 23. | Arsen (As) terlarut | mg/L | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,10 | |
| 24. | Selenium (Se) terlarut | mg/L | 0,01 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | |
| 25. | Besi (Fe) terlarut | mg/L | 0,3 | - | - | - | |
| 26. | Kadmium (Cd) terlarut | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | |

27. Kobalt . . .

Lampiran 2. Dokumentasi Kegiatan *Sampling*





Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan Laboratorium



Lampiran 4. Worksheet QUAL2Kw

a. Data Reach

| Reach for diel plot: | | <----- change diel plots to this reach | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|--|------------|----------|-----------|---------------------|--------------|----------------|---------|------------|---------|---------|---------|---------|
| Reach | Downstream | Reach length | Downstream | | | Downstream location | Elevation | | | Downstream | | | | |
| Label | end of reach label | Number | (km) | Latitude | Longitude | (km) | Upstream (m) | Downstream (m) | Degrees | Minutes | Seconds | Degrees | Minutes | Seconds |
| | Headwater | 0 | | 7.76 | 110.39 | 14.960 | | 149.000 | 7.00 | 45 | 45 | 110.00 | 23 | 38 |
| Segmen 1 | Titik 2 | 1 | 2.44 | 7.78 | 100.40 | 12.520 | 149.000 | 120.000 | 7.00 | 46 | 59 | 100.00 | 23 | 48 |
| Segmen 2 | Titik 3 | 2 | 1.46 | 7.80 | 110.40 | 11.060 | 120.000 | 96.000 | 7.00 | 48 | 8 | 110.00 | 23 | 51 |
| Segmen 3 | Titik 4 | 3 | 1.83 | 7.81 | 110.39 | 9.230 | 96.000 | 83.000 | 7.00 | 48 | 50 | 110.00 | 23 | 36 |
| Segmen 4 | Titik 5 | 4 | 2.50 | 7.83 | 110.39 | 6.730 | 83.000 | 76.000 | 7.00 | 49 | 37 | 110.00 | 23 | 37 |
| Segmen 5 | Titik 6 | 5 | 3.76 | 7.84 | 110.40 | 2.970 | 76.000 | 62.000 | 7.00 | 50 | 37 | 110.00 | 23 | 44 |
| Segmen 6 | Titik 7 | 6 | 2.97 | 7.87 | 110.39 | 0.000 | 62.000 | 45.000 | 7.00 | 52 | 8 | 110.00 | 23 | 41 |

| Reach for diel plot: | | <----- change diel plots to this reach | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|--|------------|----------|-----------|---------------|-----------|-------------|------------|------------|--|
| Reach | Downstream | Reach length | Downstream | | | Channel Slope | Manning n | Bot Width m | Side Slope | Side Slope | |
| Label | end of reach label | Number | (km) | Latitude | Longitude | | | | | | |
| | Headwater | 0 | | 7.76 | 110.39 | 0.005 | 0.0400 | 7.90 | 0.00 | 0.00 | |
| Segmen 1 | Titik 2 | 1 | 2.44 | 7.78 | 100.40 | 0.04 | 0.0400 | 16.30 | 0.00 | 0.00 | |
| Segmen 2 | Titik 3 | 2 | 1.46 | 7.80 | 110.40 | 0.006 | 0.0400 | 5.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Segmen 3 | Titik 4 | 3 | 1.83 | 7.81 | 110.39 | 0.0002 | 0.0400 | 13.35 | 0.00 | 0.00 | |
| Segmen 4 | Titik 5 | 4 | 2.50 | 7.83 | 110.39 | 0.007 | 0.0400 | 9.40 | 0.00 | 0.00 | |
| Segmen 5 | Titik 6 | 5 | 3.76 | 7.84 | 110.40 | 0.004 | 0.0400 | 18.30 | 0.00 | 0.00 | |
| Segmen 6 | Titik 7 | 6 | 2.97 | 7.87 | 110.39 | 0.004 | 0.0400 | 10.20 | 0.00 | 0.00 | |

b. Data Reach Rates

| Reach number | Reach label | Ammonium Nitrification Rate /d |
|--------------|-------------|--------------------------------|
| 1 | Segmen 1 | 0.1 |
| 2 | Segmen 2 | 0.1 |
| 3 | Segmen 3 | 0.5 |
| 4 | Segmen 4 | 1.2 |
| 5 | Segmen 5 | 0.6 |
| 6 | Segmen 6 | 1.4 |

c. Data Point source

| Name | Location (km) | Point | Point | Temperature | | | Ammonia N | | |
|--------------------|---------------|------------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|---------------|-------------|
| | | Abstraction m3/s | Inflow m3/s | mean °C | range/2 °C | time of max | mean ugN/L | range/2 ugN/L | time of max |
| Anak Sungai | 12.90 | | 0.68 | 28.00 | | | 138.00 | | |
| PS 1 (Mall Amplaz) | 12.50 | | 0.24 | 28.00 | | | 962.25 | | |
| PS 2 (Drainase) | 11.04 | | 0.02 | 28.00 | | | 22.37 | | |
| PS 2 (SGM) | 11.02 | | 0.01 | 28.00 | | | 491.67 | | |
| PS 3 (Kulit) | 9.21 | | 0.69 | 28.00 | | | 1012.89 | | |
| PS 4 (Drainase) | 6.69 | | 0.10 | 28.00 | | | 436.47 | | |

| Name | Location (km) | Point | Point | Temperature | | | Inorganic P | | |
|--------------------|---------------|------------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| | | Abstraction m3/s | Inflow m3/s | mean °C | range/2 °C | time of max | mean ugP/L | range/2 ugP/L | time of max |
| Anak Sungai | 12.90 | | 0.68 | 28.00 | | | 287.00 | | |
| PS 1 (Mall Amplaz) | 12.50 | | 0.24 | 28.00 | | | 290.15 | | |
| PS 2 (Drainase) | 11.04 | | 0.02 | 28.00 | | | 99.43 | | |
| PS 2 (SGM) | 11.02 | | 0.01 | 28.00 | | | 324.09 | | |
| PS 3 (Kulit) | 9.21 | | 0.69 | 28.00 | | | 317.63 | | |
| PS 4 (Drainase) | 6.69 | | 0.10 | 28.00 | | | 332.18 | | |

d. Data Diffuse Source

| Name | Up (km) | Down (km) | Diffuse | Diffuse | Temp C | Ammon | Inorganic |
|-------------------------|---------|-----------|---------------------|----------------|-----------|------------|------------|
| | | | Abstraction m3/s | Inflow m3/s | | N ugN/L | P ugP/L |
| NPS 1 (Limbah Domestik) | 12.38 | 12.24 | | 0.30 | 30.00 | 124.0 | 253.0 |
| NPS 2 (Pertanian) | 12.23 | 11.89 | | 0.61 | 30.00 | 136.0 | 348.0 |
| NPS 3 (Perkebunan) | 9.98 | 9.89 | | 0.51 | 31.00 | 112.0 | 258.0 |
| NPS 4 (Pertanian) | 5.07 | 5.00 | | 0.29 | 29.00 | 185.0 | 21.3 |
| NPS 5 (Perikanan) | 2.88 | 3.80 | | 0.14 | 30.00 | 132.0 | 18.7 |
| NPS 6 (Pertanian) | 0.76 | 0.67 | | 0.34 | 30.00 | 105.0 | 12.1 |
| NPS 7 (Limbah Domestik) | 0.26 | 0.15 | | 0.52 | 29.00 | 80.0 | 2.5 |

e. Data Hidrolik sungai

| Distance x(km) | Q-data m3/s | H-data m | U-data m/s |
|-------------------|----------------|-------------|---------------|
| 14.96 | 0.612 | 0.155 | 0.500 |
| 12.52 | 1.630 | 0.100 | 1.000 |
| 11.06 | 2.430 | 0.450 | 1.080 |
| 9.23 | 3.097 | 0.800 | 0.290 |
| 6.73 | 3.840 | 0.430 | 0.950 |
| 2.97 | 4.118 | 0.300 | 0.750 |
| 0.00 | 5.082 | 0.530 | 0.940 |

f. Data Parameter Amonia dan Fosfat

| Distance km | NH4 (ugN/L) data | Inorg P (ugP/L) data |
|----------------|---------------------|-------------------------|
| 14.96 | 33.71 | 52.56 |
| 12.52 | 112 | 219.04 |
| 11.06 | 172 | 231.97 |
| 9.23 | 109 | 236.82 |
| 6.73 | 147 | 256.21 |
| 2.97 | 95 | 170.55 |
| 0.00 | 50 | 164.09 |

Lampiran 5. Data Kualitas Sumber Pencemar Berdasarkan Penelitian Sebelumnya

| Sumber Pencemar | Amonia (mg/L) | Fosfat (mg/L) | Sumber Data | | |
|-----------------|---------------|---------------|-------------|-------|--|
| | | | Peneliti | Tahun | Judul |
| Pertanian | 0,0002 - 0,24 | 0,2 – 5,06 | Loftus | 2015 | “Ambient Ammonia Exposures in an Agricultural Community and Pediatric Asthma Morbidity.” |

| Sumber Pencemar | Amonia (mg/L) | Fosfat (mg/L) | Sumber Data | | |
|-----------------|---------------|---------------|--|-------|--|
| | | | Peneliti | Tahun | Judul |
| | | | | | |
| Perikanan | 0,021 – 2,16 | 0,009 – 0,051 | Pramleonita, M., Yuliani, N., Arizal, R., & Wardoyo, S. E. | 2018 | Parameter Fisika Dan Kimia Air Kolam Ikan Nila Hitam (<i>Oreochromis niloticus</i>). |
| | | | Juwitanti, dkk. | 2013 | Kandungan Nitrat Dan Fosfat Air Pada Proses Pembusukan Eceng Gondok. |
| Limbah Domestik | 0,01 – 0,75 | 0,08 – 6,25 | Putra, dkk. | 2018 | Efektivitas Penurunan Kadar Amoniak Dan Kadar Fosfat Di Instalasi Pengolahan Air Limbah Rsud Sunan Kalijaga Demak. |
| | | | Legasari | 2023 | Analisis Kadar Fosfat Pada Air Sungai Menggunakan Spektrofotometri UV-VIS. |
| | | 0,003 – 0.187 | Jati, M. A. S. | 2022 | Studi Kadar Fosfat (Total, Polifosfat dan Ortofosfat) pada Daerah Aliran Sungai Lamat Kecamatan Muntilan. |

Lampiran 6. Perhitungan Debit Diffuse Source

| Nama | Segmen | Sumber | Keterangan | Q _{input Diffuse Source} (m ³ /detik) | Q _{Diffuse Source} (m ³ /detik) |
|-------|----------|--|-----------------|---|---|
| NPS 1 | Segmen 2 | Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Serayu Opak Progo | Limah Domestik | 0,3 | 0,13 |
| NPS 2 | Segmen 2 | | Pertanian | 0,61 | 0,0006068 |
| NPS 3 | Segmen 3 | | Pertanian | 0,51 | 0,000088 |
| NPS 4 | Segmen 5 | | Pertanian | 0,29 | 0,0010582 |
| NPS 5 | Segmen 6 | | Perikanan | 0,14 | 0,0615 |
| NPS 6 | Segmen 6 | | Pertanian | 0,34 | 0,0002368 |
| NPS 7 | Segmen 6 | | Limbah Domestik | 0,52 | 0,12 |

Perhitungan Debit *Diffuse Source* :

(SEGMENT 2)

NPS 1 : Limbah Domestik

$$\begin{aligned}
 Q &= (\text{Jumlah penduduk}(\text{catchment area}) \times \text{Kebutuhan Air Bersih} \times 60 \%) / \\
 &86.400 \\
 &= (160 \text{ orang} \times 120 \text{ Liter/hari} \times 60\%) / 86.400 \\
 &= 0,13 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

NPS 2 : Pertanian

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Luas Lahan} \times \text{Kebutuhan Air Irigasi} \\
 &= 0,82 \text{ ha} \times 0,74 \text{ L/detik/ha} \\
 &= 0,6068 \text{ Liter/detik} \\
 &= 0,0006068 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

(SEGMENT 3)

NPS 3 : Pertanian

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Luas Lahan} \times \text{Kebutuhan Air Irigasi} \\
 &= 0,12 \text{ ha} \times 0,74 \text{ L/detik/ha} \\
 &= 0,0888 \text{ Liter/detik}
 \end{aligned}$$

$$= 0,0000888 \text{ m}^3/\text{detik}$$

(SEGMENT 5)

NPS 4 : Pertanian

$$\begin{aligned} Q &= \text{Luas Lahan} \times \text{Kebutuhan Air Irigasi} \\ &= 1,43 \text{ ha} \times 0,74 \text{ L/detik/ha} \\ &= 1,0582 \text{ Liter/detik} \\ &= 0,0010582 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

(SEGMENT 6)

NPS 5 : Perikanan

$$\begin{aligned} Q_{in} &= \text{Luas Kolam} \\ &= 586 \text{ m}^2 \\ &= 123 \text{ L/detik} \\ &= 0,123 \text{ m}^3/\text{detik} \\ Q_{out} &= 50\% \times Q_{in} \\ &= 50\% \times 0,123 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,0615 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

NPS 6 : Pertanian

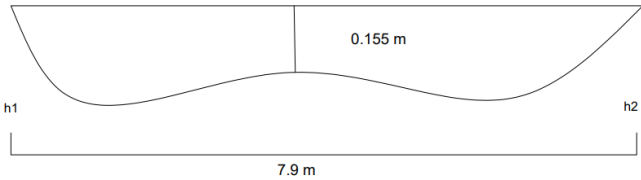
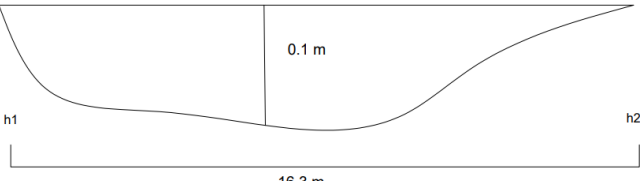
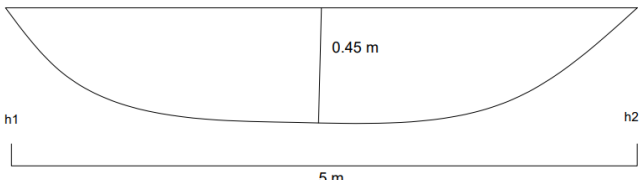
$$\begin{aligned} Q &= \text{Luas Lahan} \times \text{Kebutuhan Air Irigasi} \\ &= 0,32 \text{ ha} \times 0,74 \text{ L/detik/ha} \\ &= 0,2368 \text{ Liter/detik} \\ &= 0,0002368 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

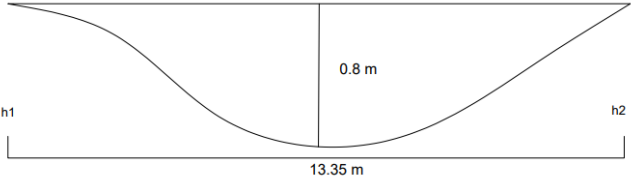
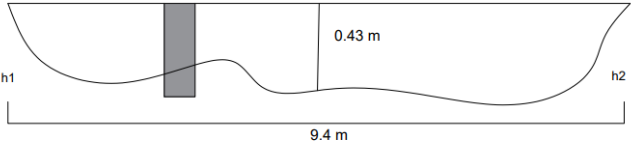
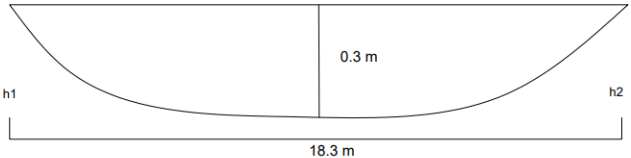
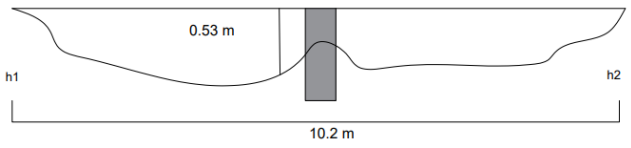
NPS 7 : Limbah Domestik

$$\begin{aligned} Q &= (\text{Jumlah penduduk}(\text{catchment area}) \times \text{Kebutuhan Air Bersih} \times 60\%) / \\ &86.400 \\ &= (144 \text{ orang} \times 120 \text{ Liter/hari} \times 60\%) / 86.400 \end{aligned}$$

$$= 0,12 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Lampiran 7. Penampang Basah Sungai Gajahwong

| Titik Sampling | Lokasi Sampling | Penampang Basah |
|----------------|--------------------|--|
| 1 | Jembatan Pelang |  <p>Keterangan :</p> <ul style="list-style-type: none"> h : ketinggian muka air sungai h1 : Sisi kiri (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) h2 : Sisi kanan (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) |
| 2 | Jembatan Affandi |  <p>Keterangan :</p> <ul style="list-style-type: none"> h : ketinggian muka air sungai h1 : Sisi kiri (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) h2 : Sisi kanan (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) |
| 3 | Jembatan Muja-muju |  <p>Keterangan :</p> <ul style="list-style-type: none"> h : ketinggian muka air sungai h1 : Sisi kiri (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) h2 : Sisi kanan (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) |

| Titik Sampling | Lokasi Sampling | Penampang Basah |
|----------------|----------------------|---|
| 4 | Jembatan Paleman |  <p>Keterangan : h : ketinggian muka air sungai h1 : Sisi kiri (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) h2 : Sisi kanan (arah pemantauan dan pengukuran di selatan)</p> |
| 5 | Jembatan Tegal Gendu |  <p>Keterangan : h : ketinggian muka air sungai h1 : Sisi kiri (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) h2 : Sisi kanan (arah pemantauan dan pengukuran di selatan)</p> |
| 6 | Jembatan Grojogan |  <p>Keterangan : h : ketinggian muka air sungai h1 : Sisi kiri (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) h2 : Sisi kanan (arah pemantauan dan pengukuran di selatan)</p> |
| 7 | Jembatan Ketonggo |  <p>Keterangan : h : ketinggian muka air sungai h1 : Sisi kiri (arah pemantauan dan pengukuran di selatan) h2 : Sisi kanan (arah pemantauan dan pengukuran di selatan)</p> |

RIWAYAT HIDUP

Sabiq Fikri Damari yang memiliki nama panggilan Sabiq, lahir di Yogyakarta pada tanggal 26 Maret 2001. Penulis merupakan anak tunggal dengan kedua orang bernama Bapak Arif Widodo, SS. dan Ibu dr. Utami Mulyaningrum, M.Sc. Penulis menempuh pendidikan di Sekolah Dasar di SDIT Alam Nurul Islam (2008-2013), dilanjutkan SMPIT Abu Bakar Yogyakarta (2013-2016) serta SMAIT Abu Bakar Yogyakarta (2016-2019). Penulis kemudian melanjutkan studi ke jenjang S1 di Universitas Islam Indonesia dengan jurusan Teknik Lingkungan (2019-2023).

Selama menjadi mahasiswa, penulis mengikuti beberapa kegiatan organisasi serta menjadi asisten proyek dosen. Kegiatan Organisasi yang penulis ikuti adalah HMTL UII atau Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan UII periode tahun 2021 - 2022 sebagai tim kerja koordinator bidang pengabdian masyarakat, kemudian organisasi lainnya yang diikuti oleh penulis adalah IMTLI atau Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan periode tahun 2022 – 2023 yang menjabat sebagai staf departemen pengabdian masyarakat. Selain itu penulis juga menjadi asisten dosen proyek AMDAL pada tahun 2023 – sekarang.