

**EVALUASI KUALITAS SUNGAI BANGKALAN BERDASARKAN
INDEKS BIOTIK MAKROINVERTEBRATA DAN PEMODELAN DAYA
TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN MENGGUNAKAN QUAL2KW**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)
Program Studi Teknik Lingkungan



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun oleh

NUR ALIFAH

NIM. H75218035

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Nama : Nur Alifah

NIM : H75218035

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul "Evaluasi Kualitas Sungai Bangkalan Berdasarkan Metode Indeks Biotik Makroinvertebrata dan Pemodelan Daya Tampung Beban Pencemaran Menggunakan Qual2kw".

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila suatu saat nanti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan

Surabaya, 15 Juli 2022

Yang menyatakan,



(Nur Alifah)

NIM. H75218035

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Dokumen Proposal Tugas Akhir oleh:

NAMA : NUR ALIFAH
NIM : H75218035
JUDUL : EVALUASI KUALITAS SUNGAI BANGKALAN
BERDASARKAN INDEKS BIOTIK MAKROINVERTEBRATA
DAN PEMODELAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN
MENGUNAKAN QUAL2KW

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan,

Surabaya, (21 Juni 2022)

Dosen Pembimbing I



(Yusrianti, M.T)
NIP. 198210222014032001

Dosen Pembimbing II



(Amrullah, M.Ag)
NIP. 197309032006041001

HALAMAN PENGESAHAN

Dokumen Tugas Akhir oleh

NAMA : Nur Alifah

NIM : H75218035

JUDUL :EVALUASI KUALITAS SUNGAI BANGKALAN
BERDASARKAN INDEKS BIOTIK MAKROINVERTEBRATA
DAN PEMODELAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN
MENGUNAKAN QUAL2KW

Telah dipertahankan di depan tim penguji skripsi

Surabaya, (Kamis, 7 Juli 2022)

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Dosen Penguji I

(Yusrianti, M.T)

NIP. 198210222014032001

Dosen Penguji II

(Amrullah, M.Ag)

NIP. 197309032006041001

Dosen Penguji III

(Ida Munfarida, M.T)

NIP. 198411302015032001

Dosen Penguji IV

(Linda Prasetyaning, M.Kes)

NIP. 198704172014032003

Mengetahui,

Dean Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya



(J.K. Saifuddin Hamdani, M.Pd)

NIP. 196507312000031002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Nur Alifah
NIM : H75218035
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Lingkungan
E-mail address : alifah.nur999@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Skripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Evaluasi Kualitar Sungai Bangkalan Berdasarakan Indeks Biotik
Makroinvertebrata dan Pemodelan Daya Tampung Beban
Pencemaran Menggunakan Qual2kw

berserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 15 Juli 2022
Penulis

Nur Alifah

ABSTRAK

Sungai Bangkalan berhulu dari Sumber Pocong yang mengalir wilayah Kabupaten Bangkalan yang dimanfaatkan untuk mandi dan mencuci. Sungai Bangkalan telah dipengaruhi oleh aktivitas manusia seperti buangan industri, pertanian dan pemotongan hewan. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kualitas air secara fisika-kimia dan biologi, dan mengetahui Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Bangkalan dengan Software Qual2kw dengan metode kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan jika parameter fisik yaitu TSS pada Titik 1, 2 & 3 tidak tercemar dengan nilai di Titik 1, 2 dan 3 yaitu 33 mg/l, 36 mg/l dan 45.5 mg/l. Parameter kimia seperti COD dan BOD melebihi baku mutu. Nilai Parameter BOD yang diperoleh di Titik 1, 2 & 3 adalah 15 mg/l, 14 mg/l dan 18 mg/l. Nilai COD yang diperoleh di titik 1, 2 & 3 adalah 52.5 mg/l, 50.65 mg/l dan 52.5 mg/l. Kualitas air Sungai Bangkalan secara Biologi dengan metode BMWP-ASPT di titik 1, 2 dan 3 adalah pada rangkai 4 yang termasuk dalam kategori air sangat tercemar. Pada metode FBI, Air Sungai Bangkalan pada titik 1 dan 3 termasuk dalam kategori air tercemar sangat berat sedangkan pada titik 2 termasuk dalam kategori air tercemar berat. Daya Tampung Beban Pencemaran yang mampu diterima Sungai Bangkalan pada Parameter TSS di segmen 1 dan 2 adalah 23760 kg/hari dan 1188 kg/hari. Nilai daya tampung parameter BOD pada segmen 1 & 2 sebesar 237.60 kg/hari dan 194.40 kg/hari. Nilai daya tampung parameter COD pada segmen 1 dan 2 sebesar 6865.58 kg/hari dan 8038.27 kg/hari.

Kata Kunci: Makroinvertebrata, Sungai Bangkalan, Qual2kw.

ABSTRACT

The Bangkalan River originates from Sumber Pocong which flows through the Bangkalan Regency area which is used for washing and bathing. The Bangkalan River has been affected by human activities such as industrial, agricultural and livestock effluents. The research was conducted with the aim of knowing the water quality physically-chemically and biologically, and knowing the Pollution Load Capacity of the Bangkalan River with Qual2kw Software by quantitative method. The results showed that the physical parameters, namely TSS at points 1,2 & 3, were not polluted with values of only 33 mg/l, 36 mg/l and 45.5 mg/l. Chemical parameters such as CO₂ and BOD exceed the quality standard. The BOD parameter values obtained at Points 1,2 & 3 were 15 mg/l, 14 mg/l and 18 mg/l. The COD values obtained at Points 1,2 & 3 were 38.8 mg/l, 50.65 mg/l and 51.2 mg/l. Biological assessment of the water quality of the Bangkalan River using the B-AP-ASPT method at points 1,2 and 3 is in the range 1-4 which is included in the category of very dirty water. In the same method, the Bangkalan River Water at points 1,2 & 3 is included in the category of very dirty polluted water, while at point 3 is included in the category of moderately dirty polluted water. The Pollution Load Capacity that can be received by the Bangkalan River on TSS Parameters in segments 1 and 2 are 23760 kg/day and 1188 kg/day. The carrying capacity of the BOD parameter in segments 1 & 2 is 237.60 kg/day and 194.40 kg/day. The carrying capacity of COD parameters in segments 1 and 2 is 6865.58 kg/day and 8638.27 kg/day.

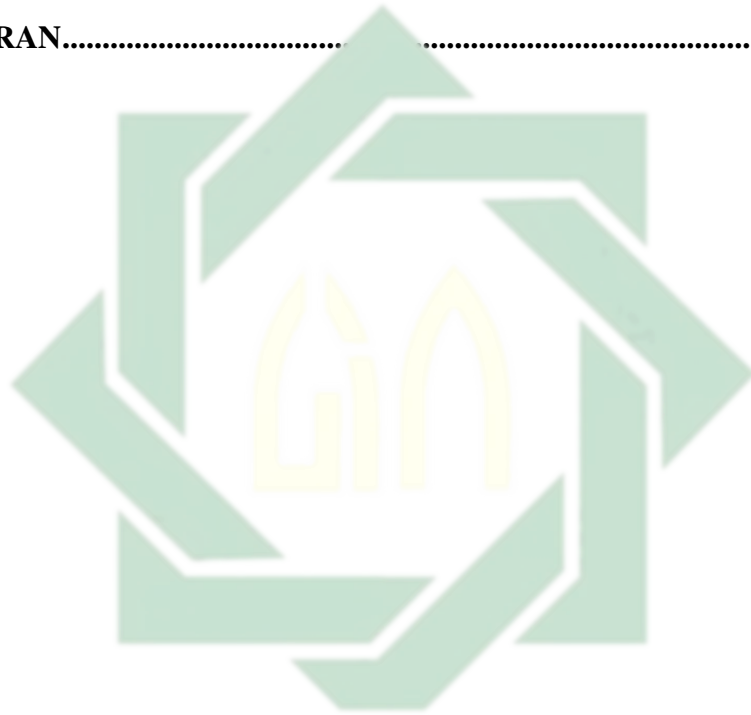
Keywords: *Bangkalan River, Macroinvertebrate, Qual2kw.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vvii
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
DAFTAR ISTILAH.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Sungai.....	7
2.2. Klasifikasi Air	7
2.3. Parameter Kualitas Air	9
2.3.1. TSS (Total Suspended Solid).....	9
2.3.2. BOD (Biochemical Oxygen Demand)	10

2.3.3.	COD (Chemical Oxygen Demand)	11
2.4.	Biomonitoring	12
2.5.	Makroinvertebrata	13
2.6.	Metode Indeks Biotik	13
2.7.	Pemodelan <i>QUAL2Kw</i>	19
2.8.	Integrasi Keilmuan	20
2.8.1.	Surah Al-Luqman	21
2.8.2.	Surah R	21
2.8.3.	Surah A	22
2.8.4.	H	23
2.9.	P	24
BAB III	METODE PENELITIAN	30
3.1.	Waktu Penelitian	30
3.2.	Lokasi Penelitian	30
3.3.	Alat dan Bahan	33
3.4.	Kerangka Pikir Penelitian.....	33
3.5.	Tahapan Penelitian	34
3.5.1.	Tahap Persiapan	35
3.5.2.	Tahap Pelaksanaan.....	35
3.5.3.	Tahap Analisa Data.....	37
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1	Lokasi dan Waktu Pengambilan Sampel Air Sungai dan Makroinvertebrata 46	
4.2	Analisa Kualitas Air Sungai Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia.....	48
4.3	Analisa Kualitas Air Sungai Bangkalan Berdasarkan Parameter Biologi	55

4.4	Pemodelan Qual2kw	67
BAB V PENUTUP.....		82
5.1.	Kesimpulan.....	82
5.2.	Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....		84
LAMPIRAN.....		88



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Kelas-kelas Air.....	8
Tabel 2. 2 Penggunaan Kelas Air.....	8
Tabel 2. 3 Kekurangan dan Kelebihan Biomonitoring	12
Tabel 2. 4 Skoring Makroinvertebrata dengan Metode BMWP-ASPT:	14
Tabel 2. 5 Kategori Pencemaran Makroinvertebrata dengan Metode BMWP-ASPT.....	15
Tabel 2. 6 Skoring Status Mutu Makroinvertebrata dengan Metode BMWP-ASPT.....	16
Tabel 2. 7 Skoring Indeks Pencemaran Makroinvertebrata.....	17
Tabel 2. 8 Skoring Mutu Kelas Air Metode FBI.....	18
Tabel 4.1 Hasil Uji Laboratorium	48
Tabel 4.2 Makroinvertebrata di Titik 1.....	56
Tabel 4.3 Makroinvertebrata di Titik 1.....	57
Tabel 4.4 Skor Makroinvertebrata di Titik 1 dengan Metode FBI.....	58
Tabel 4.5 Makroinvertebrata di Titik 2.....	59
Tabel 4.6 Skor Makroinvertebrata di Titik 2.....	60
Tabel 4.7 Skor Makroinvertebrata di Titik 2 dengan Metode FBI.....	61
Tabel 4.8 Makroinvertebrata di Titik 3.....	62
Tabel 4.9 Skor Makroinvertebrata di Titik 3.....	64
Tabel 4.10 Skor Makroinvertebrata di Titik 3 dengan Metode FBI.....	66
Tabel 4.11 Nilai TSS Sungai Bangkalan.....	67
Tabel 4.12 Nilai BOD Sungai Bangkalan.....	67
Tabel 4.13 Nilai COD Sungai Bangkalan	67
Tabel 4.14 Point Source Sungai Bangkalan	68
Tabel 4.15 Data Hidrolis Sungai Bangkalan.....	68
Tabel 4.16 Hasil Skenario 3	80
Tabel 4.17 Hasil Skenario 2	80
Tabel 4.18 DTBP Sungai Bangkalan	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1	Peta Titik Sampling	32
Gambar 3. 2	Kerangka Pikir Penelitian.....	33
Gambar 3. 3	Diagram Alir Tahapan Penelitian	34
Gambar 3. 4	Skema Kerja BOD	38
Gambar 3. 5	Skema Kerja Pengukuran COD	39
Gambar 3. 6	Skema Kerja Pengukuran TSS	40
Gambar 3. 9	Skenario 1 Identifikasi Parameter	41
Gambar 4.1	Pengambilan Sampel di Titik 1	46
Gambar 4.2	Pengambilan Sampel di Titik 2	47
Gambar 4.3	Pengambilan Sampel di Titik	47
Gambar 4.4	Fitnes S Sungai Bangkalan	49
Gambar 4.5	Skema BOD Sungai Bangkalan	51
Gambar 4.6	COD Sungai Bangkalan	53
Gambar 4.7	Debit Sungai Bangkalan	69
Gambar 4.8	Kedalaman Sungai Bangkalan.....	70
Gambar 4.9	Skenario 1 Parameter	71
Gambar 4.10	Skenario 1 Parameter	72
Gambar 4.11	Skenario 1 Parameter COD	73
Gambar 4. 12	Nilai Fitness.....	74
Gambar 4.13	Skenario 2 Parameter TSS	76
Gambar 4.14	Skenario 2 Parameter BOD	77
Gambar 4.15	Skenario 2 Parameter COD	77
Gambar 4.16	Skenario 3 Parameter TSS	78
Gambar 4.17	Skenario 3 parameter BOD	79
Gambar 4.18	Skenario 3 Parameter COD	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1-1 Dokumentasi Pengambilan Sampel.....	88
Lampiran II-1 Input Data Pada Worksheet Qual2kw	90
Lampiran III-1 Hasil Uji Laboratorium.....	99



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR ISTILAH

<i>COD</i>	: Kebutuhan oksigen kimia pada air
<i>BOD</i>	: Kebutuhan oksigen biokimia pada air
<i>TSS</i>	: Jumlah padatan tersuspensi pada air
Makroinvertebrata	: Biota air yang tidak memiliki tulang belakang
<i>FBI</i>	: Metode Indeks Biologi makroinvertebrata
<i>BMWP-ASPT</i>	: Metode Indeks Biologi makroinvertebrata
<i>Qual2kw</i>	: Sistem pemodelan kualitas air sungai
<i>Point Source</i>	: Sumber pencemar utama pada sungai
<i>Headwater</i>	: Bagian hulu sungai
<i>RMSPE</i>	: Metode validasi model
<i>DTBP</i>	: Daya tampung beban pencemaran sungai

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sungai merupakan ekosistem perairan dengan kualitas yang dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor antropogenik. Sebagai ekosistem perairan terbuka, sungai sangat dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya. Interaksi dalam ekosistem sungai sangat erat akibat adanya aktivitas manusia yang dilakukan di sepanjang aliran sungai. Berbagai kegiatan yang dilakukan antara lain meliputi pembangunan tanggul, pemukiman di dasar sungai dan danau, pembenahan lingkungan dan pemanfaatan lahan secara intensif baik untuk kegiatan pertanian, peternakan maupun kegiatan industri. Adanya kegiatan yang demikian akan menimbulkan dampak negatif yaitu pencemaran di area aliran sungai baik itu penurunan kualitas air sungai (Chazanah dkk, 2020).

Pencemaran dapat didefinisikan sebagai perubahan dalam sifat fisik, kimia, biologis, dan radiasi alamiah yang menimbulkan efek berbahaya pada manusia dan kehidupan di area permasalahannya. Pencemaran terjadi karena adanya polutan yang masuk ke dalam lingkungan dalam jumlah yang banyak dan berlebihan. Hal ini menyebabkan kualitas air menurun sehingga status air berada dibawah baku mutu dan manfaatnya tidak dapat digunakan kembali oleh manusia. Dampak adanya pencemaran air tersebut bukan hanya pada kesehatan, namun juga berdampak pada estetika, kelestarian dan sumber daya air itu sendiri (Puri, 2018).

Dalam Al-Qur'an Allah SWT berfirman:

أَلَمْ تَرَوْا أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمٰوٰتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ نِعْمَهُ ظَاهِرَةً وَبَاطِنَةً ۗ وَمِنَ النَّاسِ مَن يُجَادِلُ فِي اللَّهِ بِغَيْرِ عِلْمٍ وَلَا هُدًى وَلَا كِتَابٍ مُّنِيرٍ

Artinya:

“Tidak kah kamu memperhatikan bahwa Allah SWT telah menundukkan apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi untuk

(kepentingan) mu dan menyempurnakan nikmat-Nya untuk kamu secara lahir dan batin. Tetapi di antara manusia ada yang membantah tentang (keesaan) Allah SWT tanpa ilmu atau petunjuk dan tanpa Kitab yang memberi penerangan” (QS. Al-Luqman:20)

Ayat ini menjelaskan bahwa Allah SWT telah memberi nikmat yakni kekayaan alam kepada manusia berupa tumbuh-tumbuhan, hewan, hujan, matahari, sungai dan lainnya. Nikmat inilah yang harusnya dimanfaatkan dan digunakan sebaik mungkin oleh manusia. Hendaknya manusia harus selalu bersyukur atas semua nikmat yang diberikan Allah SWT, yakni dengan cara melaksanakan ibadah atau ibadah serta menjaga dan melestarikan lingkungan. Namun, masih terdapat beberapa manusia yang mengingkari kenikmatan yang telah diberikan Allah SWT. Terdapat orang yang tidak bersyukur bahkan kufur kepada nikmat itu dan kufur kepada Pemberi-Nya.

Allah SWT juga berfirman dalam Surah A'raf ayat 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ ۚ بَدَأَ الصُّلْحَ إِذْ جَاءَكُمْ مِنْكُمْ وَإِنْ تُبْذَرُوا فِيهَا تُؤْتُونَ حَتَّىٰ إِذَا جَاءَ أَجْلَ الْبُرْجِ إِذْ يَخْرُجُونَ
رَحِمَتِ اللَّهُ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُجْرِمِينَ

Artinya

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah SWT) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah SWT amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik” (QS. Al-A'raf:55).

Dalam ayat ini Allah SWT memberi larangan kepada manusia untuk merusak bumi, baik dari segi hubungan, lingkungan dan kehidupan. Allah SWT telah menciptakan sungai, gunung, hutan dan lainnya yang harus dijaga dan dimanfaatkan oleh manusia dengan sebaik mungkin. Allah SWT menciptakan dengan tujuan mensejahterakan makhluk-Nya, sehingga jika manusia mengelolanya dengan baik maka segalanya akan baik pula. Sebagai manusia yang taat kepada Allah SWT, kita juga harus beribadah dan berdoa dengan khusyuk dan sepuh hati.

Hal itu mampu menjadikan kita pribadi yang baik, sehingga Rahmat Allah SWT akan selalu tercurahkan. Pencemaran air adalah masuknya zat, makhluk hidup dan komponen lain ke dalam air. Pencemaran terjadi karena kegiatan manusia yang menyebabkan menurunnya kualitas air, sehingga peruntukan air tidak berfungsi sebagaimana mestinya (PP RI No. 82 Tahun 2001). Untuk mengetahui terjadinya pencemaran sungai, maka dapat dilakukan pengamatan secara fisika, kimia dan biologi. Dalam pengamatan fisika, pencemaran air dapat diamati melalui kejernihan atau kekeruhan air, suhu, perubahan arus, dan sebagainya. Pengamatan kimia dapat diketahui dengan pengukuran PH, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), dan *Total Suspended Solid* (TSS). Pengamatan secara biologi dapat dilakukan dengan mengetahui jenis mikroorganisme yang terdapat di dalam air tersebut (Ariella, 2015).

Biomonitoring merupakan metode *monitoring* atau pemantauan untuk mengetahui kualitas dan tingkat pencemaran air dengan cara biologi yang banyak digunakan karena efisiensi waktu dan biaya. Biomonitoring dilakukan dengan cara memanfaatkan keberadaan bioindikator yang menjadi petunjuk dalam menilai air. Bioindikator yaitu beberapa organisme yang sangat sensitif dengan adanya pergantian keadaan suatu lingkungan (Ariella, 2017). Bioindikator yang biasanya digunakan untuk mengukur kualitas air adalah makroinvertebrata, yakni organisme yang tidak memiliki tulang belakang. Makroinvertebrata memiliki mobilitas yang rendah dan peka terhadap pergantian kondisi lingkungan, oleh karenanya kehidupan dan ketersediaan makroinvertebrata dipengaruhi langsung dengan bahan-bahan yang terkandung dalam perairan tersebut. Hal ini yang menyebabkan dipilihnya biomonitoring sebagai metode pemantauan kualitas air (Maruru dalam Rustiasih dkk, 2018).

Sungai Bangkalan merupakan salah satu sungai yang mengalir beberapa kecamatan di Kabupaten Bangkalan dan langsung bermuara ke Selat Madura. Lebar sungai mencapai 8 meter dan panjang 13,96 km yang mengalir beberapa Kecamatan di Bangkalan. Sungai Bangkalan termasuk

dalam kelas III (DLHK Bangkalan, 2007). Pada area sekitar sungai telah banyak aktivitas manusia secara langsung seperti adanya kegiatan nelayan, rumah pemotongan ayam dan pasar yang mampu menyebabkan terjadinya pencemaran. Menurut Said (2005) dalam Hasanah & Sugito (2017) Rumah Potong Ayam (RPA) menghasilkan kadar limbah organik cair yang tinggi seperti COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*) serta zat organik lainnya, sehingga apabila limbah RPA tersebut dibuang ke badan air maka akan terjadi pencemaran. Selain itu, pencemaran juga terjadi akibat buangan air limbah rumah tangga yang tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Sungai Bangkalan juga menerima limbah dari kelurahan lain karena letaknya yang berada di bagian hilir sehingga menjadi titik akhir aliran. Limbah domestik yang dihasilkan inilah yang menyebabkan sungai ini tercemar.

Menurut Susanti (2017) dalam Anwar, (2019), meningkatnya populasi penduduk menimbulkan terjadinya pencemaran air permukaan, utamanya air sungai karena kurangnya manajemen sanitasi dan pengelolaan limbah domestik. Minimnya pengelolaan limbah domestik dan kegiatan manusia yang secara langsung membuang limbah ke sungai, menyebabkan terjadinya pencemaran dan menurunnya kualitas air. Dalam Laporan DLHK Kabupaten Bangkalan Tahun 2009 dikatakan jika nilai BOD melebihi baku mutu yaitu 5.9 mg/l dengan nilai baku mutu 3 mg/l. Oleh karenanya, sangat diperlukan untuk melakukan penelitian di Sungai Bangkalan guna mengetahui tingkat pencemaran yang terjadi. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui kualitas air Sungai Bangkalan dari parameter kimia dan bioindikator makroinvertebrata. Penelitian di Sungai Bangkalan merupakan pertama kali dilakukan, sehingga diharapkan mampu bermanfaat untuk masyarakat dan instansi terkait terhadap upaya penjagaan dan pengendalian pencemaran badan air nantinya.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kualitas air berdasarkan parameter fisika-kimia di Sungai Bangkalan?
2. Bagaimana komunitas makroinvertebrata yang diperoleh dari Sungai Bangkalan?
3. Berapa daya tampung beban pencemaran di Sungai Bangkalan dengan pemodelan QUAL2Kw?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kualitas air berdasarkan parameter fisika-kimia air yang terkandung di Sungai Bangkalan
2. Mengetahui komunitas makroinvertebrata yang ada di Sungai Bangkalan.
3. Mengetahui daya tampung beban pencemaran Sungai Bangkalan dengan pemodelan QUAL2Kw

1.4. Manfaat Penelitian

1. Manfaat penelitian untuk lembaga terkait:
Sebagai acuan untuk mengetahui kondisi air di Sungai Bangkalan dengan metode biomonitoring dengan bioindikator makroinvertebrata.
2. Manfaat penelitian untuk bidang akademik:
Sebagai pengetahuan dan bahan penelitian selanjutnya untuk mengetahui kualitas air dengan bioindikator makroinvertebrata, serta daya tampung beban pencemaran Sungai Bangkalan dengan Pemodelan QUAL2Kw.
3. Manfaat penelitian untuk masyarakat:
Sebagai wawasan untuk mengetahui kualitas air dan jenis makroinvertebrata, sehingga mampu mengendalikan pencemaran yang terjadi di area Sungai Bangkalan

1.5. Batasan Masalah

1. Pengambilan sampel air dan makroinvertebrata di 3 titik Sungai Bangkalan pada sisi kanan & kiri di setiap titiknya.
2. Uji parameter fisika-kimia dilakukan di Lab. PDAM Surya Sembada Surabaya
3. Analisa makroinvertebrata dilakukan di Lab. Integrasi UIN Sunan Ampel Surabaya
4. *Sampling* makroinvertebrata dengan metode *kicking*, *jabbing* dan *sweeping*
5. *Sampling* air dengan metode duplikat
6. Parameter kimia yang diuji yakni COD, BOD, TSS
7. Analisis makroinvertebrata berdasarkan metode P-ASPT & FBI
8. Pengambilan OTBP dengan software CUAL2
9. Pemetaan menggunakan alat sekuuler untuk *hydraulics data*, *point source*, dan klimatologi

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sungai

Sungai adalah ekosistem perairan dengan kualitas yang dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor antropogenik. Sebagai ekosistem perairan terbuka, sungai sangat dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya. Interaksi dalam ekosistem sungai banyak dipengaruhi oleh adanya aktivitas manusia yang dilakukan di sekitarnya. Banyak aktivitas yang dilakukan antara lain berupa pembangunan tanggul, pengerukan dasar sungai dan danau, pembenahan lingkungan yang berkelok-kelok, pemanfaatan lahan secara intensif baik untuk kegiatan pertanian, peternakan maupun kegiatan domestik. Adanya gangguan yang terjadi merupakan ancaman terhadap ekosistem negatif yaitu terjadinya pencemaran di area sekitar sungai baik berupa penurunan kualitas air sungai (Chandra dkk., 2010). Pentingnya pengelolaan dan manajemen sungai untuk memelihara kualitas dan fungsinya. Air sungai memiliki banyak manfaat dalam kehidupan manusia dan merupakan sumber daya alam yang *essential* dan digunakan tanpa henti oleh mahluk hidup demi keberlangsungannya di bumi. Manusia, hewan bahkan tumbuhan. Oleh karenanya, kita sebagai manusia harus mampu mengolah dan menggunakan air dengan sebaik mungkin. Selain itu, kita juga harus menjaga keberlangsungan pemanfaatan air baik segi kualitas dan kuantitasnya.

2.2. Klasifikasi Air

Air merupakan sumber daya terbarukan yang sangat penting, karena air menjadi kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari. Air memiliki peran yang begitu banyak bagi manusia yakni sebagai sumber minuman, kebersihan, produksi pangan, industry, pembangunan ekonomi dan lainnya. Oleh karenanya, air mengambil peran penting dalam kesejahteraan umum, karena air tidak dapat digantikan keberadaannya dan kegunaannya. Sifat-sifat air yang mudah diolah, disimpan dan didaur ulang, memberikan kegunaan yang

banyak untuk manusia sebagai sumber kehidupan. Adapun peran utama air dalam kehidupan adalah sebagai penghasil listrik, irigasi pertanian, perikanan dan peternakan, bahan kegiatan industri, dan wisata rekreasi (Yudhistira, 2021)..

Kualitas air yang digunakan dalam setiap kegiatan memiliki tingkatan yang berbeda, karena baku mutu air yang ditetapkan berbeda. Oleh karenanya, sebelum dilakukan suatu kegiatan, wajib diketahui baku mutu yang terkandung dalam air dan penggunaannya terlebih dahulu sehingga baku mutu dan peruntukannya sudah ditetapkan. Baku mutu air dan peruntukannya telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 (2021) yaitu Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2.1 Baku Mutu Kelas-kelas air

Parameter	Kelas			
	IV	III	II	I
BOD (mg/l)	100	50	25	2
COD (mg/l)	80	40	25	10
TSS (mg/l)	400	100	50	40

Sumber: PP Nomor 22 Tahun 2021

Selanjutnya, penjelasan mengenai setiap kelas air dan peruntukannya dipaparkan dalam tabel berikut:

Tabel 2. 2 Penggunaan Kelas Air

Kelas Air	Penggunaan Air
I	Air dimanfaatkan untuk air baku air minum, dan kegiatan yang lain dengan syarat mutu tersebut.

Kelas Air	Penggunaan Air
II	Air yang dimanfaatkan untuk sarana rekreasi atau hiburan air, pembudiyaaan ikan air tawar, pertenakan, pertanaman, dan kegiatan lain dengan syarat tersebut.
III	Air yang dimanfaatkan untuk membudidaya ikan air tawar, pertenakan, air untuk mengairi pertanaman, dan kegiatan lain dengan syarat tersebut
IV	Air yang dimanfaatkan dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dengan syarat tersebut

Sumber: PP No. 22 Tahun 2021

2.3. Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air secara fisik dan kimia mampu mempengaruhi keberagaman makhluk hidup baik invertebrata dan mikroorganisme yang hidup dalam suatu perairan. Adapun parameter fisika dan kimia yang diteliti adalah:

2.3.1. TSS (Total Suspended Solid)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan banyaknya padatan tersuspensi yang sukar larut serta tidak mampu terendap, sehingga menyebabkan kekeruhan. Padatan tersuspensi tersebut terdiri dari partikel yang berukuran kecil maupun besar, yaitu tanah liat, endapan, sel mikroorganisme, zat kimia tidak terlarut, serta endapan lainnya.

Zat padatan tersuspensi diklasifikasikan menjadi dua yaitu, zat organik yang mengapung, dan zat iroganis & organik yang mengendap. Kandungan *suspended solid* yang terkandung dalam air menggambarkan tingginya kandungan nutrient, bakteri, kandungan logam dan pestisid. Untuk mengetahui kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) pada suatu perairan dapat dihitung dengan metode Gravimetri (Kusniawati & Budiman, 2021).

Pengukuran nilai TSS pada sampel air dapat dilakukan berdasarkan SNI 6989.3-2004 tentang Cara Uji Padatan Tersuspensi Total dengan metode gravimetri, rumus yang digunakan:

$$TSS (mg/l) = \frac{(A-B)100}{Volume\ uji} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

A = Berat kertas saring+residu (mg)

B = Berat kertas saring bersih (mg)

2.3.2. BOD (Biochemical Oxygen Demand)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) digunakan sebagai tolak ukur seberapa besar pencemaran untuk penentuan kualitas air. Hal ini untuk mengetahui about pencemaran pengecekan kadar BOD juga ditubuhkan untuk merencanakan sistem pembuangan air limbah. Secara biologi BOD memiliki karakteristik yang menunjukkan banyak Dissolved Oxygen (DO) oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mengurangi serta metabolisme pada organisme anaerobik (Yulis dkk, 2018).

Biochemical Oxygen Demand diukur melalui kandungan Dissolved Oxygen (DO) awal, selanjutnya diukur DO5 yakni sampel DO yang sudah diinkubasi selama 5 hari dalam suhu tetap dan keadaan gelap. Untuk mencari nilai DO maka dihitung selisih nilai antara DO₀ dan DO₅. Berikut rumus perhitungan nilai BOD berdasarkan SNI 6989.72:2009 2009 tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia:

$$BOD_5(mg/l) = \frac{(A1-A2) - \left(\frac{B1-B2}{Vb} - 1\right) Vc}{P} \dots\dots\dots Rumus 2. 1$$

Dimana:

A1 = Kadar DO awal (DO₀) (mg/l)

- A2 = Kadar DO inkubasi (DO₅) (mg/l)
- B1 = Kadar DO blanko awal (mg/l)
- B2 = Kadar DO blanko akhir inkubasi (mg/l)
- Vb = Vol. suspensi mikroba dalam botol DO blanko
- Vc = Vol. suspensi mikroba dalam botol sampel
- P = Perbandingan Vol. sampel uji (V1) per Vol. total (V2)

2.3.3. COD (Chemical Oxygen Demand)

Parameter *Chemical Oxygen Demand* juga digunakan sebagai indikator pencemaran perairan. Nilai COD menunjukkan banyaknya oksigen yang dimanfaatkan pada proses oksidasi secara kimiawi. *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang terkandung dalam air guna mengurai bahan organik. Pada proses ini oksidasi akan mengurai senyawa organik secara kimiawi, sehingga bahan organik akan teroksidasi baik jika sifatnya mudah terurai maupun sulit terurai. Oleh karena itu, selisih nilai COD dan BOD berperan untuk mengukur jumlah senyawa organik yang sukar terurai di wilayah perairan (Sis dkk 2018).

Pengukuran COD yang terkandung dalam suatu wilayah perairan dapat dihitung berdasarkan acuan rumus SNI 6989.2:2009 tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi secara spektrofotometri yaitu:

$$\text{COD (mg/l)} = \frac{(A-B)NFAS \times 8000}{V} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

- A = Vol. larutan FAS untuk blanko
- B = Vol. larutan FAS untuk sampel
- 8000 = berat ekuivalen oksigen (8) x 1000 ml/l
- V = Vol. sampel

2.4. Biomonitoring

Untuk mengetahui kualitas air biasanya digunakan metode fisika, kimia dan biologi. Untuk mengetahui terjadinya pencemaran toksik suatu perairan yang dilakukan secara biologi, maka dapat dilakukan biomonitoring. Biomonitoring merupakan suatu teknik pemantauan kondisi perairan dengan cara biologi yang banyak digunakan, karena efisiensi waktu dan biaya. Metode pengambilan sampel yang mudah dilakukan, bahan dan alat yang digunakan juga tidak sukar dilakukan. Biomonitoring dilakukan dengan cara memanfaatkan organisme biologi sebagai petunjuk kualitas air di suatu area perairan. Bioindikator merupakan kumpulan organisme yang sifatnya rentan dan peka dengan adanya perubahan kualitas air suatu ekosistem perairan. Biomonitoring dapat mengetahui pencemaran ekosistem dalam jangka waktu yang panjang dan dapat mengetahui tidak adanya bahan pencemaran dalam wilayah perairan tersebut (Ariella, 2017).

Adapun kelebihan dan kekurangan biomonitoring sebagai metode penentuan kualitas air adalah:

Tabel 2. 3 Kelebihan dan kekurangan biomonitoring

Kelebihan	Kekurangan
1) Komunitas biologis menunjukkan keseluruhan ekologi (fisika, kimia & biologi)	1) Pencemaran lingkungan yang terjadi tidak dapat diketahui jenis bahan pencemar
2) Komunitas biologis menunjukkan tingkat stress	2) Hasil yang tidak akurat akibat perubahan cuaca, sumber pangan, dan pemangsa makroinvertebrata
3) Komunitas biologis menunjukkan perubahan lingkungan yang berubah	
4) Biomonitoring lebih murah	
5) Menjadi pilihan utama ketika dampak lingkungan tidak spesifik	

Sumber: Barbour, 1999 dalam Ariella, 2017

2.5. Makroinvertebrata

Makroinvertebrata merupakan hewan tanpa tulang belakang yang dimanfaatkan untuk mengetahui kualitas sungai beserta ekosistem yang sehat. Terdapat beberapa alasan penggunaan makroinvertebrata sebagai bioindikator kualitas sungai yaitu makroinvertebrata bersifat sensitif terhadap perubahan lingkungan sekitar dan mobilitas sangat terbatas sehingga makroinvertebrata konstan pada suatu lokasi memberikan informasi kondisi kualitas perairan. Jadi, makroinvertebrata sangat berperan dalam menunjukkan ketersediaan oksigen terlarut dan terjadinya kerusakan lingkungan perairan (Sah dkk., 2015).

Ketersediaan dan keanekaragaman makroinvertebrata sangat dipengaruhi oleh kondisi air. Makroinvertebrata memiliki mobilitas yang rendah dan sangat peka terhadap perubahan kondisi lingkungan. Oleh karenanya kehidupan makroinvertebrata dipengaruhi langsung dengan bahan-bahan pencemaran terkandung dalam perairan tersebut. Hal ini yang menyebabkan dipergunakannya biomonitoring sebagai metode pemantauan kualitas air (Rustiasih).

2.6. Metode Indeks Biotik

Indeks biotik merupakan skoring yang ditetapkan dengan mengetahui jenis makroinvertebrata dan tingkat toleransinya terhadap pencemaran atau kondisi air. Untuk mengetahui skor pencemaran, maka diperlukan perhitungan terhadap makroinvertebrata sesuai dengan toleransi skor tingkat pencemarannya. (Trihadiningrum dan Tjondronegoro, 1998 dalam Ariella, 2017). *Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon* (BMWP-ASPT) merupakan salah satu metode indeks biotik. Metode BMWP-ASPT telah banyak dilakukan di Indonesia untuk mengetahui kualitas air, alasan lain juga menjadikan metode ini sebagai standar nasional di UK (*United Kingdom*) Cara untuk menghitung menggunakan metode BMWP-ASPT yaitu:

Berdasarkan **tabel 2.4** kualitas air sungai berdasarkan jenis makroinvertebrata, diinterpretasikan sebagai berikut:

- a. Air sungai kategori tidak tercemar, jika hanya tersedia Trichoptera (Sericomatidae, Lepidosmatidae, Glossosomatidae) dan Planaria, serta tidak ditemukan keberadaan jenis makroinvertebrata pada kelas 2-6.
- b. Air sungai kategori tercemar, tercemar ringan, tercemar agak berat, dan sangat tercemar, jika tersedia salah satu atau campuran makroinvertebrata pada kelas 2-6 masing-masing.
- c. Jika makroinvertebrata tersedia dalam campuran makroinvertebrata dari kelas yang berbeda, maka:
 1. Air kategori tidak tercemar, apabila tersedia campuran makroinvertebrata kelas 2, & 3
 2. Air kategori tercemar ringan, jika tersedia beberapa makroinvertebrata kelas 2, 3 & 4
 3. Air kategori tercemar, jika tersedia semua kelas

Berdasarkan penjelasan tersebut, pencemaran kualitas air dapat dikategorikan sebagai berikut:

Tabel 2.5 Kategori Pencemaran Metode BMVP-ASPT

No	Kategori pencemaran	Makroinvertebrata
1	Tidak tercemar	a. Planaria b. Trichoptera (Lepidosmatidae, Glossosomatidae, Sericosmatidae)
2	Tercemar ringan	a. Coleoptera (Elminthidae) b. Ephemeroptera (Leptophlebiidae, c. Pseudocloeon, Ecdyonuridae, Caebidae) d. Plecoptera; (Perlidae & Peleodidae)

No	Kategori pencemaran	Makroinvertebrata
		e. Trichoptera (Psychomyidae & Hydropsychidae) f. Odonata (Agrionidae & Gomphidae)
3	Tercemar	a. Crustacea (Gammaridae) b. Hirudinea (Glossiphoniidae & Hirudidae) c. Mollusca (Bivalvia & Pulmonata); d. Odonata (Cordulidae & Libellulidae)
4	Tercemar agak tercemar	a. Trichoptera (Hydropsychidae) b. Oligoneura (Limnephilidae) c. Diptera (Simuliidae)
5	Sangat tercemar	Makroinvertebrata tidak tersedia karena adanya limbah organik (Cobacterium) dan limbah kimia waste

Sumber: Tjallingii, 1998 dan Tjallingii & Tjallingii, 1998 dan Tjallingii & Tjallingii, 2017

Selanjutnya digunakan perhitungan ASPT dengan rumus berikut:

$$\text{Nilai ASPT} = \frac{A}{B} \times 100 \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

A = jumlah skor indeks BMWP

B = jumlah family ditemukan

Setelah dihitung nilai ASPT kemudian dimasukkan hasil sesuai skor status mutu air berikut:

Tabel 2. 6 Skoring Status Mutu Air Metode BMWP-ASPT

Nilai BMWP-ASPT	Kategori
1-4	Air sungai sangat kotor
5-7	Air sungai cukup kotor
8-10	Air sungai bersih

Sumber: Hawkes, 1988 dalam Aditya, 2017

Metode lain yang digunakan untuk menghitung kualitas air sungai berdasarkan makroinvertebrata adalah FBI (*Family Biotic Index*) yang

diperkenalkan oleh Hilsenhoff (1988). Metode FBI banyak digunakan untuk menghitung kualitas air sungai dengan mengidentifikasi tingkat pencemaran organik di perairan, dengan perhitungan makroinvertebrata yang mempunyai skor tertentu sebagai tingkat toleran terhadap pencemaran bahan organik. Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan metode FBI (Sandi, dkk, 2017):

$$BFI = \frac{\sum Ni \times T}{N} \dots\dots\dots (2.5)$$

- Dimana
- Ni = Jumlah individu spesies
 - T = Skor toleran tiap famili
 - N = Jumlah keseluruhan spesies

Untuk menghitung skor dari setiap makrovertebrata, maka perlu diketahui tabel skor indeks biotik FBI yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. 7 Skor Indeks Biotik Metode FBI

Ordo	Famili	Skor	Ordo	Famili	Skor
Plecoptera	Chloroperleidae	1	Tricoptera	Molannidae	6
	Capnidae	1		Odontoceridae	0
	Leuctridae	0		Philopotamidae	3
	Nemouridae	2		Phryganeidae	4
	Perliidae	1		Polycentropodidae	6
	Perloliidae	2		Psycomyiidae	2
	Pteromarcyidae	0		Rhyacophilidae	0
	Taeniopterygidae	2		Sericostomatidae	3
Ephemeroptera	Baetidae	4		Uenoidea	3
	Baetisuidae	3	Megaloptera	Coridalidae	0
	Caenidae	7	ra	Sialidae	4
	Ephemerellidae	1	Lepidoptera	Piralidae	5
	Ephemeridae	4	Coleoptera	Dryopidae	5
	Heptageniidae	4		Elmidae	4

Ordo	Famili	Skor	Ordo	Famili	Skor
	Leptophlebiidae	2	Diptera	Psephenidae	4
	Metretopodidae	2		Athericidae	2
	Oligoneuridae	2		Blepharoceridae	0
	Polymitarcyidae	2		Ceratopogonidae	6
	Potomanthidae	2		Blood red Chironomidae	8
	Siphonuridae	7		Dolochopodidae	4
	Tricorythidae	4		Ephydriidae	6
Odonata	Aeshnidae	5	Empidae	6	
	Libellulidae	5	Psychodidae	10	
	Zygoptera	3	Simulidae	6	
	Cordullidae	5	Muscidae	6	
	Gomphidae	2	Syrpyidae	10	
	Lestelidae	9	Tabanidae	6	
	Libellulidae	9	Tipulidae	3	
	Macroniidae	3	Gammaridae	4	
			Talitridae	8	
			Asellidae	8	
Tricoptera	Hydropsychidae	1	Isopoda		6
	Limnoceratidae	3			4
	Melicopsychidae	3			
	Hydropsychidae		Mollusca	Lymnaeidae	6
	Hydroptilidae	4		Physidae	8
	Leptoceridae	4		Sphaeriidae	8
		Hirudinea	Bellidae	10	
Lepidostomatidae	1				
		Turbelaria	Platyhelminthidae	4	
Limnephilidae	4				

Sumber: Hilsenhoff, 1988 dalam Rachman dkk., 2017

Setelah menghitung dan memperoleh skor, maka dilakukan penentuan kualitas air berdasarkan hasil perhitungan dengan mengacu pada pengelompokan karakteristik kondisi kualitas air yang dikemukakan oleh Hilsenhoff (1988) yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. 8 Skoring Status Mutu Air Metode FBI

No	Indeks Nilai	Kualitas Air	Tingkat Pencemaran Organik
1	0,00-3,75	Sangat baik	Tidak tercemar
2	3,76-4,25	Cukup baik	Kemungkinan tercemar ringan
3	4,26-5,00	Baik	Kemungkinan agak tercemar
4	5,01-5,75	Sedang	Tercemar sedang
5	5,76-6,50	Cukup buruk	Tercemar agak berat
6	6,51-7,25	Agak buruk	Tercemar berat
7	7,26-8,00	Sangat buruk	Tercemar sangat berat

Sumber: Hilal & Effendi (2010) dalam Khotimah dkk., (2017)

2.7. Pemodelan QUAL2Kw

Model QUAL2Kw merupakan pemodelan kualitas air yang mendeskripsikan dan memprediksi keadaan kualitas air di suatu sungai dengan menggunakan grafik. Model QUAL2Kw versi 5.1 dikembangkan oleh *United States Environmental Protection Agency* (USEPA). Model QUAL2Kw memiliki kelebihan untuk menskenariokan kualitas air sungai jika menerima daya pencemaran, oleh karenanya pemodelan ini mampu digunakan untuk memudahkan pengelolaan air sungai agar tidak tercemar. QUAL2Kw mempresentasikan kondisi sebuah sungai berdasarkan oleh sumber limbah *point source & diffuse source* (Pelletier 2008 dalam Haq 2021).

Data yang dibutuhkan untuk menjalankan pemodelan QUAL2Kw adalah sebagai berikut (Syafi'i, 2011):

- a. Temperatur udara
- b. Kecepatan angin
- c. Tutupan awan
- d. Koordinat dan elevasi sungai
- e. Lebar dan teing sungai
- f. Waktu penyinaran & terbenam matahari
- g. Panjang dan debit aliran sungai

- h. Koefisien hambatan sungai
- i. Lokasi pemantauan kualitas sungai
- j. Sumber pencemar sungai

Pemodelan QUAL2Kw digunakan untuk mengetahui daya tampung beban pencemaran pada suatu sungai dengan *point source* dan *non point source*. Daya tampung beban pencemaran merupakan kemampuan air dalam menerima beban pencemar tanpa terjadinya pencemaran pada kualitas air tersebut. Daya tampung dapat dicapai dengan melaksanakan pengendalian pencemaran dan beban pencemaran yang masuk ke badan air sehingga kualitas air tidak di bawah baku mutu yang ditetapkan (Fatmawati dkk, 2012 dalam febrina, 2016). Perhitungan beban pencemaran adalah sebagai berikut:

$$Daya\ Tampung = beban\ pencemaran - kondisi\ awal..... (2.6)$$

Dimana

Beban pencemaran : beban pencemaran masuk ke sungai

Kondisi awal : kondisi eksisting sungai sebelum pencemaran alami

Untuk mengetahui nilai daya tampung pencemaran, maka dilakukan perhitungan dengan rumus:

$$Bp = C \times Q..... (2.7)$$

Dimana

Bp : Beban pencemaran (kg/hari)

C : konsentrasi beban pencemaran (kg/l)

2.8. Integrasi Keilmuan

Allah SWT telah berfirman dalam Al-Quran mengenai menjaga dan mengendalikan pencemaran lingkungan. Hal ini berguna untuk kelangsungan dan kesejahteraan makhluk hidup di muka bumi, untuk selalu bersyukur atas Ciptaan Allah SWT. Berikut beberapa ayat AL-Qur'an yang menjelaskan hal tersebut:

2.8.1. Surah Al-Luqman ayat 20

أَلَمْ تَرَوْا أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ نِعْمَهُ
ظَاهِرَةً وَبَاطِنَةً وَمِنَ النَّاسِ مَنْ يُجَادِلُ فِي اللَّهِ بِغَيْرِ عِلْمٍ وَلَا هُدًى وَلَا كِتَابٍ
مُنِيرٍ

Artinya:

“Tidak kah kamu memperhatikan bahwa Allah SWT telah menundukkan apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi untuk (kepentingan)mu dan menyempurnakan nikmat-Nya untuk kamu. Maka apakah ada di antara manusia ada yang menentang (keesaan) Allah SWT tanpa ilmu atau petunjuk dan tanpa Kitab yang memberi penerangan?” (QS. Al-Luqman:20)

Ayat ini menjelaskan bahwa Allah SWT telah memberi nikmat kepada manusia dalam bentuk hujan, tumbuhan, buah-tumbuhan, angin, hujan matahari, bulan, dan lain-lain. Nikmat inilah yang harus dimanfaatkan dan digunakan sebaik mungkin oleh manusia. Adanya manusia harus bersyukur atas nikmat yang diberikan Allah SWT. Cara melaksanakan perintah atau ibadah serta menjaga dan melestarikan lingkungannya. Namun, masih terdapat beberapa manusia yang mengingkari kenikmatan yang telah diberikan Allah SWT. Yakni ada orang yang tidak bersyukur, bahkan kufur kepada nikmat tuhan dan kufur kepada Pemberi-Nya.

2.8.2. Surah Ar-Rum ayat 41 & 42

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya:

“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah SWT menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (QS. Ar-Rum:41)

فَلْ سِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَانظُرُوا كَيْفَ كَانَ عَاقِبَةُ الَّذِينَ مِن قَبْلُ كَانَ أَكْثَرُهُمْ
مُشْرِكِينَ

Artinya:

“Katakanlah (Muhammad), Bepergianlah di bumi lalu lihatlah bagaimana kesudahan orang-orang dahulu. Kebanyakan dari mereka adalah orang-orang yang mempersekutukan (Allah SWT)” (QS. Ar-Rum: 25)

Artinya adalah Allah SWT akan membalas jika kerusakan atau kehancuran lingkungan alam adalah akibat dari tangan manusia itu sendiri. Allah SWT memberikan ancaman kepada manusia sebagai peringatan atas perbuatan yang telah dilakukan sehingga mereka dapat berubah menjadi yang lebih baik.

Makna dalil ini yaitu manusia sebagai khalifah di bumi adalah seharusnya menjaga dan memanfaatkan lingkungan dengan sebaik-baiknya mungkin, sehingga tidak terjadi kerusakan yang merugikan lingkungan sekitarnya. Apabila manusia melakukan perbuatan buruk terhadap lingkungannya, maka Allah SWT akan membalas dan memberikan dampak terhadap perbuatan mereka, yaitu seperti terjadinya banjir, longsor dan yang lainnya.

2.8.3. Surah Al-A'raf ayat 56

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا
إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya:

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah SWT) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah SWT amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik” (QS. Al-A'raf:56).

2.9. Penelitian Terdahulu

Berikut adalah penelitian terdahulu yang berkesinambungan dengan penelitian mengenai pemantauan kualitas air sungai berdasarkan komunitas makroinvertebrata dan pemodelan daya tampung beban pencemaran menggunakan QUAL2Kw yang disajikan pada tabel 2.9:

Tabel 2.9 Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis	Judul	Metode	Hasil
1	Meta A. S dkk, 2017	<i>Bioassessment</i> dan Kualitas Air di Sungai Legundi Probolinggo Jawa Timur	Penelitian dilakukan pada Januari 2017. Metode sampling yang digunakan yaitu purposive sampling. Sampel yang diambil jumlah stasiun yang ditetapkan masing-masing di bagian hulu, tengah dan hilir untuk mengetahui kualitas air dan komunitas makroinvertebrata, dilakukan perhitungan metode FBI dan Biotilik.	Hasil Penelitian di Sungai Legundi berdasarkan metode Biotilik menunjukkan kualitas air termasuk dalam kategori cukup bersih & tercemar sedang dengan nilai 2.3. Dalam persamaan Family Biotic Index (FBI) dihasilkan nilai yang tidak beda jauh pada setiap titiknya yaitu stasiun I 0.74, stasiun II 0,82, dan stasiun III; 0,87 yang menunjukkan kualitas air “tidak tercemar”. Pada parameter fisika-kimia, kualitas air sungai masih sesuai dengan baku mutu, kecuali nilai BOD yang melebihi baku mutu.
2	M. Abjan Fabanjo & Inayah, 2021	Analisis Kualitas Air Sungai Mandaong Untuk Pengembangan Budidaya Ikan Air Tawar	Penelitian dilakukan pada Februari 2021 di Sungai Mandaong Kecamatan Bacan Selatan. Metode yang dipakai pada penelitian yaitu metode deskriptif & eksperimen, dimana metode deskriptif digunakan untuk menyajikan data secara sistematis,	Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter fisika, kimia dan biologi di sungai Mandaong termasuk pada kategori sangat baik. Masing-masing nilai dari Stasiun 1-3 dengan metode FBI adalah 3.36, 3.53, & 4,16 yang menunjukkan jika kuondisi air sungai Mandaong di stasiun 1

No	Nama Penulis	Judul	Metode	Hasil
			sementara metode eksperimen untuk pengumpulan data dan menganalisis sampel. Analisis data makroinvertebrata menggunakan metode <i>Family Biotic Index</i> (FBI)	dan 2 masih sangat baik dan tidak terjadi pencemaran bahan organik, sedangkan pada stasiun 3 kualitas air juga sangat baik namun terjadi pencemaran bahan organik dengan jumlah sedikit.
3	Sukmawati dkk, 2021	Analisis Pencemaran Sungai Mandar Dengan Bioindikator Makroinvertebrata Melalui Metode Biotilik	Penelitian dilakukan di lokasi penelitian pada Mei-Agustus 2020. Subjek penelitian yang diamati adalah biota, dengan minimal 100. Metode yang digunakan untuk pengumpulan sampel adalah metode pengumpulan yang dilakukan dengan metode Biotilik.	Hasil penelitian menunjukkan Sungai Mandar termasuk dalam kategoriong tercemar sedang karena makroinvertebrata yang diperoleh seanyak 99% kategori non EPT. Jenis biota EPT ayng ditemukan adalah (ephemeroptera, plecoptera & thichoptera, sedangkan Non EPT yang ditemukan adalah Coenagrionade –B, Corixidae –A, Hydrophilidae, Cordulidae –B & Noucoridae. Kondisi sungai Mandar termasuk dalam kategoriong tercemar sedang dengan nilai indeks 2,45 dan kelimpahan EPT sebanyak 1%. Oleh karenanya perlu dilakukan pengendalian terhadap pencemaran air oleh masyarakat dan pemerintah terkait.
4	Endang Rustiasih dkk, 2018.	Kelimpahan dan Keanekaragaman Makroinvertbarata Sebagai	Penelitian dilakukan guna mengetahui kelimpahan & keragaman	Nilai Keanekaragaman yang diperoleh dari penelitian di Sungai Badung yakni antara

No	Nama Penulis	Judul	Metode	Hasil
		Biomonitoring Kualitas Perairan Tukad Badung, Bali	makroinvertebrata yang ada, mengenal kualitas air berdasarkan parameter fisika serta kimia makroinvertebrata dengan metode famili biotik indeks (FBI) di perairan Sungai Badung.	2,39-2,59 yang dikategorikan keanekaragaman sedang. Hasil perhitungann kualitas air dengan metode FBI masing-masing dari stasiun 1-3 adalah 5,06, 6,64 6,98.
5	Inoy T... dkk... 8	Identifikasi Habitat Fisik Sungai dan Keberagaman Biotik sebagai Indikator Pencemaran Air Sungai Musi Kota	Penelitian... Sungai Musi... bagian Ulu I & II... Kota Badung... yang dil... di 5 titik... penelitian... pengambilan samping dilakukan dengan metode <i>purposive random samping</i> dimana dipilih berdasarakan kepadatan penduduk & aktivitas di wilayah sungai. Penilaian tingkat pencemaran dengan indicator habitat fisik sungai dan keberagaman makroinvertebrata. Untuk menganalisis data dilakukan dengan metode biotilik.	Hasil penelitian berdasarkan pemeriksaan habitat sungai menunjukkan kondisi buruk. Keanekaragaman makroinvertebrata baik dari Grup A, B, C & D juga tidak ditemukan, hanya ditemukan ikan. Parameter fisika juga menunjukkan jika kadar TSS melebihi baku mutu, sedangkan nilai COD dan BOD masih berada di bawah standar. Berdasarkan hasil keseluruhan, dapat disimpulkan jika kondisi habitat sungai, keragaman & kelimpahan biota serta kadar TSS menunjukkan jika Sungai Musi di bagian Sebrang Ulu I & II termasuk pada kategori C yaitu Buruk.

No	Nama Penulis	Judul	Metode	Hasil
6	Emeka D. Anyanwu dkk, 2019	<i>Macroinvertebrates as Bioindicators of Water Quality of Effluent-receiving Ossah River, Umuahia, Southeast Nigeria.</i>	Penelitian dilakukan guna mengetahui kualitas dan kondisi air di sungai Nigeria tenggara dengan pengambilan sampel di tiga titik dengan teknik kicking. Parameter fisikimia air dilakukan uji laboratorium yang meliputi analisis sesuaikan dengan standar, serta analisis dilakukannya analisis variasi yang signifikan. Analisis menggunakan uji ANOVA dan uji Makroinvertebrata dihitung keanekaragaman dan kesetaraan	Parameter fisikimia dan kumpulan makroinvertebrata menunjukkan bahwa sungai terkena dampak negatif dari pembuangan limbah dan aktivitas antropogenik lainnya. Parameter fisikokimia menunjukkan stasiun 1 tercemar dampak kumulatif sedangkan kumpulan makroinvertebrata menunjukkan stasiun 2 tercemar limbah cair.
7	Fatmawati Patang dkk, 2018	<i>Benthic Macroinvertebrates Diversity as Bioindicators of Water Quality of Some Rivers in East Kalimantan, Indonesia</i>	Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi dan mengetahui kualitas air di Sungai daerah Kalimantan Timur. Penelitian memanfaatkan keanekaragaman makroinvertebrata bentuk serta parameter fisika-kimia air sungai. Identifikasi Makroinvertebrata dengan menghitung nilai keanekaragaman, dominasi dan kemerataan serta Rata-rata Skor per Takson (ASPT)	Sungai Karang Mumus termasuk dalam kategori tercemar oleh <i>Chironomus sp.</i> dan <i>Melanoides</i> sebagai taksa yang dominan. Sungai Jembayan memiliki kualitas diragukan karena mengandung: <i>M. tuberculata</i> dan <i>A. parvula</i> sebagai taksa kodominan, sedangkan Sungai Pampang dalam sungai yang sangat bersih terdapat <i>Odonata</i> dan Famili <i>Baetidae</i> sebagai taksa yang dominan.

No	Nama Penulis	Judul	Metode	Hasil
8	A. Mezgebu dkk, 2019	<i>Water Quality Assessment Using Benthic Macroinvertebrates as Bioindicators in Streams and Rivers Around Sebeta, Ethiopia</i>	Pengambilan sampel dilakukan pada 9 titik yang berbeda. Variabel yang diteliti yaitu parameter air, meliputi suhu, PH, DO, Konduktivitas dan kekeruhan. Selain itu, dilakukan pengambilan 2 liter air untuk analisis nutrisi dan NO_4^- , NO_3^- , fosfat terlarut (SRP), fosfor total (TP). Makroinvertebrata benthik dan sampel benthik lingkungan dianalisis menggunakan analisis detrended (DCA), diikuti oleh analisis redundansi (RDA)	Kota Sebeta sangat terdegradasi, karena industri yang didirikan di sekitarnya dan kegiatan manusia lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aliran mengandung fosfor total sebesar 35,14 mg/l, konsentrasi DO yang sangat rendah yaitu 1,55mg/l, dan jenis makroinvertebrata benthik sebanyak 9–13 taksa benthik.
9	Chazanah dkk. 2010	<i>Macrozoobentos Distribution as a Bioindicator of Water Quality in the Upstream of the Citarum River</i>	Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua tahap, yaitu menentukan status kualitas sungai dengan indeks pencemaran dan menentukan komponen untuk melihat hubungan parameter kualitas air terhadap kelimpahan makrozoobentos dengan analisis komponen utama.	Hasil penelitian pada lokasi menunjukkan status kualitas sungai tercemar ringan dan tercemar ringan. Untuk status sedikit tercemar <i>Corbicula sp.</i> digunakan sebagai parameter makrozoobentos yang dominan dengan parameter oksigen terlarut, karbon organik dan N-O pada sedimen yang didominasi lempung. Sedangkan untuk daerah sungai dengan pencemaran

No	Nama Penulis	Judul	Metode	Hasil
				ringan, Enallagma sp., Tubifex sp., dan Chironomous sp. digunakan sebagai bioindikator dan memiliki hubungan dengan parameter nitrat, TSS, dan P-total.
10	Bytyçi dkk, 2018	<i>Biomonitoring of Water Quality in River ...</i>	Komposisi makroinvertebrata bentik dianalisis keanekaragaman hayati menggunakan indeks keanekaragaman: Shannon-Wiener (H'), Margalef (Mg) dan Pielou (P). Penelitian ini menggunakan biotik termofilus (saat ini); EPT (Ephemeroptera, Trichoptera), BMWP-ASPT, SWRC Biotic index dan Family Biotic Index (FBI). Selain itu diuji parameter fisikkimia air seperti PH, TDS, suhu, BOD, dan COD	Hasil dari penelitian terlihat jika kualitas air dari hulu dinilai baik hingga sedang berdasarkan parameter fisika, kimia & bioindikator makroinvertebrata. Kualitas air menurun terjadi di bagian sungai tengah dan hilir dikarenakan pembuangan limbah. Selain itu, air limbah dari pertanian juga menyebabkan air sungai mengalami kondisi buruk.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu Penelitian


Pelaksanaan penelitian dilakukan sejak bulan Maret 2022 sampai Juni 2022. Pengambilan dan analisa sampel dilakukan pada 19 Mei 2022.

3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian dalam pengambilan sampel air dan makroinvertebrata akan dilakukan di Sungai Barakala. Pengambilan sampel makroinvertebrata dan parameter kimia air dilakukan di bagian hulu, tengah dan hilir. Untuk peng parameter air kimia lokasi di Lab. PDAM Surya Sembada Surabaya, sedangkan analisa dan identifikasi makroinvertebrata berlokasi di Integrasi UJ Sunan Ampel Surabaya. Berikut detail lokasi titik pengambilan sampel di sungai Barakala

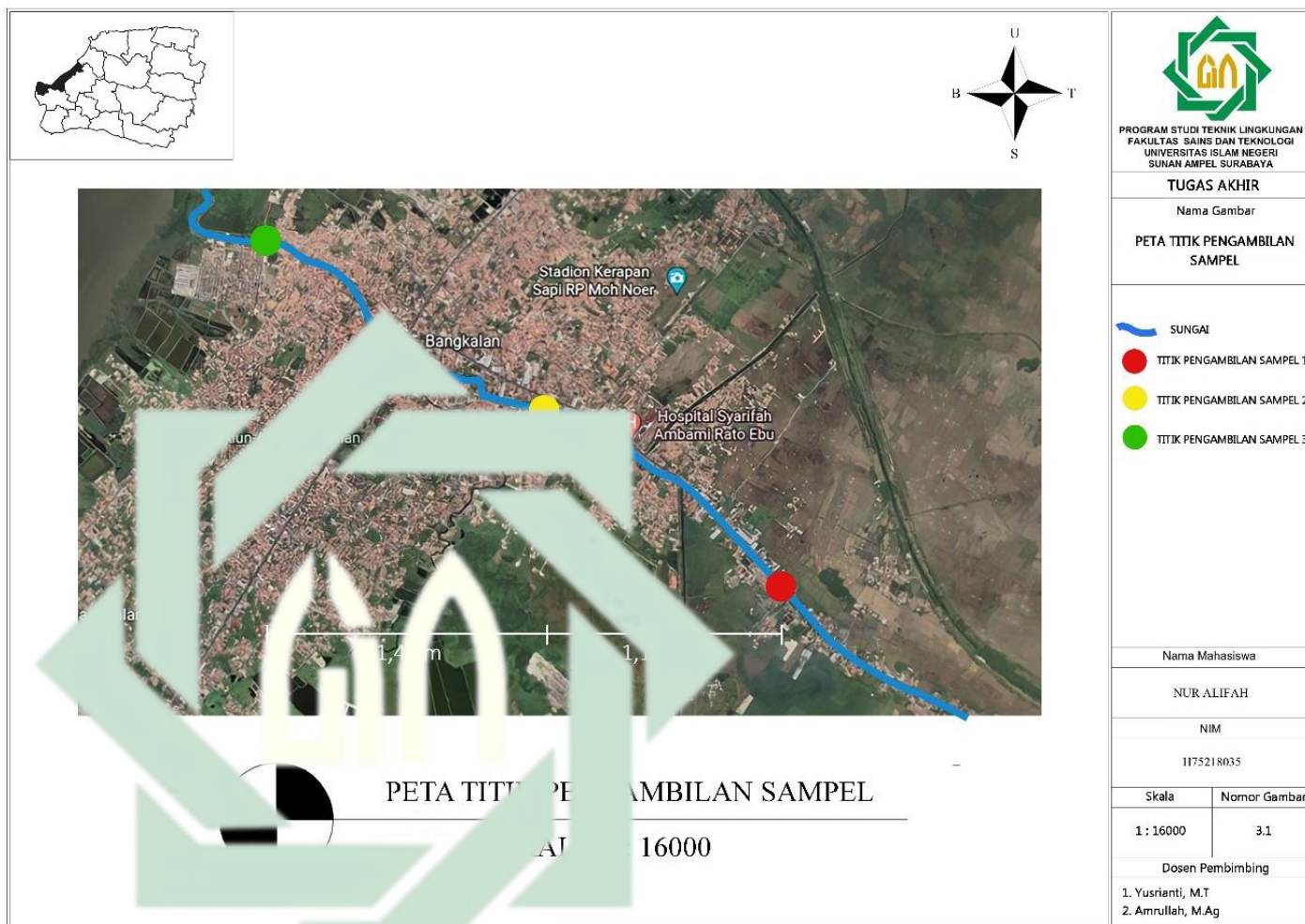
Tabel 3.2. Lokasi Penelitian

Titik	Lokasi	Jarak (km)	Gambar
1	Jl. Pemuda Kaifa (7°01'35" LS 112°45'01" BT)	4	
2	Jl. Jokowi (7°01'35" LS 112°45'01" BT)	11	

3	Jl. Pangeranan (7°01'14° LS 112°44'31° BT)	0	
---	--	---	---



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 3. 1 Peta Titik Sampling

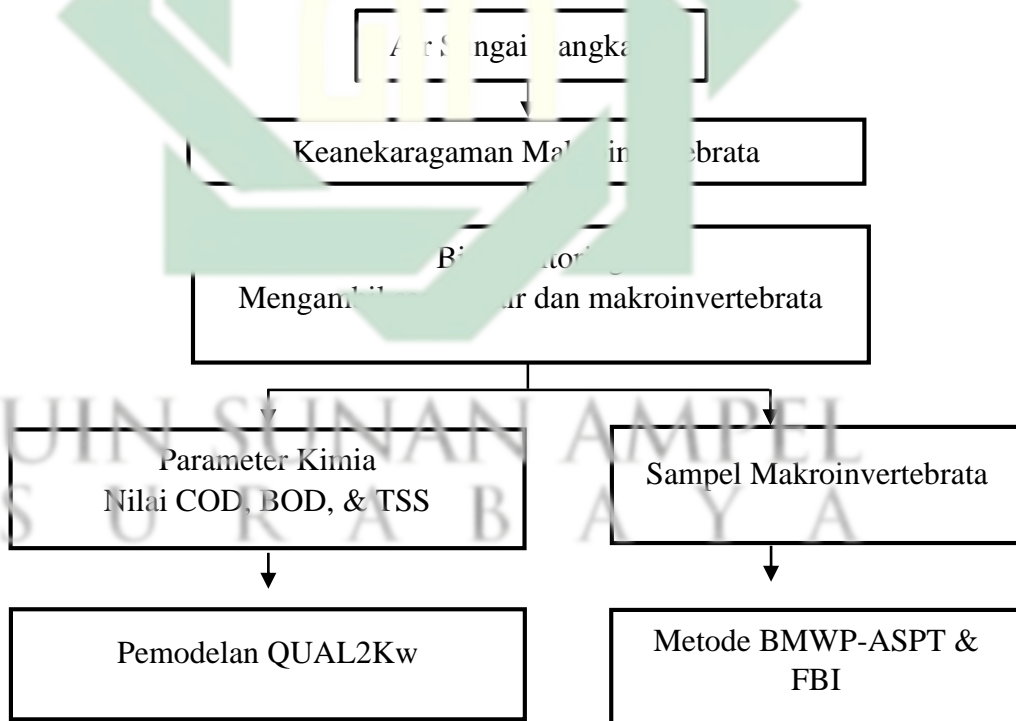
3.3. Alat dan Bahan

Beberapa peralatan yang akan digunakan dalam penelitian yaitu PH meter, termometer, gayung, botol kaca, *beaker glass*, *Erlenmeyer*, *cool box*, jaring, mikroskop, jerigen, sendok, dan baskom.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah air sampel, formalin 37%, aquades, makroinvertebrata, dan kertas saring.

3.4. Kerangka Pikir Penelitian

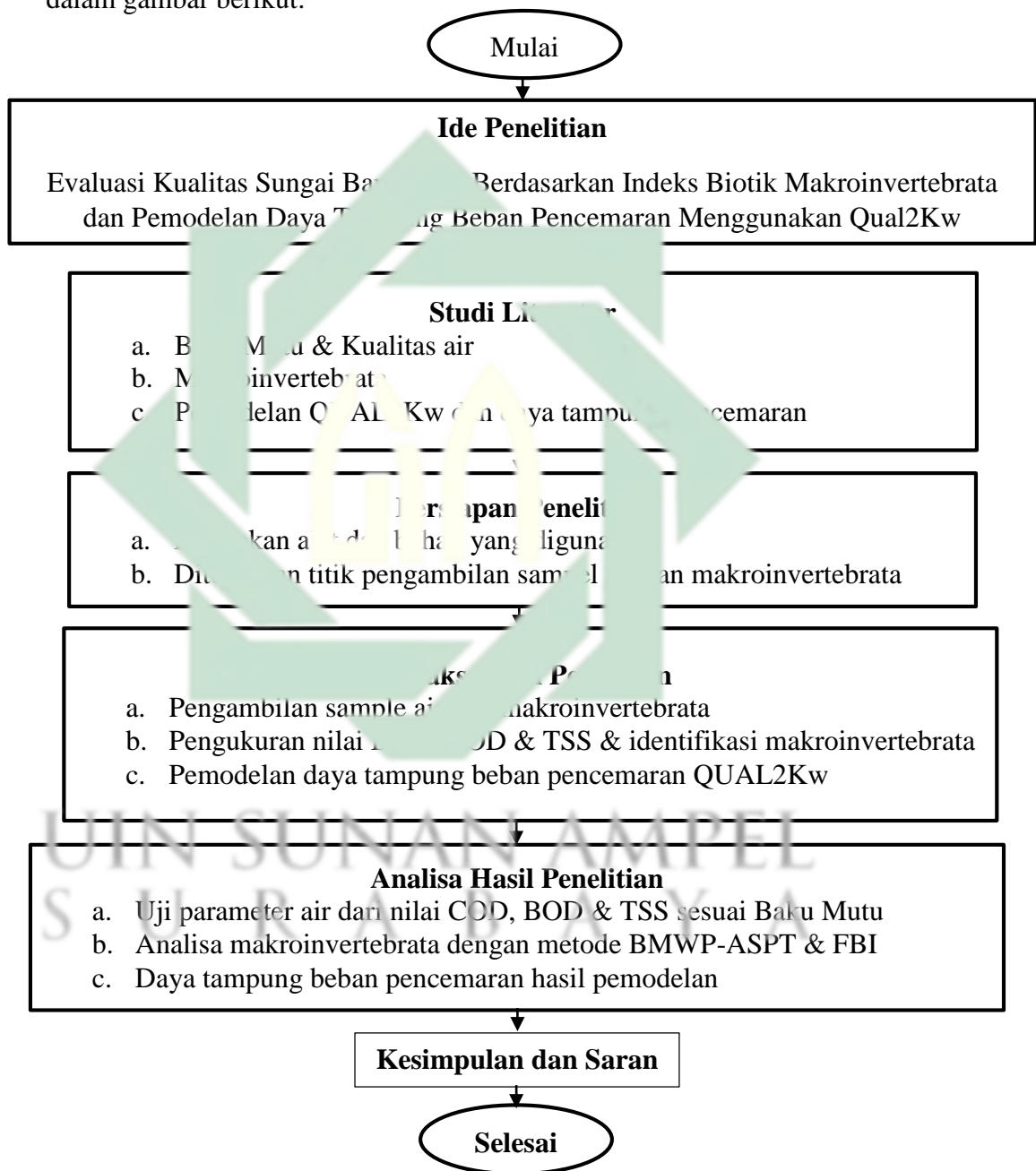
Kerangka pikir penelitian adalah sebagai berikut penelitian yang memberi petunjuk atau arahan pelaksanaan suatu penelitian. Berikut kerangka pikir penulis yang digunakan untuk mendapatkan hasil penelitian.



Gambar 3. 2 Kerangka Pikir Penelitian

3.5. Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahap yang dimulai hingga memperoleh hasil penelitian. Berikut skema kerja penelitian yang disajikan dalam gambar berikut:



Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.5.1. Tahap Persiapan

Pada tahap ini diperlukan studi literatur mengenai proses biomonitoring terkait makroinvertebrata pada sungai. Selain itu pada tahap ini juga dilakukan persiapan mengenai observasi yang akan dilakukan, seperti penentuan titik sampling dalam pengambilan air dan makroinvertebrata, teknik yang akan digunakan serta alat dan bahan yang diperlukan.

3.5.2. Tahap Pelaksanaan

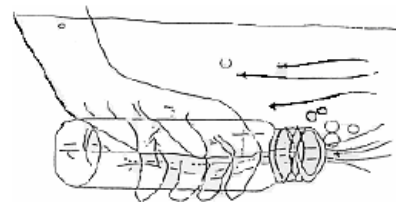
Dalam pelaksanaan observasi peravasi pada sungai Sungai Bangka diperlukan pengambilan sampel yang dibutuhkan. Terdapat dua sampel yang dibutuhkan yakni:

A. Sampel air

Pengambilan sampel air ini dilakukan di sungai Sungai Bangka dengan cara *grab sampling*. Penentuan titik sampling berdasarkan debit air yang mengacu pada SNI 6989.57:2008. Adapun detail pengambilan sampel air ditunjukkan sebagai berikut:

1. Titik 1 terletak di hulu sungai dan daerah persawahan
2. Titik 2 terletak di hilir sungai, merupakan daerah penempatan padat penduduk
3. Titik 3 di hilir sungai, merupakan daerah padat penduduk, adanya RPH dan aktivitas nelayan.

Proses pengambilan sampel air ini menggunakan metode *grab sampling* menurut SNI 6989.57:2008.



Gambar 3.4 Pengambilan air secara langsung (SNI:2008)

Alat yang digunakan untuk mengambil air adalah gayung, kemudian sample air disimpan dalam botol. Adapun langkah-langkah pengambilan sample air sebagai berikut:

- 1) Mempersiapkan alat dan bahan
- 2) Menentukan titik sampling
- 3) Mengambil sample air menggunakan gayung
- 4) Memindahkan sample air ke dalam botol kaca gelap
- 5) Mengukur TSS, DO, BOD dan suhu pada sample air
- 6) Menyiapkan sample
- 7) Mengukur kembali nilai BOD pada sample hari ke 5

B. Makroinvertebrata

Pengambilan sample makroinvertebrata dilakukan pada titik yang sama seperti pengambilan sample air yaitu di bagian iri dan bagian sungai. Pengambilan sample makroinvertebrata dilakukan dengan metode *jabbing*, *kicking* dan *sweeping*. Metode *jabbing* dilakukan pada sungai dalam menggunakan saringan yang diletakkan di permukaan dasar sungai yang kemudian ditarik ke arah hulu sungai. Metode *kicking* dilakukan pada aliran sungai dangkal dengan mengaduk substrat kemudian diambil sampel makroinvertebrata hingga ke dasar sungai. Metode *sweeping* dilakukan pada bagian tepi sungai. Adapun langkah-langkah pengambilan makroinvertebrata:

- 1) Mempersiapkan alat dan bahan
- 2) Menentukan titik sampling
- 3) Mengambil sample makroinvertebrata dengan metode *jabbing* dan *kicking*
- 4) Meletakkan sample ke nampan
- 5) Memasukkan setiap sample ke *cup jelly*
- 6) Mengklasifikasikan setiap makroinvertebrata sesuai family

- 7) Memberi formalin 37% ke dalam cup yang berisi makroinvertebrata
- 8) Memberi nama family pada setiap sample
- 9) Mengamati sample pada mikroskop
- 10) Mengambil gambar makroinvertebrata pada mikroskop

3.5.3. Tahap Analisa Data

A. Analisa Kualitas Air

Analisa kualitas air dilakukan dengan cara pengukuran setiap parameter fisik & kimia yaitu BOD, COD, TSS, & PH dengan bantuan alat dan bahan di laboratorium Integritas.

Kuasi analisa kualitas air setiap parameter:

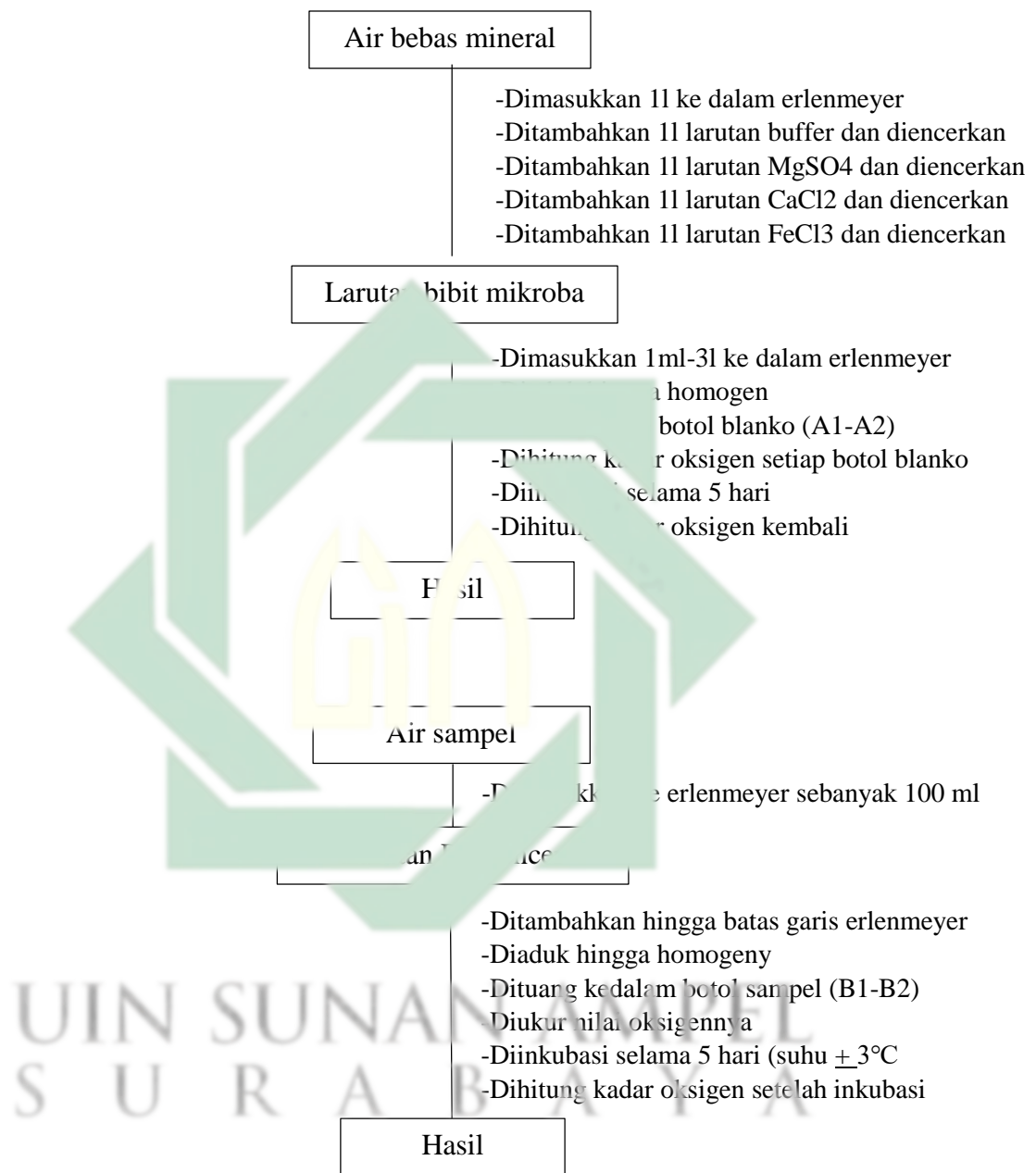
BOD

Pengukuran BOD (*Biological Oxygen Demand*) pada sample air menggunakan nilai DO yang telah diukur sebelumnya. Dengan, pengukuran DO tidak hanya dilakukan sekali untuk setiap sample diinokulasi selama 5 hari sehingga diperoleh nilai DO5. Jika nilai DO dan DO5 telah diketahui, maka dapat dilakukan perhitungan BOD. Berikut rumus perhitungan nilai BOD

$$BOD_s(\text{mg/l}) = \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{Vb} \cdot 1\right) Vc}{P} \dots\dots\dots (3.1)$$

UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

Tata cara untuk mengukur nilai BOD berdasarkan SNI 6989.72:2009 mengenai Uji BOD yaitu:



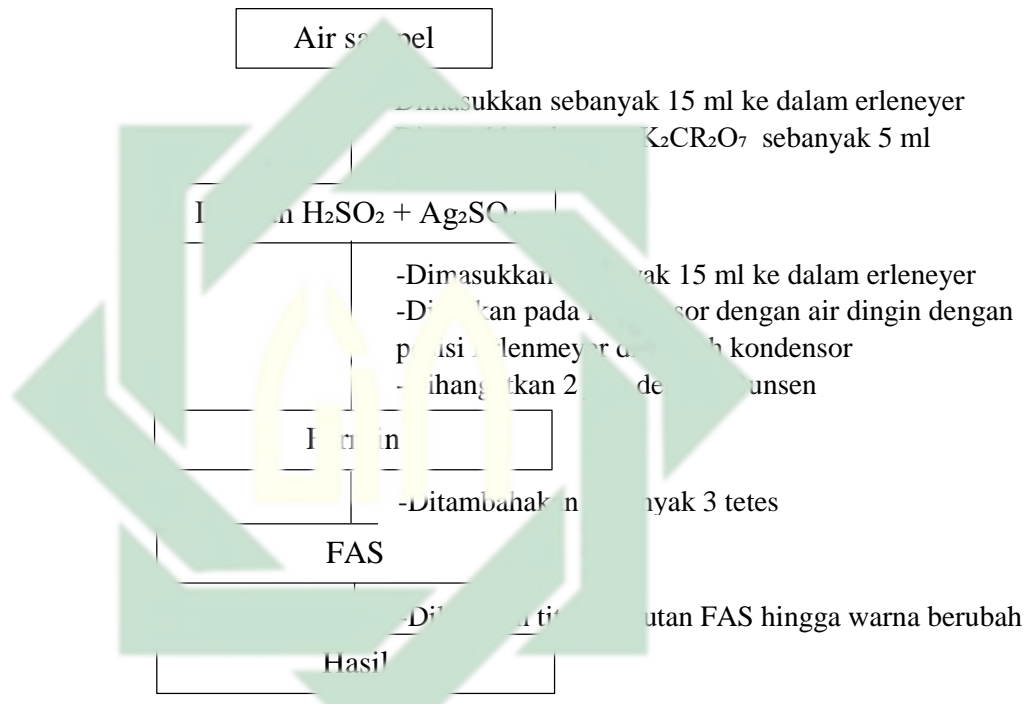
Gambar 3. 4 Skema Kerja BOD

b. COD

Pengukuran nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada sample dilakukan dengan acuan SNI 6989.2:2009 tentang

Cara Uji COD dengan metode spektrofotometri. Berikut dan skema kerja pengukuran COD:

$$\text{COD (mg/l)} = \frac{(A-B)NFAS \times 8000}{V} \dots\dots\dots (3.2)$$



Gambar 3. 5 Skema Kerja Pengukuran COD

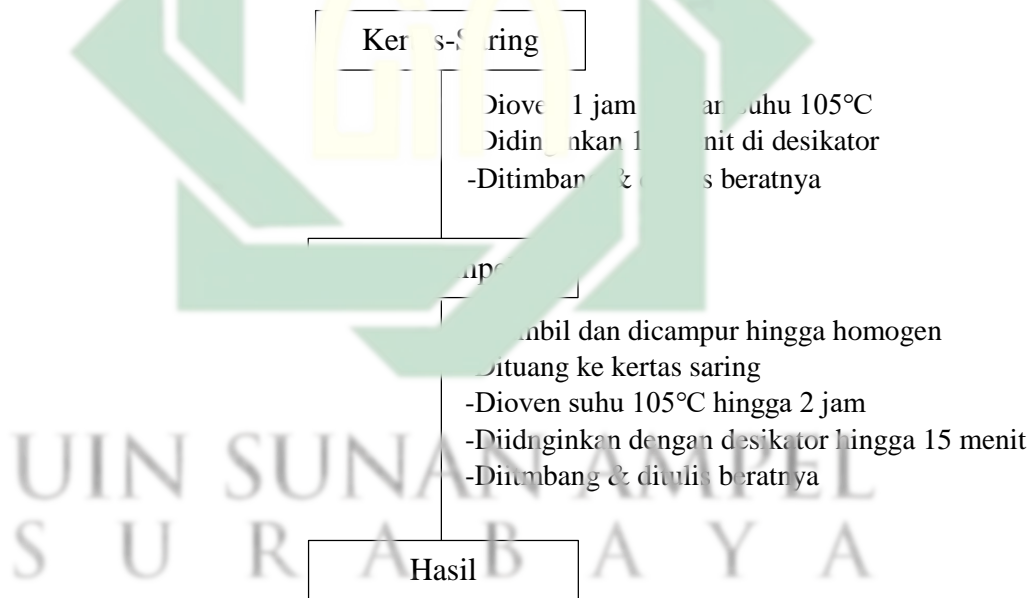
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

c. TSS

Pengukuran nilai TSS (*Total Suspended Solid*) dilakukan dengan menimbang kertas saring yang kemudian dioven. Selanjutnya, kertas saring ditimbang kembali setelah dioven. Hasil penimbangan digunakan untuk menghitung nilai TSS. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung TSS metode gravimetri:

$$TSS \text{ (mg/l)} = \frac{(A-B)100}{V_{\text{Uji}}} \dots \dots \dots (3.3)$$

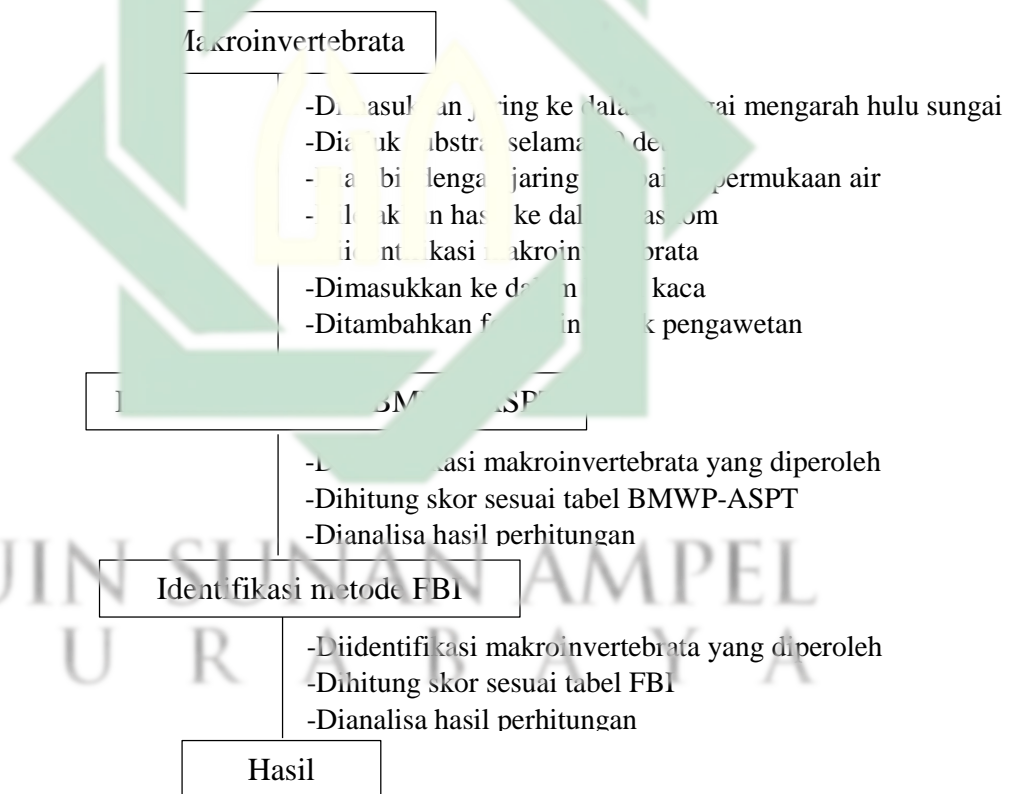
Skema kerja pengukuran TSS berdasarkan SNI 69893:2019 terdapat pada Uji TSS.



Gambar 3. 6 Skema Kerja Pengukuran TSS

B. Analisa Makroinvertebrata

Analisa makroinvertebrata dilakukan dengan menghitung beberapa indeks yakni indeks keanekaragaman. Selanjutnya, analisa makroinvertebrata dengan Metode BMWP-ASPT (*Biological Monitoring Working Party Average Score Per Taxon*) dan FBI (*Family Biotic Indeks*). Penilaian dengan metode BMWP-ASPT dilakukan dengan mengidentifikasi family makroinvertebrata sesuai indeks *skoring* BMWP-ASPT yang selanjutnya dihitung dan dimasukkan dalam tabel kualitas air yang juga dengan Metode FBI. Berikut skema kerja pengambilan sampel makroinvertebrata:



Gambar 3. 7 Skema Kerja Identifikasi Makroinvertebrata

C. Pemodelan QUAL2Kw

Parameter yang dimodelkan dengan QUAL2Kw adalah:

Tabel 3.4 Parameter yang dimodelkan

NO	Parameter kimia	Parameter pada QUAL2Kw
1	COD	Generic Constituent (mg/l)
2	BOD	CBOD fast (mg/l)
3	TSS	ISS (mg/l)

Sumber: Febriyanti

Untuk menginput data ke dalam model QUAL2Kw, maka terdapat beberapa hal yang harus dilakukan yaitu:

1. Input data, adapun data yang diinput adalah:

Tab 3.3 Worksheet pada QUAL2Kw

Worksheet	Jenis data
<i>Qual2k</i>	Data yang dimasukkan adalah nama sungai, tanggal skenario, nama & penyusun model, waktu matahari terbit & terbenam
<i>Headwater</i>	Data kuantas air sungai di bagian hulu
<i>Reach</i>	Data yang dimasukkan adalah pembagian segmen, panjang segmen, koordinat, elevasi, kedalaman dan <i>manning</i>
<i>Klimatologi</i>	Data yang dimasukkan adalah suhu, titik embun, kecepatan angin, tutupan awan, & persentase radiasi matahari.
<i>Point source</i>	Data yang dimasukkan adalah konsentrasi pencemar & debit <i>point source</i>
<i>Diffuse Source</i>	Data yang dimasukkan adalah konsentrasi pencemar & debit <i>non point source</i>

Worksheet	Jenis Data
<i>Hydraulic data</i>	Data yang dimasukkan adalah debit, kecepatan, & kedalaman sungai
<i>WQ Data</i>	Data hasil uji kualitas air di laboratorium

Sumber: Haq, 2021

2. Penentuan koefisien model

Pada tahap ini dilakukan *running* model beberapa kali (*trial and error*), hingga mendekati kondisi aslinya. Untuk nilai koefisien diperoleh dari data sekunder (hasil penelitian sebelumnya). Berikut rentang nilai koefisien yang disajikan pada tabel berikut:

Tab 3. Koefisien model

N	Nama parameter	Unit	Rentang Koefisien
1	S	m/day	0-2
2	CBOD Oxidation rate	day ⁻¹	0,02-4,2
3	CBOD decay rate	day ⁻¹	0,02-4,2

Sumber: Kannan, 2017

3. Verifikasi Model

Model dianggap telah sesuai dan bisa digunakan jika hasil model mendekati kondisi yang sebenarnya. Validasi model dilakukan dengan metode RMSPE dengan rumus berikut:

$$RMSPE = \sum_{n=1}^n \sqrt{\frac{1}{n} \left(\frac{St-At}{At} \right)^2} \times 100\% \dots (3.4)$$

Dimana:

RMSPE = *Root Mean Square Percent Error*

n = jumlah sampel

St = nilai skenario

At = nilai model

D. Skenario Model

Skenario dilakukan dengan beberapa skenario untuk mengetahui kondisi sungai dan pencemarannya. Berikut 3 skenario skenario yang digunakan pada penelitian adalah:

Tabel 3.7 Skenario Model

Skenario	Kondisi hulu	Sumber pencemar	Kondisi sungai
1	eksisting	Eksisting	Model
2	Baku Mutu	Eksisting	Model
3	Baku mutu	Trial & Error	Baku mutu

UIN SUNAN AMPEL SURABAYA

a. Skenario 1 merupakan pemodelan kualitas air menggunakan data eksisting sungai yang ada di bagian hulu sungai. Skenario ini menggunakan data beban pencemaran eksisting yang masuk ke dalam sungai Bangkalan.

b. Skenario 2 merupakan pemodelan kualitas air menggunakan baku mutu kelas sungai 3 PP RI No. 22 Tahun 2021. Pada skenario ini sungai bagian hulu sesuai dengan baku mutu, sedangkan pencemar sesuai dengan data eksisting.

c. Skenario 3, merupakan pemodelan kualitas air sesuai dengan baku mutu kelas sungai 3 PP RI No. 22 Tahun 2021. Data *point source* dan *diffuse source* digunakan untuk mengetahui nilai beban pencemaran yang diperbolehkan masuk ke sungai, sehingga tidak tercemar.

E. Daya Tampung Beban Pencemaran

Untuk mengetahui nilai daya tampung maka dilakukan perhitungan dengan rumus (Irsanda, 2014):

$$\text{Daya tampung} = \text{beban pencemar} - \text{kondisi awal} \dots (3.5)$$

Dimana:

Beban pencemaran penuh : beban pencemar sesuai baku mutu

Beban kondisi awal : beban pencemar eksisting air sungai

Pada penelitian ini nilai beban pencemaran penuh diperoleh dari hasil pemodelan skenario 3, sedangkan nilai beban kondisi awal dengan skenario 2. Untuk mengetahui nilai beban pencemaran, maka dilakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$Bp = C \times Q \dots (3.6)$$

Dimana:

C = beban pencemar (kg/hari)

Q = konsentrasi beban pencemar (kg/l)

Q = debit aliran (m³/hari)

Debit sungai tidak diketahui maka dilakukan perhitungan debit dengan menggunakan kecepatan aliran dan luas penampang sungai.

Rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan aliran yang menggunakan pelampung berdasarkan SNI 8066;2015 adalah:

$$v = c \times \frac{L}{t} \dots (3.7)$$

Dimana:

v = kecepatan aliran (m/s)

c = koef. Kecepatan

L = panjang lintasan pelampung (m)

t = waktu lintasan (s)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi dan Waktu Pengambilan Sampel Air Sungai dan Makroinvertebrata

Sungai Bangkalan adalah sungai yang mengalir beberapa wilayah Kecamatan di Kabupaten Bangkalan dengan panjang 13,96 km. Pengambilan sampel air sungai dilakukan dengan metode *purposive sampling*, yaitu penentuan pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan peneliti dengan kemudahan waktu, biaya dan akses. Pengambilan sampel dilakukan di 2 titik sepanjang sungai Bangkalan sebanyak 2 kali pengulangan, yakni dilakukan pada hari Kamis, 19 Mei 2022 pada pukul 14.00 sampai dengan 16.00 WIB. Penentuan titik pengambilan air sungai berdasarkan S₁ 989.57:210° yakni 1/3 dan 2/3 sungai karena debit Sungai Bangkalan rata-rata 25 m³/s. Pengambilan makroinvertebrata dilakukan sebanyak 1 kali di masing-masing lokasi pengambilan air dari Sungai Bangkalan. Adapun detail lokasi pengambilan sampel yaitu:

4.1.1 Lokasi Titik Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel pertama pada titik koordinat 7°01'56° LS 112°45'00° BT. Lokasi tersebut adalah lahan pertanian dan terdapat kegiatan penduduk.



Gambar 4.1 Pengambilan Sampel di Titik 1

4.1.2 Lokasi Titik 2

Lokasi pengambilan sampel kedua terletak di titik koordinat $7^{\circ}01'35^{\circ}$ LS $112^{\circ}45'01^{\circ}$ BT yang merupakan daerah padat penduduk.



Gambar 4.2 Pengambilan Sampel di Titik 2

4.1.3 Lokasi Titik 3

Lokasi pengambilan sampel ketiga terletak di titik koordinat $7^{\circ}01'14^{\circ}$ LS $112^{\circ}44'31^{\circ}$ BT yang merupakan daerah padat penduduk dan banyak kegiatan nelayan.



Gambar 4.3 Pengambilan Sampel di Titik 3

4.2 Analisa Kualitas Air Sungai Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia

Untuk mengetahui kualitas air sungai secara fisika-kimia, maka harus dilakukan uji laboratorium. Parameter fisika-kimia yang diuji berupa COD, BOD dan TSS. Hasil uji parameter kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang berlaku yaitu PP RI No. 22 Tahun 2021 mengenai Penyelenggaraan Perlindungan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Hasil uji laboratorium di setiap titiknya disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.1 Hasil Uji Laboratorium

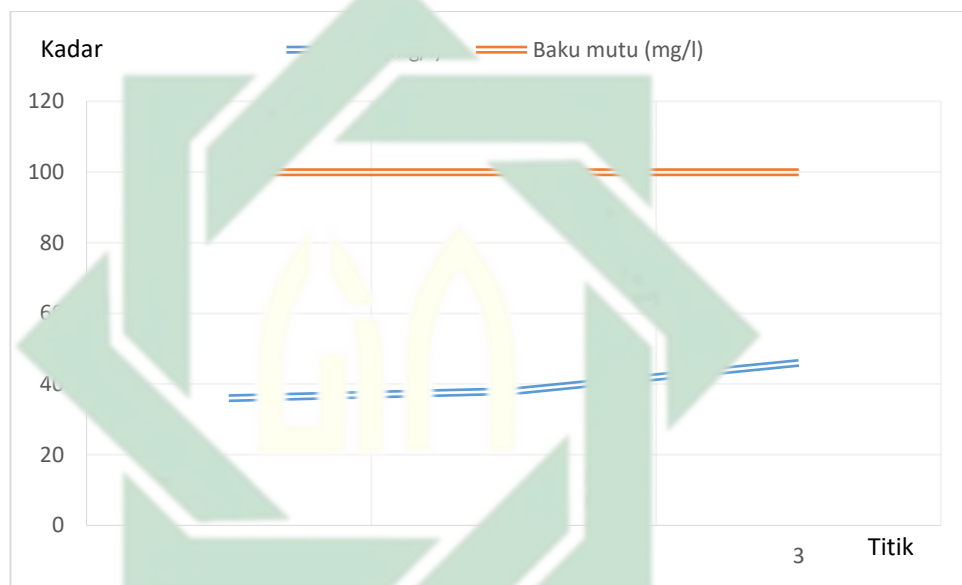
NO	Parameter	Titik 1		Titik 2		Titik 3		Baku mutu Kelas III
		B1	A1	A2	B2	A3	B3	
1	TSS (mg/l)	39	38	38	34	46	45	100
2	BOD (mg/l)	20	19	18	17	21	24	6
3	COD (mg/l)	41.1	48.2	53.1	52.1	49.0	55.3	40

Sumber: Laboratorium Pengujian Kualitas Air, 2021

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

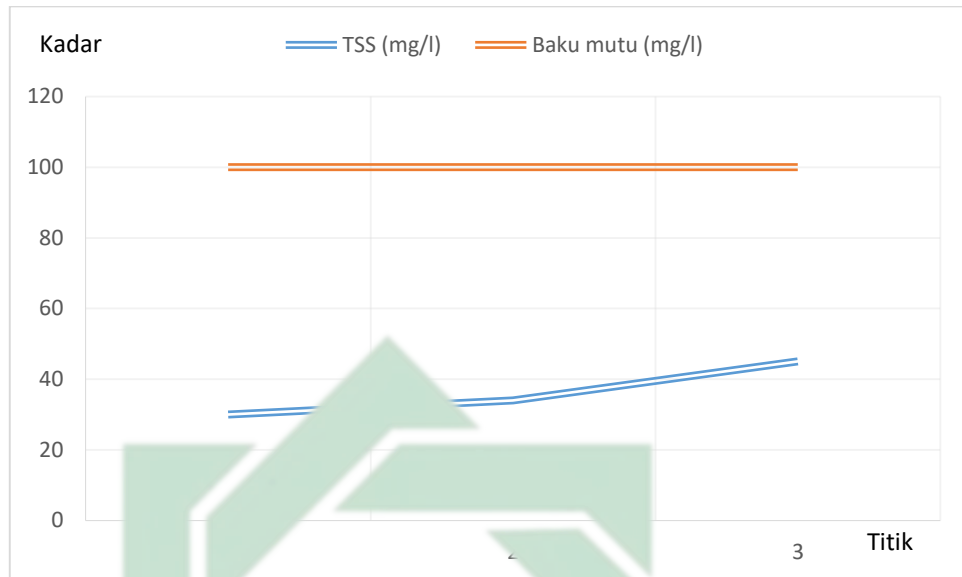
1. Parameter TSS

Pada gambar 4.4 diketahui jika Kadar TSS pada pengambilan pertama yakni pukul 14.00 WIB berada di bawah nilai baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021. Nilai TSS yang diperoleh di masing-masing titik yaitu 36 mg/l, 38 mg/l dan 46 mg/l sedangkan nilai baku mutu yaitu 100 mg/l.



Gambar 4.4 Kadar TSS Pengambilan ke-1

Padatan Tersuspensi berpengaruh pada penurunan kualitas air sungai karena jika nilai TSS mengalami kenaikan maka kekeruhan pada air sungai akan meningkat, sehingga menyebabkan proses fotosintesis oleh tumbuhan dan fitoplankton dalam air akan terganggu (Bilota dan Brazier, 2008 dalam Haq, 2021)



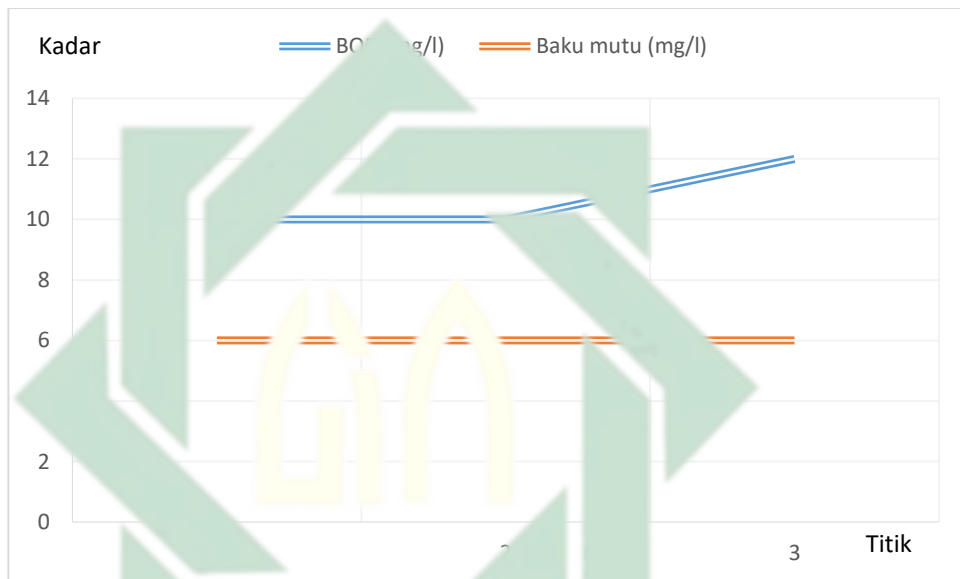
Gambar 5 Grafik TSS Pengambilan 2

Salah satu faktor yang diketahui jika nilai TSS pada pukul 16.00 WIB di Titik 1, 2 dan 3 masing-masing adalah 30 mg/l, 45 mg/l, dengan nilai baku mutu kelas 2 adalah 100 mg/l. Kadar parameter TSS pada Sungai Bangkalan berada di bawah baku mutu PTSP 2 Tahun 2021. Rendahnya nilai TSS dipengaruhi oleh sedimen yang terkandung di sungai. Sedimen yang berada di dasar sungai mampu meningkatkan kekeruhan apabila terdapat gerakan di dasarnya.

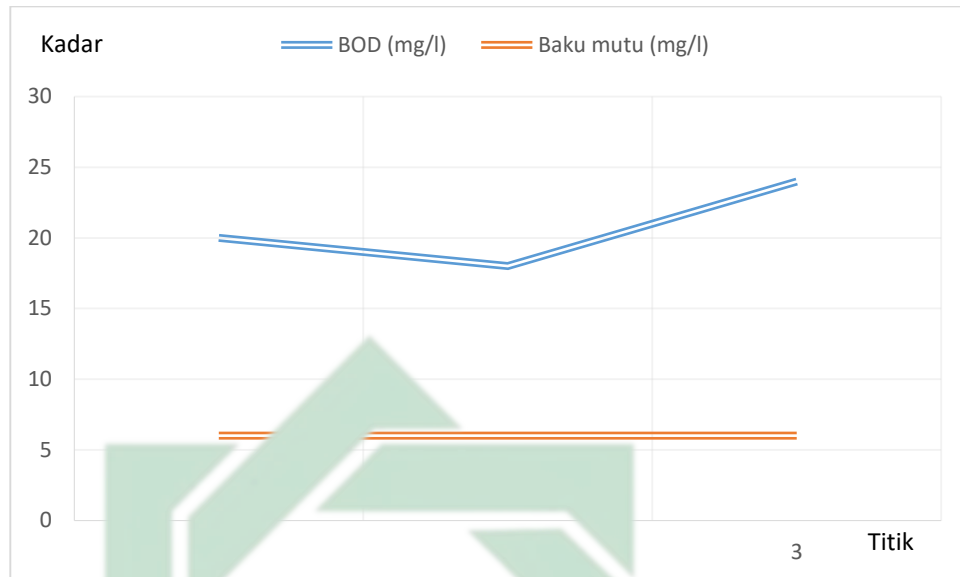
Menurut Andara, dkk, (2014), Sampah yang berada di dasar sungai juga mempengaruhi tingkat kekeruhan karena sedimen atau partikel mampu menempel pada sampah sehingga kekeruhan tidak terlalu tinggi. Selain itu, kekeruhan juga dipengaruhi oleh pinggiran sungai, jika sungai telah dibeton maka tingkat kekeruhan rendah sebaliknya jika pinggiran sungai adalah tanah atau vegetasi maka dapat menyebabkan terjadinya erosi yang mampu meningkatkan kadar kekeruhan sungai.

2. Parameter BOD

Sungai Bangkalan memiliki kadar BOD yang melebihi baku mutu Kelas III Sungai berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021. Nilai BOD yang terkandung dalam Sungai Bangkalan pada Pengambilan ke-1 pada pukul 14.00 WIB masing-masing Titik 1, 2 & 3 sebesar 10 mg/l, 10 mg/l, dan 12 mg/l.



Sungai Bangkalan memiliki kadar BOD yang melebihi baku mutu Kelas III Sungai berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021. Nilai BOD yang terkandung dalam Sungai Bangkalan pada Pengambilan ke-2 pada pukul 16.00 WIB masing-masing Titik 1, 2 & 3 sebesar 20 mg/l, 18 mg/l, dan 24 mg/l.

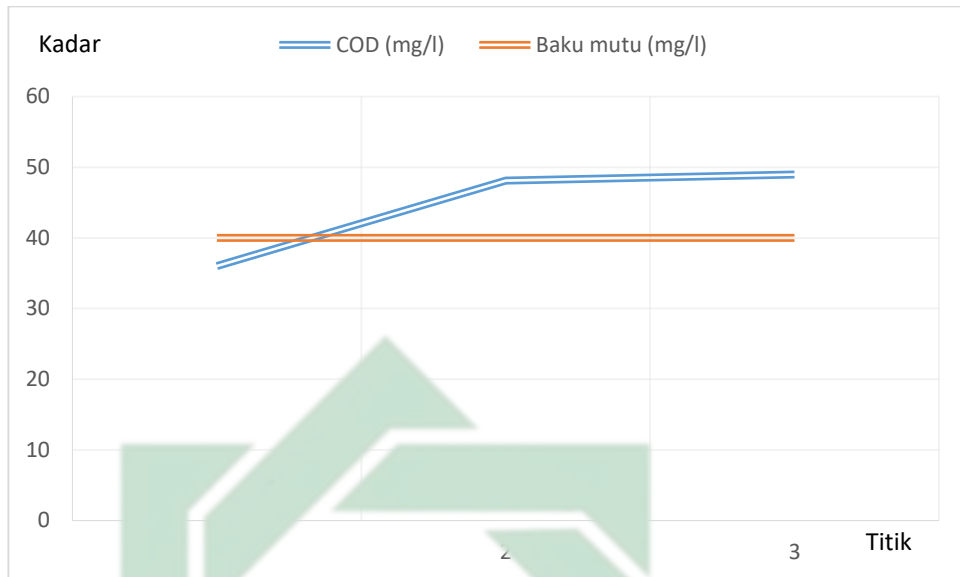


Gambar 4.7 Grafik BOD Pengambilan ke-2

Oksigen dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi kandungan organik pada sungai. Penurunan kadar BOD dari titik 1 ke titik 2 terjadi karena proses dekomposisi karang yang banyak oleh oksigen terlarut (Effendi dalam Farullah dan Marlina, 2007), sehingga kenaikan BOD pada titik 3 terjadi karena banyaknya kegiatan di sekitar sungai yang mampu meningkatkan kandungan organik. Menurut Yogafanny, 2015 Konsentrasi BOD yang terdapat di suatu sungai memperlihatkan jika banyak bahan organik yang mampu didegradasi secara biologis hasil pembuangan air limbah dari domestik maupun industri.

3. Parameter COD

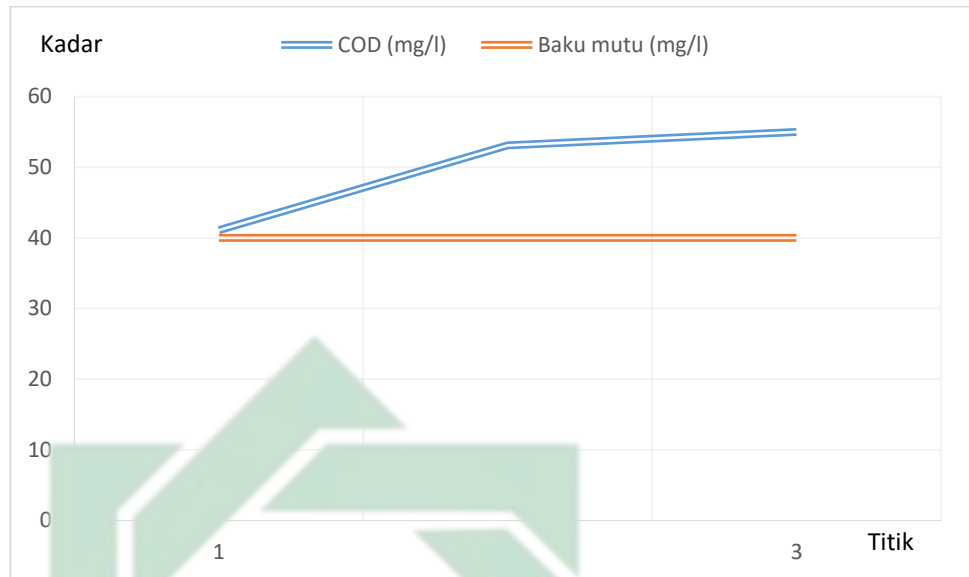
Sungai Bangkalan memiliki kadar COD yang melebihi baku mutu Kelas III Sungai berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021 pada Titik 2 & 3. Nilai COD yang terkandung dalam Sungai Bangkalan pada pengambilan ke-1 pada pukul 14.00 WIB masing-masing Titik 1, 2 & 3 sebesar 36 mg/l, 48.2 mg/l, dan 49 mg/l.



Gambar 4.3 Grafik COD Pengambilan ke-1

Angkutan Bangkalan memiliki kadar COD yang melebihi baku mutu Kelas III Sungai berdasarkan PP No. 22 Tahun 2001 pada Titik 2 & 3. Nilai COD yang terukur dalam Sungai Bangkalan pada pengambilan ke-2 pada pukul 16.00 WIB masing-masing Titik 1, 2 & 3 sebesar 31 mg/l, 48.2 mg/l, dan 55.3 mg/l.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.9 Grafik COD pengambilan ke-2

Kadar COD dari titik 1 hingga titik 3 terus mengalami kenaikan, hal ini dipengaruhi oleh kegiatan yang terjadi disekitar sungai Bangkalan. Pada Titik 3 kadar COD meningkat karena masuk dalam zona degradasi sehingga kadar COD meningkat (Wifarulah & Merliana, 2011). Apabila kadar COD mengalami penurunan maka pada titik tersebut telah terjadi proses dekomposisi organik yang signifikan.

Dari hasil analisis parameter yaitu TSS, COD dan BOD, Sungai Bangkalan mengalami pencemaran kecuali pada parameter TSS. Hal ini menunjukkan jika kualitas Sungai Bangkalan telah menurun karena hasil parameter uji berada di bawah nilai Baku Mutu Kelas III Sungai berdasarkan PP RI no. 22 Tahun 2021.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمَلُوا
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya:

“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah SWT menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (QS. Ar-Rum:41)

Dalam ayat tersebut menunjukkan jika kerusakan atau kehancuran lingkungan alam adalah akibat dari tangan manusia itu sendiri. Allah SWT memberikan azab kepada manusia sebagai pelajaran atas perbuatan yang telah dilakukan, agar manusia dapat bertaqwa kepada Allah SWT yang lebih baik. Makna dalam surah Ar-Rum manusia sebagai khalifah di bumi, sudah seharusnya menjaga dan memanfaatkan lingkungan alam sebaik mungkin, sehingga tidak terdapat kerusakan yang menyebabkan kesesakan makhluk hidup lainnya. Apabila manusia melakukan perbuatan buruk terhadap lingkungannya, maka Allah SWT akan menabahnya dan memberikan azab terhadap perbuatan mereka, yaitu seperti banjir, longsor, dan lain-lain yang lainnya.



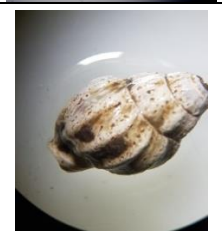
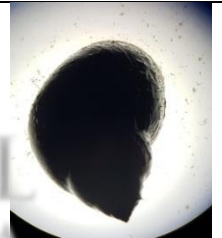

4.3 Analisa Kualitas Air Sungai Bangkalan Berdasarkan Parameter Biologi

Penentuan kualitas air sungai secara biologi dilakukan dengan metode biomonitoring yaitu pemantauan kualitas air sungai dengan makroinvertebrata sebagai indikator. Hasil pengambilan sampel makroinvertebrata kemudian dianalisa dengan metode indeks biotik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode BMWP-ASPT dan FBI. Teknik sampling yang digunakan pada pengambilan makroinvertebrata adalah *jabbing* dan *sweeping*. Berikut hasil analisa kualitas Air Sungai Bangkalan berdasarkan parameter biologi.

1. Titik 1

Makroinvertebrata yang diperoleh dari titik 1 adalah:

Tabel 4.2 Makroinvertebrata di Titik 1

No	Nama Makroinvertebrata	Jumlah	Gambar
1	Thiaridae	26	
2	Tipulidae	9	
3	Hydrobiidae	1	
4	Viviparidae	31	
5	Tipulidae	5	
Jumlah		109	

Dari pengambilan sampel makroinvertebrata di Titik 1 diperoleh 5 famili yaitu, Thiaridae, Tubificidae, Hydrobiidae, Viviparidae & Tipulidae dengan banyak masing-masing sampel yang ditemukan adalah 26, 39, 8, 31 dan 5, sehingga terdapat total 109 sampel yang ditemukan. Hasil sampel yang ditemukan selanjutnya diidentifikasi dengan metode BMWP-ASPT dan FBI untuk mengetahui kondisi Air Sungai Bangkalan. Berikut analisa dan perhitungan dengan metode BMWP-ASPT & FBI:

a. Metode BMWP-ASPT

Analisa sifat dengan metode BMWP-ASPT dilakukan dengan menghitung jumlah individu setiap famili makroinvertebrata berdasarkan tabel FBI BMWP-ASPT yang kemudian dijumlah total individu dan dibagi dengan jumlah famili yang ditemukan. Berikut tabel skor individu makroinvertebrata di Titik 1:

Tabel 3 Skor Makroinvertebrata Titik 1

No	Makroinvertebrata	Jumlah	Skor
1	Thiaridae	26	3
2	Tubificidae	39	1
3	Hydrobiidae	8	3
4	Viviparidae	31	6
5	Tipulidae	5	5
Total		109	18

Selanjutnya dihitung skor BMWP dan ASPT dengan cara menjumlahkan seluruh skor makroinvertebrata yang diperoleh, yakni:

$$\begin{aligned}
 \text{BMWP} &= \text{Total skor famili} \\
 &= 3 + 1 + 3 + 6 + 5 \\
 &= \mathbf{18}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ASPT} &= \frac{\text{Skor BMWP}}{\text{Total famili}} \\
 &= \frac{18}{5} \\
 &= \mathbf{3.6}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan Skor BMWP-ASPT diperoleh nilai hasil 3.6. Berdasarkan **Tabel 2.6** mengenai Skoring Status Mutu Air dengan BMWP-ASPT, air Sungai Bangkalan di Titik 1 berada antara skor 1-4, yang termasuk dalam kategori air sangat kotor.

b. Metode FBI

Penentuan status mutu air selanjutnya dilakukan dengan perhitungan skor makroinvertebrata dengan metode FBI. Berikut perhitungan tabel skor makroinvertebrata dengan metode FBI:

Tabel 2.7 Skor Makroinvertebrata di Titik 1 dengan Metode FBI

	Makroinvertebrata	Jumlah	Skor (T)	ni x T
1	Trichoptera	26	6	156
2	Trichoptera	39	10	390
3	Trichoptera	8	7	56
4	Viviparidae	31	6	186
5	Tipulidae	5	8	40
	Total (N)	109		828

Skor makroinvertebrata yang telah ditentukan kemudian dikalikan dengan jumlah banyak makroinvertebrata yang ditemukan. Adapun cara yang digunakan untuk mengetahui skor mutu air yaitu:

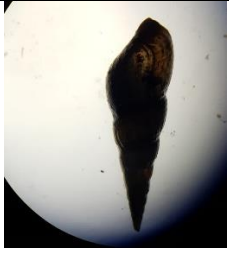


$$\begin{aligned}
 \text{FBI} &= \frac{\text{ni x T}}{N} \\
 &= \frac{828}{109} \\
 &= \mathbf{7.6}
 \end{aligned}$$

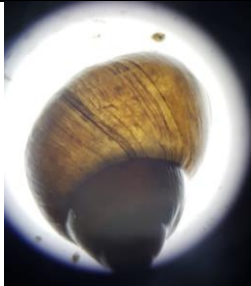
Hasil perhitungan menunjukkan nilai Air Sungai Bangkalan pada Titik 1 adalah 7.6. Berdasarkan **Tabel 2.7** mengenai Skor Mutu Status Air dengan Metode FBI, air Sungai Bangkalan berada pada range 7.2-10, dimana kandungan air tercemar sangat kotor dan kandungan organik tercemar berat.

2. Titik 2

Sampel makroinvertebrata yang diperoleh dari pengambilan di titik 2 yaitu:

Tabel 4.5 Makroinvertebrata Titik 2

No	Nama Makroinvertebrata	Jumlah	Gambar
1	Tubificidae	3	
2	Hydrobiidae	1	
3	Physidae	9	

No	Nama Makroinvertebrata	Jumlah	Gambar
4	Viviparidae	55	
Jumlah		113	

Hasil pengambilan sampel makroinvertebrata di Titik 2 diperoleh sebanyak 4 famili dengan jenis Thiaridae, Hydrobiidae, Physidae, dan Viviparidae dengan masing-masing banyak individu yaitu, 38, 11, 9 dan 55, sehingga banyak total sampel yang ditemukan adalah 113.

c. Metode BMWP-ASPT

Analisis kualitas air dengan metode BMWP-ASPT dilakukan dengan menghitung individu setiap famili makroinvertebrata berdasarkan tabel E. Nilai BMWP kemudian dijumlahkan total individu dan dibagi dengan jumlah famili yang ditemukan. Berikut tabel skor individu makroinvertebrata di Titik 2.

Tabel 4.6 Skor Makroinvertebrata di Titik 2

No	Makroinvertebrata	Jumlah	Skor
1	Thiaridae	38	3
2	Hydrobiidae	11	3
3	Physidae	9	3
4	Viviparidae	55	6
Total		113	15

Selanjutnya dihitung skor BMWP dan ASPT dengan cara menjumlahkan seluruh skor makroinvertebrata yang diperoleh, yakni:

$$\begin{aligned} \text{BMWP} &= \text{Total skor famili} \\ &= 3 + 3 + 3 + 6 \\ &= \mathbf{15} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ASPT} &= \frac{\text{Skor BMWP}}{\text{Total famili}} \\ &= \frac{15}{4} \\ &= \mathbf{3.8} \end{aligned}$$

Dari perhitungan skor BMWP-ASPT diperoleh nilai hasil 3.8. Berdasarkan Tabel 4.6 mengenai Skoring Status Mutu Air dengan BMWP-ASPT, air Sungai Ngkalan di Titik 2 berada antara kelas 1-4, yang termasuk dalam kategori sangat kotor.

d. **Penentuan Status Mutu Air**

Penentuan status mutu air selanjutnya dilakukan dengan perhitungan skor makroinvertebrata dengan metode FBI. Berikut perhitungan tabel skor makroinvertebrata dengan metode FBI.

Tabel 4.7 Skor Makroinvertebrata di Titik 2 dengan Metode FBI

No	Makroinvertebrata	Jumlah (ni)	Skor (T)	ni x T
1	Thiaridae	38	6	228
2	Hydrobiidae	11	7	77
3	Physidae	9	8	72
4	Viviparidae	55	6	330
Total (N)		113		707

Skor makroinvertebrata yang telah ditentukan kemudian dikalikan dengan jumlah banyak makroinvertebrata yang ditemukan. Adapun cara yang digunakan untuk mengetahui skor mutu air yaitu:



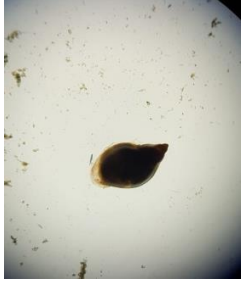
$$\begin{aligned}
 \text{FBI} &= \frac{ni \times T}{N} \\
 &= \frac{707}{113} \\
 &= 6.3
 \end{aligned}$$


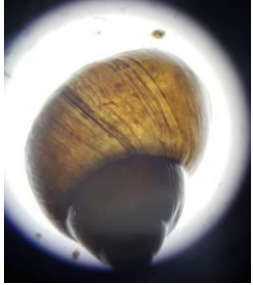
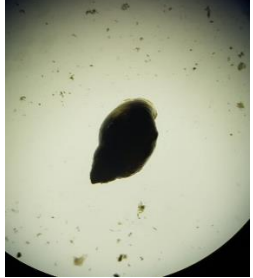


Hasil perhitungan menunjukkan nilai Air Sungai Bangkalan pada Titik 2 adalah 6.3. Berdasarkan **Tabel 2.7** mengenai Skor Mutu Status Air dengan Metode FBI, air Sungai Bangkalan berada pada range 5.7-6.5, dimana kandungan air tercemar cukup dan kandungan organik agak berat.



3. Titik 3

Makroinvertebrata yang diperoleh dari Titik 3 adalah:

Tabel 4.8 Daftar invertebrata di Titik 3

No	Nama Makroinvertebrata	Jumlah	Gambar
1	Hydrobiidae	1	
2	Planorbidae	4	
3	Physidae	21	

No	Nama Makroinvertebrata	Jumah	Gambar
4	Buccinidae	8	
5	Viviparidae	28	
6	Hydrozoa	2	
7	Oligochaeta	2	
8	Chironomidae	3	

No	Nama Makroinvertebrata	Jumah	Gambar
9	Asellidae	22	
10	Piscicolidae	3	
Jumlah		6	

Hasil bilangan sampel makroinvertebrata di Titik 3 diperoleh sebanyak 10 famili yaitu Thiaridae, Planorbidae, Physidae, Buccinidae, Viviparidae, Lymnaeidae, Oligoneura, Chironomidae, Sphaeriidae & Piscicolidae. Banyak masing-masing sampel adalah 4, 21, 8, 28, 6, 3, 22, & 3, sehingga total sampel yang ditemukan adalah 116.

e. Metode BMWP-ASPT

Analisa kualitas air dengan metode BMWP-ASPT dilakukan dengan menghitung skor individu setiap famili makroinvertebrata berdasarkan tabel BMWP-ASPT yang kemudian dihitung total individu dan dibagi dengan jumlah famili yang ditemukan. Berikut tabel skor individu makroinvertebrata di Titik 3:

Tabel 4.9 Skor Makroinvertebrata di Titik 3

No	Makroinvertebrata	Jumlah	Skor
1	Thiaridae	19	3

No	Makroinvertebrata	Jumlah	Skor
2	Planorbidae	4	3
3	Physidae	21	3
4	Buccinidae	8	3
5	Viviparidae	28	3
6	Lymnaeidae	6	3
7	Oligochaeta	2	1
8	Chironomi	3	2
9	Hydrilidae	2	3
10	Isopoda	1	4
Total		16	28

jumlah dihitung skor BMWP dan ASPT dengan cara menjumlahkan skor makroinvertebrata yang diperoleh yakni:

$$BMWP = \text{Total skor famili} \\ = 3+3+3+2+3+3+3+4$$

$$ASPT = \frac{BMWP}{\text{jumlah famili}} \\ = \frac{28}{10} \\ = 2.8$$

Dari perhitungan Skor BMWP-ASPT diperoleh nilai hasil 2.8. Berdasarkan **Tabel 2.6** mengenai Skoring Status Mutu Air dengan BMWP-ASPT, air Sungai Bangkalan di Titik 3 berada antara skor 1-4, yang termasuk dalam kategori air sangat kotor.

f. Metode FBI

Penentuan status mutu air selanjutnya dilakukan dengan perhitungan skor makroinvertebrata dengan metode FBI. Berikut perhitungan tabel skor makroinvertebrata dengan metode FBI:

Tabel 4.10 Skor Makroinvertebrata di Titik 3 dengan Metode FBI

No	Makroinvertebrata	Jumlah (ni)	Skor (T)	ni x T
1	Thiaridae	19	6	114
2	Planorbidae	4	10	40
3	Physidae	21	8	168
4	Hydrobiidae	6	6	38
5	Planorbidae	28	8	224
6	Limnaeidae	6	6	36
7	Hydrobiidae	2	2	4
8	Hydrobiidae	3	8	24
9	Hydrobiidae	22	8	176
10	Hydrobiidae	3	10	30
Total (N)		116		854

Skor makroinvertebrata yang telah ditentukan kemudian dikalikan dengan jumlah banyak makroinvertebrata yang ditemukan. Adapun cara yang digunakan untuk mengetahui skor mutu air yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{FBI} &= \frac{ni \times T}{N} \\
 &= \frac{854}{116} \\
 &= 7.4
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan nilai Air Sungai Bangkalan pada Titik 3 adalah 7.4. Berdasarkan **Tabel 2.7** mengenai Skor Mutu Status Air dengan Metode FBI, air Sungai Bangkalan di Titik 3 berada pada range 7.2-10,

dimana kandungan air tercemar sangat kotor dan kandungan organik tercemar berat.

4.4 Pemodelan Qual2kw

Software Qual2kw digunakan untuk mengetahui cemaran pada kondisi rill sungai. Hasil yang diperoleh berupa grafik dengan kelebihan mudah dan murah untuk digunakan karena gratis (Kurniawan, 2010). Adapun data-data yang dibutuhkan untuk pemodelan adalah:

Tabel 4.1 Nilai SS Sungai Bangk

No	Lokasi	Nilai max (mg/l)	Nilai min (mg/l)	Nilai Rerata (mg/l)
1	Headwater	6	30	33
2	Segmen 1	3	34	36
3	Segmen 2	4	45	45.5

Sumber: Laboratorium PDAM Surya Sembada, 2022

Tabel 4.1 Nilai BOD Sungai Bangk

No	Lokasi	Nilai max (mg/l)	Nilai min (mg/l)	Nilai Rerata (mg/l)
1	Headwater	20	10	15
2	Segmen 1	18	10	14
3	Segmen 2	24	12	18

Sumber: Laboratorium PDAM Surya Sembada, 2022

Tabel 4.13 Nilai COD Sungai Bangkalan

No	Lokasi	Nilai max (mg/l)	Nilai min (mg/l)	Nilai Rerata (mg/l)
1	Headwater	41.1	36	38.55
2	Segmen 1	53.1	48.2	50.65
3	Segmen 2	55.3	49	52.15

Sumber: Laboratorium PDH Surya Sembada, 2022

Tabel 4.14 Point Source Sungai Bangkalan

No	Lokasi	TSS (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
1	Anam Sungai 1	22	12	36
2	Anam Sungai 2	30	12	42
3	Anam Sungai 3	24	11	31

Sumber: PDH Bangkalan, 2021

Tabel 4.15 Parameter Hidrolis Sungai Bangkalan

No	Parameter	Segmen 1	Segmen 2
1	Debit (m ³)	25	25
2	Panjang (m)	1405	1600
3	Lebar (m)	5	12
4	Kedalaman (m)	1.5	2

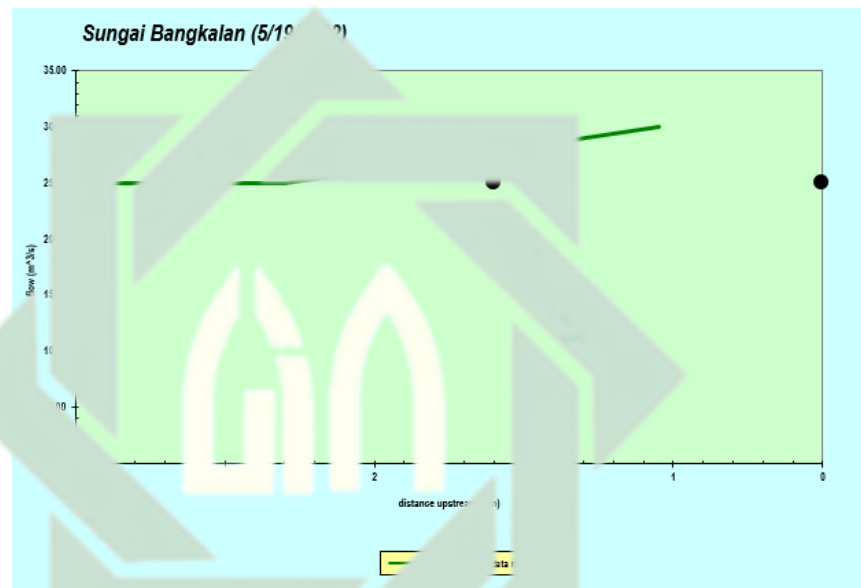
Sumber: PUPR Bangkalan & Hasil Analisa, 2022

4.4.1 Kalibrasi Model

Sebelum melakukan berbagai simulasi, model harus dikalibrasi terlebih dahulu. Tujuan dilakukannya kalibrasi adalah untuk mengetahui kesesuaian model, yakni dengan cara memasukkan data hidrolis ke dalam program. Data yang telah disiapkan selanjutnya dimasukkan ke dalam

beberapa worksheet yaitu *Qual2k*, *reac*, *headwater*, *point source*, dan *hydraulic data*. Selanjutnya dilakukan running VBA untuk memperoleh hasil. Hal ini dilakukan *trial and error* untuk memperoleh hasil maksimal agar garis model mendekati data.

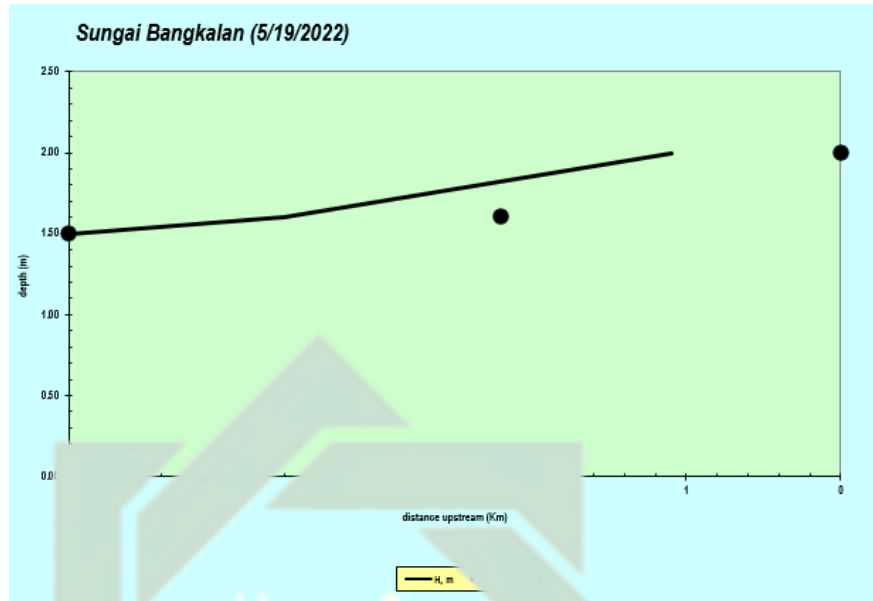
Adapun data hidrolis Sungai Bangkalan yang diperoleh dari pembentukan model yaitu pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Debit Sungai Bangkalan

Pada gambar di atas garis tren model mengalami peningkatan, hal ini karena adanya aliran anak sungai yang masuk sehingga debit semakin tinggi. Selain itu, meningkatnya debit juga dipengaruhi oleh lebar sungai yang semakin besar pada bagian hilir sungai (Moersidik dan Rahma, 2011). Namun, debit (data) nilainya tetap yakni $25 \text{ m}^3/\text{s}$.

Adapun kalibrasi model data hidrolis selanjutnya adalah kedalaman yang disajikan dalam gambar 4.8 berikut



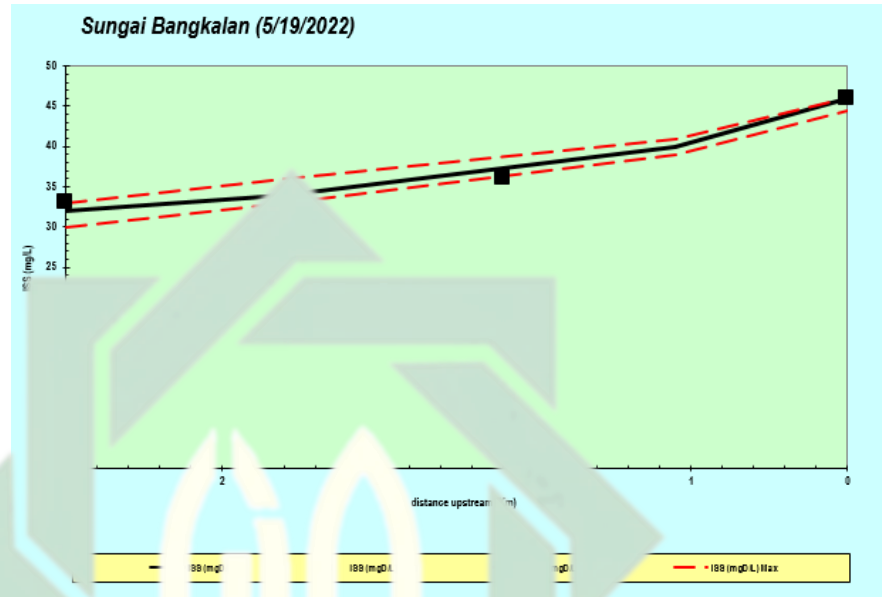
Gambar 4.6 Perbedaan Sungai Bangkalan

Pada gambar di atas diketahui jika semakin jauh kedalaman sungai semakin meninggi. Hal ini disebabkan karena perbedaan dimensi dan juga endapan yang ada pada titik sebelumnya. Setelah dilakukan kalibrasi, maka selanjutnya dapat dilakukan beberapa hal untuk mengetahui kondisi Sungai.

4.4.2 Skenario 1

Pada skenario 1 ini dilakukan kalibrasi terhadap data kualitas air. Hal ini bertujuan untuk mengetahui koefisien model yang cocok digunakan pada pemodelan ini. Data yang dimasukkan dalam model skenario 1 adalah data kualitas air berupa TSS, BOD dan COD berdasarkan hasil analisa laboratorium. Pada skenario ini dilakukan *trial and error* untuk memperoleh model yang hampir sama dengan kondisi di lapangan. *Trial and error* dilakukan pada worksheet *reach rates* untuk memperoleh data yang *reliable*.

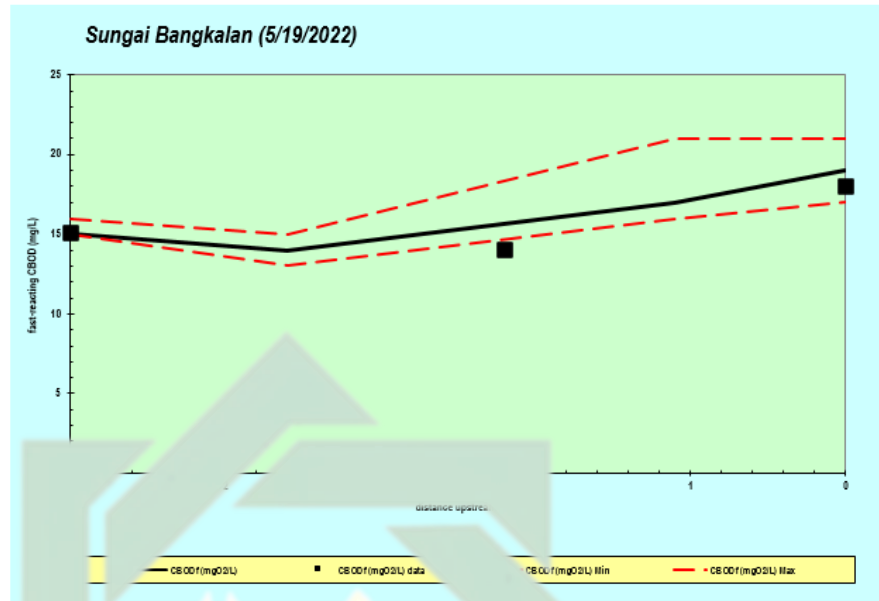
Adapun data yang diperoleh setelah melakukan running yakni data mengenai parameter kualitas air berupa TSS, BOD dan COD. Berikut data hasil kalibrasi pada parameter TSS yang dapat dilihat pada gambar dibawah



Gambar 4.7 Skenario 1 Parameter TSS

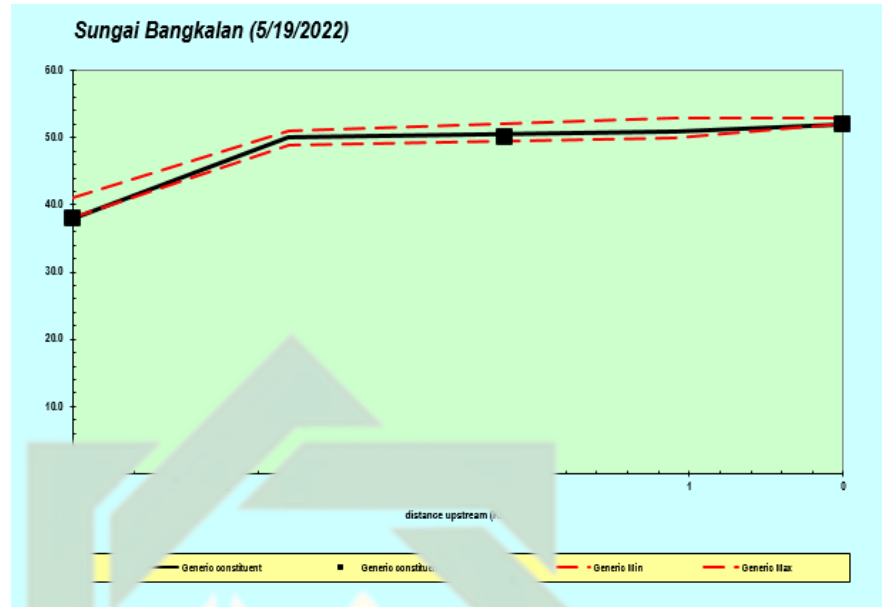
Pada gambar diatas menunjukkan garis model mengalami peningkatan pada setiap segmen Sungai Bangkalan. Setiap segmen nilai TSS mengalami peningkatan karena semakin tingginya sedimen. Hal ini dipengaruhi oleh pinggiran sungai yang masih belum berbeton, sehingga mempengaruhi kadar TSS. Menurut Andara, dkk, (2014), Sampah yang berada di dasar sungai juga mempengaruhi tingkat kekeruhan karena sedimen atau partikel mampu menempel pada sampah sehingga kekeruhan tidak terlalu tinggi.

Parameter selanjutnya yang dikalibrasi adalah BOD yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.8 skenario 1 Perairan BOD

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa konsentrasi BOD mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan adanya sumber pencemar yang masuk ke dalam Sungai Bangkalan sehingga mampu mempengaruhi kadar BOD. Pada kilometer ke 1, BOD mengalami penurunan yang menunjukkan bahwa lokasi tersebut tidak tercemar berat. Penurunan kadar BOD dari titik 1 ke titik 2 terjadi karena proses dekomposisi kandungan organik oleh oksigen terlarut (Effendi dalam Widarulah dan Marlina, 2021), sedangkan kenaikan BOD pada titik 3 terjadi karena banyaknya kegiatan di sekitar sungai yang mampu meningkatkan kadar BOD Sungai Bangkalan. Parameter selanjutnya yang dimodelkan adalah parameter COD yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.9 Skenario 1 Peranalisis COD

Proses pencemaran menunjukkan jika kadar COD terus meningkat pada setiap harinya. Hal ini diakibatkan oleh tingginya sumber pencemar yang masuk ke dalam sungai, seperti limbah domestik rumah tangga ataupun aktivitas lainnya di sekitar sungai. Hal ini menyebabkan COD terus mengalami kenaikan karena semakin banyak ada limbah yang kadar COD meningkat (Wifarulah & Merliana, 2019). Apabila kadar COD mengalami penurunan maka pada bagian tersebut telah terjadi proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme.

Kalibrasi pada skenario 1 telah dilakukan, maka skenario selanjutnya dapat dilakukan. Pada skenario 1 ini diperoleh nilai *Fitness* yang berfungsi dalam menentukan kesesuaian model. Apabila nilai *Fitness* > 0.5, maka skenario selanjutnya dapat dilakukan. Berikut nilai *Fitness* yang diperoleh dari running skenario 1:

QUAL2Kw
Stream Water Quality Model
Sungai Bangkalan (5/19/2022)

Open File Run VBA Run Fortran Run Auto-cal **Fitness: 0.5859**

Global rate parameters

Parameter	Value	Units	Symbol	Auto-calibration inputs		
				Auto-cal	Min value	Max value
Stoichiometry:						
Carbon	40	gC	gC	No	30	50
Nitrogen	7.2	gN	gN	No	3	9
Phosphorus	1	gP	gP	No	0.4	2
Dry weight	100	gD	gD	No	100	100
Chlorophyll	1	gA	gA	No	0.4	2
Inorganic suspended solids:						
Settling velocity	0.06128	m/d	v_s	Yes	0	2
Oxygen:						
Reaeration model	Internal			f(u h)		
Temp correction	1.024		θ_z			
Reaeration wind effect	None					
O2 for carbon oxidation	2.69	gO2/gC	r_{oc}			
O2 for NH4 ⁺ nitrification	4.57	gO2/gN	r_{on}			
Oxygen inhibition coefficient						

Gambar 4.10 Fitness

Nilai *Fitness* yang diperoleh diatas adalah sebesar 0.5859. Hal ini menunjukkan jika model *reliable* dengan koefisien koeksisting di lapangan, maka dapat di gunakan skenario selanjutnya (Skenario dalam Maghfiroh, 2019). Validasi model selanjutnya dilakukan dengan menghitung nilai error dengan metode RMSPE. RMSPE (*Root Mean Square Percent Error*) bertujuan untuk mengetahui apakah model dapat dilakukan pada skenario selanjutnya. Berikut adalah *RMSPE* yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.16 RMSPE Parameter TSS

Lokasi	St	At	St-At/At	(St-At/At) ²
Titik 1	31.97	33	-0.031	0.0010
Titik 2	36.82	36	0.023	0.0005
Titik 3	45.11	45.5	-0.009	0.0001
Total				0.0016
RMSPE				2.31%

Tabel 4.17 RMSPE Parameter BOD

Lokasi	St	At	St-At/At	(St-At/At) ²
Titik 1	15	15	0.000	0.0000
Titik 2	15.63	14	0.116	0.0136
Titik 3	18.91	18	0.051	0.0026
Total				0.0161
RMSPE				7.32%

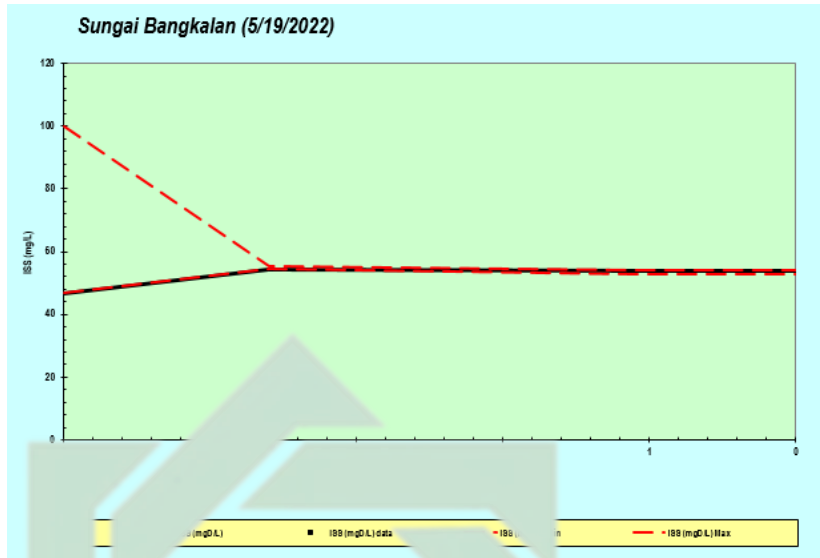
Tabel 4.18 RMSPE Parameter TSS

Lokasi	St	At	St-At/At	(St-At/At) ²
Titik 1	38.65	38.55	0.003	0.00001
Titik 2	50.98	50.5	0.007	0.0004
Titik 3	51.18	52.5	0.001	0.00000
Total				0.00005
RMSPE				0.24%

Nilai error dibawah 0.5% menyatakan jika model telah valid atau dapat diterima (dalam Wifarulah dan Merlyana,2021), sehingga nilai TSS, COD dan BOD yang masing-masing 2.31%, 7.32% dan 0.24% dapat di erima karena dibawah 50%.

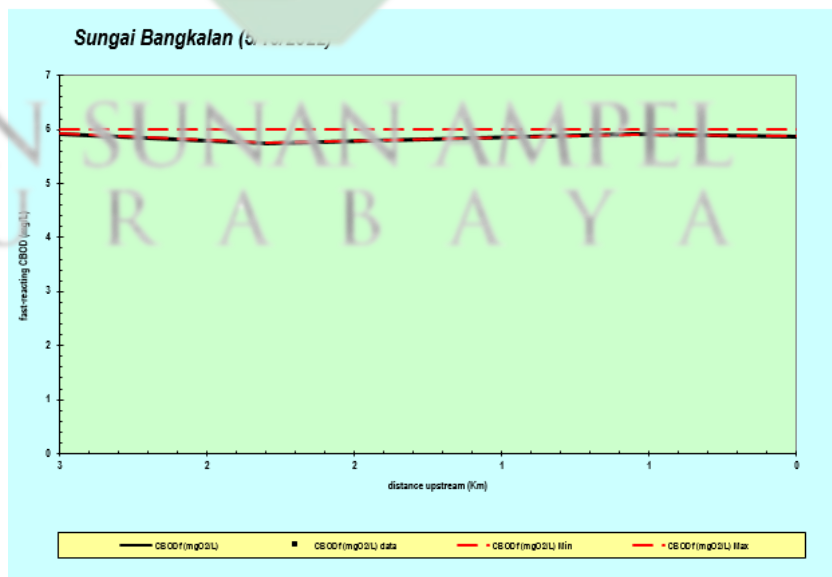
4.4.3 Skenario 2

Skenario selanjutnya adalah skenario 2 yang menunjukkan kondisi awal sungai. Pada skenario ini, data eksisting tidak digunakan lagi kecuali data sumber pencemar. Pada hulu sungai disesuaikan dengan Baku Mutu Sungai Bangkalan yakni, kelas 3 sesuai berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021. Untuk *Point Source* menggunakan data sekunder dari DLH Bangkalan. Adapun hasil skenario kedua yaitu:



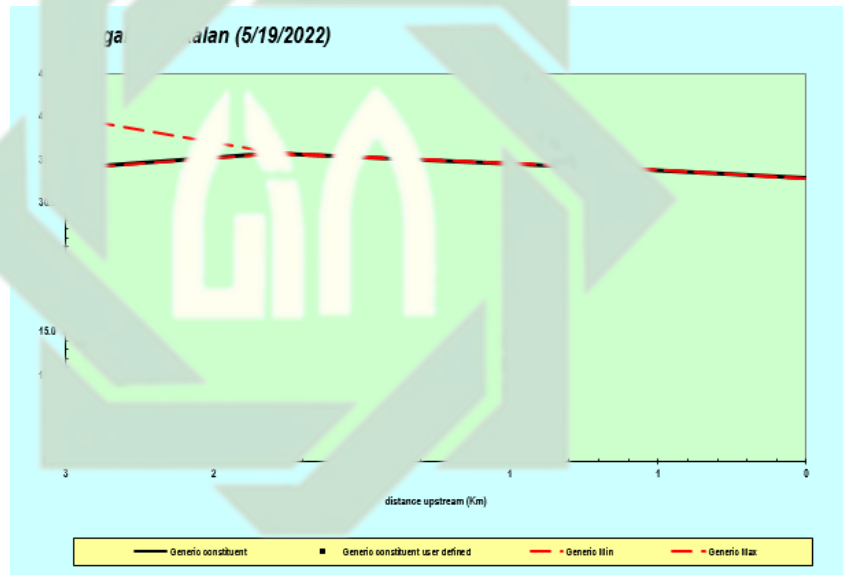
Gambar 4.11 Scenario 2.1. Konsentrasi TSS

Gambar 4.13 data menunjukkan jika pada bagian hulu sesuai dengan baku mutu PFN 2 Tahun 2021 yaitu sebesar 100 mg/l. Pada segmen selanjutnya Sungai mengalami peningkatan yang disebabkan oleh kondisi dan Sungai Bangkalan yang lumpur. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan kadar TSS di segmen selanjutnya yang dimodelkan adalah BOD yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.12 Skenario 2 Parameter BOD

Pada gambar 4.14 dapat dilihat jika tren model bagian hulu merupakan nilai baku mutu yaitu sebesar 6 mg/l. Selanjutnya BOD mengalami penurunan dan kenaikan kembali. Kadar BOD yang menurun menandakan jika terjadi dekomposisi oleh oksigen sehingga kadar BOD mengalami penurunan, sedangkan peningkatan kadar BOD dipengaruhi oleh kegiatan yang mampu mencemari Sungai Bangkalan tersebut. Parameter yang dimodelkan selanjutnya adalah COD yang dapat dilihat pada gambar di bawah

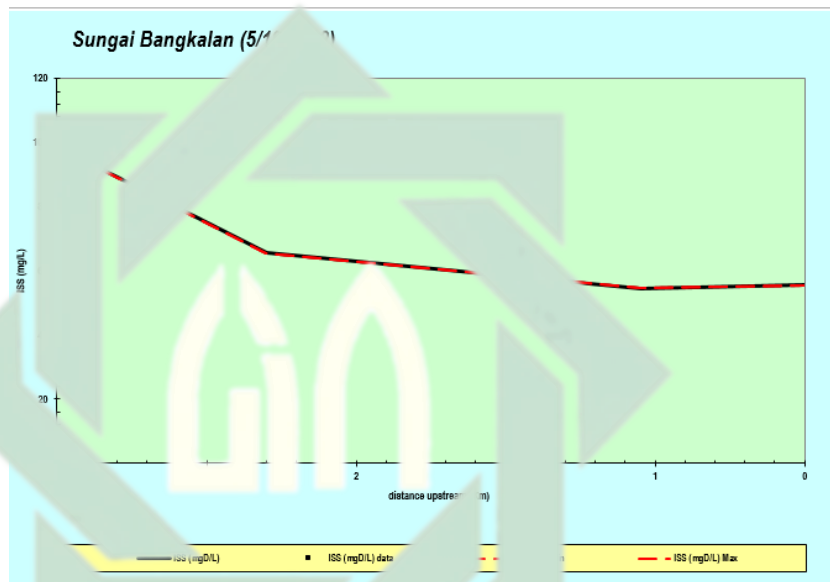


Gambar 4.13 Skenario 2 Parameter COD

Pada gambar 4.15 dapat dilihat jika garis model pada hulu telah memenuhi baku mutu Sungai kelas 3, yaitu sebesar 34 mg/l. Pada kilometer selanjutnya, COD mengalami peningkatan namun masih sesuai dengan baku mutu. Kilometer selanjutnya, kadar COD mengalami penurunan yang disebabkan adanya aktivitas dekomposisi senyawa kimia oleh oksigen.

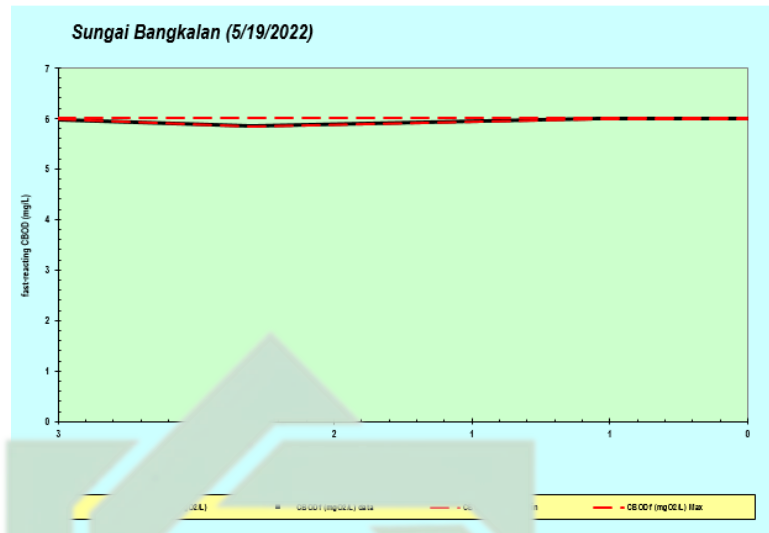
4.4.4 Skenario 3

Skenario 3 yang merupakan skenario terakhir, dibutuhkan untuk mengetahui keadaan Sungai Bangkalan dengan beban pencemar penuh. Pada skenario ini dilakukan *trial and error* pada sumber pencemar (*point source*), sedangkan pada bagian hulu sesuai dengan baku mutu kelas 3 Sungai berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021. Berikut hasil pemodelan pada skenario 3:



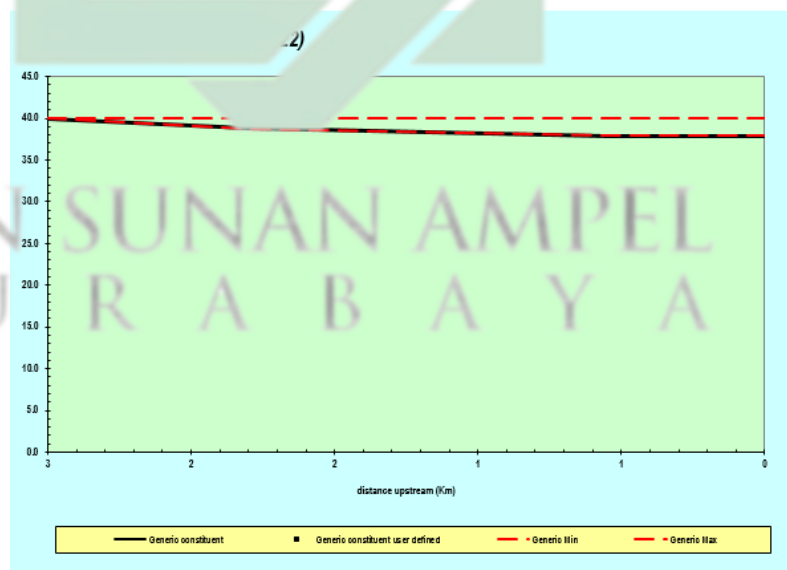
Gambar 4 Skenario 3 Parameter TSS

Kadar TSS pada hulu Sungai Bangkalan penuh sesuai dengan baku mutu yaitu 100 mg/l, sedangkan pada segmen selanjutnya mengalami penurunan. Nilai TSS yang menurun menunjukkan jika keluruhan pada air sungai sedikit. Parameter selanjutnya yaitu BOD yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.15 Skenario 1 Parameter BOD

Acara gambar diatas dapat diketahui jika pada sungai telah penuh dengan parameter yakni sebesar 6 mg/L, sedangkan pada segmen selanjutnya menjadi penuh namun terjadi peningkatan kadar BOD kembali. Parameter yang dimodelkan terakhir adalah parameter COD yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.16 Skenario 3 Parameter COD

Pada gambar diatas dapat dilihat jika kada COD di bagian hulu sungai telah penuh yakni 40 mg/l. Pada segmen selanjutnya kadar COD terus mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena proses dekomposisi oleh bakteri dan mikroorganisme dalam air sungai (Hendrasari dan Cahyani, 2008).

4.4.5 Daya Tampung Beban Pencemaran

Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP) pada Sungai dapat diketahui dengan membandingkan hasil analisis antara skenario 3 dan 2. Berikut tabel hasil skor DTBP dan

Tabel 4.16 Hasil Skenario 3

Skenario 3	TSS (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
Segmen 1	65.000	5.744	35.611
Segmen 2	54.013	5.904	33.914

Sumber: Qual2kw, 2022

Tabel 4.17 Hasil Skenario 2

Skenario 2	TSS (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
Segmen 1	54.500	5.744	35.611
Segmen 2	54.013	5.904	33.914

Sumber: Qual2kw, 2022

Hasil perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran pada Sungai Bangkalan dapat dilihat pada **tabel 4.18** berikut:

Tabel 4.18 DTBP Sungai Bangkalan

DTBP	TSS (kg/hari)	BOD (kg/hari)	COD (kh/hari)
Segmen 1	23760	237.60	6865.58
Segmen 2	194.40	194.40	8638.27

Dari **Tabel 4.18** diketahui jika nilai DTBP Sungai Bangkalan bernilai positif (+) yang artinya Sungai Bangkalan masih bisa menerima beban pencemar. Hal ini dapat terjadi karena Sungai mengalami *self-purification* yakni usaha pemulihan air dan zat pencemarnya secara alamiah dengan aerasi sehingga oksigen terlarut ke dalam air terjadi secara efektif (Hendriani & Cahya, 2008). Menurut Komarudin (2015), Peningkatan volume air limbah yang masuk pada sungai melebihi daya tampung sungai yang menyebabkan terjadinya kelangkaan baik ditinjau dari kualitas dan kuantitas. Daya Tampung Beban Pencemaran yang diperoleh dari penelitian dapat mengalami perubahan secara tidak signifikan. Hal ini dapat dipengaruhi beberapa faktor yaitu musim atau kondisi saat penelitian dan jumlah limbah yang masuk.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Kualitas air Sungai Bangkalan pada Titik 1, 2 dan 3 telah tercemar karena melebihi baku mutu PP RI No. 82 Tahun 2022 Kelas 3 sungai pada parameter BOD dan COD sedangkan nilai parameter TSS masih dibawah baku mutu. Parameter yang diperoleh dari Titik 1, 2 & 3 masing-masing sebesar 35 mg/l, 30 mg/l dan 25 mg/l dengan nilai baku mutu sebesar 40 mg/l. Nilai BOD yang diperoleh pada titik 1, 2 dan 3 masing-masing sebesar 15 mg/l, 14 mg/l dan 13 mg/l dengan nilai baku mutu 6 mg/l. Nilai parameter COD yang diperoleh pada masing-masing titik 1,2 dan 3 sebesar 38.85 mg/l, 50.6 mg/l dan 52.1 mg/l dengan nilai baku mutu sebesar 40 mg/l.
2. Penilaian kualitas air Sungai Bangkalan dengan metode BMWP-ASPT pada titik 1, 2 dan 3 berada pada range 1-2 yang termasuk dalam kategori air sangat tercemar. Nilai BDI air Sungai Bangkalan pada titik 1 dan 3 berada pada range 7.2-10, yang termasuk dalam kategori air tercemar sangat kotor, sedangkan pada titik 2 berada pada range 5.3-6.5 yang termasuk dalam kategori air tercemar agak kotor.
3. Daya Tampung Beban Pencemaran yang mampu diterima Sungai Bangkalan pada Parameter TSS di segmen 1 dan 2 adalah 23760 kg/hari dan 1188 kg/hari. Nilai daya tampung parameter BOD pada segmen 1 & 2 sebesar 237.60 kg/hari dan 194.40 kg/hari. Nilai daya tampung parameter COD pada segmen 1 dan 2 sebesar 6865.58 kg/hari, dan 8638.27 kg/hari.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penambahan segmen untuk mengetahui beban pencemaran dan kualitas air Sungai Bangkalan.
2. Perlu dilakukan pengukuran debit dan kecepatan arus agar hasil lebih yang diperoleh lebih akurat.
3. Perlu dilakukan pengukuran sampel air di musim yang berbeda untuk mengetahui perbedaan konsentrasi parameter fisika-kimia air.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Aisah, S., Sulistiyowati, E., & Saputro, D. E. (2015). *Biomonitoring Anggota Ordo Plecoptera sebagai Indikator Kualitas Ekosistem Hulu Sungai Gajah Wong dan Sungai Code Yogyakarta*. 29–34.
- Anwariani, D. (2019). Pengaruh Air Limbah Domestik Terhadap Kualitas Sungai. <https://osf.io/preprints/informatics/2019/08/22/2019082201>, 82, 12.
- Anyanwu, E. D., Okeke, C. C., & Okeke, C. C. (2019). Macroinvertebrates as bioindicators of Water Quality of Effluent Receiving Ossah River, Umuahia, Southeast Nigeria. *Zanco Journal of Pure and Applied Sciences*, 31(5). <https://doi.org/10.21271/zjpas.31.5.2>
- Ariella, K. (2019). *Biological Monitoring Party Average of Benthic Macroinvertebrate Taxon (Bmwp Aspt) Dalam Air Limbah Industri dan Domestik*. Universitas Widyadarmasurabaya.
- Bytyçi, P. S., Zhushchak, F. N., Ismaili, M. A., Sliçaj, S. A., Serbinovski, M. S., Çadraku, H. S., & Fetoshi, O. B. (2018). Monitoring of water quality of river nerodime based on physicochemical parameters and macroinvertebrates. *Rasayan Journal of Chemistry*, 11(2), 554–568. <https://doi.org/10.7324/RJC.2018.1122087>
- Chazanah, N., Muntalif, B. S., Rahmayani, R. A., & Sudjono, P. (2020). Macrozoobentos distribution as a bioindicator of water quality in the upstream of the citarum river. *Journal of Ecological Engineering*, 21(3), 10–17. <https://doi.org/10.12911/22998993/116335>
- Daya, A., Beban, T., Bod, P., Tss, D. A. N., Wifarulah, Y. O., & Marlina, N. (2021). *DI SUNGAI WIDURI DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE QUAL2KW*. 13, 1–16.

- Fabanjo, M. A. (2021). *Jurnal Biologi Tropis Analysis of Water Quality in the Mandaong River for Development of Freshwater Fish Cultivation*. 21, 965–973.
- Hasanah, U., & Sugito, S. (2017). Removal Cod Dan Tss Limbah Cair Rumah Potong Ayam Menggunakan Sistem Biofilter Anaerob. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 15(1), 61–69. <https://doi.org/10.36456/waktu.v15i1.436>
- Kabupaten, D. L. H. (2007). Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Bangkalan Tahun 2007. *Populasi*, 25(2)
- Kabupaten, D. L. H. (2009). Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Bangkalan Tahun 2009.
- Kusniawati, E., & Muhandiman, H. (2021). ANALISIS SIFAT AIR INJEKSI BERDASARKAN PARAMETER pH, DO, SS, TDS, KESADAHAN. *Jurnal Teknik dan Praktek Akademik*, 11(02), 9–21. <https://doi.org/10.52506/tpa.v11i02.109>
- Lingkungan, J. T. (2020). *PENCEMARAN SUNGAI KALIMAS SURABAYA (SEGMENT TAMAN PRESTASI-JEMBATAN BETAHAN) DENGAN PEMODELAN QUALITY INDEX PADA SUNGAI KALIMAS SURABAYA (SEGMENT TAMAN PRESTASI-JEMBATAN BETAHAN)*.
- Mezgebu, A., Lakew, A., & Lemma, B. (2019). Water quality assessment using benthic macroinvertebrates as bioindicators in streams and rivers around Sebeta, Ethiopia. *African Journal of Aquatic Science*, 44(4), 361–367. <https://doi.org/10.2989/16085914.2019.1685450>
- National Standardization Agency of Indonesia. (2009). Water and waste water - Chapter 72 : Method of Biochemical Oxygen Demand/BOD (SNI 6989.72-2009). *National Standardization Agency of Indonesia*, 1–28.
- Parameter, D. A. N., & Menentukan, F. U. (2017). *Penggunaan Indeks Bmwp-Aspt*.

12(1), 7–16.

Patang, F., Soegianto, A., & Hariyanto, S. (2018). Benthic Macroinvertebrates Diversity as Bioindicator of Water Quality of Some Rivers in East Kalimantan, Indonesia. *International Journal of Ecology*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/5129421>

Pemerintah Republik Indonesia. (2001). Peraturan Pemerintah tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. *Peraturan Pemerintah Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*, 1–22.

Purwati, S. U. (2010). Karakteristik Bioindikator Cili di Cibeureum: Kajian Pemanfaatan Makrobentik untuk Menilai Kualitas Sungai Cibeureum. *Jurnal Ecolab*, 9(2), 47–59. <https://doi.org/10.20886/j.eh.2010.9.2.47-59>

Rachman, H., Riyono, A., & Ueli, D. S. N. Z. (2010). Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Dan Sub Bas Cili di Cibeureum. *Media Konservasi*, 21(3), 261–266.

Rustiasih, E., Arthana, I. W., & Sari, A. H. W. (2018). Keanekaragaman dan kelimpahan makrobenthos sebagai indikator kualitas perairan Tukad Badung, Bali. *Current Journal in Aquatic Science*, 1(1), 16–23. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/CTAS/article/view/41976/27770>

Sandi, M. A., Arthana, I. W., & Sari, A. H. W. (2017). Bioassessment dan Kualitas Air Daerah Aliran Sungai Legundi Probolinggo Jawa Timur. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 3(2), 233. <https://doi.org/10.24843/jmas.2017.v3.i02.233-241>

Sukmawati, S., Maarifah Dahlan, & Dela, R. (2021). Analisa Pencemaran Sungai Mandar Dengan Bioindikator Makroinvertebrata Melalui Metode Biotilik. *Bina Generasi : Jurnal Kesehatan*, 12(2), 48–52. <https://doi.org/10.35907/bgjk.v12i2.165>

- Trisnaini, I., Kumala Sari, T. N., & Utama, F. (2018). Identifikasi Habitat Fisik Sungai dan Keberagaman Biotilik Sebagai Indikator Pencemaran Air Sungai Musi Kota Palembang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 17(1), 1. <https://doi.org/10.14710/jkli.17.1.1-8>
- Yudhistira, L. (2021). Korelasi Kualitas Air Dengan Struktur Komunitas Makroinvertebrata Sebagai Bioindikator Di Sungai Tambak Cemandi Desa Kalanganyar Sidoarjo. *Uin Sunan Ampel*, 38.
- Yulis, P. R. Y., D. H. S. Febrianti, A. (2018). Analisis Kualitas Air DO, BOD dan COD air sungai Kuantan berdasarkan penambangan emas tanpa izin. *Jurnal Bioterdidik*, 113, 64–75.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A