

TESIS

**PEMODELAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN DI SUNGAI
JENEBERANG HILIR**

Modeling Of Pollution Load Capacity In Downstream Jeneberang River

RESKI KURNIATI

D092202006



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

TESIS
PEMODELAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN DI SUNGAI
JENEBERANG HILIR

Modeling Of Pollution Load Capacity In Downstream Jeneberang River

RESKI KURNIATI

D092202006



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023

PENGAJUAN TESIS

**PEMODELAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN DI
SUNGAI JENEBERANG HILIR**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Teknik Lingkungan

Disusun dan diajukan oleh

**RESKI KURNIATI
DO92202006**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

TESIS

PEMODELAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN DI SUNGAI JENEBERANG HILIR

RESKI KURNIATI
D092202006

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Lingkungan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 12 September 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

UNIVERSITAS HASANUDDIN

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M.Sc.
NIP. 194306122018016000

Pembimbing Pendamping



Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T.
NIP. 197506232015042001

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT., IPM., ASEAN.Eng.
NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Lingkungan



Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T.
NIP. 197506232015042001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : RESKI KURNIATI
Nomor mahasiswa : D092202006
Program Studi : Teknik Lingkungan

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul **“Pemodelan Daya tampung Beban Pencemaran di Sungai Jeneberang Hilir”** adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi Pembimbing (Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M.Sc. sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T. sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Semua informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah diublikasikan di Jurnal Internasional Scopus Q3 (**The Seybold Report Journal, ISSN 1533-9211, Volume 18, Nomor 07, Halaman 1365-1374, dan DOI 10.17605/OSF.IO/S48PJ**) sebagai artikel dengan judul **“*Determination Of Water Quality Status Of Downstream Jeneberang River Using The Pollution Index Method.*”**

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 19 September 2023

Yang menyatakan,



Reski Kurniati

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah Rabbil Alamin, segala puji bagi ALLAH SWT karena berkat limpahan rahmat, taufik, nikmat dan hidayah-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul “**Pemodelan Daya Tampung Beban Pencemaran Di Sungai Jeneberang Hilir**” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Shalawat dan salam tak lupa pula penulis haturkan kepada Baginda Rasulullah Muhammad SAW Bersama keluarga serta para sahabat Beliau yang merupakan sumber cahaya ilmu pengetahuan dan hikmah.

Dalam penyusunan tesis ini penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan dan arahan yang ikhlas dari berbagai pihak, akhirnya tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. **Allah Subhana Wu Ta'ala.**
2. Ayahanda tercinta **H. Muh. Basri. U** dan ibunda tercinta **Hj. Rahmawati** selaku orang tua dari penulis yang tiada hentinya memberikan kasih sayang, dorongan, motivasi dan iringan do'a yang tulus serta memberikan bantuan moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan di jenjang ini, serta adik-adik tersayang penulis, **Rizka Dwi Anugrah, S.H., Mutmainnah Wulandari** dan **Khairah Ismahani** yang senantiasa mendukung dan mendoakan penulis untuk tidak lengah dan semangat untuk menyelesaikan perjalanan ini.
3. **Ibu Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T.**, selaku Ketua Program Studi S2 Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin sekaligus Pembimbing Pendamping yang

telah memberikan bimbingan, nasihat dan masukan-masukan kepada penulis dalam penyelesaian tesis ini.

4. **Ibu Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M. Sc.**, selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, nasihat dan masukan-masukan kepada penulis dalam penyelesaian tesis ini.
5. **Ibu Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T., Bapak Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc.**, dan **Bapak Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.Eng.**, selaku penguji yang telah meluangkan waktu serta memberikan saran dan masukan kepada penulis dalam perbaikan penyusunan tesis.
6. **Seluruh Bapak/Ibu Dosen Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin** atas ilmu yang telah diberikan selama penulis duduk di bangku kuliah.
7. **Seluruh Staf dan Karyawan Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin** yang selalu membantu dalam pengurusan administrasi.
8. **Seluruh Staf dan Karyawan Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan Laboratorium Produktivitas dan Kualitas Perairan Departemen Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin** yang telah membantu selama penelitian berlangsung.
9. Kakak-kakak sahabat Laboratorium Kualitas Air, **Andi Elfina Wahyuni R, S.T., Iitra Achbar Sahdian, S.Si., Faisal S.T.**, dan **Muh Rafi Aryawardhana, S.T.**, yang telah membersamai masa perkuliahan dan meluangkan waktu untuk mendampingi proses pengambilan data maupun penyelesaian tesis ini.
10. Adik-adik WA Grup Jeneberang Tim, **Athilla, Reynaldi, Bintang, Miratul dan Irsyad**, yang telah membantu selama penelitian berlangsung.
11. Kanda **Edi Wahyudi, S.Si.**, yang telah membantu selama penelitian berlangsung di tengah-tengah kesibukannya.
12. Kakak **Moch. Aqsa Setiadi Harun, S.Si.**, yang selalu menjadi teman diskusi dan senantiasa memberikan motivasi, semangat dan dukungan moril maupun materil untuk menyelesaikan tesis ini. Terima kasih banyak karena selalu ada walau jarak memisahkan.

13. Teruntuk Penulis, terima kasih sudah bertahan dan memaksimalkan diri untuk menyelesaikan tesis ini.

Tesis ini disusun dengan segala kemampuan dan keterbatasan penulis, karena itu saran dan kritik konstruktif sangat diperlukan demi kesempurnaan penulisannya. Penulis menyadari bahwa tesis ini tidak luput dari kekurangan dan kelemahan, namun besar harapan kiranya dapat bermanfaat utamanya bagi penulis sendiri dan bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang teknik lingkungan pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Gowa, 19 September 2023

Reski Kurniati

ABSTRAK

RESKI KURNIATI. *Pemodelan Daya Tampung Beban Pencemaran di Sungai Jeneberang Hilir* (dibimbing oleh **Mary Selintung** dan **Roslinda Ibrahim**).

Sungai Jeneberang, salah satu sungai terbesar di Sulawesi Selatan yang memiliki banyak fungsi, termasuk sumber daya air, pertanian, perkebunan, domestik, dan industri. Berdasarkan data hasil monitoring kualitas air sungai ONLIMO KLHK pada bulan Juli tahun 2022, menunjukkan bahwa Sungai Jeneberang bagian hilir telah tercemar ringan hingga tercemar sedang dengan nilai IP untuk parameter BOD antara 1 sampai dengan 7. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kualitas air di Sungai Jeneberang bagian hilir, menganalisis besaran jumlah beban pencemar yang masuk ke badan Sungai Jeneberang bagian hilir, dan menentukan daya tampung beban pencemar di Sungai Jeneberang bagian hilir. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampel kualitas air pada 5 segmen dengan 5 titik. Analisis kualitas air menggunakan metode Indeks Pencemar (IP) untuk melihat bagaimana status mutu dari Sungai Jeneberang bagian hilir. Penentuan daya tampung beban pencemaran (DTBP) dilakukan dengan membuat skenario hasil dari pemodelan WASP untuk menurunkan konsentrasi parameter kualitas air hingga memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sungai Jeneberang bagian hilir berada pada status “cemar ringan” dengan nilai Indeks Pencemaran (IP) rata-rata 2,11. Berdasarkan hasil pemodelan kualitas air dengan WASP memperlihatkan bahwa WASP dapat merepresentasikan BOD mendekati hasil observasi sedangkan parameter DO, COD, dan TSS belum bisa dikarenakan nilai RMSE yang menjauhi nilai minimum yang dipersyaratkan. Berdasarkan beberapa skenario simulasi yang digunakan diperoleh besaran beban pencemaran yang masuk ke badan Sungai Jeneberang bagian hilir untuk parameter BOD adalah 2.934,85 kg/hari atau 29,34 ton/hari. Berdasarkan hasil simulasi skenario 3 *trial and error* agar mencapai baku mutu kelas II, maka besar daya tampung beban pencemaran (DTBP) yang diperbolehkan untuk parameter BOD adalah sebesar 1.172,77 kg/hari atau 11,73 ton/hari.

Kata Kunci: DTBP, kualitas air, metode indeks pencemaran

ABSTRACT

RESKI KURNIATI. *Modeling Of Pollution Load Capacity In Downstream Jeneberang River* (supervised by **Mary Selintung** and **Roslinda Ibrahim**).

The River Jeneberang, one of South Sulawesi's biggest rivers, serves a variety of purposes, including providing water for agriculture, plantations, domestic use, and industry. Due to changes in land use, river water quality degrades. The River Jeneberang is a mild to moderately polluted portion, according to data from the quality monitoring findings of the river water ONLIMO KLHK in July 2022, with IP values for BOD parameters between 1 and 7. This study's main goals are to evaluate the water quality at the downstream River Crossing, quantify the loads of pollutants that enter the upstream River, and assess the intensity of the loads of pollutants in the upperstream. Five segments and five sampling point were sampled for the study's water quality. The water quality analysis employs the Polluter Index (PI) approach to ascertain how the quality condition of Downstream of Jeneberang river alters over time. In order to minimize the concentration of water quality parameters and achieve the defined quality criteria, TMDL is done by developing a scenario based on WASP modeling. According to the study's findings, the Jeneberang River has a "light pollution" status and an average Pollution Index (IP) value of 2.11. Based on the findings of water quality modeling using WASP, it can be concluded that WASPs can accurately represent BOD while DO, COD, and TSS parameters are still unknown due to RMSE. In order to conduct the study, a 5-segment, 5-point water quality sample was taken. Based on the results of WASP-based water quality modeling, it can be concluded that while DO, COD, and TSS parameters have not yet been identified due to RMSE values that are significantly below the necessary minimum values, WASPs can accurately reflect BOD. The delayed component for the BOD parameter is 2.934.85 kg/day or 29.34 tons/day based on several modeling scenarios used to determine the amount of pollution load that reaches the Jeneberang River body. According to simulation results from trial and error scenario 3, the total maximum daily load (TMDL) for BOD parameters is 1.172.77 kg/day, or 11.73 tons/day, in order to meet the quality level of class II.

Keywords: TMDL, water quality, index pollution method

DAFTAR ISI

	<u>Halaman</u>
HALAMAN JUDUL	i
PENGAJUAN TESIS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II.....	8
TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Penelitian Terdahulu	8
2.2 Sungai	14
2.2.1 Daerah Aliran Sungai.....	14
2.3 Gambaran Umum Sungai Jeneberang.....	16
2.4 Pencemaran Air Sungai	18
2.4.1 Sumber Pencemar	18
2.4.2 Faktor Emisi Beban Pencemar	19
2.5 Standar Baku Mutu Air.....	20
2.6 Parameter Indikator Pencemaran	23
2.7 Pencampuran dan Pengenceran.....	26
2.8 <i>Self Purification</i>	27
2.9 Daya Tampung Beban Pencemaran	28

2.10	Pemodelan Water Analysis Simulation Program (WASP)	30
2.11	Kerangka Pikir Penelitian	32
BAB III		33
METODOLOGI PENELITIAN		33
3.1	Rancangan Penelitian.....	33
3.1.1	Variabel Bebas (Independent Variable)	34
3.1.2	Variabel Terikat (<i>Dependent Variable</i>)	34
3.2	Waktu Dan Lokasi Penelitian	34
3.2.1	Waktu Penelitian	34
3.2.2	Lokasi Penelitian.....	35
3.3	Bahan Dan Alat.....	36
3.3.1	Bahan	37
3.3.2	Alat.....	37
3.4	Populasi Dan Sampel	37
3.4.1	Populasi.....	37
3.4.2	Sampel.....	37
3.5	Teknik Pengumpulan Data.....	37
3.5.1	Data Primer	38
3.5.2	Data Sekunder	38
3.6	Pelaksanaan Penelitian.....	38
3.6.1	Observasi Lapangan	39
3.6.2	Pengambilan Sampel.....	39
3.6.3	Penentuan Status Mutu Air	42
3.6.4	Analisis Perhitungan Beban Pencemar	43
3.6.5	Pemodelan Kualitas Air dengan Menggunakan WASP.....	48
3.7	Kalibrasi dan Validasi Model	50
3.8	Analisis Simulasi Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP).....	51
3.9	Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP).....	52
3.10	Diagram Alir Penelitian	53
BAB IV		54
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		54
4.1	Segmentasi Sungai Jeneberang Hilir	54
4.2	Kondisi Eksisting Sungai Jeneberang Hilir	59

4.2.1 Data Hidrolik Sungai Jeneberang Hilir	59
4.2.2 Kualitas Air Sungai Jeneberang Hilir	61
4.2.3 Penentuan Status Mutu dengan Metode Indeks Pencemaran.....	68
4.3 Identifikasi Potensi Beban Pencemaran Sungai Jeneberang Hilir	70
4.3.1 Beban Pencemaran dari <i>Non-Point Source</i> (NPS).....	71
4.3.2 Beban Pencemaran dari <i>Point Source</i> (PS).....	77
4.4 Total Potensi Beban Pencemar	78
4.4.1 Beban Pencemar BOD	78
4.4.2 Beban Pencemar COD	79
4.4.3 Beban Pencemar TSS.....	80
4.5 Model dan Kalibrasi WASP	82
4.5.1 Hasil Kalibrasi Model	85
4.6 Simulasi Kualitas Air.....	90
4.6.1 Skenario 1	90
4.6.2 Skenario 2	93
4.6.3 Skenario 3	94
4.7 Daya Tampung Beban Pencemaran di Sungai Jeneberang Hilir	95
BAB V	98
KESIMPULAN DAN SARAN.....	98
5.1 Kesimpulan	98
5.2 Saran	98
DAFTAR PUSTAKA.....	100
LAMPIRAN	104

DAFTAR GAMBAR

	<u>Halaman</u>
Gambar 1 Daerah aliran sungai (Naharuddin dkk, 2018).....	15
Gambar 2 Peta penggunaan lahan DAS Jeneberang (Indonesia Geospasial, 2019)	16
Gambar 3 Ilustrasi sumber pencemar <i>point source</i> dan <i>non-point source</i> menyebar dalam sungai.....	19
Gambar 4 Profil pengenceran pencemaran dari titik saluran pembuangan limbah	27
Gambar 5 Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran	30
Gambar 6 Model network dengan jalur transport advectif, (atas) visualisasi penampang samping, (bawah) visualisai dalam bentuk diagram alir (Sumber: Ambrose et al., 2009).....	31
Gambar 7 Kerangka pikir penelitian	33
Gambar 8 Lokasi Penelitian	35
Gambar 9 Titik pengambilan contoh air sungai (SNI 6989.57-2008).....	41
Gambar 10 Bagan alir penggunaan pemodelan WASP.....	50
Gambar 11 Diagram Alir Penelitian.....	53
Gambar 12 Pembagian segmen Sungai Jenebrang bagian Hilir.....	54
Gambar 13 Peta Segmentasi dan <i>Sampling Point</i> Sungai Jeneberang bagian hilir	55
Gambar 14 Peta Segmen 1	56
Gambar 15 Peta Segmen 2	56
Gambar 16 Peta Segmen 3	57
Gambar 17 Peta Segmen 4	58
Gambar 18 Peta Segmen 5	58
Gambar 19 Pengukuran debit eksisting Sungai Jeneberang bagian hilir pada bulan November 2022.....	60
Gambar 20 Grafik Analisa kualitas air parameter suhu Sungai Jeneberang bagian hilir.....	62

Gambar 21 Grafik analisa kualitas air parameter PH Sungai Jeneberang bagian hilir	63
Gambar 22 Grafik Analisa kualitas air parameter DO di Sungai Jeneberang bagian hilir	64
Gambar 23 Grafik Analisa kualitas air parameter BOD Sungai Jeneberang bagian hilir	65
Gambar 24 Grafik Analisa kualitas air parameter COD di Sungai Jeneberang bagian hilir	66
Gambar 25 Grafik Analisa kualitas air parameter TSS di Sungai Jeneberang bagian hilir	67
Gambar 26 Sebaran indeks pencemaran di Sungai Jeneberang bagian hilir	69
Gambar 27 Peta Penggunaan lahan di sekitar Sungai Jeneberang bagian hilir ...	70
Gambar 28 <i>Catcment area</i> pada Segmen 2	72
Gambar 29 Persentase sumber pencemar BOD di lokasi penelitian	79
Gambar 30 Persentase sumber pencemar COD di lokasi penelitian	80
Gambar 31 Persentase sumber pencemar TSS di lokasi penelitian.....	81
Gambar 32 Grafik hasil model parameter DO	83
Gambar 33 Grafik hasil model parameter BOD.....	84
Gambar 34 Grafik hasil model parameter COD.....	84
Gambar 35 Grafik hasil model parameter TSS	85
Gambar 36 Hasil kalibrasi DO pengukuran dan DO model.....	86
Gambar 37 Hasil Kalibrasi BOD pengukuran dan BOD model	88
Gambar 38 Hasil kalibrasi COD pengukuran dan COD model	89
Gambar 39 Hasil kalibrasi antara TSS pengukuran dan TSS model.....	90
Gambar 40 Hasil simulasi skenario 1 untuk DO	91
Gambar 41 Hasil simulasi skenario 1 untuk BOD	91
Gambar 42 Hasil simulasi skenario 1 untuk COD	92
Gambar 43 Hasil simulasi skenario 1 untuk TSS.....	92
Gambar 44 Hasil simulasi 2 untuk BOD.....	94
Gambar 45 Hasil skenario 3 untuk BOD.....	95

DAFTAR TABEL

	<u>Halaman</u>
Tabel 1 Penelitian Terdahulu	
Tabel 2 Penggunaan Lahan DAS Jeneberang	17
Tabel 3 Klasifikasi Sumber Pencemar Air	18
Tabel 4 Kriteria Baku Mutu Air Sungai	21
Tabel 5 Klasifikasi Indeks Pencemaran	23
Tabel 6 Pembagian Titik Lokasi Pengambilan Sampel.....	36
Tabel 7 Data Sekunder yang akan digunakan	38
Tabel 8 Faktor Emisi Domestik Rumah Tangga	45
Tabel 9 Nilai Koefisien Transfer Beban (α).....	45
Tabel 10 Rasio Equivalen Kota.....	46
Tabel 11 Faktor Emisi Pertanian	46
Tabel 12 Faktor Emisi Penggunaan Lahan	47
Tabel 13 Faktor Emisi Industri Tahu Tempe	47
Tabel 14 Data Hidrolik Sungai Jeneberang Hilir	60
Tabel 15 Kondisi eksisting perairan Sungai Jeneberang bagian hilir pada bulan November 2022.....	61
Tabel 16 Perhitungan metode indeks pencemaran (IP).....	68
Tabel 17 Indeks Pencemaran Sungai Jeneberang Hilir	69
Tabel 18 Jumlah Penduduk dan presentasi wilayah tiap segmen Tahun 2021	71
Tabel 19 Hasil Perhitungan beban pencemaran dari aktivitas permukiman	74
Tabel 20 Hasil perhitungan beban pencemaran dari aktivitas pertanian.....	75
Tabel 21 Perhitungan Beban Pencemaran dari aktivitas industri kecil	76
Tabel 22 <i>Point Source</i> di sekitar Sungai Jeneberang bagian hilir.....	77
Tabel 23 Beban pencemaran dari aktivitas PDAM di sekitar Sungai Jeneberang bagian hilir	77
Tabel 24 Limbah BOD dari <i>non-point source</i> dan <i>point source</i>	78
Tabel 25 Limbah COD dari <i>non-point source</i> dan <i>point source</i>	80
Tabel 26 Limbah TSS dari <i>non-point source</i> dan <i>point source</i>	81
Tabel 27 Hidrolika Sungai Jeneberang bagian hilir	82

Tabel 28 Kalibrasi antara DO pengukuran dan DO model	86
Tabel 29 Kalibrasi antara BOD pengukuran dan BOD model.....	87
Tabel 30 Hasil kalibrasi antara COD pengukuran dan COD model	88
Tabel 31 Hasil kalibrasi antara TSS pengukuran dan TSS model	89
Tabel 32 Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran.....	96
Tabel 33 Hasil beban pencemar yang masuk ke badan Sungai Jeneberang hilir .	96

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelolaan DAS berkelanjutan sangat penting karena melibatkan banyak aspek antropogenik dari penggunaan sumber daya alam. Dalam konteks kualitas air, kekritisitas DAS dapat dikurangi dengan menurunkan beban pencemar yang masuk ke badan air. Besarnya penurunan beban pencemaran ditentukan berdasarkan daya tampung lingkungan badan air terhadap beban pencemar (Abdi, dkk., 2010). Menurut PP RI No. 22 Tahun 2021 menyatakan bahwa beban pencemar adalah besarnya suatu pencemar yang masuk ke dalam air sedangkan daya tampung beban pencemar yaitu kemampuan air dalam menerima beban pencemar tanpa terjadi pencemaran. Salah satu cara untuk mengelola kualitas air adalah mengendalikan pencemaran air. Hal ini dicapai dengan memelihara fungsi air sehingga kualitas air terjaga sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Air yang tidak dapat digunakan sesuai dengan peruntukannya dapat dianggap sebagai indikator kondisi air yang tercemar (KLHK, 2018). Pengambilan air untuk memenuhi kebutuhan manusia perlu untuk diperhatikan agar tidak mengganggu keseimbangan lingkungan. Faktor yang perlu diperhatikan tidak hanya mengenai volume air yang diambil namun juga menjaga kualitas air lingkungan agar tidak menyimpang dari keadaan normal.

Sungai Jeneberang merupakan salah satu sungai terbesar di Sulawesi Selatan. Sungai Jeneberang mengalir dari timur ke barat dari Gunung Bawakaraeng (2.833 mdpl) dan Gunung Lompobattang (2.876 mdpl) menuju Selat Makassar dengan panjang kurang lebih 80 km (DKPLHD Kabupaten Gowa, 2019). Sungai Jeneberang memiliki banyak peruntukan mulai dari dukungan sumber daya air, pertanian, perkebunan, domestik hingga industri. Adanya variasi penggunaan lahan ini, menyebabkan mutu kualitas air sungai menurun.

Pencemaran Sungai Jeneberang yang terjadi merupakan proses yang kompleks sebagai representasi dampak dari interaksi antara zat pencemar, hidrogeomorfologi sungai dan aktivitas manusia. Sumber pencemar dari Sungai

Jeneberang bagian hilir berasal dari limbah domestik, aktivitas perdagangan dan jasa, limbah industri kecil seperti industri tahu dan tempe, serta limpasan perkotaan. Selain itu, penggunaan lahan yang tidak seimbang yang tidak memperhatikan kondisi alam dan kestabilan aliran sungai.

Berdasarkan data hasil monitoring kualitas air sungai ONLIMO KLHK pada bulan Juli tahun 2022, menunjukkan bahwa Sungai Jeneberang bagian hilir telah tercemar ringan hingga tercemar sedang dengan nilai IP untuk parameter BOD antara 1 sampai dengan 7. Hasil pemantauan kualitas air yang dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa beberapa titik di Sungai Jeneberang telah tercemar ringan. Diantaranya Thamrin (2018) melakukan penelitian kualitas air Sungai Jeneberang dengan metode Indeks Pencemar dan memperoleh nilai Pollutan Index (PI) 6,8 yang artinya air Sungai Jeneberang dinyatakan telah tercemar sedang. Penelitian yang telah dilakukan oleh Lestari (2021) di Sungai Jeneberang memperlihatkan nilai BOD dan COD yang meningkat dari hulu ke hilir.

Salah satu strategi yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pemodelan kualitas air Sungai Jeneberang bagian hilir dengan menganalisis beban pencemar yang masuk ke dalam badan sungai untuk menetapkan daya tampung beban pencemaran. Hasil dari pemodelan beban pencemar tersebut akan dilakukan berbagai skenario pencemaran sebagai bentuk pengelolaan dampak lingkungan dan dapat memberikan informasi dasar dan dukungan teknik bagi instansi pemerintahan yang mengelola lingkungan untuk membuat keputusan yang tepat. Simulasi dari berbagai jenis skenario akan mendapatkan total beban pencemaran sungai yang apabila masuk lebih besar dibandingkan kapasitas beban suatu perairan, akan menunjukkan daya tampung beban pencemaran telah terlampaui.

Terdapat berbagai macam model kualitas air yang telah dikembangkan, seperti SWAT, WASP, QUALs, MIKE 11< CE-QUAL-W2, EFDC, HSPF, dan lain-lain. Seluruh model tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan untuk situasi tertentu. Model WASP 8.4 (*Water Quality Analysis Program* versi 8.4) merupakan pemodelan yang menafsirkan dan memprediksi respon kualitas air terhadap fenomena alam dan pencemaran air pada air permukaan (Amborse, 2009). Proses

dari transportasi, pemuatan, dan transformasi disimulasikan menggunakan disperse, adveksi dan transformasi kinetik pada WASP. WASP adalah salah satu dari beberapa model kualitas air yang merupakan software terbaru yang didesain agar mampu mengatasi keterbatasan metode neraca massa dalam penetapan daya tampung beban pencemaran. Selain itu, model mampu untuk menganalisa dan memprediksi beban pencemar yang berasal dari fenomena alam maupun polutan yang dibuat oleh manusia dalam berbagai macam penentuan manajemen polusi air (Anggraeni, 2022).

Pemodelan WASP telah dikembangkan untuk berbagai kajian diantaranya Mbowongo J dkk (2018) melakukan pemodelan menggunakan WASP 7 untuk mensimulasikan dinamika nutrisi, DO dan klorofil-a di DAS Shenandoah dengan melakukan analisis ketidakpastian untuk menguji kompleksitas variabel-variabel tersebut dalam estimasi kualitas air dan pengaruhnya terhadap Sungai Shenandoah. Larico dan Marina (2019) melakukan penelitian dengan memodelkan kualitas air chlorophyll-a, BOD, NH₃, NO₃ dan PO₄ untuk kontrol eutrofikasi di Waduk el Pane menggunakan WASP 8 yang dimana dapat merepresentasikan hasil realita sehingga dapat membantu dalam membuat keputusan. Sedangkan untuk di Indonesia sendiri WASP telah digunakan dalam berbagai penelitian diantaranya Diansyukma dkk (2021) menggunakan model WASP untuk mengidentifikasi daya tampung beban pencemar parameter BOD di sub-DAS Karang Mumus, Samarinda. Pratama (2021) menggunakan program WASP untuk memodelkan distribusi oksigen terlarut dan COD pada debit andalan minimum dan maksimum untuk memilih simulasi reduksi limbah *point source* dan *non-point source* di Sungai Cikakembang. Anggraeni (2022) menggunakan model WASP untuk mengidentifikasi daya tampung beban pencemar dan kapasitas asimiliasi di Sungai Landak bagian Hilir di Pontianak, Kalimantan Barat.

Melihat kebutuhan informasi untuk pengendalian pencemaran di Sungai Jeneberang bagian hilir, maka perlu untuk dilakukan pemodelan terkait besar beban pencemaran dan daya tampung beban pencemaran (DTBP) menggunakan program WASP dengan parameter pencemar *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Dissolved Oxygen* (DO) dan *Total Suspended Solid* (TSS)

untuk menghasilkan alternatif usaha pengendalian pencemaran dan pengelolaan kualitas air di Sungai Jeneberang bagian hilir. Analisis resiko dapat dilakukan dengan pengurangan beban pencemar dari setiap sektor yang menghasilkan limbah dari *non-point source*. Tujuan dari skenario sendiri adalah untuk menurunkan konsentrasi parameter pencemaran di Sungai Jeneberang hilir sesuai dengan baku mutu peruntukannya dan mempertahankan konsentrasi air permukaan sepanjang waktu yang ditentukan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pada uraian di atas, maka permasalahan yang dapat dirumuskan pada penelitian ini, adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kondisi kualitas air di Sungai Jeneberang hilir?
2. Bagaimana hasil simulasi kualitas air di Sungai Jeneberang hilir setelah dilakukan pemodelan dengan *software* WASP?
3. Berapa besar beban pencemaran dan daya tampung beban pencemar di Sungai Jeneberang hilir dalam menerima beban pencemar pada saat dilakukan berbagai skenario simulasi pengurangan beban pencemar *point source* dan *non-point source*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis hasil kualitas air di Sungai Jeneberang bagian hilir berdasarkan parameter suhu, pH, DO, BOD, COD dan TSS.
2. Menganalisis hasil simulasi pemodelan kualitas air di Sungai Jeneberang hilir.
3. Menganalisis besaran jumlah beban pencemar dan daya tampung beban pencemar yang masuk ke badan Sungai Jeneberang bagian hilir.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Peneliti:

Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Magister di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, serta menjadi pengembangan ilmu yang telah didapatkan dan berguna jika ingin melakukan penelitian lebih lanjut terkait pemodelan daya tampung beban pencemaran air sungai.

2. Bagi Pemerintah:

Sebagai alternatif penyusunan kebijakan untuk bahan pertimbangan strategi pengelolaan dan pengendalian pencemaran Sungai Jeneberang.

3. Bagi Masyarakat:

Sebagai informasi dan bahan edukasi kepada masyarakat tentang kualitas air Sungai Jeneberang dan pengelolaannya.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini dibatasi pada:

1. Wilayah studi penelitian dilakukan di sepanjang aliran DAS Sungai Jeneberang bagian hilir sepanjang 29,51 km yang mengalir melewati Kabupaten Gowa, Kabupaten Takalar dan Kota Makassar. Penentuan pembagian segmen wilayah lokasi pengambilan sampel berdasarkan akses pengambilan sampel dan area sumber pencemaran yang dianggap mewakili setiap *point source* dan *non-source point* yang menghasilkan bertambahnya beban pencemaran yang masuk ke badan Sungai Jeneberang.
2. Pengambilan sampel air Sungai Jeneberang bagian hilir dilakukan dengan teknik *purposive sampling* dengan tiga kali ulangan (*triplo*).
3. Parameter kualitas air yang diukur adalah pH, suhu, DO, BOD, COD, dan TSS.
4. Data kualitas air sungai merupakan data primer dengan pengukuran langsung di lapangan, sedangkan data lainnya seperti jumlah penduduk, luas lahan, data meteorologi, debit limbah dan data jumlah industri merupakan data sekunder.
5. Analisis kualitas air (DO, BOD, TSS) dilakukan skala laboratorium di Laboratorium Kualitas Air, Departemen Teknik Lingkungan, Universitas Hasanuddin. Analisis kualitas air untuk parameter COD dilakukan skala

laboratorium di Laboratorium Produktivitas dan Kualitas Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.

6. Hasil analisa kualitas air dibandingkan dengan PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
7. Penentuan status mutu air Sungai Jeneberang bagian hilir menggunakan metode indeks pencemaran (IP).
8. Penentuan daya tampung beban pencemar di Sungai Jeneberang Hilir menggunakan *software* WASP 8.4, dengan cara membandingkan perhitungan beban pencemaran sungai dengan kelas sungai berdasarkan lampiran PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
9. Sumber polutan berasal dari *point source* (PDAM) dan *non-source point* (domestik, pertanian dan perkebunan, industri skala kecil/industri tahu tempe) yang dihasilkan oleh sumber pencemar di sepanjang aliran Sungai Jeneberang.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan penjabaran secara deskriptif mengenai hal-hal yang akan ditulis. Sistematika penulisan dalam tesis ini akan memberikan gambaran secara singkat terhadap kegiatan penelitian dan penyusunan tesis, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan informasi tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan ruang lingkup serta sistematika penulisan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memberikan informasi mengenai uraian dan pengertian, teori-teori dari berbagai literatur yang menjadi dasar atau acuan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode pelaksanaan penelitian diantaranya rancangan penelitian, penentuan lokasi penelitian, waktu pelaksanaan,

bahan dan alat yang akan digunakan, populasi dan sampel, teknik pengumpulan data, teknik analisis data, dan diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan data hasil penelitian yang merujuk pada rumusan masalah dan tujuan penelitian. Data hasil penelitian merupakan data primer dan data hasil analisis yang dilanjutkan dengan pembahasan yang mengandung jawaban akan setiap masalah penelitian atau menunjukkan bagaimana tujuan dan menafsirkan segala temuan penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan yang berkaitan langsung dengan penelitian yang dapat ditarik dari pembahasan yang relevan dan merangkum semua hasil penelitian yang telah diuraikan. Selain kesimpulan, bab ini menyajikan saran yang bersumber pada temuan penelitian, pembahasan dan kesimpulan hasil penelitian. Saran dapat ditujukan atau direkomendasikan kepada perguruan tinggi, Lembaga pemerintahan atau swasta ataupun pihak lain yang dianggap layak.

DAFTAR PUSTAKA DAN LAMPIRAN

Bagian akhir laporan penelitian adalah daftar pustaka dan lampiran. Daftar pustaka memuat semua bahan bacaan yang dirujuk dalam penulisan laporan penelitian dan hanya mencantumkan pustaka yang dirujuk. Sedangkan lampiran berisi keterangan yang dipandang penting seperti rumus statistika dan foto-foto pelaksanaan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Untuk mencapai originalitas dalam upaya mengisi celah ilmu pengetahuan, maka diperlukan beberapa *review* penelitian terdahulu yang relevan berkaitan dengan tema Pemodelan Daya Tampung Beban Pencemaran di Sungai Jeneberang bagian hilir:

Tabel 1 Penelitian Terdahulu

NO.	ARTIKEL	POKOK PERSOALAN	OUTPUT	OUTCOME	PERSAMAAN	PERBEDAAN
1.	<i>Pollutant Load Capacity in the Barito River Basin (Nagara Sub-watershed, Marabahan Sub-watershed and Kuin Sub-Watershed) South Kalimantan Province</i> (Alpiannur, et al. 2022) Aquatic Vol 5 No. 1 (2022)	Banyaknya limbah yang masuk ke dalam badan sugai akibat dari berbagai aktiitas masyarakat seperti perikanan, pertanian, perkebunan, transportasi, industri, maupun domestik.	Hasil analisis IP, sungai Barito masuk kedalam kondisi baik sampai tercemar ringan dan untuk DTBP belum melampaui baku mutu kualitas air kelas III. Sehingga dapat dikatakan sungai Barito masih dapat menampung beban pencemar yang masuk berdasarkan baku mutu air kelas III PP No.22 Tahun 2021 peruntukan aktivitas budidaya ikan air tawar	Menghasilkan informasi kondisi dan status mutu dari Sungai Barito yang dapat dijadikan acuan sebagai strategi pengendalian pencemaran di Sungai Barito	<ul style="list-style-type: none"> Analisis kualitas air sungai menggunakan metode Indeks Pencemaran Perhitungan DTBP berdasarkan acuan epmen-LH No.110 Tahun 2003. 	<ul style="list-style-type: none"> Lokasi penelitian Sumber pencemar yang dihitung Jumlah titik <i>sampling</i> Tidak menggunakan pedolan WASP
2.	<i>Modeling of Pollution Load Capacity and Assimilative Capacity Using WASP Model</i>	Hasil pemantauan kualitas air yang dirilis oleh Balai Wilayah Sungai Kalimantan dari tahun 2017 hingga 2020,	Bedasarkan hasil analisis DTBP maka diperoleh beban maksimal BOD yang diperbolehkan untuk dibuang ke Sungai Landa	Menghasilkan alternatif usaha pengendalian pencemaran dan pengelolaan kualitas air di	<ul style="list-style-type: none"> Penelitian ini melakukan analisis kualitas air menggunakan metode indeks pencemaran 	<ul style="list-style-type: none"> Lokasi penelitian Jumlah titik <i>sampling</i> yang digunakan

Lanjutan Tabel 1

NO.	ARTIKEL	POKOK PERSOALAN	OUTPUT	OUTCOME	PERSAMAAN	PERBEDAAN
	(<i>ACase Study: Downstream Landak River</i>) Anggraeni, ACA (2022) ITB	beberapa titik di Sungai Landak belum dapat memenuhi baku mutu air yang telah ditetapkan dengan status tercemar ringan berdasarkan indeks pencemaran.	hilir adalah 152.159 kg/hari atau 152.15 ton/hari sedangkan beban maksimal COD yang diperbolehkan untuk dibuang ke Sungai Landak hilir adalah 1.003.768 kg/hari atau 1003.76 ton/hari.	Sungai Landak bagian hilir.	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan perhitungan beban pencemaran Menggunakan pemodelan WASP untuk memodelkan kualitas air dan daya tampung beban pencemaran. 	<ul style="list-style-type: none"> Sumber beban pencemara n yang dihitung Parameter kualitas air yang dihitung
3.	<i>Pollution load capacity in the Downstream Citarum Watershed: 4 years after Citarum Harum Program</i> (Permatasari, et al. 2022) http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.12.4.706-719 Journal of Natural Resources and Environmental Management 12(4): 706-719 E-ISSN: 2460-5824	Program "Citarum Harum" untuk menghidupkan kembali sungai sambil meningkatkan reputasi sungai Citarum sebagai salah satu sungai paling kotor di dunia. Studi ini bertujuan untuk melihat kapasitas beban polusi sungai Citarum bawah air 4 tahun setelah program revitalisasi dilaksanakan. Downstream Citarum Watershed (Karawang Regency) dipilih sebagai fokus situs penelitian karena risiko kontaminasi yang sangat tinggi.	Penelitian ini membandingkan kapasitas beban polusi permintaan oksigen biokimia (BOD) pada tahun 2022 menggunakan perangkat lunak QUAL2Kw dan 2017 berdasarkan data yang dianalisis oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Hutan.	Studi ini diharapkan akan memberikan informasi terkini tentang kualitas air di dataran rendah Citarum beberapa tahun setelah revitalisasi dan memberikan gambaran tentang fungsi penting dari revitalisasi sungai	<ul style="list-style-type: none"> Perhitungan DTBP untuk parameter BOD 	<ul style="list-style-type: none"> Lokasi penelitian Jumlah titik <i>sampling</i> Pemodelan yang digunakan pada penelitian ini adalah Qual2Kw Parameter kualitas air yang diukur

Lanjutan Tabel 1

NO.	ARTIKEL	POKOK PERSOALAN	OUTPUT	OUTCOME	PERSAMAAN	PERBEDAAN
4	Pemodelan <i>Dissolved Oxygen Chemical Demand</i> Pada Sungai Cikakembang menggunakan <i>Water Quality Analysis Simulation Program (WASP)</i> Adha Nur Kholif Pratama (2021) ITB	Sungai Cikakembang merupakan salah satu anak Sungai Citarum yang sumber pencemarnya didominasi oleh limbah industri. Hampir 40% industri yang berbeda di wilayah Majalaya	Hasil pemodelan WASP yang dihasilkan mampu mendekati kondisi real lapangan pada tiap segmen Sungai parameter debit DO, BOD, COD berturut-turut 0.11, 0.53, 3.56,	Bermanfaat untuk bahan acuan dan pertimbangan dalam strategi penanganan dan pengendalian pencemaran Sungai Cikakembang bagi Pemerintah	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis kualitas air yang dilakukan • Pemodelan kualitas air yang digunakan adalah WASP 	<ul style="list-style-type: none"> • Lokasi penelitian • Parameter fokus yang diukur • Indikator yang mempengaruhi kualitas air Tidak menghitung beban pencemar dan daya tampung beban pencemar di sungai.
5.	Analisis Beban Pencemaran Di Sungai Jeneberang Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan (Lestari, dkk, 2021) https://doi.org/10.24252/teknosains.v15i2.17715 TEKNOSAINS Vol. 15No. 2 (2021): Mei-Agustus	Jurnal ini membahas mengenai kualitas air di Sungai Jeneberang yang mengalami perubahan akibat pencemaran lingkungan. Hal ini ditunjukkan dengan menurunnya kualitas air hingga level tertentu yang menyebabkan air tidak sesuai dengan peruntukannya	Kualitas air Sungai Jeneberang di wilayah penelitian secara umum telah melebihi baku mutu air Kelas I untuk parameter BOD dan COD, sedangkan untuk parameter TSS masih memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Beban pencemaran BOD dan COD tertinggi terjadi di titik J5 yaitu sebesar 4.707,28 kg/hari	Untuk memperbaiki irigasi pertanian, pembangkit listrik dan juga sumber air baku untuk air minum.	<ul style="list-style-type: none"> • Lokasi penelitian: Sungai Jeneberang • Analisis kualitas air • Parameter kualitas air yang diukur 	<ul style="list-style-type: none"> • Titik pengambilan sampel • Panjang sungai yang diukur • Penelitian ini tidak menghitung indeks pencemaran untuk analisis kualitas air sungai.

Lanjutan Tabel 1

NO.	ARTIKEL	POKOK PERSOALAN	OUTPUT	OUTCOME	PERSAMAAN	PERBEDAAN
6.	<i>Water quality characteristics and modeling of Tasik Aman, USM Penang</i> (Munirah, et al, 2020) doi:10.1088/1755-1315/711/1/012006 The 10th AIC-ELS 2020 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 711 (2021) 012006	Tasik Aman dibangun pada tahun 1990 sebagai kolam retensi banjir di Universitas Sains. Kampus Utama, Penang, Malaysia Tasik Aman telah mengalami akumulasi kelebihan nutrisi dari daerah sekitarnya terutama dari Sungai Gambir, menyebabkan alga tinggi populasi dalam tubuh air.	Berdasarkan analisis WASP, simulasi Grafik yang dihasilkan untuk Tasik Aman menunjukkan penurunan DO dan peningkatan BOD yang mengindikasikan bahwa danau mengandung kandungan nutrisi tinggi yang dapat memperburuk eutrofikasi.	melakukan penentuan kualitas air saat ini dari Tasik Aman, untuk memprediksi kondisi kualitas air di masa depan dan danau Empat situs ditunjuk untuk analisis kualitas air yang terdiri dari air suhu, oksigen terlarut (DO), pH, transparansi, (BOD), TSS, konduktivitas, orthophosphate, klorofil- a, total fosfor, amonia, nitrit dan nitrat	<ul style="list-style-type: none"> Analisis kualitas air yang digunakan Pemodelan kualitas air yang digunakan adalah WASP 	<ul style="list-style-type: none"> Lokasi penelitian Parameter kualitas air yang diukur Jumlah titik sampling Pada penelitian ini dilakuakn pada sebuah danau, sedangkan pada penelitian yang dilakukan pada sungai
7.	<i>Analysis of the Carrying Capacity and the Total Maximum Daily Loads of the Karang Mumus Sub-watershed in Samarinda City Using the WASP Method</i> (Diansyukma, et al, 2020)	Sungai Karang Mumus adalah sebuah ekosistem Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) yang melintasi Kota Samarinda yang berfungsi sebagai sumber perairan dalam pemenuhan kebutuhan, sarana penunjang utama dalam mendukung roda perekonomian dan aktivitas kehidupan serta	Alokasi tiap-tiap segmen berbeda beda dimana segmen 2, 3 dan 4 harus dilakukan pengurangan beban pencemar berturut-turut sebesar 390 kg/hari, 220 kg/hari dan 10 kg/hari, sedangkan Segmen dan 5 masih mampu menerima beban pencemar masing-masing sebesar 1.740	Untuk mengkaji ulang status pencemaran Sungai Karang Mumus dan melakukan kajian silang status pencemaran dengan mengetahui besaran beban pencemaran yang terjadi, Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP) serta alokasi beban	<ul style="list-style-type: none"> Analisis dalam perhitungan daya tampung beban pencemaran 	<ul style="list-style-type: none"> Lokasi penelitian Parameter kualitas air yang diukur Pengulangan dalam pengambilan sampel kualitas air. Jumlah titik pengambilan sampel

Lanjutan Tabel 1

NO.	ARTIKEL	POKOK PERSOALAN	OUTPUT	OUTCOME	PERSAMAAN	PERBEDAAN
	DOI 10.22146/jce f.62826 Journal of the Civil Engineering Forum, May2021, 7(2): 209- 222	fungsi sanitasi bagi masyarakat disekitarnya sehingga limbah yang dihasilkan akan berpotensi menimbulkan penurunan pada kualitas air sungai.	kg/hari dan 945 kg/hari. Pengkajian silang antara status PI dan simulasi WASP menunjukkan hasil yang kurang sejalan satu sama lain.	pencemar pada badan sungai.		
8.	<i>Pollution load capacity of Batang Kuranji River,</i> Padang City (Azhar, et al. 2019) doi:10.1088/ 1755- 1315/314/1/0 12003 IOP Conf. Series: Earth and Environment al Science 314 (2019) 012003	Secara umum, sumber polusi pada sungai disebabkan oleh perkembangan dan kegiatan komunitas perkotaan seperti kegiatan domestik, industri, pertanian dan kegiatan lainnya. Begitu pula yang terjadi di Sungai Batang Kuranji.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa total Suspended Solid (TSS) terlihat dari atas ke bawah di area bagian 8, 10, 14 harus dikurangi beban polusi 648 kg / hari (bagian 8), 15,552 Kg / hari (10bagian) dan 22,032 Kg/hari (bagian 14), ini disebabkan oleh kegiatan ekonomi masyarakat di sektor pertanian, dalam bentuk ladang beras yang berdekatan langsung dengan sungai Batang Kuranji, kegiatan sektor peternakan, di mana masyarakat yang langsung membuang sisa- sisa makanan dibuang langsung ke sungai.	Kuranji saat ini di segmen Kota Padang, upaya kontrol diperlukan untuk pencemaran yang Berdasarkan hasil penelitian, dan dari kesimpulan yang diperoleh, yang dibuat untuk kontrol optimal adalah penerapan prinsip-prinsip spasial yang sehat secara lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis DTBP • Parameter yang diukur 	<ul style="list-style-type: none"> • Lokasi penelitian • Jumlah titik <i>sampling</i> • Pemodelan yang digunakan pada penelitian ini adalah Qual2Kw
9.	<i>Assessment of Water Quality Index and</i>	Peningkatan jumlah	hasil penelitian ini menunjukkan bahwa status	Penelitian ini memberikan informasi dan bimbingan	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis status mutu air menggunakan 	<ul style="list-style-type: none"> • Lokasi penelitian

Lanjutan Tabel 1

NO.	ARTIKEL	POKOK PERSOALAN	OUTPUT	OUTCOME	PERSAMAAN	PERBEDAAN
	<i>Pollution Load</i>	penduduk di Banyuwangi Wilayah dan aktivitasnya	cemaran di Sungai	terkait status polusi dan kapasitas	metode indeks pencemaran	• Analysis data menggunakan model
	<i>Capacity in the Sukowidi River and Bendo River, Banyuwangi Region</i> (Rachmansyah, et al. 2021) DOI: 10.21776/ub.jpal.2021.012.01.01	memiliki potensi untuk menurunkan kualitas air sungai, terutama di Sukowidi dan Bendo, oleh karena itu perlu untuk menilai kualitas air.	Sukowidi adalah cemar ringan dan kapasitas daya tampung beban pencemar yang tinggi ada pada parameter TSS dan nitrat. Sementara untuk Sungai Bendo statusnya masih aman atau belum tercemar.	daya tampung beban pencemaran di Sungai Sukowidi dan Sungai Bendo		Qual2Kw dan dilakukan secara spasial Parameter kualitas air yang diukur
10.	Pemodelan Sebaran BOD Di Sungai Kapuas Kecil Bagian Hilir Menggunakan WASP (Purnaini, dkk. 2019) https://doi.org/10.22146/teknosains.34921	Tercemarnya Sungai Kapuas oleh limbah domestik permukiman dan aktivitas perdagangan dan jasa, limbah industri besar dan kecil serta limpasan perkotaan. Sungai Kapuas sebagai sumber utama air baku bagi PDAM dan peruntukan lainnya.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa buangan domestik dan non-domestik perkotaan yang masuk ke sungai sangat dominan mempengaruhi kualitas air sungai. Konsentrasi BOD di sungai pada saat musim kemarau lebih tinggi dibandingkan pada saat musim hujan baik pada kondisi pasang maupun surut.	Untuk memprediksi perubahan kualitas air akibat buangan yang masuk dari berbagai sumber pencemar terhadap konsentrasi BOD di Sungai Kapuas kecil menggunakan model WASP sebagai upaya pemantauan terhadap kualitas air dan pengendalian pencemaran air.	• Pemodelan yang digunakan adalah WASP	• Lokasi Penelitian • Parameter kualitas air yang diukur • Tidak melakukan analisis kualitas air menggunakan metode indeks pencemar.
	TEKNOSAINS Vol , No. 2 2019					

2.2 Sungai

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 disebutkan bahwa sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Sungai terdiri dari bantaran sungai dan garis sempadan. Bantaran sungai adalah ruang antara tepi palung sungai dan kaki tanggul sebelah dalam yang terletak di kiri dan/atau kanan palung sungai. Palung berfungsi sebagai ruang wadar air mengalir dan sebagai tempat berlangsungnya kehidupan ekosistem sungai. Garis sempadan adalah garis maya di kiri dan kanan palung sungai yang ditetapkan sebagai batas perlindungan sungai. Garis sempadan berfungsi sebagai ruang penyangga antara ekosistem sungai dan daratan, agar fungsi sungai dan kegiatan manusia tidak saling terganggu.

2.2.1 Daerah Aliran Sungai

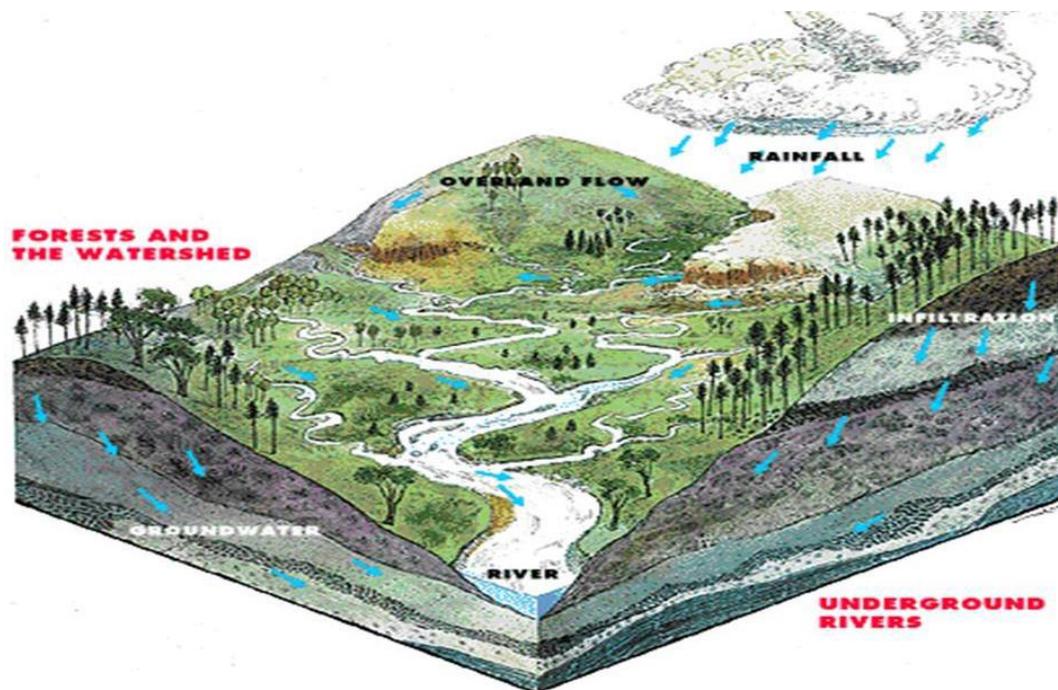
Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan DAS, Pasal 1, Daerah aliran sungai yang selanjutnya disebut DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruhi aktivitas daratan.

Menurut Chay Asdak (2010) DAS adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkan ke laut melalui sungai utama. DAS (*watershed* atau *drainage basin*) adalah suatu area di permukaan bumi yang didalamnya terdapat sistem pengaliran yang terdiri dari satu sungai utama (*main stream*) dan beberapa anak cabangnya (*tributaries*), yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air dan mengalirkan air melalui satu outlet.

Setiap DAS dibagi menjadi 3 bagian yaitu, bagian hulu, tengah dan hilir. Bagian hulu dicirikan memiliki kerapatan drainase yang lebih tinggi, dan topografinya lebih dari 15%, sedangkan pada bagian tengah, topografinya lebih

landai dan keeratan drainasenya berkurang. Dan pada bagian hilir merupakan dataran banjir dan topografinya sangat landau dengan kelerengan kurang dari 8% (Asdak, 2010).

Bagian hulu dikelola untuk mempertahankan kondisi lingkungan DAS agar tidak terdegradasi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kondisi tutupan vegetasi lahan DAS, kualitas air, kemampuan menyimpan air (debit), dan curah hujan.



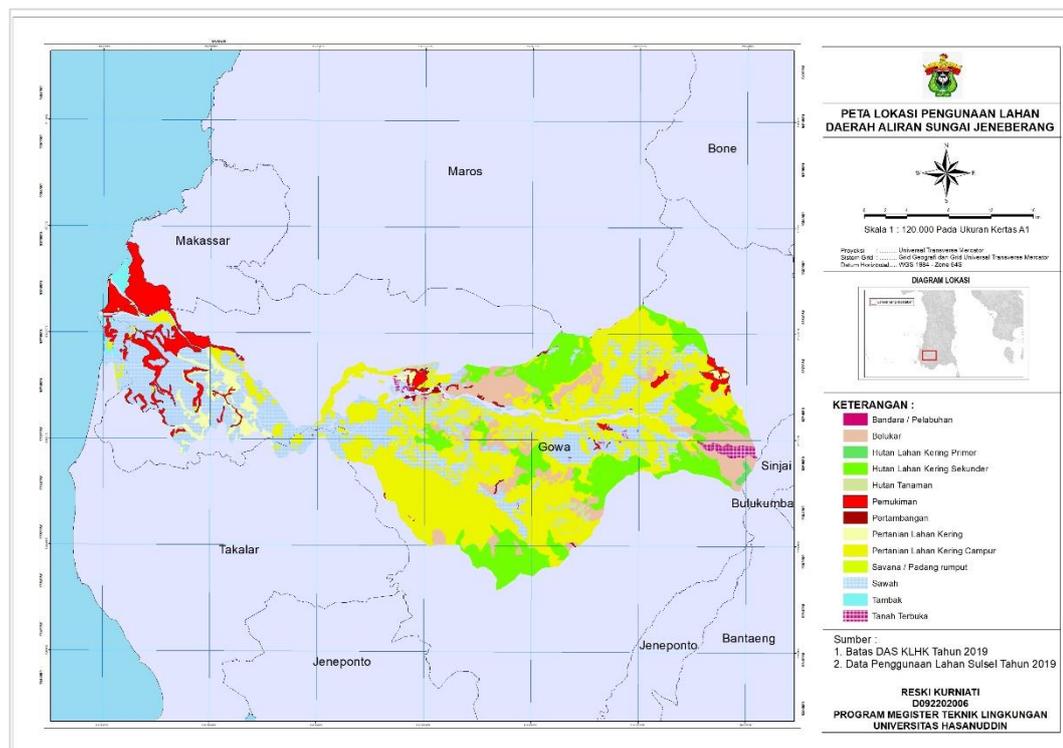
Gambar 1 Daerah aliran sungai (Naharuddin dkk, 2018)

Bagian tengah diperuntukkan untuk pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kuantitas air, kualitas air, kemampuan menyalurkan air, dan ketinggian muka air tanah, serta terkait pada prasarana pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk, dan danau. Bagian hilir dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang diindikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah

hujan, dan terkait untuk kebutuhan pertanian, air bersih, serta pengelolaan air limbah (Asdak, 2010).

2.3 Gambaran Umum Sungai Jeneberang

Sungai Jeneberang adalah sungai yang terletak di Provinsi Sulawesi Selatan. Sungai Jeneberang merupakan sungai utama di Daerah Aliran Sungai (DAS). Secara geografis, DAS Jeneberang terletak pada $119^{\circ} 23' 50''$ BT - $119^{\circ} 23' 50''$ BT dan $05^{\circ} 10' 00''$ LS - $05^{\circ} 26' 00''$ LS. Jeneberang yang memiliki panjang kurang lebih 90 Km mengalir dari timur ke barat dari Gunung Bawakaraeng (2.833 mdpl) dan Gunung Lompobattang (2.876 mdpl) menuju Selat Makassar (DKPLHD Kab. Gowa, 2019).



Gambar 2 Peta penggunaan lahan DAS Jeneberang (Indonesia Geospasial, 2019)

Penggunaan lahan di DAS Jeneberang meliputi pertanian lahan kering, hutan, sawah, padang rumput, pertambangan, pemukiman, tambak, tanah terbuka dan badan air. Sebagian besar penggunaan lahan di DAS Jeneberang merupakan pertanian dan hutan yang tersebar di bagian hulu dan tengah DAS Jeneberang.

Sedangkan permukiman dan sawah mendominasi pada bagian barat mendekati hilir dari DAS Jeneberang.

Pengelolaan DAS Jeneberang berjalan sesuai dengan peraturan dan kebijakan pemerintah. Namun, masih terdapat berbagai masalah di DAS Jeneberang diantaranya terjadinya banjir, turunnya kualitas air akibat dari banyaknya aktivitas masyarakat, pertambangan dan lainnya yang membuang limbahnya ke Sungai Jeneberang, terjadinya alih fungsi lahan dari hutan menjadi permukiman ataupun pertanian dan sebagainya

Tabel 2 Penggunaan Lahan DAS Jeneberang

No.	Penggunaan Lahan	Luas (km²)	Persentase (%)
1.	Badan air	29,25	3,71
2.	Pelabuhan	0,07	0,01
3.	Belukar	63,06	7,99
4.	Hutan lahan kering primer	1,52	0,19
5.	Hutan lahan kesing sekunder	113,95	14,44
6.	Hutan tanaman	15,35	1,95
7.	Permukiman	31,92	4,05
8.	Pertambangan	1,13	0,14
9.	Pertanian lahan kering	23,07	2,92
10.	Pertanian lahan kering campur	308,17	39,06
11.	Padang rumput	0,05	0,01
12.	Sawah	191,54	24,28
13.	Tambak	4,52	0,57
14.	Tanah terbuka	5,34	0,68
	Total	788,92	100,00

Sumber: Indonesia Geospasial, 2019

2.4 Pencemaran Air Sungai

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain kedalam air atau berubahnya tatanan air oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas air menurun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan air berkurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai kegunaannya. Pencemaran air merupakan kondisi air yang telah menyimpang dari kondisi normal sebagai akibat masuknya bahan-bahan pencemar atau polutan. Dari rumusan tersebut dapat dikatakan bahwa pencemaran air adalah turunnya kualitas air karena masuknya komponen-komponen pencemar dari kegiatan manusia atau proses alami, sehingga air tersebut tidak memenuhi syarat atau bahkan mengganggu pemanfaatannya (Hindriani H, 2013).

2.4.1 Sumber Pencemar

Klasifikasi sumber pencemar berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 dapat di lihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Klasifikasi Sumber Pencemar Air

Karakteristik Limbah	Sumber Tertentu (Point Source)	Sumber Tak Tentu (Diffuse Source/Non-point Sources)
Limbah Domestik	Aliran limbah urban dalam sistem saluran dan sistem pembuangan limbah domestik terpadu	Aliran limbah daerah pemukiman di Indonesia pada umumnya
Limbah non-domestik	Aliran limbah industri, pertambangan	Aliran limbah pertanian, peternakan dan kegiatan usaha kecil-menengah

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 01 Tahun 2010

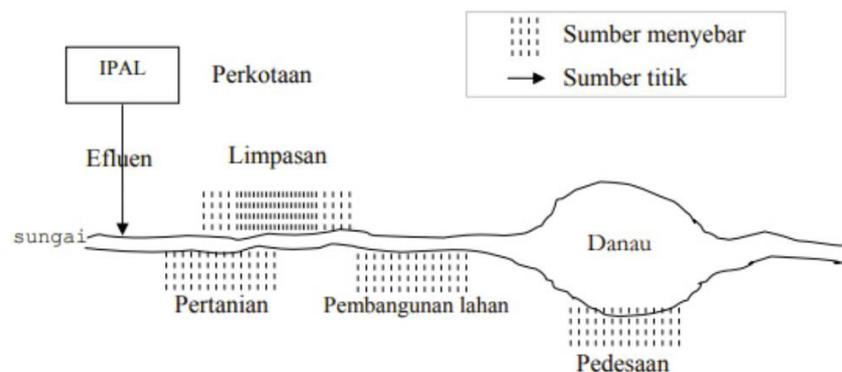
a. Sumber Pencemar Tertentu (*Point Source*)

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 20210 tentang tata Laksana Pengendalian Air, *point source* adalah sumber-sumber pencemar air

secara geografis dapat ditentukan lokasinya dengan tepat. Sumber pencemar air berasal dari *point source* antara lain seperti kegiatan industri, pembuangan limbah domestik terpadu dan anak sungai. Data pencemaran air dari sumber tertentu biasanya diperoleh melalui pengukuran langsung dari efluen dan perpindahannya, atau melalui penggunaan metode untuk memperkirakan atau menghitung besar pencemaran air yang tergolong dalam data primer serta pengukuran yang dilakukan oleh instansi berwenang yang tergolong kedalam data sekunder.

b. Sumber Pencemar Tak Tentu (*Diffuse Source/Non-Source Point*)

Sumber pencemar tak tentu atau *non-point sources* adalah sumber-sumber pencemar air yang tidak dapat ditentukan lokasinya secara tepat, umumnya terdiri dari sumber-sumber individu yang relatif kecil. Limbah yang dihasilkan antara lain berasal dari kegiatan pertanian, peternakan, kegiatan domestik, industri menengah/kecil dan transportasi. Penentuan jumlah limbah yang dibuang ditentukan dengan menggunakan data statistik kegiatan yang menggambarkan aktivitas penghasil limbah.



Sumber : Astono, 2007

Gambar 3 Ilustrasi sumber pencemar *point source* dan *non-point source* menyebar dalam sungai

2.4.2 Faktor Emisi Beban Pencemar

Faktor Emisi Pencemar (FE) merupakan rata-rata statistik jumlah massa pencemar yang diemisikan oleh satuan aktivitas kegiatan seperti peternakan, pertanian, permukiman, dan lain-lain. Setiap sumber pencemar memiliki nilai FE

masing-masing. Perbedaan nilai ini disebabkan oleh nilai FE yang dihasilkan berdasarkan nilai potensi pencemar yang dikaitkan dengan penggunaan lahan sebagai potensi sumber pencemar non titik. Tujuan dari penggunaan faktor emisi (FE) yaitu untuk memperkirakan jumlah spesifik dari sumber pencemar tersebut. Setiap sumber pencemar memiliki kontribusi terhadap pencemaran berbeda-beda sehingga setiap kegiatan yang menghasilkan sumber pencemar non titik memiliki faktor emisi (FE) yang berbeda.

2.5 Standar Baku Mutu Air

Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energy, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup ditetapkan 4 kelas klasifikasi mutu air, yaitu:

- a. Kelas Satu, merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- b. Kelas Dua, merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- c. Kelas Tiga, merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, air untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- d. Kelas Empat, merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Penentuan tingkat pencemaran pada air sungai memerlukan baku mutu yang jelas sebagai batasan maksimum nilai bagi setiap parameter fisika, kimia, maupun biologi air sungai. Di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang

Penyelenggaraan Perlindungan dan pengelolaan Lingkungan Hidup telah ditetapkan besaran nilai kriteria baku mutu air khususnya untuk nilai kriteria baku mutu air sungai untuk setiap kelas seperti pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Kriteria Baku Mutu Air Sungai

Parameter	Unit	Kelas			
		I	II	III	IV
FISIKA					
Temperatur	°C	Deviasi	Deviasi	Deviasi	Deviasi
		3	3	3	3
Lanjutan Tabel 4	mg/L	1000	1000	1000	5000
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400
Kimia Anorganik					
pH	-	6-9	6-9	6-9	5-9
BOD₅	mg/L	2	3	6	12
COD	mg/L	10	25	50	100
DO	mg/L	6	4	3	0

Sumber: Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021

Setiap sungai memiliki karakteristik kualitas air tertentu yang perlu diperhitungkan seberapa baik atau buruknya mutu dari sungai tersebut. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air disebutkan bahwa, status mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Status mutu air adalah tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan. Penentuan status mutu air dapat menggunakan Metoda STORET atau Metode Indeks Pencemaran.

Metode *Pollutant Index* (PI) atau metode indeks pencemaran (IP) digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan (Nemerow, 1974 dalam Yuliasuti, 2011). Indeks ini berkaitan dengan

senyawa pencemar yang bermakna untuk suatu peruntukkan dan dapat dikembangkan untuk beberapa peruntukkan bagi seluruh badan air atau sebagian dari suatu sungai. Metode ini dirumuskan sebagai berikut:

$$PI_j = \left(C_1/L_{1j}, C_2/L_{2j}, \dots, C_j/L_{ij} \right) \quad (1)$$

Keterangan:

- Baku Peruntukkan Air (j), dan C_i menyatakan konsentrasi parameter kualitas air (i) yang diperoleh dari hasil analisis cuplikan air pada suatu lokasi pengambilan cuplikan dari suatu alur sungai, maka PI_j adalah Indeks Pencemaran bagi peruntukkan (j) yang merupakan fungsi dari C_i/L_{ij} . Tiap nilai C_i/L_{ij} menunjukkan pencemaran relatif yang diakibatkan oleh parameter kualitas air.
- Nilai $C_i/L_{ij} = 1,0$ adalah nilai yang kritis, karena nilai ini diharapkan untuk dipenuhi bagi suatu Baku Mutu Peruntukkan Air.
- Jika $C_i/L_{ij} > 1,0$ untuk suatu parameter, maka konsentrasi parameter ini harus dikurangi atau disisihkan, kalau badan air digunakan untuk peruntukkan (j).

Penggunaan metode IP dalam menentukan kerusakan badan air akan menemui kesulitan manakala timbul keraguan pada dua nilai C_i/L_{ij} yang berdekatan dengan nilai acuan 1, misal $C_1/L_{1j} = 0,9$ dan $C_2/L_{2j} = 1,1$ atau perbedaan nilai yang sangat besar, misal $C_3/L_{3j} = 5,0$ dan $C_4/L_{4j} = 10$, maka cara untuk mengatasinya adalah:

- Apabila nilai C_i/L_{ij} hasil pengukuran kurang dari 1 maka digunakan nilai C_i/L_{ij} hasil pengukuran tersebut.
- Apabila nilai C_i/L_{ij} hasil pengukuran lebih besar dari 1 maka dilakukan perhitungan nilai C_i/L_{ij} yang baru dengan rumus:

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij}} \right)_{Baru} = 1,0 + P \cdot \log \left(\frac{C_i}{L_{ij}} \right)_{Hasil Pengukuran} \quad (2)$$

Dimana P merupakan konstanta dan nilainya ditentukan dengan bebas dan disesuaikan dengan hasil pengamatan lingkungan dan/atau persyaratan yang dikehendaki untuk suatu peruntukkan (biasanya digunakan nilai 5).

Pada metode IP digunakan berbagai parameter kualitas air, maka pada penggunaannya dibutuhkan nilai perhitungan C_i/L_{ij} sebagai tolak ukur pencemaran. Setelah diketahui nilai perhitungan C_{ij}/L_{ij} untuk setiap parameter selanjutnya ditentukan nilai rata-rata $(C_{ij}/L_{ij})_R$ dan nilai maksimum $(C_{ij}/L_{ij})_M$ dari keseluruhan C_{ij}/L_{ij} , kemudian dapat dilakukan perhitungan Indeks Pencemaran (IP) dengan persamaan :

$$IP = \sqrt{\frac{(C_{i/L_{ij}})_M^2 - (C_{i/L_{ij}})_R^2}{2}} \quad (3)$$

Metode Indeks Pencemaran (IP) ditentukan dengan membandingkan data simulasi terhadap baku mutu kualitas air. Kriteria klasifikasi indeks pencemaran disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Klasifikasi Indeks Pencemaran

Indeks Pencemaran (IP)	Mutu Perairan
$0,0 \leq P_{ij} \leq 1,0$	Baik
$1,0 \leq P_{ij} \leq 5,0$	Cemar Ringan
$5,0 \leq P_{ij} \leq 10$	Cemaran Sedang
$P_{ij} > 10$	Cemar Berat

Sumber: Kepmen LH No.115/2003

2.6 Parameter Indikator Pencemaran

Pencemaran air terdiri dari bermacam-macam jenis, dan pengaruhnya terhadap lingkungan serta makhluk hidup. Indikator atau tanda bahwa air lingkungan telah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati melalui (Wardhana, 2004): adanya perubahan suhu air, adanya perubahan PH atau konsentrasi ion hidrogen, adanya perubahan warna, bau dan rasa air, timbulnya endapan, koloidal, bahan pelarut, adanya mikroorganisme dan meningkatnya radioaktivitas air lingkungan. Pengamatan yang dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan kualitas air meliputi parameter fisik dan parameter kimia.

Parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran air pada penelitian ini sebagai berikut:

a. Suhu

Suhu ($^{\circ}\text{C}$) atau temperatur pada badan air penerima/sungai dapat berubah karena perubahan musim, perubahan harian dan masukan berupa buangan air limbah yang panas dari industri. Suhu memperlihatkan kecenderungan aktivitas kimiawi dan biologis di dalam air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia dan biologi badan air. Kenaikan suhu air akan menimbulkan beberapa akibat sebagai berikut : (1) jumlah oksigen terlarut di dalam air menurun; (2) kecepatan reaksi kimia meningkat; (3) kehidupan ikan dan hewan air lainnya terganggu dan (4) jika batas suhu yang mematikan terlampaui, ikan dan hewan air lainnya mungkin akan mati (Fardiaz, 1992). Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton di perairan adalah 20°C - 30°C (Effendi, 2003).

b. pH atau Konsentrasi Ion Hidrogen

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5 - 7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH di bawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH di atas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan organisme di dalam air (Wardhana, 2004). Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7 - 8.5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan.

c. Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen, DO*)

Dissolved oxygen atau oksigen terlarut sangat menentukan kehidupan biota perairan. Oksigen merupakan akseptor elektron dalam reaksi respirasi, sehingga banyak dibutuhkan oleh biota aerobik. Oksigen juga mempengaruhi kelarutan dan ketersediaan berbagai jenis nutrisi dalam air. Kondisi oksigen terlarut yang rendah memungkinkan adanya aktivitas bakteri anaerobik pada badan air. Oksigen terlarut dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain penutupan vegetasi, BOD (*Biological Oxygen Demand*), perkembangan fitoplankton, ukuran badan air, dan adanya arus

angina (Effendi, 2003). Dalam kondisi aerobik, peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrisi yang pada akhirnya dapat memberikan kesuburan perairan. Dalam kondisi anaerobik, oksigen yang dihasilkan akan mereduksi senyawa-senyawa kimia menjadi lebih sederhana dalam bentuk nutrisi dan gas. Karena proses oksidasi dan reduksi inilah maka peranan oksigen terlarut sangat penting untuk membantu mengurangi beban pencemaran pada perairan secara alami maupun secara perlakuan aerobik yang ditujukan untuk memurnikan air buangan industri dan rumah tangga. Suatu perairan yang tingkat pencemarannya rendah dan dapat dikategorikan sebagai perairan yang baik memiliki kadar oksigen terlarut (DO) > 5 ppm (Salmin, 2005).

d. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

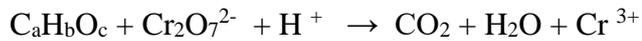
Kebutuhan oksigen biologis atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air untuk memecah (mendegradasi) bahan organik yang ada di dalam air tersebut (Wardhana, 2004). Air yang telah tercemar oleh bahan buangan yang bersifat antiseptik atau bersifat racun, seperti fenol, kreolin, detergen, asam sianida, insektisida dan sebagainya, jumlah mikroorganismenya juga relatif sedikit. Sehingga makin besar kadar BOD nya, maka merupakan indikasi bahwa perairan tersebut telah tercemar. Kadar oksigen biokimia (BOD) dalam air yang tingkat pencemarannya masih rendah dan dapat dikategorikan sebagai perairan yang baik berkisar 0 - 10 ppm (Salmin, 2005).

Besaran BOD digunakan sebagai cara untuk mengindikasikan pencemaran organik di perairan. Semakin banyak bahan organik yang terdapat dalam perairan, maka makin besar jumlah oksigen yang dibutuhkan, sehingga harga BOD semakin besar yang mengindikasikan tingginya tingkat pencemaran (Suwari, 2011).

e. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Wardhana, 2004). Bahan buangan organik tersebut akan

dioksidasi oleh kalium bichromat yang digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) menjadi gas CO₂ dan gas H₂O serta sejumlah ion chrom. Reaksinya sebagai berikut:



Perairan dengan nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/L, sedangkan pada perairan tercemar dapat lebih dari 200 mg/L dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/L (UNESCO, WHO/UNEP, 1992 dalam Wardhana, 2004).

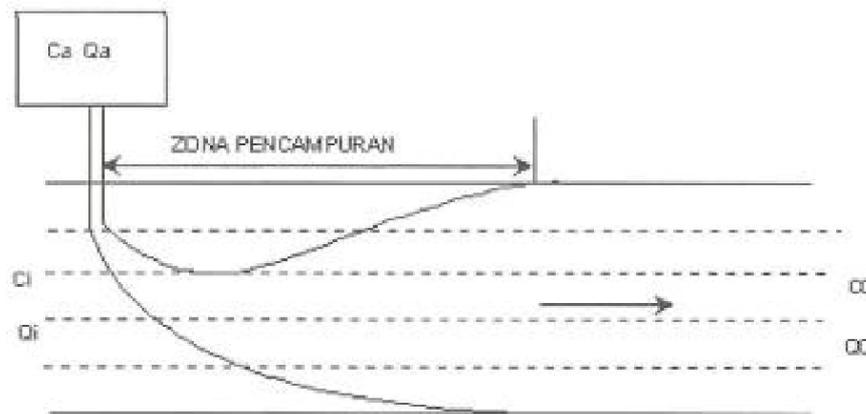
f. Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid/TSS*)

Padatan tersuspensi (*Total Suspended Solid*) umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, lumpur, pasir halus, dan limbah industri. Padatan tersuspensi memiliki diameter kurang dari 1 µm dan dapat tertahan pada saringan yang memiliki diameter pori sebesar 0.45 µm. Tingginya konsentrasi TSS berbanding lurus dengan nilai kekeruhan dalam air, akibatnya cahaya matahari sulit masuk dan menyebabkan terganggunya proses fotosintesis dalam perairan (Jiyah et al, 2017). Hujan merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan nilai kekeruhan pada badan air baik di danau maupun sungai. Penyebab kekeruhan pada air sungai berasal dari partikel besar pada lapisan permukaan tanah yang terbawa pada saat banjir ataupun longsor terjadi (Effendi, 2003).

2.7 Pencampuran dan Pengenceran

Apabila suatu saluran menyambung limbah cair ke dalam sungai, maka proses pencampuran secara fisik dan pengenceran akan terjadi. Pencampuran adalah menurut EPA area atau volume air terbatas di mana pengenceran awal limbah terjadi dan kriteria kualitas air dapat dilampaui namun kondisi beracun yang akut dapat dicegah. Pencampuran tersebut tidak mungkin langsung sempurna di dekat saluran, tetapi akan membentuk kurva (*plume*) seperti pada (Gambar 4). Panjang zona pencampuran dipengaruhi pada geometri sungai, kecepatan aliran sungai dan desain saluran pembuangan. Dalam pengendalian pencemaran air,

prinsip pengenceran ini sering digunakan untuk memperkirakan kadar BOD dan oksigen terlarut di bagian hilir saluran pembuangan.



Gambar 4 Profil pengenceran pencemaran dari titik saluran pembuangan limbah

Dengan anggapan bahwa limbah tercampur sempurna, maka konsentrasi pengenceran setiap parameter dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$Cd = \frac{Cs.Qs + Ql.Cl}{Qs + Ql} \quad (4)$$

Dimana:

Cd = konsentrasi pengenceran (mg/l)

Cs = konsentrasi bagian hulu sebelum saluran (mg/l)

Cl = konsentrasi limbah (mg/l)

Qs = debit air sungai (m^3 /detik)

Ql = debit limbah (m^3 /detik)

2.8 Self Purification

Moersidik dan Rahma (2011) menyatakan, *self purification* adalah kemampuan air untuk membersihkan diri secara alamiah dari kontaminan dan pencemar. Keberadaan beban pencemar di perairan dipengaruhi oleh kadar oksigen terlarut, apabila ketersediaan kadar oksigen terlarut tinggi maka dapat mendukung

terjadinya proses *self purification*. *Self purification* juga merupakan penghilang zat organik, residu pupuk pertanian serta pencemar lain pada suatu sungai. Keberadaan oksigen terlarut di perairan dibutuhkan oleh bakteri untuk dekomposisi bahan organik. *Self purification* dikategorikan sebagai pintu masuk polusi yang dapat dikontrol untuk setiap aliran air di sungai dan aliran pengenceran dianggap untuk polusi masuk yang tidak terkontrol yang jelas lebih tinggi dari *self purification*. *Self purification* adalah cabang dari pendekatan berorientasi objek yang telah dikembangkan untuk analisis pengendalian polusi sumber titik di wilayah sungai.

Marlina (2011) menyatakan bahwa terdapat beberapa zona pengembangan pemurnian alami, yaitu:

1. Zona air bersih, zona ini terdapat jauh di hulu sungai, jauh dari sumber pencemaran, indikatornya adalah masih dapat dimanfaatkannya air sebagai bahan baku air minum.
2. Zona biodegradasi, pada zona ini terjadi penurunan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*), sehingga nilai konsentrasi COD di perairan menjadi tinggi.
3. Zona dekomposisi, zona ini terdapat pada daerah sumber pencemar, limbah yang mengalir akan didekomposisi. Terjadi proses pembongkaran bahan organik oleh bakteri dan organisme. Indikator pada zona ini adalah kaya akan bakteri dan mikroorganisme.
4. Zona pemulihan, pada zona ini kualitas air kembali bersih, nilai oksigen terlarut kembali normal.

2.9 Daya Tampung Beban Pencemaran

Daya tampung beban pencemaran (DTBP) atau *Total Maximun Daily Loads* merupakan kemampuan air pada suatu sumber air, untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar. Perhitungan daya tampung beban pencemaran diperlukan untuk mengendalikan zat pencemar yang berasal dari berbagai sumber pencemar yang masuk ke dalam sumber air dengan mempertimbangkan kondisi intrinsik sumber air dan baku mutu air yang ditetapkan penentuan daya tampung beban pencemaran dapat ditentukan dengan

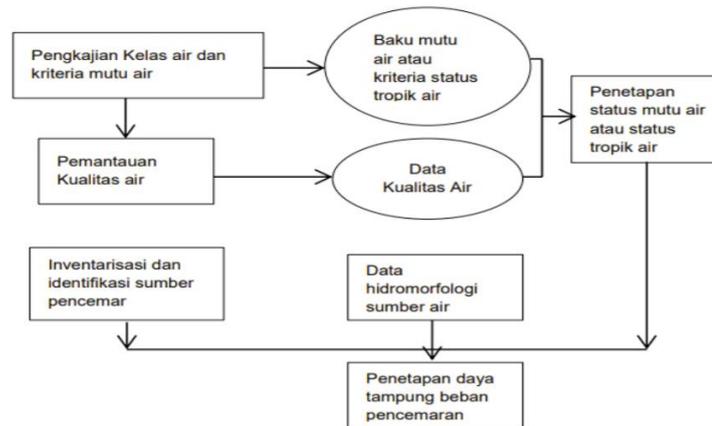
menggunakan metode neraca massa yaitu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$DTBP = \frac{\text{Beban cemaran}}{\text{Sesuai baku mutu}} - \frac{\text{Beban cemaran}}{\text{terukur}} \quad (5)$$

Beban cemaran sesuai baku mutu atau beban pencemaran maksimum (BPM) didapat dengan mengalikan debit sungai dengan konsentrasi berdasarkan baku mutu yang berlaku, sedangkan beban pencemaran terukur didapat dengan mengalikan debit sungai dengan konsentrasi hasil pengukuran.

Metode yang dapat digunakan dalam menetapkan daya tampung beban pencemaran air pada sumber air adalah metode perhitungan yang telah teruji secara ilmiah, yaitu metode neraca massa, metode *streeter-phelps*, pemodelan numerik terkomputerisasi (*computerized numerical modeling*) dan metode lain yang didasarkan pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sepanjang dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

Metode Neraca Massa dan Metode *Streeter-Phelps* hanya dapat menggambarkan nilai daya tampung per titik pengukuran saja. Sebaiknya pengelolaan dan kontrol kualitas air dilakukan secara menyeluruh. Oleh karena itu, metode numerik terkomputerisasi lebih dipilih dibandingkan kedua metode tersebut karena dapat menentukan nilai daya tampung sepanjang sungai. Metode numerik terkomputerisasi merupakan metode simulasi menggunakan program komputer yang pada dasarnya hasil pemodelan merupakan penerapan dan modifikasi dari teori metode sebelumnya yaitu Metode Neraca Massa dan Metode *Streeter-Phelps* (Fatmawati, dkk.,2012).



Gambar 5 Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran

(Sumber: Anggraeni, 2022)

Hasil penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran dapat dipergunakan sebagai bahan pertimbangan dan kebijakan sebagai berikut:

- Penetapan rencana tata ruang
- Pemberian izin usaha/kegiatan yang lokasinya secara langsung atau tidak langsung mempengaruhi kualitas air
- Pemberian izin lingkungan yang berkaitan dengan pembuangan air limbah ke sumber air
- Penetapan mutu air sasaran serta kebijakan pengendalian pencemaran air.

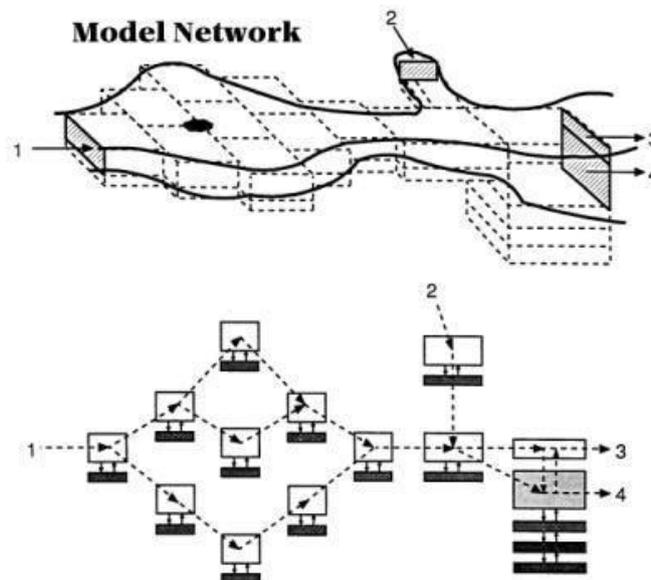
2.10 Pemodelan Water Analysis Simulation Program (WASP)

Suatu badan air terjadi proses yang kompleks baik proses kimia, biologi maupun fisika. Proses tersebut dapat disederhanakan dengan menggunakan pemodelan, salah satunya adalah WASP. Model WASP merupakan program yang dikembangkan pertama kali pada tahun 1970 oleh HydroScience, Inc. yang kemudian diadaptasi oleh US-EPA untuk mengolah data TMDL (*Total Maximum Daily Loads*) pada badan sungai (T Wool dkk., 2020). Pemodelan WASP merupakan model yang dinamis, fleksibel, dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan dapat digunakan untuk menganalisis berbagai masalah kualitas air pada beragam badan air seperti pada kolam, sungai, danau, waduk, muara, dan perairan pesisir berdasarkan prinsip utama neraca massa. Prinsip ini mensyaratkan bahwa massa

dari masing-masing bagian kualitas air yang diteliti harus diperhitungkan dalam satu bagian. Model WASP mengkaji setiap bagian kualitas air berdasarkan input spasial dan temporal dari titik awal hingga ke titik akhir perpindahan, berdasarkan prinsip neraca massa dalam ruang dan waktu (Amborse, 2009).

WASP menyediakan pilihan modul untuk memungkinkan simulasi variabel kualitas air konvensional serta toksikan. Model kinetik WASP didasarkan pada seperangkat persamaan transportasi dan transformasi. Transportasi *advective* didorong oleh aliran air melalui jaringan komputasi tertentu. Aliran masuk membawa konsentrasi batas ke dalam jaringan, dan aliran internal mendorong sebagian besar konstituen di sepanjang jalur aliran tertentu melalui jaringan dan keluar dari batas hilir.

Beberapa keunggulan dari WASP diantaranya adalah penggunaannya yang lebih sederhana dan *user friendly* sehingga orang awam dapat mudah mengerti cara penggunaannya, tampilan antar muka yang lebih modern dan menarik serta memiliki banyak variasi pemodelan sesuai kebutuhan. Selain itu WASP dapat terintegrasi dengan database lain yang dibutuhkan dalam simulasi apabila database tersebut tersedia.



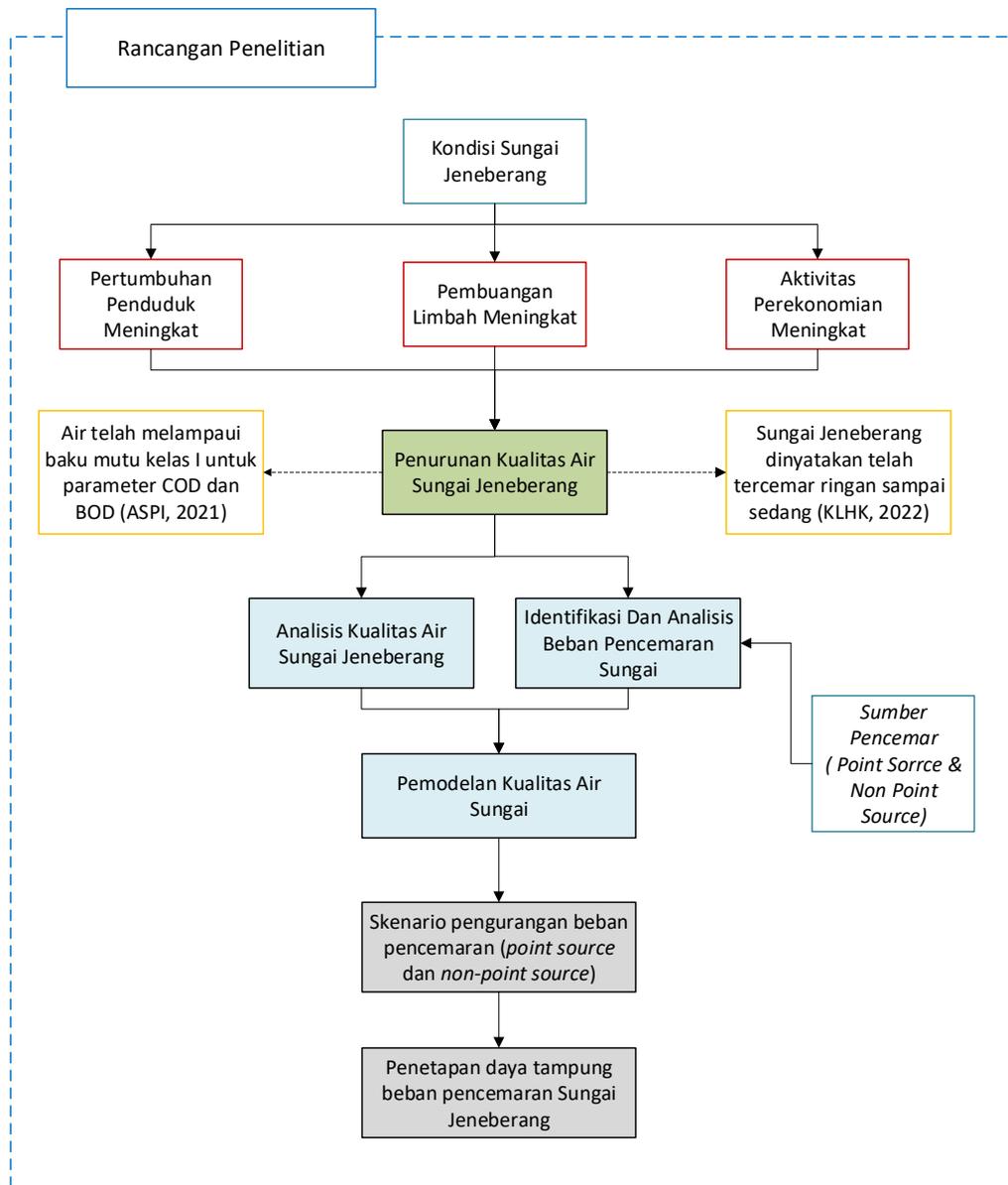
Gambar 6 Model network dengan jalur transport advectif, (atas) visualisasi penampang samping, (bawah) visualisai dalam bentuk diagram alir (Sumber: Ambrose et al., 2009)

Kelemahan dari WASP ini adalah dimana untuk negara berkembang seperti Indonesia yang belum memiliki database sungai secara terpadu dan tidak tersedia secara online, maka proses input pada WASP harus dilakukan secara manual.

Dalam melakukan perhitungan keseimbangan massa dengan pemodelan WASP, input data yang dibutuhkan memiliki karakteristik penting, yaitu: Simulasi dan pengendalian output, segmentasi model, perpindahan secara adveksi dan dispersi, nilai batas, sumber beban pencemaran terpusat dan tersebar, parameter kinetika, konstanta, dan fungsi waktu serta nilai awal. Data input ini bersama-sama dengan persamaan umum neraca massa model WASP dan persamaan kinetika kimia spesifik, didefinisikan secara unik menjadi sekumpulan persamaan khusus kualitas air. Hal ini terintegrasi secara numerik dalam model WASP sebagai proses simulasi terhadap waktu.

2.11 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir penelitian merupakan penjelasan secara garis besar alur dalam penelitian. Adapun kerangka pikir penelitian ini disajikan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7 Kerangka pikir penelitian

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang bersifat analisis serta menggunakan metode observasi lapangan. Di dalam pendekatan penelitian