

**“ANALISIS MODEL KUALITAS AIR DAERAH ALIRAN SUNGAI  
BUNTUNG SIDOARJO DENGAN *WATER QUALITY ANALYSIS  
SIMULATION PROGRAM*”**

**TUGAS AKHIR**

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



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

**Disusun Oleh**

**YUSUF TIRTO NEGORO  
NIM H75219035**

**Dosen Pembimbing:**

**Ida Munfarida, M.Si., M.T.**

**Amrullah, M.Ag.**

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

**2023**

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Yusuf Tirto Negoro  
NIM : H75219035  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Angkatan : 2019

Menyatakan bahwa tidak melakukan plagiasi dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul “**Analisis Model Kualitas Air Daerah Aliran Sungai Buntung Sidoarjo dengan *Water Quality Analysis Simulation Program***”. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 13 Juli 2023

Yang menyatakan



(Yusuf Tirto Negoro)  
NIM H75219035

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Oleh,

Nama : Yusuf Tirto Negoro

NIM : H75219035

Judul : Analisis Model Kualitas Air Daerah Aliran Sungai Buntung Sidoarjo  
dengan *Water Quality Analysis Simulation Program*

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 4 Juli 2023

Dosen Pembimbing 1



**Ida Munfarida, M.Si., M.T.**  
NIP. 198411302015032001

Dosen Pembimbing 2



**Amrullah, M.Ag.**  
NIP. 197309032006041001

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Oleh,

Nama : Yusuf Tirto Negoro

NIM : H75219035

Judul : Analisis Model Kualitas Air Daerah Aliran Sungai Buntung Sidoarjo  
dengan *Water Quality Analysis Simulation Program*

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir

Surabaya, 13 Juli 2023

Mengetahui  
Dosen Penguji,

Dosen Penguji 1



Ida Munfarida, M.Si., M.T.  
NIP. 198411302015032001

Dosen Penguji 2



Amrullah, M.Ag.  
NIP. 197309032006041001

Dosen Penguji III



Ir. Sulistiya Nengse, M.T.  
NIP. 199010092020122019

Dosen Penguji IV



Rr Diah Nugraheni Setyowati, M.T  
NIP. 198205012014032001

Mengetahui  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Sunan Ampel Surabaya



  
Saepul Hamdani, M.Pd.  
NIP. 196507312000031002

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : YUSUF TIRTO NEGORO  
NIM : 475219035  
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN  
E-mail address : yusuffirto19@gmail.com

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

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

yang berjudul :

ANALISIS MODEL KUALITAS AIR DAERAH ALIRAN SUNGAI  
BUNTUNG SIDOARJO DENGAN WATER QUALITY ANALYSIS  
SIMULATION PROGRAM

beserta 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 2023

Pemulis

  
(YUSUF TIRTO . N . )  
nama terang dan tanda tangan

## ABSTRAK

### ANALISIS MODEL KUALITAS AIR DAERAH ALIRAN SUNGAI BUNTUNG SIDOARJO DENGAN *WATER QUALITY ANALYSIS SIMULATION PROGRAM*

Daerah Aliran Sungai Buntung merupakan sungai dengan klasifikasi status mutu air kelas 2. Namun pada penerapannya, warga setempat membuang sampah, limbah dan membangun bangunan di sempadan aliran sungai, sehingga dapat menurunkan kualitas airnya. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kualitas air DAS Buntung, menghitung beban pencemar DAS Buntung, serta menganalisis model kualitas air dengan *Water Quality Analysis Simulation Program Version 8* untuk menentukan daya tampung beban pencemaran sungai diikuti validasi model yang digunakan. Penelitian menggunakan metode kuantitatif untuk menentukan parameter uji kualitas air sungai seperti *Total Coliform*, BOD, Nitrat, TSS, pH, dan temperatur yang dibandingkan dengan baku mutu air pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Penentuan pengambilan sampel air sungai menggunakan metode *grab sample* dan secara *composite sample* pada permukaan dan dasar kedalaman sungai dalam satu waktu berdasarkan Standar Nasional Indonesia 6989.57:2008. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter pencemar yang telah melebihi beban pencemar yang diizinkan adalah BOD dan *Total Coliform*, dengan nilai rata-rata BOD yaitu 79,99 kg/hari dan *Total Coliform* yaitu 3.735.823.680 MPN/hari. Hasil model kualitas air menggunakan WASP disimulasikan pada parameter Temperatur, TSS, BOD, Nitrat, dan *Total Coliform* dengan debit aktual serta divalidasi dengan metode MAPE. Hasil analisis perhitungan daya tampung beban pencemaran pada BOD –236,06 kg/hari dan *Total Coliform* –12.642.920.640 MPN/hari, sehingga melebihi beban pencemar maksimum yang telah ditentukan yaitu 149,34 kg/hari dan 21.504.960 MPN/hari. Kemudian, dilakukan reduksi BOD sebesar 70% BPA (116,81 kg/hari) dan BPS (115,62 kg/hari); serta *Total Coliform* sebesar 99,85% BPA (16.843.464 MPN/hari) dan BPS (18.996.638 MPN/hari) untuk memenuhi DTBP DAS Buntung.

**Kata Kunci:** DAS Buntung, Kualitas Air, Daya Tampung Beban Pencemar

## ABSTRACT

### WATER QUALITY MODEL ANALYSIS OF BUNTUNG SIDOARJO WATERSHED WITH WATER QUALITY ANALYSIS SIMULATION PROGRAM

The Buntung watershed had a class 2 watered quality status classification. However, in practiced, residents dispose of garbage and waste and built buildings on the riverbanks, which could reduce watered quality. This studied aimed to determine the watered quality of the buntung watershed, calculate the pollutant load of the buntung watershed, and analyze the watered quality model used the Water Quality Analysis Simulation Program Version 8 to determine the carrying capacity of the river pollution load followed by model validation. This studied used a quantitative method to assess river watered quality test parameters such as Total Coliform, BOD, Nitrate, TSS, pH, and Temperature compared to watered quality Standards in Government Regulation 22 of 2021. Determination of river watered sampling used the grabbed sample method and automatically composite sample on the surface and bottom depth of the river at one time based on the Indonesian National Standard 6989. 57:2008. The results showed that the pollutant parameters that exceeded the permissible load was BOD and Total Coliform, with an average valued of BOD of 79,99 kg/day and Total Coliform of 3.735.823.680 MPN/day. The results of the watered quality model used the WASP were simulated on the parameters of Temperature, TSS, BOD, Nitrate, and Total Coliform with actual discharge and were validated by the MAPE method. The results of the analysis of the calculation of the pollution load capacity at BOD –236,06 kg/day and Total Coliform –12.642.920.640 MPN/day, so that it exceeds the maximum pollutant load that had been determined, namely 149,34 kg/day and 21.504.960 MPN/day. Then, BOD reduction of 70% of the actual pollutant load (116,81 kg/day) and simulated pollutant load (115,62 kg/day); and Total Coliform of 99,85% actual pollutant load (16.843.464 MPN/day) and simulated pollutant load (18.996.638 MPN/day) to met the buntung watershed pollutant load capacity.

**Keywords:** Buntung Watershed, Water Quality, Pollutant Load Capacity

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR RUMUS.....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah Penelitian .....	6
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>9</b>
2.1 Sumber Air Baku .....	9
2.2 Daerah Aliran Sungai.....	10
2.3 Sumber Pencemar Air .....	13
2.4 <i>Self Purification</i> Perairan.....	17
2.5 Parameter Kualitas Air.....	19
2.5.1 Temperatur (Suhu) .....	19
2.5.2 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i> .....	20
2.5.3 Derajat Keasamaan (pH).....	21
2.5.4 Nitrat .....	21

2.5.5	<i>Biological Oxygen Demand (BOD)</i> .....	22
2.5.6	<i>Total Coliform</i> .....	23
2.6	Klasifikasi Baku Mutu Air .....	24
2.7	Daya Dukung Lingkungan .....	26
2.8	Daya Tampung Pencemaran Lingkungan .....	27
2.9	Pemodelan Kondisi Lingkungan .....	28
2.10	Pemodelan Kualitas Air .....	31
2.11	Pemodelan <i>Water Quality Analysis Simulation Program</i> .....	33
2.12	Validasi Model Kualitas Air .....	37
2.13	Penelitian Terdahulu .....	39
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>45</b>
3.1	Jenis Penelitian .....	45
3.2	Waktu dan Lokasi Pelaksanaan Penelitian .....	45
3.2.1	Waktu Pelaksanaan Penelitian .....	45
3.2.2	Lokasi Pelaksanaan Penelitian .....	45
3.3	Alat dan Bahan Penelitian .....	54
3.4	Kerangka Pikir Penelitian .....	55
3.5	Tahapan Penelitian .....	56
3.5.1	Tahap Persiapan .....	58
3.5.2	Tahap Pelaksanaan .....	58
3.5.3	Tahap Penyusunan Laporan .....	58
3.6	Prosedur Penelitian .....	59
3.6.1	Identifikasi Permasalahan Sungai .....	59
3.6.2	Studi Literatur .....	59
3.6.3	Observasi Sungai .....	60
3.6.4	Teknik Pengumpulan Data .....	61
3.6.5	Pengambilan Sampel Air Sungai .....	63
3.6.6	Teknik Analisis Data .....	64
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>79</b>
4.1	Kondisi Eksisting Daerah Aliran Sungai Buntung .....	79
4.2	Kualitas Air Daerah Aliran Sungai Buntung .....	82
4.2.1	Pengukuran Debit Aktual Aliran Sungai .....	83

4.2.2	Analisis Kualitas Air Aktual Sungai .....	92
4.3	Identifikasi Beban Pencemar Daerah Aliran Sungai Buntung.....	109
4.3.1	Sumber Beban Pencemar <i>Point Source</i> .....	110
4.3.2	Sumber Beban Pencemar <i>Non-Point Source</i> .....	118
4.4	Analisis Model Kualitas Air dengan <i>Water Quality Analysis Simulation Program</i> Sebagai Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran .....	131
4.4.1	Hasil Simulasi <i>Water Quality Analysis Simulation Program</i> .....	145
4.4.2	Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran.....	151
4.4.3	Validasi Model Kualitas Air <i>Water Quality Analysis Simulation Program</i> .....	157
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>161</b>
5.1	Kesimpulan .....	161
5.2	Saran .....	161
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>163</b>
<b>LAMPIRAN I ADMINISTRASI PERIZINAN.....</b>		<b>I-1</b>
<b>LAMPIRAN II DATA PRIMER PENELITIAN .....</b>		<b>II-1</b>
<b>LAMPIRAN III DATA SEKUNDER PENELITIAN.....</b>		<b>III-1</b>
<b>LAMPIRAN IV HASIL <i>SOFTWARE WASP</i>.....</b>		<b>IV-1</b>


  
 UIN SUNAN AMPEL  
 S U R A B A Y A

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Kelas Baku Mutu Badan Air Permukaan (Sungai).....	25
<b>Tabel 2.2</b> Penelitian Terdahulu.....	39
<b>Tabel 3.1</b> Pengumpulan Data Primer dan Sekunder.....	62
<b>Tabel 3.2</b> Titik Lokasi Pengambilan Sampel Air DAS Buntung .....	64
<b>Tabel 3.3</b> Jenis, Sumber dan Tujuan Penggunaan Data .....	67
<b>Tabel 3.4</b> Faktor Emisi Biological Oxygen Demand Industri.....	70
<b>Tabel 3.5</b> Faktor Emisi Sektor Pertanian.....	73
<b>Tabel 3.6</b> Range Nilai Validasi MAPE .....	75
<b>Tabel 4.1</b> Debit Air Titik Lokasi Sampling DAS Buntung .....	88
<b>Tabel 4.2</b> Data Hasil Uji Kualitas Air Kualitas Air DAS Buntung.....	96
<b>Tabel 4.3</b> Beban Pencemar Aktual dan Maksimum DAS Buntung .....	109
<b>Tabel 4.4</b> Potensi Beban Pencemar Point Source DAS Buntung.....	111
<b>Tabel 4.5</b> Rekapitulasi Alokasi Beban Pencemar Point Source DAS Buntung .	116
<b>Tabel 4.6</b> Lokasi dan Luas Lahan Pertanian.....	119
<b>Tabel 4.7</b> Rekapitulasi Perhitungan Potensi Beban Pencemaran Pertanian .....	120
<b>Tabel 4.8</b> Wilayah Permukiman di Sekitar DAS Buntung.....	125
<b>Tabel 4.9</b> Rekapitulasi & Estimasi Potensi Beban Pencemaran Domestik 2023-2033.....	128
<b>Tabel 4.10</b> Rekapitulasi Alokasi Beban Pencemar DAS Buntung.....	130
<b>Tabel 4.11</b> Hasil Uji Validitas Model Simulasi WASP.....	158
<b>Tabel 4.12</b> Daya Tampung Beban Pencemaran DAS Buntung.....	152
<b>Tabel 4.13</b> Daya Tampung Beban Pencemaran DAS Buntung Berdasarkan Simulasi Software Water Quality Analysis Simulation Program version 8 .....	153
<b>Tabel 4.14</b> Hasil Reduksi Beban Pencemar DAS Buntung.....	155

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Sumber Air Baku .....	10
<b>Gambar 2.2</b> Pola Interaksi antara Sistem dengan Kondisi Sekitar .....	30
<b>Gambar 2.3</b> Kurva Kondisi Dinamik pada Sistem .....	31
<b>Gambar 2.4</b> Prinsip Finite Difference Terhadap Model Kualitas Air .....	33
<b>Gambar 2.5</b> Sistem Jaringan Model atau Segmentasi Sungai .....	36
<b>Gambar 2.6</b> Pemetaan Real Time Software (WASP).....	37
<b>Gambar 3.1</b> Peta Lokasi Daerah Aliran Sungai Buntung .....	47
<b>Gambar 3.2</b> Peta Detail Lokasi Titik Sampling.....	48
<b>Gambar 3.3</b> Peta Penggunaan Lahan Sekitar (DAS) Buntung .....	53
<b>Gambar 3.4</b> Diagram Kerangka Pikir Penelitian .....	55
<b>Gambar 3.5</b> Diagram Tahapan Penelitian.....	57
<b>Gambar 3.6</b> Contoh Penentuan Titik Lokasi Sampling di Sungai .....	60
<b>Gambar 3.7</b> Contoh Titik Pengambilan Sampel Air Sungai.....	63
<b>Gambar 3.8</b> Langkah-Langkah Simulasi pada Software (WASP8) .....	76
<b>Gambar 3.9</b> Langkah-langkah Operasi Software (WASP8).....	77
<b>Gambar 4.1</b> Desain Saluran Eksisting Hulu DAS Buntung .....	80
<b>Gambar 4.2</b> Model Hidrolis Eksisting DAS Buntung .....	80
<b>Gambar 4.3</b> Penumpukan Sampah di Bagian DAS Buntung .....	81
<b>Gambar 4.4</b> Pelepasan Limbah Kegiatan atau Usaha di DAS Buntung .....	81
<b>Gambar 4.5</b> Pendangkalan Saluran DAS Buntung .....	82
<b>Gambar 4.6</b> Bentuk Morfologi Daerah Aliran Sungai Buntung.....	83
<b>Gambar 4.7</b> Grafik Data Hasil Pengukuran Debit Aliran Sungai Buntung.....	89
<b>Gambar 4.8</b> Pengukuran Data Debit di Lokasi Titik Sampling 2.....	91
<b>Gambar 4.9</b> Pengukuran Data Debit di Lokasi Titik Sampling 1.....	91
<b>Gambar 4.10</b> Pengukuran Data Debit di Lokasi Titik Sampling 3.....	92

<b>Gambar 4.11</b> Lokasi Titik Sampling 1 .....	93
<b>Gambar 4.12</b> Pengambilan dan Pengukuran Sampel Air di Titik Sampling 1 ....	94
<b>Gambar 4.13</b> Lokasi Titik Sampling 2 .....	94
<b>Gambar 4.14</b> Pengambilan dan Pengukuran Sampel Air di Titik Sampling 2 ....	95
<b>Gambar 4.15</b> Lokasi Titik Sampling 3 .....	95
<b>Gambar 4.16</b> Pengambilan dan Pengukuran Sampel Air di Titik Sampling 3 ....	96
<b>Gambar 4.17</b> Grafik Data Hasil Pengukuran Temperatur DAS Buntung .....	97
<b>Gambar 4.18</b> Grafik Data Hasil Pengukuran TSS DAS Buntung .....	99
<b>Gambar 4.19</b> Grafik Data Hasil Pengukuran pH DAS Buntung .....	101
<b>Gambar 4.20</b> Grafik Data Hasil Pengukuran BOD DAS Buntung.....	103
<b>Gambar 4.21</b> Grafik Data Hasil Pengukuran Nitrat DAS Buntung.....	105
<b>Gambar 4.22</b> Grafik Data Hasil Pengukuran Total Coliform DAS Buntung ....	107
<b>Gambar 4.23</b> Peta Lokasi Industri (Point Source) DAS Buntung .....	113
<b>Gambar 4.24</b> Lokasi Wilayah Pertanian (Non-Point Surce) DAS Buntung.....	123
<b>Gambar 4.25</b> Diagram Skema Ruas DAS Buntung.....	133
<b>Gambar 4.26</b> <i>Main Menu Software WASP version 8</i> .....	134
<b>Gambar 4.27</b> Tampilan Dataset Parameters WASP .....	135
<b>Gambar 4.28</b> Tampilan System WASP .....	136
<b>Gambar 4.29</b> Tampilan Segments WASP .....	137
<b>Gambar 4.30</b> Tampilan Flows Channel Geometry WASP .....	138
<b>Gambar 4.31</b> Tampilan Flows Surface Water WASP .....	139
<b>Gambar 4.32</b> Tampilan Boundaries and Loads WASP .....	140
<b>Gambar 4.33</b> Tampilan Time Functions WASP .....	141
<b>Gambar 4.34</b> Tampilan Parameter Data WASP .....	142
<b>Gambar 4.35</b> Tampilan Constant WASP.....	142
<b>Gambar 4.36</b> Tampilan Output Control WASP.....	143

<b>Gambar 4.37</b> Tampilan Excute WASP.....	144
<b>Gambar 4.38</b> Tampilan Software WRDB version 6.1 .....	144
<b>Gambar 4.39</b> Grafik Hasil Simulasi Model Temperatur Air .....	145
<b>Gambar 4.40</b> Data Rekapitulasi Hasil Simulasi Temperatur Air .....	146
<b>Gambar 4.41</b> Grafik Hasil Simulasi Model TSS .....	147
<b>Gambar 4.42</b> Data Rekapitulasi Hasil Simulasi TSS.....	147
<b>Gambar 4.43</b> Grafik Hasil Simulasi Model BOD.....	148
<b>Gambar 4.44</b> Data Rekapitulasi Hasil Simulasi BOD .....	149
<b>Gambar 4.45</b> Grafik Hasil Simulasi Model Nitrat.....	149
<b>Gambar 4.46</b> Data Rekapitulasi Hasil Simulasi Nitrat .....	150
<b>Gambar 4.47</b> Grafik Hasil Simulasi Model Total Coliform .....	151
<b>Gambar 4.48</b> Data Rekapitulasi Hasil Simulasi Total Coliform .....	151

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR RUMUS

<b>Rumus 3.1</b> Debit Aliran Sungai .....	64
<b>Rumus 3.2</b> Kecepatan Aliran Sungai ( $N < n_i$ ).....	65
<b>Rumus 3.3</b> Kecepatan Aliran Sungai ( $N > n_i$ ).....	65
<b>Rumus 3.4</b> Kecepatan Aliran Rata-Rata Sungai .....	65
<b>Rumus 3.5</b> Luas Seluruh Penampang Basah .....	66
<b>Rumus 3.6</b> Beban Pencemar Maksimum .....	68
<b>Rumus 3.7</b> Beban Pencemar Aktual.....	68
<b>Rumus 3.8</b> Alokasi Beban Pencemar <i>Point Source</i> .....	69
<b>Rumus 3.9</b> Alokasi Beban Pencemar <i>Point Source</i> (PLU) .....	70
<b>Rumus 3.10</b> Alokasi Beban Pencemar <i>Non-Point Source</i> (Permukiman) .....	71
<b>Rumus 3.11</b> Alokasi Beban Pencemar <i>Total Coliform</i> .....	72
<b>Rumus 3.12</b> Alokasi Beban Pencemar PBTN Sawah <i>Non-Point Source</i> .....	73
<b>Rumus 3.13</b> Alokasi Beban Pencemar PBTN Palawija <i>Non-Point Source</i> .....	73
<b>Rumus 3.14</b> Total Alokasi Beban Pencemar PBTN Sawah.....	73
<b>Rumus 3.15</b> Validasi Model Metode MAPE.....	75

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b> Rekomendasi Penelitian Pemerintah Provinsi Jawa Timur .....	I-1
<b>Lampiran</b> Rekomendasi Penelitian Pemerintah Kabupaten Sidoarjo.....	I-2
<b>Lampiran</b> Perizinan Permohonan Data BBWS Brantas .....	I-4
<b>Lampiran</b> Perizinan Permohonan Data BMKG Kelas I Juanda .....	I-5
<b>Lampiran</b> Hasil Uji Laboratorium Kualitas Air .....	II-1
<b>Lampiran</b> Hasil Pengukuran Data Lapangan.....	II-4
<b>Lampiran</b> Persetujuan Teknis BMAL DLHK Sidoarjo.....	III-1
<b>Lampiran</b> Peta Saluran Sungai Buntung BBWS Brantas .....	III-2
<b>Lampiran</b> Saluran Pembawa dan Pembuangan DPPCTKR Sidoarjo.....	III-3
<b>Lampiran</b> Pola Tanam Dinas Pertanian Sidoarjo .....	III-4
<b>Lampiran</b> <i>Time Series</i> Pemodelan (BMKG Juanda) .....	III-5
<b>Lampiran</b> Data Hasil Simulasi Model WASP .....	IV-1
<b>Lampiran</b> <i>Output</i> Model WASP <i>Aggregation 1 Day Period</i> .....	IV-16
<b>Lampiran</b> Konstanta Software WASP.....	IV-18

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ketersediaan air bersih di Indonesia mencapai 15.000 m<sup>3</sup> per tahun per kapita, namun apabila ditinjau dari ketersediaan pada setiap pulau terdapat perbedaan yang signifikan. Terutama pada Pulau Jawa yang mempunyai luas sekitar tujuh persen dari daratan di Indonesia dan hanya memiliki empat setengah persen total potensi air tawar, dengan penduduk mencapai hampir 65% dari jumlah penduduk Indonesia. Ditinjau dari ketersediaan air per tahun per kapita, Pulau Jawa terus mengalami penurunan dari 1.750 m<sup>3</sup> per tahun per kapita pada tahun 2008 dan mencapai hampir 1.200 m<sup>3</sup> per tahun per kapita pada tahun 2020. Hal tersebut diakibatkan oleh kurangnya pengelolaan air bersih, terjadinya peningkatan pencemaran pada badan air, tidak efisien dalam penggunaan air bersih, terjadinya fluktuasi sungai yang besar, dan adanya peraturan atau kebijakan perundangan yang belum sesuai. Untuk mendukung keberlanjutan makhluk hidup, perlu adanya penyediaan air bersih dari aspek kualitas dan kuantitasnya. Sumber air yang digunakan untuk menyediakan air bersih umumnya yaitu air permukaan, air tanah dan air hujan (Millah, 2019).

Sungai sebagai sumber air permukaan, menjadi sumber air terpenting dan kebanyakan telah dimanfaatkan sesuai kualitas dan kuantitasnya untuk keperluan dalam segi irigasi, kegiatan rumah tangga, kebutuhan industri, aktivitas wilayah desa atau kota, dan sebagai ekosistem berlangsungnya kehidupan organisme perairan (Poedjiastoeti, dkk., 2017). Berdasarkan kualitas air sungai dapat diidentifikasi tingkat pencemarannya yang dapat memiliki dampak negatif pada lingkungan. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2022, parameter pencemaran dapat diidentifikasi melalui parameter fisik dan kimia air sungai. Sedangkan parameter biologi, dapat diidentifikasi melalui organisme yang hidup pada ekosistem perairan serta dibedakan menjadi dua jenis yaitu organisme toleran dan tidak toleran terhadap air yang tercemar (Satiyarti, dkk., 2019).

Sebagai khalifah yang berakal dan menduduki bumi, sebaiknya dapat memanfaatkan dan mengelola sumber daya alam secara tepat sebagai bentuk rasa

syukur kepada Allah SWT. Sehingga tidak terdapat kerusakan pada lingkungan hidup untuk dapat dimanfaatkan sampai generasi yang akan datang. Allah SWT telah berfirman dalam Q.S. Ar-Ra'd Ayat 3, yaitu (Hidayat & Munir, 2006):

وَهُوَ الَّذِي مَدَّ الْأَرْضَ وَجَعَلَ فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْهَارًا وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ جَعَلَ فِيهَا زَوْجِينَ مِثْلَيْنِ لِيُغْشَى اللَّيْلَ  
النَّهَارَ ۗ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

Artinya:

“Dan Dialah Tuhan yang membentangkan bumi dan menjadikan gunung-gunung dan sungai-sungai padanya. Dan menjadikan padanya semua buah-buahan, berpasang-pasangan, Allah menutupkan malam kepada siang. Sesungguhnya pada demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah SWT) bagi kaum yang memikirkan.”

Dari ayat tersebut dapat dijelaskan bahwa diciptakan serta dilimpahkannya sumber daya alam di bumi untuk menjaga keseimbangan kehidupan. Sehingga dari adanya tanda-tanda kebesaran Allah SWT tersebut, manusia sebagai makhluk hidup wajib untuk menjaga dan mengelola dengan baik. Kemudian pada Q.S Al-Baqarah ayat 164, Allah SWT telah berfirman, yaitu (Sya'rani, 2017):

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَع النَّاسَ وَمَا  
أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيَّاحِ وَالسَّحَابِ  
الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

Artinya:

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit, bumi, pergantian siang dan malam, kapal yang dapat berlayar di laut yang memberi manfaat pada manusia, apa yang Allah turunkan dari langit berupa air yang dapat menghidupkan bumi setelah itu mati, dan Allah tebarkan di seluruh bumi itu segala jenis hewan, hembusan angin dan awan yang teratur berada antara langit dan bumi, (semua itu) sungguh adalah tanda-tanda bagi kaum yang berfikir.”

Telah jelas dalam firman Allah SWT tersebut, pada penciptaan air yang telah diturunkan dari langit dengan tujuan untuk menghidupkan bumi, sehingga dalam pemanfaatan air dapat menjadi kebutuhan yang vital supaya mendukung kehidupan. Untuk menjaga kelestarian air sebagai sumber kehidupan, tercemarnya

air harus dihindari dengan mengelola setiap sektor dari lingkungan hidup yang dapat berpengaruh pada pencemaran dari berbagai sumbernya.

Bagian timur Kabupaten Sidoarjo berbatasan langsung dengan laut dan merupakan bagian dari Selat Madura. Di perbatasan tersebut, terdapat beberapa avour (kali) yang mengalir seperti Daerah Aliran Sungai Buntung, Jomblong, Paketingan, Aloo, dan Kali Porong. Daerah Aliran Sungai Buntung berasal dari gabungan anak cabang DAS Brantas, yang memiliki hulu dari Kecamatan Krian kemudian menuju Kecamatan Taman dan berakhir di hilir Kecamatan Waru yang akan bermuara ke Selat Madura, dengan panjang sungai dari hulu sampai hilir mencapai sekitar  $\pm 39,3$  km (Ikhsan, 2015).

DAS Buntung melewati dari tiga (3) kecamatan dengan jumlah penduduk, yaitu Kecamatan Krian sebesar 129.623 jiwa; Kecamatan Taman sebesar 204.374 jiwa; dan Kecamatan Waru sebesar 199.292 jiwa (Badan Pusat Statistik, 2022). Bagian hulu sungai yang terletak di Kecamatan Krian merupakan wilayah yang dikelilingi area pemukiman, persawahan, dan beberapa industri. Aliran sungai di Kecamatan Taman merupakan wilayah dengan kepadatan penduduk sebesar 2.772 jiwa/km<sup>2</sup> serta di sekitar sungai dikelilingi dengan area pemukiman, persawahan, dan industri. Sedangkan pada bagian hilir, dari Kecamatan Taman hingga muara sungai di Kecamatan Waru juga merupakan area yang padat penduduk, area industri, dan terdapat sebagian area tambak di sekitar sungai. Dari area di sekitar aliran sungai tersebut, didominasi oleh wilayah pemukiman, pertanian, dan industri sehingga terdapat potensi tercemarnya kualitas air sungai yang berasal dari limbah rumah tangga pada area sepadan, penggunaan bahan kimia pada area pertanian, serta dari berbagai industri yang limbahnya mengalir langsung menuju sungai (Rohmawati & Kuntjoro, 2021).

Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo Nomor 6 Tahun 2009 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009 – 2029, sempadan sungai merupakan kawasan yang harus dilindungi dan tidak dapat dibangun oleh setiap bangunan dengan semi-permanen, permanen, dan sementara. Namun, pada Sungai Buntung terdapat permukiman yang dibangun diatas area sempadan sungai hingga terdapat pengurangan tanah yang dilakukan, sehingga tercemar oleh limbah yang berasal dari kegiatan domestik (Gu, 2020).

Sungai Buntung berdasarkan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sidoarjo merupakan, sungai dengan klasifikasi masuk pada status mutu air kelas 2 (dua). Namun pada penerapannya, kebanyakan warga setempat membuang sampah atau limbah domestik pada aliran sungai dan membangun bangunan di sempadan sungai, sehingga menyebabkan menumpuknya sampah dan eceng gondok pada aliran sungai yang dapat menurunkan kualitas airnya (Rohmaniyah & Rohmadiani, 2020).

Menurut Anastasia, dkk (2022), Sungai Buntung telah digunakan dalam penelitian tentang penentuan kualitas air menggunakan metode analisis kimia, fisik, dan biologi. Parameter fisik dan kimia yang dianalisis adalah Suhu, COD, pH, DO, Fosfat, BOD, TSS, dan NH<sub>3</sub>, sedangkan pada metode biologi melakukan analisis pada makroinvertebra (*Family Biotic Index*). Hasil uji penelitian menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Buntung melebihi dari baku mutu kelas II sesuai Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 dan tercemar sangat berat berdasarkan *family biotic index* yang dianalisis. Sehingga, perlu dilakukan perencanaan perhidungan dan pengelolaan mutu air sesuai Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 pada Sungai Buntung. Sebagai langkah pencegahan pencemaran, melalui perhitungan dan penetapan alokasi beban pencemar serta pemantauan kualitas air menggunakan bantuan sistem pemodelan untuk mengolah data secara bervariasi sehingga menampilkan analisis secara lengkap, terutama pada penentuan daya tampung beban pencemar sungai sebagai langkah penerapan *Early Warning System* yang belum diaplikasikan di Sungai Buntung.

Penelitian ini dilakukan untuk mendukung keberlanjutan adanya program Rencana Strategis Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Sidoarjo Tahun 2021 – 2026 Tentang Pengendalian Pencemaran Air di Wilayah Sungai, dengan tujuan spesifik untuk menganalisis sumber dan alokasi beban pencemar serta menentukan daya tampung beban pencemar sungai. Analisis alokasi beban pencemar dapat ditentukan dengan kadar kualitas air dikalikan dengan debit aliran sungai, kemudian pada daya tampung beban pencemar sungai ditentukan dengan bantuan model dari Program *Water Quality Analysis Simulation Program* Versi 8 dengan kondisi *steady state* berdasarkan hasil uji kualitas air aktual dari parameter yang ditentukan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diketahui beberapa rumusan masalah, seperti berikut:

1. Bagaimana kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo?
2. Bagaimana identifikasi beban pencemar air Daerah Aliran Sungai di Kabupaten Sidoarjo?
3. Bagaimana model kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo dengan *Water Quality Analysis Simulation Program* untuk menentukan daya tampung beban pencemar diikuti dengan validasi model yang digunakan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Dari identifikasi rumusan masalah, maka dapat menunjukkan beberapa tujuan penelitian, seperti berikut:

1. Mengetahui kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo.
2. Menghitung beban pencemar Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo.
3. Menganalisis model kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo dengan *Water Quality Analysis Simulation Program* untuk menentukan daya tampung beban pencemar diikuti dengan validasi model yang digunakan.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa manfaat dari penelitian ini untuk akademisi, instansi dan lembaga, serta masyarakat, seperti berikut:

1. Akademisi
  - a. Sebagai sumber referensi untuk mahasiswa teknik lingkungan dalam memodelkan kualitas air sungai menggunakan *software Water Quality Analysis Simulation Program*.

- b. Untuk memberikan pengetahuan dan pemahaman tentang model kualitas air sungai menggunakan beberapa parameter yang dimasukkan pada *software Water Quality Analysis Simulation Program*.
  - c. Sebagai sarana penunjang penelitian tentang model kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo dengan *Water Quality Analysis Simulation Program*.
2. Instansi dan Lembaga
- a. Sebagai pertimbangan dan pengambilan keputusan pemerintah daerah dalam mengelola kualitas air permukaan, khususnya sumber air dari sungai.
  - b. Sebagai referensi dan informasi data tentang model kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo dengan *Water Quality Analysis Simulation Program* dalam penentuan dan daya tampung beban pencemar.
3. Masyarakat
- a. Sebagai informasi kualitas air kepada masyarakat yang menggunakan sumber air dari Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo melalui pemerintah dan/atau lembaga setempat.
  - b. Untuk memberikan pengetahuan dan pemahaman kepada masyarakat untuk melestarikan dan menjaga kondisi sekitar Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo, yang dapat diketahui serta diakses dari literatur kedepannya.

### **1.5 Batasan Masalah Penelitian**

Batasan masalah penelitian mencakup dari identifikasi kualitas air dan identifikasi daya tampung beban pencemaran Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo, sebagai berikut:

1. Identifikasi kualitas air
  - a. Pengambilan sampel air di sepanjang Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo yang terbagi menjadi tiga (3)

- segmen dan terdapat tiga (3) titik sampling yang mewakili secara berurutan yaitu sumber air alamiah, sumber air yang digunakan atau sumber air yang telah tercemar, dan lokasi masuknya air ke laut.
- b. Pengambilan sampel air di sepanjang Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo pada titik sampel dilakukan secara *simplo* dalam satu waktu.
  - c. Parameter kualitas uji air Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo terdiri dari parameter fisika, kimia, dan biologi seperti *total suspended solid*, temperatur, *biological oxygen demand*, nitrat, pH dan total *coliform*.
  - d. Kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo yang telah diuji parameternya dibandingkan dengan Baku Mutu Air Nasional Kelas II berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 pada Lampiran VI.
2. Identifikasi daya tampung beban pencemar
- a. Batas wilayah penelitian dilakukan pada Daerah Aliran Sungai Buntung Hulu Kecamatan Krian hingga Hilir Kecamatan Waru di Kabupaten Sidoarjo.
  - b. Sumber beban pencemar kualitas air sungai terdiri dari sumber *point source* dan *non-point source*, secara berurutan seperti industri dan pertanian serta kegiatan domestik masyarakat.
  - c. Perhitungan data beban pencemar yang masuk pada sungai Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo, terbatas oleh studi literatur yang mendukung dan adanya data sekunder.
  - d. Model kualitas air sungai Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo menggunakan *Water Quality Analysis Simulation Program* Versi 8 untuk penentuan beban pencemar berdasarkan uji kualitas air serta beban pencemar yang kuantitasnya dominan menggunakan jenis debit aktual.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB II KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Sumber Air Baku

Sumber air baku yang digunakan umumnya terbagi menjadi 2 (dua) yaitu, air permukaan dan air tanah. Sumber air baku dari permukaan dominan berasal dari air hujan yang mengalir dari hulu ke hilir dan dalam pengalirannya terdapat akumulasi beban pencemaran. Beban pencemaran pada setiap aliran air permukaan memiliki karakteristik yang berbeda tergantung dari daerah aliran airnya (Diandi, dkk, 2019). Sedangkan sumber air baku dari air tanah umumnya merupakan sumber yang paling utama digunakan serta ditampung pada lapisan akuifer. Air tanah memiliki daur ulang yang berasal dari presipitasi serta infiltrasi secara alami maupun buatan dari air permukaan (Katsanou & Karapanagioti, 2017).

Ketersediaan pasokan air di muka bumi merupakan kebutuhan yang paling utama pada kehidupan. Sebagai kebutuhan utama, air harus tersedia untuk dapat mempertahankan keberlanjutan kehidupan. Pada ketersediaannya, terdapat sarana untuk menunjang adanya air bersih yang bergantung terhadap keadaan lingkungan sekitar. Maka, ketersediaan air bersih umumnya berasal dari beberapa sumber air yang menjadi modal atau sumber dasar, sehingga perlu adanya perlakuan dan pengelolaan sumber air untuk menjaga ketersediaan air pada kualitas dan kuantitas tertentu, supaya tidak menyebabkan kerusakan pada ekosistem sumber air di lingkungan (Primandani, dkk., 2022).

Penyediaan air bersih untuk berlangsungnya kehidupan telah selaras dan dijelaskan di dalam Firman Allah SWT, pada Q.S Al-Mu'minin ayat 18, yaitu (Munawarah dkk., 2020):

وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَتْهُ فِي الْأَرْضِ وَإِنَّا عَلَىٰ ذَهَابٍ بِهِ لَقَادِرُونَ

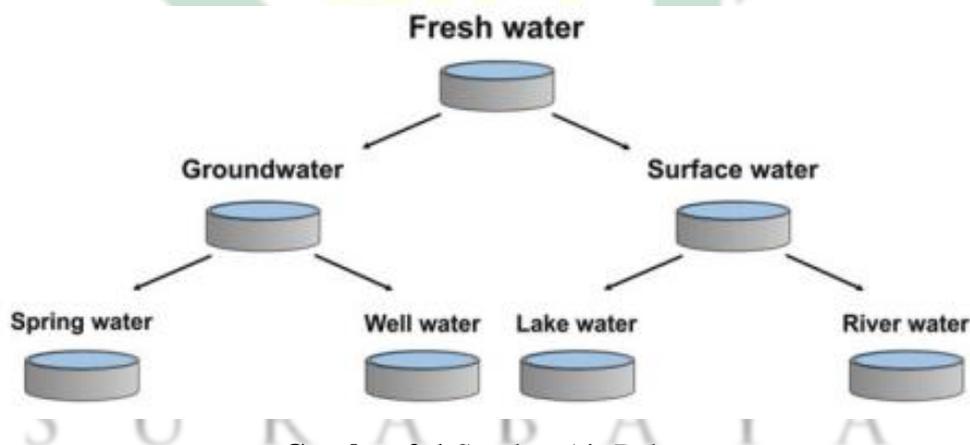
Artinya:

“Dan Kami turunkan air dari langit dengan suatu ukuran, lalu Kami jadikan air itu menetap di bumi, dan pasti Kami berkuasa menghilangkannya.”

Dari ayat tersebut telah dijelaskan, bahwasanya air diturunkan dan menetap di muka bumi dengan ukuran tertentu sehingga air tidak boleh digunakan secara

sia-sia, karena dapat menyebabkan berkurangnya pasokan air untuk mencukupi kebutuhan kehidupan. Menurut Primandani, dkk (2022), kebutuhan air untuk memenuhi serta mencukupi keperluan kehidupan berbeda pada setiap wilayah atau daerah. Karena kebutuhan tersebut bergantung dari jumlah penduduk serta tingkat pemakaiannya.

Sumber air dari permukaan umumnya terakumulasi di sungai, danau, waduk, laut, dan tanah. Volume air pada daerah aliran air sebagian besar tergantung pada jumlah curah hujan, dan luas daerah aliran air, kemiringan tanah, jenis tanah, vegetasi serta penggunaan lahan di sekitar aliran air. Dalam pemanfaatannya sumber air dari permukaan yang berasal dari sungai dan danau digunakan pada sistem pemasokan air di daerah dengan padat penduduk, karena dari sumber tersebut dapat memasok volume air yang besar dan teratur untuk mencukupi kebutuhan air. Tetapi, air permukaan juga memiliki ketergantungan pada musim yang terjadi dan selalu membutuhkan perawatan dalam pengelolaannya (Katsanou & Karapanagioti, 2017). Berikut merupakan jenis air berdasarkan sumbernya pada **Gambar 2.1**.



**Gambar 2.1** Sumber Air Baku  
*Sumber: Katsanou & Karapanagioti, 2017*

## 2.2 Daerah Aliran Sungai

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04 Tahun 2015, daerah aliran sungai merupakan wilayah kesatuan antara daratan dan sungai serta anak sungainya yang memiliki fungsi sebagai penampung, penyimpan, dan pengaliran air dari air hujan menuju ke danau atau lautan dengan batas pada daratan menjadi pemisah secara topografis dan

batas pada laut hingga wilayah perairan yang dapat dipengaruhi aktivitas dari daratan.

Sebagai kesatuan wilayah daratan dan sungai, daerah aliran sungai terbagi menjadi 3 (tiga) bagian, yaitu hulu, tengah, dan hilir. Pada ekosistem didalamnya, hulu menjadi bagian penting dalam sistem daerah aliran sungai, karena bertujuan menjadi pelindung sistem tata air secara menyeluruh. Kondisi daerah aliran sungai dapat terpengaruh oleh kondisi hulu sungai terutama pada kondisi fisik dan biologi (biofisik) di daerah resapan dan tangkapan air yang memiliki banyak sektor tempat terhadap gangguan dari kegiatan domestik maupun non-domestik oleh manusia (Sunaryo, 2019). Menurut Putra, dkk (2019), pada hulu sungai dapat diketahui ciri-cirinya dari beberapa komponen, yaitu: pedesaan, hutan dan lahan persawahan. Maka, pada hulu sungai perlu adanya pengelolaan sehingga tata air daerah aliran sungai tidak terjadi kerusakan yang dapat berdampak pada sektor ekonomi, dan sektor kesehatan masyarakat. Karena, keseimbangan pada kelestarian ekosistem daerah aliran sungai dan pemenuhan kebutuhan masyarakat merupakan syarat dapat tercapainya pengelolaan daerah aliran sungai yang dilakukan untuk pemanfaatan fungsi sungai secara berkelanjutan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011, fungsi dari sungai dalam pemanfaatan keberadaannya terbagi menjadi 2 (dua), yaitu:

a. Kehidupan manusia

Sebagai wadah dan penyedia air dengan tujuan memenuhi kebutuhan manusia dari kegiatan rumah tangga, pertanian, industri, pariwisata, olah raga, perikanan, pertahanan, sanitasi, transportasi, pembangkit listrik dan lainnya.

b. Kehidupan alam

Sebagai penyalur limpasan banjir, pendukung fauna dan flora, serta menjadi tempat memulihkan kualitas air. Sebagai tempat memulihkan kualitas air, maka perlu adanya pengelolaan dengan tidak memberikan beban pencemaran hingga melebihi kemampuan pemulihan secara alami (*self purification*). Pada fungsi sebagai penyalur limpasan banjir, dapat dilakukan antisipasi dengan tidak

menempatkan sesuatu yang menyebabkan kerugian pada kegiatan masyarakat di sekitar sungai. Sedangkan pada fungsi pendukung fauna dan flora yang meliputi tumbuhan yang hidup di tepi sungai dan fauna yang terdapat pada perairan sungai, perlu dilakukan pengelolaan sehingga tidak menyebabkan penurunan dari jumlah populasinya.

Berdasarkan fungsinya, telah disebutkan dan dijelaskan dalam Firman Allah SWT di dalam ayat Al-Qur'an, seperti pada Q.S Al-Isra ayat 91:

أَوْ تَكُونَ لَكَ جَنَّةٌ مِّنْ نَّحِيلٍ وَعِنَبٍ فَتُفَجَّرَ الْأَنْهَارُ خَلَّلَهَا تَفْجِيرًا

Artinya:

“Atau kamu mempunyai sebuah kebun kurma dan anggur, lalu kamu alirkan sungai-sungai di celah kebun yang deras alirannya.”

Dari ayat tersebut telah dijelaskan, bahwa salah satu fungsi daerah aliran sungai yaitu sebagai irigasi untuk mengairi tanaman sehingga dapat bermanfaat bagi kehidupan. Selain itu, sungai dapat difungsikan untuk melengkapi kesempurnaan lingkungan karena merupakan ekosistem sebagai penopang kehidupan untuk dapat berkelanjutan.

Berkaitan dengan ayat tersebut, Allah SWT telah berfirman dalam Q.S Al-Baqarah ayat 249 menjelaskan kembali terkait fungsi air, yaitu (Basit & Nawawi, 2019):

فَلَمَّا فَصَلَ طَالُوتُ بِالْجُنُودِ قَالَ إِنَّ اللَّهَ مُبْتَلِيكُمْ بِنَهَرٍ فَمَنْ شَرِبَ مِنْهُ فَلَيْسَ مِنِّي وَمَنْ لَّمْ يَطْعَمْهُ فَإِنَّهُ مِنِّي إِلَّا  
مَنْ اغْتَرَفَ غُرْفَةً بِيَدِهِ فَشَرَبُوا مِنْهُ إِلَّا قَلِيلًا مِّنْهُمْ فَلَمَّا جَاوَزَهُ هُوَ وَالَّذِينَ ءَامَنُوا مَعَهُ قَالُوا لَا طَاقَةَ لَنَا  
الْيَوْمَ بِجَالُوتَ وَجُنُودِهِ قَالَ الَّذِينَ يَظُنُّونَ أَنَّهُمْ مُلَاقُوا اللَّهَ كَم مِّن فِتْنَةٍ قَلِيلَةٍ غَلَبَتْ فِتْنَةُ كَثِيرَةٍ بِإِذْنِ اللَّهِ وَاللَّهُ  
مَعَ الصَّابِرِينَ

Artinya:

“Maka tatkala Thalut keluar membawa tentaranya, ia berkata: Sesungguhnya Allah akan menguji kamu dengan suatu sungai. Maka siapa di antara kamu meminum airnya; bukanlah ia pengikutku. Dan barangsiapa tiada meminumnya, kecuali menceduk seceduk tangan, maka dia adalah pengikutku. Kemudian mereka meminumnya kecuali beberapa orang di antara mereka. Maka tatkala Thalut dan orang-orang yang beriman bersama dia telah menyeberangi sungai itu, orang-orang

yang telah minum berkata: Tak ada kesanggupan kami pada hari ini untuk melawan Jalut dan tentaranya. Orang-orang yang meyakini bahwa mereka akan menemui Allah, berkata: Berapa banyak terjadi golongan yang sedikit dapat mengalahkan golongan yang banyak dengan izin Allah. Dan berserta orang-orang yang sabar.”

Secara tidak langsung dalam Q.S Al-Baqarah ayat 249, menjelaskan bahwa sungai merupakan sumber air untuk minum serta sebagai sumber dari kehidupan. Maka, daerah aliran sungai umumnya digunakan sebagai sumber air baku untuk mencukupi kebutuhan terutama dijadikan air minum. Sehingga perlu adanya pencegahan, terhadap pencemaran yang dapat mengganggu kemurnian dan kelestarian sumber air dari beban pencemaran.

### 2.3 Sumber Pencemar Air

Sumber air merupakan sumber daya alam yang diberikan Allah SWT sebagai anugerah untuk dikelola serta dimanfaatkan keberadaannya untuk mendukung kehidupan. Pada pemanfaatannya perlu adanya pengelolaan yang optimal supaya dapat bertahan untuk kelangsungan kehidupan dengan cara berkelanjutan. Tujuan utama dalam pengelolaan tersebut yaitu sebagai penjaga keseimbangan dalam ekosistem kehidupan. Sehingga, apabila terdapat komponen pada ekosistem yang terganggu, maka dapat menyebabkan pengaruh buruk pada pengelolaan sumber daya alam terutama terhadap pengelolaan air (Iqbal, 2020). Dalam pengelolaan air supaya tidak tercemar, telah dijelaskan pada Hadist Nabi Muhammad SAW yang diriwayatkan oleh An-Nasa’i, yaitu (Amiruddin, 2015):

عَنْ جَابِرٍ عَنْ رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ- أَنَّهُ نَهَى عَنِ الْبُؤْلِ فِي الْمَاءِ الرَّائِدِ

Artinya:

“Dari Jubair R.A dari Rosulullah SAW, Sesungguhnya Nabi melarang membuang kotoran (kencing) di air yang tidak mengalir (Hadist Riwayat An-Nasa’i)”

Dalam hadist tersebut secara tidak langsung telah dijelaskan bahwa Nabi Muhammad SAW melarang umatnya untuk membuang kotoran yang dapat menimbulkan pencemaran pada air yang berpengaruh pada pemanfaatan terhadap sumber air, terutama seperti air sumur dan mata air serta air pada permukaan. Dalam

representasinya, hadist tersebut juga telah menjelaskan konsep pengelolaan air, antara lain seperti menjaga ketersediaan air dan tidak menyia-nyaiakan keberadaannya untuk dapat dimanfaatkan dengan baik.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, pencemaran pada air merupakan masuk dan dimasukkannya zat, makhluk hidup, atau energi dan beberapa komponen lain ke badan air yang berasal dari kegiatan domestik maupun non-domestik oleh manusia yang dapat mempengaruhi kualitas air sehingga melebihi baku mutu yang ditetapkan.

Maka pencemaran air dapat terjadi dari akibat masuknya beban pencemar yang pada umumnya dari bahan terlarut, gas, serta partikulat. Proses masuknya pencemaran ke badan air dapat melalui limpasan atau *run off* pertanian dan air buangan domestik, air buangan industri dan perkotaan, tanah, atmosfer dan lainnya. Karena dari masuknya bahan pencemar tersebut dapat mengakibatkan beberapa perubahan badan air pada kondisi fisik, kimia, dan biologi (Liku, dkk., 2022).

Menurut Sahabuddin (2015), berdasarkan dari asalnya beban dan sumber pencemaran terbagi menjadi seperti berikut:

a. Limbah Pertanian

Dari hasil berbagai kegiatan pertanian, antara lain dalam penggunaan pupuk organik dan insektisida dapat mengakibatkan pencemaran pada badan air. Pemakaian insektisida pada lahan pertanian secara berlebih dapat menyebabkan terganggunya ekosistem pada badan air terutama pada biota air, karena hasil sisa air irigasi dari lahan pertanian akan menuju ke badan air atau sungai yang didalamnya masih mengandung bahan kimia dari hasil penggunaan insektisida.

Sedangkan pada penggunaan pupuk organik yang berlebih dan larut dalam air dapat memberikan kesuburan pada badan air (eutrofikasi). Sehingga badan air mengandung nutrisi yang tinggi, dan menyebabkan munculnya ganggang dan tumbuhan air yang membludak atau *blooming*. Dari kejadian tersebut, dapat menjadi ancaman terhadap beberapa bendung air atau pintu air yang akan mengalami pendangkalan, sehingga menyebabkan kematian pada biota air.

b. Limbah Rumah Tangga

Dari kegiatan rumah tangga akan menghasilkan air buangan yang didalamnya terdapat bahan organik berupa sisa makanan, lemak dan air buangan hasil organ manusia yang akan terbawa dari parit menuju badan air atau sungai. Selain itu, terdapat bahan anorganik yang terbawa berupa plastik, alumunium, dan lain-lain. Sehingga menyebabkan penyumbatan atau penimbunan pada badan air yang dapat mengakibatkan banjir. Pada limbah rumah tangga juga terdapat kandungan biologi berupa bakteri, jamur, dan bibit penyakit yang terbawa dari saluran air dan akan terkumpul di badan air.

Bahan organik pada limbah rumah tangga yang terlarut pada badan air akan terurai dan mengalami pembusukan. Sehingga kandungan oksigen pada badan air akan mengalami penurunan dan mengancam ekosistem biota air. Dalam jumlah bahan pencemar organik yang besar dapat diketahui dengan munculnya organisme cacing *tubifex* pada badan air sehingga menjadi petunjuk biologis atau bioindikator tercemarnya badan air yang disebabkan oleh bahan organik dari limbah rumah tangga.

Pada pemukiman yang padat seperti perkotaan, umumnya air parit atau air got berwarna hitam serta mengeluarkan bau yang tidak sedap. Pada air tersebut biasanya tidak terdapat organisme yang hidup kecuali jamur dan bakteri. Jika dibandingkan dengan limbah yang berasal dari industri, total jumlah limbah rumah tangga di perkotaan mencapai sekitar 60% dari keseluruhan limbah yang dihasilkan.

c. Limbah Industri

Dari kegiatan industri yang membuang hasil buangnya pada badan air permukaan dapat mengancam ekosistem yang hidup didalamnya, akibat tercemar oleh kandungan limbah industri. Sehingga pemerintah telah menetapkan untuk mengatur dan mengendalikan kegiatan industri, bahwa harus mengolah terlebih dahulu sebelum membuang limbah hasil industri ke badan air permukaan.

Kandungan limbah industri yang dihasilkan tergantung dari jenis industri yang dijalankan. Dapat berupa kandungan anorganik yang ditandai dengan berbuih dan berwarna, kandungan organik yang memiliki bau tidak sedap, kandungan asam belerang yang berbau busuk, atau berupa temperatur air yang menjadi tinggi dan panas pada badan air.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010, sumber pencemaran air berdasarkan cara penyebarannya terbagi menjadi 2 (dua) jenis, antara lain seperti berikut:

a. *Point Source* (Sumber Tertentu)

Sumber pencemaran tertentu dapat berasal dari pipa pembuangan limbah industri dan limbah domestik terpusat yang tidak memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan dan telah ditetapkan. Sumber tertentu memiliki sifat lokal serta volume limbah yang dihasilkan relatif konstan atau tetap serta dengan mudah diketahui secara jelas titik lokasi sumber pencemarannya (Machairiyah, dkk., 2020).

b. *Non-Point Source* (Sumber Tidak Tertentu)

Sumber pencemar tidak tentu merupakan sumber pencemar yang tidak diketahui dan ditentukan lokasi sumber pencemarannya secara tepat dan pada umumnya berasal dari jumlah besar beberapa sumber individu kecil yang mengumpul menjadi satu bagian pada badan air permukaan yang tidak dapat dispesifikkan menjadi sumber tertentu. Sumber pencemar tersebut biasanya berasal dari beberapa kegiatan antara lain, pertanian, peternakan, pemukiman, industri kecil sampai menengah, dan kegiatan domestik dari penggunaan bahan konsumsi. Pencemaran air dari sumber tersebut dapat diperkirakan kandungannya dengan melakukan pendekatan serta jenis data yang berbeda dari memperkirakan kandungan polutan pada sumber pencemar tertentu. Karena, sumber pencemar tidak tentu terus mengalir dan bergerak mengikuti arus dengan membawa pencemar menuju badan air permukaan (Machairiyah, dkk., 2020).

## 2.4 *Self Purification* Perairan

Badan air seperti sungai, mempunyai kemampuan untuk menjernihkan air didalamnya dari berbagai polutan jika beban pencemarnya dibawah dari baku mutu yang telah ditetapkan. Kemampuan pemurnian pada sungai dapat menyaring dari zat organik yang terlarut, nutrisi tanaman, dan kontaminan lainnya dari aktivitas biologis dalam ekosistem untuk mengeluarkannya dari badan air. Karena, kapasitas pemurnian alami pada sungai bekerja berdasarkan aktivitas biologis yang sedang terjadi di badan air. Maka, pemurnian alami (*self purification*) umumnya berkaitan dan dipengaruhi dengan proses oksidasi zat organik pada organisme aerob yang hidup di sungai serta aliran sungai. Proses pemurnian badan air terjadi ketika bahan organik yang terurai masuk dalam aliran dan terjadi beberapa reaksi fisika, kimia, dan biologi yang berfungsi sebagai penyaring polutan. Kemudian, pada sungai akan terjadi penguapan oleh sinar matahari yang dapat melepaskan beban pencemar organik di dalamnya. Perubahan kualitas air pada sungai akan terus menunjukkan pemurniannya di sepanjang aliran, jika pada aliran tersebut masih terdapat kapasitas untuk memurnikan secara alami (Nugraha, dkk., 2020).

Kapasitas dari kemampuan pemurnian air secara alami menjadi syarat indikator yang penting untuk kondisi kelestarian badan air permukaan dan menjadi sangat penting pada badan air yang tercemar (Hama Salih, dkk., 2021).

Menurut Ain, dkk (2019), pada proses pemurnian air secara alami di sungai terdapat zona-zona yang terbentuk antara lain seperti berikut:

### a. Zona Degradasi

Pada zona degradasi merupakan awal mula proses masuknya bahan pencemar, yang biasanya terletak dibawah saluran pembuangan limbah dan memiliki air yang berwarna keruh serta gelap dengan terbentuknya endapan lumpur pada dasar sungai. Dalam zona tersebut, dibutuhkan tingkat kandungan oksigen yang tinggi untuk menguraikan bahan pencemar yang masuk pada badan air, sehingga menyebabkan kandungan oksigen yang terlarut cepat menurun (Lusiana & Rahadi, 2018).

b. Zona Dekomposisi

Zona dekomposisi terletak setelah zona degradasi, dan dapat ditandai dengan adanya kandungan polutan yang tinggi serta memiliki warna air yang menjadi keabu-abuan lebih gelap dari zona degradasi. Pada zona tersebut, kandungan *dissolved oxygen* (DO) turun hingga menjadi nol. Dekomposisi organik secara anaerobik aktif terjadi dengan larutan hidrogen sulfida, metana, karbon dioksida, dan nitrogen akan menggelegak (*bubbling*) ke permukaan air dengan diikuti massa lumpur yang membentuk buih berwarna hitam. Di zona dekomposisi tidak terdapat organisme yang hidup kecuali bakteri yang tumbuh subur dan protozoa serta jamur yang akan menghilang. Pada akhir zona dekomposisi proses aerasi kembali terjadi dan akan meningkatkan *dissolved oxygen* (DO) kembali ke tingkat semula sekitar 40% (Lusiana & Rahadi, 2018).

c. Zona Pemulihan

Zona pemulihan merupakan proses pemulihan dimulai dari kondisi badan air sungai yang tercemar serta sebagai tempat terjadinya proses stabilisasi bahan organik yang terlarut di sungai. Maka, sebagian jumlah bahan organik yang terlarut akan mengendap sebagai lumpur, dan terjadinya penurunan *biological oxygen demand* (BOD) serta meningkatnya *dissolved oxygen* (DO) lebih dari 40%. Pada zona ini terjadi mineralisasi dengan membentuk produk yang dihasilkan seperti sulfida, nitrat, dan karbonat. Kemudian, pada ujung zona akan terdapat tanda berupa munculnya kehidupan akuatik mikroskopis, dan ganggang, serta berkurangnya jamur (Lusiana & Rahadi, 2018).

d. Zona Air Bersih

Pada zona ini kondisi alami badan air kembali dipulihkan dan menjadi fase akhir dari proses serangkaian *single pollution*. Sehingga kondisi pada zona ini dapat ditandai dengan air sungai menjadi lebih jernih, *dissolved oxygen* (DO) meningkat pada tingkat jenuh dan lebih tinggi dari kandungan *biological oxygen demand* (BOD), serta

tercapainya keseimbangan oksigen pada badan air (Lusiana & Rahadi, 2018).

## **2.5 Parameter Kualitas Air**

Indikator dari terjadinya pencemaran pada badan air permukaan dapat diketahui dari adanya perubahan kualitas air. Perubahan kualitas air tersebut, berasal dari beban pencemar yang masuk secara langsung maupun tidak langsung ke badan air, yaitu pada parameter kimia, fisika, dan biologi (Hz, dkk., 2018).

### **2.5.1 Temperatur (Suhu)**

Temperatur merupakan sebuah ukuran dari derajat yang menandakan panas atau dingin sebuah benda. Temperatur merupakan salah satu faktor fisika yang dapat mempengaruhi laju pertumbuhan stabilisasi struktural molekul dari protein dan terhadap reaksi kimia (Naillah, dkk., 2021).

Sedangkan temperatur pada perairan adalah faktor penting untuk berlangsungnya kehidupan biota air dan menjadi faktor kualitas perairan yang dapat diamati dan diteliti dengan mudah. Serta, temperatur perairan juga dapat menjadi pengaruh pada penyebaran dari organisme dan metabolismenya. Peran temperatur dalam perairan adalah sebagai pengendali kondisi dari ekosistem air. Semakin meningkatnya temperatur perairan mengakibatkan dekomposisi bahan organik juga meningkat oleh mikroorganisme, dan terjadinya stratifikasi air yang menyebabkan pengaruh pada pengadukan alami dari perairan serta diperlukan untuk menyebarkan oksigen sehingga pada dasar lapisan air menjadi anaerob karena adanya pelapisan terhadap perairan (Hamuna, dkk., 2018).

Temperatur pada perairan dapat dipengaruhi oleh kondisi cuaca (musim), kondisi geografis, dan hembusan angin sehingga terjadi interaksi antara udara dan air. Dari perubahan temperatur yang terjadi pada perairan dapat menyebabkan terganggunya proses kimia, fisik, dan biologi, antara lain peningkatan penguapan (evaporasi dan volatilisasi), viskositas, kecepatan respirasi dan metabolisme organisme yang mengakibatkan meningkatnya

konsumsi oksigen pada perairan, serta meningkatnya proses dekomposisi oleh mikroorganisme pada bahan organik (Pingki & Sudarti, 2021).

### **2.5.2 Total Suspended Solid (TSS)**

*Total suspended solid* adalah padatan tersuspensi dari material yang mengendap di perairan. Total padatan tersuspensi tersebut dapat dikatakan sebagai total residu oleh padatan yang berasal dari reaksi campuran antara dua zat atau lebih serta memiliki komposisi kandungan yang tidak merata (heterogen), sehingga memiliki fungsi sebagai bahan yang membentuk endapan awal serta mengakibatkan kemampuan produksi dari zat organik di perairan menjadi terhalang (Yonar, dkk., 2021).

Menurut Serajuddin, dkk (2019), konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) yang tinggi pada air dapat menyebabkan rasa dari tidak enak dan mungkin memiliki efek buruk pada orang yang tidak terbiasa mengkonsumsinya. Serta, jika kadarnya terlalu tinggi atau terlalu rendah juga dapat menurunkan efisiensi dari pengolahan air dan pengoperasian proses industri yang menggunakan air baku yang bersumber dari badan air. Serta dapat mempengaruhi badan air, pada kadar yang tinggi menyebabkan terhalangnya sinar matahari masuk ke dalam perairan sehingga dapat berpengaruh pada fotosintesis tumbuhan air yang mengakibatkan menurunnya kandungan oksigen yang terlarut.

Adanya kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) pada perairan dapat disebut sebagai sedimentasi. Sedimentasi berdasarkan jenisnya dibagi menjadi dua (2), yaitu sedimentasi deposit dan sedimentasi tersuspensi. Serta terbentuknya sedimentasi diawali dengan air sungai yang masuk dipengaruhi oleh faktor dan kondisi oseanografi sehingga menjadi letak terjadinya distribusi dari partikel-partikel sedimen yang akan menjadi sedimentasi (Yonar, dkk., 2021). Sedangkan menurut Arifelia & Diansyah (2017), *Total Suspended Solid* (TSS) adalah salah satu parameter dari tingkat suburnya daerah perairan, dan kadar rendah tinggi konsentrasinya dapat dipengaruhi oleh kondisi hidrologi pada perairan, seperti salinitas, arus, pH, kecerahan, suhu, dan pasang surut.

### 2.5.3 Derajat Keasamaan (pH)

Derajat keasaman adalah standar untuk menggambarkan tingkat asam atau alkalinya dari zat, benda, dan larutan melalui nilai yang dihasilkan. Nilai pH yang stabil yaitu tujuh (7), jika  $> 7$  maka dapat dikatakan suatu zat tersebut bersifat alkali, dan apabila  $< 7$  memiliki sifat asam. Serta dapat digambarkan apabila konsentrasi  $[H^+] > [OH^-]$ , maka zat bersifat asam, dan begitu juga sebaliknya (Harvyandha, dkk., 2019).

Derajat keasaman adalah logaritma negatif yang berasal dari kandungan ion hidrogen yang lepas pada zat atau cairan yang dapat menjadi petunjuk kualitas perairan. Karena ion tersebut selalu pada kesetimbangan yang dinamis terhadap air, dan dapat menjadikan kondisi untuk seluruh reaksi terutama kimiawi terkait pencemaran air. Serta pada kualitas perairan, derajat keasamaan adalah parameter kimia penting yang harus dipantau untuk menjaga kestabilan ekosistem perairan (Hamuna, dkk., 2018).

Bervariasinya konsentrasi derajat keasaman perairan tentunya berpengaruh pada kehidupan ekosistem perairan sehingga semakin meningkatnya derajat keasaman di perairan, umumnya diikuti dengan bertambah kecilnya kandungan senyawa logam yang larut (Pingki & Sudarti, 2021).

### 2.5.4 Nitrat

Nitrat adalah parameter kimiawi yang dapat menunjukkan kualitas dari perairan dan dapat ditandai oleh adanya fitoplankton sebagai nutrisi alami, serta zat hara yang memiliki nitrogen tidak toksik pada biota air (Putri, dkk., 2021). Sedangkan menurut Hamuna, dkk (2018), nitrat merupakan senyawa penting pada sintesis protein tumbuhan dan hewan. Jika terdapat kadar nitrat yang tinggi pada perairan dan didukung tersedianya nutrisi, maka dapat mendorong pertumbuhan serta peningkatan jumlah organisme.

Nitrat berasal dari oksidasi yang sempurna dari nitrogen dan ion amonium yang masuk pada perairan dan biasanya bersumber dari limbah domestik, adanya organisme yang mati, penguraian, pelapukan, serta dekomposisi tumbuhan. Nitrat juga bersumber tergantung dari kondisi

sekitarnya, yaitu adanya limpasan dari daratan seperti hasil dari pertanian, peternakan, pemukiman dan wilayah perairan yang dilalui oleh industri yang limbahnya mengandung konsentrasi bahan organik (Putri, dkk., 2021).

Pada kandungannya, nitrat dapat memiliki dampak negatif jika konsentrasinya terlalu berlebih dan dampak positif pada konsentrasi tertentu. Dampak negatif yang ditimbulkan nitrat adalah jika konsentrasinya lebih dari 0,2 mg/l yang dapat menyebabkan pengayaan (eutrofikasi perairan) serta selanjutnya terjadi penurunan kadar oksigen yang larut akibat tumbuhnya fitoplankton berbahaya yaitu *harmful algae blooms* (HABs) dan tumbuhan air lainnya yang tumbuh secara pesat. Sedangkan dampak positif dari konsentrasi nitrat di perairan, yaitu dapat meningkatnya produksi fitoplankton (Pauwah, dkk., 2020).

#### **2.5.5 *Biological Oxygen Demand (BOD)***

Menurut Hamuna, dkk (2018), *Biological Oxygen Demand (BOD)* adalah parameter yang umum untuk menentukan dan memantau kualitas perairan dari sumber pencemarnya. Serta dari segi karakteristiknya dapat mengindikasikan jumlah dari oksigen yang terlarut di perairan untuk proses penguraian dan dekomposisi bahan organik secara aerobik. Menurut Andika, dkk (2020), kadar konsentrasi *Biological Oxygen Demand (BOD)* di perairan tidak dapat memperlihatkan total jumlah dari bahan organik sepenuhnya, namun kadar konsentrasinya digunakan hanya untuk mengukur total oksigen yang dibutuhkan pada proses dekomposisi.

Dekomposisi bahan organik pada perairan dihasilkan dari proses oksidasi yaitu, adanya mikroorganisme yang menerima energi untuk memakan bahan organik. Sehingga jika tidak terjadi proses dekomposisi pada perairan akan menyebabkan kadar oksigen terlarut semakin berkurang, dan rusaknya kandungan kimia di perairan. Rusaknya kandungan kimia tersebut, dapat mempengaruhi fungsi dan pemanfaatan dari wilayah perairan (Daroini & Arisandi, 2020).

Konsentrasi *Biological Oxygen Demand (BOD)* yang tinggi dapat menunjukkan banyaknya aktivitas mikroorganisme, karena polutan yang

dibuang akan dicerna oleh mikroorganisme dan umumnya berasal dari pembuangan limbah domestik, industri, atau pembusukan organisme yang telah mati (Karen, dkk., 2021).

#### **2.5.6 Total Coliform**

*Coliform* dapat terkontaminasi di dalam air dari beberapa sumber antara lain kurang baiknya proses distribusi air, penampungan air kurang higienis, dan sumber air baku yang tercemar. Bakteri *coliform* umumnya digunakan untuk indikator sebagai penentuan dan menunjukkan sumber air yang digunakan, telah terdapat kontaminasi adanya bakteri patogen. Sehingga dalam pemantauan keadaannya dalam sumber air perlu dilakukan pengujian terhadap *coliform*, karena bakteri tersebut bersumber dari organisme yang sama yaitu bakteri patogenik. Untuk pengelolaannya terhadap *coliform* di instalasi pengolahan air limbah, instalasi pengolahan air minum, dan pada lingkungan memiliki penanganan dengan cara yang relatif sama. Maka, dalam penentuan indikasi adanya patogen pada lingkungan dilakukan pengujian terhadap total *coliform* merupakan metode yang sangat rasional pada implementasinya di lingkungan (Rompas, dkk., 2019).

Adanya *coliform* pada perairan dapat berpengaruh pada kualitas air, apabila semakin banyak jumlah yang ditemukan maka juga bertambah buruk kualitas airnya. Pada nilai yang tinggi terhadap *coliform* dapat menyebabkan turunnya kualitas air secara biologis dan menunjukkan organisme patogen berbahaya untuk kesehatan lingkungan serta makhluk hidup. Bakteri tersebut dapat berasal dari padatnya pemukiman, dekatnya jarak pembuangan limbah dengan sumber air, dan kebiasaan buruk manusia yang membuang kotorannya langsung pada badan air (Anisafitri, dkk., 2020).

Sehingga perairan yang mengalami pencemaran dari polutan limbah organik khususnya industri makanan, dapat menjadi tempat berkembang-biak yang subur bagi organisme patogen. Dan dapat menimbulkan tumbuhnya sumber penyakit dari adanya pencemaran pada perairan (Trisna, 2018).

## 2.6 Klasifikasi Baku Mutu Air

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, baku mutu air merupakan suatu ukuran dari kondisi perairan pada tempat dan waktu tertentu serta diukur atau dilakukan pengujian terhadap parameternya serta menggunakan metode tertentu sesuai pada ketetapan dan ketentuan yang berlaku. Menurut Rahawarin (2020), adanya pencemaran air menyebabkan turunnya kualitas air hingga tingkat tertentu sehingga badan air tidak berfungsi pada peruntukan dan pemanfaatannya. Pada tingkat tertentu kualitas air tersebut merupakan baku mutu perairan memiliki fungsi untuk tolok ukur sebagai penentu ada tidaknya pencemaran yang terjadi.

Berdasarkan dari pengelolaan air baku mutu terbagi menjadi dua (2), antara lain:

### a. Baku Mutu Air Sungai

Pada baku mutu air sungai terdapat pembagian kelas air sungai berdasarkan pemanfaatannya dan peruntukannya. Penentuan baku mutu tersebut berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada Lampiran VI.

### b. Baku Mutu Air Limbah

Baku mutu air limbah merupakan suatu ukuran kadar atau batas dari unsur pencemaran serta jumlah dari unsur pencemarnya pada kondisi tertentu pada air limbah yang dibuang pada badan air permukaan dari kegiatan atau usaha tertentu. Penentuan baku mutu tersebut berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

Berikut merupakan baku mutu air sungai berdasarkan Lampiran VI Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021, pada **Tabel 2.1**.

**Tabel 2. 1** Kelas Baku Mutu Badan Air Permukaan (Sungai)

No	Indikator	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Ket
<b>Indikator Fisik</b>							
1	Suhu	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	
2	TDS	mg/L	1000	1000	1000	1000	Tidak pada muara
3	TSS	mg/L	40	50	100	400	
4	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-	Tidak pada air gambut
<b>Indikator Kimia</b>							
5	pH		6 – 9	6 – 9	6 – 9	6 – 9	Tidak pada air gambut
6	BOD	mg/L	2	3	6	12	
7	COD	mg/L	10	25	40	80	
8	DO	mg/L	6	4	3	1	minimal
9	Sulfat	mg/L	300	300	300	400	
10	Klorida	mg/L	300	300	300	600	
11	Nitrat	mg/L	10	10	20	20	
12	Nitrit	mg/L	0,06	0,06	0,06	-	
13	Amoniak	mg/L	0,1	0,2	0,5	-	
14	T. Nitrogen	mg/L	15	15	25	-	
15	T. Fosfat	mg/L	0,2	0,2	1,0	-	
<b>Indikator Biologi</b>							
16	F. Coliform	MPN/ 100 mL	100	1000	2000	2000	
17	T. Coliform	MPN/ 100 mL	1000	5000	10000	10000	

*Sumber: PP RI Nomor 22 Tahun 2021*

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, klasifikasi dari mutu air terbagi menjadi empat (4) kelas, antara lain:

a. Kelas Satu

Peruntukan air yang digunakan sebagai bahan baku air minum atau sebagai peruntukkan yang lainnya dengan menjadikan syarat memiliki mutu air yang sama dengan air minum.

b. Kelas Dua

Peruntukan air yang digunakan sebagai sarana atau prasarana budidaya ikan, peternakan, mengairi atau irigasi lahan tanaman, rekreasi, dan sebagai peruntukan yang lainnya dengan menjadikan syarat memiliki baku mutu air yang sama.

c. Kelas Tiga

Peruntukan air yang digunakan sebagai budidaya ikan, mengairi atau irigasi lahan tanaman, peternakan, dan sebagai peruntukan yang lainnya dengan menjadikan syarat memiliki baku mutu air yang sama.

d. Kelas Empat

Peruntukan air yang digunakan untuk mengairi atau irigasi tanaman dan sebagai peruntukan yang lainnya dengan menjadikan syarat memiliki baku mutu air yang sama.

## 2.7 Daya Dukung Lingkungan

Daya dukung lingkungan adalah kemampuan dari lingkungan untuk mendukung berlangsungnya kehidupan yang terjadi di muka bumi. Terutama, dalam pemenuhan kehidupan manusia dapat menyebabkan masalah pada lingkungan khususnya pada daerah aliran sungai. Terjadinya banjir dan erosi pada musim hujan serta kekeringan pada musim kemarau, merupakan adanya tanda-tanda berkurangnya daya dukung pada lingkungan daerah aliran sungai. Sehingga dapat menyebabkan masalah dan terganggunya sistem berkelanjutan kehidupan (Ekawaty, dkk., 2018).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012, daya dukung daerah aliran sungai merupakan kemampuan dari daerah aliran sungai untuk melestarikan dan menjaga ekosistem serta semakin bertambahnya pemanfaatan sumber daya alam untuk makhluk hidup dengan cara berkelanjutan.

Menurut Ruwayari, dkk (2020), pada lingkup ekologis daya dukung lingkungan adalah total jumlah komunitas dan populasi dari sumber daya alam serta suatu manfaat yang tersedia pada ekosistem untuk dapat didukung. Faktor pengaruh adanya batas dari ekosistem tersebut untuk menjadi pendukung kehidupan yaitu

jumlah pola konsumsi yang digunakan, populasi, serta tersedianya sumber daya alam. Sehingga dalam implementasinya, daya dukung lingkungan menjadi metode untuk perhitungan yang dapat menentukan jumlah dari organisme yang hidup dan dapat didukung oleh ekosistem dengan berkelanjutan tanpa adanya kerusakan pada ekosistem. Apabila ekosistem terjadi turunnya kualitas serta adanya kerusakan, maka dapat diketahui serta ditunjukkan tanda-tanda telah melebihi batas daya dukung lingkungannya.

## **2.8 Daya Tampung Pencemaran Lingkungan**

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2020, daya tampung lingkungan hidup merupakan kemampuan pada lingkungan hidup sebagai penyerap energi, zat, dan beberapa komponen lainnya yang masuk dan/atau dimasukkannya ke lingkungan.

Menurut Rahadi, dkk (2019), daya tampung terhadap sungai pada beban pencemarannya merupakan kemampuan perairan terhadap sumber air untuk dapat menerima masuknya beban polutan tanpa menyebabkan tercemarnya kondisi air tersebut. Sedangkan beban polutan merupakan total dari jumlah unsur polutan yang terkandung pada air limbah atau didalam badan air. Kemudian terdapat indeks pencemaran yang merupakan suatu metode untuk menganalisis penentuan status mutu dari sumber air, sehingga dalam implementasinya status mutu air dengan kondisi tercemar atau baik dapat dibandingkan dengan menggunakan baku mutu air yang berlaku.

Pada analisis penentuan daya tampung dari beban pencemar dapat menjadi suatu upaya untuk mempertimbangkan pada proses pengelolaan serta kebijakan dari pengendalian tercemarnya kualitas badan air permukaan (Novita, dkk., 2022). Serta menurut Firmansyah, dkk (2021), setiap sungai memiliki daya tampung yang berbeda sehingga selisih nilai daya tampung dapat digunakan untuk menentukan daya dukung sungai. Dalam penentuannya, beban pencemar atau polutan dapat dibagi berdasarkan klasifikasinya menjadi dua (2) yaitu, beban pencemar aktual yang bersumber dari kondisi eksisting sungai dan beban pencemar maksimum yang bersumber dari beban pencemar yang diizinkan pada suatu sungai berdasarkan peruntukannya.

Penetapan daya tampung terhadap beban pencemar adalah suatu kegiatan untuk mengendalikan pencemaran terhadap air dengan menggunakan pendekatan terhadap kualitas airnya. Sehingga memiliki tujuan untuk dapat mengendalikan adanya zat yang mencemari lingkungan dari setiap sumber pencemar yang ada dan masuk pada sumber air serta dengan memiliki pertimbangan terhadap baku mutu yang berlaku dan keadaan intrinsik dari sumber air (Kurniawan, 2017).

Menurut Kurniawan (2017), secara umum terdapat beberapa faktor yang dapat digunakan untuk menentukan daya tampung dari beban pencemar, antara lain:

- a. Kondisi morfologi, hidrologi, dan hidrolika sungai serta kualitas air yang ditetapkan daya tampung dari beban pencemarnya.
- b. Kondisi meteorologi dan klimatologi sungai antara lain yaitu curah hujan, kecepatan dari angin, kelembaban dan suhu udara.
- c. Kelas air sungai berdasarkan baku mutu yang berlaku.
- d. Sumber pencemar tertentu (*point source*).
- e. Sumber pencemar tidak tentu (*non-point source*).
- f. Karakteristik kandungan zat polutan yang telah dihasilkan dari sumbernya.
- g. Pemanfaatan sungai atau badan air permukaan.
- h. Faktor pengaman atau nilai yang tidak pasti pada perhitungan. Faktor tersebut berasal dari tidak lengkapnya informasi serta data terkait morfologi dan hidrolika sungai, serta minimalnya pengetahuan dan waswasan pada karakteristik kandungan zat polutan.

## **2.9 Pemodelan Kondisi Lingkungan**

Pemodelan kondisi lingkungan, umumnya dilakukan untuk menunjukkan penyelesaian masalah dan karakteristik lingkungan yang membutuhkan penanganan rekayasa secara teknis dan sosial. Beberapa masalah pada lingkungan yang membutuhkan penanganan menggunakan pendekatan ekonomi, sosial, dan teknologi, seperti kontaminasi tanah dan pencemaran lingkungan. Pemodelan tersebut adalah bentuk representasi secara nyata dari lingkungan menggunakan bentuk persamaan, matematik, gambar, dan lainnya. Dalam perkembangan pemodelan, pada bentuk matematik untuk diimplementasikan terhadap lingkungan

ditunjukkan supaya dapat dipahami serta diselesaikan dengan cara analitik dan/atau program *software* komputer sehingga memudahkan dalam implementasinya (Purwanto & Pujiwinarko, 2021).

Menurut Purwanto & Pujiwinarko (2021), terdapat beberapa jenis model yang digunakan dalam penggambaran serta menunjukkan sistem pada lingkungan secara nyata. Berikut merupakan jenis model yang umum digunakan pada kondisi lingkungan, antara lain:

a. Model Gambar

Dalam aplikasinya digunakan sebagai penggambaran interaksi antara beberapa komponen pada sistem didalamnya.

b. Model Prosedural

Model prosedural umumnya adalah penggambaran dari beberapa langkah pada prosedur perencanaan suatu infrastruktur daerah aliran sungai, operasi unit bangunan pengolahan air limbah, dan beberapa jenis lain.

c. Model Kehandalan

Pada model tersebut digunakan teori probabilitas atau kemungkinan untuk mengevaluasi kehandalan pada suatu sistem yang akan dimodelkan.

d. Model Matematika

Model matematika telah dikembangkan dengan cara induktif dan teoritik sesuai kebijakan hukum dasar seperti biologi, kimia, dan fisika, serta digunakan sebagai penggambaran kemampuan sistem atau metode secara kuantitatif. Di dalam model tersebut terdapat beberapa persamaan untuk menghubungkan *output*, *input*, serta karakteristik sistem model, seperti model probabilitas atau stokastik dan model deterministik.

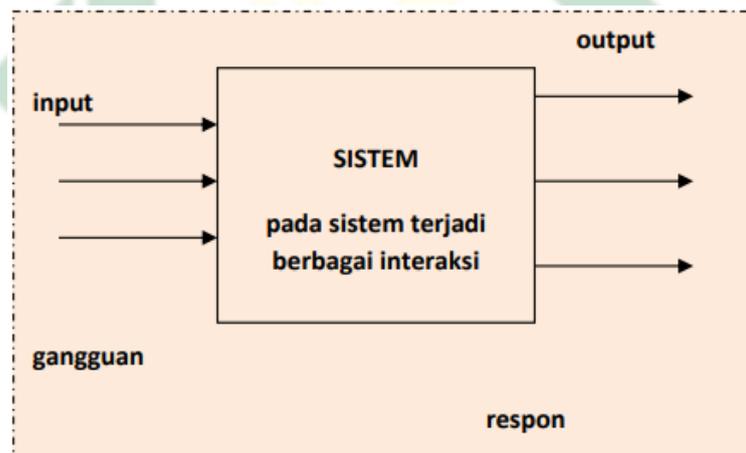
e. Model Empirik

Model empirik telah dikembangkan menggunakan hubungan antara *output* dan *input* yang didapatkan dari data dengan cara deduktif atau empirik.

f. Model Semi Empirik

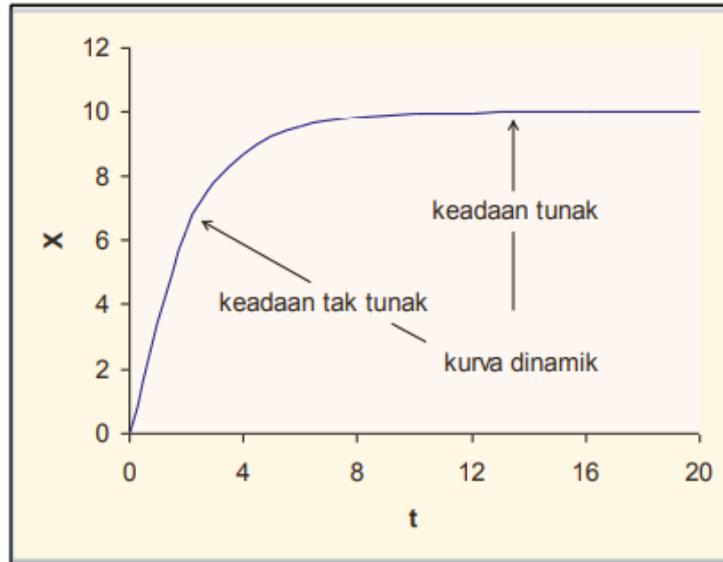
Sedangkan model semi empirik tersebut, telah dikembangkan sesuai kecenderungan dan hukum dasar antara beberapa variabel yang didapatkan dari data secara empirik.

Pada keadaan sistem lingkungan merupakan suatu bagian secara menyeluruh yang dibatasi pada kondisi disekitar, sehingga di dalamnya tersebut menjadi tempat interaksi dari beberapa unsur komponen penyusun sistem dan juga terdapat interaksi sistem dengan kondisi lingkungan sekitar. Sistem pada lingkungan umumnya seperti sungai, danau, udara, dan aliran bawah tanah dengan adanya pembatasan peninjauan pada waktu dan ruang sebagai kebutuhan dalam pemodelan (Purwanto & Pujiwinarko, 2021). Berikut merupakan pola atau bentuk interaksi antara sistem dengan kondisi lingkungan sekitar, seperti **Gambar 2.2**.



**Gambar 2.2** Pola Interaksi antara Sistem dengan Kondisi Sekitar  
*Sumber: Purwanto & Pujiwinarko, 2021*

Kondisi sistem yang diterapkan pada fungsi waktu disebut dengan kondisi statik dan dinamik. Keadaan dinamik adalah suatu sistem yang dapat berubah tergantung waktu, yang ditunjukkan dari kondisi tidak tunak hingga pada kondisi tunak (statik) (Purwanto & Pujiwinarko, 2021). Berikut merupakan kurva dinamik menuju pada keadaan statik, pada **Gambar 2.3**.



**Gambar 2.3** Kurva Kondisi Dinamik pada Sistem  
*Sumber: Purwanto & Pujiwinarko, 2021*

## 2.10 Pemodelan Kualitas Air

Model kualitas air dapat diterapkan pada berbagai jenis sistem air termasuk sungai, danau, waduk, muara, perairan pesisir, dan lautan. Model tersebut, dapat menggambarkan proses kualitas air utama dan umumnya membutuhkan *input* hidrologi dan konstituen (aliran atau volume air dan beban polutan). Beberapa model dapat mencakup istilah untuk transpor dispersif dan/atau advectif, tergantung pada karakteristik hidrologi dan hidrodinamik badan air. Transportasi advectif mendominasi pada air sungai yang mengalir. Sedangkan dispersi adalah fenomena transpor yang dominan di estuari yang mengalami pasang surut. Dalam memodelkan kualitas air dari badan air yang menerima pelepasan polutan, membutuhkan beban polutan yang akan digunakan sebagai data masukan. Pembuangan polutan dapat berasal dari *point source* dan *non-point source*. Pelepasan polutan dari *point source* lebih mudah diukur, dipantau, dan diperkirakan daripada pelepasan beban polutan *non-point source* (Loucks & Van Beek, 2017).

Kemudian menurut Loucks & Van Beek (2017), prinsip dasar model kualitas air adalah keseimbangan massa. Suatu sistem air dapat dibagi menjadi segmen atau elemen volume yang berbeda, seperti aliran atau jangkauan sungai, lapisan danau, dan segmen muara yang umumnya disebut sebagai sel komputasi. Pada setiap segmen atau sel, harus terdapat keseimbangan dari massa untuk setiap

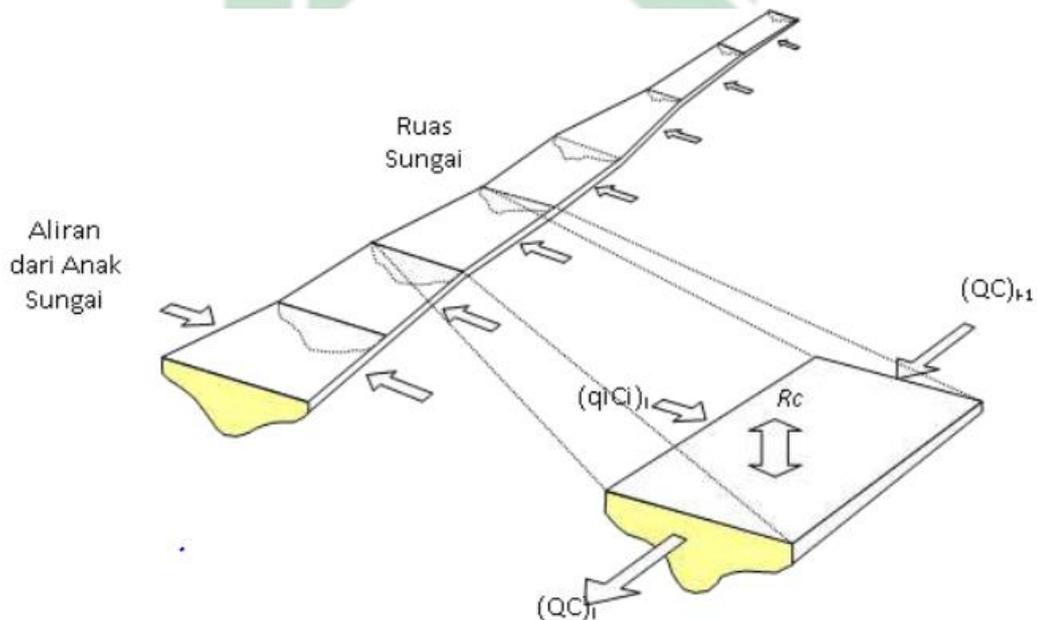
air konstituen serta kualitasnya dari waktu ke waktu. Sebagian besar model simulasi kualitas air dapat mensimulasikan kualitas selama serangkaian durasi periode waktu diskrit berturut-turut. Waktu tersebut, dibagi menjadi interval diskrit dan arusnya dapat diasumsikan secara konstan dalam setiap interval periode waktu yang telah ditentukan.

Dalam penggunaannya, model kualitas air terbagi dalam beberapa jenis berdasarkan kondisi serta tujuan yang akan dilaksanakan, antara lain seperti: *dinamyc*, *distributed*, dan *steady state model*. *Dinamyc* model umumnya menghasilkan *output* model yang terikat dengan waktu, sedangkan *distributed model* adalah model yang variabelnya menunjukkan fungsi dari waktu dan ruang yang dapat memperhitungkan distribusi dari setiap parameternya. Kemudian pada *steady state model*, memiliki sifat yang *independent* dari waktu. Umumnya, kualitas air dimodelkan dengan menentukan dan mengidentifikasi terlebih dahulu model yang sesuai dengan kondisi lingkungan dari sumber air. Jenis program yang biasa digunakan untuk memodelkan kualitas air adalah WASP, MODQUAL, QUAL2K, dan QUAL2E dengan masing-masing program menggunakan prinsip *finite difference*, dan biasa digunakan pada sistem *boundary* dari elemen badan air yang cukup rumit. Model kualitas air pada badan air permukaan yaitu sungai, menggunakan *eularian model* yang memiliki kecepatan pada unsur adveksi yang lebih mendominasi daripada unsur dispersi. Sedangkan pada badan air permukaan seperti danau dan laut, menggunakan *lagrangian model* dengan unsur dispersi dan adveksi yang saling mendominasi (Hindriani & Sapei, 2013).

Menurut Purnaditya (2020), *lagrangian model* memiliki konsep terhadap mekanika partikel fluida yang mengidentifikasi lebih spesifik pada setiap individu dari partikel yang bergerak dengan menjadikannya sebagai fungsi dari waktu. *Lagrangian* digunakan pada kondisi lingkungan dan dengan tujuan antara lain, koordinatnya dapat bergerak atau berubah dan fokus pada sifat statistik perpindahan suatu kelompok partikel. Serta pada konsep model *lagrangian* tersebut memiliki kekurangan seperti, tidak terdapat penutupan pada masalah yang ditangani, sulit untuk secara akurat menentukan statistik dari partikel yang diperlukan, dan tidak dapat digunakan pada studi kasus yang di dalamnya terdapat reaksi kimia non-linier. Sedangkan pada *eularian*, digunakan pada kondisi lingkungan dan dengan

tujuan seperti, memiliki koordinat yang tetap dan fokus pada sifat statistik kecepatan fluida. Serta memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu, statistik eulernya dengan mudah diukur, dan dapat diterapkan langsung pada keadaan yang memiliki reaksi kimia, serta tidak terdapat solusi yang valid secara umum terhadap studi kasus yang diaplikasikan.

Sedangkan menurut Yusuf (2016), perkembangan dan pertumbuhan kawasan industri dan perkotaan dapat berpengaruh pada tercemarnya sungai oleh air limbah, sehingga menyebabkan kualitas perairan menjadi menurun dan perlu adanya pengendalian serta pengelolaan pencemaran dengan memodelkan kualitas airnya sebagai antisipasi yang dilakukan. Berikut merupakan prinsip *finite difference* yang diterapkan pada model kualitas air, pada **Gambar 2.4**.



**Gambar 2.4** Prinsip *Finite Difference* Terhadap Model Kualitas Air  
 Sumber: Hindriani & Sapei, 2013

### 2.11 Pemodelan *Water Quality Analysis Simulation Program*

Dalam implementasi model kualitas air tergantung dari aplikasi yang spesifik, biaya, dan ketersediaan waktu. Model kualitas air dijelaskan oleh US-EPA sebagai alat untuk mensimulasikan pergerakan polutan dan curah hujan dari permukaan tanah melalui pipa dan saluran jaringan, unit pengolahan penyimpanan dan akhirnya ke perairan penerima. Serta model kualitas air merupakan sebagai

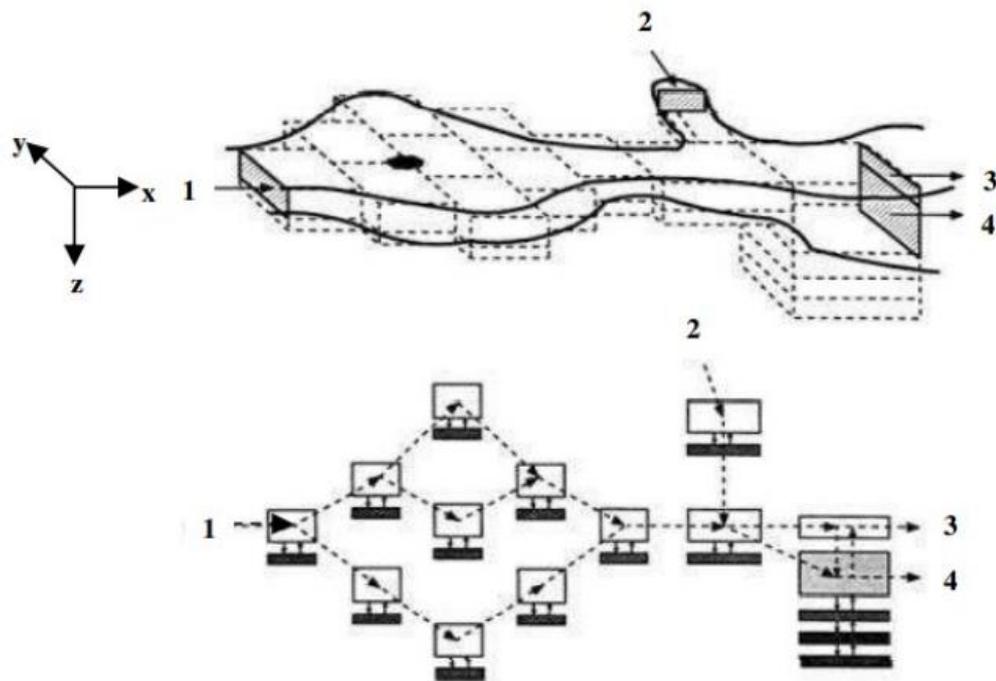
segala sesuatu yang berasal dari hubungan empiris sederhana, melalui satu set persamaan keseimbangan massa, ke suite perangkat lunak yang kompleks dimana kualitas air di sungai dan sungai dapat disimulasikan oleh pengguna, dengan menyediakan data kimia dan fisika. Kemudian, terdapat enam (6) model kualitas air yang paling umum dan dapat diakses secara bebas, termasuk; QUAL2KW; QUAL2EU; Simulasi SIMCAT DAS; program analisis kualitas air, WASP; simulasi kualitas air di sepanjang sungai, QUASAR; model keseluruhan temporal untuk DAS, TOMCAT; yang digunakan untuk mensimulasikan oksigen terlarut di sepanjang sistem sungai dan menilai masing-masing potensinya untuk digunakan dalam aplikasi (Ranjith, dkk., 2019).

*Software Water Quality Analysis Simulation Program*, dikembangkan pada tahun 1970 oleh *Hydro Science* serta dirilis pada tahun 1981. Hasil model yang dihasilkan telah digunakan dalam beberapa studi kasus oleh *Manhattan College* dan *HydroScience*. Karena telah diakui terkait utilitasnya, *software* (WASP) terus dilakukan pengembangan oleh USEPA serta tetap digunakan secara berlanjut dengan mengaitkan komputasi umum, logika program modular, dan desain teoritis. Sehingga, bentuk implementasinya menggunakan prediksi secara dinamis dengan beberapa jenis bagian penting pada kualitas air, beberapa skala temporal dan spasial. Kemudian *software* tersebut, memiliki kerangka kerja model secara diferensial, dan dapat diselesaikan dengan cara spasial, memiliki keseimbangan pada massanya, serta transportasi model dalam kondisi telah diatur dan disusun rapi dengan tujuan dapat memodelkan kualitas badan air permukaan dan sedimennya. Dalam implementasinya telah digunakan pada bermacam-macam sistem dari badan air permukaan dan telah menanggulangi dari kontaminan yang masuk ke lingkungan dari berbagai sumber. Model hasil dari WASP juga memungkinkan untuk memasukkan parameter yang dapat bervariasi menurut segmen dan mencakup beberapa variabel, seperti kecepatan angin, suhu udara, dan faktor lainnya. Parameter ini adalah variabel yang bergantung pada prediksi (untuk model kinetik tertentu), tetapi tidak diprediksi oleh model. Fungsi waktu juga tersedia untuk beberapa parameter yang menyediakan variasinya terhadap waktu (Wool, dkk., 2020).

Menurut Ranjith, dkk (2019), konsep dari model *Water Quality Analysis Simulation Program*, didasarkan pada prinsip kompartementalisasi. Di dalam setiap kompartemen, terdapat pencampuran yang cepat dan lengkap. *Software* (WASP) dapat digunakan untuk memecahkan persamaan sesuai dengan prinsip kekekalan massa. Serta, terdapat tiga (3) kelas utama pada proses kualitas air (pemuatan, transformasi, dan transportasi), dapat diwakili dalam *software* tersebut. Dari ketiga proses kualitas air, terdapat tiga (3) komponen lagi yang menjadi peran utama dengan variabilitas konsentrasi di sepanjang jangkauan sungai, dan proses tersebut meliputi: dispersi, adveksi-dispersi dan transformasi kinetik (transformasi biologis, fisik dan kimia). Di dalamnya, dapat menilai setiap komponen kualitas air dari titik *input* temporal dan spasial hingga titik ekspor dan konservasi massa dalam ruang dan waktu, yang merupakan titik akhirnya. Untuk melakukan simulasi model kualitas air pada *software* (WASP), harus memasukkan data terlebih dahulu, yang meliputi: kontrol *output*; segmentasi model; konsentrasi batas; muatan limbah sumber titik dan menyebar; parameter kinetik; konstanta, aliran deret waktu dan konsentrasi awal. Salah satu kemampuan utama (WASP), melibatkan analisis berbagai masalah kualitas air di badan air yang berbeda. Serta, bekerja dengan merangsang reaksi transportasi dan transformasi dari variabel keadaan yang diidentifikasi. Kemudian kelebihan dalam penerapannya, *software* tersebut dapat diaplikasikan secara serbaguna dalam memodelkan bahan kimia organik mencapai 25 bentuk dan dapat digunakan untuk analisis 1D, 2D, dan 3D.

Jaringan model dari *software* tersebut, terdiri dari volume kontrol yang diperluas atau segmen, serta dapat diterapkan dalam satu, dua, atau tiga dimensi dengan transportasi advectif dan dispersif antara segmen diskrit. Model kinetik (WASP), didasarkan pada seperangkat persamaan transpor dan transformasi. Transportasi advectif didorong oleh aliran air melalui jaringan komputasi tertentu. Aliran masuk membawa konsentrasi batas ke dalam jaringan, dan aliran internal mengarahkan sebagian besar konstituen di sepanjang jalur aliran tertentu melalui jaringan dan keluar dari batas hilir. Model pada kualitas air memiliki fungsi untuk penggambaran kualitas air, sebagai persiapan untuk memprediksi secara umum, serta prediksi secara spesifik (Mulla, dkk., 2019).

Berikut pada **Gambar 2.5**, merupakan sistem jaringan model atau segmentasi dari badan air permukaan yang dapat memecah menjadi beberapa bagian perairan dengan cara vertikal, longitudinal, maupun lateral. Kemudian, model dilakukan dengan melewati empat (4) proses secara umum yaitu transportasi massa beban polutan, hidrodinamika, transformasi dari kualitas air, serta toksikologi di lingkungan (Hindriani & Sapei, 2013).



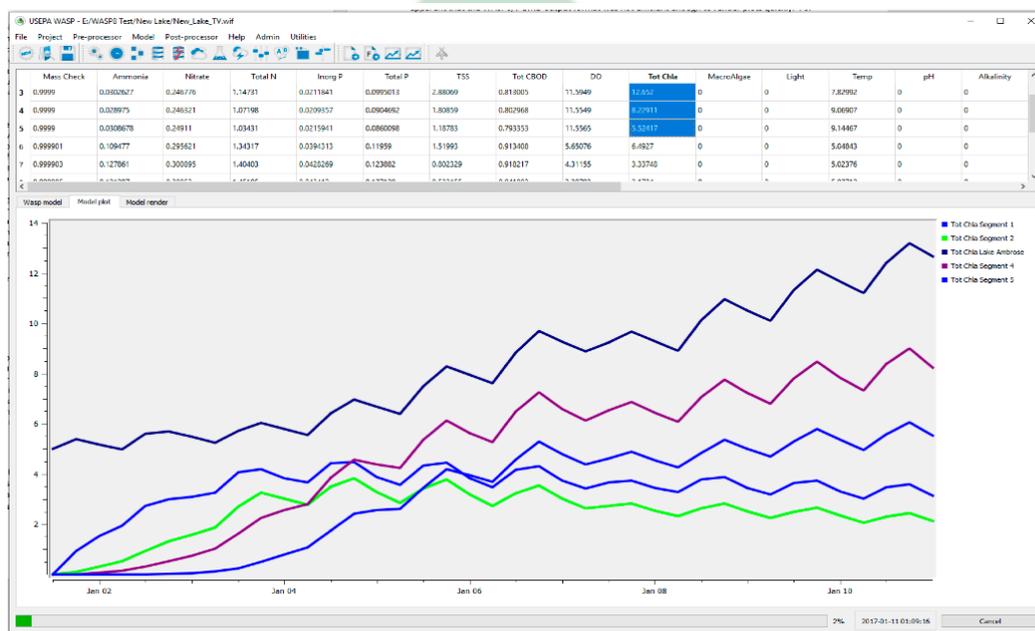
**Gambar 2.5** Sistem Jaringan Model atau Segmentasi Sungai

Sumber: Mulla dkk., 2019

*Software Water Quality Analysis Simulation Program* telah diperbarui pada versi 8.4, yang dapat memudahkan dalam pemilihan segmen perairan serta parameter dari kualitas air yang dimasukkan dapat direncanakan atau *plot* sesuai *runtime*. Kemudian pada penerapan versi 8.4, hasil simulasi model dapat diperiksa tanpa menunggu proses simulasi selesai. Sehingga, simulasi model dalam aplikasi dapat dibatalkan ketika terdapat hasil yang tidak terduga dan sesuai dengan keadaan sesungguhnya (*realistic*) (Wool, dkk., 2020).

Berdasarkan (WASP) versi 8.4, terdapat beberapa variabel yang dapat disimulasikan, seperti *Dissolved Organic Nitrogen*, *Ammonia Nitrogen*, *Nitrate*

*Nitrogen, Inorganis Phosporus, Dissolved Organic Phosporus, Inorganic Silica, Dissolved Organic Silica, Dissolved Oxygen, Biological Oxygen Demand, Phytoplankyton, Macro Algae, Macro Algae-N, Macro Algae-P, Particulate Organic Carbon, Particulate Organic Nitrogen, Particulate Organic Phosporus, Particulate Organic Silica, Particulate Organic Matter, Inorganic Solid, Salinity or Total Dissolved Oxygen, Water Temperature, Bacteria, pH, Alkalinity, Water Age, dan Tracer.* Berikut merupakan pemetaan *real time* dari *Water Quality Analysis Simulation Program*, pada **Gambar 2.6**.



**Gambar 2.6** Pemetaan *Real Time* Software (WASP)

Sumber: Wool dkk., 2020

## 2.12 Validasi Model Kualitas Air

Validasi model merupakan pembuktian bahwa suatu model dalam domain penerapannya memiliki kisaran akurasi yang memuaskan dan konsisten dengan penerapan model yang digunakan (Refsgaard & Henriksen, 2004).

Model hidrologi dan kualitas air dalam penerapannya, semakin banyak digunakan untuk mengevaluasi dampak dari iklim, penggunaan lahan, serta praktek pengelolaan lahan dan tanaman pada kuantitas dan kualitas sumber daya air. Validasi model dibutuhkan sebelum digunakan dalam penelitian atau penerapan di lapangan. Penerimaan pedoman untuk validasi model memberikan banyak

keuntungan untuk mengaplikasikan pemodelan, yang meliputi (Moriassi, dkk., 2012):

- a. Penegasan penerapan model yang konsisten, yang menghasilkan peningkatan kredibilitas studi pemodelan.
- b. Dokumentasi dan transparansi yang lebih baik dalam studi pemodelan, yang memungkinkan orang lain untuk mengaudit, merekonstruksi, mengulang, dan mereproduksi proses pemodelan dan hasilnya.
- c. Proses peninjauan yang lebih standar dan seragam dalam publikasi hasil pemodelan.
- d. Peningkatan penilaian dan perbandingan model yang berbeda diterapkan di wilayah studi yang sama, atau model yang sama diterapkan di wilayah yang berbeda.
- e. Dasar yang konsisten untuk menetapkan parameter dan rentang tipikal untuk digunakan dalam kalibrasi manual atau otomatis dan analisis ketidakpastian untuk model tertentu.
- f. Menyediakan platform untuk menangkap pengetahuan dan rekomendasi dari pengembang atau pengguna model yang berpengalaman.
- g. Menyediakan platform bagi pengembang dan pengguna model di masa depan untuk meningkatkan atau memperluas pengetahuan tentang kalibrasi dan validasi model kualitas air untuk meningkatkan kredibilitas output model.

Validasi model memiliki tujuan untuk memastikan model yang dikalibrasi dapat menghasilkan hasil evaluasi yang tepat pada kondisi hidrologi yang serupa dengan kalibrasi. Validasi model yang dapat digunakan terdiri dari 2 (dua) jenis metode perbandingan, dengan prosedur antara lain (Yuan, dkk., 2020):

- a. Perbandingan Grafis
  - (1) Plot deret waktu dari nilai yang diamati dan disimulasikan untuk fluks (aliran) atau variabel keadaan (tahapana, konsentrasi sedimen, konsentrasi biomassa).

- (2) Plot pencar, diamati dan disimulasikan dengan garis regresi linier  $45^\circ$  yang ditampilkan, untuk fluks atau variabel keadaan.
- (3) Frekuensi kumulatif distribusi fluks yang diamati dan disimulasikan atau variabel keadaan (kurva durasi aliran).

b. Perbandingan Statistik

- (1) Statistik kesalahan, misalnya kesalahan rata-rata, kesalahan rata-rata absolut, kesalahan relatif, bias relatif, kesalahan estimasi standar, persentase kesalahan dan lain-lain.
- (2) Uji korelasi, misalnya koefisien korelasi, koefisien efisiensi model fit, dan lain-lain.
- (3) Uji Distribusi Kumulatif, misalnya, *Kolmogorov-Tes Smirnov* (KS).

### 2.13 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan berdasarkan dari beberapa penelitian terdahulu yang telah diselesaikan oleh peneliti sebelumnya, sehingga dapat mendukung serta menunjang dari penelitian yang akan dilakukan. Penelitian terdahulu mengacu pada penentuan daya tampung beban pencemar terhadap badan air, dengan menggunakan *Software Water Quality Analysis Simulation Program*. Terdapat beberapa perbedaan dari penelitian terdahulu, seperti tempat dan waktu penelitian, jaringan model atau segmentasi badan air, parameter kualitas air, serta jumlah *output* model dari *software* (WASP). Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu yang bersumber dari artikel jurnal penelitian internasional dan nasional, seperti pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Tahun	Judul	Hasil Rangkuman Penelitian
1	“Kesia Nengsih, Purnaini, dan Ochi Saziati” Gus Rizki dan	2023	“Pendekatan Model WASP ( <i>Water Quality Analysis Simulation Program</i> ) pada Pencemaran Logam Berat Cd di Sungai Kapuas Kecil”	Hasil pemodelan distribusi pada saat surut mengungkapkan bahwa konsentrasi Cd meningkat secara signifikan di segmen 3-5 dan berada pada level tertinggi (0,08 mg/L) pada kondisi debit terburuk. Menurut PP 22/2021, konsentrasi Cd tidak memenuhi kriteria mutu kelas 2 ketika keadaan debit disimulasikan untuk air pasang. DTBP Sungai Kapuas Kecil di setiap segmen dihitung berdasarkan simulasi model pengurangan beban polutan 25%; 50%; 75%; dan 90%, agar target kualitas air Sungai Kapuas Kecil tetap terjaga, khususnya pada

No	Penulis	Tahun	Judul	Hasil Rangkuman Pebenelitian
				skenario penurunan beban polutan sebesar 90% pada kondisi surut dan debit minimum.
2	“Heny Hindriani, Asep Sapei, Suprihatin, dan Machfud”	2013	“Pengendalian Pencemaran Sungai Ciujung Berdasarkan Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran”	Pemodelan WASP ( <i>Water Quality Analysis Simulation Program</i> ) digunakan untuk menghitung TMDL untuk BOD, dan hasilnya dibandingkan dengan aliran standar sebagai konsekuensi dari PP 82/2001. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Ciujung pada saat debit memenuhi baku mutu sungai kelas 4 sepanjang 13,75 km dengan rata-rata TMDL 2.119,6 kg/hari, sedangkan wilayah yang tidak memenuhi kriteria berada di sepanjang 18 km. Meningkatkan debit yang dapat diandalkan untuk pelestarian ekologis dengan probabilitas 95% (9,12 m <sup>3</sup> /detik) dan mengurangi beban polutan dari sumber titik dan sumber non titik, masing-masing sebesar 80%, merupakan metode alternatif untuk mengurangi pencemaran air di Ciujung.
3	“Fanti Nur Laili dan Asep Sofyan”	2017	“Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Citarum Hilir Di Karawang Dengan WASP”	Di hilir Sungai Citarum, pencemaran BOD telah teridentifikasi baik dari sumber titik maupun non titik. sepanjang 17,7 kilometer. WASP menentukan beban harian maksimum keseluruhan BOD. Bagian hilir Sungai Citarum (Bendungan Walahar - Jl. Rumah Sakit) tercemar, mulai dari yang kecil sampai yang besar. Hasil kalibrasi BOD menunjukkan bahwa RSME adalah 1,47 mg/L dan RE adalah 21,8%. Penurunan BOD pada musim hujan (maksimum) mencapai 91,8% dari musim kemarau, sesuai temuan pemodelan WASP pada kisaran debit yang dapat diandalkan (Q70%) (minimum). Pada aliran terendahnya, hilir Sungai Citarum tidak dapat memenuhi kriteria kualitas pertama, kedua, ketiga, dan keempat sepanjang bentangan 17,7 Kilometer (1,6 m <sup>3</sup> /s). Dengan TDML sebesar 2816,06 kg per hari dan 2799,90 kg per hari sepanjang 5.734 km, Sungai Citarum pada debit tertingginya (42,5 m <sup>3</sup> /s) memenuhi persyaratan mutu kelas empat, meningkat 32,39%.
4	“Ivnaini Andesgur, Imam Suprayogi dan Pipi Handrianti”	2018	“Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Air Sungai Menggunakan Pendekatan <i>Water Quality Analysis</i> ”	Hasil Pemodelan WASP7.3 Kapasitas Beban Pengepungan Siak Hilir Kabupaten Siak pada debit terendah untuk parameter BOD sebesar -68.877,82 kg/hari, COD sebesar -300.242,11 kg/hari, dan TSS sebesar -169.065,78 kg/hari berturut-turut, dimana tanda negatif (-) menunjukkan bahwa beban pencemaran melebihi kapasitas sungai. Karena semua segmen DAS Siak hilir Kabupaten Siak melebihi kelas yang dipersyaratkan untuk kelas

No	Penulis	Tahun	Judul	Hasil Rangkuman Pebenelitian
			<i>Simulation Program (WASP)7.3 (DAS Siak Bagian Hilir Kabupaten Siak)</i>	II, maka parameter BOD merupakan parameter reduksi terbesar. Dengan mengurangi setiap parameter pencemaran sebesar 75%, DAS Siak di hilir Kabupaten Siak dapat menangani beban pencemar berdasarkan baku mutu kelas II. BOD 12.134,95 kg/hari, COD 12.958,94 kg/hari pada 50%, dan TSS 36.280,66 kg/hari pada 25%.
5	“Annisa Amelia”	2022	“Pemodelan Kualitas Air Sub-DAS Citarum Hulu Rancamanyar-Daraulin Kabupaten Bandung Menggunakan WASP 8 (Water Quality Analysis Simulation Program)”	Alokasi beban polusi yang dihasilkan untuk parameter BOD saja adalah 742 kg/hari sebagai konsekuensi dari identifikasi sumber titik dan alokasi beban polusi. Polutan dari Sumber Non-Titik Total alokasi beban polusi dari sektor rumah tangga (BOD=96.313 kg/hari, COD=132.430 kg/hari, TSS=91.497 kg/hari), dan sektor pertanian (BOD=331,6 kg/hari, COD = 497,5 kg/hari, TSS=0,7 kg/hari), menurut statistik ini, lebih besar. Pengurangan beban pencemaran sebesar 95% memungkinkan Sub-DAS Citarum Hulu Rancamanyar-Daraulin mencapai tujuan memenuhi kriteria kualitas beban pencemaran kelas II.
6	“Achmad Diansyukma, Sri Puji Saraswati, dan Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah”	2021	“Analysis of the Carrying Capacity and the Total Maximum Daily Loads of the Karang Mumus Sub-watershed in Samarinda City Using the WASP Method”	Dengan tujuan untuk menentukan daya dukung pencemar, beban eksisting, dan alokasi limbah B3, penelitian ini dilakukan di Sub DAS Karang Mumus dengan menggunakan pendekatan BOD sebagai kriteria kualitas air. Simulasi pemodelan WASP menunjukkan bahwa keseluruhan kapasitas pembawa beban polutan segmen agregat adalah 5.670 kg/hari. Menunjukkan beban saat ini, yaitu sekitar 3.605 kg per hari, serta kapasitas margin untuk menyerap polutan sebesar 2.065 kg per hari. Selain itu, distribusi beban polutan berbeda untuk setiap segmen, dengan 2, 3, dan 4 terlihat menurunkan polutan masing-masing sebesar 390, 220, dan 10 kg/hari. Segmen 1 dan 5 mungkin masih menerima beban polusi masing-masing hingga 1.740 dan 945 kg per hari.
7	“Nicolas Obin, Hongni Tao, Fei Ge dan Xingwang Liu”	2021	“Research on Water Quality Simulation and Water Environmental Capacity in Lushui River Based on WASP Model”	Awalnya, menghitung beban polutan menggunakan rumus metode FLUX dan model WASP sebagai alat. Pendekatan analisis sensitivitas, metode desain ortogonal, dan metode <i>trial-and-error</i> diterapkan selama prosedur kalibrasi. Kedua, menggunakan data pemantauan kualitas air yang disediakan oleh Biro Lingkungan Ekologi Zhuzhou untuk mengkonfirmasi temuan tersebut. Setelah itu, ditentukan daya tampung lingkungan air Sungai Lushui menggunakan model WASP. Nilai (COD), amonia nitrogen, dan fosfor total dihitung. Nilai COD masing-masing adalah

No	Penulis	Tahun	Judul	Hasil Rangkuman Pebenelitian
				14.072,94 ton/tahun, 17.147,7 ton/tahun, dan 10.998,18 ton/tahun. Temuan menunjukkan penerapan model WASP, ketergantungan, dan potensi sebagai alat yang berguna untuk mengelola dan memprediksi kualitas air di wilayah ini.
8	“J. Jiang, T. Ri, T. Pang, Y. Wang, dan P. Wang”	2019	“Water Quality Management Of Heavily Contaminated Urban Rivers Using Water Quality Analysis Simulation Program”	Hasil menunjukkan bahwa CODCr dan NH3 -N perlu dikurangi menjadi sekitar 462,47t/a dan 5,2t/a di Zhujia-Acheng down reach dan 282,42 t/a dan 9,25t/a Acheng down-Chenggaozi town reach, masing-masing di bawah 90 % keandalan desain hidrologi untuk menjaga kualitas air pada kelas-IV. CODCr dan NH3-N dari tiga parit harus dikontrol secara ketat sepanjang tahun. Beberapa karakteristik temporal-spasial yang menarik dari kelebihan kapasitas lingkungan juga ditemukan dalam penelitian ini. Studi ini memberi pemerintah daerah pengukuran teknis dan rekomendasi kebijakan untuk pengolahan badan air yang sangat terkontaminasi. Kedepannya, pengelolaan kualitas air sungai pada musim dingin perlu mendapat perhatian khusus
9	“Liu Zhan, Zhang Qingmei, Xiang Renjun, dan Zheng Yi”	2012	“Cadmium pollution load calculation and allocation of Xiangjiang River Located in Zhuzhou District during Wet Period”	Berdasarkan data pemantauan kualitas air dan sedimen dari perwakilan penampang Sungai Xiangjiang di distrik Zhuzhou pada Agustus 2010 dan bahan lainnya, konsentrasi Cd dari bagian tersebut disimulasikan dengan menggunakan model WASP 7 dan beban pencemaran Cd dihitung dan dialokasikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi konsentrasi Cd direproduksi oleh model WASP 7. Pada bulan Agustus aliran kadmium sungai di hulu adalah 2.446,33 kg, dan aliran di hilir adalah 3.076,44 kg, dengan selisih kisaran 630,12 kg, dengan beban sumber titik 241,67 kg, , terhitung 38,4%, beban sumber non-titik 304,49 kg, terhitung 48,3%, beban endogen 83,96 kg, terhitung 13,3%.
10	“A S Tofani, dan M P Hadi”	2020	“Total Maximum Daily Load Of Bod In Urbanized Belik River, Yogyakarta”	Penelitian bertujuan untuk mengetahui beban limbah dan kapasitas BOD. Kuantitatif deskriptif dengan analisis spasial digunakan. Penentuan sampel dengan membagi wilayah studi menjadi lima segmen berdasarkan variasi sumber pencemar dan arah aliran drainase. Pengambilan sampel air dan pengukuran morfologi sungai dilakukan secara purposive, kualitas air diambil dengan cara grab sampling. Data diolah menggunakan <i>Water Quality Analysis Simulation Program</i> (WASP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kali Belik tidak

No	Penulis	Tahun	Judul	Hasil Rangkuman Pebenelitian
				dapat menampung beban sampah. Segmen satu harus menurunkan BOD sebesar 22,41 kg/hari, sedangkan segmen kedua tidak perlu menurunkan beban. Segmen tiga harus turun sebanyak 5,73 kg/hari, segmen empat sebesar 35,81 kg/hari dan segmen lima sebesar 61,16 kg/hari. Pengurangan beban limbah dapat dilakukan dengan mengurangi beban pencemaran yang mengalir ke sungai.

*Sumber: Diolah dari berbagai sumber, 2023*



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif serta menggunakan pendekatan kuantitatif untuk menentukan parameter uji kualitas air sungai seperti total *coliform*, *biological oxygen demand*, nitrat, *total suspended solid*, pH, dan temperatur yang dibandingkan dengan mutu air pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Kemudian, pada perhitungan beban pencemar rata-rata menurut pada *Pollutan Load Unit* (PLU) limbah hasil industri, kegiatan domestik, dan pertanian sekitar sungai serta hasil perhitungan daya tampung beban pencemar sungai.

Penelitian deskriptif merupakan jenis dari penelitian yang mendeskripsikan peristiwa atau kejadian secara aktual dan faktual. Sedangkan, pendekatan kuantitatif merupakan pendekatan yang menggunakan dan membutuhkan angka dari mengumpulkan data, menafsirkan data, dan menampilkan hasil datanya (Jayusman & Shavab, 2020).

Penentuan pengambilan sampel air sungai menggunakan metode *grab sample* pada setiap segmen sungai secara *composite sample* pada permukaan dan dasar kedalaman sungai pada satu waktu. *Grab sample* adalah metode pengambilan air secara langsung pada lokasi tertentu di badan air permukaan yang dipantau serta hanya dapat memberikan gambaran karakteristik air ketika pengambilan sampel dilakukan (Setiawan, dkk., 2021).

#### **3.2 Waktu dan Lokasi Pelaksanaan Penelitian**

##### **3.2.1 Waktu Pelaksanaan Penelitian**

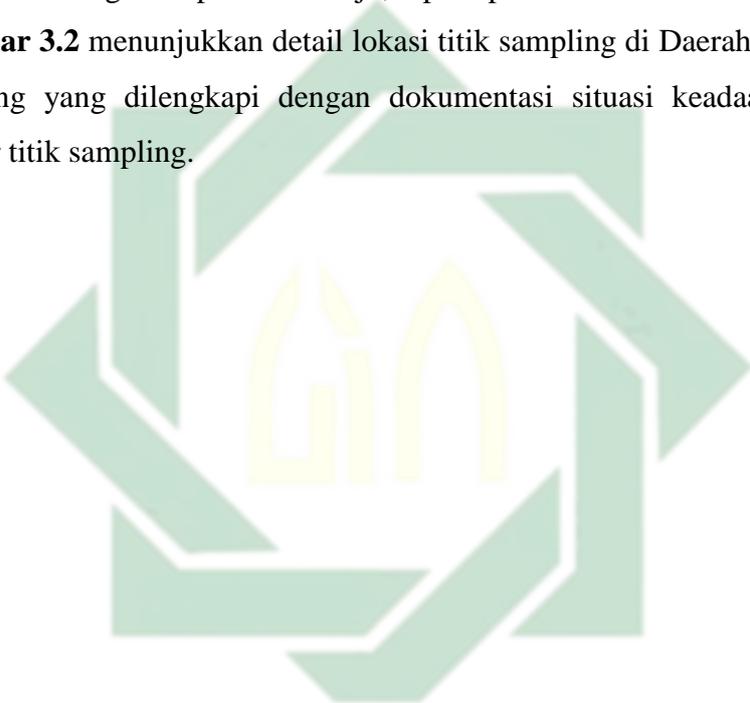
Penelitian dimulai pada minggu ke-2 bulan Maret 2023 sampai minggu ke-4 bulan Juni 2023 selama 4 (empat) bulan dari observasi lapangan sampai penyusunan laporan tugas akhir.

##### **3.2.2 Lokasi Pelaksanaan Penelitian**

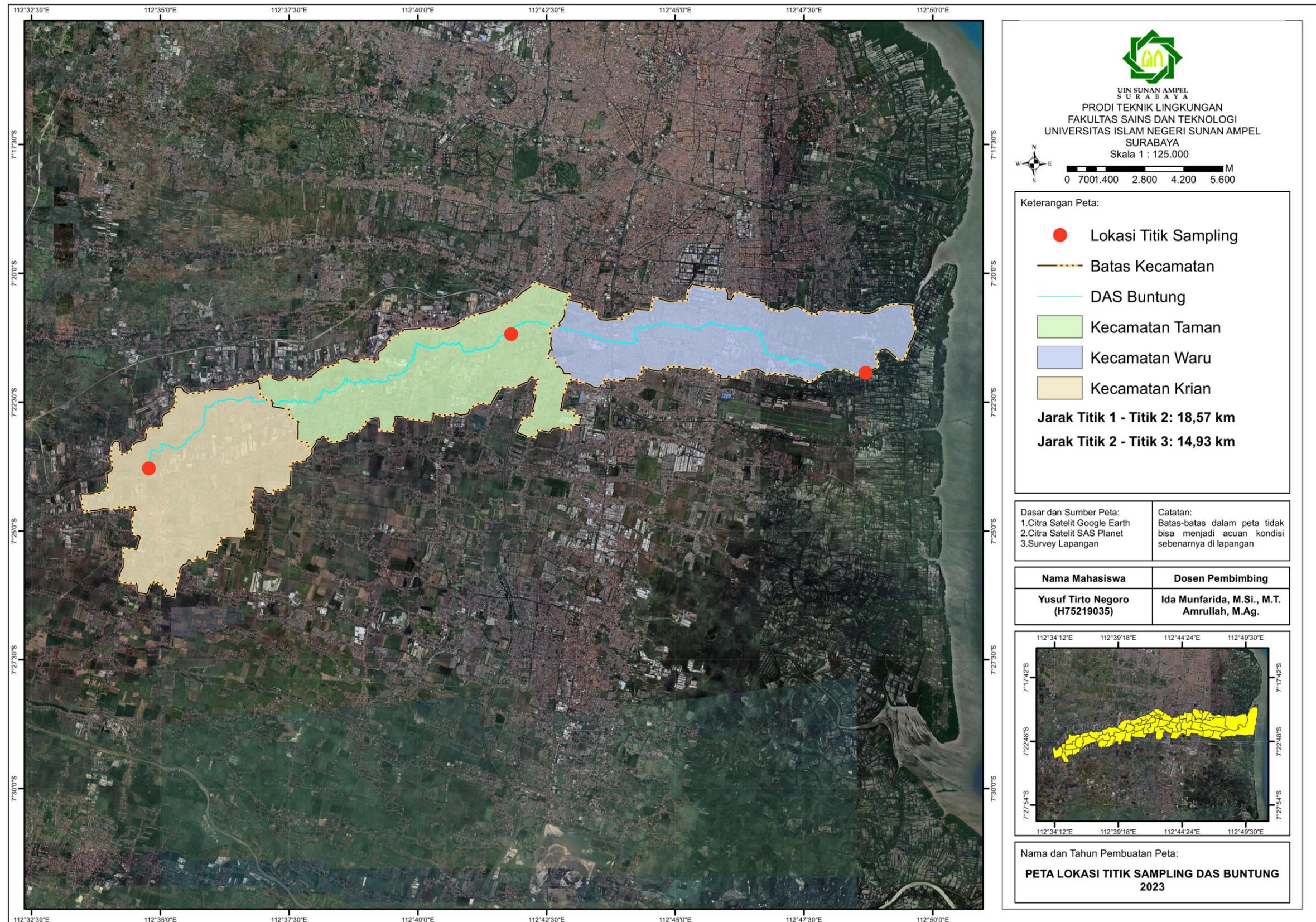
Penelitian dilaksanakan di Daerah Aliran Sungai Buntung Kabupaten Sidoarjo dengan panjang 39,3 km. Tepatnya dimulai pada hulu Kecamatan Krian

(Segmen 1), kemudian Kecamatan Taman (Segmen 2), dan berakhir pada hilir Kecamatan Waru (Segmen 3) dengan hasil pengamatan lokasi tersebut merupakan wilayah kawasan pertanian, pemukiman, dan industri. Kemudian, pembagian segmen penelitian berdasarkan batas dari administrasi setiap kecamatan, sumber beban pencemar, tempat mengambil sampel air, dan masukan dari cabang sungai.

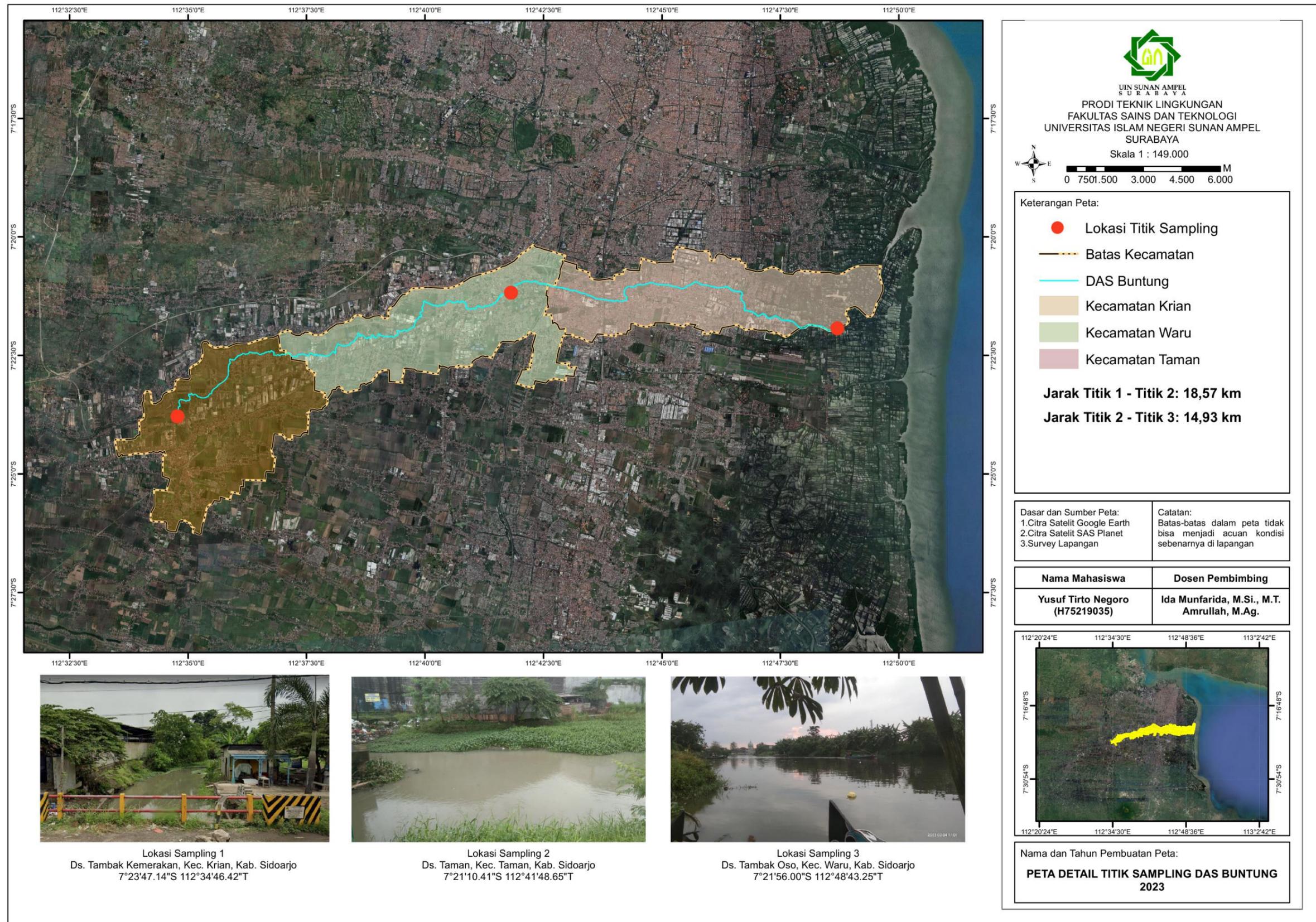
Berikut merupakan lokasi pelaksanaan penelitian di Daerah Aliran Sungai Buntung Kabupaten Sidoarjo, seperti pada **Gambar 3.1**. Kemudian, pada **Gambar 3.2** menunjukkan detail lokasi titik sampling di Daerah Aliran Sungai Buntung yang dilengkapi dengan dokumentasi situasi keadaan lingkungan sekitar titik sampling.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



Gambar 3.1 Peta Lokasi Daerah Aliran Sungai Buntung



Gambar 3.2 Peta Detail Lokasi Titik Sampling

Lokasi titik sampling ditentukan berdasarkan SNI 6989.57:2008 Tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan, dan diperkirakan oleh peneliti telah dapat mewakili dari setiap penggunaan air Daerah Aliran Sungai Buntung serta mudahnya lokasi titik sampling untuk dijangkau. Kemudian, pengambilan sampel di lokasi titik sampling 1 dan 2 menggunakan pertimbangan dari kondisi sekitar lokasi titik sampling yang ditentukan berdasarkan jembatan sebagai infrastruktur fasilitas sungai, dengan tujuan pertimbangan kemudahan dalam pelaksanaannya dengan secara pasti dapat diidentifikasi titik pengambilan sampelnya serta keselamatan ketika mengambil sampel berdasarkan SNI 03-7016-2004. Sedangkan, pada titik sampling 3 terletak pada hilir sungai yang hampir mendekati muara dan tidak diketahui dari pertimbangan sarana pengambilan sampel, seperti jembatan, pos pengukur debit air, dan bendung. Maka, pelaksanaan pengambilan sampel pada titik 3 menggunakan sarana perahu untuk memudahkan proses pengambilan sampel air dan pengukuran debit air yang mengalir.

Daerah Aliran Sungai Buntung memiliki panjang sekitar 39,3 km dari hulu sungai hingga muara sungai yang masih merupakan dari bagian sungai (DAS). Sungai tersebut, mengalir dari Kecamatan Krian menuju Kecamatan Taman dan berakhir pada muara sungai yang terletak di Kecamatan Waru. Berikut merupakan lokasi titik sampling kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung:

a. Lokasi Titik Sampling 1

Lokasi pengambilan sampel air terletak pada Desa/Kelurahan Tambak Kemerakan, Kecamatan Krian. Kecamatan Krian tersebut, memiliki jumlah penduduk sekitar 129.623 jiwa dengan kepadatan penduduk  $3.987 \text{ jiwa/km}^2$  (Badan Pusat Statistik, 2022).

Pada lokasi titik sampel 1, merupakan hulu dari Daerah Aliran Sungai Buntung yang berasal dari anak sungai, yaitu Sungai Brantas. Pengambilan sampel pada titik lokasi tersebut, menggunakan dasar pertimbangan hulu (DAS) untuk mengetahui konsentrasi kualitas airnya secara alami atau dari sumber alami

sebagai stasiun dasar (*baseline station*) yang belum terdapat banyak masukan beban pencemar. Lokasi titik sampling pada hulu Sungai Buntung tersebut, terletak pada kawasan penggunaan lahan yang didominasi oleh area persawahan dan sebagian lainnya merupakan area pemukiman. Lokasi titik sampling 1 berada pada titik koordinat  $7^{\circ}23'47.14''S$   $112^{\circ}34'46.42''T$ , tepat pada hulu Daerah Aliran Sungai Buntung. Pengambilan sampel air dilaksanakan pada pagi hari pukul 09.00 WIB dan dengan memastikan kondisi cuacanya cerah. Dan diketahui jarak lokasi titik sampling 1 sampai lokasi titik sampling 2 sekitar 18,57 km.

b. Lokasi Titik Sampling 2

Lokasi pengambilan sampel air terletak pada Desa/Kelurahan Taman, Kecamatan Taman. Kecamatan Taman tersebut, memiliki jumlah penduduk sekitar 204.374 jiwa dengan kepadatan penduduk  $2.772$  jiwa/km<sup>2</sup> (Badan Pusat Statistik, 2022).

Pada lokasi titik sampel 2, merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai Buntung yang aliran airnya berasal dari hulu pada Kecamatan Krian. Pengambilan sampel pada titik lokasi tersebut, menggunakan dasar pertimbangan adanya pengaruh dari kegiatan domestik maupun non-domestik yang menyebabkan berubahnya kualitas air pada sungai. Dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh dari kegiatan manusia terhadap konsentrasi kualitas air sebagai stasiun dampak (*impact station*) yang telah terdapat banyak masukan beban pencemar. Lokasi titik sampling 2 pada bagian Sungai Buntung tersebut, terletak pada kawasan penggunaan lahan yang didominasi oleh area pemukiman, area perkebunan dan sebagian lainnya merupakan area industri. Lokasi titik sampling 2 berada pada titik koordinat  $7^{\circ}21'10.41''S$   $112^{\circ}41'48.65''T$ , tepat pada jembatan dibelakang area industri dan pemukiman. Pengambilan sampel air dilaksanakan pada siang hari pukul 11.00 WIB dan dengan memastikan kondisi cuacanya cerah. Dan

diketahui jarak lokasi titik sampling 2 sampai lokasi titik sampling 3 sekitar 14,93 km.

c. Lokasi Titik Sampling 3

Lokasi pengambilan sampel air terletak pada Desa/Kelurahan Tambak Oso, Kecamatan Waru. Kecamatan Waru tersebut, memiliki jumlah penduduk 199.292 jiwa dengan kepadatan penduduk 8.788 jiwa/km<sup>2</sup> (Badan Pusat Statistik, 2022).

Pada lokasi titik sampel 3, merupakan hilir dari Daerah Aliran

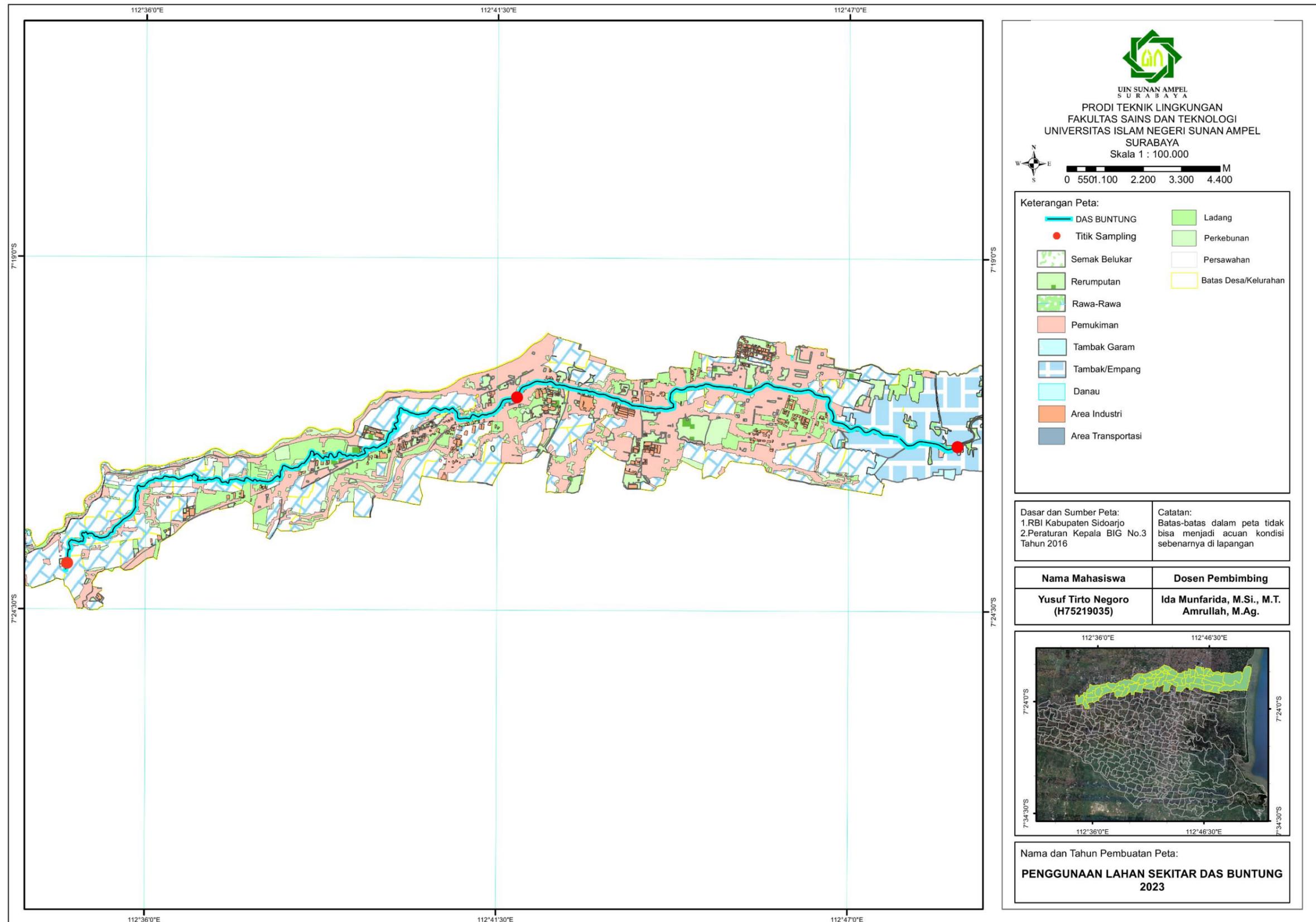
Sungai Buntung yang aliran airnya berasal dari bagian sungai di Kecamatan Taman. Pengambilan sampel pada titik lokasi tersebut, menggunakan dasar pertimbangan hilir sungai memiliki resiko yang lebih besar terhadap kontaminan beban pencemar, sehingga perlu adanya pemantauan secara intens dari kualitas airnya apabila dimanfaatkan. Dengan tujuan untuk mengetahui perubahan dari kualitas air di hilir sungai yang aliran airnya telah melewati dari beberapa area industri, pemukiman, serta pertanian. Lokasi titik sampling 3 pada bagian Sungai Buntung tersebut, terletak pada kawasan penggunaan lahan yang didominasi oleh area tambak, area rawa-rawa dan sebagian lainnya merupakan area pemukiman. Lokasi titik sampling 3 berada pada titik koordinat 7°21'56.00"S 112°48'43.25"T, tepat pada hilir sungai setelah adanya pemukiman dan disamping area tambak dan/atau budidaya perikanan. Pengambilan sampel air dilaksanakan pada siang hari pukul 12.00 WIB dan dengan memastikan kondisi cuacanya cerah. Sifat beban pencemar yang masuk pada sungai, terutama pada hilir sungai dapat bertahan bahkan terakumulasi dengan tenggat waktu jam sampai harian.

Berikut merupakan tata penggunaan lahan di sekitar wilayah Daerah Aliran Sungai Buntung Kabupaten Sidoarjo, pada **Gambar 3.3**.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



**Gambar 3.3** Peta Penggunaan Lahan Sekitar (DAS) Buntung



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

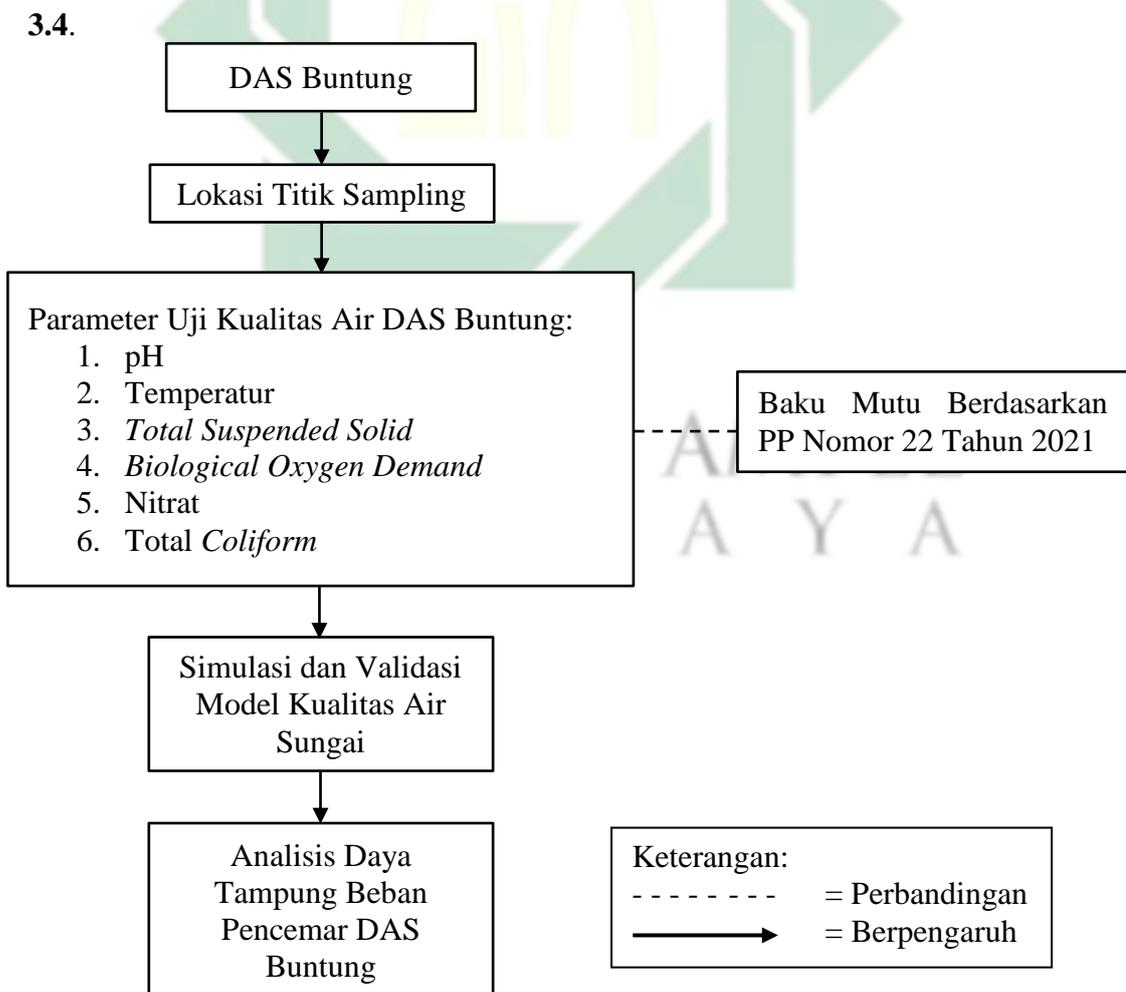
UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini membutuhkan alat dan bahan dalam pengambilan sampel air, antara lain: *cooler box*, tali, *water sampler (horizontal atau vertical)*, *current meter*, ember, jerigen air, pH meter *digital*, termometer air *digital*, GPS, alat pelindung diri, dan alat tulis.

### 3.4 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir penelitian diperlukan untuk mengetahui alur secara sistematis. Dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang optimal serta maksimal sesuai ruang lingkup dan tujuan pelaksanaan penelitian, sehingga dapat mempermudah dalam proses pelaksanaan penelitian. Kerangka penelitian disusun serta digunakan sebagai pedoman dalam melaksanakan penelitian, dan dapat menjadi batasan terhadap adanya kesalahan atau resiko pada pelaksanaan penelitian. Berikut merupakan diagram kerangka pikir penelitian pada **Gambar 3.4**.

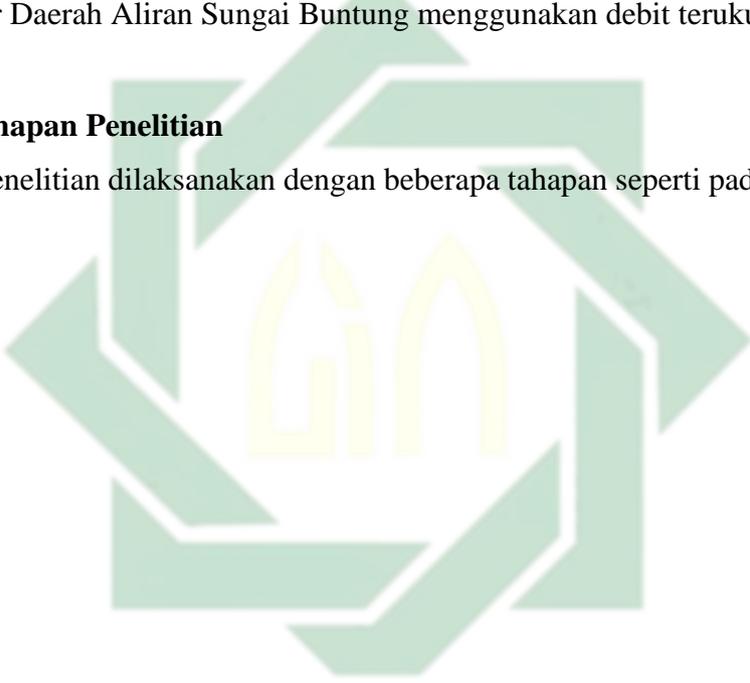


**Gambar 3.4** Diagram Kerangka Pikir Penelitian

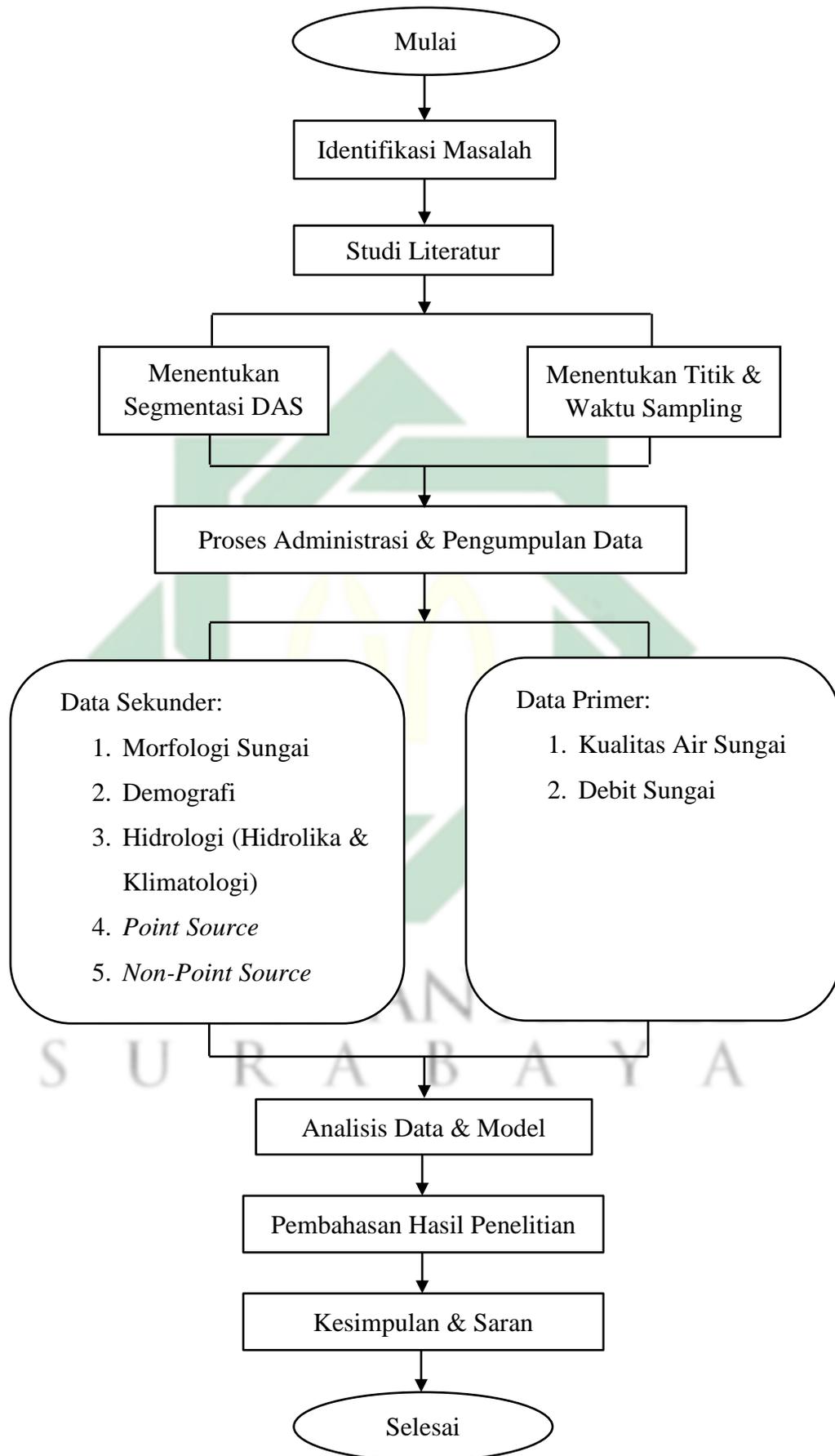
Penelitian dilaksanakan pada setiap lokasi titik sampel di Daerah Aliran Sungai Buntung untuk mengambil air sampel yang akan diuji parameter kualitas airnya, yaitu *Biological Oxygen Demand*, *Total Suspended Solid*, Nitrat, pH, Temperatur, dan *Total Coliform*. Kemudian, hasil uji parameter air sungai dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Kemudian, hasil uji kualitas air dimasukkan dalam *software Water Quality Analysis Simulation Program* serta dilakukan validasi terhadap model kualitas air sungai yang dihasilkan. Selanjutnya, dilakukan analisis daya tampung beban pencemar Daerah Aliran Sungai Buntung menggunakan debit terukur.

### 3.5 Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan beberapa tahapan seperti pada **Gambar 3.5** berikut:



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



**Gambar 3. 5** Diagram Tahapan Penelitian

### **3.5.1 Tahap Persiapan**

Tahap persiapan, meliputi dari identifikasi masalah dengan observasi pada rencana lokasi penelitian. Kemudian, melaksanakan studi literatur pada objek hasil dari identifikasi masalah yang digunakan untuk menentukan segmentasi Daerah Aliran Sungai Buntung dan lokasi serta waktu sampling. Dengan diikuti dengan penyusunan proposal pengajuan izin yang ditujukan ke kantor dinas atau lembaga terkait, untuk memperoleh data sekunder serta mengurus administrasi pengajuan dengan surat pengantar dari universitas dan Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Provinsi Jawa Timur. Studi literatur dilaksanakan menggunakan sumber dari artikel penelitian, skripsi, tesis, buku dan peraturan.

### **3.5.2 Tahap Pelaksanaan**

Tahap pelaksanaan penelitian memuat pengumpulan data sekunder yang dilaksanakan melalui, permohonan permintaan data pada Balai Besar Wilayah Sungai Brantas; Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Kelas 1 Juanda Sidoarjo; Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Sidoarjo; Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Sidoarjo; Dinas Perumahan Permukiman Cipta Karya dan Tata Ruang Kabupaten Sidoarjo; dan Dinas Pangan dan Pertanian Kabupaten Sidoarjo; serta dengan beberapa studi literatur yang digunakan untuk mendukung data yang belum didapatkan. Sedangkan untuk data primer, diperoleh melalui uji kualitas air sungai dari beberapa parameter kimia, fisika, dan biologi serta analisis saat pelaksanaan penelitian dilakukan pada setiap lokasi titik sampling untuk memperoleh debit air sungai.

### **3.5.3 Tahap Penyusunan Laporan**

Tahap penyusunan laporan memuat dari menganalisa serta membahas hasil analisis kualitas air sungai. Analisa bertujuan untuk dapat mengetahui dan menghitung beban pencemar sungai dari setiap sumbernya, mengetahui data hidrologi sungai (hidrolika, klimatologi dan debit terukur), dan mengetahui kualitas air sungai dari hasil uji laboratorium. Selanjutnya data yang telah diketahui, dimasukkan dalam *software* untuk dimodelkan dengan *Water Quality*

*Analysis Simulation Program*. Kemudian, dilakukan validasi model dari data yang telah dimasukkan dengan metode beberapa metode yaitu MAD, MSE, dan MAPE, sehingga model dapat disimulasikan untuk mengukur tingkat kesalahan dalam hasil model.

Tahap selanjutnya, menentukan beban pencemar Daerah Aliran Sungai Buntung yang akan dibandingkan dengan Baku Mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Kemudian, dilakukan penentuan daya tampung beban pencemaran dari Daerah Aliran Sungai Buntung.

Tahap terakhir pada penyusunan laporan adalah memberikan kesimpulan dan saran, sehingga dapat bermanfaat dalam berbagai aspek terutama terhadap keberlanjutan ekosistem perairan Daerah Aliran Sungai Buntung di Kabupaten Sidoarjo.

### **3.6 Prosedur Penelitian**

Pada penelitian analisis model kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung perlu dilakukan penentuan kualitas air di sungai dengan variasi jarak pengambilan sampel yang berbeda berdasarkan dari penentuan titik sampling. Hasil pengambilan sampel, tersebut akan diuji sesuai parameter kimia, fisik, dan biologi yang dipilih sesuai pada *Software Water Quality Analysis Simulation Program* Versi 8. Kemudian, hasil sampel akan diuji parameternya di Laboratorium PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

#### **3.6.1 Identifikasi Permasalahan Sungai**

Identifikasi dilaksanakan untuk mengetahui masalah secara objektif dan aktual di Daerah Aliran Sungai Buntung Kabupaten Sidoarjo. Identifikasi yang dilakukan memiliki tujuan untuk menganalisis kualitas air sungai akibat emisi beban pencemar dari berbagai sumber di sekitar Daerah Aliran Sungai Buntung.

#### **3.6.2 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh teori yang memadai dan menunjang pelaksanaan penelitian. Literatur utama yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari artikel jurnal penelitian (internasional dan nasional),

peraturan perundang-undangan, Standar Nasional Indonesia (SNI), buku, dan tugas akhir yang berhubungan dengan penelitian terkait penentuan daya tampung perairan, pemodelan kualitas air sungai, dan penggunaan *Software Water Quality Analysis Simulation Program*. Literatur penunjang yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data dari instansi terkait dan *manual book WASP 8 (Water Analysis Simulation Program)*.

### 3.6.3 Observasi Sungai

Observasi pada sungai dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui keadaan serta situasi sungai, sebagai penunjang penentuan dari sumber pencemar yang masuk pada sungai. Sehingga, dapat mengetahui serta menentukan lokasi titik sampling yang mudah dijangkau berdasarkan sarana fasilitas sungai untuk mengambil sampel air. Berikut merupakan contoh penentuan lokasi titik sampling di sungai berdasarkan sumbernya, pada **Gambar 3.6**.



**Gambar 3.6** Contoh Penentuan Titik Lokasi Sampling di Sungai  
*Sumber: SNI 6989.57:2008*

Berdasarkan SNI 6989.57:2008, menentukan lokasi titik sampling pada sungai meninjau dari sumber air alamiah, peruntukannya, dan lokasi air masuk ke laut atau hilir. Maka pada penelitian ini, lokasi titik sampling 1 ditentukan pada sumber alami yang belum tercemar oleh beban polutan, tepatnya pada hulu

Daerah Aliran Sungai Buntung. Sedangkan, penentuan lokasi sampling 2 ditentukan pada bagian sungai yang terdapat masuknya beban pencemar. Dan penentuan lokasi titik sampling 3, ditentukan pada hilir sungai sebagai akhir dari masuknya beban pencemar serta masuknya air menuju lautan.

#### 3.6.4 Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder untuk mendeskripsikan kondisi eksisting Daerah Aliran Sungai Buntung. Detail masing-masing data adalah sebagai berikut:

a. Data Primer

Data primer didapatkan dari hasil sampling dan pengujian kualitas air di Laboratorium PDAM Surya Sembada Kota Surabaya meliputi parameter *Biological Oxygen Demand*, Nitrat, *Total Suspended Solid*, dan *Total Coliform*. Sedangkan, untuk parameter temperatur dan pH air sungai di uji secara *on the spot* pada setiap titik pengambilan sampel air, serta diikuti dengan pengukuran debit air sungai.

b. Data Sekunder

1) Data Morfologi Sungai

Data morfologi sungai didapatkan dari citra satelit *Google Earth*, *SAS Planet* dan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Brantas, meliputi data geometri, sistem, dan hidrograf sungai.

2) Data Demografi

Data demografi didapatkan dari Badan Pusat Statistika (BPS) Kabupaten Sidoarjo, meliputi data penduduk dari Kecamatan Krian, Taman, dan Waru.

3) Data Hidrologi

Data hidrologi didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air (PU SDA) Kabupaten Sidoarjo meliputi debit curah hujan dan data klimatologi lainnya diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kelas 1 Juanda.

4) Data Hidrolika Sungai

Data hidrolika sungai didapatkan dari jurnal dan citra satelit *Google Earth*, meliputi koefisien *manning* yang merupakan angka kekasaran (hambatan) pada saluran sungai.

5) Data *Point Source*

Data *Point Source* didapatkan dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) Kabupaten Sidoarjo, meliputi data konsentrasi beban pencemar dari setiap industri yang membuang limbahnya di aliran sungai.

6) Data *Non-Point Source*

Data *Non-Point Source* didapatkan dari Dinas Perumahan Permukiman Cipta Karya dan Tata Ruang, serta Dinas Pangan dan Pertanian Kabupaten Sidoarjo, meliputi wilayah lokasi penduduk yang berpotensi memberikan beban pencemar dan luas lahan serta penggunaan lahan pertanian.

Berikut merupakan data primer dan sekunder berdasarkan sumber atau metode pengumpulannya, dengan tujuan untuk menunjang penelitian, seperti pada **Tabel 3.1**.

**Tabel 3.1** Pengumpulan Data Primer dan Sekunder

No.	Jenis Data	Sumber atau Metode Pengumpulan
<b>Data Sekunder</b>		
1.	Dasar Peta & Morfologi Sungai	a. <i>Google Earth</i> b. <i>SAS Planet</i> c. BBWS Brantas
2.	Demografi	BPS Kabupaten Sidoarjo
3.	Hidrolika Sungai	a. Artikel Jurnal Penelitian b. <i>Google Earth</i>
4.	Hidrologi	a. Dinas PU SDA Kabupaten Sidoarjo b. BMKG Kelas 1 Juanda
5.	Sumber Pencemar <i>Point Source</i>	DLHK Kabupaten Sidoarjo
6.	Sumber Pencemar <i>Non-Point Source</i>	a. Dinas Perumahan Permukiman Cipta Karya dan Tata Ruang Kabupaten Sidoarjo b. Dinas Pangan dan Pertanian Kabupaten Sidoarjo

No.	Jenis Data	Sumber atau Metode Pengumpulan
<b>Data Primer</b>		
1.	Debit Aliran Sungai	Standar Nasional Indonesia 8066:2015
2.	Lokasi Titik Sampling	Standar Nasional Indonesia 6989.57:2008
3.	Derajat Keasaman (pH)	Standar Nasional Indonesia 06.6989.11:2004
4.	Temperatur	Standar Nasional Indonesia 06.6989.23:2005
5.	Total Suspended Solid (TSS)	Standar Nasional Indonesia 6989.3:2019
6.	Biological Oxygen Demand (BOD)	Standar Nasional Indonesia 6989.72:2009
7.	Nitrat	Standar Nasional Indonesia 6989.79:2011
8.	Total Coliform	APHA 9221 20 <sup>th</sup> Edition (MPN Test)

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

### 3.6.5 Pengambilan Sampel Air Sungai

Pengambilan sampel air dilakukan dengan menentukan debit sungai terlebih dahulu. Berdasarkan Peraturan Bupati Sidoarjo Nomor 86 Tahun 2019, diketahui debit hulu Daerah Aliran Sungai Buntung sekitar 80 m<sup>3</sup>/detik dan 128,7 m<sup>3</sup>/detik pada bagian hilir. Maka berdasarkan SNI 6989.57:2008, pengambilan sampel dilakukan pada masing-masing jarak 1/3 dan 2/3 dari lebar sungai dan pada 1/2 kedalaman sungai dari permukaan, sebanyak satu kali dengan metode pengambilan sesaat (*grab sample*) secara gabungan waktu (*composite samples*). Berikut merupakan contoh titik pengambilan sampel air sungai pada debit 5 – 150 m<sup>3</sup>/detik, pada **Gambar 3.7**.



**Gambar 3.7** Contoh Titik Pengambilan Sampel Air Sungai

*Sumber: SNI 6989.57:2008*

Berikut merupakan rekapitulasi titik lokasi pengambilan sampel air pada Daerah Aliran Sungai Buntung, pada **Tabel 3.2**.

**Tabel 3.2** Titik Lokasi Pengambilan Sampel Air DAS Buntung

Titik Lokasi	Segmen Sungai	Kumulasi Jarak		Koordinat
		km	Jarak (km)	
Lokasi 1	Kecamatan Krian	0	18,57	7°23'47.14"S 112°34'46.42"T
Lokasi 2	Kecamatan Taman	18,57	14,93	7°21'10.41"S 112°41'48.65"T
Lokasi 3	Kecamatan Waru	14,93	32,87	7°21'56.00"S 112°48'43.25"T

*Sumber: Hasil Observasi Sungai, 2023*

### 3.6.6 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan untuk menentukan hasil dari penelitian yang akan dilaksanakan, sehingga menjadi langkah penting yang harus dilakukan untuk mengetahui kesimpulan akhir penelitian. Pada penelitian ini, analisis data dibedakan menjadi lima (5) jenis, yaitu: mengukur debit aliran sungai; menganalisis kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung; menghitung beban pencemar yang masuk pada sungai berdasarkan sumbernya; dan daya tampung sungai dari beban pencemar; serta simulasi model kualitas air menggunakan *Water Quality Analysis Simulation Program Versi 8*.

#### a. Pengukuran Debit Air Daerah Aliran Sungai Buntung

Berdasarkan SNI 8066:2015, prinsip pengukuran debit sungai dapat dilakukan dengan mengukur kecepatan aliran, kedalaman sungai, dan luas penampang sungai.

Berikut merupakan perhitungan dari pengukuran debit aliran sungai:

$$Q_x = V_x \times a_x \quad \dots\dots\dots \text{Rumus (3.1)}$$

(SNI 8066:2015)

Keterangan:

$Q_x$  = Debit pada bagian ke x ( $m^3/detik$ )

$V_x$  = Kecepatan aliran rata-rata pada bagian penampang ke x (m /detik)

$a_x$  = Luas penampang basah pada bagian ke x ( $m^2$ )

Kemudian pada kecepatan aliran rata-rata dapat diukur dengan menggunakan alat *current meter* dengan dua titik pengukuran pada setiap lokasi dan dapat dihitung dengan rumus, sebagai berikut:

$$N < n_i V = p N + q \quad \dots\dots\dots \text{Rumus (3.2)}$$

$$N > n_i V = r N + s \quad \dots\dots\dots \text{Rumus (3.3)}$$

$$\bar{v} = \frac{v_{0,2} + v_{0,8}}{2} \quad \dots\dots\dots \text{Rumus (3.4)}$$

(SNI 8066:2015)

Keterangan:

$N$  = Jumlah putaran baling-baling alat, dibagi dengan waktu pengukuran;  $N = \frac{R}{T}$

$R$  = Jumlah putaran baling-baling *current meter*

$T$  = Waktu pengukuran

$n_i$  = batas jumlah putaran baling-baling

$V$  = Kecepatan aliran (m/detik)

$p, q, r, s$  = Koefisien kalibrasi alat ukur arus

$\bar{v}$  = Kecepatan aliran rata-rata (m/detik)

$v_{0,2}$  = Kecepatan aliran pada titik 0,2 d (m/detik)

$v_{0,8}$  = Kecepatan aliran pada titik 0,8 d (m/detik)

Setelah mengukur kecepatan aliran sungai, dilanjutkan dengan menghitung luas penampang basah dari kedalaman air dan lebar sungai. Kedalaman air diukur dengan menggunakan tongkat

atau kabel pengukur, berikut merupakan perhitungan luas penampang basah dari sungai:

$$A = \sum_{x=1}^n a_x \quad \dots\dots\dots \text{Rumus (3.5)}$$

(SNI 8066:2015)

Keterangan:

- A = Luas seluruh penampang basah (m<sup>2</sup>)
- a<sub>x</sub> = Luas penampang basah pada bagian x (m<sup>2</sup>)

b. Analisis Kualitas Air Daerah Aliran Sungai Buntung

Analisis kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung digunakan sebagai data primer pada penelitian, sehingga parameter yang dipilih untuk dilakukan uji kualitas air meliputi *Biological Oxygen Demand*, Nitrat, *Total Suspended Solid*, *Total Coliform*, pH, dan Temperatur. Kemudian, hasil uji kualitas air digunakan untuk dibandingkan berdasarkan Lampiran VI Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021.

c. Analisis Perhitungan Beban Pencemar Daerah Aliran Sungai Buntung Berdasarkan Sumber Pencemar

Analisis perhitungan beban pencemar dilakukan untuk mengidentifikasi beban pencemar pada setiap sumbernya. Identifikasi tersebut, mencakup dari pelaksanaan pengumpulan informasi serta data untuk dapat mengetahui serta menentukan faktor penyebab menurunnya kualitas air. Kemudian, hasilnya dapat digunakan untuk menghitung pendukung penentuan daya tampung beban pencemar pada sungai berdasarkan Buku Kajian Daya Tampung Beban Pencemar Citarum Kementerian Lingkungan Hidup Tahun 2017. Serta dibutuhkan penetapan alternatif untuk mengendalikan pencemaran kualitas air di Daerah Aliran Sungai Buntung.

Berikut merupakan beberapa jenis, sumber, serta tujuan digunakannya data ketika melakukan identifikasi beban pencemar pada setiap sumbernya, pada **Tabel 3.3**.

**Tabel 3.3** Jenis, Sumber dan Tujuan Penggunaan Data

No.	Jenis Data	Sumber	Tujuan
1.	Dasar Peta & Morfologi Sungai	a. <i>Google Earth</i> b. <i>SAS Planet</i> c. BBWS Brantas	Acuan lokasi dari sumber pencemar
2.	Sumber Pencemar <i>Point Source</i>	DLHK Kabupaten Sidoarjo	Dasar penentuan lokasi serta distribusi dari kegiatan/usaha yang menghasilkan limbah
3.	Sumber Pencemar <i>Non-Point Source</i>	a. Dinas Perumahan Permukiman Cipta Karya dan Tata Ruang Kabupaten Sidoarjo b. Dinas Pangan dan Pertanian Kabupaten Sidoarjo	Dasar penentuan wilayah pemukiman yang menghasilkan pencemaran dan mengetahui wilayah pertanian berdasarkan jenis tanaman yang di tanam serta jenis tanahnya (Sumber <i>Non-Point Soucre</i> )

*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Berdasarkan KepMenLH No. 110 Tahun 2003, beban pencemar merupakan total jumlah dari suatu unsur polutan pada kandungan air limbah atau badan air. Maka dalam pembagiannya, terdapat beban pencemaran maksimum dan beban pencemaran aktual. Beban pencemaran maksimum merupakan total beban polutan yang diizinkan pada badan air dan sesuai dengan peruntukannya. Sedangkan, beban pencemaran aktual merupakan

total beban polutan yang berasal dan dihasilkan dari badan air ketika pada kondisi eksistingnya (Lusiana, dkk., 2020).

Berikut merupakan perhitungan dari beban pencemar maksimum yang memiliki tujuan sebagai penentuan dan mengetahui kemampuan kondisi badan air untuk menerima pencemar, dengan menggunakan rumus (Lusiana, dkk., 2020):

$$BPM = Q \times CBM \dots\dots\dots \text{Rumus (3.6)}$$

(Lusiana dkk., 2020)

Keterangan:

- BPM = Beban pencemar maksimum (kg/hari)
- Q = Debit terukur (m<sup>3</sup> /detik)
- CBM = Konsentrasi berdasarkan Standar baku mutu Lampiran VI Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Kelas (mg/liter)

Berikut merupakan perhitungan dari beban pencemar aktual pada badan air, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$BPA = Q \times CM \dots\dots\dots \text{Rumus (3.7)}$$

(Lusiana dkk., 2020)

Keterangan:

- BPA = Beban pencemar aktual (kg/hari)
- Q = Debit terukur (m<sup>3</sup> /detik)
- CM = Konsentrasi terukur (mg/liter)

Selanjutnya, dilakukan perhitungan adanya potensi pencemaran dari beban pencemar berdasarkan sumbernya, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

- 1) *Point Source* Kegiatan/Usaha Industri

Menurut Lampiran I PerMenLH Nomor 01 Tahun 2010, besarnya nilai *effluent* pencemar dari sumber *point source* dapat ditentukan menggunakan data primer yang berasal dari lapangan dan data sekunder dari pemantauan pelaku kegiatan/usaha sebagai inspektor. Nilai beban pencemar yang berasal dari sektor industri (*point source*) memiliki perkiraan *effluent* untuk sekitar satu (1) tahun setiap periode dari pelaporan, sehingga dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I, i = C_i \times V \times OpHRS / 1000.000 \dots\dots\dots \text{Rumus (3.8)}$$

(Kurniawan, 2017)

Keterangan:

- I, i = Beban pencemar i (kg/tahun)
- C<sub>i</sub> = Kadar Konsentrasi Jenis Pencemar i pada air limbah (mg /L)
- V = laju aliran limbah (L/jam)
- OpHRS = Jam Operasional Industri per tahun (jam/tahun)
- 1000.000 = faktor konversi (mg/kg)

Dalam analisis beban pencemar terhadap sektor industri memiliki tahapan, seperti berikut (Kurniawan, 2017):

- a. Data yang digunakan merupakan hasil pemantauan yaitu debit dan konsentrasi limbah.
- b. Jika terdapat data konsentrasi limbah, dan data debit limbah tidak ada, maka dapat memakai debit limbah pada ketentuan perizinan debit yang dibuang ke badan air.
- c. Jika kedua data tidak didapatkan, maka dapat memakai metode *pollutan load unit* (PLU) atau umunya disebut dengan faktor emisi polutan yang berasal dari jumlah

penduduk, jumlah karyawan, kapasitas dan/atau hasil produksi.

- d. Nilai beban pencemar pada sektor industri terhadap usaha/kegiatan yang tidak mempunyai hasil data pemantauan serta dari data perizinan usaha/kegiatan dapat memakai nilai tengah (median) dari total beban pencemar sektor yang telah diperhitungkan dan dapat disamakan.

Berikut merupakan salah satu perhitungan beban pencemar *Biological Oxygen Demand* dari sektor industri, menggunakan metode *Pollutant Load Unit*, pada **Rumus 3.4**:

$$PBP \text{ Industri} = \text{Jumlah Karyawan} \times \text{Faktor Effluent (emisi)} \dots\dots\dots \text{Rumus (3.9)}$$

(Kurniawan, 2017)

Keterangan:

PBP = Potensi Beban Pencemaran Industri (BOD)

Pada faktor emisi terdapat ketentuan seperti pada, **Tabel 3.4** berikut:

**Tabel 3.4** Faktor Emisi *Biological Oxygen Demand* Industri

No	Sektor Industri	Faktor Emisi (gr/hr/karyawan)
1	Pewarnaan	79,1
2	Makanan	37,9
3	Logam	10,3
4	Kertas	17,9
5	Serat Poliester	47,1
6	Tekstil	291,2
7	Laundry	96,4
8	Mesin	4,7
9	Barang Plastik	57,3
10	Mobil/sparepart	13,5
11	Keramik dan Ubin	2
12	Penyamakan	144,4
13	Sabun dan Deterjen	50,4
14	Kimia/Warna	1898,20

No	Sektor Industri	Faktor Emisi (gr/hr/karyawan)
15	Barang Logam	0,2
16	Percetakan	0,6
17	Kaca	0,3
18	Rumah Sakit	123
19	Hotel	55
20	Restoran	17

Sumber: Iskandar, 2007

## 2) Non-Point Source Sektor Domestik

Berdasarkan Balai Lingkungan Keairan Puslitbang SDA Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2004, perhitungan untuk menentukan potensi beban pencemaran yang bersumber dari kegiatan domestik, seperti berikut:

*PBP*

$$= \text{Jumlah Penduduk} \times \text{Faktor Emisi} \times \text{Rasio Ek} \times \text{Alpha} \quad \dots \text{ Rumus (3.10)}$$

(Kurniawan, 2017)

Keterangan:

PBP = Potensi Beban Pencemaran

Faktor polutan emisi dari penduduk:

- a. BOD = 40 gr/orang/hari
- b. TSS = 38 gr/orang/hari
- c. Total N = 1,95 gr/orang/hari
- d. Nitrat = 30% TN gr/orang/hari
- e. Total P = 0,21 gr/orang/hari

Rasio Ekuivalen Kota:

- a. Kota = 1
- b. Pedalaman = 0,8125
- c. Pinggiran Kota = 0,625

Sedangkan pada nilai Alpha (a): Koefisien transfer beban

1 = pada wilayah yang lokasi jaraknya antara  
0 – 100 m dari sungai, dengan

mengasumsikan 100% limbah domestik dibuang pada badan air

0,85 = pada wilayah yang lokasi jaraknya antara 100 – 500 m dari sungai, dengan mengasumsikan 85% limbah domestik dibuang pada badan air

3 = pada wilayah yang lokasi jaraknya >500 m dari sungai, asumsi bahwa 30% limbah domestik dibuang ke badan air

Selanjutnya, pada penentuan beban pencemar Total *Coliform* terhadap kualitas air dapat menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$BPS = (CS)^j \times Qs \times f \dots\dots\dots \text{Rumus (3.11)}$$

(Kadaria, 2018)

Keterangan:

BPS = Beban Pencemar (kg/hari)

(CS)<sup>j</sup> = Konsentrasi kadar pencemar per jam (mg/L)

Qs = Debit air (m<sup>3</sup>/detik)

F = Faktor konversi = 86,4 (kg/hari : m<sup>3</sup>/s)

### 3) *Non-Point Source* Sektor Pertanian

Penentuan beban pencemar pada sektor pertanian dapat dianalisis melalui data luas lahan dari pertanian. Kemudian pada data faktor emisi dari pencemaran yang terjadi di sektor pertanian mengacu dari Balai Lingkungan Keairan Puslitbang SDA Kementrian Pekerjaan Umum Tahun 2004, seperti pada **Tabel 3.5**. Berikut merupakan perhitungan yang digunakan untuk mengetahui beban pencemar dari sektor pertanian berdasarkan musim tanam dari lahan, seperti pada rumus:

*PBTN (sawah) per musim tanam*  
 = *Luas Lahan x faktor emisi x 10%* ..... Rumus (3.12)

*PBTN (Palawija) per musim tanam*  
 = *Luas Lahan x faktor emisi x 1%* ..... Rumus (3.13)

*Total = PBTN per musim tanam/hari musim tanam* .... Rumus (3.14)  
 (Kurniawan, 2017)

Keterangan:

PBTN = Potensi Beban Pencemaran Pertanian

10% = *delivery load* lahan sawah

1% = *delivery load* lahan palawija

**Tabel 3.5** Faktor Emisi Sektor Pertanian

Parameter	Sawah	Palawija	Perkebunan Lain
	(kg/ha/musim tanam)		
BOD	225	125	32,5
T-N	20	10	3
T-P	10	5	1,5
TSS	0,46	2,4	1,6
Nitrat (85% N)	17	8,5	0,45
Pestisida	0,16	0,08	0,025

Sumber: BLK-PSDA, 2004 & Daniswara, dkk, 2018

d. Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010, penentuan daya tampung beban pencemar pada Daerah Aliran Sungai Buntung dapat melalui beberapa tahapan, seperti berikut:

- 1) Penetapan sumber perairan yang diidentifikasi daya tampungnya berdasarkan dari hasil dari uji analisis kualitas air, air sungai yang memiliki status mutu air yang sangat tercemar, serta pada tingkatan potensi sumber pencemarnya dapat menerima total beban pencemar yang tinggi.

- 2) Melaksanakan analisis kondisi morfologi, hidrologi, dan beserta faktor lainnya yang dapat mempengaruhi kondisi kualitas sumber air.
- 3) Melaksanakan analisis pada baku mutu air permukaan terhadap sungai yang akan diperkirakan daya tampungnya berdasarkan baku mutu yang berlaku.
- 4) Melaksanakan analisis pada beberapa jenis, beban, serta karakteristik limbah dari setiap sumber pencemar tertentu dan tak tentu (*point source & non-point source*)
- 5) Melakukan penetapan daya tampung beban pencemar menggunakan bantuan dari pemodelan kualitas airnya.

Daya tampung beban pencemar ditetapkan menggunakan model kualitas air dengan software *Water Quality Analysis Simulation Program* Versi 8. Pada model kualitas air tersebut, membutuhkan hasil uji kualitas air dengan mencakup parameter, pH, temperatur, *Total Suspended Solid*, *Biological Oxygen Demand*, Nitrat, dan *Total Coliform*. Sedangkan untuk proses kalibrasi model tersebut, membutuhkan data topografi wilayah, hidrologi, hidrolika sungai, sumber pencemar *point source*, dan *non-point source*.

Selanjutnya, model kualitas air membutuhkan validasi untuk mensimulasikan parameter kualitas air yang diprioritaskan dengan menggunakan variasi dari debit terukur aktual sebagai perhitungan penentuan daya tampung beban pencemar. Perhitungan tersebut, memiliki fungsi untuk mengetahui serta menganalisis kemampuan sungai dalam menerima dan menampung batas maksimum emisi pencemar yang masuk.

e. Model *Water Quality Analysis Simulation Program*

Pada penggunaan software *Water Quality Analysis Simulation Program*, sebelumnya perlu dilakukan analisis terkait sumber serta alokasi pencemar dari setiap sumbernya. Kemudian, menyiapkan seluruh data yang akan dimasukkan untuk menunjang

keberhasilan dari hasil penggunaan. Serta perlu adanya validasi pada kualitas air yang diuji sebelum disimulasikan menggunakan debit terukur. Pada uji validitas model dilakukan menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), yang merupakan perhitungan validasi untuk menentukan rata-rata persentase kesalahan secara mutlak, serta dengan batas dari penyimpangan model yang diterima sebesar 10%. Apabila hasil validasi semakin rendah, maka dapat disimpulkan model simulasi yang dilakukan semakin baik (Maricar, 2019). Berikut merupakan *range* nilai dari validasi MAPE, pada **Tabel 3.6**.

**Tabel 3.6** *Range* Nilai Validasi MAPE

<b>Range Nilai</b>	<b>Keterangan</b>
< 10%	Model Simulasi Sangat Baik
10 – 20%	Model Simulasi Baik
20 – 50%	Model Simulasi Layak
> 50%	Model Simulasi Buruk

*Sumber: Maricar, 2019*

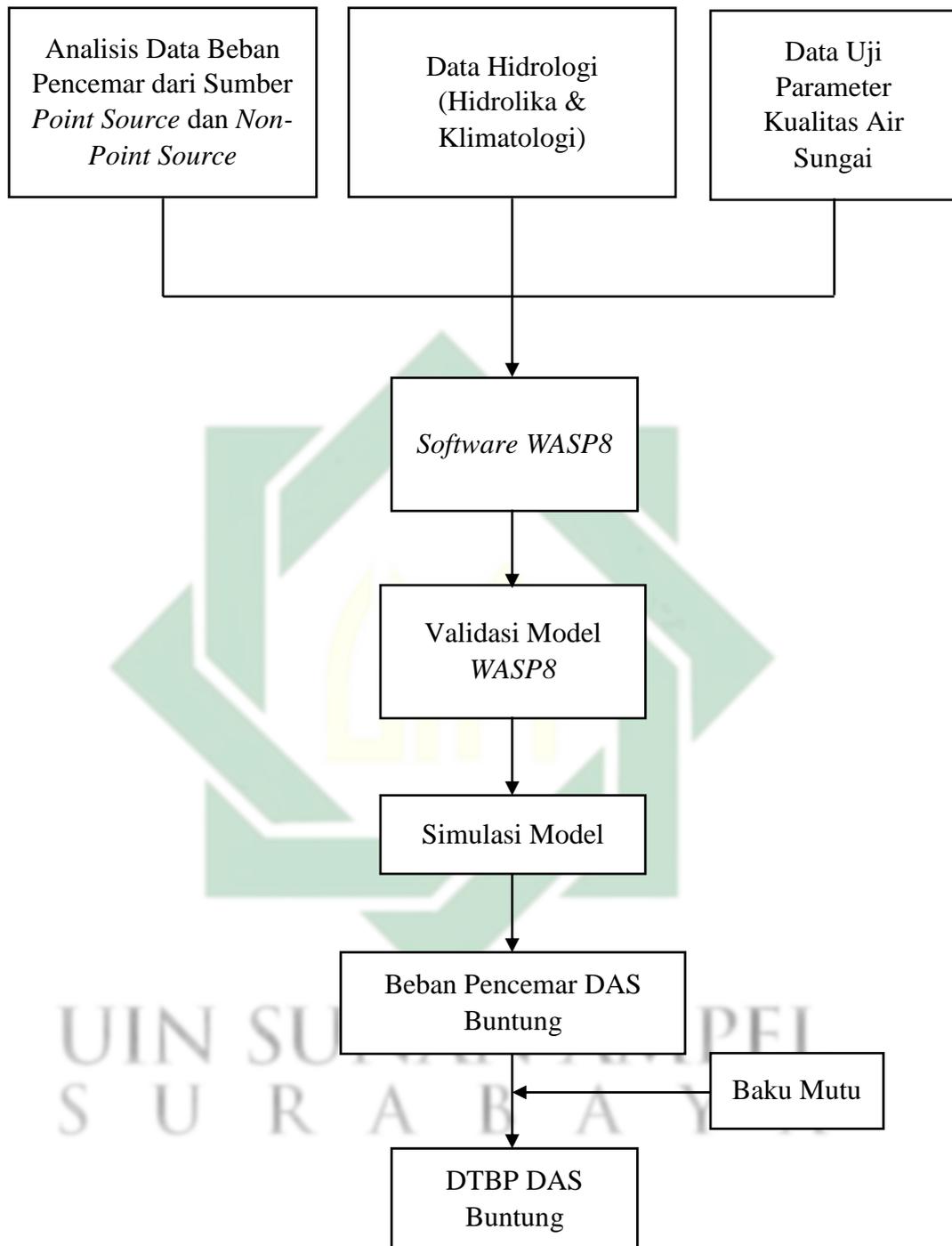
Pada persamaan berikut, merupakan perhitungan dari metode *Mean Absolute Percentage Error* untuk melakukan validasi model, seperti pada Rumus (Saily, dkk., 2019):

$$MAPE = \sum \frac{|A - S|}{A} / N \times 100 \quad \text{Rumus (3.15)}$$

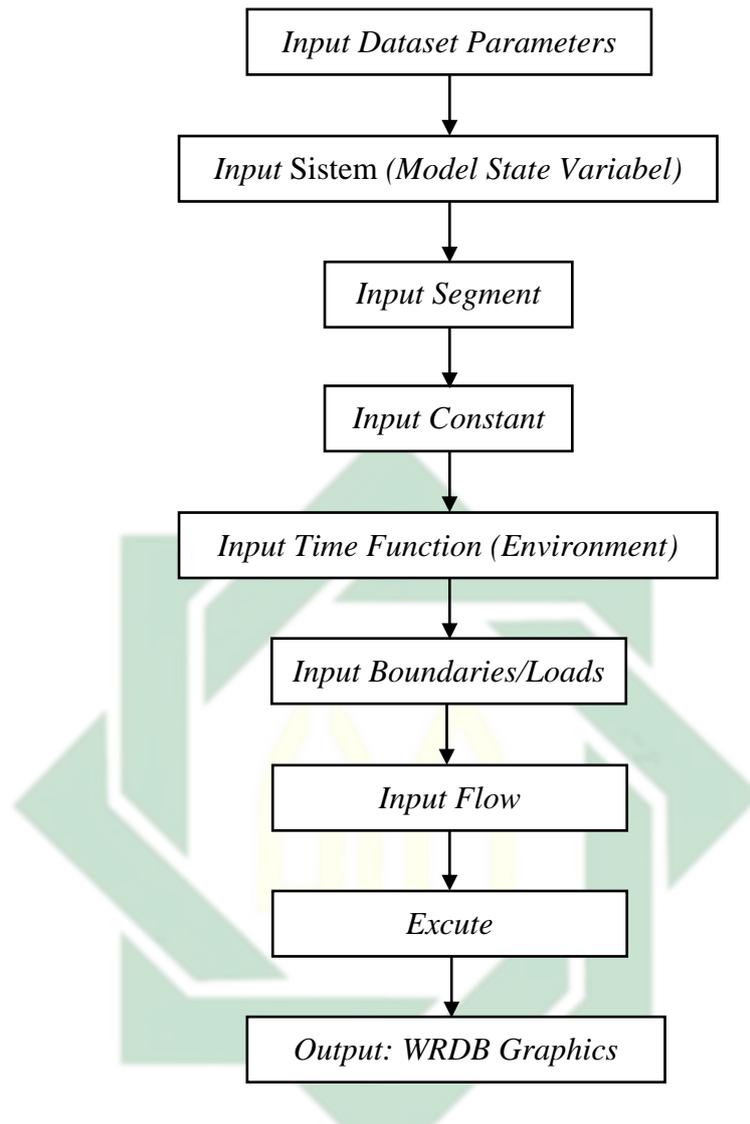
Keterangan:

- S = Nilai rata-rata dari simulasi
- A = Nilai rata-rata Aktual
- N = Interval segmen/jumlah simulasi yang dilakukan

Berikut merupakan langkah-langkah simulasi dan operasi pada Software *Water Quality Analysis Simulation Program* Versi 8, pada **Gambar 3.8** dan **Gambar 3.9** secara berurutan:



**Gambar 3.8** Langkah-Langkah Simulasi pada *Software* (WASP8)



**Gambar 3.9** Langkah-langkah Operasi Software (WASP8)

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB IV

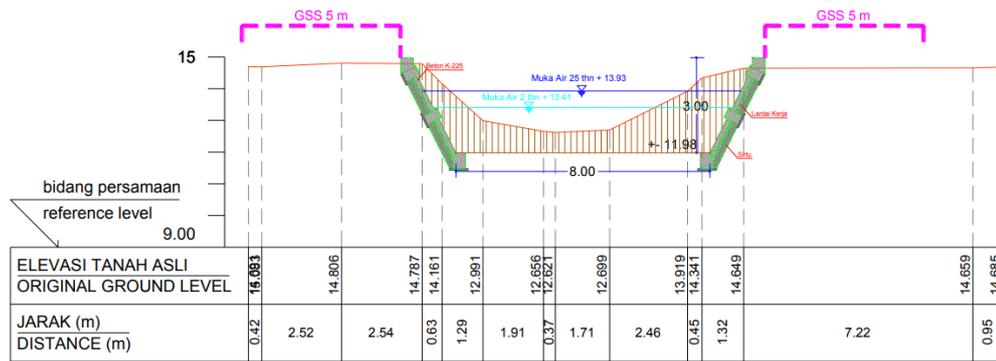
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Kondisi Eksisting Daerah Aliran Sungai Buntung

Kondisi eksisting Daerah Aliran Sungai Buntung dapat diketahui dari hasil observasi di lapangan secara langsung ketika penelitian dilaksanakan. Observasi di lapangan memiliki tujuan utama, sebagai cara untuk mengetahui keadaan serta situasi sungai atau karakter lingkungan yang sebenarnya dan penunjang penentuan dari sumber pencemar yang masuk. Sehingga, dapat memberikan dasar pada pemodelan numerik serta analisis teoritis terhadap aliran sungai.

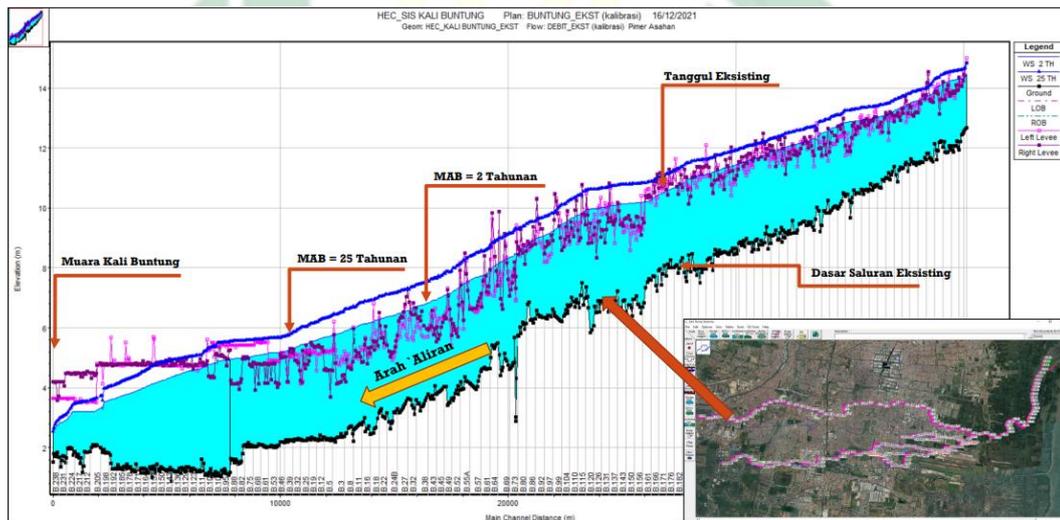
Daerah Aliran Sungai Buntung terletak di Kabupaten Sidoarjo, dengan panjang sungai dari hulu sampai hilir mencapai sekitar  $\pm 39,3$  km. Sungai Buntung berasal dari anak cabang DAS Brantas, yang memiliki hulu dari Kecamatan Krian, menuju Kecamatan Taman, dan berakhir di hilir yang terletak di Kecamatan Waru. Dalam alirannya, kondisi DAS Buntung dapat dideskripsikan berdasarkan segmentasi penelitian pada setiap kecamatan yang dilewati oleh aliran sungai dari beberapa sektor aliran yang didominasi adanya air buangan dari sektor pertanian, pemukiman, dan industri. Wilayah segmen penelitian dari hulu Kecamatan Krian hingga hilir Kecamatan Waru memiliki *slope* rata-rata (kemiringan aliran) sebesar 0,000367 dari panjang keseluruhan sungai. Sedangkan pada lebar sungai dari hulu sampai hilir memiliki nilai yang variatif, sehingga pada setiap segmen dalam penelitian diambil nilai rata-rata dari belokan aliran sungai, antara lain: Kecamatan Krian 13,29 meter; Kecamatan Taman 17,37 meter; dan lebar aliran sungai segmen Kecamatan Waru 28,04 meter.

Berikut merupakan desain saluran eksisting Daerah Aliran Sungai Buntung yang terletak di hulu sungai yang menunjukkan lebar saluran sungai, lebar dasar sungai, dan elevasi penampang sungai serta memiliki morfologi berbentuk trapesium, pada **Gambar 4.1**.



**Gambar 4.1** Desain Saluran Eksisting Hulu DAS Buntung  
*Sumber: BBWS Brantas, 2021*

Sedangkan berikut merupakan kondisi eksisting Daerah Aliran Sungai Buntung dengan model hidrolis potongan memanjang yang dapat menunjukkan elevasi sungai dari hulu sampai hilir, pada **Gambar 4.2**.



**Gambar 4.2** Model Hidrolis Eksisting DAS Buntung  
*Sumber: BBWS Brantas, 2021*

Daerah Aliran Sungai Buntung merupakan sungai yang cukup luas dan dapat mengalir serta menyediakan air baku pada setiap sektor dengan debit yang tersedia. Namun, terdapat beberapa masalah yang menyebabkan aliran sungai tidak optimal dengan fungsinya. Masalah tersebut adalah sering terjadinya limpasan atau banjir yang disebabkan oleh adanya pendangkalan, penyempitan, pendirian bangunan liar dan penumpukan sampah pada saluran sungai yang dapat menghambat laju aliran air. Disamping dengan masalah yang telah terjadi, di

sepanjang saluran Sungai Buntung belum sepenuhnya diterapkan tindakan pengendalian pencemaran air yang akan berdampak dan dapat beresiko bagi kesehatan masyarakat terutama di sekitar bantaran atau sempadan sungai.

Tindakan pengendalian pencemaran air perlu dilakukan untuk pengelolaan serta perlindungan mutu air di Daerah Aliran Sungai Buntung. Tindakan tersebut tidak hanya diterapkan oleh pemerintah setempat, namun kesadaran masyarakat merupakan tindakan yang paling utama untuk dilaksanakan, seperti meminimalisir pembuangan sampah pada bagian sungai dan pelepasan limbah dari kegiatan atau usaha. Berikut merupakan kurangnya tindakan pengendalian pencemaran air di Daerah Aliran Sungai Buntung, pada **Gambar 4.3** dan **Gambar 4.4**.



**Gambar 4.3** Penumpukan Sampah di Bagian DAS Buntung  
*Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023*



**Gambar 4.4** Pelepasan Limbah Kegiatan atau Usaha di DAS Buntung  
*Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023*

Selain dari masyarakat, tindakan pengendalian pencemaran air juga harus dilakukan oleh pemerintah sebagai upaya untuk mengurangi dampak negatif yang dapat terjadi akibat tercemarnya saluran sungai serta mempertahankan kualitas mutu airnya. Sehingga, beban pencemar yang masuk pada badan air dapat dikelola secara berkala dan tidak melebihi daya tampungnya. Berikut merupakan bagian saluran sungai yang sering terjadi banjir atau limpasan akibat adanya pendangkalan dasar sungai di Kecamatan Waru yang disebabkan oleh penumpukan sedimen, pada **Gambar 4.5**.



**Gambar 4.5** Pendangkalan Saluran DAS Buntung  
*Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023*

#### **4.2 Kualitas Air Daerah Aliran Sungai Buntung**

Kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung dapat diketahui dengan pengambilan sampel air, kemudian dilakukan pengujian terhadap setiap parameter pencemar terhadap masing-masing sampel air. Berdasarkan SNI 6989.57:2008 sebelum dilakukan pengambilan sampel air pada setiap lokasi titik sampling penelitian, harus diketahui terlebih dahulu debit aliran air untuk menentukan titik sampling secara detail pada jarak dan kedalaman tertentu sungai untuk mengambil sampel air.

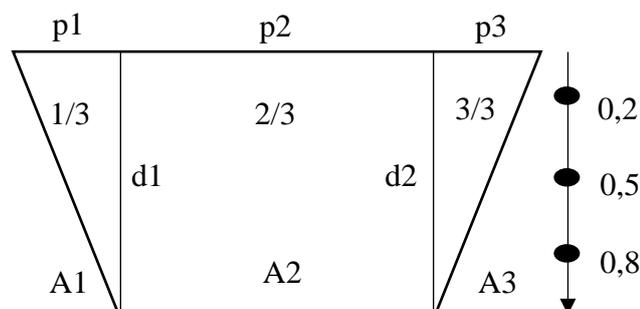
Sampel air pada setiap lokasi titik samplingnya, diambil pada tanggal 6 April 2023 pukul 09.00 – 13.30 WIB di Daerah Aliran Sungai Buntung dari hulu sungai di Kecamatan Krian, bagian tengah sungai di Kecamatan Taman, dan hilir sungai di Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo. Lokasi pengambilan sampel ditentukan berdasarkan SNI 6989.57:2008, dan dengan beberapa pertimbangan dari kondisi sekitar sungai. Pengambilan sampel pada lokasi titik sampling 1 dan 2,

menggunakan pertimbangan berdasarkan infrastruktur fasilitas sungai dengan tujuan untuk kemudahan dalam pelaksanaannya, serta keselamatan ketika mengambil sampel berdasarkan SNI 03-7016-2004. Kemudian, pengambilan sampel pada titik sampling 3 terletak pada hilir sungai yang hampir mendekati muara dan tidak diketahui dari pertimbangan sarana pengambilan sampelnya. Maka, pengambilan sampel pada titik 3 menggunakan sarana perahu dari masyarakat sekitar untuk memudahkan proses pengambilan sampel air dan pengukuran debit aliran air sungai.

#### 4.2.1 Pengukuran Debit Aktual Aliran Sungai

Pengukuran debit aktual aliran sungai mengacu pada SNI 8066:2015 dengan menggunakan prinsip pengukuran dimulai pada luas penampang basah dan diikuti dengan pengukuran kecepatan aliran sungai. Pengukuran debit Daerah Aliran Sungai Buntung dilakukan pada setiap lokasi titik sampling penelitian pada Kecamatan Krian, Kecamatan Taman, dan Kecamatan Waru. Luas penampang basah dapat diukur dengan menggunakan bantuan meteran, dan tongkat atau kabel pengukur untuk mengetahui kedalaman aliran sungai. Sedangkan kecepatan aliran air sungai, dapat diukur menggunakan alat *current meter* dan dihitung kecepatan aliran rata-ratanya menggunakan dua titik kedalaman, yaitu pada kedalaman 0,2 dan 0,8 aliran sungai dari tinggi muka air.

Berdasarkan data sekunder penelitian, morfologi Daerah Aliran Sungai Buntung dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas menunjukkan bahwa sungai tersebut memiliki bentuk trapesium. Berikut merupakan asumsi morfologi sungai untuk memudahkan perhitungan luas penampang basah sungai, penentuan kedalaman pengukuran kecepatan aliran sungai, serta menentukan debit aliran sungai, pada **Gambar 4.6**.



**Gambar 4.6** Bentuk Morfologi Daerah Aliran Sungai Buntung  
*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Keterangan:

A1 = Luas Penampang Basah 1 (m<sup>2</sup>)

A2 = Luas Penampang Basah 2 (m<sup>2</sup>)

A3 = Luas Penampang Basah 3 (m<sup>2</sup>)

p1 = Panjang Sungai Bagian 1 (m)

p2 = Panjang Sungai Bagian 2 (m)

p3 = Panjang Sungai Bagian 3 (m)

d1 = Kedalaman Sungai Sisi 1 (m)

d2 = Kedalaman Sungai Sisi 2 (m)

1/3 = 1/3 Bagian Sungai

2/3 = 2/3 Bagian Sungai

3/3 = 3/3 Bagian Sungai

Berikut merupakan rata-rata kecepatan aliran Sungai Buntung pada setiap lokasi titik sampling penelitian yang dapat diketahui melalui perhitungan persamaan **Rumus (3.4)** dengan menggunakan alat *current meter* untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan tongkat serta meteran untuk menentukan kedalaman sungai yang diukur:

$$\bar{v} = \frac{v_{0,2} + v_{0,8}}{2}$$

Keterangan:

$\bar{v}$  = Kecepatan aliran rata-rata (m/detik)

$v_{0,2}$  = Kecepatan aliran pada titik 0,2 d (m/detik)

$v_{0,8}$  = Kecepatan aliran pada titik 0,8 d (m/detik)

a. Rata-Rata Kecepatan Aliran Titik Lokasi Sampling Krian

$$\begin{aligned}\bar{v} &= \frac{0,4 + 0,6}{2} \\ &= 0,5 \text{ m/detik}\end{aligned}$$

b. Rata-Rata Kecepatan Aliran Titik Lokasi Sampling Taman

$$\begin{aligned}\bar{v} &= \frac{0,4 + 0,7}{2} \\ &= 0,55 \text{ m/detik}\end{aligned}$$

c. Rata-rata Kecepatan Aliran Titik Lokasi Sampling Waru

$$\begin{aligned}\bar{v} &= \frac{0,3+0,5}{2} \\ &= 0,4 \text{ m/detik}\end{aligned}$$

Kemudian, luas penampang basah Sungai Buntung pada setiap lokasi titik sampling penelitian dapat diketahui melalui perhitungan persamaan **Rumus (3.5)** dengan menggunakan meteran untuk mengukur panjang setiap sisi dari penampang basah, seperti pada berikut:

$$A = \sum_{x=1}^n a_x$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3$$

Keterangan:

A = Luas seluruh penampang basah (m<sup>2</sup>)

a<sub>x</sub> = Luas penampang basah pada bagian x (m<sup>2</sup>)

a. Luas Penampang Basah Titik Lokasi Sampling Krian

$$\begin{aligned}A_1 &= \frac{1}{2} \times p_1 \times d_1 \\ &= \frac{1}{2} \times 3,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \\ &= 2,63 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_2 &= \sqrt{(x - d_1)(x - p_2)(x - d_2)(x - p_2)} \\ x &= \frac{d_1 + p_2 + d_2 + p_2}{2} \\ &= \frac{1,5 \text{ m} + 6,2 \text{ m} + 1,7 \text{ m} + 6,2 \text{ m}}{2} = 15,6 \text{ m} \\ &= \sqrt{(15,6 - 1,5)(15,6 - 6,2)(15,6 - 1,7)(15,6 - 6,2)} \\ &= 6,84 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_3 &= \frac{1}{2} \times p_3 \times d_2 \\ &= \frac{1}{2} \times 2,7 \text{ m} \times 1,7 \text{ m} \\ &= 1,62 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= A_1 + A_2 + A_3 \\ &= 2,63 \text{ m}^2 + 6,84 \text{ m}^2 + 1,62 \text{ m}^2 \\ &= 11,09 \text{ m}^2\end{aligned}$$

b. Luas Penampang Basah Titik Lokasi Sampling Taman

$$\begin{aligned}A1 &= \frac{1}{2} \times p1 \times d1 \\ &= \frac{1}{2} \times 4 \text{ m} \times 1,9 \text{ m} \\ &= 3,8 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A2 &= \sqrt{(x - d1)(x - p2)(x - d2)(x - p2)} \\ x &= \frac{d1+p2+d2+p2}{2} \\ &= \frac{1,9 \text{ m} + 10,9 \text{ m} + 1,32 \text{ m} + 10,9}{2} = 12,51 \text{ m} \\ &= \sqrt{(12,51 - 1,9)(12,51 - 10,9)(12,51 - 1,32)(12,51 - 10,9)} \\ &= 17,54 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A3 &= \frac{1}{2} \times p3 \times d2 \\ &= \frac{1}{2} \times 3,2 \text{ m} \times 1,32 \text{ m} \\ &= 2,11 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= A1+A2+A3 \\ &= 3,8 \text{ m}^2 + 17,54 \text{ m}^2 + 2,11 \text{ m}^2 \\ &= 23,45 \text{ m}^2\end{aligned}$$

c. Luas Penampang Basah Titik Lokasi Sampling Waru

$$\begin{aligned}A1 &= \frac{1}{2} \times p1 \times d1 \\ &= \frac{1}{2} \times 5,6 \text{ m} \times 2,65 \text{ m} \\ &= 7,42 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A2 &= \sqrt{(x - d1)(x - p2)(x - d2)(x - p2)} \\ x &= \frac{d1+p2+d2+p2}{2} \\ &= \frac{2,65 \text{ m} + 30,29 \text{ m} + 1,87 \text{ m} + 30,29 \text{ m}}{2} = 32,55 \text{ m} \\ &= \sqrt{(32,55 - 2,65)(32,55 - 30,29)(32,55 - 1,87)(32,55 - 30,29)} \\ &= 66,92 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_3 &= \frac{1}{2} \times p_3 \times d_2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 4,3 \text{ m} \times 1,87 \text{ m} \\
 &= 4,02 \text{ m}^2 \\
 A &= A_1 + A_2 + A_3 \\
 &= 7,42 \text{ m}^2 + 66,92 \text{ m}^2 + 4,02 \text{ m}^2 \\
 &= 78,36 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui kecepatan rata-rata aliran air, dan luas penampang basah sungai dari setiap lokasi titik sampling penelitian. Debit aliran Sungai Buntung, dapat diketahui melalui perhitungan persamaan **Rumus (3.1)**, seperti pada berikut:

$$Q_x = V_x \times a_x$$

Keterangan:

$Q_x$  = Debit pada bagian ke x ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

$V_x$  = Kecepatan aliran rata-rata pada bagian penampang ke x ( $\text{m}/\text{detik}$ )

$a_x$  = Luas penampang basah pada bagian ke x ( $\text{m}^2$ )

a. Debit Aliran Air Sungai Titik Lokasi Sampling Krian

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times a \\
 &= 0,5 \text{ m/detik} \times 11,09 \text{ m}^2 \\
 &= 5,54 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

b. Debit Aliran Air Sungai Titik Lokasi Sampling Taman

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times a \\
 &= 0,55 \text{ m/detik} \times 23,45 \text{ m}^2 \\
 &= 12,89 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

c. Debit Aliran Air Sungai Titik Lokasi Sampling Waru

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times a \\
 &= 0,4 \text{ m/detik} \times 78,36 \text{ m}^2 \\
 &= 31,35 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data dan hasil perhitungan diatas dapat diketahui kecepatan aliran, luas penampang, dan debit aliran sungai pada setiap lokasi titik sampling penelitian di DAS Buntung, pada **Tabel 4.1**.

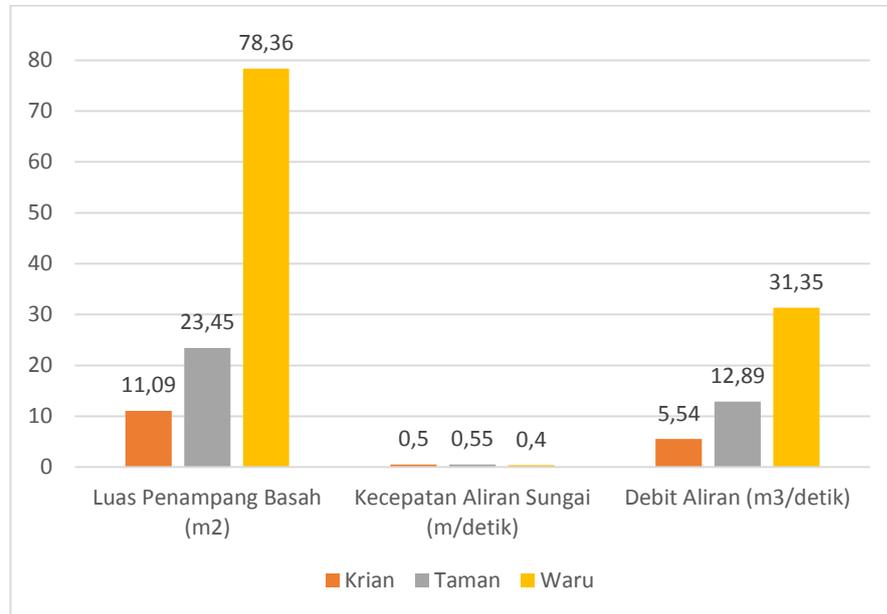
**Tabel 4.1** Debit Air Titik Lokasi Sampling DAS Buntung

Lokasi Titik Sampling	Kedalaman		Lebar Sungai (m)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Kecepatan Aliran Sungai (m/detik)	Debit Aliran (m <sup>3</sup> /detik)
	Sungai (m)					
	Sisi Sungai 1	Sisi Sungai 2				
Kecamatan Krian	1,5	1,7	12,4	11,09	0,5	5,54
Kecamatan Taman	1,9	1,32	18,1	23,45	0,55	12,89
Kecamatan Waru	2,65	1,87	40,19	78,36	0,4	31,35

*Sumber: Hasil Perhitungan, 2023*

Debit aliran Sungai Buntung pada setiap lokasi titik sampling didapatkan dari masing-masing data pengukuran aktual dalam satu waktu yang dilaksanakan sebelum pengambilan sampel air. Data yang diambil pada lokasi titik sampling memiliki lebar sungai di Kecamatan Krian sebesar 12,4 m; 18,1 m di Kecamatan Taman; dan 40,19 m di Kecamatan Waru. Serta diikuti dengan pengukuran luas penampang basah, pada setiap lokasi titik sampling secara berurutan dari Kecamatan Krian sampai Kecamatan Waru, yaitu 11,09 m<sup>2</sup>; 23,45 m<sup>2</sup>; dan 78,36 m<sup>2</sup>. Selanjutnya, pada pengukuran kecepatan aliran air didapatkan berdasarkan pengukuran kedalaman 0,2 dan 0,8 sungai pada setiap lokasi titik sampling secara berurutan dari Kecamatan Krian sampai Kecamatan Waru, yaitu 0,5 m/detik; 0,55 m/detik; dan 0,4 m/detik. Sehingga, dapat diketahui debit aliran sungai pada setiap lokasi titik sampling dengan mengalikan hasil perhitungan luas penampang basah dan kecepatan aliran sungai, secara berurutan dari Kecamatan Krian sampai Kecamatan Waru, yaitu 5,54 m<sup>3</sup>/detik; 12,89 m<sup>3</sup>/detik; dan 31,35 m<sup>3</sup>/detik. Berikut merupakan hasil data yang dapat digambarkan

dalam bentuk grafik nilai dari setiap lokasi titik sampling di DAS Buntung, pada **Gambar 4.7**.



**Gambar 4.7** Grafik Data Hasil Pengukuran Debit Aliran Sungai Buntung  
*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Berdasarkan grafik tersebut, debit aliran sungai pada lokasi titik sampling Kecamatan Krian sampai Kecamatan Waru mengalami peningkatan secara konstan. Menurut Dharmananta, dkk (2019), terdapat beberapa faktor pengaruh meningkatnya debit air sungai yaitu dari bentuk serta ukuran (morfologi) sungai, kemiringan aliran sungai, karakteristik topografi serta geologi sungai, dan karakter tata guna lahan sekitar sungai. Pada lokasi titik sampling di Kecamatan Krian memiliki debit rendah yang disebabkan oleh morfologi sungai pada lebar sungai dan kedalaman sungai, yang relatif lebih kecil dari pada lokasi titik sampling lainnya. Sehingga, dapat mempengaruhi pada hasil perhitungan luas penampang basah. Kemudian, pada rata-rata kecepatan aliran sungainya memiliki nilai yang tidak terlalu rendah yang disebabkan oleh tidak adanya hambatan, seperti bendung, sampah, dan tumbuhan air pada aliran.

Sedangkan, pada lokasi titik sampling di Kecamatan Taman memiliki nilai debit hingga mencapai dua kali lipat dari nilai debit pada lokasi titik sampling di Kecamatan Krian. Nilai debit tersebut, disebabkan oleh adanya perbedaan morfologi sungai pada lebar sungai dan kedalaman sungai yang dapat

dilihat pada **Tabel 4.1**, sehingga dapat mempengaruhi nilai dari luas penampang basah sungai. Kemudian, pada kecepatan aliran sungainya memiliki nilai yang lebih tinggi dari lokasi titik sampling lainnya, yang disebabkan oleh tidak adanya hambatan pada aliran sungai serta memiliki selisih kemiringan sungai dari hulu sungai mencapai  $\pm 6$  meter.

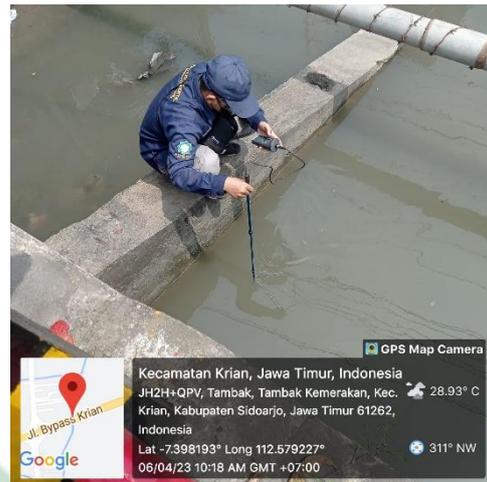
Kemudian, pada lokasi titik sampling di Kecamatan Waru yang merupakan hilir sungai dan berdekatan dengan muara sungai, memiliki nilai debit yang paling tinggi. Nilai tersebut, dipengaruhi oleh morfologi sungai yang berbeda jauh lebih besar dari lokasi titik sampling sebelumnya yang dapat dilihat pada **Tabel 4.1**, sehingga nilai penampang basah sungai pada lokasi tersebut sangatlah besar. Namun, sesuai situasi pengambilan sampel, menurunnya kecepatan rata-rata aliran sungai pada lokasi titik sampling di Kecamatan Waru hingga mencapai 0,4 meter/detik, disebabkan oleh adanya hambatan terhadap saluran sungai oleh sampah dan tumbuhan air (eceng gondok), serta adanya pengaruh dari pasang surut air laut yang dikarenakan lokasi titik sampling tersebut adalah bagian hilir yang dekat dengan muara Daerah Aliran Sungai Buntung.

Berdasarkan analisis tersebut, diketahui nilai debit sungai pada setiap lokasi titik sampling mengalami perbedaan yang signifikan dan sesuai menurut Puteri, dkk (2020), tinggi rendahnya debit aliran sungai tergantung dari luas penampang basah dan kecepatan rata-rata aliran sungai. Nilai luas penampang basah dapat dipengaruhi dari nilai lebar dan kedalaman sungai, sedangkan nilai rata-rata kecepatan aliran sungai dapat dipengaruhi oleh adanya hambatan pada saluran sungai seperti sampah dan tumbuhan air, pasang surut air laut, serta kemiringan saluran aliran sungai.

Berikut merupakan gambaran dalam pengambilan data untuk mengukur debit aktual aliran air Sungai Buntung, pada **Gambar 4.8**, **Gambar 4.9**, dan **Gambar 4.10**.



(a) Pengukuran Penampang Basah

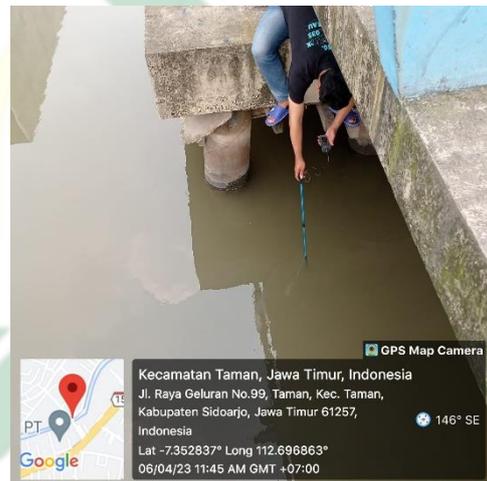


(b) Pengukuran Kecepatan Aliran

**Gambar 4.9** Pengukuran Data Debit di Lokasi Titik Sampling 1  
*Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023*



(a) Pengukuran Penampang Basah

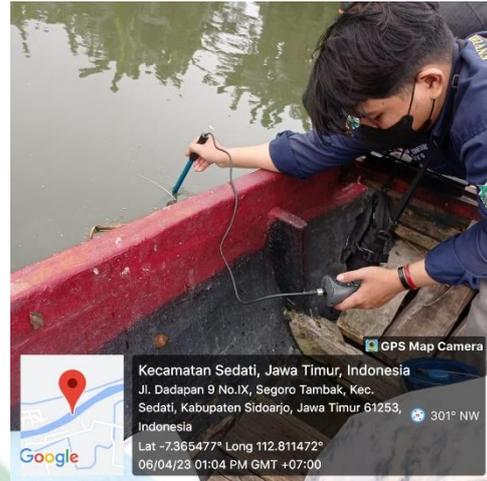


(b) Pengukuran Kecepatan Aliran

**Gambar 4.8** Pengukuran Data Debit di Lokasi Titik Sampling 2  
*Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023*



(a) Pengukuran Penampang Basah



(b) Pengukuran Kecepatan Aliran

**Gambar 4.10** Pengukuran Data Debit di Lokasi Titik Sampling 3  
*Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023*

#### 4.2.2 Analisis Kualitas Air Aktual Sungai

Analisis kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung mengacu berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI terkait Baku Mutu Air Nasional untuk air sungai kelas 2. Analisis kualitas air menggunakan data dari hasil pengambilan sampel air pada setiap titik lokasi sampling di Daerah Aliran Sungai Buntung, serta dari hasil uji parameter kualitas air yang dilakukan oleh Laboratorium PDAM Surya Sembada Kota Surabaya meliputi parameter *Total Suspended Solid*, *Biological Oxygen Demand*, *Nitrat*, dan *Total Coliform*. Serta, terdapat parameter lain yang dilakukan pengujian secara langsung pada setiap lokasi titik sampling, yaitu parameter pH dan Temperatur air sungai. Penetapan parameter analisis kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung mengacu pada pilihan sistem parameter *Software Water Quality Analysis Program*, serta disesuaikan dengan kondisi sekitar sungai yang berpotensi menjadi sumber beban pencemar yang diterima di badan air permukaan. Menurut Rahayu, dkk (2018), terdapat parameter kunci atau parameter pencemar yang sering terjadi sehingga dapat mempengaruhi kualitas badan air, yaitu parameter *Biological Oxygen Demand*, *Total Suspended Solid*, *Chemical Oxygen Demand*, dan *Total Nitrogen* dengan probabilitas mencapai  $\geq 80\%$ .

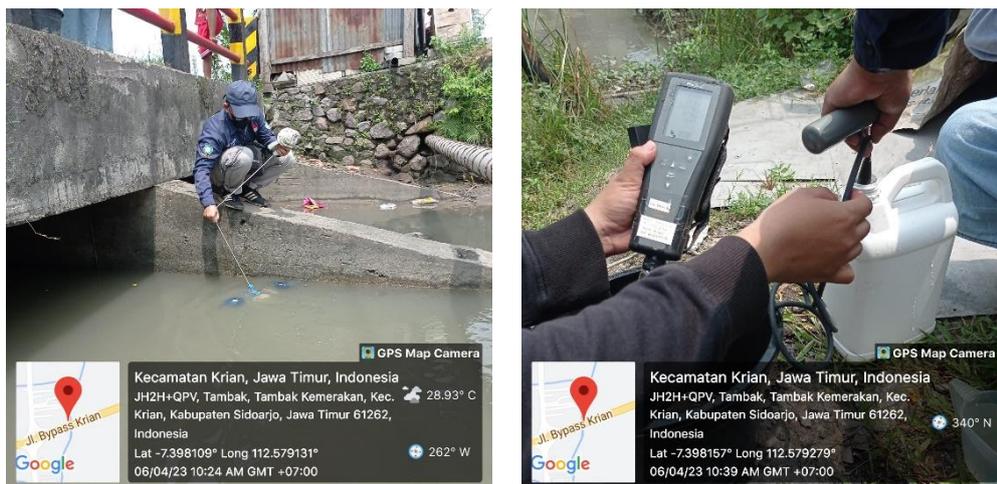
Pengambilan sampel air pada setiap lokasi titik sampling dilakukan pada satu waktu serta dengan memastikan kondisi lapangan penelitian, sehingga dapat mendukung dalam pelaksanaan pengambilan sampel. Pengambilan sampel di lokasi titik sampling 1 Kecamatan Krian dilaksanakan pada pukul 09.56 – 10.43 WIB dengan kondisi cuaca cerah, dan di lokasi titik sampling 2 Kecamatan Taman dilaksanakan pada pukul 11.24 – 11.52 WIB dengan kondisi cuaca cerah berawan, sedangkan di lokasi titik sampling 3 Kecamatan Waru dilaksanakan pada pukul 12.46 – 13.30 WIB dengan kondisi cuaca berawan. Setelah pengambilan sampel air dilakukan, sampel yang didapatkan sesegera mungkin dibawa menuju laboratorium untuk dilakukan uji kualitas airnya pada tanggal 6 April 2023 pukul 14.05 WIB. Berikut merupakan lokasi dan pengambilan sampel pada setiap titik sampling di Daerah Aliran Sungai Buntung:

a. Titik Sampling 1

Lokasi pengambilan sampel air terletak pada Desa/Kelurahan Tambak Kemerakan, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo. Lokasi titik sampling tersebut, merupakan bagian dari hulu Sungai Buntung yang terletak pada kawasan penggunaan lahan yang didominasi oleh area persawahan dan sebagian lainnya merupakan area pemukiman. Berikut merupakan gambaran dari lokasi serta proses pengambilan sampel di Kecamatan Krian, pada **Gambar 4.11** dan **Gambar 4.12**.



**Gambar 4.11** Lokasi Titik Sampling 1  
*Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023*



(a) Pengambilan Sampel Air (b) Pengukuran Parameter Kualitas Air

**Gambar 4.12** Pengambilan dan Pengukuran Sampel Air di Titik Sampling 1  
*Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023*

b. Titik Sampling 2

Lokasi pengambilan sampel air terletak pada Desa/Kelurahan Taman, Kecamatan Taman, Kabupaten Sidoarjo. Lokasi titik sampling tersebut, merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai Buntung yang aliran airnya berasal dari hulu pada Kecamatan Krian serta terletak pada kawasan penggunaan lahan yang didominasi oleh area pemukiman, area perkebunan dan sebagian lainnya merupakan area industri. Berikut merupakan gambaran dari lokasi serta proses pengambilan sampel di Kecamatan Taman, pada **Gambar 4.13** dan **Gambar 4.14**.



**Gambar 4.13** Lokasi Titik Sampling 2  
*Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023*



(a) Pengambilan Sampel Air (b) Pengukuran Parameter Kualitas Air

**Gambar 4.14** Pengambilan dan Pengukuran Sampel Air di Titik Sampling 2

*Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023*

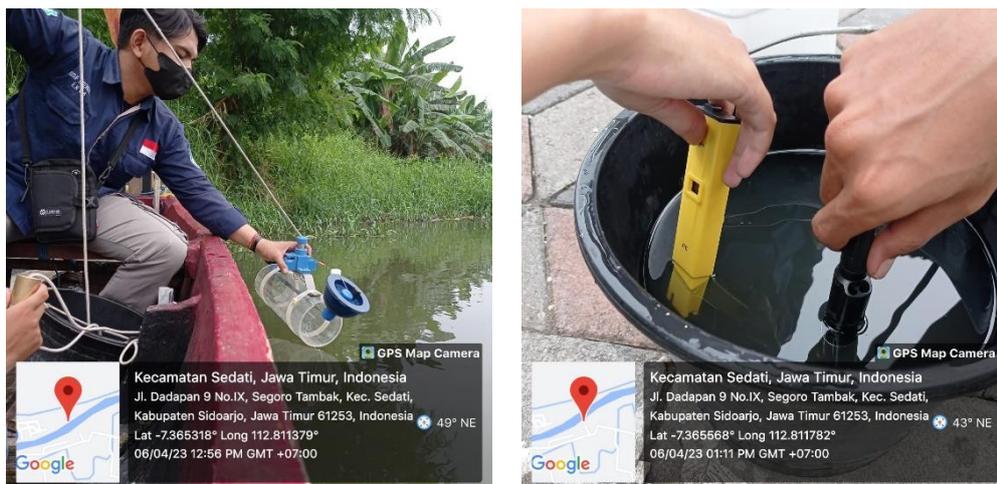
c. Titik Sampling 3

Lokasi pengambilan sampel air terletak pada Desa/Kelurahan Tambak Oso, Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo. Lokasi titik sampling tersebut, merupakan bagian dari hilir Sungai Buntung yang terletak pada kawasan penggunaan lahan yang didominasi oleh area tambak, area rawa-rawa dan sebagian lainnya merupakan area pemukiman. Berikut merupakan gambaran dari lokasi serta proses pengambilan sampel di Kecamatan Waru, pada **Gambar 4.15** dan **Gambar 4.16**.



**Gambar 4.15** Lokasi Titik Sampling 3

*Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023*



(a) Pengambilan Sampel Air (b) Pengukuran Parameter Kualitas Air

**Gambar 4.16** Pengambilan dan Pengukuran Sampel Air di Titik Sampling 3  
*Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023*

Berikut merupakan data hasil analisis kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung dengan dibandingkan oleh baku mutu air sungai kelas 2 sesuai Peraturan Pemerintah No.2 Tahun 2021 Lampiran VI, pada **Tabel 4.2**.

**Tabel 4.2** Data Hasil Uji Kualitas Air Kualitas Air DAS Buntung

Lokasi Titik Sampling	Parameter Uji Kualitas Air					
	Temperatur (°C)	TSS (mg/L)	pH	BOD (mg/L)	Nitrat (mg/L)	T. Coliform (MPN/100 mL)
Kecamatan Krian	29,7	28	7,6	<b>3,3</b>	1,6	<b>2,2 × 10<sup>6</sup></b>
Kecamatan Taman	30	35	7,9	<b>6,9</b>	1,7	<b>3,3 × 10<sup>6</sup></b>
Kecamatan Waru	29,5	19	7,2	<b>9</b>	1,8	<b>2,4 × 10<sup>6</sup></b>
<b>Baku Mutu Air Sungai Kelas II PP No. 2 Tahun 2021</b>	Deviasi 3	50	6 - 9	3	10	5000

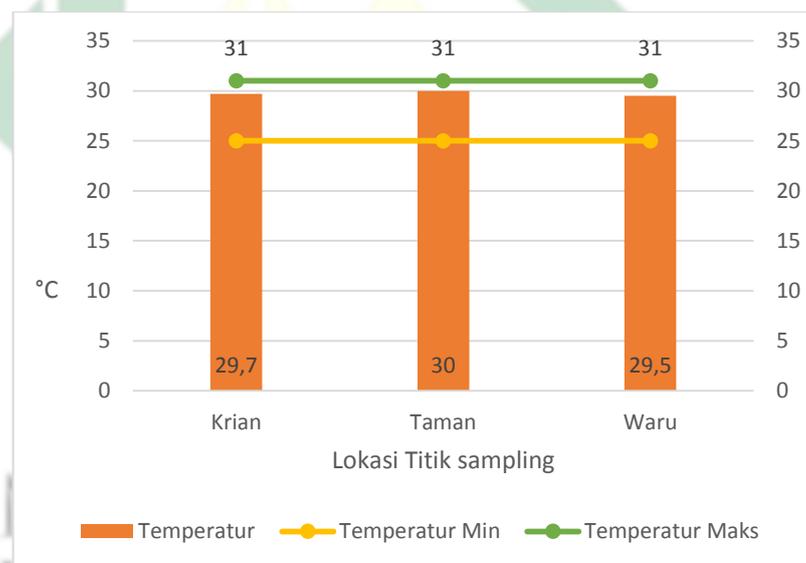
*Sumber: Hasil Pengujian Lapangan & Laboratorium PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, 2023*

Berdasarkan **Tabel 4.2** tersebut, penelitian yang dilakukan menggunakan parameter uji kualitas air pada setiap lokasi titik sampling di Daerah Aliran Sungai Buntung mencakup dari 3 (tiga) parameter pencemar badan air permukaan atau sistem perairan, antara lain parameter kimia, fisika, dan biologi. Parameter kimia kualitas air terdiri dari pH, *Biological Oxygen Demand*, dan *Nitrat*. Sedangkan pada parameter fisika terdiri dari Temperatur air dan *Total*

*Suspended Solid*, serta parameter *Total Coliform* sebagai parameter biologi kualitas airnya. Dari data hasil tersebut, dapat dianalisis kualitas air Daerah Aliran Sungai Buntung pada setiap lokasi titik sampling dan parameternya.

#### 4.2.2.1 Temperatur Air

Hasil pengukuran temperatur air pada setiap lokasi titik sampling di Daerah Aliran Sungai Buntung telah memenuhi baku mutu air sungai kelas 2 dengan nilai konsentrasi sebesar 29°C di Kecamatan Krian, 30°C di Kecamatan Taman, dan 29,5°C di Kecamatan Waru. Berikut merupakan hasil data yang dapat digambarkan dalam bentuk grafik nilai pengukuran Temperatur dari setiap lokasi titik sampling penelitian, pada **Gambar 4.17**.



**Gambar 4.17** Grafik Data Hasil Pengukuran Temperatur DAS Buntung  
*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Hasil pengukuran temperatur air pada Daerah Aliran Sungai Buntung menunjukkan bahwa tidak adanya perubahan yang signifikan pada setiap lokasi titik samplingnya serta didapatkan temperatur tertinggi pada lokasi titik sampling penelitian di Kecamatan Taman, yaitu 30°C; dan temperatur terendah pada lokasi titik sampling penelitian di Kecamatan Waru yaitu, 29,5°C. Meskipun hasil pengukuran temperatur air tersebut

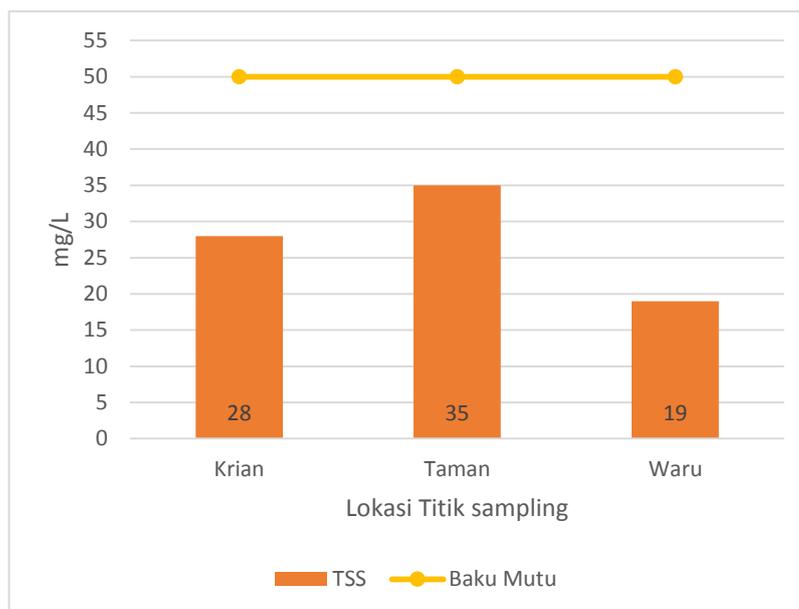
telah memenuhi baku mutunya, namun nilai temperatur pada setiap lokasi titik sampling hampir mendekati batas maksimal temperatur air, yaitu pada deviasi 3 dengan nilai 25°C – 31°C.

Tingginya temperatur pada lokasi titik sampling di Kecamatan Taman dapat diketahui, karena pada lokasi tersebut merupakan daerah yang terbuka dan tidak memiliki kerapatan vegetasi di sekitar sungai, sehingga menyebabkan banyaknya paparan sinar matahari yang masuk pada sungai tanpa adanya stabilisator temperatur dari vegetasi sekitar sungai. Sedangkan, pada lokasi titik sampling Kecamatan Waru memiliki nilai paling rendah yang disebabkan oleh kondisi cuaca yang tidak cukup panas saat pengambilan sampel di lokasi tersebut, serta rapatnya kondisi vegetasi sungai yang dipenuhi oleh eceng gondok dan sampah yang menyebabkan tidak terpaparnya bagian sungai oleh sinar matahari meskipun lebar sungai terbilang cukup besar. Kemudian, pada hulu sungai di Kecamatan Krian memiliki nilai temperatur yang relatif mendekati 30°C yang disebabkan oleh intensitas matahari pada lokasi tersebut mengenai seluruh badan perairan tanpa adanya penghalang dan merupakan daerah terbuka, serta pengambilan sampel dilakukan saat cuaca cerah.

Sesuai pernyataan menurut Marlina, dkk (2017), tinggi rendahnya temperatur atau suhu air sungai dapat dipengaruhi oleh adanya intensitas sinar matahari yang mengenai perairan, serta dapat dipengaruhi oleh vegetasi lingkungan sekitar maupun bagian sungai.

#### 4.2.2.2 *Total Suspended Solid*

Hasil uji parameter *Total Suspended Solid* air pada setiap lokasi titik sampling di Daerah Aliran Sungai Buntung telah memenuhi baku mutu air sungai kelas 2 dengan nilai konsentrasi sebesar 28 mg/L di Kecamatan Krian; 35 mg/L di Kecamatan Taman; dan 19 mg/L di Kecamatan Waru. Berikut merupakan hasil data yang dapat digambarkan dalam bentuk grafik nilai uji pengukuran *Total Suspended Solid* dari setiap lokasi titik sampling penelitian, pada **Gambar 4.18**.



**Gambar 4.18** Grafik Data Hasil Pengukuran TSS DAS Buntung  
*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Hasil uji parameter *Total Suspended Solid* air pada Daerah Aliran Sungai Buntung menunjukkan bahwa adanya perubahan yang signifikan pada setiap lokasi titik samplingnya serta didapatkan nilai *Total Suspended Solid* tertinggi pada lokasi titik sampling penelitian di Kecamatan Taman, yaitu 35 mg/L; dan nilai terendah pada lokasi titik sampling penelitian di Kecamatan Waru yaitu, 19 mg/L.

Meskipun nilai *Total Suspended Solid* telah memenuhi baku mutu air sungai kelas 2 (dua) pada setiap lokasi titik sampling, namun di lokasi titik sampling Kecamatan Taman memiliki nilai yang lebih dari setengah baku mutu. Tingginya nilai *Total Suspended Solid* di Kecamatan Taman tersebut, dapat disebabkan oleh pengaruh dari aktivitas di wilayah sekitar sungai yang merupakan kawasan permukiman, kawasan pertanian, dan beberapa kawasan industri sehingga terdapat masukan padatan tersuspensi dari daratan yang terbawa oleh aliran air sungai. Serta pada daerah tersebut, merupakan daerah yang mendapatkan masukan aliran air yang tidak dari hulu sungainya sendiri, namun juga dari Sungai Sidorejo, Sungai Kramatjegu, Sungai Kemendung, dan Sungai Bringinbendo yang berpotensi membawa masukan sedimen pada bagian Sungai Buntung di Kecamatan Taman (Arifelia & Diansyah, 2017).

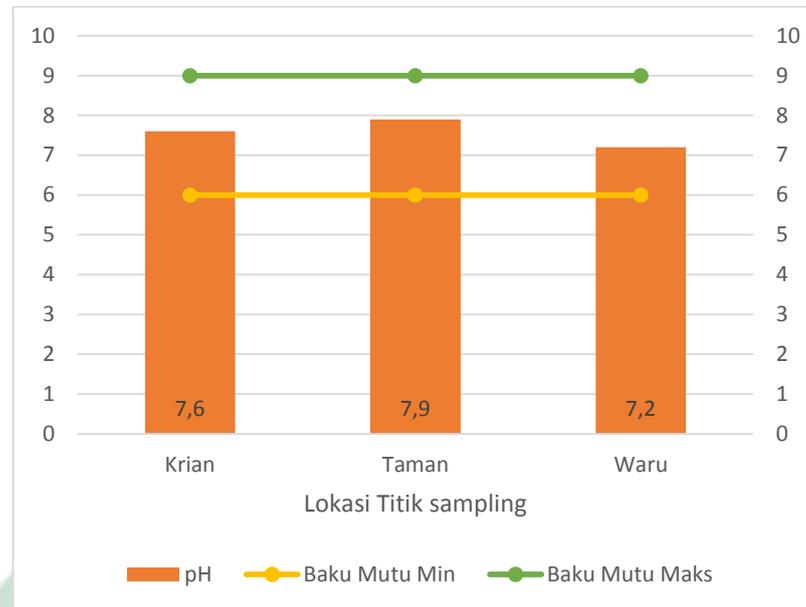
Kemudian, pada lokasi titik sampling di Kecamatan Krian juga memiliki nilai yang melebihi dari setengah baku mutu air sungai kelas 2 (dua). Tingginya nilai *Total Suspended Solid* di Kecamatan Krian, dapat disebabkan oleh pengaruh dari aktivitas di wilayah sekitar sungai yang merupakan kawasan permukiman dan kawasan pertanian yang memberikan kontribusi masukan bahan organik pada sungai (Rosarina & Laksanawati, 2018). Pengaruh tingginya nilai tersebut, tidak terlepas dari parameter temperatur air pada sungai, semakin tinggi temperatur air sungai maka akan semakin bertambah nilai kadar konsentrasi *Total Suspended Solid* pada badan air permukaan (Marlina dkk., 2017).

Sedangkan menurut Sholeh, dkk (2022), tinggi rendahnya kadar konsentrasi *Total Suspended Solid* dapat dipengaruhi oleh kecepatan aliran pada sungai, karena peran kecepatan aliran air pada sungai berpengaruh pada pergerakan kadar konsentrasinya di kolom perairan. Semakin tinggi nilai kecepatan aliran air pada sungai, maka semakin tinggi nilai kadar konsentrasi *Total Suspended Solid*. Jika ditinjau kembali pada setiap lokasi titik sampling di Daerah Aliran Sungai Buntung, kecepatan aliran air sungai dengan konsentrasi *Total Suspended Solid* memiliki pengaruh yang sangat berkorelasi, terutama pada lokasi titik sampling di Kecamatan Waru yang memiliki kecepatan aliran sangat rendah. Selain itu, rendahnya nilai konsentrasi *Total Suspended Solid* di lokasi titik sampling Kecamatan Waru dapat disebabkan oleh aktivitas wilayah disekitar sungai yang merupakan wilayah dari sedikit permukiman dan wilayah tambak/budidaya ikan.

#### **4.2.2.3 Derajat Keasaman (pH)**

Hasil uji parameter Derajat Keasaman (pH) air pada setiap lokasi titik sampling di Daerah Aliran Sungai Buntung telah memenuhi baku mutu air sungai kelas 2 dengan nilai konsentrasi sebesar 7,6 di Kecamatan Krian; 7,9 di Kecamatan Taman; dan 7,2 di Kecamatan Waru. Berikut merupakan hasil data yang dapat digambarkan dalam bentuk grafik nilai

uji pengukuran Derajat Keasaman dari setiap lokasi titik sampling penelitian, pada **Gambar 4.19**.



**Gambar 4.19** Grafik Data Hasil Pengukuran pH DAS Buntung  
*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Hasil uji parameter Derajat Keasaman (pH) air pada Daerah Aliran Sungai Buntung menunjukkan bahwa adanya perubahan yang tidak terlalu signifikan pada setiap lokasi titik samplingnya serta didapatkan nilai Derajat Keasaman (pH) tertinggi pada lokasi titik sampling penelitian di Kecamatan Taman, yaitu 7,9; dan nilai terendah pada lokasi titik sampling penelitian di Kecamatan Waru yaitu 7,4.

Berdasarkan hasil pengukuran Derajat Keasaman (pH) secara aktual pada setiap lokasi titik sampling, konsentrasi di lokasi titik sampling Kecamatan Krian menunjukkan nilai 7,6 yang masih memenuhi baku mutu air sungai kelas dua (2), namun hampir mendekati pada kondisi basa. Nilai konsentrasi tersebut, dapat dipengaruhi oleh adanya pembuangan limbah domestik pada sekitar hulu sungai yang merupakan wilayah permukiman serta bersumber dari sabun maupun detergen. Menurut Putro & Prastiwi (2019), air limbah domestik yang berasal dari kamar mandi mengandung banyak sabun dan detergen yang bersifat basa, serta merupakan garam alkali sehingga dapat mempengaruhi kondisi badan air permukaan.

Namun, saat kondisi perairan memiliki konsentrasi Derajat Keasaman diantara basa dan netral, dapat menunjukkan bahwa kondisi air telah bersih dari pengaruh air sabun dan detergen karena telah terakumulasi pada badan air permukaan.

Kemudian, nilai konsentrasi Derajat Keasaman (pH) pada lokasi titik sampling di Kecamatan Taman menunjukkan bahwa nilai konsentrasi mengalami peningkatan dengan nilai 7,9. Meningkatnya nilai konsentrasi tersebut, tidak terlepas dari pengaruh kondisi wilayah disekitar sungai yang merupakan wilayah aliran air yang sebelumnya banyak menerima beban pencemaran, terutama dari sektor industri dan sektor domestik daripada sektor pertanian. Sehingga, nilai konsentrasi semakin mendekati pada kondisi sifat basa perairan. Sumber utama beban pencemaran yang dapat meningkatkan nilai konsentarsi tersebut, berasal dari sumber bahan buangan berupa zat kimia yang terlarut yang mengandung sabun, detergen, dan bahan-bahan pembersih lainnya. Namun, pada umumnya peningkatan nilai konsentrasi Derajat Keasaman (pH) pada badan air permukaan disebabkan oleh bahan buangan organik dan anorganik yang masuk atau dibuang menuju sungai (Hanisa dkk., 2017).

Sedangkan, nilai konsentrasi Derajat Keasaman (pH) pada lokasi titik sampling di Kecamatan Waru yang merupakan bagian hilir sungai menunjukkan penurunan konsentrasi yang hampir mendekati sifat netral, yaitu 7,2. Kondisi penurunan nilai konsentrasi dari bagian sungai menuju hilir dapat dipengaruhi oleh proses nitrifikasi pada badan air permukaan. Pada proses nitrifikasi, terjadi konsumsi oksigen yang berlebih, sehingga menghasilkan karbon dioksida yang dapat bereaksi dengan molekul air dan membentuk asam karbonat yang kemudian meningkatkan ion  $H^+$  pada wilayah perairan. Semakin berlebihnya pelepasan karbon dioksida pada perairan, maka ion  $H^+$  semakin meningkat. Sehingga menjadi penyebab penurunan konsentrasi Derajat Keasaman pada bagian hilir Daerah Sungai Buntung (Wulandari & Perwira, 2021).

#### 4.2.2.4 *Biological Oxygen Demand*

Hasil uji parameter *Biological Oxygen Demand* air pada setiap lokasi titik sampling di Daerah Aliran Sungai Buntung telah melebihi baku mutu air sungai kelas 2 dengan nilai konsentrasi sebesar 3,3 mg/L di Kecamatan Krian; 6,9 mg/L di Kecamatan Taman; dan 9 mg/L di Kecamatan Waru. Berikut merupakan hasil data yang dapat digambarkan dalam bentuk grafik nilai uji pengukuran *Biological Oxygen Demand* dari setiap lokasi titik sampling penelitian, pada **Gambar 4.20**.



**Gambar 4.20** Grafik Data Hasil Pengukuran BOD DAS Buntung  
*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Hasil uji parameter *Biological Oxygen Demand* air pada Daerah Aliran Sungai Buntung menunjukkan bahwa adanya perubahan yang semakin meningkat pada setiap lokasi titik samplingnya serta didapatkan nilai *Biological Oxygen Demand* tertinggi pada lokasi titik sampling penelitian di Kecamatan Waru, yaitu 9 mg/L; dan nilai terendah pada lokasi titik sampling penelitian di Kecamatan Krian yaitu 3,3 mg/L.

Berdasarkan hasil uji parameter *Biological Oxygen Demand* pada setiap lokasi titik sampling, konsentrasi di lokasi titik sampling Kecamatan Krian menunjukkan nilai 3,3 mg/L dan melebihi baku mutu air sungai kelas dua (2), namun mendekati baku mutu yang telah ditentukan. Nilai

konsentrasi tersebut, disebabkan oleh adanya bahan buangan organik yang terdegradasi oleh mikroorganisme atau dapat membusuk yang masuk pada saluran sungai sebelumnya yang bersumber dari wilayah pertanian dan permukiman di sekitar sungai. Kemudian, menyebabkan proses dekomposisi perairan yang dapat menyerap oksigen perairan, sehingga berpengaruh pada penurunan oksigen terlarut. Bahan buangan organik yang menyebabkan konsentrasi *Biological Oxygen Demand* meningkat tersebut, tersusun dari senyawa hidrogen, karbon, dan mengandung nitrogen (Pohan, dkk., 2017).

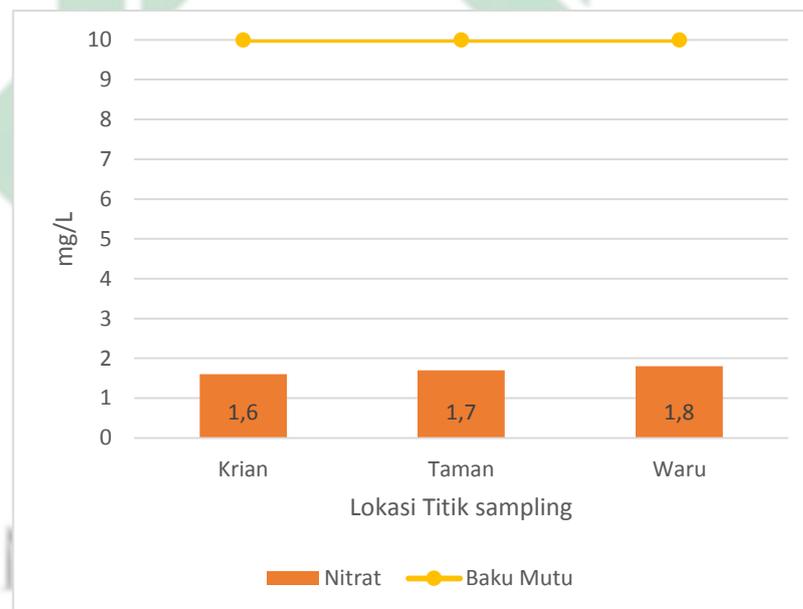
Kemudian, konsentrasi *Biological Oxygen Demand* air pada lokasi titik sampling di Kecamatan Taman semakin meningkat, yaitu 6,9 mg/L. Kenaikan kadar konsentrasi tersebut, disebabkan oleh intensifikasi dan ekstensifikasi wilayah pertanian, permukiman, dan industri yang mengandung beban pencemar organik maupun anorganik serta masuk ke sepanjang aliran sungai dari bagian hulu sampai tengah sungai di Kecamatan Taman. Selain dari masuknya bahan buangan ke perairan, bagian tengah Sungai Buntung di Kecamatan Taman juga menerima aliran air dari sungai lain yang dapat berpotensi sebagai penambahan beban pencemar. Beban pencemar yang masuk pada perairan, umumnya membawa padatan yang dapat mengendap sehingga menyebabkan oksigen terlarut (DO) semakin rendah. Semakin panjang aliran sungai tersebut, maka aliran air akan banyak melewati sektor permukiman, sehingga memberikan kontribusi limbah domestik yang mengandung bakteri, padatan, serta bahan organik dan menyebabkan peningkatan kadar konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (Sugianti & Astuti, 2018).

Sesuai aliran sungainya dalam pernyataan tersebut, konsentrasi *Biological Oxygen Demand* di lokasi titik sampling Kecamatan Waru semakin meningkat yang dikarenakan aliran air telah melewati wilayah yang dapat memberikan *input* beban pencemar dari berbagai sektor atau jenis pencemar, dengan konsentrasi 9 mg/L. Nilai konsentrasi *Biological Oxygen Demand* yang melebihi baku mutu, telah menunjukkan kebutuhan oksigen yang digunakan untuk proses biologi perairan yang relatif masih

kurang, karena kebutuhan oksigen yang digunakan untuk menguraikan bahan pencemar organik secara kimiawi lebih besar (Lusiana, dkk., 2020).

#### 4.2.2.5 Nitrat

Hasil uji parameter Nitrat air pada setiap lokasi titik sampling di Daerah Aliran Sungai Buntung telah memenuhi baku mutu air sungai kelas 2 dengan nilai konsentrasi sebesar 1,6 mg/L di Kecamatan Krian; 1,7 mg/L di Kecamatan Taman; dan 1,8 mg/L di Kecamatan Waru. Berikut merupakan hasil data yang dapat digambarkan dalam bentuk grafik nilai uji pengukuran Nitrat dari setiap lokasi titik sampling penelitian, pada **Gambar 4.21**.



**Gambar 4.21** Grafik Data Hasil Pengukuran Nitrat DAS Buntung  
*Sumber: Hasil Analisa, 2023*

Hasil uji parameter Nitrat air pada Daerah Aliran Sungai Buntung menunjukkan bahwa adanya perubahan yang meningkat pada setiap lokasi titik samplingnya serta didapatkan nilai Nitrat tertinggi pada lokasi titik sampling penelitian di Kecamatan Waru, yaitu 1,8 mg/L; dan nilai terendah pada lokasi titik sampling penelitian di Kecamatan Krian yaitu 1,6 mg/L.

Berdasarkan hasil uji parameter Nitrat pada setiap lokasi titik sampling, konsentrasi di lokasi titik sampling Kecamatan Krian menunjukkan nilai konsentrasi yang paling rendah diantara lokasi titik sampling lainnya, yaitu 1,6 mg/L. Rendahnya konsentrasi Nitrat pada lokasi titik sampling tersebut, dapat disebabkan oleh kurangnya masukan atau *run-off* dari lahan pertanian secara langsung yang secara umum mengandung nitrat. Selain itu, rendahnya konsentrasi nitrat diakibatkan oleh aktivitas mikroorganisme yang membantu proses oksidasi ammonium menjadi nitrit, serta dari bakteri yang menjadi nitrat. Proses oksidasi tersebut, dapat menyebabkan kadar konsentrasi oksigen terlarut (DO) semakin menurun dan kadar konsentrasi *Biological Oxygen Demand* meningkat, sesuai dengan analisis parameter yang telah diuji (Amalia, dkk., 2021).

Hasil uji parameter Nitrat pada lokasi titik sampling di Kecamatan Taman dan Waru semakin meningkat. Ditinjau dari lokasi pengambilan sampelnya, meningkatnya konsentrasi Nitrat diakibatkan di Kecamatan Taman adalah semakin luasnya wilayah pertanian yang dilewati oleh aliran sungai dari hulu sampai bagian tengah sungai. Karena, pada wilayah pertanian merupakan wilayah yang sangat berpotensi meningkatkan konsentrasi Nitrat pada kolom air dari penggunaan pupuk. Pupuk yang digunakan di lahan pertanian tidak seluruhnya masuk ke tanah yang akan diserap oleh tanaman, namun sebagian lainnya akan tersimpan pada tanah yang suatu saat dapat melepaskan konsentrasinya menuju kolom air (Putri, dkk., 2021).

Menurut Putri, dkk (2021), Meningkatnya konsentrasi tersebut, juga dapat disebabkan dari proses difusi atmosfer, fiksasi, hasil degradasi dari bahan organik, dan bahan pencemar organik. Ditinjau pada lokasi titik sampling di Kecamatan Waru, konsentrasi Nitrat menunjukkan peningkatan, yaitu 1,8 mg/L. Meningkatnya konsentrasi pada wilayah tersebut selain mendapatkan sumber pencemar dari wilayah pertanian, tetapi juga mendapatkan sumber pencemar dari kegiatan pertambakan atau budidaya ikan, sehingga mendapatkan *run-off* yang berpotensi

memberikan kandungan konsentrasi nutrisi ke perairan (Nasir, dkk., 2018).

#### 4.2.2.6 Total Coliform

Hasil uji parameter *Total Coliform* air pada setiap lokasi titik sampling di Daerah Aliran Sungai Buntung sangat melebihi jauh dari baku mutu air sungai kelas 2 dengan nilai konsentrasi sebesar  $2,2 \times 10^6$  MPN/100 ml di Kecamatan Krian;  $3,3 \times 10^6$  MPN/100 ml di Kecamatan Taman; dan  $2,4 \times 10^6$  MPN/100 ml di Kecamatan Waru. Berikut merupakan hasil data yang dapat digambarkan dalam bentuk grafik nilai uji pengukuran *Total Coliform* dari setiap lokasi titik sampling penelitian, pada **Gambar 4.22**.



**Gambar 4.22** Grafik Data Hasil Pengukuran *Total Coliform* DAS Buntung

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil uji parameter *Total Coliform* air pada Daerah Aliran Sungai Buntung menunjukkan bahwa adanya perubahan yang signifikan pada setiap lokasi titik samplingnya serta didapatkan nilai *Total Coliform* tertinggi pada lokasi titik sampling penelitian di Kecamatan Taman, yaitu

$3,3 \times 10^6$  MPN/100 ml; dan nilai terendah pada lokasi titik sampling penelitian di Kecamatan Krian yaitu  $2,2 \times 10^6$  MPN/100 ml.

Berdasarkan hasil uji parameter *Total Coliform* pada setiap lokasi titik sampling, konsentrasi di lokasi titik sampling Kecamatan Krian menunjukkan nilai konsentrasi yang paling rendah diantara lokasi titik sampling lainnya, namun tetap jauh melebihi baku mutu. Tingginya konsentrasi *Total Coliform* mencapai  $2,2 \times 10^6$  MPN/100 ml, pada bagian hulu sungai dapat disebabkan oleh kelompok bakteri yang berasal dari wilayah lingkungan sekitar, terutama kotoran hewan maupun manusia (*fecal*) dengan jumlah kuantitas yang banyak maupun dari tanaman dan hewan yang mati serta membusuk (*non-fecal*), sehingga bakteri tersebut sering digunakan untuk indikator atau petunjuk kualitas perairan (Saputri & Efendy, 2020).

Kemudian, pada lokasi titik sampling di Kecamatan Taman konsentrasi *Total Coliform* semakin meningkat hingga mencapai  $3,3 \times 10^6$  MPN/100 ml. Kondisi peningkatan konsentrasi tersebut, disebabkan oleh banyaknya beban pencemar yang masuk dari beberapa sektor dan aliran air sungai lainnya yang diterima pada lokasi titik sampling di Kecamatan Taman, terutama bersumber dari limbah domestik. Tingginya konsentrasi *Total Coliform* di perairan dapat menunjukkan adanya mikroorganisme yang memiliki sifat taksigenetik dan eterpatogenik, sehingga dapat mempengaruhi kualitas lingkungan, yang semakin rendah keberadaannya maka semakin baik kualitas perairannya (Saputri & Efendy, 2020).

Sedangkan, pada lokasi titik sampling di Kecamatan Waru konsentrasi *Total Coliform* menurun mencapai  $2,2 \times 10^6$  MPN/100 ml. Penurunan kadar konsentrasi tersebut, disebabkan oleh kondisi wilayah pengambilan sampel yang merupakan bagian hilir sungai dan berdekatan dengan muara sungai menuju laut. Menurut Nurdiana, dkk (2019), *Total Coliform* mempunyai kemampuan adaptasi yang rendah pada lingkungan dengan naiknya kadar salinitas terhadap perairan, karena partikel bakteri dapat terflokulasi dan diadsorpsi dengan partikel tersuspensi dalam air, sehingga dapat dihilangkan dengan pengendapan yang lebih cepat.

### 4.3 Identifikasi Beban Pencemar Daerah Aliran Sungai Buntung

Berdasarkan KepMenLH No. 110 Tahun 2003, beban pencemar terbagi menjadi dua (2), yaitu beban pencemaran maksimum dan beban pencemaran aktual. Beban pencemaran maksimum merupakan total beban polutan yang diizinkan pada badan air dan sesuai dengan peruntukannya. Sedangkan, beban pencemaran aktual merupakan total beban polutan yang berasal dan dihasilkan dari badan air ketika pada kondisi eksistingnya (Lusiana, dkk., 2020). Maka, beban pencemar aktual dapat diketahui dengan **Rumus 3.6** dan beban pencemar maksimum dapat diketahui dengan **Rumus 3.7**. Berikut merupakan hasil perhitungan beban pencemar aktual dan beban pencemar maksimum, pada **Tabel 4.3**.

**Tabel 4.3** Beban Pencemar Aktual dan Maksimum DAS Buntung

Lokasi Titik Sampling	Beban Pencemar Aktual (kg/hari) & (MPN/hari)				Beban Pencemar Maksimum (kg/hari) & (MPN/hari)			
	TSS	BOD	Nitrat	Total Coliform	TSS	BOD	Nitrat	Total Coliform
Krian	155,12	18,28	8,86	1053043200	277	16,62	55,4	2393280
Taman	451,15	88,94	21,91	3675196800	644,5	38,67	128,9	5568480
Waru	595,65	282,15	56,43	6500736000	1567,5	94,05	313,5	13543200
<b>Rata-Rata</b>	<b>400,64</b>	<b>129,79</b>	<b>29,07</b>	<b>3742992000</b>	<b>829,67</b>	<b>49,78</b>	<b>165,93</b>	<b>7168320</b>

*Sumber: Hasil Perhitungan, 2023*

Berdasarkan **Tabel 4.3** tersebut, hasil beban pencemar Daerah Aliran Sungai dapat dibandingkan antara beban pencemar aktual dan beban pencemar maksimum melalui hasil rata-rata beban pencemar dari setiap parameter. Diketahui beban pencemar aktual pada parameter *Total Suspended Solid* dan Nitrat, tidak melebihi dari beban pencemar yang ditentukan. Sedangkan, pada beban pencemar aktual pada parameter *Biological Oxygen Demand* dan *Total Coliform*, telah melebihi beban pencemar maksimum yang ditentukan. Sehingga, Daerah Aliran Sungai Buntung tidak dapat kembali menampung beban pencemar *Biological Oxygen Demand* dan *Total Coliform* pada waktu pengukuran tersebut.

Sesuai dengan hasil data tersebut, dapat disimpulkan bahwa Daerah Aliran Sungai Buntung pada setiap lokasi titik sampling pada tahun 2023 dengan debit aktual yang didapatkan dalam kondisi tercemar oleh parameter *Biological Oxygen*

*Demand* dan *Total Coliform* yang disebabkan oleh masuknya beban pencemar dari berbagai sumber.

Berdasarkan sumbernya pencemaran terbagi menjadi dua (2), yaitu sumber tertentu (*point source*) dan sumber tak tertentu (*non-point source*) yang dapat mempengaruhi kualitas badan air permukaan sehingga merusak ekosistem perairan. Pada identifikasi sumber pencemar Daerah Aliran Sungai Buntung, langkah awal yang harus dilakukan adalah mengetahui lokasi sumber pencemar di sekitar wilayah sungai dengan menggunakan citra satelit *Google Earth* dan *SAS Planet* yang dipadukan berdasarkan peta administrasi wilayah penelitian. Kemudian, dilanjutkan dengan mengetahui jumlah serta jenis sumber pencemar yang diperoleh melalui data Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan, Dinas Perumahan Permukiman Cipta Karya dan Tata Ruang, serta Dinas Pangan dan Pertanian Kabupaten Sidoarjo.

Pada identifikasi potensi beban pencemar dari sumber tertentu (*point source*), menggunakan metode secara langsung berdasarkan Lampiran I Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun, bahwa nilai *effluent* pencemar dari sumber *point source* dapat ditentukan menggunakan data sekunder dari pemantauan pelaku kegiatan/usaha sebagai inspektor. Kemudian, nilai beban pencemar yang berasal dari sektor industri (*point source*) memiliki perkiraan *effluent* untuk sekitar satu (1) tahun setiap periode dari pelaporan yang dilakukan.

Sedangkan pada identifikasi beban pencemar dari sumber tak tertentu (*non-point source*), menggunakan metode tidak langsung dengan menggunakan faktor emisi pada setiap parameter pencemar. Cara identifikasi tersebut, digunakan untuk memperkirakan serta menentukan potensi beban pencemar dari sumber domestik (permukiman) dan lahan pertanian. Karena penentuan potensi beban pencemar dari sumber tersebut sulit untuk diketahui kuantitas dan kualitasnya secara langsung.

#### **4.3.1 Sumber Beban Pencemar *Point Source***

Sumber pencemar tertentu (*point source*) umumnya merupakan sumber secara tunggal yang dapat diidentifikasi serta memiliki sifat lokal, yaitu memiliki volume relatif tidak berubah yang berasal dari pipa Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup

dan Kebersihan Kabupaten Sidoarjo, saluran Daerah Aliran Sungai Buntung dari hulu di Kecamatan Krian sampai hilir di Kecamatan Waru terdapat beberapa sumber pencemar sektor industri yang merupakan sumber pencemar tertentu (*point source*). Berikut merupakan data sumber beban pencemar *point source* dari sektor industri di Daerah Aliran Sungai Buntung, pada **Tabel 4.4**.

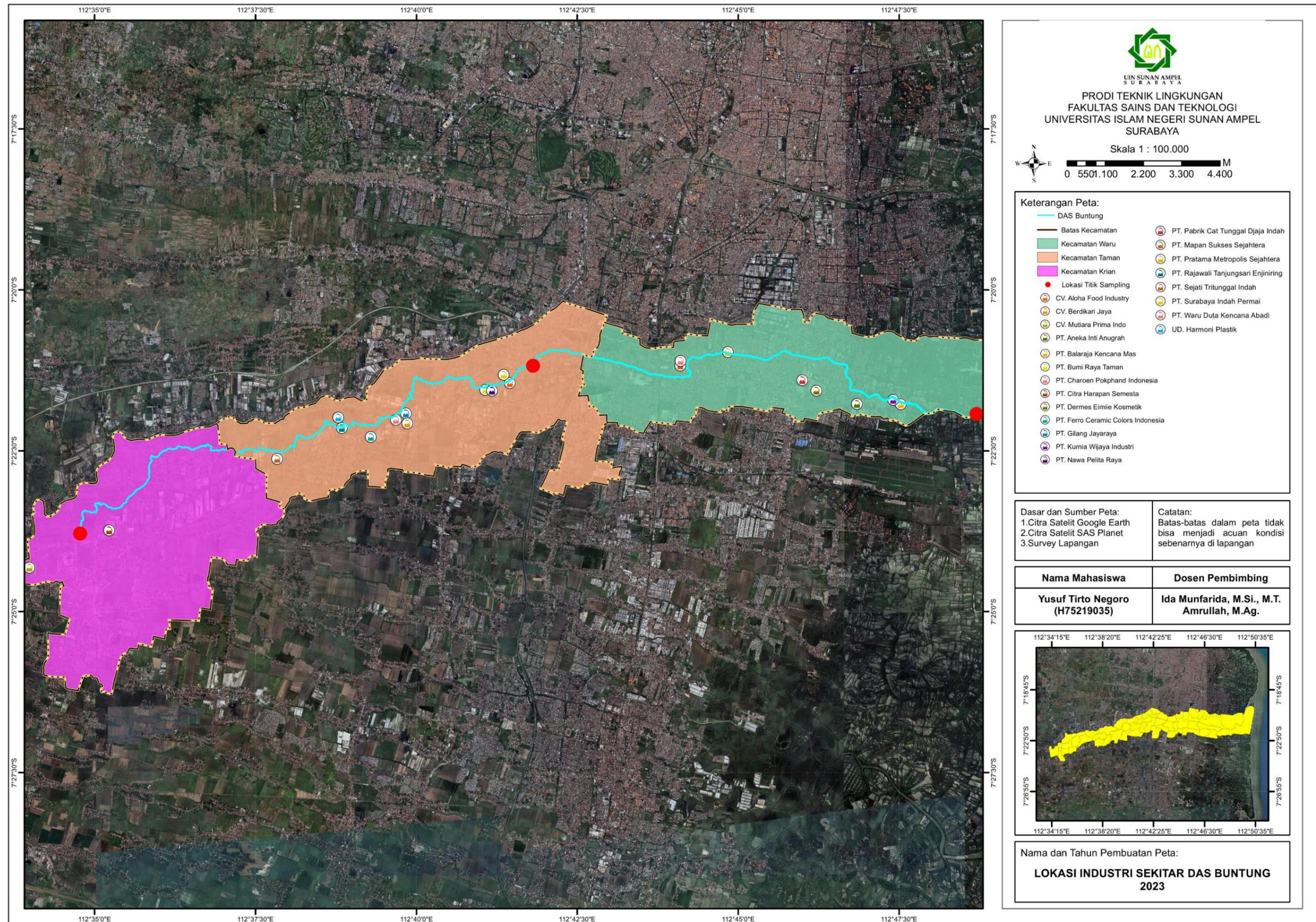
**Tabel 4.4** Potensi Beban Pencemar *Point Source* DAS Buntung

No	Nama Perusahaan	Lokasi Usaha	Bidang Usaha/Kegiatan	Pengolahan Limbah	Badan Air Penerima
1	PT. Pabrik Cat Tunggal Djaja Indah	Kec. Waru	Cat	IPAL Domestik	Daerah Aliran Sungai Buntung
2	PT. Bumi Raya Taman	Kec. Taman	SPBU	IPAL Domestik	
3	PT. Aneka Inti Anugrah	Kec. Waru	Farmasi	IPAL Domestik	
4	PT. Ferro Ceramic Colors Indonesia	Kec. Taman	Kimia Dasar Anorganik Pigmen	IPAL Terintegrasi	
5	PT. Pratama Metropolis Sejahtera	Kec. Waru	Showroom Service Motor	IPAL Domestik	
6	PT. Rajawali Tanjungsari Enjiniring	Kec. Taman	Penyamakan Kulit, Karung Plastik dan Pengemasan	IPAL Domestik	
7	PT. Gilang Jayaraya	Kec. Taman	Bumbu Masak dan Penyedap Masakan	IPAL Terintegrasi	
8	CV. Aloha Food Industry	Kec. Taman	Makanan Ringan	IPAL Terintegrasi	
9	CV. Berdikari Jaya	Kec. Taman	Karoseri Kendaraan	IPAL Domestik	
10	PT. Bala Raja Kencana Mas	Kec. Waru	Kontraktor dan Bahan-Bahan Konstruksi	IPAL Domestik	
11	PT. Sejati Tritunggal Indah	Kec. Taman	Penyempurnaan Benang	IPAL Terintegrasi	
12	PT. Charoen Pokphand Indonesia Tbk	Kec. Taman	Pakan Ternak	IPAL Terintegrasi	
13	PT. Citra Harapan Semesta	Kec. Krian	Sepatu dan Outsole	IPAL Domestik	
14	PT. Mapan Sukses Sejahtera	Kec. Waru	Makaroni, Mie dan Makanan Masakan Olahan	IPAL Terintegrasi	

No	Nama Perusahaan	Lokasi Usaha	Bidang Usaha/Kegiatan	Pengolahan Limbah	Badan Air Penerima
15	PT. Nawa Pelita Raya	Kec. Taman	SPBE	IPAL Domestik	
16	PT. Mergonoto Abadi Land	Kec. Krian	Pergudangan dan Penyimpanan	IPAL Domestik	
17	CV. Harmoni Plastik	Kec. Taman	Barang-Barang dari Plastik	IPAL Terintegrasi	
18	PT. Kurnia Wijaya Industri	Kec. Waru	Makanan, Minuman, dan Repacking	IPAL Terintegrasi	
19	PT. Waru Duta Kencana Abadi	Kec. Waru	Bahan Baku Plastik	IPAL Terintegrasi	
20	CV. Mutiara Prima Indo	Kec. Krian	Barang-Barang dari Plastik dan Meubelair	IPAL Terintegrasi	
21	PT. Surabaya Indah Permai	Kec. Taman	Produk Obat Tradisional	IPAL Terintegrasi	
22	PT. Dermes Eimiie Kosmetik	Kec. Waru	Kosmetik	IPAL Terintegrasi	

Sumber: DLHK Kabupaten Sidoarjo, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.4**, lokasi industri sebagai potensi sumber beban pencemaran tertentu (*point source*) dapat dilihat secara spasial dan berurutan dengan peta, pada **Gambar 4.23**. Data secara spasial merupakan data keruangan lokasi geografis untuk mengetahui letak suatu tempat atau wilayah secara spesifik berdasarkan sistem koordinat (Hidayat & Munir, 2006). Sehingga, dapat terlihat pada setiap lokasi titik sampling sungai dari Kecamatan Krian sampai Kecamatan Waru pada Daerah Aliran Sungai Buntung yang berpotensi sebagai sumber beban pencemaran tertentu (*point source*).



Gambar 4.23 Peta Lokasi Industri (Point Source) DAS Buntung



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

Pada penentuan sumbernya, potensi beban pencemar ditentukan berdasarkan pada wilayah studi dan mempertimbangkan jarak lokasi industri dengan badan air penerima, yaitu Daerah Aliran Sungai Buntung.

Dalam analisis beban pencemar terhadap sektor industri (*point source*) memiliki tahapan, seperti berikut (Kurniawan, 2017):

- a. Data yang digunakan merupakan hasil pemantauan yaitu debit dan konsentrasi limbah.
- b. Jika terdapat data konsentrasi limbah, dan data debit limbah tidak ada, maka dapat memakai debit limbah pada ketentuan perizinan debit yang dibuang ke badan air.
- c. Jika kedua data tidak didapatkan, maka dapat memakai metode *pollutan load unit* (PLU) atau umumnya disebut dengan faktor emisi polutan yang berasal dari jumlah penduduk, jumlah karyawan, kapasitas dan/atau hasil produksi.
- d. Nilai beban pencemar pada sektor industri terhadap usaha/kegiatan yang tidak mempunyai hasil data pemantauan serta dari data perizinan usaha/kegiatan dapat memakai nilai tengah (median) dari total beban pencemar sektor yang telah diperhitungkan dan dapat disamakan.

Menurut tahapan sebagai alternatif tersebut, analisis beban pencemar dari sumber tertentu (*point source*) menggunakan basis perkiraan emisi pada 1 tahun setiap periode pelaporan yang dapat diperkirakan menggunakan **Rumus 3.8**, dan berdasarkan Lampiran I Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun, bahwa nilai *effluent* pencemar dari sumber *point source* dapat ditentukan menggunakan data sekunder dari pemantauan pelaku kegiatan/usaha dengan contoh perhitungan pada industri farmasi di Kecamatan Waru, seperti berikut:

$$I, i = C_i \times V \times OpHRS / 1000.000$$
$$I, i = 1320 \frac{mg}{L} \times 96,88 \frac{L}{jam} \times 24 jam / 1000.000$$
$$I, i = 3,069 kg/hari \text{ (BOD)}$$

Keterangan:

$I, i$  = Beban pencemar  $i$  (kg/tahun)

Ci = Konsentrasi Pencemar i pada air limbah (mg /L)

V = laju aliran limbah (L/jam)

OpHRS = Jam Operasional Industri per tahun (jam/tahun)

1000.000 = faktor konversi (mg/kg)

Berikut merupakan rekapitulasi alokasi beban pencemaran *point source* di Daerah Aliran Sungai Buntung, pada **Tabel 4.5**.

**Tabel 4.5** Rekapitulasi Alokasi Beban Pencemar Point Source DAS Buntung

No	Nama Perusahaan	Lokasi Usaha	Bidang Usaha/Kegiatan	Kadar Pencemar (kg/hari) & (MPN/hari)			
				TSS	BOD	Nitrat	T. Coliform
1	PT. Citra Harapan Semesta	Kec. Krian	Sepatu dan Outsole	10,764	8,970	0,000	152,951
2	PT. Mergonoto Abadi Land	Kec. Krian	Pergudangan dan Penyimpanan	31,768	21,736	0,000	2690,319
3	CV. Mutiara Prima Indo	Kec. Krian	Barang-Barang dari Plastik dan Meubelair	26,970	22,475	0,000	8641,876
4	PT. Bumi Raya Taman	Kec. Taman	SPBU	7,137	5,234	0,000	67,241
5	PT. Ferro Ceramic Colors Indonesia	Kec. Taman	Kimia Dasar Anorganik Pigmen	14,735	10,780	13,184	257,224
6	PT. Rajawali Tanjungsari Enjiniring	Kec. Taman	Penyamakan Kulit, Karung Plastik dan Pengemasan	43,180	33,020	0,000	2759,409
7	PT. Gilang Jayaraya	Kec. Taman	Bumbu Masak dan Penyedap Masakan	10,860	10,860	0,000	1401,218
8	CV. Aloha Food Industry	Kec. Taman	Makanan Ringan	3,300	2,622	0,000	129,382
9	CV. Berdikari Jaya	Kec. Taman	Karoseri Kendaraan	1,317	1,040	0,000	18,504
10	PT. Sejati Tritunggal Indah	Kec. Taman	Penyempurnaan Benang	41,211	32,535	0,000	2012,184
11	PT. Charoen Pokphand Indonesia Tbk	Kec. Taman	Pakan Ternak	83,411	65,851	0,000	8242,856

No	Nama Perusahaan	Lokasi Usaha	Bidang Usaha/Kegiatan	Kadar Pencemar (kg/hari) & (MPN/hari)			
				TSS	BOD	Nitrat	T. Coliform
12	PT. Nawa Pelita Raya	Kec. Taman	SPBE	27,183	18,599	0,000	7878,945
13	CV. Harmoni Plastik	Kec. Taman	Barang-Barang dari Plastik	10,864	8,291	7,433	1258,576
14	PT. Surabaya Indah Permai	Kec. Taman	Produk Obat Tradisional	30,067	22,550	0,000	8699,649
15	PT. Pabrik Cat Tunggal Djaja Indah	Kec. Waru	Cat	59,540	56,504	0,000	3790,586
16	PT. Aneka Inti Anugrah	Kec. Waru	Farmasi	4,185	3,069	0,000	23,120
17	PT. Pratama Metropolis Sejahtera	Kec. Waru	Showroom Service Motor	1,191	1,003	0,000	15,117
18	PT. Bala Raja Kencana Mas	Kec. Waru	Kontraktor dan Bahan-Bahan Konstruksi	2,839	2,242	0,000	85,958
19	PT. Mapan Sukses Sejahtera	Kec. Waru	Makaroni, Mie dan Makanan Masakan Olahan	72,201	66,881	0,000	6176,122
20	PT. Kurnia Wijaya Industri	Kec. Waru	Makanan, Minuman, dan Repacking	46,526	36,731	0,000	2564,601
21	PT. Waru Duta Kencana Abadi	Kec. Waru	Bahan Baku Plastik	48,810	81,351	0,000	28305,039
22	PT. Dermes Eimiie Kosmetik	Kec. Waru	Kosmetik	11,645	9,248	8,220	1806,227

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.5** tersebut, tidak semua industri menjadikan parameter nitrat pada pengujian kualitas air limbahnya dan hanya industri tertentu saja. Sehingga, potensi sumber beban pencemar tertentu (*point source*) pada parameter nitrat tidak diperkirakan pada setiap industri. Kemudian, pada setiap parameter tidak menggunakan basis perkiraan emisi 1 tahun, sehingga dikonversi kembali untuk diperkirakan dalam jumlah per hari dan parameter *Total Coliform* diperhitungkan menggunakan debit limbah yang telah dikonversi menjadi m<sup>3</sup>/detik.

### 4.3.2 Sumber Beban Pencemar *Non-Point Source*

Sumber pencemar tak tentu (*non-point source*) merupakan sumber pencemar yang tersebar dan tidak hanya berasal dari sumber tunggal. Pencemaran air dari sumber tersebut dapat diperkirakan kandungannya dengan melakukan pendekatan serta jenis data yang berbeda dari memperkirakan kandungan polutan pada sumber pencemar tertentu. Karena, sumber pencemar tidak tentu terus mengalir dan bergerak mengikuti arus dengan membawa pencemar menuju badan air permukaan (Machairiyah, dkk., 2020).

Dari data sekunder yang telah didapatkan, sumber pencemar tak tentu (*point source*) yang akan diperkirakan kadar polutannya meliputi dari sektor pertanian dan sektor permukiman yang berpotensi menjadi sumber pencemar yang masuk pada Daerah Aliran Sungai Buntung.

#### 4.3.2.1 Sektor Pertanian

Potensi beban pencemar yang bersumber dari sektor pertanian dipengaruhi oleh luasan lahan yang digunakan untuk kegiatan tanam hingga masa panen dan jenis tanaman yang ditanam pada kawasan disekitar Daerah Aliran Sungai Buntung. Luas lahan yang digunakan untuk kegiatan pertanian yang dapat berpotensi sebagai sumber pencemar pada Sungai Buntung didapatkan dari Dinas Pangan dan Pertanian Kabupaten Sidoarjo yang disesuaikan pada setiap wilayah yang dilewati oleh aliran air sungai.

Menurut Kurniawan (2017), potensi beban pencemaran dari sektor pertanian memiliki *delivery load* 10% untuk lahan yang digunakan untuk menanam padi, dan 1% untuk lahan yang digunakan untuk menanam palawija serta perkebunan lainnya. Berikut merupakan lokasi dan masa tanam, serta luas lahan yang digunakan untuk pertanian pada setiap kelurahan/desa pada masing-masing kecamatan yang wilayahnya dilewati oleh Daerah Aliran Sungai Buntung, pada **Tabel 4.6**.

**Tabel 4.6** Lokasi dan Luas Lahan Pertanian

No	Kecamatan	Desa/Kelurahan	Luas Lahan Sawah (Ha)	Luas Lahan Palawija (Ha)	Masa Tanam Padi (hari)	Masa Tanam Palawija (hari)
1	Krian	Tambak Kemerakan	20	0	240	0
		Sidomulyo	72	0	240	0
		Tempel	77	0	240	0
		Sidomojo	25	3	240	90
		Watugolong	52	6	240	90
		Barengkrajan	68	0	360	0
		Sidorejo	66	4	240	90
2	Taman	Pertapan Maduretno	76,41	0	240	0
		Trosobo	26	0	240	0
		Tanjungsari	77,52	0	360	0
		Gilang	30	30	240	120
		Krembangan	39,02	0	240	0
		Tawang Sari	13,26	0	360	0
		Taman	7	0	240	0
3	Waru	Ketegan	4,77	0	360	0
		Tambakrejo	10	0	120	0

Sumber: Dinas Pangan dan Pertanian Kabupaten Sidoarjo, 2023

Dari data sekunder yang telah didapatkan, tidak seluruh wilayah pada setiap kecamatan terdapat lahan pertaniannya, sehingga penentuan lahan yang berpotensi sebagai sumber pencemar menggunakan pertimbangan wilayah yang dekat serta dilewati Daerah Aliran Sungai Buntung.

Berdasarkan data rekapitulasi pada sektor pertanian tersebut, potensi beban pencemaran dapat diperkirakan dan dihitung menggunakan persamaan **Rumus 3.12**, **Rumus 3.13**, dan **Rumus 3.14**. Dalam perhitungan potensi beban pencemarnya, terdapat faktor emisi untuk masing-masing jenis lahan yang digunakan sesuai dengan parameter pencemarnya yang mengacu pada Balai Lingkungan Keairan Puslitbang SDA Kementrian Pekerjaan Umum Tahun 2004. Berikut merupakan contoh perhitungan potensi beban pencemaran pada sektor pertanian (lahan sawah dan palawija) di Desa Sidomojo, Kecamatan Krian.

$$\begin{aligned}
 &PBTN \text{ (sawah) per musim tanam} \\
 &= \text{Luas Lahan} \times \text{faktor emisi} \times 10\% \\
 &= 25 \text{ ha} \times 225 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} / \text{tanam (BOD)} \times 10\% \\
 &= 563 \text{ kg/musim tanam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &PBTN \text{ (Palawija) per musim tanam} \\
 &= \text{Luas Lahan} \times \text{faktor emisi} \times 1\% \\
 &= 3 \text{ ha} \times 2,4 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{tanam (TSS)} \times 1\% \\
 &= 0,072 \text{ kg/musim tanam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total} &= PBTN \text{ sawah/hari musim tanam} \\
 &= 563 \text{ kg/musim tanam} / 240 \text{ hari} \\
 &= 2,34 \text{ kg/hari (BOD)}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

- PBTN = Potensi Beban Pencemaran Pertanian  
 10% = *delivery load* lahan sawah  
 1% = *delivery load* lahan palawija

Faktor emisi pertanian dengan lahan sawah memiliki nilai, yaitu *Biological Oxygen Demand* (225 kg/ha/musim tanam); *Total Suspended Solid* (0,46 kg/ha/musim tanam); serta menurut Daniswara, dkk (2018), faktor emisi Nitrat diperoleh dari 85% faktor emisi total nitrogen, yaitu (17 kg/ha/musim tanam). Sedangkan pada lahan palawija faktor emisi *Biological Oxygen Demand* (125 kg/ha/musim tanam); *Total Suspended Solid* (2,4 kg/ha/musim tanam); dan Nitrat (8,5 kg/ha/musim tanam). Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan potensi beban pencemaran *non-point source* dari sektor pertanian, pada **Tabel 4.7**.

**Tabel 4.7** Rekapitulasi Perhitungan Potensi Beban Pencemaran Pertanian

Kecamatan	Total Beban Pencemar (kg/Hari)						Jumlah PBP Setiap Lokasi
	Lahan Padi			Lahan Palawija			
	TSS	BOD	Nitrat	TSS	BOD	Nitrat	
<b>Krian</b>	0,068	33,500	2,531	0,009	0,181	0,255	36,54
<b>Taman</b>	0,046	22,700	1,715	0,006	0,313	0,085	24,87
<b>Waru</b>	0,00383	1,875	0,14167	0	0	0	2,02

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

Berdasarkan rekapitulasi perhitungan potensi beban pencemaran tersebut, tinggi rendahnya pencemar dipengaruhi oleh luas lahan, masa tanam, dan jenis tanaman yang ditanam. Total beban pencemar yang dihitung dan diperkirakan terdiri dari seluruh beban pencemar sesuai dengan parameter yang dipilih pada penelitian, kecuali *Total Coliform* yang dikarenakan tidak diketahui faktor emisi pada parameter tersebut di sektor pertanian.

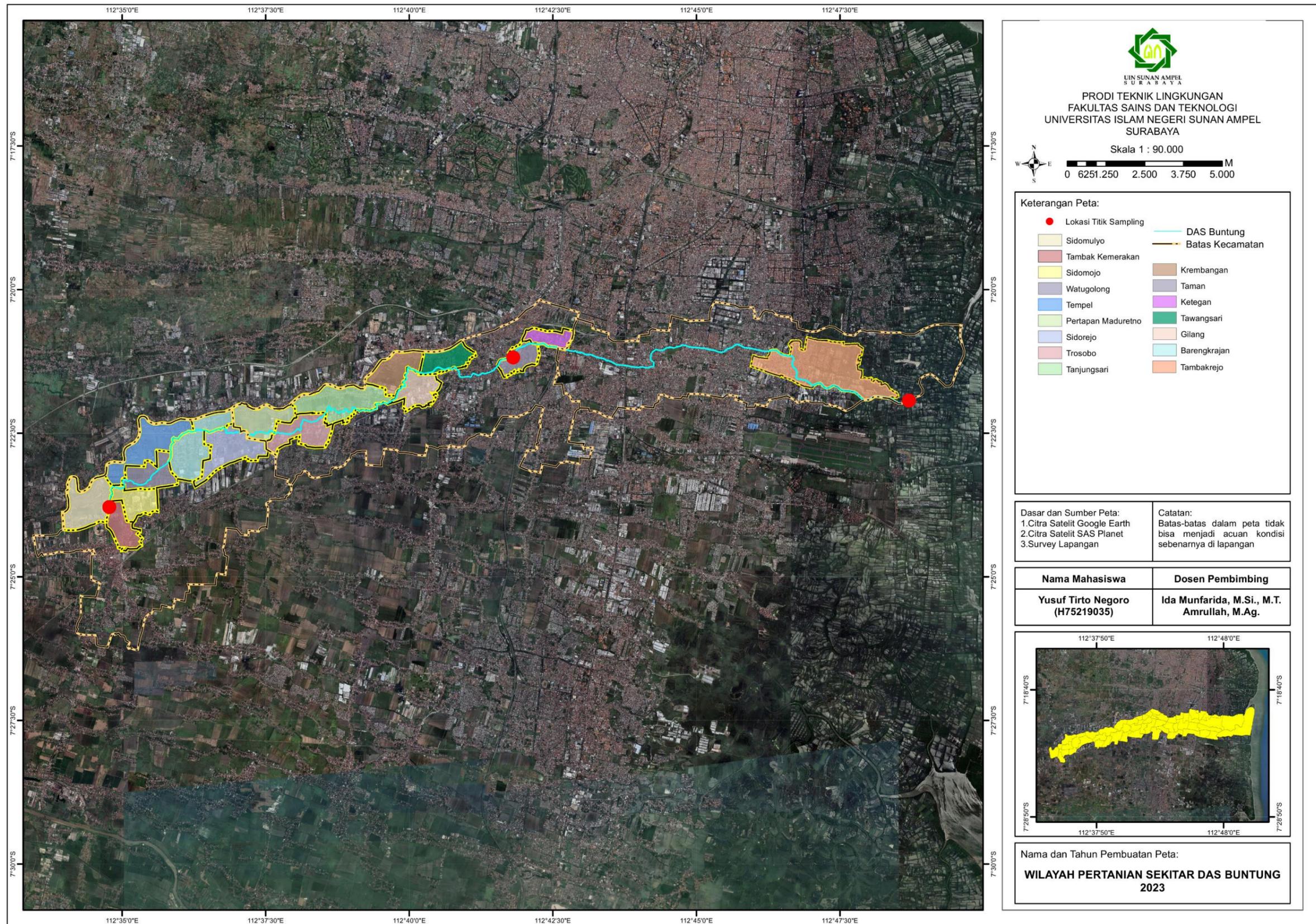
Sehingga dapat diketahui pada titik lokasi sampling di Kecamatan Krian menerima beban pencemar 36,54 kg/hari dengan parameter *Biological Oxygen Demand* sebagai kontribusi pencemar yang tertinggi, yaitu 33,681 kg/hari. Pada lokasi titik sampling di Kecamatan Taman menerima beban pencemar 24,87 kg/hari dengan parameter *Biological Oxygen Demand* sebagai kontribusi pencemar yang tertinggi, yaitu 23,201 kg/hari. Sedangkan, pada lokasi titik sampling di Kecamatan Waru menerima beban pencemar 2,02 kg/hari dengan parameter *Biological Oxygen Demand* sebagai kontribusi pencemar yang tertinggi, yaitu 1,875 kg/hari.

Dari data sekunder yang telah didapatkan, tidak seluruh wilayah pada setiap kecamatan di lokasi penelitian dilewati oleh aliran Daerah Aliran Sungai Buntung, sehingga penentuan wilayah pertanian yang berpotensi sebagai sumber pencemar menggunakan pertimbangan wilayah yang dekat dengan aliran sungai menggunakan citra satelit. Lokasi wilayah pertanian sebagai potensi sumber beban pencemaran tak tentu (*non-point source*) dapat dilihat secara spasial dan berurutan dengan peta, pada **Gambar 4.24**.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



Gambar 4.24 Lokasi Wilayah Pertanian (Non-Point Surce) DAS Buntung



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

#### 4.3.2.2 Sektor Permukiman

Potensi beban pencemaran dari sektor permukiman umumnya berasal dari kegiatan domestik atau kegiatan rumah tangga, sehingga dapat diasumsikan pada perhitungan potensi beban pencemaran bahwa 85% limbah domestik dibuang ke sungai pada wilayah yang lokasi jaraknya antara 100 – 500 meter dari Daerah Aliran Sungai Buntung.

Kemudian, dapat diestimasi melalui jumlah penduduk pada setiap kelurahan/desa di masing-masing kecamatan yang dilewati oleh aliran Sungai Buntung. Selanjutnya, menentukan faktor emisi dari parameter pencemar tertentu pada setiap orang/hari dan disesuaikan dengan koefisien transfer bebannya berdasarkan wilayah penelitian yang digunakan (Kurniawan, 2017). Berikut merupakan wilayah dan jumlah penduduk yang digunakan untuk memperkirakan sumber beban pencemaran limbah domestik berdasarkan kelurahan/desa pada masing-masing kecamatan yang dilewati oleh Daerah Aliran Sungai Buntung, pada **Tabel 4.8**.

**Tabel 4.8** Wilayah Permukiman di Sekitar DAS Buntung

No	Kecamatan	Desa/Kelurahan	Jumlah Penduduk
			2022
1	Krian	Tambak Kemerakan	7017
		Sidomulyo	6394
		Tempel	8052
		Sidomojo	4270
		Watugolong	6275
		Barengkrajan	9492
		Sidorejo	10468
		Kraton	8058
<b>Total Jumlah Penduduk</b>			<b>60026</b>
2	Taman	Pertapan Maduretno	4404
		Trosobo	8225
		Tanjungsari	5577
		Gilang	5962
		Krembangan	4247
		Tawangsari	8740
Taman			7790

No	Kecamatan	Desa/Kelurahan	Jumlah Penduduk
			2022
		Ketegan	7000
		Bringinbendo	8163
		Kalijaten	9512
		Kletek	9015
		<b>Total Jumlah Penduduk</b>	<b>78635</b>
		Tambak Rejo	16890
		Tambak Oso	3182
		Kedungrejo	12438
		Janti	5795
3	Waru	Wedoro	15393
		Ngingas	14530
		Kepuhkiriman	18462
		Bungurasih	11388
		Berbek	4547
		Tambak Sumur	9745
		Wadungasri	9541
		<b>Total Jumlah Penduduk</b>	<b>121911</b>

Sumber: BPS & Dinas PPCKTR, 2023

Berdasarkan data rekapitulasi pada sektor permukiman tersebut, potensi beban pencemaran dapat diperkirakan dan dihitung menggunakan persamaan **Rumus 3.10**. Dalam perhitungan potensi beban pencemarnya, terdapat faktor emisi dari penduduk digunakan sesuai dengan parameter pencemarnya, serta memperkirakan rasio ekivalennya dan koefisien transfer bebannya yang mengacu pada Balai Lingkungan Keairan Puslitbang SDA Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2004. Berikut merupakan contoh perhitungan potensi beban pencemaran sektor permukiman di Kecamatan Krian.

$$PBP = \text{Jumlah Penduduk} \times \text{Faktor Emisi} \times \text{Rasio Ek} \times \text{Alpha}$$

$$PBP = 60026 \times 40 \frac{\text{gr}}{\text{orang}} \text{hari (BOD)} \times 0,625 \times 0,85$$

$$PBP = 1282 \text{ kg/hari}$$

Keterangan:

PBP = Potensi Beban Pencemaran

Rasio Ekvivalen Kota:

- a. Kota = 1
- b. Pedalaman = 0,8125
- c. Pinggiran Kota = 0,625

Alpha:

- a. 1 = jarak antara 0 – 100 m dari sungai
- b. 0,85 = jarak antara 100 – 500 m dari sungai
- c. 3 = jarak > 500 m dari sungai

Faktor emisi dari penduduk yang digunakan pada parameter, yaitu *Biological Oxygen Demand* (40 gr/orang/hari); *Total Suspended Solid* (38 gr/orang/hari); dan Nitrat (30% dari TN 1,95 gr/orang/hari). Sedangkan, pada pencemar *Total Coliform* tidak diketahui untuk faktor emisinya sehingga tidak dapat diperkirakan potensi beban pencemar yang masuk dari sektor permukiman. Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan potensi beban pencemaran *non-point source* dari sektor permukiman, pada **Tabel 4.9**.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

**Tabel 4.9** Rekapitulasi & Estimasi Potensi Beban Pencemaran Domestik 2023-2033

Total Jumlah Penduduk Kecamatan Krian		Tahun Proyeksi Penduduk										
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
		<b>60350</b>	<b>60677</b>	<b>61005</b>	<b>61334</b>	<b>61666</b>	<b>61999</b>	<b>62334</b>	<b>62671</b>	<b>63010</b>	<b>63351</b>	<b>63693</b>
Parameter	Faktor Emisi (gr/org/hari)	Beban Pencemar (kg/hari)										
TSS	38	1218	1225	1232	1238	1245	1252	1258	1265	1272	1279	1286
BOD	40	1282	1289	1296	1303	1310	1317	1325	1332	1339	1346	1353
Nitrat	0,585	18,76	18,86	18,96	19,06	19,16	19,27	19,37	19,48	19,58	19,69	19,79
Total Jumlah Penduduk Kecamatan Taman		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
		<b>79060</b>	<b>79487</b>	<b>79917</b>	<b>80349</b>	<b>80783</b>	<b>81220</b>	<b>81659</b>	<b>82100</b>	<b>82544</b>	<b>82990</b>	<b>83439</b>
Parameter	Faktor Emisi (gr/org/hari)	Beban Pencemar (kg/hari)										
TSS	38	1596	1605	1613	1622	1631	1640	1648	1657	1666	1675	1684
BOD	40	1680	1689	1698	1707	1717	1726	1735	1745	1754	1764	1773
Nitrat	0,585	0,50	0,50	0,50	0,50	0,51	0,51	0,51	0,52	0,52	0,52	0,52
Total Jumlah Penduduk Kecamatan Waru		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
		<b>121911</b>	<b>122436</b>	<b>122960</b>	<b>123485</b>	<b>124010</b>	<b>124534</b>	<b>125059</b>	<b>125583</b>	<b>126108</b>	<b>126633</b>	<b>127157</b>
Pencemar	Faktor Emisi (gr/org/hari)	Beban Pencemar (kg/hari)										
TSS	38	2461	2472	2482	2493	2503	2514	2525	2535	2546	2556	2567
BOD	40	2591	2602	2613	2624	2635	2646	2658	2669	2680	2691	2702
Nitrat	0,585	37,89	38,05	38,21	38,38	38,54	38,70	38,87	39,03	39,19	39,36	39,52

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

Berdasarkan hasil rekapitulasi dan estimasi perhitungan beban pencemaran tersebut, tinggi rendahnya beban pencemar tergantung pada jumlah penduduk pada setiap lokasi pada wilayah sekitar Sungai Buntung. Pada hasil perhitungan menunjukkan bahwa beban pencemar yang paling tinggi terdapat pada lokasi di Kecamatan Waru dibandingkan dengan lokasi penelitian di Kecamatan Krian dan Kecamatan Taman. Beban pencemar tersebut, berasal dari kegiatan domestik manusia yang akan menghasilkan jenis limbah *grey water* dan *black water*. Selain dari jumlah penduduk yang dapat menyebabkan tingginya beban pencemar, jarak permukiman dengan badan air juga dapat mempengaruhi sebagai potensi sumber beban pencemar domestik (Rahayu, dkk, 2018).

Estimasi beban pencemar domestik diperkirakan dengan mengetahui jumlah penduduk pada wilayah di sekitar Daerah Aliran Sungai Buntung, serta dapat menggunakan proyeksi penduduk untuk dapat mengetahui jumlah penduduk di tahun berikutnya. Pada tabel tersebut, menunjukkan bahwa adanya peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya, sehingga parameter pencemaran juga mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah penduduk. Apabila kondisi tersebut tidak dilakukan pengendalian secara berlanjut, maka sungai tidak dapat menampung beban pencemaran yang masuk dan tidak hanya pada parameter tertentu. Dari penjelasan tersebut telah selaras dengan firman Allah SWT, semakin bertambahnya penduduk maka semakin besar potensi pencemaran atau kerusakan lingkungan yang terjadi dan dijelaskan dalam pada Q.S. Ar-Rum ayat 41, yaitu (Ariyadi, 2018):

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 menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”

Dari ayat tersebut telah dijelaskan, bahwasanya kerusakan pada lingkungan bersumber dari perbuatan manusia untuk memenuhi kehidupannya. Apabila terjadi secara terus menerus tanpa adanya pengendalian dan pengelolaan pada lingkungan, seiring berjalannya waktu kondisi kesehatan lingkungan akan semakin mengurang dan berdampak pada keberlangsungan kehidupan makhluk hidup di bumi.

Setelah diketahui alokasi beban pencemar Daerah Aliran Sungai Buntung melalui perhitungan pada setiap sektor dari sumber pencemarnya. Maka, seluruh alokasi beban pencemar dapat direkapitulasi untuk mengetahui total beban pencemar dari setiap lokasi titik sampling dan parameternya di tahun pelaksanaan penelitian, pada **Tabel 4.10**.

**Tabel 4.10** Rekapitulasi Alokasi Beban Pencemar DAS Buntung

No	Lokasi Titik Sampling	Sumber	Beban Pencemar (kg/hari) & (MPN/Hari)				Total (kg/hari) & (MPN/Hari)
			TSS	BOD	Nitrat	T. Coliform	
1	Kecamatan Krian	Industri	69,50	53,18	0,00	11485,15	<b>14145,15</b>
2		Pertanian	0,08	33,68	2,79	0,00	
3		Permukiman	1218,33	1282,45	18,76	0,00	
<b>Total BP (kg/hari)</b>			<b>1287,91</b>	<b>1369,31</b>	<b>21,55</b>	<b>11485,15</b>	
1	Kecamatan Taman	Industri	273,27	211,38	20,62	32725,19	<b>36531,37</b>
2		Pertanian	0,05	23,01	1,80	0,00	
3		Permukiman	1596,02	1680,03	0,5	0,00	
<b>Total BP (kg/hari)</b>			<b>1869,34</b>	<b>1914,42</b>	<b>22,92</b>	<b>32725,19</b>	
1	Kecamatan Waru	Industri	246,94	257,03	8,22	42766,77	<b>48111,65</b>
2		Pertanian	0,0038	1,875	0,14	0,00	
3		Permukiman	2461,08	2180,78	37,89	0,00	
<b>Total BP (kg/hari) &amp; MPN/hari</b>			<b>2708,02</b>	<b>2590,61</b>	<b>46,25</b>	<b>42766,77</b>	
<b>Total BP/Parameter (kg/hari) &amp; MPN/hari</b>			<b>5865,27</b>	<b>5874,34</b>	<b>71,45</b>	<b>86977,10</b>	<b>63,09</b>

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

Berdasarkan tabel rekapitulasi tersebut, alokasi beban pencemar pada setiap lokasi titik sampling Daerah Aliran Sungai Buntung menunjukkan bahwa pada parameter *Total Suspended Solid* dan *Biological Oxygen Demand* melebihi beban pencemaran maksimum yang telah ditentukan pada setiap lokasi titik sampling.

Pada parameter Nitrat dan *Total Coliform* menunjukkan bahwa telah memenuhi beban pencemaran maksimum. Namun pada parameter *Total Coliform* yang dipengaruhi, tidak diketahui faktor emisi beban pencemarnya pada sektor pertanian dan permukiman. Sehingga prioritas penentuan daya tampung beban pencemaran Daerah Aliran Sungai Buntung dibantu dengan menggunakan *software Water Quality Analysis Simulation Program Version 8*.

#### **4.4 Analisis Model Kualitas Air dengan *Water Quality Analysis Simulation Program* Sebagai Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran**

Penentuan daya tampung beban pencemaran adalah langkah untuk pengendalian pencemaran air dengan menggunakan kualitas air sebagai pendekatannya. Pendekatan tersebut memiliki tujuan untuk mengendalikan kandungan pencemar yang bersumber dari konsentrasi pencemar yang masuk ke badan air permukaan dengan menggunakan pertimbangan kondisi intrinsik perairan serta baku mutu perairan yang digunakan dan ditetapkan. Sehingga, pendekatan tersebut juga digunakan dalam pengendalian pencemaran *technology based approach* (basis teknologi) tidak dapat mencapai target kualitas perairan yang telah ditetapkan. Proses perhitungan untuk menetapkan daya tampung beban pencemaran dan alokasi beban pencemaran badan air permukaan (sungai) dilakukan dengan sangat rumit dan kompleks karena merupakan dampak akibat adanya kandungan pencemar serta dipadukan dengan hidromorfologi perairan yang masing-masing memiliki perilaku dan karakteristik yang belum seluruhnya dapat dipahami. Daya tampung beban pencemaran dapat ditentukan dengan hubungan antara kondisi kualitas air dan beban pencemar. Sehingga, untuk memperkirakan daya tampung beban pencemaran perlu menggunakan model sebagai alat yang mampu memberikan tiruan secara *visual* dari proses tersebut, meskipun tentunya menggunakan penyederhanaan serta asumsi-asumsi (Kurniawan, 2017).

Karakteristik badan air permukaan (sungai) secara signifikan dapat berubah seiring berjalannya waktu yang merupakan respon terhadap adanya perubahan iklim, hidrologi, serta aktivitas makhluk hidup. Karakteristik sungai tersebut sangat bervariasi, antara lain lebar, kedalaman, kemiringan, kecepatan aliran, pengendapan kontaminan, suhu, kemiringan, aliran nutrisi, transportasi sedimen, serta proses

eutrofikasi sungai. Berdasarkan proses yang terdapat dan terjadi pada sungai sangat rumit dan kompleks, maka penggunaan *software Water Quality Analysis Simulation Program Version 8* dapat mempermudah dalam identifikasi variabel yang berpengaruh terhadap berubahnya kualitas air (Ambrose & Wool, 2017).

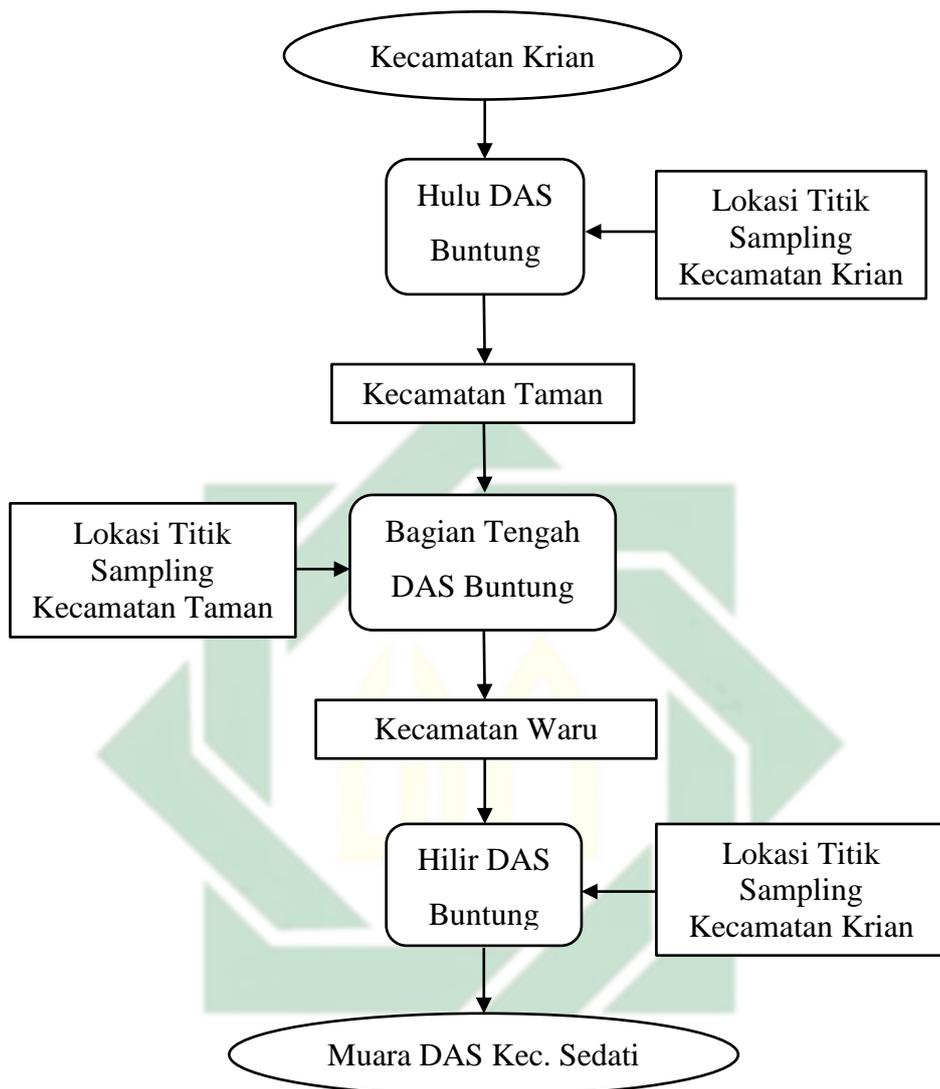
Simulasi model pada *software* tersebut dalam menentukan daya tampung beban pencemaran, berdasarkan debit aktual yang didapatkan dari pengukuran pada setiap lokasi titik sampling di Daerah Aliran Sungai Buntung meliputi Kecamatan Krian, Kecamatan Taman, dan Kecamatan Waru. Langkah-langkah dalam simulasi model pada *software* perlu diketahui terlebih dahulu untuk dapat menghasilkan *output model* eksisting kualitas air sungai yang tepat.

Berikut merupakan langkah tahapan dalam melakukan atau mengoperasikan simulasi pada *software Water Quality Analysis Simulation Program Version 8*, yaitu:

a. Penentuan Skema Ruas Sungai

Tahap pertama sebelum menjalankan *software*, yaitu membuat skematis ruas sungai sesuai keadaan di lapangan untuk menentukan skenario aliran sungai. Sehingga dapat memudahkan dalam *input* data yang dibutuhkan dalam *software*, terutama pada data *segment* dan *flows* yang secara otomatis akan membentuk batas ruas sungai. Berikut merupakan diagram skema ruas sungai, pada **Gambar 4.25**.

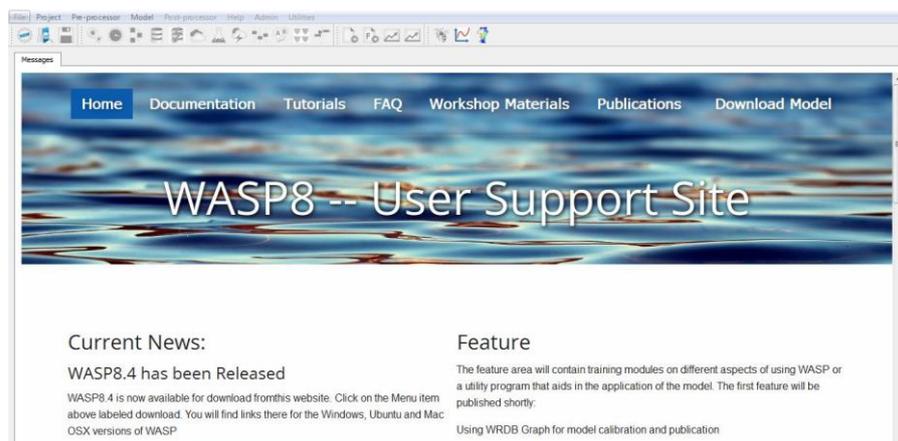
UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



**Gambar 4.25** Diagram Skema Ruas DAS Buntung  
 Sumber: Hasil Analisa, 2023

b. *Input Dataset Parameters*

Tahap kedua setelah menentukan ruas sungai, yaitu menyediakan data primer dan sekunder penelitian yang digunakan dalam menjalankan *software* dan dilanjutkan dengan menuju ke tampilan *main menu software* untuk memulai simulasi. Berikut merupakan tampilan *main menu Water Quality Analysis Simulation Program Version 8* pada **Gambar 4.26**.

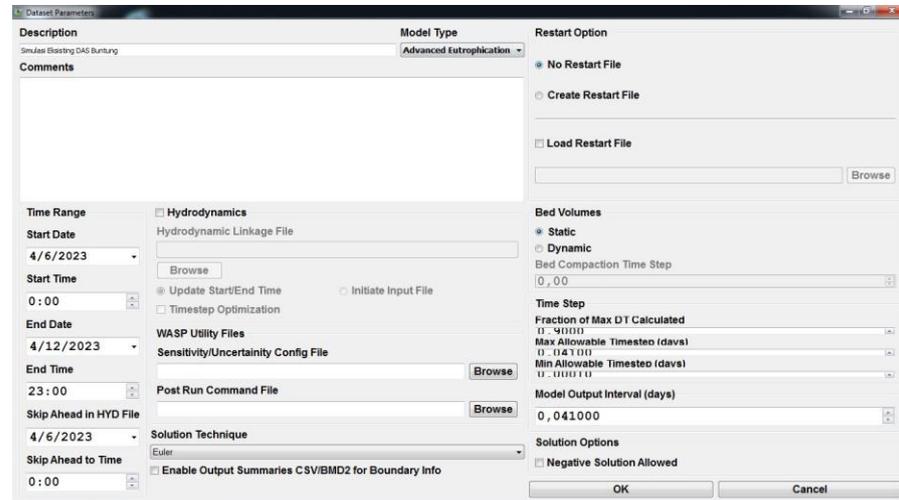


**Gambar 4.26** Main Menu Software WASP version 8  
 Sumber: Hasil Penelitian, 2023

Pada tampilan *main menu*, dilanjutkan dengan membuat *new project* untuk melakukan simulasi baru dengan diawali *input data* serta jenis model yang akan dipilih. Model yang akan disimulasikan merupakan pemodelan aliran sungai secara *steady state*, sehingga dalam pengoperasiannya *Environmental Protection Agency* telah menyediakan data-data untuk mendukung simulasi dalam kondisi aliran *steady state*.

*Input data* pertama dilakukan pada *menu Dataset Parameters* yang berfungsi untuk menyediakan informasi secara dasar serta diperlukan oleh *software* dalam menentukan *output* parameter, dan jenis file yang akan disimulasikan. Informasi data yang perlu diatur adalah waktu, tanggal, bulan, dan tahun mulai serta berakhirnya simulasi. Pada simulasi model, waktu dan tanggal yang diatur yaitu dimulai pada pukul 0.00 WIB, tanggal 6 April 2023 dan berakhir pada pukul 23.00 WIB, tanggal 12 April 2023. Pengaturan waktu tersebut, disesuaikan dengan pengambilan sampel ketika penelitian dilakukan di setiap lokasi titik sampling pada tanggal 6 April 2023. Selanjutnya, mengubah *bed volume* menjadi *static* untuk jenis model dalam kondisi *steady state* dan mengubah *time step* pada *Max Allowable Timestep* serta *Model Output Interval* menjadi 0,041 (*days*) untuk memberikan *output model* dalam jangka setiap jam/hari sesuai ketentuan

Environmental Protection Agency. Berikut merupakan tampilan *Dataset Parameters*, pada **Gambar 4.27**.



**Gambar 4.27** Tampilan *Dataset Parameters* WASP  
Sumber: Hasil Penelitian, 2023

c. *Input System Type*

Tahap ketiga setelah *input* data pada *Dataset Parameters*, yaitu menentukan tipe sistem pada *software* yang berfungsi untuk memilih parameter pencemar yang akan disimulasikan. Tampilan sistem pada *software* mengikuti contoh bawaan dari program, sehingga tidak perlu merubah kembali data yang disediakan dan dapat secara langsung memilih parameter pencemar yang akan disimulasikan, antara lain *Total Coliform*, Temperatur, *Total Suspended Solid*, Nitrat, *Biological Oxygen Demand*, dan pH (derajat keasaman). Berikut merupakan tampilan *System*, pada **Gambar 4.28**.

	System Type	System Name	Particulate Transport	Mass Balance	Density	Dispersion Bypass	Flow Bypass
1	BACTE	Total Coliform	Solids 1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	WTEMP	Suhu	Solids 1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	SOLID	TSS	Solids 1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	NO3O2	Nitrat	Solids 1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	CBODU	BOD	Solids 1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	PH-SU	pH	Solids 1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Gambar 4.28** Tampilan System WASP

Sumber: Hasil Penelitian, 2023

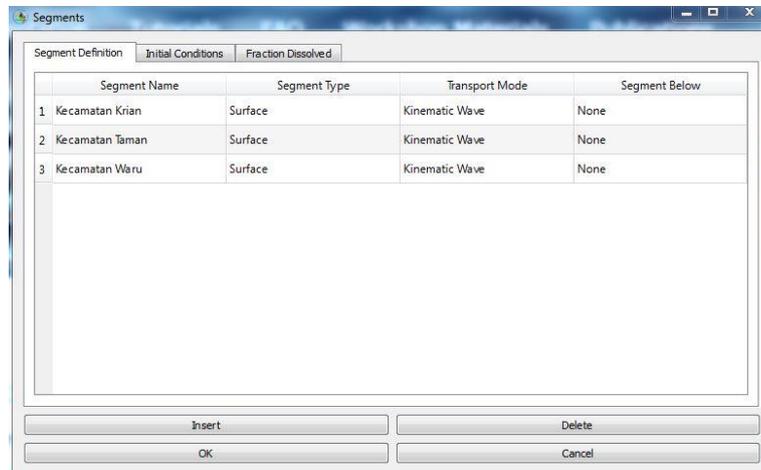
d. *Input Segments*

Tahap keempat setelah *input* parameter pencemar pada *System*, yaitu memasukkan nama segmen sungai berdasarkan lokasi wilayah penelitian yang berfungsi sebagai identifikasi segmen pada *post-processor* didalam *software*. Kemudian pada *segment type* (tipe segmen), dipilih dengan tipe *surface* untuk mewakili segmen pada kolom perairan yang bersentuhan langsung dengan atmosfer. Selanjutnya, menentukan *transport mode* (mode transportasi) dari aliran air permukaan yang dipilih, yaitu pada mode *kinematic wave*.

*Kinematic wave* diimplementasikan untuk memberikan simulasi dinamika yang lebih realistis dalam jaringan sungai satu dimensi. Sehingga, dalam penerapannya untuk segmen air permukaan harus diketahui terlebih dahulu kemiringan dasar, kekasaran saluran, lebar aliran, dan kedalaman aliran untuk kondisi aliran rata-rata yang berfungsi untuk menghasilkan volume, variasi aliran, kedalaman, dan kecepatan di sepanjang jaringan saluran air permukaan (Ambrose & Wool, 2017).

Kemudian pada data *segment below*, dilakukan *input* dari daftar pilihan segmen yang digunakan. *Segment below* merupakan segmen bawah yang berfungsi untuk penentuan jalur cahaya optik. Karena tidak adanya *segment below* yang tepat pada penelitian, maka *segment below*

diisi dengan *none*. Berikut merupakan tampilan *Segments*, pada **Gambar 4.29**.



**Gambar 4.29** Tampilan *Segments* WASP  
*Sumber: Hasil Penelitian, 2023*

e. *Input Flows*

Tahap kelima setelah *input* nama jenis segmen dan mode transportasi aliran pada *Segments*, yaitu memasukkan data pada tampilan *flows* yang terdapat dua bagian penting untuk mendukung simulasi, yaitu *Channel Geometry* dan *Surface Water*. Pada tampilan *flows* berfungsi untuk menentukan arah transportasi aliran secara advectif. Proses transportasi tersebut, bergerak sesuai aliran sungai dari hulu menuju hilir yang menyebabkan polutan pencemar dapat terbawa oleh aliran air (Ambrose & Wool, 2017).

Data yang dimasukkan pada *Channel Geometry* merupakan morfologi sungai pada setiap segmen, seperti *Length*, *Average Width*, *Slope*, *Minimum Depth*, *Roughness*, dan *Average Depth*. Data tersebut, diperoleh dari hasil pengukuran dilapangan, citra satelit, dan Balai Besar Wilayah Sungai Brantas. Sedangkan pada bagian *Surface Water*, data yang dimasukkan merupakan debit aliran sungai dari setiap lokasi titik sampling penelitian. Lokasi titik sampling di Kecamatan Krian memiliki panjang sungai 18570 meter; lebar rata-rata 13,29 meter; kemiringan 0,000367; kedalaman minimum 0,01 meter; kekasaran

0,004; dan kedalaman rata-rata 1,6 meter. Sedangkan, pada lokasi titik sampling di Kecamatan Taman memiliki panjang sungai 14930 meter; lebar rata-rata 17,37 meter; kemiringan 0,000367; kedalaman minimum 0,01 meter; kekasaran 0,004; dan kedalaman rata-rata 1,61 meter. Kemudian, pada lokasi titik sampling di Kecamatan Waru memiliki panjang sungai 6000 meter; lebar rata-rata 28,04 meter; kemiringan 0,000367; kedalaman minimum 0,01 meter; kekasaran 0,004; dan kedalaman rata-rata 2,26 meter.

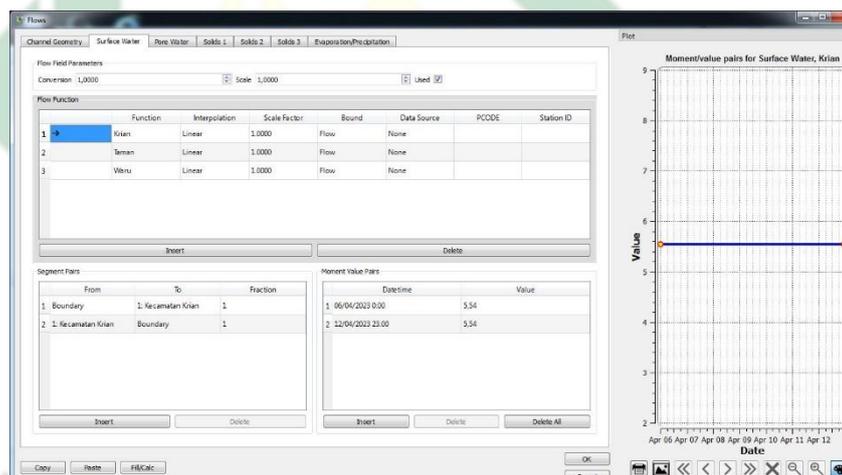
Kedalaman minimum pada *software* merupakan kedalaman kondisi sungai ketika tidak terjadi aliran air, sehingga dapat diketahui nilai kedalaman minimum dari 0,01 – 0,02 meter (Ambrose & Wool, 2017). Sedangkan, pada nilai kekasaran Daerah Aliran Sungai Buntung ditentukan berdasarkan kondisi aliran saluran sungai aktual ketika penelitian dilaksanakan yang menunjukkan bahwa bahan pembuatan saluran terbuat dari beton yang memiliki kekasaran dengan nilai koefisien *manning* 0,013 (n), namun dalam kondisi eksisting secara aktual saluran sungai yang telah dibuat tertutup oleh sedimen yang mengendap sehingga menyebabkan aliran air berkelok-kelok serta dapat diasumsikan sebagai jenis saluran dari alam dengan nilai koefisien *manning* 0,004 (Chow, 1959). Berikut merupakan tampilan *flows Channel Geometry*, pada **Gambar 4.30**.

Segment Name	Volume (m <sup>3</sup> )	Length (m)	Average Width (m)	Bottom Elevation (m)	Slope	Minimum Depth (m)	Roughness	Average Depth (m)	Initial Surface Elevation (m)	Depth Multiplier	Depth Exponent	Average Velocity
1 Kecamatan Kudu	0	18570	13,29		0,000367	0,01	0,004	1,6			0	0
2 Kecamatan	0	14930	17,37		0,000367	0,01	0,004	1,61			0	0
3 Kecamatan Waru	0	6000	28,04		0,000367	0,01	0,004	2,26			0	0

**Gambar 4.30** Tampilan *Flows Channel Geometry* WASP  
*Sumber: Hasil Penelitian, 2023*

Kemudian, dilanjutkan dengan *input* data pada bagian *Surface Water* dengan memasukkan *flow function* dari hulu sampai hilir sungai sesuai fungsi setiap lokasi penelitian. Pada *segment pairs* berfungsi untuk menentukan skenario aliran yang sesuai dari masing-masing *flow function*. Sehingga, dari *segment pairs* akan memunculkan *moment value pairs* untuk memasukkan data debit aktual sungai berdasarkan pengukuran dari setiap lokasi titik sampling pada *start time* sampai *end time* rencana simulasi.

Diketahui debit aliran sungai pada setiap lokasi titik sampling, yaitu Kecamatan Krian 5,54 m<sup>3</sup>/s; Kecamatan Taman 12,89 m<sup>3</sup>/s; dan Kecamatan Waru 31,35 m<sup>3</sup>/s. Berikut merupakan tampilan *flows Surface Water*, pada **Gambar 4.31**.

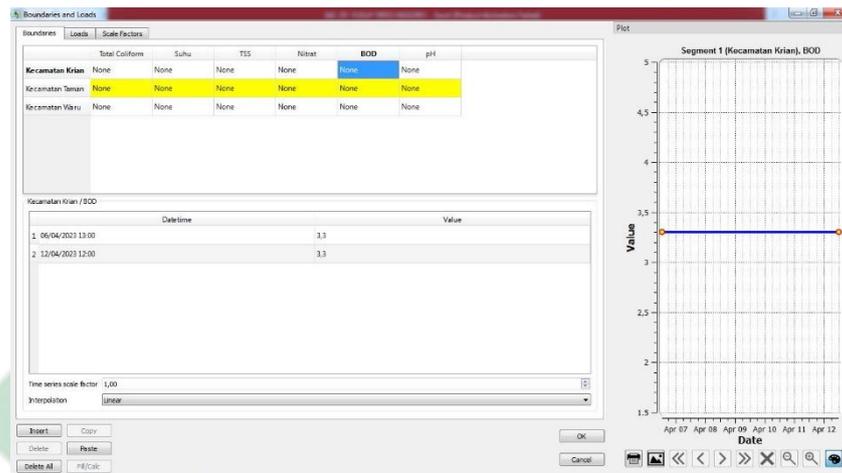


**Gambar 4.31** Tampilan *Flows Surface Water* WASP  
 Sumber: Hasil Penelitian, 2023

f. *Input Boundaries and Loads*

Tahap keenam setelah memasukkan data pada *Channel Geometry* dan *Surface Water* pada *Flows*, yaitu memasukkan data hasil uji parameter pencemar yang akan disimulasikan dari setiap lokasi titik sampling pada tampilan *Boundaries and Loads* apabila data *flows* telah dilengkapi dan benar, karena sistem operasi tampilan *Boundaries and Loads* mengikuti *flows* yang telah dibuat secara otomatis.

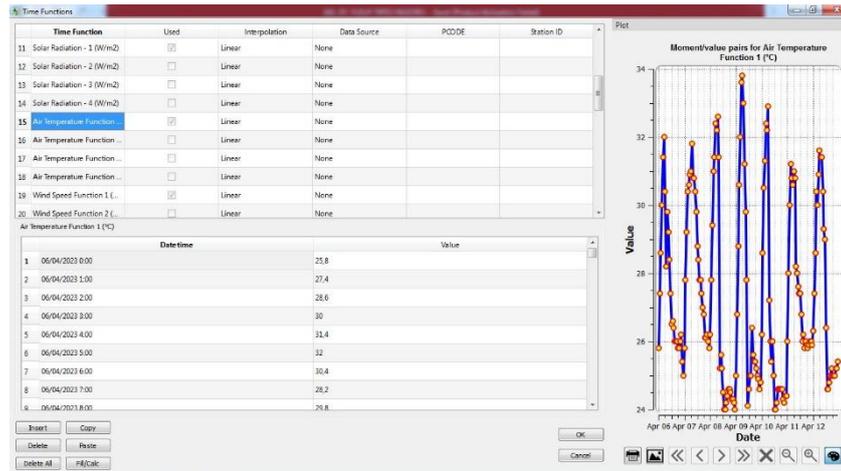
Data hasil uji pencemar dimasukkan pada kolom *value* pada *Date Time* rencana simulasi dari *start time* dan *end time* sesuai masing-masing parameter. Pada kolom *value* untuk *start time* dan *end time* diisi dengan nilai yang sama, karena jenis model yang akan disimulasikan dalam kondisi *steady state*. Berikut merupakan tampilan *Boundaries and Loads*, pada **Gambar 4.32**.



**Gambar 4.32** Tampilan *Boundaries and Loads* WASP  
 Sumber: Hasil Penelitian, 2023

g. *Input Time Functions*

Tahap ketujuh setelah memasukkan data pada *Boundaries and Loads*, yaitu data klimatologi yang mencakup waktu dan tanggal simulasi yang digunakan, dengan setiap baris pada kolom *date time* mewakili setiap jam. Data yang dimasukkan, antara lain *Solar Radiation*, *Air Temperature*, *Wind Speed*, dan *Dew Point*. Pemilihan data tersebut, disesuaikan dengan data untuk jenis model dalam kondisi *steady state* berdasarkan *Environmental Protection Agency* (EPA). Data tersebut, diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Kelas I Juanda yang digunakan dalam implementasi *Time Function* dengan jangka waktu setiap jam/hari sesuai *run time* simulasi dari tanggal 6 April – 12 April 2023, pada pukul 00.00 – 23.00 WIB yang dimasukkan pada kolom *date time* dan *value*. Berikut merupakan tampilan *Time Function*, pada **Gambar 4.33**.



**Gambar 4.33** Tampilan *Time Functions* WASP  
 Sumber: Hasil Penelitian, 2023

h. *Parameter Data*

Tahap kedelapan setelah memasukkan data pada *Time Function*, yaitu memasukkan data parameter lingkungan pada lokasi penelitian pada tampilan *Parameter Data* untuk mengetahui kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi kualitas perairan karena sebagai variabel spasial dari badan air. *Input* data dilakukan dengan memberikan *checklist* yang berfungsi untuk mengaktifkan sehingga dapat mendukung simulasi pada bagian *Environmental Parameter*, meliputi data *Air Temperature of Segment*, *Pointer to Air Temperature Time Function*, *Solar Radiation Multiplier*, *Solar Radiation Time Function*, *Wind Speed Multiplier*, *Pointer to Wind Speed Time Function*, *Dew Point Temperature Multiplier*, dan *Pointer to Dew Point Time Function*. Berikut merupakan tampilan *Parameter Data*, pada **Gambar 4.34**.

Parameter	System	Used	Scale Factor	Kacamatan Kriem	Kacamatan Seman	Kacamatan Wlrau
1 Temperature of Segment [°C or Multiplier]	None	<input type="checkbox"/>	1	0.0000	0.0000	0.0000
2 Air Temperature of Segment [°C or Multiplier]	None	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1.0000	1.0000	1.0000
3 Pointer to Air Temperature Time Function	None	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1.0000	1.0000	1.0000
4 Solar Radiation Multiplier [unitless or watts/m <sup>2</sup> ]	None	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1.0000	1.0000	1.0000
5 Solar Radiation Time Function [1-4]	None	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1.0000	1.0000	1.0000
6 Wind Speed Multiplier [unitless or m/sec]	None	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1.0000	1.0000	1.0000
7 Pointer to Wind Speed Time Function	None	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1.0000	1.0000	1.0000
8 Cloud Cover Multiplier [unitless or fraction]	None	<input type="checkbox"/>	1	0.0000	0.0000	0.0000
9 Pointer to Cloud Cover Time Function	None	<input type="checkbox"/>	1	0.0000	0.0000	0.0000
10 Dew Point Temperature Multiplier [unitless or °C]	Suhu	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1.0000	1.0000	1.0000
11 Pointer to Dew Point Time Function	Suhu	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1.0000	1.0000	1.0000
12 Wind Sheltering Coefficient Multiplier [unitless or fraction]	Suhu	<input type="checkbox"/>	1	0.0000	0.0000	0.0000
13 Pointer to Wind Sheltering Time Function	Suhu	<input type="checkbox"/>	1	0.0000	0.0000	0.0000
14 Multiplier for Shading Coefficient [unitless or fraction]	None	<input type="checkbox"/>	1	0.0000	0.0000	0.0000
15 Pointer to Shading Time Function	None	<input type="checkbox"/>	1	0.0000	0.0000	0.0000
16 Light Extinction for Segment [per meter or multiplier]	None	<input type="checkbox"/>	1	0.0000	0.0000	0.0000
17 Light Extinction Time Function [1-6]	None	<input type="checkbox"/>	1	0.0000	0.0000	0.0000
18 Background Ka (L/m)	None	<input type="checkbox"/>	1	0.0000	0.0000	0.0000
19 Water Velocity (m/sec or Multiplier)	None	<input type="checkbox"/>	1	0.0000	0.0000	0.0000
20 Ice Cover (Fraction Cover or Multiplier)	None	<input type="checkbox"/>	1	0.0000	0.0000	0.0000
21 Sediment Cobble Concentration (mg/L)	None	<input type="checkbox"/>	1	0.0000	0.0000	0.0000

**Gambar 4.34** Tampilan *Parameter Data* WASP  
 Sumber: Hasil Penelitian, 2023

i. *Input Constant*

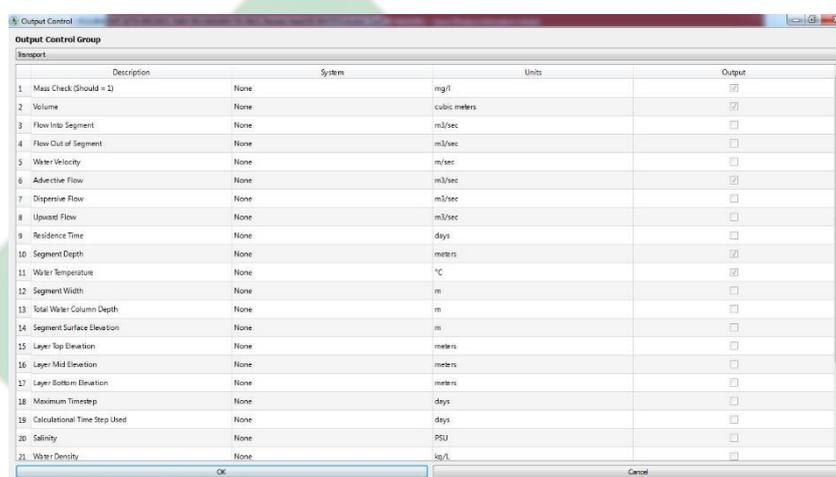
Tahap kesembilan setelah memasukkan data pada parameter lingkungan pada *Parameter Data*, yaitu memasukkan data *Constant* yang bervariasi sesuai variabel status yang dipilih. Data *constant* yang dimasukkan meliputi pada bagian, *Global Constants*, *Water Temperature*, *CBOD*, dan *light*. *Input* data dilakukan dengan memberikan *checklist* yang berfungsi untuk mengaktifkan konstanta pada setiap bagian *constant*. Berikut merupakan Tampilan *Constant*, pada **Gambar 4.35**.

Constant	System	Used	Value	Default	Minimum	Maximum
1 Use Short Descriptions for Variable Names in BND2 File	None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	1
2 Elevation above Sea Level (m)	None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	15000
3 Fresh water = 0 - Marine Water = 1	None	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	0	0
4 Latitude - degrees	None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0
5 Longitude - degrees	None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0
6 CO2 Partial Pressure - (atmosphere)	pH	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0
7 Kc Option	pH	<input type="checkbox"/>	1	1	0	10
8 KSD4 Option (for pH in Seawater)	pH	<input type="checkbox"/>	1	1	0	2
9 pH Scale (1 to 4) for pH Output of Seawater	pH	<input type="checkbox"/>	0	0	1	4
10 Time Constant for Diffusive Mixing	None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0
11 Time Constant for Entrainment Flows	None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0
12 Number of Lake Computational Nodes	None	<input type="checkbox"/>	500	500	0	1000

**Gambar 4.35** Tampilan *Constant* WASP  
 Sumber: Hasil Penelitian, 2023

j. *Output Control*

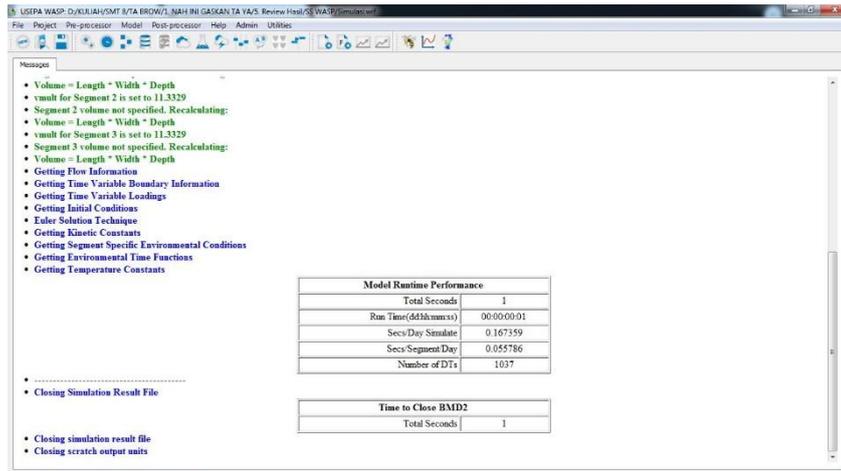
Tahap kesepuluh setelah memasukkan data konstanta sesuai variabelnya, yaitu menentukan *Output Control* yang berfungsi untuk menentukan hasil keluaran model yang telah disimulasikan. Penentuan *output* tersebut dapat disesuaikan dengan parameter pencemaran yang telah dimasukkan pada tahap *boundaries and loads* dengan pemilihan *checklist*. Berikut merupakan tampilan dari *Output Control*, pada **Gambar 3.36**.



**Gambar 4.36** Tampilan *Output Control* WASP  
Sumber: Hasil Penelitian, 2023

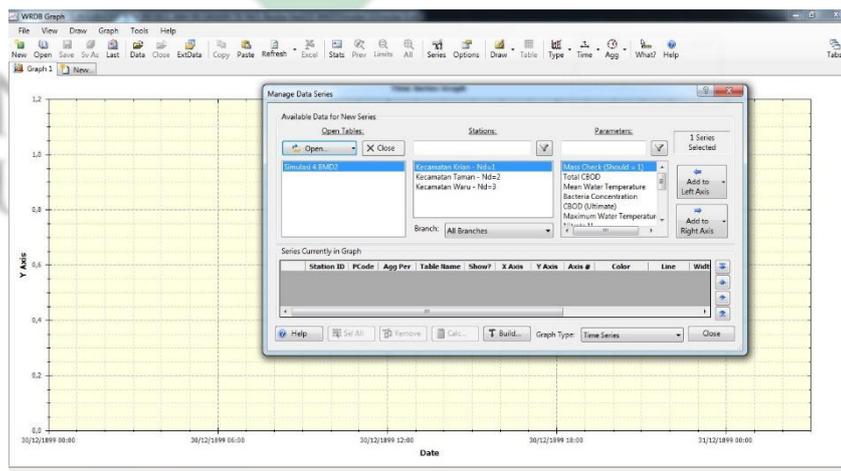
k. *Excute dan Input Project*

Setelah seluruh data telah dimasukkan serta dilengkapi dengan benar, maka data yang telah dibuat dapat disimpan pada folder untuk selanjutnya dilakukan proses *Excute* yang berfungsi untuk mensimulasikan data-data yang telah dimuat menjadi model sesuai yang telah ditentukan. Apabila data berhasil disimulasikan, maka *file* akan tersimpan secara otomatis dalam *folder* dengan bentuk *Binary Modelling Data*. Namun, apabila data tidak dapat disimulasikan *file* dalam bentuk BMD tidak akan muncul dan dapat diketahui pada akhir proses *excute* letak *error* atau kesalahan yang dilakukan. Berikut merupakan tampilan *Excute* berhasil dilakukan oleh *software*, pada **Gambar 4.37**.



**Gambar 4.37** Tampilan *Excute* WASP  
*Sumber: Hasil Penelitian, 2023*

Setelah proses *excute* telah berhasil, maka *file* dengan bentuk *Binary Modelling Data* pada *folder* dapat dilakukan *input project* untuk dapat menampilkan hasil grafik *output* simulasi. Kemudian, dalam menampilkan hasil simulasi berupa *time series* pada setiap parameternya dapat dibantu menggunakan *software* pendukung, yaitu *Water Resources Database (WRDB) Version 6.1*. Berikut merupakan tampilan *workspace ouput model* pada *software Water Resources Database Version 6.1*, pada **Gambar 4.38**.



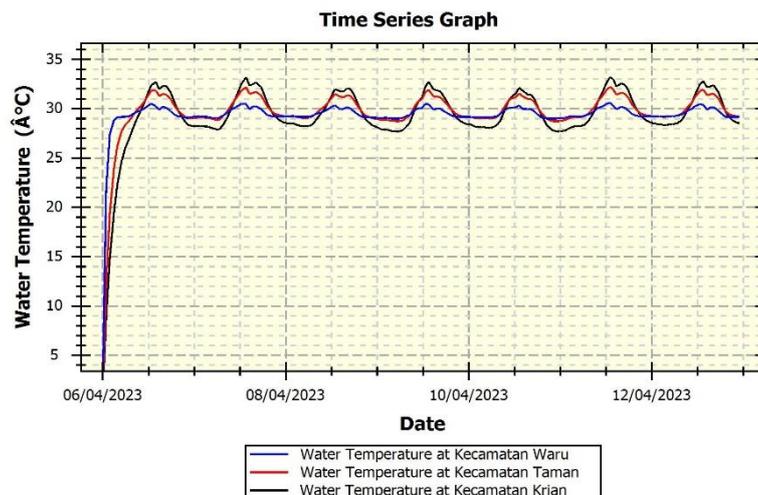
**Gambar 4.38** Tampilan *Software* WRDB version 6.1  
*Sumber: Hasil Penelitian, 2023*

#### 4.4.1 Hasil Simulasi *Water Quality Analysis Simulation Program*

Berdasarkan langkah-langkah yang telah dilakukan untuk mengoperasikan *software Water Quality Analysis Simulation Program version 8*, jenis model yang dihasilkan merupakan model 1 (satu) dimensi dengan kondisi tunak (*steady state*) Daerah Aliran Sungai Buntung dari setiap parameter pencemar yang telah dilakukan uji kualitas airnya di Laboratorium PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Berikut merupakan hasil model parameter pencemar yang dihasilkan dari proses simulasi *software*, yaitu:

a. Temperatur

Hasil simulasi parameter temperatur air Daerah Aliran Sungai Buntung menunjukkan bahwa, di lokasi titik sampling Kecamatan Krian memiliki nilai maksimum sebesar 33,177 °C dengan nilai rata-rata 29,272 °C; di Kecamatan Taman memiliki nilai maksimum sebesar 32,199 °C dengan nilai rata-rata 29,603 °C; dan di Kecamatan Waru memiliki nilai maksimum 30,581 °C dengan nilai rata-rata 29,304 °C. Hasil rata-rata yang didapatkan dari proses simulasi tersebut telah sesuai dengan pengujian kualitas air, dengan menunjukkan temperatur air tertinggi pada lokasi titik sampling di Kecamatan Taman. Berikut merupakan hasil simulasi model pada parameter temperatur air menggunakan *Water Quality Analysis Simulation Program*, pada **Gambar 4.39**.



**Gambar 4.39** Grafik Hasil Simulasi Model Temperatur Air  
*Sumber: Hasil Penelitian, 2023*

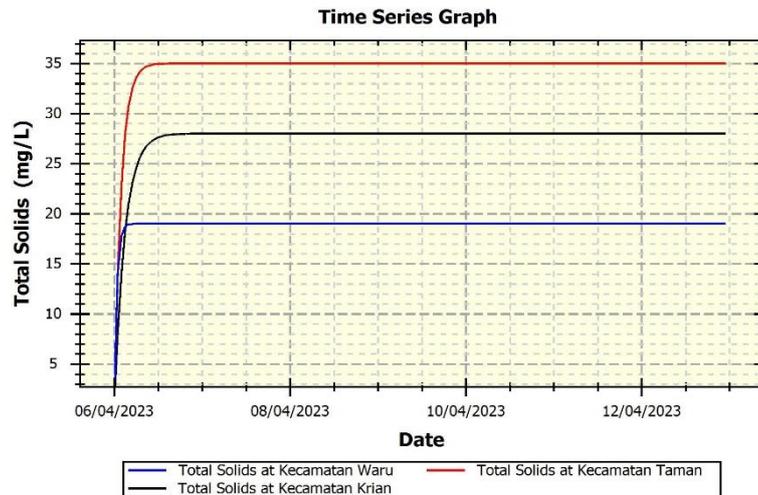
Dari grafik model tersebut, terdapat data rekapitulasi *time series* berdasarkan simulasi yang telah dilakukan serta dilengkapi dengan nilai pencemar pada waktu dan tanggal tertentu dalam rentang waktu yang ditentukan. Berikut merupakan data hasil rekapitulasi *time series* parameter temperatur air dengan jangka waktu per hari, pada **Gambar 4.40**.

	Series 1 Date-Time	Series 1 Water Temperature at Kecamatan Krian	Series 2 Date-Time	Series 2 Water Temperature at Kecamatan Taman	Series 3 Date-Time	Series 3 Water Temperature at Kecamatan Waru
▶	06/04/2023 12:00	26,376	06/04/2023 12:00	27,327	06/04/2023 12:00	27,980
	07/04/2023 12:00	29,995	07/04/2023 12:00	30,130	07/04/2023 12:00	29,584
	08/04/2023 12:00	29,732	08/04/2023 12:00	29,967	08/04/2023 12:00	29,514
	09/04/2023 12:00	29,520	09/04/2023 12:00	29,836	09/04/2023 12:00	29,472
	10/04/2023 12:00	29,436	10/04/2023 12:00	29,798	10/04/2023 12:00	29,455
	11/04/2023 12:00	30,023	11/04/2023 12:00	30,157	11/04/2023 12:00	29,601
	12/04/2023 12:00	29,900	12/04/2023 12:00	30,067	12/04/2023 12:00	29,556

**Gambar 4.40** Data Rekapitulasi Hasil Simulasi Temperatur Air  
*Sumber: Hasil Penelitian, 2023*

b. *Total Suspended Solid*

Hasil simulasi parameter *Total Suspended Solid* air Daerah Aliran Sungai Buntung menunjukkan bahwa, di lokasi titik sampling Kecamatan Krian memiliki nilai maksimum sebesar 28 mg/L dengan nilai rata-rata 27,442 mg/L; di Kecamatan Taman memiliki nilai maksimum sebesar 35 mg/L dengan nilai rata-rata 34,449mg/L; dan di Kecamatan Waru memiliki nilai maksimum 19 mg/L dengan nilai rata-rata 18,850 mg/L. Hasil rata-rata yang didapatkan dari proses simulasi tersebut telah sesuai dengan pengujian kualitas air, dengan menunjukkan konsentrasi padatan tersuspensi tertinggi pada lokasi titik sampling di Kecamatan Taman. Berikut merupakan hasil simulasi model pada parameter *Total Suspended Solid* menggunakan *Water Quality Analysis Simulation Program*, pada **Gambar 4.41**.



**Gambar 4.41** Grafik Hasil Simulasi Model TSS  
*Sumber: Hasil Penelitian, 2023*

Dari grafik model tersebut, terdapat data rekapitulasi *time series* berdasarkan simulasi yang telah dilakukan serta dilengkapi dengan nilai pencemar pada waktu dan tanggal tertentu dalam rentang waktu yang ditentukan. Berikut merupakan data hasil rekapitulasi *time series* parameter *Total Suspended Solid* dengan jangka waktu per hari, pada **Gambar 4.42**.

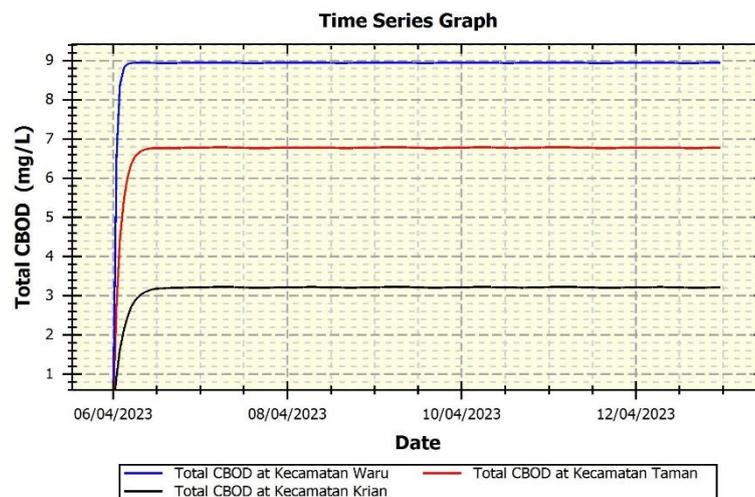
Series 1 Date-Time	Series 1 Total Solids at Kecamatan Krian	Series 2 Date-Time	Series 2 Total Solids at Kecamatan Taman	Series 3 Date-Time	Series 3 Total Solids at Kecamatan Waru
06/04/2023 12:00	24,183	06/04/2023 12:00	31,576	06/04/2023 12:00	17,976
07/04/2023 12:00	27,999	07/04/2023 12:00	35,000	07/04/2023 12:00	19,000
08/04/2023 12:00	28,000	08/04/2023 12:00	35,000	08/04/2023 12:00	19,000
09/04/2023 12:00	28,000	09/04/2023 12:00	35,000	09/04/2023 12:00	19,000
10/04/2023 12:00	28,000	10/04/2023 12:00	35,000	10/04/2023 12:00	19,000
11/04/2023 12:00	28,000	11/04/2023 12:00	35,000	11/04/2023 12:00	19,000
12/04/2023 12:00	28,000	12/04/2023 12:00	35,000	12/04/2023 12:00	19,000

**Gambar 4.42** Data Rekapitulasi Hasil Simulasi TSS  
*Sumber: Hasil Penelitian, 2023*

c. *Biological Oxygen Demand*

Hasil simulasi parameter *Biological Oxygen Demand* air Daerah Aliran Sungai Buntung menunjukkan bahwa, di lokasi titik sampling Kecamatan Krian memiliki nilai maksimum sebesar 3,216 mg/L dengan nilai rata-rata 3,147 mg/L; di Kecamatan Taman memiliki nilai maksimum sebesar 6,779 mg/L dengan nilai rata-rata

6,677 mg/L; dan di Kecamatan Waru memiliki nilai maksimum 8,938 mg/L dengan nilai rata-rata 8,866 mg/L. Hasil rata-rata yang didapatkan dari proses simulasi tersebut telah sesuai dengan pengujian kualitas air, dengan menunjukkan konsentrasi *Biological Oxygen Demand* pada lokasi titik sampling di Kecamatan Waru. Berikut merupakan hasil simulasi model pada parameter *Total Suspended Solid* menggunakan *Water Quality Analysis Simulation Program*, pada **Gambar 4.43**.



**Gambar 4.43** Grafik Hasil Simulasi Model BOD  
*Sumber: Hasil Penelitian, 2023*

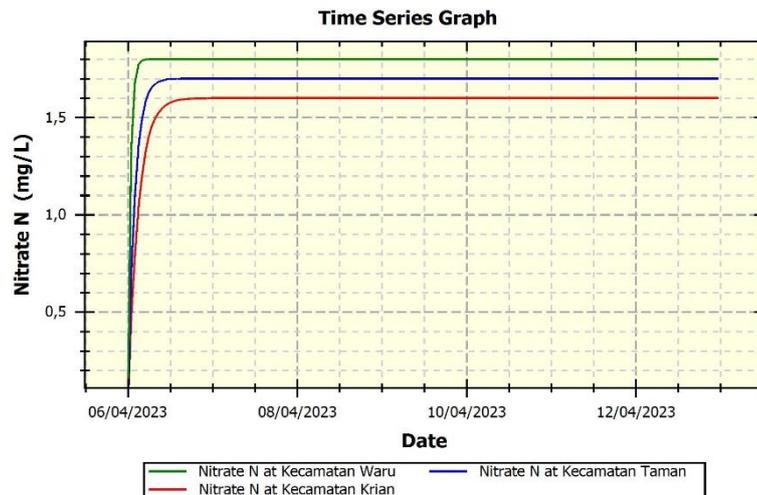
Dari grafik model tersebut, terdapat data rekapitulasi *time series* berdasarkan simulasi yang telah dilakukan serta dilengkapi dengan nilai pencemar pada waktu dan tanggal tertentu dalam rentang waktu yang ditentukan. Berikut merupakan data hasil rekapitulasi *time series* parameter *Biological Oxygen Demand* dengan jangka waktu per hari, pada **Gambar 4.44**.

	Series 1 Date-Time	Series 1 Total CBOD at Kecamatan Krian	Series 2 Date-Time	Series 2 Total CBOD at Kecamatan Taman	Series 3 Date-Time	Series 3 Total CBOD at Kecamatan Waru
▶	06/04/2023 12:00	2,784	06/04/2023 12:00	6,122	06/04/2023 12:00	8,457
	07/04/2023 12:00	3,208	07/04/2023 12:00	6,771	07/04/2023 12:00	8,936
	08/04/2023 12:00	3,209	08/04/2023 12:00	6,772	08/04/2023 12:00	8,936
	09/04/2023 12:00	3,210	09/04/2023 12:00	6,772	09/04/2023 12:00	8,936
	10/04/2023 12:00	3,210	10/04/2023 12:00	6,773	10/04/2023 12:00	8,936
	11/04/2023 12:00	3,208	11/04/2023 12:00	6,771	11/04/2023 12:00	8,936
	12/04/2023 12:00	3,208	12/04/2023 12:00	6,771	12/04/2023 12:00	8,936

**Gambar 4.44** Data Rekapitulasi Hasil Simulasi BOD  
*Sumber: Hasil Penelitian, 2023*

d. Nitrat

Hasil simulasi parameter Nitrat air Daerah Aliran Sungai Buntung menunjukkan bahwa, di lokasi titik sampling Kecamatan Krian memiliki nilai maksimum sebesar 1,6 mg/L dengan nilai rata-rata 1,568 mg/L; di Kecamatan Taman memiliki nilai maksimum sebesar 1,7 mg/L dengan nilai rata-rata 1,676 mg/L; dan di Kecamatan Waru memiliki nilai maksimum 1,8 mg/L dengan nilai rata-rata 1,786 mg/L. Hasil rata-rata yang didapatkan dari proses simulasi tersebut telah sesuai dengan pengujian kualitas air, dengan menunjukkan konsentrasi Nitrat pada lokasi titik sampling di Kecamatan Waru. Berikut merupakan hasil simulasi model pada parameter *Total Suspended Solid* menggunakan *Water Quality Analysis Simulation Program*, pada **Gambar 4.45**.



**Gambar 4.45** Grafik Hasil Simulasi Model Nitrat  
*Sumber: Hasil Penelitian, 2023*

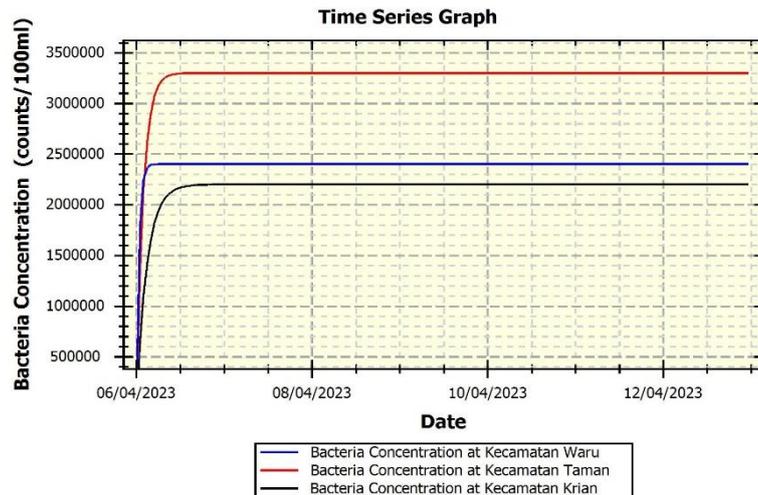
Dari grafik model tersebut, terdapat data rekapitulasi *time series* berdasarkan simulasi yang telah dilakukan serta dilengkapi dengan nilai pencemar pada waktu dan tanggal tertentu dalam rentang waktu yang ditentukan. Berikut merupakan data hasil rekapitulasi *time series* parameter Nitrat dengan jangka waktu per hari, pada **Gambar 4.46**.

	Series 1 Date-Time	Series 1 Nitrate N at Kecamatan Krian	Series 2 Date-Time	Series 2 Nitrate N at Kecamatan Taman	Series 3 Date-Time	Series 3 Nitrate N at Kecamatan Waru
▶	06/04/2023 12:00	1,382	06/04/2023 12:00	1,534	06/04/2023 12:00	1,703
	07/04/2023 12:00	1,600	07/04/2023 12:00	1,700	07/04/2023 12:00	1,800
	08/04/2023 12:00	1,600	08/04/2023 12:00	1,700	08/04/2023 12:00	1,800
	09/04/2023 12:00	1,600	09/04/2023 12:00	1,700	09/04/2023 12:00	1,800
	10/04/2023 12:00	1,600	10/04/2023 12:00	1,700	10/04/2023 12:00	1,800
	11/04/2023 12:00	1,600	11/04/2023 12:00	1,700	11/04/2023 12:00	1,800
	12/04/2023 12:00	1,600	12/04/2023 12:00	1,700	12/04/2023 12:00	1,800

**Gambar 4.46** Data Rekapitulasi Hasil Simulasi Nitrat  
*Sumber: Hasil Penelitian, 2023*

e. *Total Coliform*

Hasil simulasi parameter *Total Coliform* air Daerah Aliran Sungai Buntung menunjukkan bahwa, di lokasi titik sampling Kecamatan Krian memiliki nilai maksimum sebesar  $2,2 \times 10^6$  MPN/100 mL dengan nilai rata-rata 2.156.398 MPN/100 mL; di Kecamatan Taman memiliki nilai maksimum sebesar  $3,3 \times 10^6$  MPN/100 mL dengan nilai rata-rata 3.253.079 MPN/100 mL; dan di Kecamatan Waru memiliki nilai maksimum  $2,4 \times 10^6$  MPN/100 mL dengan nilai rata-rata 2.381.196 MPN/100 mL. Hasil rata-rata yang didapatkan dari proses simulasi tersebut telah sesuai dengan pengujian kualitas air, dengan menunjukkan konsentrasi *Total Coliform* pada lokasi titik sampling di Kecamatan Waru. Berikut merupakan hasil simulasi model pada parameter *Total Suspended Solid* menggunakan *Water Quality Analysis Simulation Program*, pada **Gambar 4.47**.



**Gambar 4.47** Grafik Hasil Simulasi Model *Total Coliform*  
*Sumber: Hasil Penelitian, 2023*

Dari grafik model tersebut, terdapat data rekapitulasi *time series* berdasarkan simulasi yang telah dilakukan serta dilengkapi dengan nilai pencemar pada waktu dan tanggal tertentu dalam rentang waktu yang ditentukan. Berikut merupakan data hasil rekapitulasi *time series* parameter *Total Coliform* dengan jangka waktu per hari, pada **Gambar 4.48**.

	Series 1 Date-Time	Series 1 Bacteria Concentration at Kecamatan Krian	Series 2 Date-Time	Series 2 Bacteria Concentration at Kecamatan Taman	Series 3 Date-Time	Series 3 Bacteria Concentration at Kecamatan Waru
▶	06/04/2023 12:00	1.900.053,040	06/04/2023 12:00	2.977.191,854	06/04/2023 12:00	2.270.626,015
	07/04/2023 12:00	2.199.960,344	07/04/2023 12:00	3.299.999,719	07/04/2023 12:00	2.400.000,000
	08/04/2023 12:00	2.200.000,000	08/04/2023 12:00	3.300.000,000	08/04/2023 12:00	2.400.000,000
	09/04/2023 12:00	2.200.000,000	09/04/2023 12:00	3.300.000,000	09/04/2023 12:00	2.400.000,000
	10/04/2023 12:00	2.200.000,000	10/04/2023 12:00	3.300.000,000	10/04/2023 12:00	2.400.000,000
	11/04/2023 12:00	2.200.000,000	11/04/2023 12:00	3.300.000,000	11/04/2023 12:00	2.400.000,000
	12/04/2023 12:00	2.200.000,000	12/04/2023 12:00	3.300.000,000	12/04/2023 12:00	2.400.000,000

**Gambar 4.48** Data Rekapitulasi Hasil Simulasi *Total Coliform*  
*Sumber: Hasil Penelitian, 2023*

#### 4.4.2 Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran

Penentuan daya tampung beban pencemaran pada Daerah Aliran Sungai Buntung didasarkan pada, yaitu: sesuai sistem yang tersedia pada *Software Water Quality Analysis Simulation Program version 8*, hasil uji kualitas air di Laboratorium PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yang melebihi baku mutu,

dan hasil perhitungan potensi beban pencemar dari sumbernya yang dipilih telah melebihi beban pencemar maksimum.

Menurut Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sidoarjo (2021), Daerah Aliran Sungai Buntung masuk pada klasifikasi sungai kelas II, sehingga penetapan beban pencemar yang diperbolehkan disesuaikan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2021 pada Lampiran VI Baku Mutu Air Nasional Kelas II. Beban pencemar yang diperbolehkan dapat diperkirakan dengan mengalikan antara debit aktual yang diukur dan nilai baku mutu parameter kualitas air yang ditentukan. Sedangkan nilai beban pencemar aktual dapat diperkirakan dengan mengalikan antara debit aktual yang diukur dan hasil uji parameter pencemar kualitas air pada setiap lokasi titik sampling penelitian. Berikut merupakan hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran Daerah Aliran Sungai Buntung, pada **Tabel 4.11**.

**Tabel 4.11** Daya Tampung Beban Pencemaran DAS Buntung

Lokasi Titik Sampling	Parameter	Beban	Beban	DTBP (kg/hari) & (MPN/hari)
		Pencemaran Aktual (kg/hari) & (MPN/Hari)	Pencemaran Maksimum (kg/hari) & (MPN/Hari)	
Krian	BOD	18,28	16,62	-1,66
	TSS	155,12	277	121,88
	Nitrat	8,86	55,4	46,54
	Total Coliform	1053043200	2393280	-1050649920
Taman	BOD	88,94	38,67	-50,27
	TSS	451,15	644,5	193,35
	Nitrat	21,91	128,9	106,99
	Total Coliform	3675196800	5568480	-3669628320
Waru	BOD	282,15	94,05	-188,10
	TSS	595,65	1567,5	971,85
	Nitrat	56,43	313,5	257,07
	Total Coliform	6500736000	13543200	-6487192800
<b>Jumlah</b>		11228977679	21508096	-11207469582
<b>Rata-Rata</b>		935748140	1792341	-933955798

*Sumber: Hasil Perhitungan, 2023*

Berdasarkan tabel daya tampung beban pencemaran tersebut, daya tampung beban pencemaran pada Daerah Aliran Sungai Buntung terdapat nilai yang mendapatkan hasil negatif, sehingga menunjukkan beban pencemar yang masuk pada badan air telah melebihi beban pencemar yang telah diizinkan. Parameter pencemar yang telah melebihi beban pencemar yang diizinkan adalah parameter *Biological Oxygen Demand* dan *Total Coliform*, dengan jumlah nilai secara berurutan dari setiap titik lokasi sampling yaitu -240,03 kg/hari dan -11.207.471.040 kg/hari. Sehingga dari hasil perhitungan daya tampung pada Daerah Aliran Sungai Buntung, dapat disimpulkan kondisi air sungai telah tercemar oleh parameter *Biological Oxygen Demand* dan *Total Coliform*.

Sedangkan dari hasil simulasi menggunakan *software Water Quality Analysis Simulation Program*, terdapat nilai maksimum pencemar yang telah didapatkan dari hasil simulasi pada setiap parameter pencemar sungai yang digunakan pada penelitian. Sehingga dapat diketahui selisih beban pencemar yang masuk dari hasil perhitungan antara beban pencemar hasil simulasi dengan beban pencemar yang diperbolehkan. Berikut merupakan hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran Daerah Aliran Sungai Buntung dari beban pencemar hasil simulasi dengan beban pencemar yang diperbolehkan berdasarkan baku mutu air nasional untuk air sungai kelas II, pada **Tabel 4.12**.

**Tabel 4.12** Daya Tampung Beban Pencemaran DAS Buntung Berdasarkan Simulasi *Software Water Quality Analysis Simulation Program version 8*

Lokasi Titik Sampling	Parameter	Beban Pencemaran Simulasi (kg/hari) & (MPN/Hari)	Beban Pencemaran Maksimum (kg/hari) & (MPN/Hari)	DTBP (kg/hari) & (MPN/Hari)
Krian	BOD	17,82	16,62	-1,20
	TSS	155,12	277	121,88
	Nitrat	8,86	55,4	46,54
	Total Coliform	1053043200	2393280	-1050649920
Taman	BOD	87,38	38,67	-48,71
	TSS	451,15	644,5	193,35
	Nitrat	21,91	128,9	106,99

Lokasi Titik Sampling	Parameter	Beban	Beban	DTBP (kg/hari) & (MPN/Hari)
		Pencemaran Simulasi (kg/hari) & (MPN/Hari)	Pencemaran Maksimum (kg/hari) & (MPN/Hari)	
Waru	Total Coliform	2672870400	5568480	-2667301920
	BOD	280,2063	94,05	-186,16
	TSS	1097,25	1567,5	470,25
	Nitrat	56,43	313,5	257,07
	Total Coliform	8938512000	13543200	-8924968800
	<b>Jumlah</b>	12664427776	21508096	-12642919680
<b>Rata-Rata</b>	1055368981	1792341	-1053576640	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

Berdasarkan **Tabel 4.12**, daya tampung beban pencemaran sesuai hasil dari simulasi *software* WASP menunjukkan parameter pencemar yang telah melebihi beban pencemar yang diizinkan yaitu parameter *Biological Oxygen Demand* dan *Total Coliform*, dengan jumlah nilai secara berurutan dari setiap titik lokasi sampling yaitu -236,06 kg/hari dan -12.642.920.640 MPN/hari.

Berdasarkan dari seluruh perhitungan daya tampung beban pencemaran menunjukkan bahwa nilai konsentrasi *Biological Oxygen Demand* dan *Total Coliform*, telah melebihi daya tampung beban pencemaran Daerah Aliran Sungai Buntung. Maka, perlu adanya upaya reduksi untuk menurunkan nilai konsentrasi dari beban pencemar tersebut sebagai langkah pengendalian pencemaran, sehingga dapat memenuhi daya tampung beban pencemaran yang telah ditetapkan. Reduksi beban pencemar tersebut, menggunakan asumsi persentase berdasarkan daya tampung beban pencemaran maksimum sesuai baku mutu air nasional untuk air sungai kelas II yang bertujuan untuk mengurangi beban pencemar yang melebihi daya tampungnya.

Beban pencemar yang direduksi menggunakan beban pencemar aktual dan beban pencemar hasil simulasi. Perhitungan reduksi daya tampung beban pencemaran Daerah Aliran Sungai Buntung menggunakan metode *trial and error*, sehingga penentuan persentase reduksi dapat ditentukan dari hasil reduksi menggunakan nilai *range* 10 – 100%, serta dapat dipilih persentase hasil

perhitungan dengan nilai yang paling mendekati Beban Pencemar Maksimum, dengan cara seperti berikut:

$$\text{Reduksi BP} = \text{BP A/S} - (\text{BP A/S} \times \text{range reduksi BP})$$

$$\text{Reduksi BP} = 282,15 - (282,15 \times 70\%)$$

$$\text{Reduksi BP} = 84,65$$

Keterangan:

Reduksi BP = Reduksi Beban Pencemaran (kg/hari)

BP A/S = Beban Pencemar Aktual/Simulasi (kg/hari)

Range reduksi = 10 – 100 (%)

Berikut merupakan hasil perhitungan reduksi daya tampung beban pencemaran terhadap parameter *Biological Oxygen Demand* dan *Total Coliform* untuk dapat memenuhi beban pencemar maksimumnya, pada **Tabel 4.13**.

**Tabel 4.13** Hasil Reduksi Beban Pencemar DAS Buntung

<b>Beban Pencemar Parameter Biological Oxygen Demand</b>					
Lokasi Titik Sampling	BPM (kg/hari)	BPA (kg/hari)	BPS (kg/hari)	Reduksi BPA	Reduksi BPS
				(kg/hari)	(kg/hari)
				<b>70%</b>	<b>70%</b>
Krian	16,62	18,28	17,82	5,48	5,34
Taman	38,67	88,94	87,38	26,68	26,21
Waru	94,05	282,15	280,21	84,65	84,06
<b>Rata-Rata</b>	<b>49,78</b>	<b>129,79</b>	<b>128,47</b>	<b>38,94</b>	<b>38,54</b>
<b>Keterangan: Pemenuhan BP BM Air Sungai Kelas II</b>				<b>Memenuhi</b>	<b>Memenuhi</b>

<b>Beban Pencemar Parameter Total Coliform</b>					
Lokasi Titik Sampling	BPM (MPN/hari)	BPA (MPN/hari)	BPS (MPN/hari)	Reduksi BPA	Reduksi BPS
				(MPN/hari)	(MPN/hari)
				<b>99,85%</b>	<b>99,85%</b>
Krian	2393280	1053043200	1053043200	1579565	1579565
Taman	5568480	3675196800	2672870400	5512795	4009306
Waru	13543200	6500736000	8938512000	9751104	13407768
<b>Rata-Rata</b>	<b>7168320</b>	<b>3742992000</b>	<b>4221475200</b>	<b>5614488</b>	<b>6332213</b>
<b>Keterangan: Pemenuhan BP BM Air Sungai Kelas II</b>				<b>Memenuhi</b>	<b>Memenuhi</b>

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

Berdasarkan tabel perhitungan reduksi beban pencemaran pada parameter *Biological Oxygen Demand* dan *Total Coliform* tersebut, penentuan persentase reduksi beban pencemaran didasarkan pada masing-masing nilai beban pencemar yang persentasenya dapat memenuhi baku mutu air nasional untuk air sungai kelas II. Diketahui pada parameter *Biological Oxygen Demand*, persentase reduksi yang digunakan sebesar 70% reduksi beban pencemar aktual dan beban pencemar simulasi. Penentuan persentase reduksi disebabkan oleh nilai beban pencemar aktual di Kecamatan Waru yang mencapai 282,15 kg/hari dan nilai beban pencemar simulasi di Kecamatan Waru yang mencapai 280,21 kg/hari. Hasil rekapitulasi perhitungan reduksi beban pencemaran aktual *Biological Oxygen Demand* di setiap lokasi titik sampling, secara berurutan yaitu 5,48 kg/hari; 26,68 kg/hari; dan 84,65 kg/hari. Sedangkan, hasil rekapitulasi perhitungan reduksi beban pencemaran simulasi secara berurutan yaitu 5,34 kg/hari; 26,21 kg/hari; dan 84,06 kg/hari. Kemudian, pada parameter *Total Coliform* persentase reduksi yang digunakan hampir mencapai 100% yang dikarenakan nilai konsentrasi BPA dan BPS pada setiap lokasi titik sampling telah melebihi jauh dari beban pencemaran maksimum yang ditentukan. Hasil rekapitulasi perhitungan reduksi beban pencemaran aktual *Total Coliform* di setiap lokasi titik sampling, secara berurutan yaitu 1.579.565 MPN/hari; 5.512.795 MPN/hari; dan 9.751.104 MPN/hari. Sedangkan, hasil rekapitulasi perhitungan reduksi beban pencemaran simulasi secara berurutan yaitu 1.579.565 MPN/hari; 4.009.306 MPN/hari; dan 13.407.768 MPN/hari.

Hasil dari reduksi beban pencemaran telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan dan diketahui beban pencemar yang masuk pada sungai dapat sesuai dengan daya tampung beban pencemarnya, sehingga dapat bernilai positif yang menandakan bahwa kemampuan badan air permukaan untuk menerima beban pencemar masih diperbolehkan dengan nilai konsentasi sebesar nilai dari hasil reduksi tersebut. Daya tampung beban pencemaran pada sungai perlu ditetapkan, karena dapat berpengaruh terhadap daya dukung perairan yang berfungsi sebagai kemampuan sumber air dalam memenuhi kebutuhan sesuai ketersediaan air baku. Ketersediaan air pada badan air permukaan dipengaruhi oleh nilai volume dan debitnya, sehingga apabila nilai volume dan debit sungai tinggi namun

dengan kondisi tercemar akan menyebabkan menurunnya ketersediaan air yang sesuai atau pada kondisi daya dukung perairan yang tidak tepat berdasarkan peruntukannya, terutama perlu diperhatikan apabila sungai dalam kondisi debit dan volume air yang rendah (Saily dkk., 2019).

Berdasarkan perhitungan beban pencemar pada setiap sektor sumber pencemar dan seiring berjalannya waktu, masukan kontribusi beban pencemar akan terus meningkat pada badan air permukaan yang akan menyebabkan badan air tercemar berat melebihi daya tampung dan daya dukungnya. Sehingga dibutuhkan pengendalian yang berkelanjutan untuk menangani tercemarnya kualitas perairan tersebut. Mulai dari pemantauan kualitas air sebagai langkah *Early Warning System*, menggunakan sistem terintegrasi serta melibatkan pemodelan yang dilengkapi dengan pemantauan limpasan air sebagai pengaruh debit dan tinggi muka air yang bertujuan untuk identifikasi serta karakterisasi badan air, kemudian diikuti dengan perhitungan alokasi beban pencemar yang masuk pada badan air dengan tujuan sebagai penyusunan dan penetapan Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Air (RPPMA) suatu wilayah, terutama pada Daerah Aliran Sungai Buntung yang masuk pada wilayah Kabupaten Sidoarjo dengan didukungnya program Rencana Strategis Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Sidoarjo Tahun 2021 – 2026 Tentang Pengendalian Pencemaran Air di Wilayah Sungai, sehingga dapat melanjutkan bentuk langkah dari program Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tentang Sistem Pemantauan Kualitas Air Otomatis, Kontinyu, dan Online (ONLIMO) yang telah diterapkan pada beberapa Daerah Aliran Sungai di Indonesia.

#### **4.4.3 Validasi Model Kualitas Air *Water Quality Analysis Simulation Program***

Simulasi model kualitas air menggunakan *Software Water Quality Analysis Simulation Program* untuk menentukan daya tampung beban pencemaran, menunjukkan hasil yang diperoleh melalui grafik secara *visual* dan belum memberikan tingkat validitas terhadap model yang diperkirakan. Maka, perlu adanya uji tingkat validitas terhadap hasil model kualitas air dengan menggunakan metode yang dipilih dan sesuai dengan nilai aktual. Metode yang

dipilih untuk validasi model adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), yang memiliki tujuan untuk menentukan rata-rata persentase kesalahan secara mutlak, dengan batas penyimpangan model yang diterima sebesar 10%. Apabila hasil validasi semakin rendah, maka dapat disimpulkan model simulasi yang dilakukan semakin baik serta dengan disesuaikan *range* nilai yang digunakan untuk tolok ukur kemampuan dari model simulasi (Maricar, 2019).

Penentuan validasi dengan menggunakan metode tersebut, dilakukan dengan menghitung dari pengurangan nilai kualitas air aktual dengan nilai hasil model simulasi yang di *absolute*-kan dan dilakukan pembagian dengan nilai kualitas air aktual. Selanjutnya, hasil yang diperoleh dilakukan pembagian dengan jumlah simulasi yang dilakukan, yaitu sebanyak lima (5) kali percobaan simulasi model dan diakhiri dengan mengkalikan 100 untuk hasil mendapatkan persentase. Berikut merupakan hasil uji validitas model simulasi kualitas air dengan metode *Mean Absolute Percentage Error*, pada **Tabel 4.14**.

**Tabel 4.14** Hasil Uji Validitas Model Simulasi WASP

Lokasi Titik Sampling	Parameter	Nilai Kualitas Air DAS Buntung		Validasi MAPE (%)
		Uji Laboratorium	Simulasi Model WASP8	
Kecamatan Krian	Temperatur	29,7	29,272	0,29
	TSS	28	27,442	0,40
	BOD	3,3	3,147	0,93
	Nitrat	1,6	1,568	0,40
	T. Coliform	2200000	2156398	0,40
Kecamatan Taman	Temperatur	30	29,603	0,26
	TSS	35	34,449	0,31
	BOD	6,9	6,677	0,65
	Nitrat	1,7	1,677	0,27
	T. Coliform	3300000	3253079	0,28
Kecamatan Waru	Temperatur	29,5	29,304	0,13
	TSS	19	18,85	0,16
	BOD	9	8,866	0,30
	Nitrat	1,8	1,786	0,16
	T. Coliform	2400000	2381196	0,16

*Sumber: Hasil Perhitungan, 2023*

Berdasarkan hasil validasi tersebut, nilai persentase penyimpangan yang diperoleh rata-rata telah mendekati nilai 0 atau < 10%, sehingga menunjukkan

kompetensi model peramalan sangat baik. Faktor penyebab rendahnya nilai penyimpangan adalah dari jumlah simulasi yang dilakukan, karena semakin banyak simulasi model yang dilakukan akan dapat mengetahui letak *error* ketika *running model*. Kesalahan yang menyebabkan model tidak dapat dijalankan pada *software* dikarenakan *input* data yang kurang lengkap dan tidak sesuai jenis model, yang terletak pada bagian *flows channel geometry* dan *surface water* didalam *software Water Quality Analysis Simulation Program*.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang dilaksanakan pada penelitian, maka dapat diambil kesimpulan seperti berikut:

1. Hasil uji kualitas air DAS Buntung yang memenuhi baku mutu PP 22 Tahun 2021 di titik sampling Krian, Taman, dan Waru secara berurutan adalah Temperatur (29,7°C); (30°C); (29,5°C), TSS (28 mg/L); (35 mg/L); (19 mg/L), pH (7,6); (7,9); (7,2), Nitrat (1,6 mg/L); (1,7 mg/L); (1,8 mg/L). Sedangkan yang melebihi baku mutu adalah BOD (3,3 mg/L); (6,9 mg/L); (9 mg/L), serta *T. Coliform* ( $2,2 \times 10^6$  MPN/100mL); ( $3,3 \times 10^6$  MPN/100mL); ( $2,4 \times 10^6$  MPN/100mL).
2. Hasil perhitungan alokasi beban pencemaran DAS Buntung dari sektor industri, pertanian, serta permukiman pada lokasi Krian, Taman, dan Waru secara berurutan adalah TSS (1287,91 kg/hari); (1869,34 kg/hari) (2461,08 kg/hari); Nitrat (21,55 kg/hari); (22,92 kg/hari); (46,25 kg/hari); *T. Coliform* (11485,15 MPN/hari); (32725,19 MPN/hari); (42766,77 MPN/hari); serta BOD (1369,31 kg/hari); (1914,42 kg/hari); (2590,61 kg/hari).
3. Model kualitas air yang disimulasikan menggunakan WASP adalah Temperatur, TSS, BOD, Nitrat, dan *T. Coliform* dengan debit aktual serta divalidasi dengan metode MAPE. Hasil analisis perhitungan DTBP pada BOD –236,06 kg/hari dan *T. Coliform* –12.642.920.640 MPN/hari, sehingga melebihi BPM yang telah ditentukan yaitu 149,34 kg/hari dan 21.504.960 MPN/hari. Kemudian, dilakukan reduksi BOD sebesar 70% BPA (116,81 kg/hari) dan BPS (115,62 kg/hari); serta *T. Coliform* sebesar 99,85% BPA (16.843.464 MPN/hari) dan BPS (18.996.638 MPN/hari) untuk memenuhi DTBP DAS Buntung.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang diajukan untuk rekomendasi penelitian selanjutnya terkait proyeksi potensi

beban pencemar dan pemodelan kualitas air menggunakan *Software Water Quality Analysis Simulation Program version 8*, adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya penambahan parameter lain yang dapat menggambarkan atau mewakili kualitas air sungai secara spesifik untuk menganalisa kualitas air sungai dari beban pencemar yang masuk pada DAS Buntung.
2. Dalam pengoperasian *software WASP version 8*, diperlukan data sekunder untuk mendukung hasil model seperti data klimatologi yang bersumber dari BMKG (*solar radiation, wind speed, air temperature, dew point*) serta data morfologi eksisting sungai secara lengkap.
3. Dalam perhitungan alokasi beban pencemaran perlu adanya pengumpulan data secara rinci dan lengkap untuk dapat mengestimasi beban pencemar yang masuk pada sungai dari setiap sektor. Sehingga, pemerintah daerah berperan dalam rekapitulasi data terkini untuk mengalokasikan emisi polutan yang dihasilkan dari setiap kegiatan/usaha yang dapat berpotensi mencemari lingkungan.
4. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai upaya penurunan beban pencemaran air dari berbagai sektor dan merincikan seluruh saluran sungai yang menuju serta diterima oleh DAS Buntung.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR PUSTAKA

- Ain, C., Rudiyantri, S., & Sari, H. P. (2019). Purification Capacity and Oxygen Sag in Sringin River, Semarang. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, 14(1), 1–16.
- Amalia, R. H. T., Tasya, A. K., & Ramadhani, D. (2021). *Kandungan Nitrit dan Nitrat Pada Kualitas Air Permukaan*.
- Ambrose, R. B., & Wool, T. A. (2017). *WASP8 Stream Transport Model Theory and User's Guide*. U.S. Environmental Protection Agency.
- Amiruddin, A. M. A. (2015). Air Dalam Perspektif Hadist. *TAHDIS*, 6(1), 1–22.
- Anastasia, S., Munfarida, I., & Suprayogi, D. (2022). Penilaian Kualitas Air Menggunakan Indeks Makroinvertebrata FBI dan Biotilik di Sungai Buntung Sidoarjo. *Serambi Engineering*, 7(3), 3617–3623.
- Andika, B., Wahyuningsih, P., & Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai BOD Dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 2(1), 14–22.
- Anisafitri, J., Khairuddin, K., & Rasmi, D. A. C. (2020). Analisis Total Bakteri Coliform Sebagai Indikator Pencemaran Air Pada Sungai Unus Lombok. *Jurnal Pijar Mipa*, 15(3), 266–272. <https://doi.org/10.29303/jpm.v15i3.1622>
- Arifelia, D. R., & Diansyah, G. (2017). Analisis Kondisi Perairan Ditinjau Dari Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) Dan Sebaran Klorofil-A Di Muara Sungai Lumpur, Sumatera Selatan. *Maspri Journal*, 9(2), 95–104.
- Ariyadi, A. (2018). Al-Qur'an Views Relating to Environmental Conservation. *Daun: Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.33084/daun.v5i1.319>
- Basit, A., & Nawawi, F. (2019). Epistemologi Tafsir Isyari. *Jurnal Al-Fath*, 13(1), 68–87.
- Chow, V. T. (1959). *Open-Channel Hydraulics* (2930 ed.). McGraw-Hill.
- Daniswara, C. R. A., Rezagama, A., & Sariffuddin. (2018). Analisis Pengaruh Perubahan Lahan Pertanian Terhadap Beban Pencemaran Limbah

- Pertanian Menggunakan Model Pload (Studi Kasus: DAS Garang). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(1), 1–9.
- Daroini, T. A., & Arisandi, A. (2020). Analisis BOD (Biological Oxygen Demand) Di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan. *Juvenil*, 1(4), 558–566.
- Dharmananta, I. D. P. G. A., Suyarto, R., & Trigunasih, N. M. (2019). Pengaruh Morfometri DAS terhadap Debit dan Sedimentasi DAS Yeh Ho. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 8(1), 32–42.
- Diandi, A. A., Wardhani, Eka., & Kramawijaya, A. G. (2019). Analisis Sumber Air Baku Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Rusunawa Giriasih Di Kecamatan Batujajar Kabupaten Bandung Barat. *Journal of Environmental Engineering & Waste Management*, 4(1), 68-77.
- Ekawaty, R., Yonariza, Y., Ekaputra, E. G., & Arbain, A. (2018). Telaahan Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Dalam Pengelolaan Kawasan Daerah Aliran Sungai di Indonesia. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 2(2), 30–40. <https://doi.org/10.32530/jaast.v2i2.42>
- Firmansyah, Y. W., Setiani, O., & Darundiati, Y. H. (2021). Kondisi Sungai di Indonesia Ditinjau dari Daya Tampung Beban Pencemaran: Studi Literatur. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(2), 1879–1890. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i2.2889>
- Gu, A. J. R. D. (2020). Museum Lingkungan Sungai Sidoarjo. *E-Journal UAJY*, 1(1).
- Hama Salih, N. Y., Mohammad, A. O., & Mohammed, F. O. (2021). Study on the Self-purification of Tanjaro River. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 21(4), 54–62. <https://doi.org/10.25130/tjas.21.4.7>
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, S., Maury, H. K., & Alianto, A. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35–43. <https://doi.org/10.14710/jil.16.1.35-43>

- Hanisa, E., Nugraha, W. D., & Sarminingsih, A. (2017). Penentuan Status Mutu Air Sungai Berdasarkan Metode Indeks kualitas Air–National Sanitation Foundation (IKA-NSF) Sebagai Pengendalian Kualitas Lingkungan. *6*(1).
- Harvyandha, A., Kusumawardani, M., & Rosyid, A. (2019). Telemetry Pengukuran Derajat Keasaman Secara Realtime Menggunakan Raspberry Pi. *Jurnal Jartel*, *9*(4), 519–524.
- Hidayat, T., & Munir, A. Q. (2006). Perancangan Sistem Informasi Geografis Penentuan Jalur Jalan Optimum Kodya Yogyakarta. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, *1*(1), 45–50.
- Hindriani, H., & Sapei, A. (2013). Pengendalian Pencemaran Sungai Ciujung Berdasarkan Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran. *Jurnal Sumber Daya Air*, *9*(2), 169–184.
- Hz, M., Amin, B., Jasril, J., & Siregar, S. H. (2018). Analisis Status Mutu Air Sungai Berdasarkan Metode STORET Sebagai Pengendalian Kualitas Lingkungan (Studi Kasus: Dua Aliran Sungai di Kecamatan Tembilihan Hulu, Kabupaten Indragiri Hilir, Riau). *Dinamika Lingkungan Indonesia*, *5*(2), 84. <https://doi.org/10.31258/dli.5.2.p.84-96>
- Ikhsan, M. (2015). Perencanaan Sistem Drainase Pada Sungai Buntung Kabupaten Sidoarjo. *Neutron*, *5*(1), 49–72.
- Iqbal. (2020). Pengelolaan Dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam Dalam Perspektif Ekonomi Islam. *Al-Hisab: Jurnal Ekonomi Syariah*, *1*(1), 8–21.
- Jayusman, I., & Shavab, O. A. K. (2020). Studi Deskriptif Kuantitatif Tentang Aktivitas Belajar Mahasiswa Dengan Menggunakan Media Pembelajaran Edmodo Dalam Pembelajaran Sejarah. *Jurnal Artefak*, *7*(1), 13–20.
- Karen, V. Y. T., Kamarudzaman, A. N., Jalil, M. F. A., Hassan, Z., Mahyun, A. W., Salwa, M. Z. M., & Amirah, A. S. N. (2021). Assessment of drinking water quality for raw water and treated water at Kangar, Perlis, Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *646*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/646/1/012011>
- Katsanou, K., & Karapanagioti, H. K. (2017). Surface Water and Groundwater Sources for Drinking Water. Dalam A. Gil, L. A. Galeano, & M. Á. Vicente (Ed.), *Applications of Advanced Oxidation Processes (AOPs) in Drinking*

- Water Treatment* (Vol. 67, hlm. 1–19). Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/698\\_2017\\_140](https://doi.org/10.1007/698_2017_140)
- Kurniawan, B. (2017). *Kajian Daya Tampung Dan Alokasi Beban Pencemaran Sungai Citarum*. Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran Dan Kerusakan Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan.
- Liku, J. E. A., Mulya, W., Sipahutar, M. K., & Sari, I. P. (2022). Mengidentifikasi Sumber Pencemaran Air Limbah Di Tempat Kerja. *Eunola*, 1(1), 14–19.
- Loucks, D. P., & Van Beek, E. (2017). *Water Resource Systems Planning and Management*. Springer International Publishing.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-44234-1>
- Lusiana, N., & Rahadi, B. (2018). PREDIKSI DISTRIBUSI PENCEMARAN AIR SUNGAI BRANTAS HULU KOTA BATU PADA MUSIM HUJAN DAN KEMARAU MENGGUNAKAN METODE SPASIAL INVERSE DISTANCE WEIGHTED. *ECOTROPHIC*, 12(2), 211–224.
- Lusiana, N., Widiatmono, B. R., & Luthfiyana, H. (2020). Beban Pencemaran BOD dan Karakteristik Oksigen Terlarut di Sungai Brantas Kota Malang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 354–366.  
<https://doi.org/10.14710/jil.18.2.354-366>
- Machairiyah, M., Nasution, Z., & Slamet, B. (2020). Pengaruh Pemanfaatan Lahan terhadap Kualitas Air Sungai Percut dengan Metode Indeks Pencemaran (IP). *Limnotek: perairan darat tropis di Indonesia*, 27(1), 13–25.  
<https://doi.org/10.14203/limnotek.v27i1.320>
- Maricar, M. A. (2019). Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem dan Informatika*, 13(2), 36–45.
- Marlina, N., Hudori, H., & Hafidh, R. (2017). Pengaruh Kekasaran Saluran Dan Suhu Air Sungai Pada Parameter Kualitas Air COD, TSS Di Sungai Winongo Menggunakan Software QUAL2KW. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 9(2), 122–133. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol9.iss2.art6>
- Millah, M. Z. (2019). Analisis Ketersediaan Air Meteorologis Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Domestik Penduduk di Kabupaten Malang. *JPIG (Jurnal*

*Pendidikan dan Ilmu Geografi*), 4(2), 1–9.  
<https://doi.org/10.21067/jpig.v4i2.3089>

- Moriasi, D. N., Wilson, B. N., Douglas-Mankin, K. R., Arnold, J. G., & Gowda, P. H. (2012). Hydrologic and Water Quality Models: Use, Calibration, and Validation. *Transactions of the ASABE*, 55(4), 1241–1247.  
<https://doi.org/10.13031/2013.42265>
- Mulla, N. H., Krishna, B. M., & Kumar, B. M. (2019). A Review on Water Quality Models: QUAL, WASP, BASINS, SWAT and AGNPS. *International Journal of Scientific Research in Civil Engineering*, 3(4), 68–68.
- Munawarah, Mahfuzh, T. W., & Rofi'i. (2020). Tafsir Ekologis Al-Qur'an Surah Al-Mu'minun Ayat 18. *Syams Jurnal Studi Keislaman*, 1(2), 68–79.
- Naillah, A., Budiarti, L. Y., & Heriyani, F. (2021). Analisis Kualitas Air Sungai Dengan Tinjauan Parameter pH, SUHU, BOD, COD, DO Terhadap Coliform. *Homeostasis*, 4(2), 487–494.
- Nasir, A., Baiduri, Moh. A., & Hasniar. (2018). Nutrien N-P di Perairan Pesisir Pangkep, Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(1), 135–141.
- Novita, E., Mauvi, R. D., & Pradana, H. A. (2022). Studi Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Bedadung Kabupaten Jember Menggunakan QUAL2Kw. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 10(1), 77–84.  
<https://doi.org/10.19028/jtep.010.1.77-84>
- Nugraha, W. D., Sarminingsih, A., & Alfisya, B. (2020). The Study of Self Purification Capacity Based on Biological Oxygen Demand (BOD) and Dissolved Oxygen (DO) Parameters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 448(1), 1–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/448/1/012105>
- Nurdiana, F., Julyantoro, P. G. S., & Suryaningtyas, E. W. (2019). *Kelimpahan Bakteri Coliform Pada Musim Kemarau di Perairan Laut Celukanbawang, Provinsi Bali*.
- Pauwah, A., Irfan, M., & Muchdar, F. (2020). Analisis Kandungan Nitrat Dan Fosfat Untuk Mendukung Pertumbuhan Rumput Laut *Kappahycus Alvarezii* Yang Dibudidayakan Dengan Metode Longline Di Perairan

- Kastela Kecamatan Pulau Ternate Kota Ternate. *Hemyscyllium*, 1(1), 10–22.
- Pingki, T., & Sudarti. (2021). Analisis kualitas air sungai berdasarkan ketinggian sungai Bladak dan Sungai Kedungrawis di Kabupaten Blitar. *e-Journal BUDIDAYA PERAIRAN*, 9(2), 54–63. <https://doi.org/10.35800/bdp.9.2.2021.35364>
- Poedjiastoeti, H., Sudarmadji, S., Sunarto, S., & Suprayogi, S. (2017). Penilaian Kerentanan Air Permukaan terhadap Pencemaran di Sub DAS Garang Hilir Berbasis Multi-Indeks. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 5(3), 168–180. <https://doi.org/10.14710/jwl.5.3.168-180>
- Pohan, D. A. S., Budiyono, B., & Syafrudin, S. (2017). Analisis Kualitas Air Sungai Guna Menentukan Peruntukan Ditinjau Dari Aspek Lingkungan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 14(2), 63. <https://doi.org/10.14710/jil.14.2.63-71>
- Primandani, V. C., Purwono, N. A. S., & Barkah, A. (2022). Analisis Kebutuhan Dan Ketersediaan Air Bersih Di Wilayah Pelayanan Instalasi Pengolahan Air Gunung Tugel Pdam Tirta Satria Banyumas. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 11(1), 112–121. <https://doi.org/10.22225/pd.11.1.4469.112-121>
- Purnaditya, N. P. (2020). Penerapan Konsep Lagrangian-Eularian Dalam Pengembangan Dasar Model Matematika Hidraulika Aliran dan Transportasi Polutan: Sebuah Kajian Literatur. *Jurnal Fondasi*, 9(2), 175. <https://doi.org/10.36055/jft.v9i2.9005>
- Purwanto, & Pujiwinarko, A. (2021). *Permodelan Lingkungan: Teori Dan Aplikasi* (Edisi Pertama). Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Puteri, M. F. D., Putra, Y. S., & Adriat, R. (2020). Penentuan Debit Aliran di Muara Sungai Pawan Kabupaten Ketapang berdasarkan Parameter Kecepatan Arus dan Kedalaman Sungai. *PRISMA FISIKA*, 7(3), 326. <https://doi.org/10.26418/pf.v7i3.38939>
- Putri, D. S., Jayanthi, O. W., Wicaksono, A., Kartika, A. G. D., & Hariyanti, A. (2021). Distribusi Nitrat Di Perairan Padelegan Sebagai Bahan Baku Garam Yang Berkualitas. *Juvenil*, 2(4), 288–292.

- Putro, T., & Prastiwi, A. D. (2019). Aplikasi Plasma Atmosfer pada pH dan TDS Air Limbah Domestik. *Jurnal Aplikasi Pelayaran dan Kepelabuhanan*, 9(2), 149. <https://doi.org/10.30649/jurapk.v9i2.63>
- Rahadi, B., Suharto, B., & Monica, F. Y. (2019). Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemar dan Kualitas Air Sungai Lesti Sebelum Pembangunan Hotel. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 6(3), 1–10. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2019.006.03.1>
- Rahawarin, F. (2020). Pengelolaan Kualitas Air Sungai Batu Merah Ambon (Perspektif Hukum Lingkungan). *Tahkim*, 16(2), 178–196.
- Rahayu, Y., Juwana, I., & Marganingrum, D. (2018). Kajian Perhitungan Beban Pencemaran Air Sungai Di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung dari Sektor Domestik. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 2(1). <https://doi.org/10.26760/jrh.v2i1.2043>
- Ranjith, S., Shivapur, A. V., Kumar, P. S. K., Hiremath, C. G., & Dhungana, S. (2019). Water Quality Model for Streams: A Review. *Journal of Environmental Protection*, 10(12), 1612–1648. <https://doi.org/10.4236/jep.2019.1012097>
- Refsgaard, J. C., & Henriksen, H. J. (2004). Modelling Guidelines—Terminology and Guiding Principles. *Advances in Water Resources*, 27(1), 71–82. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2003.08.006>
- Rohmaniyah, M., & Rohmadiani, L. D. (2020). Bentuk Dan Tingkat Partisipasi Masyarakat Terhadap Banjir Sungai Buntung Di Kecamatan Waru. *Jurnal Teknik WAKTU*, 18(1), 15–25.
- Rohmawati, Y., & Kuntjoro, S. (2021). Studi Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Tumbuhan Air di Sungai Buntung Sidoarjo. *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, 10(1), 86–93. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v10n1.p86-93>
- Rompas, T. M., Rotinsulu, W. C., & Polii, J. V. B. (2019). Analisis Kandungan E-Coli Dan Total Coliform Kualitas Air Baku Dan Air Bersih Pam Manado Dalam Menunjang Kota Manado Yang Berwawasan Lingkungan. *E-Journal Unsrat*, 1(5), 1–13. <https://doi.org/10.35791/cocos.v1i5.25742>

- Rosarina, D., & Laksanawati, E. K. (2018). Studi Kualitas Air Sungai Cisadane Kota Tangerang Ditinjau Dari Parameter Fisika. *Jurnal Redoks*, 3(2), 38. <https://doi.org/10.31851/redoks.v3i2.2392>
- Ruwayari, D. K. H., Kumurur, V. A., & Mastutie, F. (2020). Analisis Daya Dukung Dan Daya Tampung Lahan Di Pulau Bunaken. *Jurnal Spasial*, 7(1), 94–103.
- Sahabuddin, E. S. (2015). *FILOSOFI 'Cemaran' Air* (Cet.1). PTK Press.
- Saily, R., Fauzi, M., & Suprayogi, I. (2019). Pendekatan Model Wasp Pada Pengendalian Pencemaran Sungai Dengan Parameter Uji Cod. *INDONESIAN JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT (CESD)*, 2(1), 13–21. <https://doi.org/10.25105/cesd.v2i1.6014>
- Saputri, E. T., & Efendy, M. (2020). Kepadatan Bakteri Coliform Sebagai Indikator Pencemaran Biologis Di Perairan Pesisir Sepuluh Kabupaten Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 1(2), 243–249. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i2.7579>
- Satiyarti, R. B., Pawhestri, S. W., Merliyana, M., & Widiani, N. (2019). Penentuan Tingkat Pencemaran Sungai Berdasarkan Komposisi Makrobentos Sebagai Bioindikator. *al-Kimiya*, 5(2), 57–61. <https://doi.org/10.15575/ak.v5i2.3690>
- Serajuddin, M., Md.AI, C., Haque, Md. M., & Haque, Md. E. (2019). Using Turbidity to Determine Total Suspended Solids in an Urban Stream: A Case Study. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 67(9), 83–88. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V67I9P214>
- Setiawan, A. B., Widiarti, I. W., & Kristanto, W. A. D. (2021). Evaluasi Tempat Pemrosesan Akhir Ngronggo Berdasarkan Penilaian Indeks Risiko Lingkungan di Kelurahan Kumpulrejo dan Randuacir, Kecamatan Argomulyo, Kota Salatiga, Provinsi Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan Ke-III*, 450–456.
- Sholeh, M., Putra, Y. S., & Adriat, R. (2022). Kajian Parameter Fisis Kualitas Air Berdasarkan Nilai Total Suspended Solid (TSS) di Sungai Belidak Kecamatan Sungai Kakap. *PRISMA FISIKA*, 10(2), 296–303.

- Sugianti, Y., & Astuti, L. P. (2018). Respon Oksigen Terlarut Terhadap Pencemaran dan Pengaruhnya Terhadap Keberadaan Sumber Daya Ikan di Sungai Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 203. <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i2.2488>
- Sunaryo, J. (2019). Normalizing River Flows (DAS) In Realizing Conducive Development. *Jurnal Marketing*, 3(1), 206–220.
- Sya'rani, M. (2017). Nilai Dasar Pendidikan dalam Al-Qur'an. *TAJDID: Jurnal Pemikiran Keislaman dan Kemanusiaan*, 1(2), 190–199. <https://doi.org/10.52266/tajdid.v1i2.44>
- Trisna, Y. (2018). Water Quality and Public Health Complaints in Surrounding Watoetoelis Sugar Mills. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(2), 230–240. <https://doi.org/10.20473/jkl.v10i2.2018.241-251>
- Wool, T., Ambrose, R. B., Martin, J. L., & Comer, A. (2020). WASP 8: The Next Generation in the 50-year Evolution of USEPA's Water Quality Model. *Water*, 12(5), 1398. <https://doi.org/10.3390/w12051398>
- Wulandari, N., & Perwira, I. Y. (2021). *Profil Kandungan Fosfat pada Air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Tukad Ayung, Bali*.
- Yonar, M., Luthfi, O. M., & Isdianto, A. (2021). Dynamics Of Total Suspended Solid (TSS) Around Coral Reef Beach Damas, Trenggalek. *Journal of Marine and Coastal Science*, 10(1), 48–57. <https://doi.org/10.20473/jmcs.v10i1.25606>
- Yuan, L., Sinshaw, T., & Forshay, K. J. (2020). Review of Watershed-Scale Water Quality and Nonpoint Source Pollution Models. *Geosciences*, 10(1), 25. <https://doi.org/10.3390/geosciences10010025>
- Yusuf, I. A. (2016). Penentuan Parameter Kinetik Model Kualitas Air Untuk Sungai: Studi Kasus Di Zona Hulu Sungai Citarum. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 7(1), 31–46.