



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PENENTUAN DAYA TAMPUNG BEBAN  
PENCEMARAN SUNGAI KALIMAS SURABAYA  
(SEGMENT TAMAN PRESTASI-JEMBATAN  
PETEKAN) DENGAN PEMODELAN QUAL2KW**

LAILI MAGHIROH  
3312100013

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**TUGAS AKHIR - RE 141581**

**PENENTUAN DAYA TAMPUNG BEBAN  
PENCEMARAN SUNGAI KALIMAS SURABAYA  
(SEGMENT TAMAN PRESTASI-JEMBATAN  
PETEKAN) DENGAN PEMODELAN QUAL2KW**

LAILI MAGHIROH  
3312100013

DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**FINAL PROJECT - RE 141581**

**DETERMINATION OF LOAD CAPACITY  
IN KALIMAS SURABAYA RIVER (SEGMENT  
TAMAN PRESTASI-JEMBATAN PETEKAN)  
USING QUAL2KW MODELLING**

**LAILI MAGHIROH  
3312100013**

**SUPERVISOR  
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institute of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENENTUAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN SUNGAI KALIMAS SURABAYA (SEGMENT TAMAN PRESTASI-JEMBATAN PETEKAN) DENGAN PEMODELAN QUAL2KW

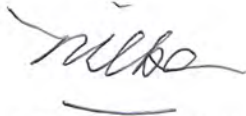
#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**LAILI MAGHIROH**  
NRP. 3312 100 013

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc  
NIP. 19550128 198503 2 001



## Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Kalimas Surabaya (Segmen Taman Prestasi-Jembatan Petekan) Dengan Pemodelan QUAL2Kw

Nama : Laili Maghfiroh  
NRP : 3312 100 013  
Jurusan : Teknik Lingkungan FTSP ITS  
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc.

### ABSTRAK

Sungai Kalimas merupakan salah satu sungai di Kota Surabaya yang berfungsi sebagai saluran drainase utama di wilayah Kota Surabaya. Hasil penelitian BLH Kota Surabaya tahun 2015, menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Kalimas termasuk dalam kategori baku mutu air kelas III. Namun, dalam PERDA Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 Sungai Kalimas digunakan sebagai tempat wisata sungai dan pusat pelayanan angkutan sungai, sehingga berdasarkan pemanfaatan tersebut seharusnya kualitas Sungai Kalimas harus memenuhi baku mutu air kelas II. Oleh karena itu, diperlukan studi untuk menentukan beban pencemar yang dapat ditampung oleh Sungai Kalimas. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah melalui penentuan DTBP (Daya Tampung Beban Pencemaran) dengan pemodelan QUAL2Kw.

Langkah awal dalam penggunaan program QUAL2Kw adalah kalibrasi data untuk mendapatkan model kualitas air yang nilainya mendekati data sebenarnya. Pemodelan menggunakan 5 simulasi. Parameter kualitas air sungai yang digunakan meliputi: temperatur, pH, DO, BOD, COD, TSS,  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_3^-$ , dan  $NH_4^+$ .

Hasil penelitian menunjukkan, dalam perhitungan DTBP untuk parameter COD, BOD, dan TSS daya tampung terbesar pada segmen 5. Fosfat, amonium, dan nitrat nilai daya tampung terbesar pada segmen 1. Dalam prediksi kualitas air Sungai Kalimas didapatkan hasil, untuk parameter DO, COD, BOD, TSS, dan fosfat masih belum memenuhi baku mutu air kelas II berdasarkan PP RI Nomor 82 Tahun 2001.

**Kata kunci:** daya tampung, kalimas, kualitas air, simulasi, QUAL2Kw

# **Determination of Load Capacity in Kalimas Surabaya River (Segment Taman Prestasi-Jembatan Petekan) Using QUAL2Kw Modelling**

Name : Laili Maghfiroh  
NRP : 3312 100 013  
Department : Teknik Lingkungan FTSP ITS  
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc.

## **ABSTRACT**

Kalimas River is one of the rivers in the city of Surabaya with its main function as the main drainage channel in the city of Surabaya. The result of BLH Surabaya research in 2015, water quality of the Kalimas River is categorized in Class III. However, according to the Surabaya Regional Regulation Number 12 Year 2014, the Kalimas River is used as a tourism area and transport infrastructure. Based on this function, the river should meet Class II water quality standard. Therefore, studies are needed to determine the pollutant load that can be accommodated by Kalimas River. One effort that can be done is through the determination of DTBP (load capacity) using QUAL2Kw modeling.

The initial step for use QUAL2Kw program is a data calibration to obtain water quality model whose value close to the actual data. 5 simulations are simulated in the modelling. The water quality parameters tested in the model are temperature, pH, DO, BOD, COD, TSS,  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_3^-$ , and  $NH_4^+$ .

Based on simulations, parameters of COD, BOD, and TSS have the largest capacity on segment 5, while phosphate, ammonium, and nitrate have the largest capacity on segment 1. However, water quality of the River for parameters DO, COD, BOD, TSS, and phosphate is predicted to be not to meet the water quality standard class II stated in the Government Regulation No. 82 year 2001.

**Keyword(s):** load capacity, kalimas, simulation, QUAL2Kw, water quality

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
BAB 1	
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
BAB 2	
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Gambaran Umum .....	5
2.1.1 Gambaran Umum Kota Surabaya .....	5
2.1.2 Gambaran Umum Sungai Kalimas Surabaya .....	9
2.2 Daerah Aliran Sungai .....	10
2.3 Pencemaran Air .....	10
2.4 Kualitas Air Sungai .....	11
2.5 Parameter Kualitas Air .....	13
2.6 <i>Self Purification</i> .....	16
2.7 Daya Tampung Beban Pencemaran .....	17
2.8 Hubungan Daya Dukung dengan Daya Tampung .....	19
2.9 Model QUAL2Kw .....	20
2.9.1 Bagian - bagian QUAL2Kw .....	21
2.10 Kajian Terdahulu .....	26
2.10.1 Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Buduran Kabupaten Sidoarjo dengan Metode QUAL2Kw .....	26
2.10.2 Daya Tampung Beban Pencemaran DAS Ciliwung .....	27
2.10.3 Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Wonokromo Surabaya .....	28

2.10.4	Aplikasi Model QUAL2Kw Untuk Menentukan Strategi Penanggulangan Pencemaran Sungai Gajahwong .....	28
2.10.5	Application of Automated QUAL2Kw For Water Quality Modeling In The River Karanja-India .....	29
2.10.6	Aplikasi Model Simulasi Komputer Pada Studi Permodelan Kualitas Air Kali Surabaya .....	30
2.10.7	Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Batanghari Menggunakan Program QUAL2Kw .....	30
2.10.8	Application of Automated QUAL2Kw for Water Quality Modeling and Management In Nepal .....	31
2.10.9	Water Quality Prediction Using The QUAL2Kw Model in a Small Karstic Watershed in Brazil .....	32
2.10.10	Model Prediksi Kualitas Air Di Sungai Kalimas Surabaya (Segmen Ngagel- Taman Prestasi) Dengan Pemodelan QUAL2Kw .....	33
<b>BAB 3</b>		
	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
3.1	Kerangka Pelaksanaan Penelitian .....	35
3.2	Langkah Pelaksanaan Penelitian .....	39
3.2.1	Observasi Lapangan dan Ide Penelitian .....	39
3.2.2	Studi Literatur .....	40
3.2.3	Pengumpulan Data .....	40
3.2.4	Penentuan Segmen .....	41
3.2.5	Waktu dan titik sampling .....	41
3.2.6	Pengambilan Sampel Uji Kualitas Air .....	42
3.2.7	Pengawetan Sampel .....	43
3.2.8	Penggunaan Model QUAL2Kw .....	44
3.2.9	Perhitungan Daya Tampung .....	48
<b>BAB 4</b>		
	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>49</b>
4.1	Segmentasi Sungai Kalimas .....	49
4.2	Identifikasi Sungai Kalimas Surabaya .....	56
4.2.1	Kondisi Hidrolik Sungai Kalimas Surabaya .....	56
4.2.2	Kondisi Kualitas Air Sungai Kalimas Surabaya .....	58
4.2.3	Kondisi Sumber Pencemar .....	67
4.3	Pembentukan Model .....	74
4.4	Kalibrasi Model .....	75
4.5	Penggunaan Simulasi Kualitas Air Sungai .....	81



4.5.1	Simulasi 1 .....	82
4.5.2	Simulasi 2 .....	91
4.5.3	Simulasi 3 .....	110
4.5.4	Simulasi 4 .....	117
4.5.5	Simulasi 5 .....	124
4.6	Pengaruh Fluktuasi Debit Air Sungai.....	131
4.7	Pengaruh Fluktuasi Kualitas Air Sungai .....	132
4.8	Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran.....	133
BAB 5		141
KESIMPULAN DAN SARAN .....		141
5.1	Kesimpulan .....	141
5.2	Saran .....	141
DAFTAR PUSTAKA .....		143
LAMPIRAN A.....		149
LAMPIRAN B.....		155
LAMPIRAN C.....		161
LAMPIRAN D.....		165
LAMPIRAN E.....		169
BIOGRAFI PENULIS .....		177

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Arah dan Kecepatan Angin (Knot) .....	7
Tabel 2.2 Arah Angin yang Dinyatakan dalam Delapan Mata Angin.....	8
Tabel 2.3 Data Temperatur Udara (°C) Kota Surabaya .....	8
Tabel 2.4 Data I Kualitas Air Sungai Kalimas Surabaya .....	12
Tabel 2.5 Data II Kualitas Air Sungai Kalimas Surabaya .....	12
Tabel 3.1 Cara Pengawetan dan Penyimpanan Sampel .....	43
Tabel 3.2 Teknik Simulasi .....	46
Tabel 4.1 Segmentasi Sungai Kalimas Surabaya .....	49
Tabel 4.2 Data Hidrolik Sungai Kalimas.....	57
Tabel 4.3 Data Primer (I) Kualitas Air Sungai Kalimas .....	59
Tabel 4.4 Data Primer (II) Kualitas Air Sungai .....	59
Tabel 4.5 Baku Mutu Air Kelas II .....	60
Tabel 4.6 Data Pencemar <i>Point Sources</i> .....	67
Tabel 4.7 Data Pencemar <i>Non point Source</i> .....	68
Tabel 4.8 Data Primer (I) Kualitas <i>Point Sources</i> .....	68
Tabel 4.9 Data Primer (II) Kualitas <i>Point Sources</i> .....	69
Tabel 4.10 Parameter Kualitas Air Dalam Program QUAL2Kw ..	75
Tabel 4.11 Nilai Koefisien.....	81
Tabel 4.12 Hasil WQ Output Simulasi 1 .....	90
Tabel 4.13 Jumlah Penduduk Kecamatan Genteng .....	92
Tabel 4.14 Jumlah Penduduk Kecamatan Krembangan.....	92
Tabel 4.15 Jumlah Penduduk Kecamatan Pabean Cantikan.....	92
Tabel 4.16 Proyeksi Penduduk Segmen 1 Tahun 2016-2021 ....	94
Tabel 4.17 Proyeksi Penduduk Segmen 2 Tahun 2016-2021 ....	95
Tabel 4.18 Proyeksi Penduduk Segmen 3 Tahun 2016-2021 ....	95
Tabel 4.19 Proyeksi Penduduk Segmen 4 Tahun 2016-2021 ....	95
Tabel 4.20 Proyeksi Penduduk Segmen 5 Tahun 2016-2021 ....	96
Tabel 4.21 Prediksi Kualitas Sungai Kalimas.....	102
Tabel 4.22 Hasil WQ Output Simulasi 2.....	109
Tabel 4.23 Hasil WQ Output Simulasi 3.....	116
Tabel 4.24 Hasil WQ Output Simulasi 4.....	123
Tabel 4.25 Hasil WQ Output Simulasi 5.....	130

Tabel 4.26 Hasil <i>Source Summary</i> Pada Simulasi 4.....	134
Tabel 4.27 Hasil <i>Source Summary</i> Pada Simulasi 3.....	134
Tabel 4.28 Hasil Perhitungan Beban Pencemaran Simulasi 4..	135
Tabel 4.29 Hasil Perhitungan Beban Pencemaran Simulasi 3..	135
Tabel 4.30 Daya Tampung Beban Pencemaran Kalimas .....	136

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tahapan Penetapan Daya Tampung .....	18
Gambar 2.2 <i>Worksheet</i> QUAL2K .....	22
Gambar 2.3 <i>Worksheet Rates</i> .....	24
Gambar 2.4 <i>Worksheet Point Sources</i> .....	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	36
Gambar 3.2 Kerangka Penelitian .....	37
Gambar 3.3 Contoh Pengambilan Sampel.....	41
Gambar 3.4 Penggunaan QUAL2Kw Dalam Kalibrasi Data Hidrolik.....	44
Gambar 3.5 Penggunaan QUAL2Kw Dalam Kalibrasi Data Kualitas .....	45
Gambar 4.1 Segmen 1 (Titik A-Titik 1).....	51
Gambar 4.2 Segmen 2 (Titik 1-Titik 2) .....	52
Gambar 4.3 Segmen 3 (Titik 2-Titik 3) .....	53
Gambar 4.4 Segmen 4 (Titik 3-Titik 4) .....	54
Gambar 4.5 Segmen 5 (Titik 4-Titik B).....	55
Gambar 4.6 Grafik Nilai pH .....	61
Gambar 4.7 Grafik Nilai <i>Dissolved Oxygen</i> .....	61
Gambar 4.8 Grafik Nilai BOD .....	62
Gambar 4.9 Grafik Nilai COD .....	63
Gambar 4.10 Grafik Nilai Fosfat.....	64
Gambar 4.11 Grafik Nilai TSS .....	65
Gambar 4.12 Grafik Nilai Amonium.....	65
Gambar 4.13 Grafik Nilai Nitrat .....	66
Gambar 4.14 <i>Worksheet Hydraulics Data</i> .....	77
Gambar 4.15 <i>Worksheet Reach</i> .....	77
Gambar 4.16 Perbandingan Model dan Data Debit .....	78
Gambar 4.17 Perbandingan Model dan Data Kedalaman .....	78
Gambar 4.18 Perbandingan Model dan Data Kecepatan .....	79
Gambar 4.19 Profil DO Pada Simulasi 1 .....	83
Gambar 4.20 Profil COD Pada Simulasi 1 .....	83
Gambar 4.21 Profil BOD Pada Simulasi 1 .....	84
Gambar 4.22 Profil TSS Pada Simulasi 1 .....	85
Gambar 4.23 Profil pH Pada Simulasi 1.....	85
Gambar 4.24 Profil Temperatur Pada Simulasi 1 .....	86
Gambar 4.25 Profil Fosfat Pada Simulasi 1 .....	87
Gambar 4.26 Profil Nitrat Pada Simulasi 1.....	88

Gambar 4.27 Profil Amonium Pada Simulasi 1 .....	88
Gambar 4.28 Nilai <i>Fitness</i> Dari Simulasi 1 .....	89
Gambar 4.29 Nilai Koefisien Pada <i>Worksheet Reach Rates</i> .....	90
Gambar 4.30 Tren Kualitas TSS per Tahun Sungai Kalimas .....	99
Gambar 4.31 Profil DO Pada Simulasi 2 .....	103
Gambar 4.32 Profil COD Pada Simulasi 2 .....	104
Gambar 4.33 Profil BOD Pada Simulasi 2 .....	104
Gambar 4.34 Profil TSS Pada Simulasi 2 .....	105
Gambar 4.35 Profil pH Pada Simulasi 2 .....	106
Gambar 4.36 Profil Temperatur Pada Simulasi 2 .....	106
Gambar 4.37 Profil Fosfat Pada Simulasi 2 .....	107
Gambar 4.38 Profil Nitrat Pada Simulasi 2 .....	108
Gambar 4.39 Profil Amonium Pada Simulasi 2 .....	108
Gambar 4.40 Profil DO Pada Simulasi 3 .....	111
Gambar 4.41 Profil COD Pada Simulasi 3 .....	111
Gambar 4.42 Profil BOD Pada Simulasi 3 .....	112
Gambar 4.43 Profil TSS Pada Simulasi 3 .....	112
Gambar 4.44 Profil pH Pada Simulasi 3 .....	113
Gambar 4.45 Profil Temperatur Pada Simulasi 3 .....	113
Gambar 4.46 Profil Fosfat Pada Simulasi 3 .....	114
Gambar 4.47 Profil Nitrat Pada Simulasi 3 .....	114
Gambar 4.48 Profil Amonium Pada Simulasi 3 .....	115
Gambar 4.49 Profil DO Pada Simulasi 4 .....	118
Gambar 4.50 Profil COD Pada Simulasi 4 .....	118
Gambar 4.51 Profil BOD Pada Simulasi 4 .....	119
Gambar 4.52 Profil TSS Pada Simulasi 4 .....	119
Gambar 4.53 Profil pH Pada Simulasi 4 .....	120
Gambar 4.54 Profil Temperatur Pada Simulasi 4 .....	120
Gambar 4.55 Profil Fosfat Pada Simulasi 4 .....	121
Gambar 4.56 Profil Nitrat Pada Simulasi 4 .....	121
Gambar 4.57 Profil Amonium Pada Simulasi 4 .....	122
Gambar 4.58 Profil DO Pada Simulasi 5 .....	125
Gambar 4.59 Profil COD Pada Simulasi 5 .....	125
Gambar 4.60 Profil BOD Pada Simulasi 5 .....	126
Gambar 4.61 Profil TSS Pada Simulasi 5 .....	126
Gambar 4.62 Profil pH Pada Simulasi 5 .....	127
Gambar 4.63 Profil Temperatur Pada Simulasi 5 .....	127
Gambar 4.64 Profil Fosfat Pada Simulasi 5 .....	128
Gambar 4.65 Profil Nitrat Pada Simulasi 5 .....	128

Gambar 4.66 Profil Amonium Pada Simulasi 5 .....	129
Gambar 4.67 Daya Tampung Beban Pencemaran Untuk Parameter BOD .....	137
Gambar 4.68 Daya Tampung Beban Pencemaran Untuk Parameter COD .....	137
Gambar 4.69 Daya Tampung Beban Pencemaran Untuk Parameter TSS .....	138
Gambar 4.70 Daya Tampung Beban Pencemaran Untuk Parameter .....	138
Gambar 4.71 Daya Tampung Beban Pencemaran Untuk Parameter Fosfat .....	139
Gambar 4. 72 Daya Tampung Beban Pencemaran Untuk Parameter Amonium .....	139

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sungai Kalimas merupakan salah satu sungai di Kota Surabaya yang mempunyai berbagai fungsi. Fungsi utama Sungai Kalimas pada saat ini adalah sebagai tempat pembuangan air dari saluran drainase yang ada di wilayah Kota Surabaya bagian tengah (BLH Kota Surabaya, 2007). Menurut penelitian Perum Jasa Tirta (2007) yang selanjutnya didukung data penelitian Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya (2015), kualitas air Sungai Kalimas tergolong buruk dan memenuhi kategori baku mutu air kelas III untuk parameter COD, TSS, pH, *fecal coliform*, dan deterjen. Dalam Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya Tahun 2014-2034 Sungai Kalimas akan digunakan sebagai tempat wisata sungai dan pusat pelayanan angkutan sungai, sehingga berdasarkan pemanfaatan tersebut seharusnya kualitas Sungai Kalimas harus memenuhi baku mutu air kelas II.

Sungai Kalimas membentang sepanjang kurang lebih 13,77 km ditengah Kota Surabaya dan melintasi permukiman padat penduduk, kawasan perdagangan, kawasan perkantoran, industri maupun hotel (BLH Kota Surabaya, 2007). Limbah yang dihasilkan oleh berbagai macam kegiatan di daerah aliran sungai Kalimas tersebut berpotensi meningkatkan pencemaran. Dengan adanya kondisi tersebut, maka diperlukan adanya upaya pengelolaan kualitas Sungai Kalimas, sehingga akan didapatkan kualitas sesuai dengan baku mutu air kelas II. Upaya pengelolaan kualitas air sungai dapat dilakukan melalui penentuan daya tampung beban pencemaran Sungai Kalimas dengan segmen penelitian dimulai dari Taman Prestasi dan berakhir di Jembatan Petekan, karena sebelumnya belum ada penelitian untuk penentuan daya tampung beban pencemaran di segmen tersebut.

Menurut PP RI Nomor 82 Tahun 2001 daya tampung beban pencemaran digunakan untuk pemberian izin lokasi, pengelolaan air dan sumber air, penetapan rencana tata ruang, pemberian izin pembuangan air limbah, penetapan mutu air

sasaran dan program kerja pengendalian pencemaran air. Perhitungan daya tampung beban pencemaran sungai merupakan proses yang panjang dan membutuhkan waktu yang lama karena kualitas air sungai dari hulu sampai hilir berubah-ubah. Untuk melakukan perhitungan secara cepat maka diperlukan metode perhitungan daya tampung beban pencemaran sungai efisien dan efektif agar dapat meminimalisir biaya observasi (Fatmawati dkk., 2012). Salah satu metode perhitungan yang dapat digunakan adalah model QUAL2Kw. Model QUAL2Kw memiliki beberapa keunggulan antara lain dapat mensimulasikan sungai dalam bentuk satu dimensi dengan aliran berupa *non-uniform* dan stabil pada skala waktu serta mampu mensimulasikan beban masuk dan keluar dari sumber pencemar (Pelletier dalam Irsanda, 2014).

Model QUAL2Kw merupakan pengembangan dari model QUAL2E dengan menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic for Application* (VBA) yang dapat dijalankan dengan program *Microsoft Excel* (Pelletier dan Chapra, 2006). Model ini mampu mensimulasi beberapa parameter antara lain temperatur, pH, *Sediment Oxygen Demand* (SOD), *Carbonaceous Biochemical Demand* (CBOD), *Dissolved Oxygen* (DO), nitrogen organik, ammonia ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), fosfor organik, fosfor anorganik, fitoplankton, total nitrogen dan total fosfor (Camargo et al., 2010). Berdasarkan PERMEN LH Nomor 01 Tahun 2010, model QUAL2Kw menggunakan teknik simulasi. Simulasi digunakan untuk menghitung daya tampung beban pencemaran dan memprediksi kualitas air Sungai Kalimas. Dari perhitungan tersebut, maka dapat diketahui kemampuan Sungai Kalimas dalam menampung beban pencemaran yang masuk.

## 1.2 Rumusan Masalah

Sungai Kalimas Surabaya dalam kondisi saat ini memenuhi baku mutu air kelas III. Kualitas Sungai Kalimas harus memenuhi baku mutu air kelas II, hal itu dikarenakan Pemerintah Kota Surabaya melalui PERDA menjelaskan bahwa Sungai Kalimas akan digunakan sebagai tempat wisata sungai dan pusat pelayanan angkutan sungai. Pada saat ini belum ada kajian mengenai penentuan daya tampung beban pencemaran Sungai Kalimas menggunakan pemodelan QUAL2Kw khususnya pada



segmen (Taman Prestasi-Jembatan Petekan), sehingga penelitian mengenai hal tersebut sangat diperlukan untuk memenuhi baku mutu sesuai dengan pemanfaatan Sungai Kalimas di masa yang akan datang.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari studi atau penelitian ini adalah memodelkan daya tampung beban pencemaran Sungai Kalimas Surabaya dengan berbagai simulasi pembebanan pencemar

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari studi atau penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi acuan untuk pengelolaan kualitas air pada Sungai Kalimas Surabaya
2. Memberikan masukan bagi pemerintah Kota Surabaya maupun instansi terkait dalam memperbaiki kebijakan tentang pencemaran air sungai
3. Memberikan rekomendasi mengenai metode perhitungan daya tampung beban pencemaran

### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup dari studi atau penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Wilayah studi meliputi Sungai Kalimas Surabaya dari segmen Taman prestasi (hulu) sampai Jembatan petekan (hilir)
2. Sumber pencemar meliputi *point sources* (saluran drainase dan aliran yang keluar dari Sungai Kalimas berupa anak sungai) dan non *point sources* (kawasan permukiman penduduk dan hotel)
3. Simulasi yang digunakan sebanyak 5 simulasi
4. Pengambilan sampel pada setiap segmen mulai dari Taman prestasi sampai Jembatan petekan yang terbagi dalam 5 segmen
5. Waktu pengambilan sampel dilakukan pada musim penghujan (pengambilan sampel dilakukan pada saat tidak hujan)

6. Waktu pengambilan sampel dilakukan dari pukul 10.00 BBWI yang dilakukan selama 2 hari berturut-turut
7. Titik pengambilan sampel berjumlah 6 titik yaitu titik A di hulu (Taman Prestasi), titik 1 di jembatan Jalan Genteng Kali, titik 2 di jembatan Peneleh (Jalan Achmad Jaiz), titik 3 di jembatan Jalan Kebon Rojo, titik 4 di jembatan Merah (Jalan Kembang Jepun), dan titik B di hilir (jembatan Petekan)
8. Parameter kualitas air yang dianalisis meliputi: pH, temperatur, DO, BOD, COD, TSS,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , dan  $\text{PO}_4^{3-}$
9. Pemodelan kualitas air Sungai Kalimas Surabaya menggunakan metode QUAL2Kw untuk perhitungan daya tampung beban pencemaran Sungai Kalimas Surabaya

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1      Gambaran Umum**

##### **2.1.1    Gambaran Umum Kota Surabaya**

Kota Surabaya merupakan ibukota Propinsi Jawa Timur dengan luas ± 32,637.06 ha, yang mempunyai kedudukan geografis pada 07<sup>o</sup>12'- 07<sup>o</sup>21' Lintang Selatan dan 112<sup>o</sup>36'- 11<sup>o</sup>54' Bujur Timur. Batas-batas wilayah Kota Surabaya adalah sebagai berikut:

- Batas Utara       : selat Madura
- Batas Selatan   : Kabupaten Sidoarjo
- Batas Timur     : selat Madura
- Batas Barat     : Kabupaten Gresik

Secara administrasi pemerintahan Kota Surabaya dikepalai oleh Walikota yang juga membawahi koordinasi atas wilayah administrasi Kecamatan yang dikepalai oleh Camat. Jumlah Kecamatan yang ada di Kota Surabaya sebanyak 31 Kecamatan dan jumlah Kelurahan sebanyak 163 Kelurahan dan terbagi lagi menjadi 1.363 RW dan 8.909 RT. Populasi penduduk Kota Surabaya pada tahun 2007 mencapai 2.829.486 jiwa dengan tingkat kepadatan 86,7 jiwa/ha.

Kota Surabaya memiliki 2 musim yang berbeda yaitu musim hujan dan kemarau. Temperatur Kota Surabaya cukup panas, yaitu rata-rata berkisar 27°C - 30°C dengan tekanan udara rata-rata antara 1005,2-1013,9 milibar dan kelembaban antara 42%-97%. Kecepatan angin rata-rata per jam mencapai 12-23 km, curah hujan rata-rata antara 120-190 mm/tahun.

Secara topografi, sebagian besar (25.919,04 ha) merupakan dataran rendah dengan ketinggian 3-6 meter di atas permukaan laut pada kemiringan kurang dari 3%, sebagian lagi pada sebelah barat (12,77%) dan sebelah selatan (6,52%) merupakan daerah perbukitan landai dengan ketinggian 25-50 meter di atas permukaan laut dan pada kemiringan 5-15%.

Secara geografis, Kota Surabaya terletak di hilir sebuah Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas yang bermuara di selat Madura. Beberapa sungai besar yang berfungsi membawa dan menyalurkan banjir yang berasal dari hulu mengalir melintasi

Kota Surabaya, antara lain Kali Surabaya dengan  $Q$  rata-rata= $26,70 \text{ m}^3/\text{detik}$ , Kalimas dengan  $Q$  rata-rata= $6,26 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan Kali Jagir dengan  $Q$  rata-rata= $7,06 \text{ m}^3/\text{detik}$  (RPJMD Kota Surabaya, 2010).

Pada Tabel 2.1 sampai dengan Tabel 2.3 merupakan data klimatologi Kota Surabaya tahun 2015. Data ini diperlukan untuk data pendukung dalam program *Qual2Kw*. Pada Tabel 2.1, BMKG Juanda Surabaya mengukur kecepatan angin dengan satuan knot. Satuan tersebut dapat dikonversi yaitu  $1 \text{ knot} = 1,8 \text{ km/jam}$ . Data kecepatan angin yang diinput dalam *Qual2Kw* menggunakan satuan  $\text{m/s}$ , sehingga perlu dikonversi yaitu  $1 \text{ knot} = 0,5 \text{ m/s}$  dan dapat dilihat bahwa arah rata-rata angin berhembus ke arah timur dan ke arah barat, sedangkan penjelasan mengenai arah delapan mata angin pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Data Arah dan Kecepatan Angin (Knot) Kota Surabaya Tahun 2015

Tahun	Uraian	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
2015	Kecepatan rata-rata	8,3	7	7	6,6	6,8	6,7	8	8,2	8,3	9	7	7,5
	Arah terbanyak	W	W	W	W	E	E	E	E	E	E	E	W
	Kecepatan maksimum	22	20	17	20	15	16	20	17	17	20	16	20
	Arah	200	300	290	202	90	100	110	90/110	110	80/90	60	80

Sumber: BMKG Juanda Surabaya (2016)

Tabel 2.2 Arah Angin yang Dinyatakan dalam Delapan Mata Angin

CALM				
NE : Timur Laut	25°-69°	W : Barat	250°-294°	
E : Timur	70°-114°	NW : Barat Laut	295°-339°	
SE : Tenggara	115°-159°	N : Utara	340°-024°	
S : Selatan	160°-204°	VRB	Berubah-ubah arah	
SW : Barat Daya	205°-249°			

Keterangan: 1 Knot = 1,8 km/jam

Sumber: BMKG Juanda Surabaya (2016)

Tabel 2.3 Data Temperatur Udara (°C) Kota Surabaya Tahun 2015

Tahun	Uraian	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Oktober	Nop	Des
2015	Rata-rata	27,5	27,3	27,8	27,9	28,2	27,7	26,9	26,9	26,6	28,7	30,5	28,9

Sumber: BMKG Juanda Surabaya (2016)

### **2.1.2 Gambaran Umum Sungai Kalimas Surabaya**

Sungai utama yang berada di Kota Surabaya berasal dari Kali Brantas yang mengalir melalui Kota Mojokerto. Di Kota ini Kali Brantas terbagi menjadi dua yakni Kali Porong dan Kali Surabaya yang dimensinya lebih kecil. Di Wonokromo Kali Surabaya terpecah menjadi dua anak sungai yaitu Kalimas dan Kali Wonokromo. Kalimas mengalir ke arah pantai utara melewati tengah kota, sedangkan Kali Wonokromo ke arah pantai timur dan bermuara di selat Madura. Secara administratif, terdapat 8 Kecamatan yang dilalui oleh Kalimas, yang meliputi Kecamatan Wonokromo, Kecamatan Tegalsari, Kecamatan Gubeng, Kecamatan Genteng, Kecamatan Bubutan, Kecamatan Pabean Cantikan, Kecamatan Krembangan, dan Kecamatan Semampir. Wilayah Kelurahan yang dilalui oleh Kalimas sebanyak 15 Kelurahan, yang meliputi Kelurahan Ngagel, Kelurahan Darmo, Kelurahan Keputran, Kelurahan Gubeng, Kelurahan Pacarkeling, Kelurahan Genteng, Kelurahan Embong Kaliasin, Kelurahan Ketabang, Kelurahan Alon-alon Contong, Kelurahan Bongkaran, Kelurahan Krembangan Utara, Kelurahan Nyamplungan, Kelurahan Perak Utara, Kelurahan Krembangan Selatan, dan Kelurahan Ujung.

Kalimas mengalir ke arah utara Kota Surabaya dari pintu air Ngagel sampai kawasan Tanjung Perak memiliki bentuk sungai yang meliuk dan sebagian lurus, khususnya di bagian utara. Lebar penampang permukaan sungai bervariasi antara 20m-35m. Bagian terlebar terdapat di Kelurahan Ngagel dengan lebar sungai sekitar 35 meter yaitu didekat pintu air. Di daerah ini kondisi air termasuk paling bersih sehingga disini air sungai banyak dimanfaatkan oleh warga sekitar sungai untuk mandi dan cuci (aktivitas MCK). Lebar sungai tersempit terdapat di Kelurahan Bongkaran yaitu didekat Jalan Karet dan Jalan Coklat dengan lebar sekitar 20 meter. Kedalaman Sungai Kalimas menurut data di Perum Jasa Tirta adalah antara 1 sampai 3 meter. Kedalaman sungai yang paling dalam berada pada kawasan Monkasel sampai kawasan Genteng (BLH Kota Surabaya, 2007).

## **2.2 Daerah Aliran Sungai**

Menurut undang-undang Nomor 7 Tahun 2004 (Pasal 1): Daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

## **2.3 Pencemaran Air**

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010, Pasal 1: pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu air limbah yang telah ditetapkan. Dengan adanya pencemaran air maka diperlukan kegiatan pengendalian. Pengendalian pencemaran air adalah upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air. Kegiatan pengendalian dilakukan melalui inventarisasi sumber pencemar air. Klasifikasi sumber pencemar air dibedakan menjadi 2 sumber, yaitu:

### **1. Sumber Tertentu (*Point Sources*)**

Sumber-sumber pencemar air secara geografis dapat ditentukan lokasinya dengan tepat. Jumlah limbah yang dibuang dapat ditentukan dengan berbagai cara, antara lain dengan pengukuran langsung, perhitungan neraca massa, dan estimasi lainnya. Sumber pencemar air yang berasal dari sumber tertentu antara lain seperti kegiatan industri dan pembuangan limbah domestik terpadu. Data pencemaran air dari sumber tertentu biasanya diperoleh dari informasi yang dikumpulkan dan dihasilkan pada tingkat kegiatan melalui pengukuran langsung dari efluen dan perpindahannya atau melalui penggunaan metoda untuk memperkirakan atau menghitung besar pencemaran air. Data yang dibutuhkan untuk inventarisasi sumber tertentu antara lain:



- a) Klasifikasi jenis penghasil limbah, seperti kategori jenis usaha atau kegiatan
- b) Data pencemar spesifik yang dibuang, misalnya jumlah beban pencemar yang terukur atau perkiraan yang dibuang ke air dalam satuan massa per unit waktu
- c) Informasi lokasi dan jenis pencemar khusus yang dibuang, misalnya jenis industri tertentu di suatu daerah menghasilkan beberapa jenis pencemar spesifik

## **2. Sumber Tak Tentu (*Area/ Diffuse Sources*)**

Sumber-sumber pencemar air yang tidak dapat ditentukan lokasinya secara tepat, umumnya terdiri dari sejumlah besar sumber-sumber individu yang relatif kecil. Limbah yang dihasilkan antara lain berasal dari kegiatan pertanian, permukiman, dan transportasi. Penentuan jumlah limbah yang dibuang tidak dapat ditentukan secara langsung, melainkan dengan menggunakan data statistik kegiatan yang menggambarkan aktivitas penghasil limbah. Sumber pencemar air tak tentu atau *diffuse sources* biasanya berasal dari kegiatan pertanian, peternakan, kegiatan industri kecil–menengah, dan kegiatan domestik atau penggunaan barang-barang konsumsi. Sumber-sumber pencemar air ini umumnya terdiri dari gabungan beberapa kegiatan kecil atau individual yang berpotensi menghasilkan air limbah yang dalam kegiatan inventarisasi sumber pencemar air tidak dapat dikelompokkan sebagai sumber tertentu.

### **2.4 Kualitas Air Sungai**

Dalam upaya pengendalian pencemaran lingkungan khususnya pencemaran terhadap air sungai sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air pada bagian ketiga (klasifikasi dan kriteria mutu air), Pasal 8 disebutkan bahwa klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas.

1. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Menurut data Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya data kualitas air pada Sungai Kalimas Surabaya pada bulan Februari, Juni, dan September 2015, yaitu sebagai berikut.

Tabel 2.4 Data I Kualitas Air Sungai Kalimas Surabaya Tahun 2015 (Titik Pemantauan Pada Jembatan Kebon Rojo)

Bulan	Temperatur (°C)	pH	TSS (mg/l)	BOD (mg/l)
Februari	32,9	7,28	268	8,86
Juni	29,4	7,46	50	6,29
September	27,9	7,30	61	3,66

Sumber: Penelitian BLH Kota Surabaya (2015)

Tabel 2.5 Data II Kualitas Air Sungai Kalimas Surabaya Tahun 2015 (Titik Pemantauan Pada Jembatan Kebon Rojo)

Bulan	COD (mg/l)	DO (mg/l)	Deterjen (µg/l)	Fecal Coliform (Jml/100)
Februari	20,6	2,7	33,7	21000
Juni	16,3	2,6	13,7	5200
September	9,63	1,3	51,8	8500

Sumber: Penelitian BLH Kota Surabaya (2015)

## 2.5 Parameter Kualitas Air

Dalam mengidentifikasi kualitas air sungai, parameter fisik dan kimia sangat penting untuk diketahui. Parameter fisik yaitu Temperatur dan TSS sedangkan parameter kimia yaitu pH, Nitrogen(N), Fosfat(P), BOD, COD dan DO. Parameter kualitas air tersebut akan dianalisis menggunakan alat yang sesuai dengan pengujian pada masing-masing parameter.

### a. **COD (*Chemical Oxygen Demand*)**

Menurut Agustira (2013) COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air, hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat sehingga segala macam bahan organik baik yang mudah diurai maupun yang kompleks dan sulit diurai akan teroksidasi. Nilai COD selalu lebih besar dari BOD, COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada.

### b. **BOD (*Biological Oxygen Demand*)**

*Biological Oxygen Demand* (BOD) atau Kebutuhan Oksigen Biologis (KOB) adalah suatu analisis empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagai zat-zat organik yang tersuspensi dalam air.

Kandungan BOD dalam air ditentukan berdasarkan selisih oksigen terlarut sebelum dan sesudah pengeraman selama 5x24 jam pada Temperatur 20°C. BOD digunakan sebagai indikator terjadinya pencemaran dalam suatu perairan. Nilai BOD suatu perairan tinggi menunjukkan bahwa perairan tersebut sudah tercemar. (Agustira, 2013).

**c. TSS (*Total Suspended Solids*)**

TSS (*Total Suspended Solids*) adalah zat padat yang dapat menimbulkan berkurangnya oksigen dalam air. Analisis zat padat dalam air sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air. Kandungan TSS memiliki hubungan yang erat dengan kecerahan perairan. Keberadaan padatan tersuspensi dapat menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke perairan sehingga hubungan antara TSS dan kecerahan perairan berbanding terbalik (Gazali dkk., 2013).

**d. DO (Oksigen Terlarut)**

Oksigen terlarut dalam air berasal dari proses fotosintesa, difusi udara dan turbulensi. Oksigen yang terlarut dalam air diperlukan organisme perairan untuk respirasi dan metabolisme sehingga oksigen terlarut menjadi sangat penting bagi kelangsungan hidup organisme perairan. Oksigen terlarut juga dibutuhkan oleh bakteri dalam proses penguraian untuk mendegradasi beban masukan yang berupa bahan organik. Dimana semakin tinggi kandungan bahan organik dalam perairan maka kebutuhan oksigen terlarut dalam proses dekomposisi oleh bakteri juga semakin meningkat sehingga akan menurunkan kandungan oksigen terlarut dalam perairan (Gazali dkk., 2013).

**e. Derajat Keasaman**

Derajat keasaman (pH) adalah ukuran dari konsentrasi ion hidrogen untuk menentukan sifat asam dan basa. Konsentrasi ion hidrogen merupakan ukuran kualitas air dengan kadar yang baik adalah kadar dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik.

Perubahan pH pada air sangat berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, maupun biologi dari organisme yang hidup di dalamnya. Derajat keasaman sangat berpengaruh terhadap daya racun bahan pencemaran dan kelarutan beberapa gas, serta menentukan bentuk zat didalam air (Gazali dkk., 2013).

**f. Temperatur**

Temperatur memegang peranan penting dalam siklus materi yang akan mempengaruhi sifat fisik kimia dan biologi perairan. Temperatur berpengaruh terhadap kelarutan oksigen dalam air, proses metabolisme dan reaksi-reaksi kimia dalam perairan. Kenaikan Temperatur dalam perairan dapat meningkatkan metabolisme tubuh organisme termasuk bakteri pengurai, sehingga proses dekomposisi bahan organik juga meningkat. Proses ini menyebabkan kebutuhan akan oksigen terlarut menjadi tinggi yang selanjutnya kandungan oksigen terlarut di dalam air menjadi menurun (Gazali dkk., 2013).

**g. Nitrogen**

Sebagian besar nitrogen yang ditemukan dalam air permukaan adalah hasil dari drainase tanah dan air limbah domestik. Air limbah domestik yang merupakan sumber utama nitrogen berasal dari air limbah feces, urin dan sisa makanan. Besarnya kontribusi per kapita berkisar antara 8–12 lb nitrogen/tahun. Nitrogen ini ditemukan dalam bentuk organik (40%) dan amonia ( $\text{NH}_4^+$ ) sebesar 60% (Hammer dan Viesman, 1977). Nitrat adalah bentuk senyawa yang stabil dan keberadaannya berasal dari buangan pertanian, pupuk, kotoran hewan, manusia, dan sebagainya Nitrat pada konsentrasi tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang yang tidak terbatas, sehingga air kekurangan oksigen terlarut yang bisa menyebabkan kematian ikan.

Amoniak merupakan senyawa nitrogen yang berubah menjadi ion  $\text{NH}_4$  pada pH rendah. Amoniak berasal dari limbah domestik dan limbah pakan ikan. Ammonia di perairan waduk dapat berasal dari nitrogen organik dan nitrogen anorganik yang terdapat dalam tanah dan air berasal dari dekomposisi bahan organik oleh mikroba dan jamur. Selain itu, amoniak juga berasal dari denitrifikasi pada dekomposisi limbah oleh mikroba pada kondisi anaerob (Sastrawijaya, 2000).

#### **h. Fosfat**

Di perairan, fosfat tidak ditemukan dalam keadaan bebas melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut (ortofosfat dan polifosfat) dan senyawa organik berupa partikulat. Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan dan merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan, sehingga menjadi faktor pembatas yang mempengaruhi produktivitas perairan. Fosfat yang terdapat di perairan bersumber dari air buangan penduduk (limbah rumah tangga) berupa deterjen, residu hasil pertanian (pupuk), limbah industri, hancuran bahan organik dan mineral fosfat. Umumnya kandungan fosfat dalam perairan alami sangat kecil dan tidak pernah melampaui 0,1 mg/l kecuali apabila ada penambahan dari luar oleh faktor antropogenik seperti dari sisa pakan ikan dan limbah pertanian (Marganof, 2007).

#### **2.6 Self Purification**

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

Menurut Hendrasarie dan Cahyarani (2010) pengembangan pemurnian alami atau *self purification* terdiri dari beberapa zona, yaitu:

1. Zona air bersih, zona ini terdapat jauh di hulu sungai, jauh dari sumber pencemaran. Indikatornya adalah masih dapat dimanfaatkannya air sebagai bahan air minum
2. Zona dekomposisi, zona ini terdapat pada daerah sumber pencemaran, limbah yang mengalir akan didekomposisi/dioksidasi proses pembongkaran bahan organik oleh bakteri dan mikroorganisme. Indikator daerah ini kaya akan bakteri dan mikroorganisme

3. Zona biodegradasi, pada daerah ini terjadi penurunan oksigen terlarut (*dissolved oxygen*), sehingga nilai COD di perairan sangat tinggi
4. Zona pemulihan, pada zona ini kualitas air kembali bersih, nilai oksigen terlarut kembali normal

## **2.7 Daya Tampung Beban Pencemaran**

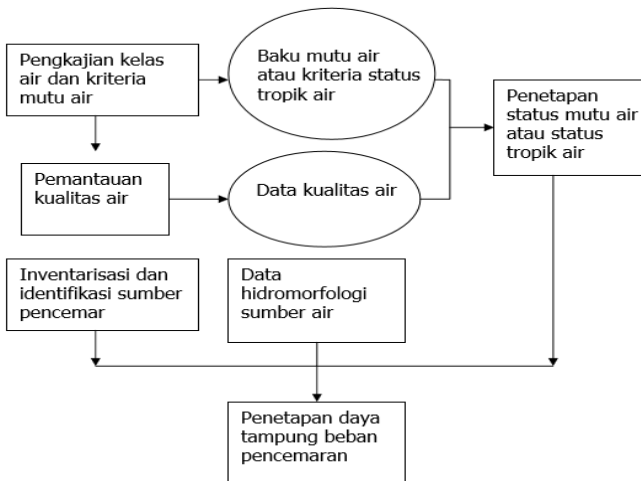
Dalam PP RI Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, Daya tampung beban pencemaran air adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar. Definisi lain dari daya tampung beban pencemaran adalah sebagai berikut.

1. Menurut KEPMEN LH No 110 Tahun 2003  
Daya tampung beban pencemaran air adalah kemampuan air pada suatu sumber air, untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar;
2. Menurut PERMEN LH Nomor 1 Tahun 2010  
Daya tampung beban pencemaran air adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar
3. Menurut UU No 32 Tahun 2009  
Daya tampung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi, dan/atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya
4. Menurut Machbub (2010)  
Daya tampung beban pencemaran air adalah batas kemampuan sumber daya air untuk menerima masukan beban pencemaran yang tidak melebihi batas syarat kualitas air untuk berbagai pemanfaatannya dan memenuhi baku mutu airnya
5. Menurut Code Of Federal Regulation 40:130.2  
Daya tampung beban pencemaran adalah jumlah beban terbesar yang dapat diterima sungai tanpa melebihi baku mutu standar air yang sudah ditetapkan

6. Menurut Zhang et al (2012)

Daya tampung beban pencemaran adalah kapasitas lingkungan air untuk menerima masukan beban pencemaran, apabila jumlah pencemar melebihi kapasitas maka dilakukan pengurangan beban pencemaran untuk memenuhi sasaran mutu air.

Perhitungan daya tampung beban pencemaran sumber air dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya menggunakan pemodelan numerik terkomputerisasi (*computerized numerical modeling*). Metode komputasi merupakan metode simulasi dengan bantuan program komputer. Metode ini lebih komprehensif dalam pemodelan kualitas air sungai. Pada dasarnya model ini menerapkan teori *streeter-phelps* dengan mengakomodasi banyaknya sumber pencemar yang masuk ke dalam sistem sungai, karakteristik hidrolis sungai, dan kondisi klimatologi. Metode simulasi yang dapat digunakan yaitu model QUAL2E dan model QUAL2Kw (Fatmawati dkk., 2012)



Gambar 2.1 Tahapan Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air

Sumber: PERMEN LH Nomor 01 Tahun 2010



## 2.8 Hubungan Daya Dukung dengan Daya Tampung

Dalam kesetimbangan lingkungan daya tampung dan daya dukung memiliki keterkaitan, tetapi sebenarnya berbeda. Menurut UU Nomor 32 Tahun 2009 daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung peri kehidupan manusia, makhluk hidup lain, dan keseimbangan antar keduanya. Sedangkan menurut PP RI Nomor 82 Tahun 2001 daya tampung beban pencemaran sungai adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar.

Dalam penentuan daya dukung dapat diperoleh melalui selisih antara daya tampung beban pencemaran dengan beban pencemaran itu sendiri (Irsanda, 2014). Daya dukung dapat bernilai nol atau negatif, sedangkan daya tampung selalu bernilai positif. Hubungan matematis antara daya dukung dengan daya tampung adalah sebagai berikut:

$$\text{Daya dukung} = \text{daya tampung} - \text{beban pencemaran}$$

Menurut Maulidya (2009) untuk memperoleh besar dari daya dukung didapatkan dengan mengalikan besar konsentrasi BOD yang tidak mencemari sesuai baku mutu sungai (dalam mg/l) dengan debit aliran sungai (dalam m<sup>3</sup>/detik).

$$\text{Daya dukung} = \text{konsentrasi BOD (sesuai baku mutu)} \times \text{debit sungai}$$

Sedangkan beban pencemaran dihitung dengan mengalikan besar konsentrasi BOD yang masuk ke sungai dengan besarnya debit aliran sungai (dalam m<sup>3</sup>/detik).

$$\text{Beban pencemaran} = \text{konsentrasi BOD (masuk sungai)} \times \text{debit sungai}$$

## 2.9 Model QUAL2Kw

Model QUAL2Kw merupakan pengembangan dari model QUAL2E dengan menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic for Application* (VBA) yang dapat dijalankan dengan program *Microsoft Excel* (Pelletier dan Chapra, 2006). Dalam melakukan pemodelan biasanya digunakan model QUAL2Kw versi 5.1. Model ini mampu mensimulasi parameter kualitas air antara lain temperatur, *conductivity*, *inorganic solids*, *dissolved oxygen*, *CBODslow*, *CBODfast*, nitrogen organik, ammonia, nitrit, nitrat, *organic phosphorus*, *inorganic phosphorus*, *phytoplankton*, patogen, alkalinitas, pH (Kannel et al., 2007)

Penggunaan program QUAL2Kw dapat mengestimasi nilai beban pencemaran pada tiap ruas sungai. Pemodelan dengan menggunakan *software* QUAL2Kw terlebih dahulu dilakukan pembagian ruas (*reach*), jarak dan batas sungai. Program QUAL2Kw ini juga mempresentasikan sebuah sungai berdasarkan dampak dari dua sumber yaitu yang berasal dari *point sources* dan *non point sources* (Irsanda, 2014).

Menurut Hendrianti (2015) QUAL2Kw berhubungan dengan model QUAL2K yang dikembangkan oleh Dr. Steven Chapra. QUAL2Kw terdiri dari beberapa proses dan pilihan yang tidak ada di QUAL2K. QUAL2Kw memiliki pembaruan dibawah ini:

1. *Sediment heat flux*  
Aliran panas pada sedimen-air disimulasikan menggunakan formulasi hukum Fick menjadi perhitungan untuk konduksi antara air dan sedimen dan aliran *hyporheic* dan pertukaran panas
2. *Hyporheic respiration*  
Pertukaran air antara kolom air permukaan dan zona *hyporheic* dan simulasi kualitas air pada pori-pori sedimen termasuk pilihan simulasi pertumbuhan dan respirasi biofilm bakteri heterotropik pada zona *hyporheic*
3. *Automatic calibration*  
Suatu algoritma umum termasuk juga untuk menentukan nilai optimum untuk *rate* kinetika parameter untuk mengoptimalkan kesesuaian observasi

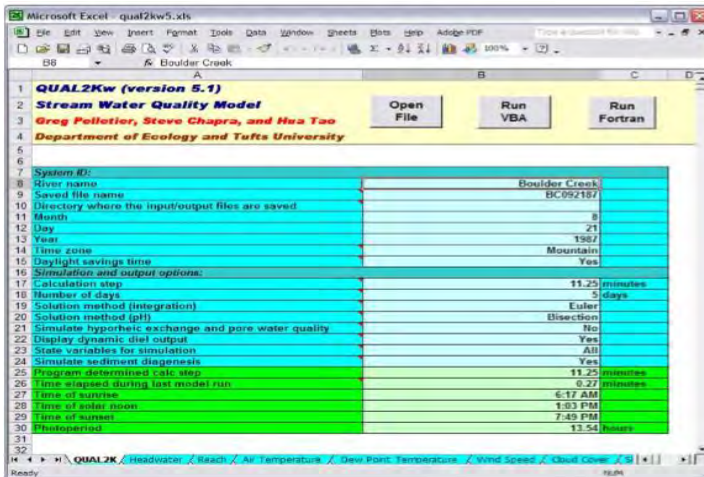
#### 4. *Monte Carlo simulation*

Siap untuk menjalankan simulasi *Monte Carlo* dengan YASAIw add-in, juga tersedia dari Departemen Ekologi atau Crystall Ball termasuk juga contoh menggunakan YASAIw

### 2.9.1 **Bagian - bagian QUAL2Kw**

Menurut Hendriarianti (2015) bagian-bagian QUAL2Kw terdiri dari: tombol pada QUAL2Kw, *worksheet* QUAL2Kw, dan grafik QUAL2Kw. Untuk penjelasan mengenai tiap bagian ada pada pembahasan dibawah ini:

1. Tombol pada *worksheet*  
Tombol pada *worksheet* QUAL2Kw ada 3 tombol, antara lain:
  - a. **Open File.** Saat diklik, file browser secara otomatis terbuka untuk mengakses file data QUAL2KW
  - b. **Run VBA.** Untuk model versi VBA dan membuat file data yang mempunyai nilai input. File data data diakses kemudian menggunakan tombol Open File
  - c. **Run Fortran.** Untuk model versi Fortran dan membuat file data yang mempunyai nilai input. File data data diakses kemudian menggunakan tombol Open File. Versi Fortran and VBA memberikan hasil yang sama tetapi *running* Fortran lebih cepat karena merupakan program terkompilasi
2. *Worksheet* pada QUAL2Kw  
*Worksheet* pada QUAL2Kw terdiri dari beberapa *worksheet*, antara lain sebagai berikut:
  - a. ***Worksheet* QUAL2K**  
*Worksheet* QUAL2KW digunakan untuk memasukkan informasi umum tentang aplikasi model yang terdiri dari: nama sungai, tanggal simulasi, nama file, waktu matahari terbit, waktu matahari terbenam (Gambar 2.2)



Gambar 2.2 Worksheet QUAL2K  
Sumber: Hendriaranti (2015)

### b. Worksheet Headwater

Untuk memasukkan aliran dan konsentrasi sistem. Data yang harus diinput dalam *worksheet* ini meliputi: data aliran *headwater* dimasukkan pada kolom **Flow**, data temperatur dan kualitas air di hilir (jika ada) serta data temperatur dan kualitas air *headwater*.

### c. Worksheet Reach

Untuk memasukkan informasi yang berhubungan dengan headwater dan kondisi pada tiap *reach* (*reach length*, *downstream latitude dan longitude*, *elevation*, *weir*, *velocity*, *depth*, *manning formula*, *sediment thermal conductivity*, *sediment thickness*, etc).

### d. Worksheet Reach Rates

*Worksheet* pilihan untuk memasukkan informasi terkait konstanta dan parameter *rate* tertentu pada *reach*. Parameter *rate* pada *sheet* ini merupakan

pilihan apabila nilainya spesifik diluar nilai global parameter *rate* yang ditentukan pada "*Rates*" *sheet*. Parameter "*Rates*" tergantung pada temperatur yang diinputkan misal sebesar 20°C pada "*Reach Rates*" *sheet* dan disesuaikan untuk temperatur di lapangan oleh QUAL2Kw. Apabila *reach-specific rates* tidak ditentukan, maka *global rate parameters* pada "*Rates*" *sheet* akan diaplikasikan. Pengguna sebaiknya mengkosongkan sel pada "*Reach Rates*" *sheet* untuk menggunakan nilai global dari "*Rates*" *sheet* di luar nilai yang ditentukan pada *reach-specific values*.

**e. *Worksheet Initial Conditions***

Penentuan kondisi awal pada *sheet* ini merupakan pilihan. Apabila tidak ditentukan, maka kondisi awal pada kolom air untuk setiap *reach* diasumsikan sama dengan *headwater*.

**f. *Worksheet Meteorologi dan Shading***

*Worksheet* yang digunakan untuk memasukkan data meteorologi dan *shading*. Semua mempunyai ciri yang sama seperti dibawah ini :

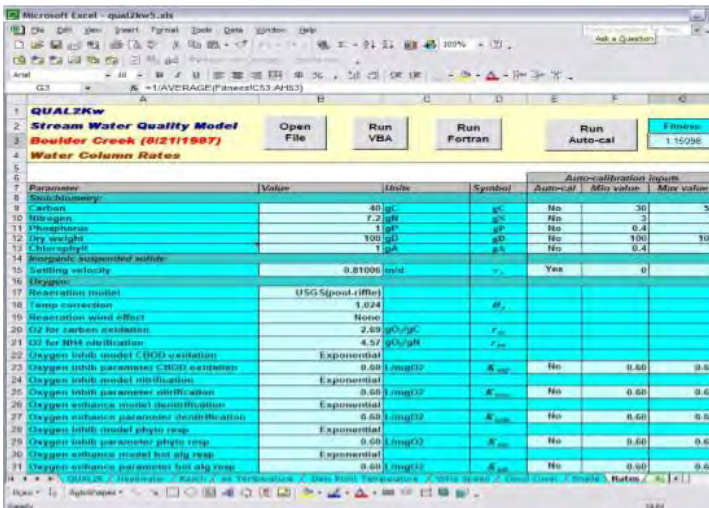
- *Worksheet Air Temperatur*. *Worksheet* ini digunakan untuk memasukkan data temperatur udara setiap jam dalam derajat Celcius untuk setiap *reach*.
- *Worksheet Dew-Point Temperature*. *Worksheet* ini digunakan untuk memasukkan data temperatur titik embun (derajat Celcius) untuk setiap *reach*.
- *Worksheet Wind speed*. *Worksheet* ini digunakan untuk memasukkan data kecepatan angin (m/detik) untuk setiap *reach*.
- *Worksheet Cloud cover*. *Worksheet* ini digunakan untuk memasukkan data tutupan awan (% *sky covered*) untuk setiap *reach*.
- *Worksheet Shade*. *Worksheet* ini digunakan untuk memasukkan data *shading* setiap jam untuk setiap *reach*. *Shading* didefinisikan sebagai fraksi radiasi

solar yang tertutup karena terhalang topografi dan vegetasi.

- *Worksheet Solar radiation.* *Worksheet* ini untuk memasukkan radiasi solar setiap jam untuk tiap *reach*.

**g. Worksheet Rates**

*Worksheet* ini digunakan untuk memasukkan parameter *rates* model dan pilihan kalibrasi otomatis (Gambar 2.3)



Gambar 2.3 *Worksheet Rates*  
 Sumber: Hendriarianti (2015)

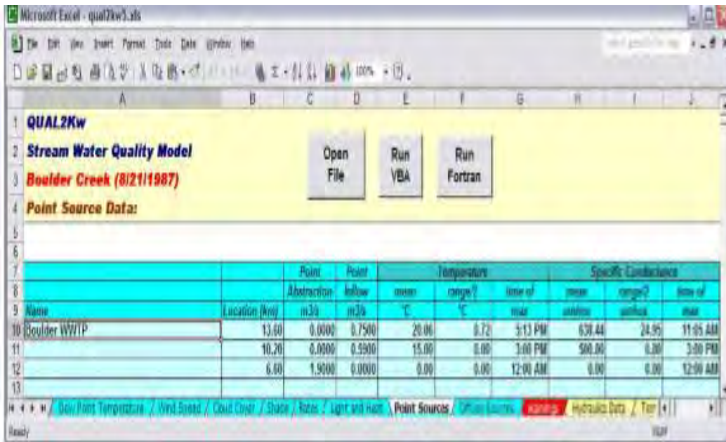
**h. Worksheet Light dan Heat**

*Worksheet* ini digunakan untuk memasukkan informasi yang terkait dengan pencahayaan dan parameter panas sistem.

**i. Worksheet Point Sources**

*Worksheet* ini digunakan untuk memasukkan informasi yang terkait dengan *point sources* sistem.

*Worksheet point sources* terdiri dari data temperature, data konsentrasi BOD, COD, TSS maupun parameter lain hasil pengukuran pada sampel *point sources* (Gambar 2.4).



Gambar 2. 4 *Worksheet Point Sources*  
 Sumber: Hendriarianti (2015)

- j. *Worksheet Data Temperatur***  
*Worksheet* untuk memasukkan data temperatur.
- k. *Worksheet Diffuses Sources***  
*Worksheet* ini digunakan untuk memasukkan informasi yang terkait dengan *diffuses(non-point) sources* sistem, yang terdiri dari: *temperature, diffuse inflow, diffuse abstraction, etc*
- l. *Worksheet Data Hidrolik***  
*Worksheet* ini digunakan untuk memasukkan data yang terkait dengan dengan hidrolika sistem.
- m. *Worksheet Data WQ***  
*Worksheet* untuk memasukkan data rata-rata harian kualitas air. ***Worksheet Data WQ min*** merupakan

*worksheet* untuk memasukkan data minimum harian kualitas air sedangkan **Worksheet Data WQ max** merupakan *worksheet* untuk memasukkan data maksimum harian kualitas air.

**n. Worksheet Data Diel**

*Worksheet* untuk memasukkan data diel dari *reach* terpilih. Data ini selanjutnya diplot berupa titik pada grafik dari output model diel.

**o. Worksheet Summary**

Merupakan serangkaian *worksheet* yang menampilkan tabel numerik output yang dibuat oleh QUAL2KW, yang terdiri dari: *source summary, hydraulics summary, temperature output, etc.*

**3. Grafik pada QUAL2Kw**

Grafik pada QUAL2Kw terdiri dari 2 jenis, yaitu:

**a. Spatial Chart**

Bentuk grafik QUAL2KW yang menampilkan serangkaian grafik *plotting output* dan data model dengan jarak (km) sungai

**b. Diel Chart**

Bentuk grafik QUAL2KW yang menampilkan serangkaian grafik *plotting output* dan data model dengan waktu (jam) untuk temperatur dan *state variables* model

**2.10 Kajian Terdahulu**

**2.10.1 Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Buduran Kabupaten Sidoarjo dengan Metode QUAL2Kw**

Kajian penelitian ini dilakukan oleh Desy Aviliani Wulandari mahasisiwi Teknik Lingkungan FTSP ITS tahun 2013 dengan objek penelitian adalah Kali Buduran Kabupaten Sidoarjo. Tujuan penelitian adalah mengaplikasikan model QUAL2Kw dengan simulasi 4 skenario untuk menghitung besar daya tampung beban pencemaran yang dapat ditampung Kali



Buduran. Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengumpulkan data primer berupa debit sungai, kedalaman sungai, dan kecepatan aliran air dan data sekunder berupa parameter uji kualitas air, debit sungai, dan data klimatologi. Selanjutnya data-data tersebut diinput ke dalam program QUAL2Kw setelah itu menghitung daya tampung beban pencemaran dengan menggunakan 4 simulasi skenario. Perhitungan daya tampung beban pencemaran merupakan hasil selisih antara beban pencemar penuh dikurangi beban kondisi awal.

Dari hasil kajian didapatkan, simulasi skenario 1 (parameter BOD, COD, TSS dan Amonium telah melebihi baku mutu kelas satu), simulasi skenario 2 (parameter BOD, COD, TSS dan Amonium telah melebihi baku mutu sungai kelas satu sama dengan simulasi skenario 1), simulasi skenario 3 (kondisi kualitas air pada simulasi skenario lebih baik daripada skenario 1 dan 2), dan simulasi skenario 4 (kondisi kualitas air sesuai dengan baku mutu sungai kelas satu) serta daya tampung beban pencemaran terbesar untuk parameter TSS pada segmen (1) sebesar 1108,79 kg/hari, parameter BOD pada segmen (2) 0,864 kg/hari, parameter COD pada segmen (4) 19 kg/hari, parameter Amonium pada segmen (2) 0,01 kg/hari, parameter Nitrat pada segmen (3) 12,96 kg/hari, dan parameter Fosfat pada segmen (4) 0,9 kg/hari. Berdasarkan hasil tersebut maka kualitas air di Kali Buduran dapat digunakan sebagai bahan baku apabila ada instalasi pengolahan yang lebih baik.

### **2.10.2 Daya Tampung Beban Pencemaran DAS Ciliwung**

Kajian penelitian ini dilakukan oleh Moersidik, Kepala Program Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia dan Rahma Widhiasari, Kepala Pusat Penelitian Sumber Daya Manusia dan Lingkungan Universitas Indonesia pada tahun 2011 dengan objek penelitian adalah DAS Ciliwung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya beban pencemaran di Sungai Ciliwung dan mengetahui besarnya daya tampung Sungai Ciliwung. Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data primer berupa data kualitas air sungai (tahun 2004-2008), data hidrologi sungai dan data curah hujan. Selanjutnya perhitungan estimasi beban pencemaran dan daya tampung menggunakan metode *Streeter Phelps* (program QUAL2Kw).

DAS Ciliwung dibagi menjadi 14 ruas dan 6 segmen. Dari hasil kajian didapatkan DAS Ciliwung semakin ke hilir beban pencemarnya semakin tinggi. Hasil perhitungan beban pencemaran BOD, diperoleh beban pencemaran tertinggi berada di segmen 6 (Manggarai-Ancol) yakni sebesar 20.674,66 kg/jam. Beban pencemaran DAS Ciliwung dari hulu ke hilir meningkat signifikan dibagian hilir yakni di wilayah DKI Jakarta dengan nilai beban pencemaran 1.724,11–20.674,66 kg/jam. Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran BOD didapatkan bahwa, segmen 1 hingga segmen 5 masih memiliki daya tampung untuk baku mutu kelas IV, namun segmen 6 sudah tidak memiliki daya tampung untuk baku mutu kelas IV. Nilai daya tampung segmen 1-segmen 6 berkisar antara 350,58-2318,23 kg/jam.

### **2.10.3 Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Wonokromo Surabaya Menggunakan Metode QUAL2Kw**

Kajian penelitian ini dilakukan oleh Yosefina Natalia mahasiswi Teknik Lingkungan FTSP ITS tahun 2014 dengan objek penelitian adalah Kali Wonokromo Surabaya. Tujuan penelitian adalah mengaplikasikan model QUAL2Kw dengan simulasi 4 skenario untuk menghitung besar daya tampung beban pencemaran yang dapat ditampung Kali Wonokromo. Perhitungan daya tampung beban pencemaran menggunakan model QUAL2Kw dengan 4 simulasi. Perhitungan daya tampung beban pencemaran merupakan hasil selisih antara simulasi 4 (beban pencemar maksimum) dengan simulasi 3 (beban pencemar kondisi awal). Dari hasil kajian didapatkan daya tampung Kali Wonokromo untuk parameter TSS sebesar = 37146690 kg/hari, parameter BOD = 80325 kg/hari, parameter Amonium = 1693,44 kg/hari, parameter nitrat = 518383 kg/hari, parameter fosfat = 46602 kg/hari, dan parameter COD = 913830 kg/hari.

### **2.10.4 Aplikasi Model QUAL2Kw Untuk Menentukan Strategi Penanggulangan Pencemaran Air Sungai Gajahwong Yang Disebabkan Oleh Bahan Organik**

Kajian penelitian ini dilakukan oleh Agnes Dyah Novitasari Lestari, Eko Sugiharto, dan Dwi Siswanta mahasiswa Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada dan

Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Papua pada tahun 2013. Hasil pemodelan QUAL2Kw untuk kondisi eksisting Sungai Gajahwong tahun 2011 menunjukkan bahwa pada kondisi hujan dan tanpa hujan konsentrasi BOD sungai telah melebihi baku mutu air kelas II. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pembangunan perumahan yang membuang limbah cairnya ke Sungai Gajahwong pada debit total  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan konsentrasi BOD  $10 \text{ mg/L}$  dapat meningkatkan BOD serta menurunkan DO Sungai Gajahwong. Pengelolaan kualitas air dan penanggulangan pencemaran air oleh bahan organik pada Sungai Gajahwong dapat dilakukan dengan strategi pembuatan IPAL komunal di setiap kabupaten dengan penurunan konsentrasi BOD hulu hingga  $2 \text{ mg/L}$ .

#### **2.10.5 Application of Automated QUAL2Kw For Water Quality Modeling In The River Karanja-India**

Kajian penelitian ini dilakukan oleh Basappa B. Kori, T. Shashidhar, dan Shashikanth Mise dengan objek penelitiannya yaitu Sungai Karanja-India. Sungai Karanja, sumber air minum utama bagi kota Bhalki berada di bawah ancaman oleh pembuangan limbah dari industri seperti gula, Kertas dan distilleries. Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan sampel air dari sungai setiap jam selama 24 jam dalam 2 musim di lokasi yang berbeda di sepanjang sungai. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah model QUAL2Kw. Dalam penggunaan model data kualitas air sungai pada saat sebelum musim hujan digunakan untuk kalibrasi, sedangkan data kualitas air yang diambil setelah musim hujan digunakan untuk validasi. RMSE yang dihasilkan dari kalibrasi dan validasi data menunjukkan nilai yang hampir sama untuk parameter pH, alkalinitas, dan BOD (masing-masing 2,50%, 2,20%, 9,8%, 10,00%, dan 19,60%, 24,60%). Perbedaan nilai RMSE lebih untuk parameter oksigen terlarut, nitrat nitrogen, dan amonia (5,5%, 14,06%, 57,6%, 65,3%, dan 27,0%, 39,6%). Perbedaan nilai RMSE tersebut disebabkan oleh perubahan kondisi lingkungan antara dua periode.

Pada penelitian ini dilakukan analisis sensitivitas dengan tujuan untuk mengidentifikasi parameter kualitas air sungai yang memiliki pengaruh terbesar pada output model. Dari analisis sensitivitas, diamati bahwa parameter yang berpengaruh setelah

dilakukan analisis yaitu temperatur, lebar, debit, dan BOD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi DO minimum belum memenuhi baku mutu. Beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk memenuhi nilai tersebut antara lain dengan mempertahankan nilai *bottom algae* hingga dibawah 75%, BOD pada hulu harus diminimalkan (8 mg/L). *Shade* merupakan parameter penting untuk mengontrol pemanasan akibat radiasi matahari. Langkah tersebut dilakukan untuk mengurangi temperatur air dan menaikkan kadar oksigen terlarut.

Strategi yang dapat dilakukan untuk melindungi kualitas air pada daerah penelitian adalah dengan mengaplikasikan model kalibrasi untuk mengembangkan beberapa skenario dengan mengubah model dari parameter input. Hal tersebut dilakukan dengan mengubah-ubah *bottom algae*, data pada hulu, temperatur, dan *shade*.

#### **2.10.6 Aplikasi Model Simulasi Komputer QUAL2Kw Pada Studi Permodelan Kualitas Air Kali Surabaya**

Kajian penelitian ini dilakukan oleh M.Syafi'i Mahasiswa Teknik Lingkungan FTSP ITS tahun 2011. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui beban pencemaran dari badan sungai. Objek penelitian menggunakan Kali Surabaya, dimana beberapa industri dan limbah dari rumah tangga di sekitar bantaran kali tersebut tidak mengalami pengolahan terlebih dahulu sehingga tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Kajian penelitian ini menggunakan simulasi pemrograman QUAL2Kw dengan 4 skenario. Hasil simulasi QUAL2Kw menunjukkan bahwa Kali Surabaya segmen Krian-Jagir telah tercemar karena dari parameter BOD telah melebihi baku mutu sungai yang ditetapkan (kelas II). Dari simulasi yang telah dilakukan perlu adanya penurunan beban pencemaran pada tiap segmen agar kualitas air Kali Surabaya bisa menjadi lebih baik. Penurunan beban BOD per segmen berkisar 28,27% hingga 99,49%,  $\text{NO}_3^-$  0% hingga 85,90%, dan  $\text{PO}_4^{4-}$  berkisar 74,63% hingga 97,73%.

#### **2.10.7 Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Batanghari Menggunakan Program QUAL2Kw**

Kajian penelitian ini dilakukan oleh Dian, Purwanto, dan Sudarno Mahasiswa Universitas Diponegoro, Semarang tahun 2015. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menghitung daya tampung beban pencemar yang bisa diterima Sungai

Batanghari dengan menggunakan mutu air sasaran kelas II. Perhitungan daya tampung beban pencemaran ini dilakukan dengan membagi Sungai Batanghari Kabupaten Dharmasraya menjadi 4 penggalan (*reach*) yang terdiri dari 5 lokasi titik sampling. Hasil penelitian menunjukkan beban pencemar parameter TSS sebesar 27,02 ton/jam, daya tampung beban pencemaran sungai parameter TSS sebesar 8,80 ton/jam. Beban pencemaran parameter BOD sebesar 4,49 ton/jam, daya tampung beban pencemaran sungai parameter BOD sebesar 13,91 ton/jam jadi masih tersedia kemampuan sungai untuk menampung beban pencemar BOD sebesar 9,41 ton/jam. Beban pencemar parameter COD sebesar 50,33 ton/jam, daya tampung beban pencemaran sungai parameter COD sebesar 29,63 ton/jam sehingga telah kelebihan beban pencemar COD sebesar 20,70 ton/jam.

#### **2.10.8 Application of Automated QUAL2Kw for Water Quality Modeling and Management In The Bagmati River, Nepal**

Kajian penelitian ini dilakukan oleh Prakash Raj Kannel, Lee, S, Lee, Y.S, Kanel, S.R, dan Pelletier, G.J pada tahun 2007 dengan objek penelitian Sungai Bagmati, Nepal. Sungai Bagmati ini merupakan sungai yang menerima sumber pencemar dari 7 anak sungai. Sumber pencemar yang masuk terdiri dari limbah organik yang dapat terurai dan nutrien yang dapat menurunkan konsentrasi DO di sepanjang jalur Sungai Bagmati. Penelitian ini dilakukan menggunakan pemodelan QUAL2Kw. Model ini menunjukkan dapat mensimulasikan kualitas air sungai berdasarkan kedalaman air dan beberapa titik sumber pencemar (*point sources*) meliputi CBOD, TN, dan laju nitrifikasi.

Dalam penelitian ini, QUAL2Kw diaplikasikan untuk mensimulasikan beberapa strategi untuk pengelolaan kualitas air selama periode tertentu sehingga kualitas air dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan yaitu DO minimum  $\geq 4$  mg/L, CBOD maksimum  $\leq 3$  mg/L, TN  $\leq 2,5$  mg/L, TP  $\leq 0,1$  mg/L, Temperatur  $\leq 20^{\circ}\text{C}$ , dan pH antara 6,5-8,5. Faktor yang harus dipertimbangkan dalam penelitian ini meliputi: Modifikasi beban pencemaran, penambahan aliran, dan pemenuhan kebutuhan oksigen.

Hasil penelitian menunjukkan, pemenuhan kebutuhan oksigen disekitar sungai sangat efektif untuk mempertahankan konsentrasi DO minimum didalam sungai. Kombinasi modifikasi air limbah, penambahan aliran, dan pemenuhan kebutuhan oksigen sangat sesuai untuk menjaga kualitas air sehingga dapat memenuhi kriteria (baku mutu yang ditetapkan).

#### **2.10.9 Water Quality Prediction Using The QUAL2Kw Model in a Small Karstic Watershed in Brazil**

Kajian penelitian ini dilakukan oleh Rodrigo de Arruda Camargo, Maria Lúcia Calijuri, Aníbal da Fonseca Santiago, Eduardo de Aguiar de Couto, dan Marcos Dornelas Freitas Machado e Silva pada tahun 2010. Studi kasus penelitian ini pada daerah *Tancredo Neves International Airport* (TNIA) yang merupakan kompleks bandara internasional yang terletak disekitar DAS Fidalgo, Brasil. Sejak pembangunan bandara ini menyebabkan perluasan kompleks dan pertambahan penduduk pada daerah sekitar DAS Fidalgo disertai dengan permasalahan bandara yang belum memiliki infrastruktur dasar untuk pengolahan air limbah.

Penelitian ini bertujuan mengkalibrasi dan validasi model prediksi kualitas air dan menilai kapasitas aliran sungai. Di daerah penelitian, perubahan kualitas air permukaan terutama karena pencemar *point sources* dan *non-point sources* yang masuk ke dalam sungai. Metode yang digunakan dalam pemodelan kualitas air sungai adalah QUAL2Kw, dengan mengkalibrasi model untuk periode musim dingin kemudian dilakukan validasi hasil untuk periode musim panas. Peningkatan frekuensi sampling sangat diperlukan untuk meningkatkan kalibrasi model.

Hasil Penelitian menunjukkan model QUAL2Kw cukup menggambarkan atau mewakili berbagai indikator dari DAS Fidalgo meliputi: karakteristik fisik, kimia, dan hidrolis. Pada periode musim dingin PH, EC, TDS, TP, alkalinitas, dan *E. Coli* disajikan dengan menggunakan nilai simulasi terdekat. Untuk periode musim panas, simulasi terbaik diperoleh pada nilai pH, EC, TDS, TP, dan alkalinitas. Perbedaan nilai terbesar teletak pada nilai pH, EC, NO<sub>3</sub>, TP, dan *E. Coli*. Nilai *Dissolved Oxygen* (DO) terendah yang diperoleh selama periode kalibrasi dan validasi adalah sebesar 5,4 dan 4,7 mg/L (kedua nilai tersebut

lebih tinggi dari nilai DO minimum yaitu 4 mg/L yang ditetapkan oleh USEPA untuk konservasi komunitas perairan).

Batas maksimum untuk parameter BOD dan total N&P dapat dipenuhi asalkan masing-masing beban kenaikan tidak lebih dari 0.361 kg/d O<sub>2</sub>, 0.022 kg/d N, dan 0.010 kg/d P menurut USEPA dan 0.361 kg/d O<sub>2</sub>, 0,012 kg/d P menurut CONAMA 357. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka konservasi terhadap sumber daya air di wilayah ini sangat diperlukan dengan melalui beberapa langkah, seperti: tindakan pencegahan untuk melindungi tanah terbuka dan mengurangi masuknya nutrisi dari kegiatan pertanian dan peternakan.

#### **2.10.10 Model Prediksi Kualitas Air Di Sungai Kalimas Surabaya (Segmen Ngagel- Taman Prestasi) Dengan Pemodelan QUAL2Kw**

Kajian penelitian ini dilakukan oleh Dede Ariani Damanik mahasiswi Teknik Lingkungan FTSP ITS tahun 2013 dengan objek penelitian Sungai Kalimas Surabaya (Segmen Ngagel-Taman Prestasi). Parameter uji dalam penelitian ini adalah parameter fisik, kimia dan biologis seperti pH, temperatur, BOD, COD, DO, nitrat, Amonium dan fosfat. Penelitian ini menggunakan program QUAL2Kw. Sumber pencemaran dalam sungai berasal dari *point source* dan non *point source*.

Identifikasi dan prediksi kualitas air menggunakan pemodelan QUAL2Kw menerapkan 2 simulasi dengan pembagian daerah penelitian ke dalam 3 segmen. Dua simulasi yang dilakukan dalam penelitian untuk memperoleh data kualitas air di sungai kalimas dikaji meliputi: simulasi dengan model kalibrasi data kondisi eksisting, simulasi dengan memprediksikan terjadinya peningkatan air buangan yang masuk kedalam sungai Kalimas Surabaya dengan memproyeksikan jumlah penduduk dan menghitung kualitas air sungai di Kalimas berdasarkan peningkatan jumlah penduduk.

Hasil Identifikasi kualitas sungai simulasi 1 belum memenuhi baku mutu dan hasil prediksi kualitas sungai Kalimas Surabaya pada tahun prediksi yaitu tahun 2018 DO 3,718 mg/L, BOD 24,89 mg/L, COD 42,56 mg/L, TSS 16,22 mg/L, nitrat 4,3 mg/L, Amonium 1,4 mg/L, fosfat 0,25 mg/L, pH 7,52, dan Temperatur 28,8°C.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

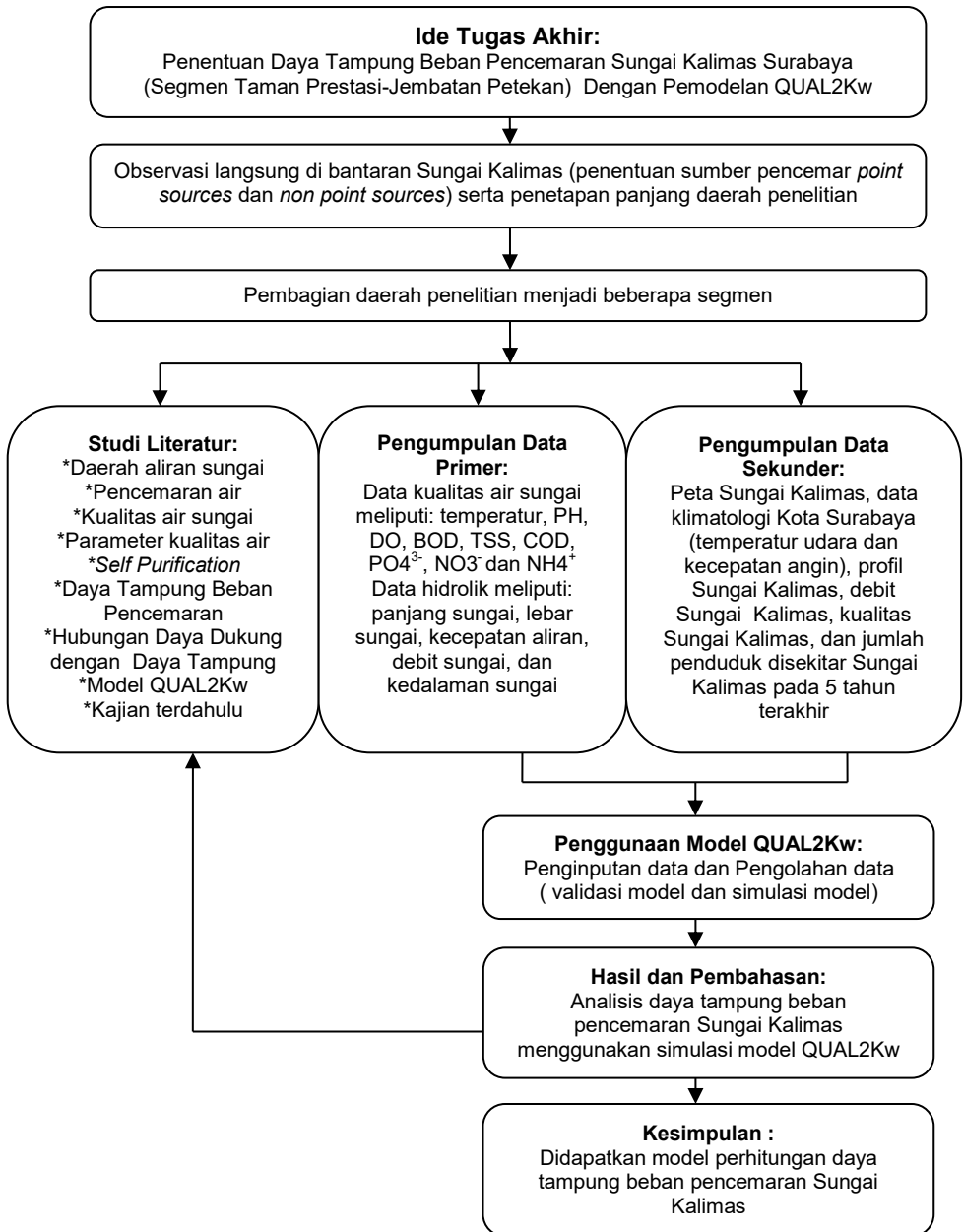


## **BAB 3 METODE PENELITIAN**

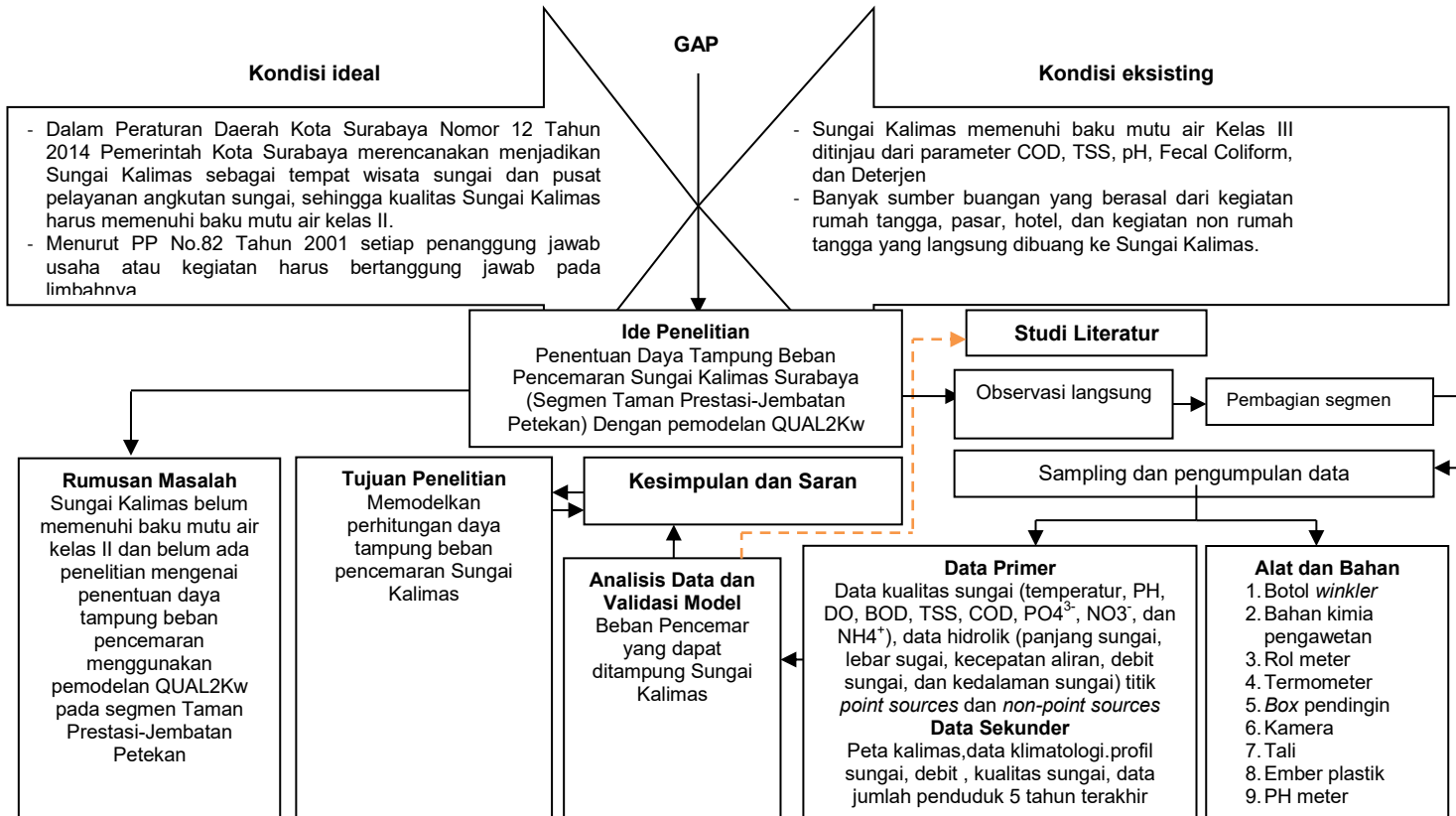
### **3.1 Kerangka Pelaksanaan Penelitian**

Kerangka pelaksanaan penelitian merupakan dasar dan alur pemikiran yang digunakan untuk melaksanakan tahapan penelitian. Kerangka pelaksanaan penelitian dibuat dalam bentuk gambaran visual tahapan penelitian untuk mempermudah peneliti dalam melaksanakan penelitian. Tujuan dibuat kerangka penelitian adalah sebagai pedoman untuk melaksanakan penelitian sehingga dapat memudahkan dalam pelaksanaan penelitian dan mengurangi risiko yang dapat terjadi selama berlangsungnya penelitian.

Kerangka penelitian ini digunakan sebagai pedoman dalam melakukan penelitian dikarenakan belum adanya kajian atau penelitian mengenai daya tampung beban pencemaran maupun prediksi kualitas air Sungai Kalimas Surabaya (Segmen Taman Prestasi-Jembatan Petekan) menggunakan pemodelan QUAL2Kw. Tahapan penelitian diawali dengan ide penelitian, observasi langsung untuk penentuan sumber pencemar (*point sources* dan *non point sources*) dan penetapan panjang segmen sungai hingga didapatkan segmen yang dapat diteliti. Penelitian ini didukung dengan adanya studi literatur, data primer dan sekunder yang nantinya akan diolah dengan pemodelan QUAL2Kw menggunakan beberapa simulasi. Tahapan penelitian selengkapnya dapat dilihat pada diagram alir penelitian Gambar 3.1, sedangkan kerangka penelitian pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Kerangka Penelitian

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **3.2 Langkah Pelaksanaan Penelitian**

Dalam langkah penelitian akan dijelaskan secara rinci mengenai tahapan dalam kerangka penelitian untuk memudahkan pemahaman dengan menjelaskan melalui deskripsi tiap tahapan. Berikut merupakan langkah dalam pelaksanaan penelitian.

### **3.2.1 Observasi Lapangan dan Ide Penelitian**

Hal pertama yang dilakukan sebelum observasi lapangan adalah melakukan *GAP analysis* dengan menganalisis kondisi ideal dan kondisi eksisting sehingga didapatkan perbedaan dan timbul permasalahan. Kondisi eksisting didapatkan kondisi dimana kualitas Sungai Kalimas memenuhi baku mutu kelas III untuk parameter COD, TSS, pH, *fecal coliform*, dan deterjen. Berdasarkan observasi langsung dan pada *google earth* Sungai Kalimas khususnya Segmen Taman Prestasi-Jembatan Petekan melewati 3 Kecamatan, yaitu Kecamatan Genteng, Kecamatan Pabean Cantian, dan Kecamatan Krembangan.

Menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 bahwa Sungai Kalimas akan digunakan sebagai tempat wisata sungai dan pusat pelayanan angkutan sungai, sehingga seharusnya kualitas Sungai Kalimas harus memenuhi baku mutu air kelas II. Berdasarkan hal tersebut, maka kualitas Sungai kalimas harus dikelola sehingga dapat menyesuaikan dengan fungsinya di masa yang akan datang. Dengan adanya permasalahan tersebut, maka didapatkan ide penelitian yaitu penentuan daya tampung beban pencemaran Sungai Kalimas (segmen Taman Prestasi-Jembatan Petekan) dengan pemodelan QUAL2Kw. Hasil dari penelitian ini nantinya juga dapat digunakan sebagai referensi oleh Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya maupun instansi terkait lainnya dalam menentukan solusi pengelolaan Sungai Kalimas untuk meningkatkan kualitas sungai tersebut.

Dari ide penelitian maka selanjutnya dilakukan observasi lapangan yang bertujuan untuk mengetahui keadaan sekitar sungai sehingga dapat ditentukan titik sebagai sumber pencemar (*point sources* dan *non point sources*).

### 3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh teori yang memadai untuk menunjang pelaksanaan penelitian. Studi literatur harus mendapatkan *feedback* dari analisa data dan pembahasan untuk menyesuaikan hasil analisa dengan literatur yang ada. Literatur yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari jurnal penelitian (internasional dan nasional), peraturan dan baku mutu, tugas akhir yang berhubungan dengan penelitian serta *text book*. Literatur yang digunakan untuk menunjang penelitian ini yaitu daerah aliran sungai, pencemaran air, kualitas air sungai, parameter kualitas air, *self purification*, daya tampung beban pencemaran, hubungan daya dukung dengan daya tampung, model QUAL2Kw, dan penelitian sejenis (kajian terdahulu).

### 3.2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dibagi menjadi data primer dan data sekunder. Data primer yang dikumpulkan meliputi:

1. Data hidrolis (panjang sungai, lebar sungai, debit sungai, kecepatan aliran, dan kedalaman sungai)
2. Data kualitas (pH, temperatur, DO, BOD, TSS, COD,  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_3^-$ , dan  $NH_4^+$ )
3. Data titik sumber pencemar *point sources* dan *non point sources* berdasarkan pengamatan langsung.

Sedangkan data sekunder yang dikumpulkan meliputi:

1. Peta Sungai Kalimas diperoleh dari Perusahaan Umum Jasa Tirta I dan bantuan *google earth*
2. Data klimatologi (temperatur udara dan kecepatan angin) Kota Surabaya diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Stasiun Meteorologi Juanda Surabaya
3. Profil Sungai Kalimas diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya
4. Debit Sungai Kalimas diperoleh dari Perusahaan Umum Jasa Tirta I
5. Kualitas Sungai Kalimas (temperatur, pH, DO, BOD, TSS, COD, deterjen, dan *fecal coliform*) diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya
6. Jumlah penduduk di sekitar Sungai Kalimas pada 5 tahun terakhir diperoleh dari *website* Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya

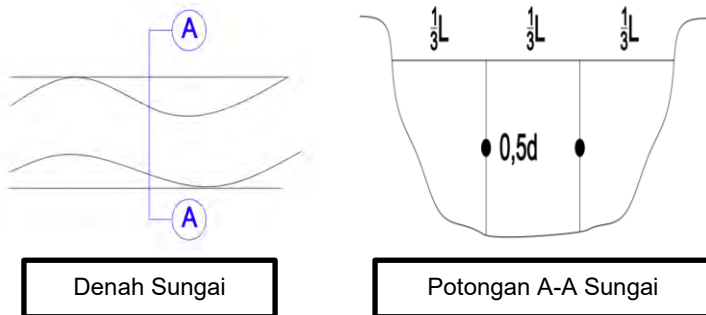
### 3.2.4 Penentuan Segmen

Dalam penelitian ini Sungai Kalimas yang akan diteliti adalah di mulai dari Taman Prestasi hingga Jembatan Petekan yaitu sepanjang kurang lebih 6 km dari total panjang Kalimas sebesar kurang lebih 13,77 km.

Segmen dalam penelitian ini berjumlah 5 segmen. Pembagian segmen ini didasarkan pada masukan dari anak sungai, adanya tempat untuk pengambilan sampel, belokan, perubahan dimensi sungai serta masukan dari sumber pencemar. Nantinya pada tiap segmen diambil sampel. Sampling digunakan untuk mewakili kondisi badan air dalam segmen tersebut, sehingga dapat diidentifikasi kualitas air pada Sungai Kalimas.

### 3.2.5 Waktu dan titik sampling

Dalam penelitian ini, sampel air pada hulu sungai diambil pada pukul 10.00 BBWI. Dalam penentuan titik sampling didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.57:2008 yaitu titik pengambilan contoh air sungai ditentukan berdasarkan debit air sungai. Berdasarkan data sekunder yang didapat, debit air Sungai Kalimas sebesar  $6,26 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Berdasarkan data debit tersebut maka sampel pada sungai diambil pada dua titik masing-masing pada jarak  $1/3$  dan  $2/3$  lebar sungai pada kedalaman  $0,5$  kali kedalaman dari permukaan air.



Gambar 3.3 Contoh Pengambilan Sampel

### 3.2.6 Pengambilan Sampel Uji Kualitas Air

Dalam pengambilan sampel ada beberapa alat yang dibutuhkan. Sebelum pengambilan sampel alat yang digunakan harus bersih. Cara pengambilan sampel dengan menggunakan ember plastik yang diikat dengan pemberat, selanjutnya untuk menyimpan air sampel dengan menggunakan botol plastik karena mudah dibawa dan relatif aman. Botol plastik dicelupkan ke dalam ember hingga penuh dan tidak ada gelembung udara yang tersisa kemudian botol di tutup. Selanjutnya khusus untuk pengambilan sampel uji parameter DO menggunakan botol *winkler*.

Beberapa alat dan bahan untuk mendukung pengukuran parameter uji yang didasarkan dari *standard method*, yaitu:

1. Botol *winkler* dan botol plastik untuk menyimpan sampel agar tidak ada kontaminan dan oksigen yang masuk ke dalam botol
2. Bahan kimia yang digunakan dalam pengawetan. Bahan kimia untuk pengawetan yang digunakan adalah  $MnSO_4$  dan pereaksi oksigen.  $MnSO_4$  yang ditambahkan akan mengoksidasi sampel pada keadaan alkalis, sehingga terjadi endapan  $Mn(OH)_2$ . Oksigen akan dioksidasi menjadi endapan  $MnO_2$ . Penambahan pereaksi oksigen maka akan membebaskan iodine yang jumlahnya ekuivalen dengan oksigen terlarut
3. Alat pengukur untuk melakukan pengukuran dengan teliti. Dalam pengukuran menggunakan rol meter
4. Termometer untuk mengukur temperatur air
5. *Box* pendingin digunakan untuk menyimpan sampel dengan rentang temperatur  $2^{\circ}-4^{\circ}C$
6. Kamera sebagai alat untuk mendokumentasikan kegiatan sampling
7. Tali untuk membantu proses sampling
8. Ember plastik untuk mengambil air dari Sungai Kalimas



### 3.2.7 Pengawetan Sampel

Sampel yang diambil pada setiap titik segmen perlu diawetkan, karena sampel tidak langsung dianalisis. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Pemulihan Air, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS. Cara pengawetan sampel untuk beberapa parameter dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Cara Pengawetan dan Penyimpanan Sampel

No.	Parameter	Wadah Penyimpanan	Minimum jumlah contoh yang diperlukan (mL)	Pengawetan	Lama penyimpanan maksimum yang dianjurkan	Lama penyimpanan maksimum menurut EPA
1	COD	P, G	100	Analisa secepatnya atau menambahkan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> sampai pH < 2, didinginkan	7 hari	28 hari
2	BOD	P, G	1000	Didinginkan	6 jam	48 jam
3	Ammonia	P, G	500	Analisa secepatnya atau menambahkan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> sampai pH < 2, didinginkan	7 hari	28 hari
4	Nitrat	P, G	100	Analisa secepatnya, didinginkan	48 jam	48 jam (28 hari jika contoh air diklorinasi)
5	Fosfat	G(A)	100	Untuk fosfat terlarut segera disaring, didinginkan	48 jam	-
6	Oksigen terlarut	G Botol BOD	300			
	Dengan Elektroda			Langsung dianalisa	0,25 jam	0,25 jam
	Metoda Winkler			Titrasi dapat ditunda setelah contoh diasamkan	8 jam	8 jam
7	pH	P, G	50	Segera dianalisa	0,25 jam	0,25 jam
8	Temperatur	P, G	-	Segera dianalisa	0,25 jam	0,25 jam

Keterangan:

Dinginkan pada temperatur 4°C ± 2°C

P : plastik (poli etilen atau sejenisnya)

G (A) : gelas dicuci dengan 1 + 1 HNO<sub>3</sub>

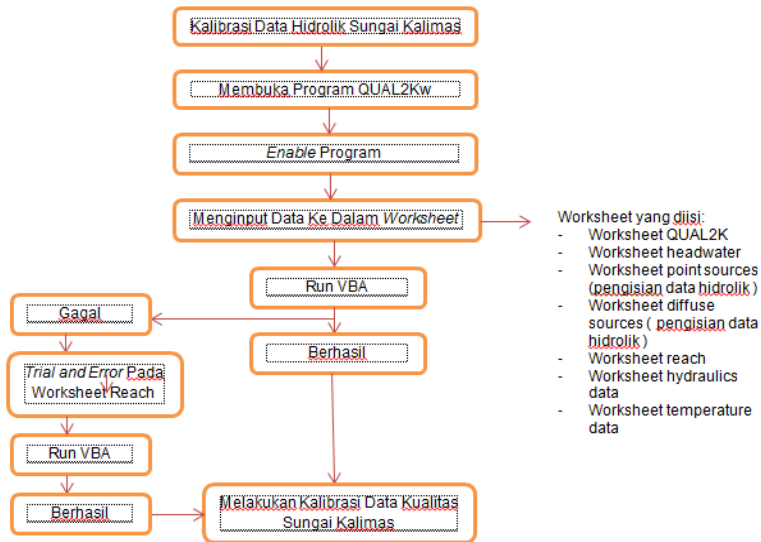
Sumber : Federation, W. E and American Public Health Association (2005)

### 3.2.8 Penggunaan Model QUAL2Kw

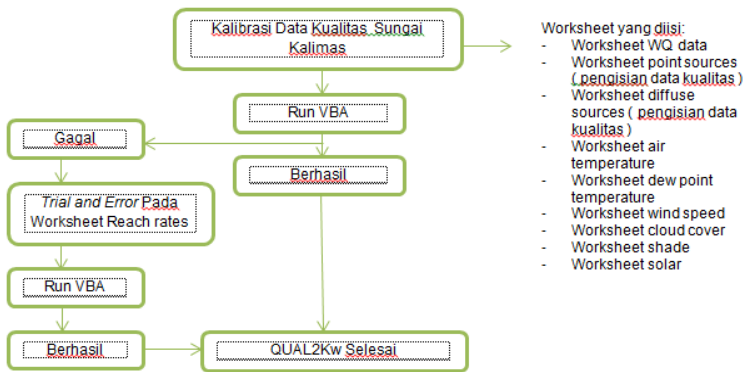
Data primer maupun data sekunder Sungai Kalimas yang telah terkumpul, selanjutnya dimasukkan ke dalam *worksheet* program QUAL2Kw dengan ketentuan sebagai berikut.

- Data debit dan kualitas air Sungai Kalimas digunakan sebagai acuan hasil simulasi model
- Data debit dan kualitas air limbah pada *point sources* sebagai input pada *worksheet point sources*
- Data klimatologi (temperatur udara, temperatur embun, kecepatan angin, persentase bayangan yang masuk sungai, persentase cahaya matahari yang masuk sungai, dan persen awan yang menutupi sungai) digunakan untuk mengetahui kondisi iklim sepanjang Sungai Kalimas
- Data debit dan kualitas air limbah pada *non point sources* sebagai input pada *worksheet non point sources*

Selain ketentuan-ketentuan diatas, langkah selengkapnya mengenai data yang diinput dalam QUAL2Kw maupun penggunaan program QUAL2Kw dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.



Gambar 3.4 Penggunaan QUAL2Kw Dalam Kalibrasi Data Hidrolik



Gambar 3.5 Penggunaan QUAL2Kw Dalam Kalibrasi Data Kualitas

### 3.2.8.1 Validasi Model

Validasi model merupakan proses kalibrasi data yang merupakan langkah awal penggunaan program QUAL2Kw. Validasi model ini dilakukan untuk mendapatkan model kualitas air yang nilainya mendekati data sebenarnya. Data input yang telah diperoleh di-*entry* dalam program QUAL2Kw. Model akan disimulasi sedemikian sehingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan data sebenarnya dan penentuan nilai koefisien model dilakukan dengan sistem *Trial and Error*.

### 3.2.8.2 Analisis Data

Simulasi dalam penelitian ini terbagi menjadi 5 simulasi yang akan digunakan untuk mendapatkan hasil kualitas dan daya tampung yang sesuai dengan Sungai Kalimas (Tabel 3.2). Dalam Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 dijelaskan bahwa kualitas Sungai Kalimas dikategorikan sebagai air kelas III, namun menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 pemanfaatan Sungai Kalimas di masa yang akan datang akan digunakan sebagai tempat wisata sungai dan pusat pelayanan angkutan sungai yang seharusnya memenuhi baku mutu air kelas II. Berdasarkan hal tersebut, maka teknik simulasi kualitas Sungai Kalimas disesuaikan dengan baku mutu air kelas II.

Dalam hal penentuan daya tampung, telah dijelaskan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 bahwa penetapan daya tampung minimal adalah 5 tahun sekali. Berdasarkan peraturan tersebut, maka dalam simulasi ini akan membuat proyeksi dari tahun eksisting yaitu tahun 2016 hingga 5 tahun yang akan datang yaitu tahun 2021.

Tabel 3.2 Teknik Simulasi

Simulasi	Kondisi Air di Hulu	Sumber Pencemar	Kondisi Air Sungai
1	Eksisting	Eksisting	Model
2	Eksisting	Estimasi Tahun 2021	Model
3	Baku Mutu Air Kelas II	Kondisi Awal	Model
4	Baku Mutu Air Kelas II	<i>Trial and Error</i>	Baku Mutu Air Kelas II
5	Model	Eksisting	Baku Mutu Air Kelas II

Sumber: Hasil Analisis (2016)

Penjelasan Tabel 3.2 simulasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1. Simulasi 1

Dalam simulasi 1, data kondisi air di hulu dan sumber pencemar tak tentu seperti beban limbah domestik yang dikategorikan menjadi sumber *non point sources* yang jumlah debit berdasarkan dengan jumlah penduduk serta sumber pencemar *point sources* dari saluran drainase dan aliran yang keluar dari Sungai Kalimas yang limbahnya langsung ke badan air menggunakan data eksisting.

## **2. Simulasi 2**

Dalam simulasi 2, data kondisi air di hulu menggunakan data eksisting sedangkan data untuk sumber pencemar dengan memproyeksikan penduduk dari tahun 2016-2021 sehingga sumber pencemar akan terus mengalami peningkatan. Penambahan sumber pencemar tersebut berasal dari limbah domestik sebagai *non point sources* sedangkan beban pencemaran dari sumber pencemar *point sources* diasumsikan tidak mengalami peningkatan.

## **3. Simulasi 3**

Dalam simulasi 3, pada data hulu disesuaikan dengan baku mutu badan air kelas dua sedangkan beban pencemar dianggap tidak ada yang masuk ke badan air. Hal ini berfungsi untuk mengetahui proses *self-purifikasi* dan daya tampung sungai karena tidak ada beban pencemar yang menurunkan kualitas Sungai Kalimas. Simulasi ini diasumsikan bahwa kondisi awal sungai yang tanpa adanya beban pencemaran.

## **4. Simulasi 4**

Dalam simulasi 4, data kondisi air di hulu menggunakan data sesuai baku mutu air kelas dua dan pada bagian hilir diharapkan telah memenuhi baku mutu sesuai peruntukkan dari Sungai Kalimas. Simulasi ini dengan cara “*Trial and Error*” pada sumber pencemar *point sources* berupa saluran drainase dan aliran yang keluar dari Sungai Kalimas serta sumber pencemar *non point sources* berupa limbah domestik dari permukiman penduduk dan hotel.

## **5. Simulasi 5**

Dalam simulasi 5, data sumber pencemar baik *point sources* maupun *non point sources* yang digunakan adalah data eksisting. Pada bagian hilir, kualitas Sungai Kalimas harus memenuhi baku mutu air kelas II. Hasil dari simulasi ini adalah didapatkan model untuk kualitas Sungai Kalimas pada bagian hulu.

### 3.2.9 Perhitungan Daya Tampung

Perhitungan daya tampung beban pencemaran ini berfungsi untuk mengetahui kemampuan badan air Sungai Kalimas dalam menampung batas maksimum limbah yang masuk ke dalamnya.

Perhitungan daya tampung menggunakan simulasi 3 dan 4, berdasarkan kedua simulasi maka akan didapatkan perhitungan daya tampung beban pencemaran dengan selisih dari hasil simulasi 4 (beban pencemaran penuh) dan simulasi 3 (beban tanpa pencemar).

$$\text{Daya tampung} = \text{beban pencemar penuh} - \text{beban kondisi awal}$$

Dalam hal ini beban pencemar penuh dikondisikan sesuai baku mutu air kelas dua dan beban kondisi awal merupakan sumber pencemar tanpa adanya pencemar yang masuk. Dalam penetapan daya tampung beban pencemaran parameter yang dihitung pada setiap segmen adalah BOD, TSS, COD,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , dan  $\text{NH}_4^+$  sehingga dapat diketahui kemampuan Sungai Kalimas dalam menampung beban pencemar yang masuk pada tiap segmen.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Segmentasi Sungai Kalimas

Penelitian ini akan menganalisis Sungai Kalimas dengan panjang kurang lebih 6 km dari hulu (Taman Prestasi) menuju hilir (Jembatan Petekan). Dalam hal ini, sungai dibagi menjadi 5 segmen dimulai dari hulu (kilometer 6,06) hingga ke hilir (kilometer 0,00). Segmentasi sungai ini dilakukan untuk keperluan pemodelan dan mempermudah dalam penentuan titik pengambilan sampel air sungai. Pembagian segmen ini didasarkan atas masukan dari anak sungai, adanya tempat untuk pengambilan sampel, belokan, perubahan dimensi sungai serta keluaran dari sungai menuju anak sungai. Hal tersebut adalah dasar penentuan segmen sehingga didapatkan 5 segmen yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai Gambar 4.5. Pengukuran elevasi menggunakan bantuan GPS. Pembagian segmen pada daerah penelitian secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Segmentasi Sungai Kalimas Surabaya

Segmen	Kilometer (dari Hilir)	Elevasi Air	
		Hulu (m)	Hilir (m)
Hulu (Titik A)-Titik 1	6,06 - 4,86	8,00	7,97
Titik 1-Titik 2	4,86 - 3,97	7,97	7,88
Titik 2-Titik 3	3,97 - 2,39	7,88	7,69
Titik 3-Titik 4	2,39 - 1,64	7,69	7,63
Titik 4-Hilir (Titik B)	1,64 - 0,00	7,63	6,50

Sumber: Hasil Pengamatan (2016)

#### 1. Segmen Titik A – Titik 1 (1,2 km)

Segmen Titik A–Titik 1 ini merupakan segmen pertama dalam pembentukan model untuk Kalimas Surabaya. Titik A (hulu) merupakan titik pengambilan sampel pertama yang terletak di jembatan Jalan Yos Sudarso sedangkan Titik 1 adalah titik pengambilan sampel yang kedua. Jarak pada segmen A–B ini adalah 1,2 km. Segmen pertama ini dibagi berdasarkan adanya masukan anak sungai ke Sungai Kalimas maupun keluaran dari Sungai Kalimas menuju anak sungai. Peta segmen A–B dapat dilihat pada Gambar 4.1.

2. Segmen Titik 1 – Titik 2 (0,89 km)

Segmen Titik 1–Titik 2 ini merupakan segmen kedua dalam pembentukan model untuk Kalimas Surabaya. Titik 1 merupakan titik pengambilan sampel yang terletak di jembatan Jalan Genteng Kali, sedangkan Titik 2 adalah titik pengambilan sampel yang ketiga. Jarak pada segmen Titik 1–Titik 2 ini adalah 0,89 km. Segmen kedua ini dibagi berdasarkan adanya belokan. Peta segmen Titik 1–Titik 2 dapat dilihat pada Gambar 4.2.

3. Segmen Titik 2 – Titik 3 (1,58 km)

Segmen Titik 2–Titik 3 ini merupakan segmen ketiga dalam pembentukan model untuk Kalimas Surabaya. Titik 2 merupakan titik pengambilan sampel yang terletak di jembatan Peneleh Jalan Achmad Jaiz, sedangkan Titik 3 adalah titik pengambilan sampel yang keempat. Jarak pada segmen Titik 2–Titik 3 ini adalah 1,58 km. Segmen ketiga ini dibagi berdasarkan adanya belokan dan perubahan pada dimensi Sungai Kalimas. Peta segmen Titik 2–Titik 3 dapat dilihat pada Gambar 4.3.

4. Segmen Titik 3 – Titik 4 (0,75 km)

Segmen Titik 3–Titik 4 ini merupakan segmen keempat dalam pembentukan model untuk Kalimas Surabaya. Titik 3 merupakan titik pengambilan sampel yang terletak di jembatan Jalan Kebon Rojo, sedangkan Titik 4 adalah titik pengambilan sampel yang kelima. Jarak pada segmen Titik 3–Titik 4 ini adalah 0,75 km. Segmen keempat ini dibagi berdasarkan adanya perubahan pada dimensi Sungai Kalimas. Peta segmen Titik 3–Titik 4 dapat dilihat pada Gambar 4.4.

5. Segmen Titik 4 – Titik B (1,64 km)

Segmen Titik 4–Titik B merupakan segmen kelima pembentukan model untuk Sungai Kalimas. Titik 4 merupakan titik yang terletak di jembatan Merah, sedangkan Titik B merupakan hilir sekaligus titik pengambilan sampel yang keenam yang terletak pada jembatan Jalan Jakarta setelah jembatan Petekan. Jarak pada segmen Titik 4–Titik B adalah 1,64 km. Segmen kelima ini dibagi berdasarkan bentuk sungai yang lurus (tidak ada belokan) dan perubahan lebar sungai. Peta segmen Titik 4–Titik B dapat dilihat pada Gambar 4.5.

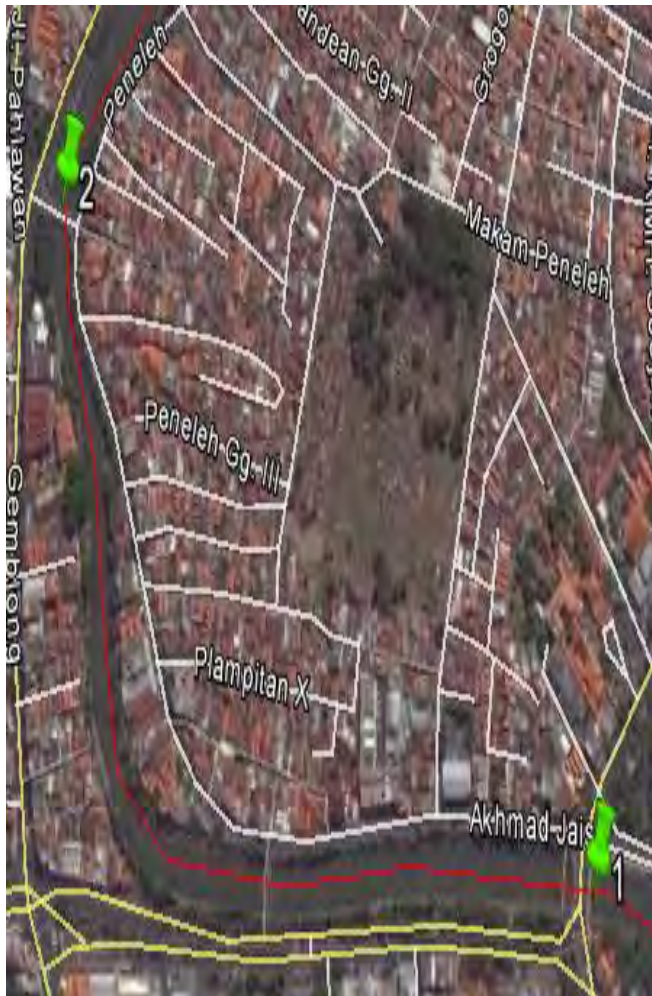




**Keterangan:**

📍 : Titik sub segmen     📌 : Hulu dan Hilir

Gambar 4.1 Segmen 1 (Titik A-Titik 1)  
Sumber: Google Earth (2016)



**Keterangan:**

 : Titik sub segmen      : Hulu dan Hilir

Gambar 4.2 Segmen 2 (Titik 1-Titik 2)  
Sumber: *Google Earth* (2016)



**Keterangan:**

 : Titik sub segmen     : Hulu dan Hilir

Gambar 4.3 Segmen 3 (Titik 2-Titik 3)  
Sumber: *Google Earth* (2016)



**Keterangan:**

 : Titik sub segmen     : Hulu dan Hilir

Gambar 4.4 Segmen 4 (Titik 3-Titik 4)  
Sumber: *Google Earth* (2016)



**Keterangan:**

 : Titik sub segmen     : Hulu dan Hilir

Gambar 4.5 Segmen 5 (Titik 4-Titik B)  
Sumber: Google Earth (2016)

## 4.2 Identifikasi Sungai Kalimas Surabaya

Kalimas Surabaya merupakan anak sungai dari Kali Surabaya yang mengalir ke arah utara Kota Surabaya dari pintu air Ngagel sampai kawasan Tanjung Perak. Identifikasi dilakukan untuk memastikan kondisi sebenarnya pada Sungai Kalimas Surabaya yang akan ditinjau dari beberapa parameter kimia dan parameter fisik.

Identifikasi dilakukan dengan cara melakukan sampling air sungai di beberapa titik yang sudah ditentukan dengan membagi daerah penelitian menjadi 5 segmen. Identifikasi Sungai Kalimas akan dibagi menjadi 3 yaitu kondisi hidrolik sungai, kondisi kualitas air sungai, dan kondisi kualitas sumber pencemar.

### 4.2.1 Kondisi Hidrolik Sungai Kalimas Surabaya

Data hidrolik Sungai Kalimas yaitu berupa data kecepatan rata-rata, kedalaman air rata-rata, dan debit air rata-rata. Data hidrolik diperoleh dari orientasi lapangan (data primer) dikarenakan data sekunder yang didapatkan dari perusahaan umum jasa tirta hanya berupa data debit sungai pada titik pemantauan bendung karet Gubeng. Data hidrolik sungai diperlukan untuk memenuhi kalibrasi model dalam program QUAL2Kw. Selain itu, diperlukan juga data *slope* atau kemiringan yang dihitung berdasarkan elevasi dan jaraknya.

Perhitungan *slope* dihitung dengan rumus:

$$\text{Slope} = \frac{\Delta H \text{ permukaan air}}{\text{Jarak per segmen}}$$

Data hidrolik Sungai Kalimas Surabaya pada tanggal 21 Maret 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.2. Data hidrolik Sungai Kalimas diperoleh dengan beberapa cara, untuk pengukuran kedalaman air menggunakan bandul yang terbuat dari pemberat yang diikat dengan tali sedangkan pengukuran kecepatan menggunakan alat *current meter*. Menurut Pujiraharjo dkk (2013), *current meter* merupakan alat untuk mengukur kecepatan dengan ketelitian yang tinggi. Kecepatan aliran yang diukur adalah kecepatan aliran titik dalam suatu penampang aliran. Prinsip yang digunakan adalah kaitan antara kecepatan dengan kecepatan

putaran baling-baling *current meter*. Pengukuran pada 1 titik dilakukan jika kedalaman air kurang dari 1m dengan menempatkan *current meter* pada 0.6H diukur dari muka air, sedangkan untuk pengukuran pada 2 atau 3 titik umumnya dilakukan pada kedalaman air lebih dari 1m dengan posisi *current meter* pada titik 0.2H, 0.6H, dan 0.8H. Pengukuran kecepatan pada 2 titik maka kecepatan dihitung dengan persamaan:

$$V = 0.5x((Vx0.2) + (Vx0.8))$$

Pengukuran kecepatan pada 3 titik, maka kecepatan dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$V = 1/4x((Vx0.2) + 2(Vx0.6) + (Vx0.8))$$

Dengan data kecepatan yang sudah di dapat maka diperoleh nilai debit dengan menggunakan perhitungan:

$$Q = V \times A$$

Tabel 4.2 Data Hidrolik Sungai Kalimas

Segmen	Debit Rata-Rata	Kedalaman Air Rata-Rata	Kecepatan Rata-Rata
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m/s)
Hulu (A)	36,097	2,145	0,595
A-1	34,114	0,910	0,510
1-2	36,888	0,967	0,536
2-3	50,691	1,443	0,561
3-4	49,729	1,187	0,465
4-B	53,343	1,160	0,435

Sumber: Hasil Pengukuran (2016)

Dalam pengukuran data hidrolik sungai, terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada data debit dan kecepatan. Pada segmen 2-3 terjadi kenaikan debit dan kecepatan, hal tersebut disebabkan dimensi lebar penampang sungai pada segmen titik 2-titik 3 lebih besar daripada dimensi pada segmen A-1 dan 1-2.

Data debit dan kecepatan sungai pada segmen A-1 mengalami penurunan, hal tersebut disebabkan adanya pecahan sungai yang terletak pada segmen sebelumnya. Pecahan sungai tersebut keluar dari Sungai Kalimas Surabaya menuju ke arah Jalan Undaan Wetan. Pecahan sungai yang masuk maupun yang keluar berpengaruh terhadap data hidrolis sungai yang akan diinput ke dalam program QUAL2Kw. Pada segmen 4-B sungai lebih berbentuk lurus tidak berbelok-belok, sehingga debit sungai pada segmen 4-B juga mengalami kenaikan dibandingkan dengan segmen sebelumnya (segmen 3-4).

#### **4.2.2 Kondisi Kualitas Air Sungai Kalimas Surabaya**

Air sungai memiliki kualitas dan karakteristik masing-masing. Hal ini dipengaruhi oleh kuantitas dan kualitas pencemar yang masuk ke dalam air sungai. Kualitas air sungai Sungai Kalimas didapat dari data primer dan data sekunder (dari BLH Kota Surabaya). Pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan pengambilan sampel dari 6 titik, yaitu titik A di hulu (Taman Prestasi), titik 1 di jembatan Jalan Genteng Kali, titik 2 di jembatan Peneleh (Jalan Achmad Jaiz), titik 3 di jembatan Jalan Kebon Rojo, titik 4 di jembatan Merah (Jalan Kembang Jepun), dan titik B di hilir (jembatan Petekan) pada 2 hari berturut-turut. Pengambilan data primer dilakukan pada tanggal 21 Maret 2016 - 22 Maret 2016 dimulai dari jam 10.00 BBWI. Pengambilan sampel pada setiap titik, dilakukan menggunakan fungsi jarak dan kecepatan rata-rata. Pengambilan sampel dilihat berdasarkan debit sungai. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.57:2008 apabila debit sungai 5 - 150 m<sup>3</sup>/s menurut data sekunder, maka sampel pada sungai diambil pada dua titik masing-masing pada jarak 1/3 dan 2/3 lebar sungai pada kedalaman 0,5 kali kedalaman dari permukaan. Pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Pada setiap titik, air sungai diambil menggunakan ember plastik kemudian air didalam ember dimasukkan ke dalam 1 buah botol 600 ml dan 1 buah botol winkler untuk dilakukan pengujian di laboratorium. Sampel dalam botol winkler diawetkan dengan cara menambahkan 10 ml mangan sulfat (MnSO<sub>4</sub>) dan 10 ml pereaksi oksigen ke dalam botol agar sampel tidak mengalami perubahan kualitas saat dianalisis (Sagara, 2013). Botol air



sampel 600 ml dan botol winkler dimasukkan kedalam *cooling box* (kotak pendingin). Hal tersebut dilakukan untuk menjaga kondisi kualitas air karena adanya jarak yang cukup jauh dan jarak waktu yang cukup lama yang tidak memungkinkan sampel untuk segera dianalisis. Fungsi dari *cooling box* yaitu menjaga temperatur air sampel agar tetap stabil (Adani dkk., 2013). Sampel selanjutnya dilakukan pengujian laboratorium dengan langkah analisis untuk masing-masing parameter pH, DO, BOD, COD, TSS,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$  mengacu pada *standard methods* (lampiran E). Hasil analisis menunjukkan kualitas air sungai Sungai Kalimas untuk parameter BOD, DO, COD, TSS, dan fosfat belum memenuhi baku mutu air kelas II (Tabel 4.3 dan Tabel 4.4)

Tabel 4.3 Data Primer (I) Kualitas Air Sungai Kalimas Surabaya

Segmen	BOD	DO	COD	TSS
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
Hulu (A)	5,07	3,50	35,56	130
A-1	5,39	2,50	32,88	320
1-2	6,90	2,46	33,36	290
2-3	6,73	2,57	27,76	210
3-4	4,16	2,98	25,56	150
4-B	5,43	2,32	30,69	150

Sumber: Hasil analisis laboratorium (2016)

Tabel 4.4 Data Primer (II) Kualitas Air Sungai

Segmen	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{PO}_4^{3-}$	Temperatur	pH
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(°C)	
Hulu (A)	2,67	0,130	0,83	29,7	7,21
A-1	3,74	0,110	0,75	29,5	7,62
1-2	4,28	0,140	0,73	30,2	7,48
2-3	3,59	0,120	0,68	30,4	7,54
3-4	2,81	0,125	0,71	30,8	7,35
4-B	4,03	0,150	0,74	30,4	7,44

Sumber: Hasil analisis laboratorium (2016)

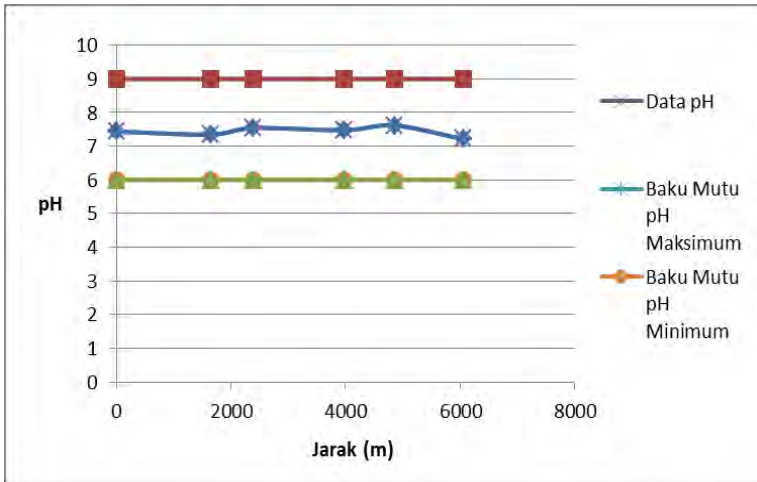
Seluruh data hasil analisis laboratorium pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 diambil berdasarkan pada sampling air sungai yang dilakukan pada 21 Maret 2016. Pada bagian hulu pengambilan sampel dimulai pukul 10.00 BBWI, sedangkan untuk waktu sampling pada titik lain sampai hilir dihitung berdasarkan nilai jarak dan kecepatan rata-rata. Pengambilan sampel pada waktu 10.00 BBWI diasumsikan menjadi waktu 00.00 BBWI untuk penginputan dalam program QUAL2Kw karena program *Qual2Kw* dapat membaca kualitas dimulai dari jam 00.00 BBWI secara *time series*. Data hasil analisis laboratorium tersebut merupakan data primer yang akan dibandingkan dengan baku mutu. Baku mutu yang digunakan adalah baku mutu *stream standard* yaitu Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001. Baku mutu air kelas II adalah sebagai berikut (Tabel 4.5).

Tabel 4.5 Baku Mutu Air Kelas II

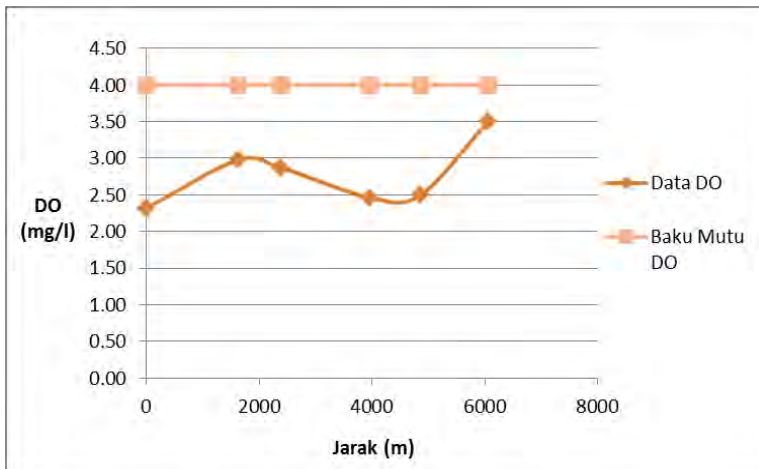
Parameter	Satuan	Baku Mutu Kelas II
pH	-	6-9
COD	mg/L	25
BOD	mg/L	3
TSS	mg/L	50
DO	mg/L	4
Fosfat	mg/L	0.2
Nitrat	mg/L	10
Amonium	mg/L	0,5 (Kelas I)

Sumber: PP No.82 Tahun 2001

Data yang didapat dari hasil sampling menunjukkan bahwa terdapat beberapa parameter yang tidak sesuai dengan baku mutu yang digunakan. Hal ini dapat dilihat pada gambar grafik setiap parameter (Gambar 4.6 sampai dengan Gambar 4.14). Pada Gambar 4.6 terdapat data pH, data tersebut menunjukkan bahwa pH pada setiap titik memenuhi nilai pH baku mutu air kelas II yaitu sebesar 6-9. Kadar pH yang baik adalah kadar pH dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan baik. pH yang baik untuk air limbah adalah pH netral yaitu 7 (Ramadhani, 2016).



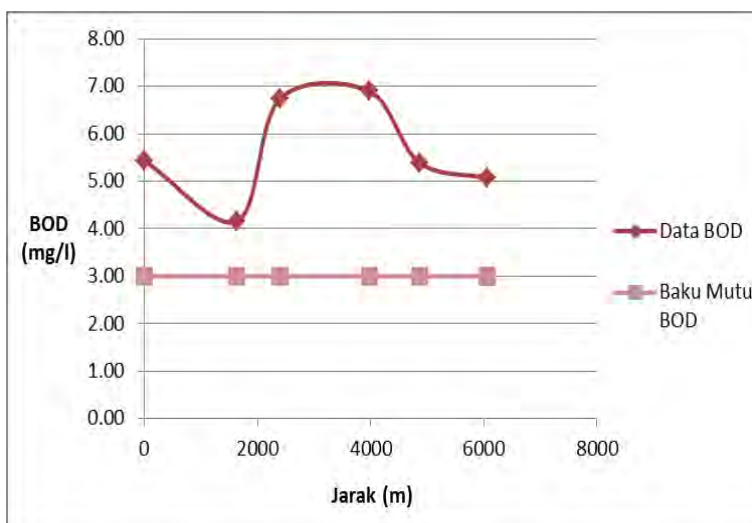
Gambar 4.6 Grafik Nilai pH  
Sumber: Hasil analisis (2016)



Gambar 4.7 Grafik Nilai *Dissolved Oxygen*  
Sumber: Hasil analisis (2016)

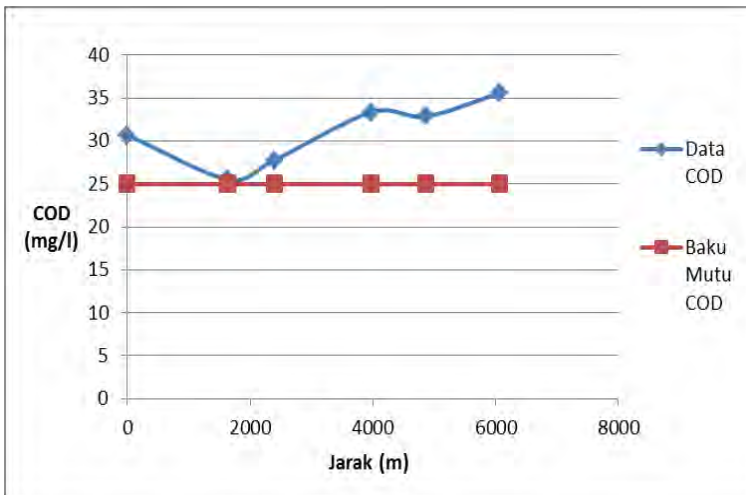
Pada data dan grafik *dissolved oxygen* (DO), terlihat bahwa nilai DO rendah pada semua titik dan DO tidak memenuhi baku mutu. Nilai DO rendah dipengaruhi oleh peningkatan jumlah sumber pencemar yang masuk ke dalam Sungai Kalimas baik dari limbah rumah tangga, perkantoran, hotel, pergudangan, pertokoan, pusat perbelanjaan, dan rumah makan. Pada segmen A-1 (6.06 km - 4.86 km) *dissolved oxygen* masih cukup baik, hal tersebut disebabkan karena pada segmen tersebut tidak dipengaruhi banyak sumber pencemar.

Keberadaan *dissolved oxygen* (oksigen terlarut) sangat berpengaruh terhadap beban pencemar di perairan. Jika ketersediaan oksigen terlarut tinggi di perairan maka dapat mendukung proses self purifikasi (*self purification*). Keberadaan oksigen terlarut di perairan dibutuhkan oleh bakteri untuk melakukan proses dekomposisi bahan organik (Moersidik dan Rahma, 2011).



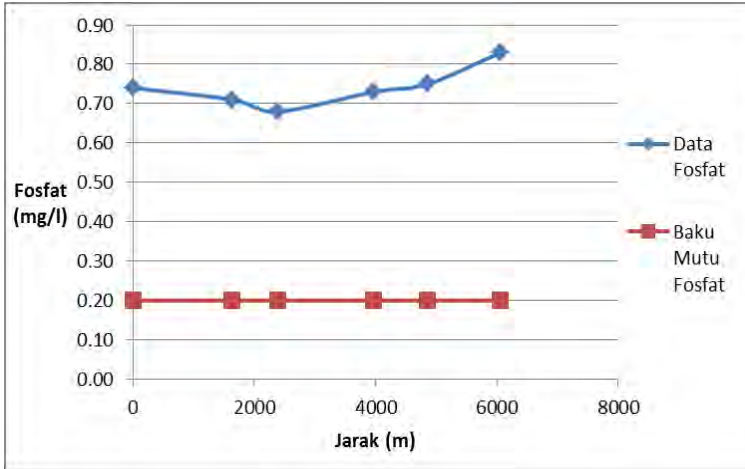
Gambar 4.8 Grafik Nilai BOD  
Sumber: Hasil analisis (2016)

Nilai BOD pada grafik diatas menunjukkan adanya peningkatan nilai BOD dan nilai BOD tidak memenuhi baku mutu air kelas II. Peningkatan nilai BOD disebabkan konsentrasi bahan organik di dalam air tinggi. Bahan-bahan organik tersebut berasal dari limbah domestik dari pemukiman penduduk yang masuk ke dalam sungai (Ali dkk., 2013).



Gambar 4.9 Grafik Nilai COD  
Sumber: Hasil analisis (2016)

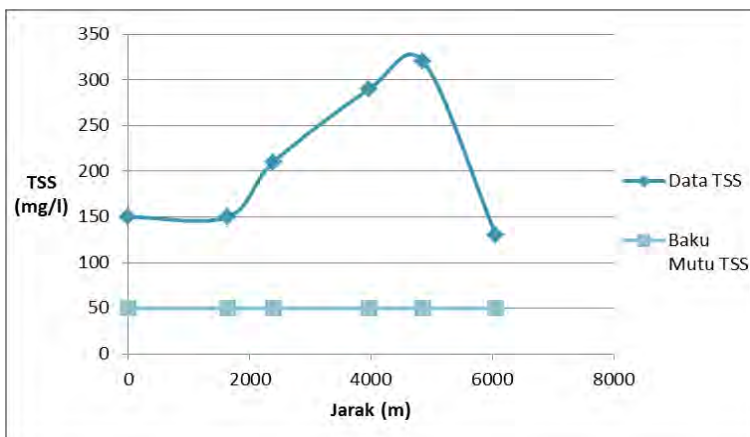
Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai COD melebihi baku mutu. Hal tersebut dikarenakan banyaknya pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah tidak dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Bakteri dapat mengoksidasi zat organik menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Kalium dikromat dapat mengoksidasi lebih banyak lagi, sehingga menghasilkan nilai COD yang lebih tinggi dari nilai BOD (Sastrawijaya, 2000). Selain itu, limbah rumah tangga dan industri merupakan sumber utama limbah organik dan merupakan penyebab utama tingginya konsentrasi COD (Lumaela dkk., 2013).



Gambar 4.10 Grafik Nilai Fosfat  
Sumber: Hasil analisis (2016)

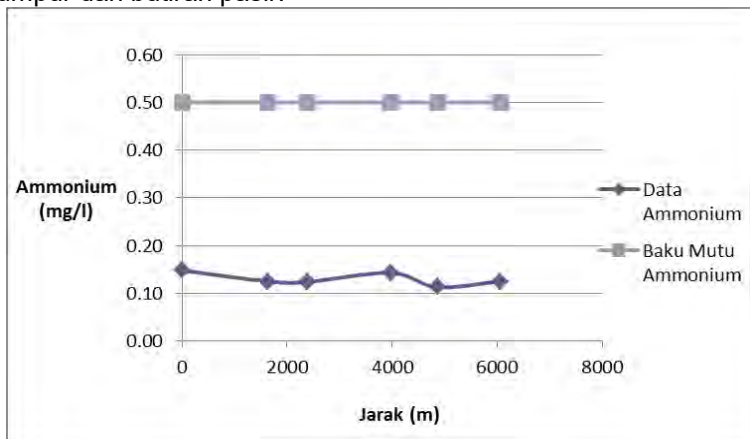
Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai fosfat melebihi baku mutu air kelas II yaitu sebesar 0,68-0,83 mg/l. Tingginya nilai fosfat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain peningkatan fosfat dalam bentuk polifosfat yang memasuki sungai melalui air buangan penduduk berupa limbah dari bahan deterjen. Selain itu, faktor lain juga berasal dari tingginya fosfat organik yang terdapat dalam air buangan penduduk (tinja) dan sisa makanan yang masuk ke dalam sungai (Yogiarti dkk., 2014).

Sedimen dalam sungai juga menjadi penyebab tingginya nilai fosfat, sebab sedimen mengalami difusi fosfat. Senyawa fosfor yang terikat di sedimen dapat mengalami dekomposisi dengan bantuan bakteri maupun melalui proses abiotik menghasilkan senyawa fosfat terlarut yang dapat mengalami difusi kembali ke kolom air (Risamasu, 2012).



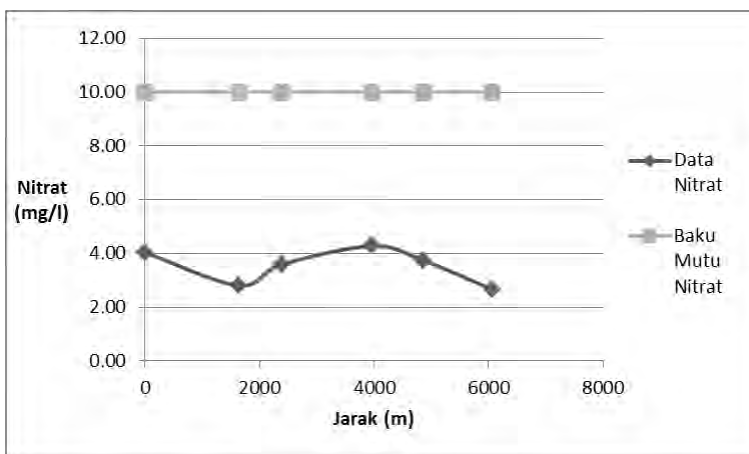
Gambar 4.11 Grafik Nilai TSS  
 Sumber: Hasil analisis (2016)

Nilai TSS pada Gambar 4.11 sangat tinggi, hal tersebut disebabkan oleh meningkatnya bahan organik maupun bahan anorganik didalam sungai. Bahan organik berasal dari kotoran hewan, kotoran manusia, dan limbah industri (Sastrawijaya, 2000) sedangkan bahan anorganik berasal dari sedimen berupa lumpur dan butiran pasir.



Gambar 4.12 Grafik Nilai Amonium  
 Sumber: Hasil analisis (2016)

Berdasarkan pada grafik diatas menunjukkan bahwa nilai Amonium melebihi baku mutu. Amonia dalam air umumnya berasal dari air seni, tinja maupun oksidasi senyawa organik oleh mikroba (Afriana, 2012). Peningkatan nilai amonium disebabkan adanya kadar oksigen yang rendah pada sungai.



Gambar 4.13 Grafik Nilai Nitrat  
Sumber: Hasil analisis (2016)

Pada grafik (Gambar 4.13) menunjukkan bahwa nilai nitrat memenuhi baku mutu air kelas II. Salah satu faktor penyebab peningkatan pencemaran nitrat adalah berasal dari limbah pertanian akibat penggunaan pupuk secara intensif (Manampiring, 2009). Kecilnya nilai nitrat pada hasil analisis disebabkan karena daerah penelitian jauh dari persawahan atau kegiatan pertanian sehingga bahan pencemar dari pupuk nilainya kecil. Selain bersumber dari limbah pertanian, nitrat juga berasal dari resapan air limbah pemukiman, kotoran hewan, dan kotoran manusia (Ali dkk., 2013). Limbah pemukiman mengandung senyawa organik dan protein yang dapat teruraikan oleh bakteri menjadi nitrat.



### 4.2.3 Kondisi Sumber Pencemar

Sumber pencemar yang masuk ke Sungai Kalimas Surabaya adalah sumber pencemar non *point sources* dan *point sources*. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010, sumber *point sources* dapat ditentukan lokasinya dengan tepat, sedangkan sumber pencemar air yang tak tentu (non *point sources* atau *diffuse sources*) tidak dapat ditentukan lokasinya secara tepat dan umumnya terdiri dari sejumlah besar sumber-sumber individu yang relatif kecil. Sumber non *point sources* berasal dari limbah pemukiman, perkantoran, hotel, dan lain sebagainya, sedangkan *point sources* pada penelitian Sungai Kalimas ini berasal dari masukan dari saluran drainase dan berupa anak sungai yang keluar dari Sungai Kalimas.

Kondisi hidrolik untuk sumber pencemar *point source* yang masuk ke Sungai Kalimas Surabaya dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan untuk data kualitas *point source* pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9. Selanjutnya untuk data hidrolik pencemar non *point source* terdapat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.6 Data Pencemar *Point Sources*

Nama	Lokasi	Debit Keluar	Debit Masuk
	(km)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
Saluran Drainase	5,85	0	15,71
Saluran Drainase	5,51	0	15,46
Sungai 1	4,93	22,25	0
Saluran Drainase	4,75	0	5,11
Saluran Drainase	3,65	0	5,89
Saluran Drainase	2,13	0	5,13
Saluran Drainase	1,63	0	10,16
Saluran Drainase	0,38	0	14,65

Sumber: Hasil pengukuran (2016)

Tabel 4.7 Data Pencemar Non *point Source*

Nama	Hulu	Hilir	Debit Keluar	Debit Masuk
	(Km)	(Km)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
Limbah Domestik	6,06	4,86	0	2,56 x 10 <sup>-6</sup>
Limbah Domestik	4,86	3,97	0	2,95 x 10 <sup>-6</sup>
Limbah Domestik	3,97	2,39	0	3,09 x 10 <sup>-6</sup>
Limbah Domestik	2,39	1,64	0	2,77 x 10 <sup>-6</sup>
Limbah Domestik	1,64	0,00	0	2,61 x 10 <sup>-6</sup>

Sumber: Hasil pengukuran (2016)

Tabel 4.8 Data Primer (I) Kualitas *Point Sources*

Nama	Lokasi	BOD	DO	COD	TSS
	(km)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
Saluran Drainase	5,85	6,20	3,40	25	120
Saluran Drainase	5,51	5,70	3,50	31	150
Sungai 1	4,93	-	-	-	-
Saluran Drainase	4,75	9,40	2,10	22	95
Saluran Drainase	3,65	8,90	1,90	36	90
Saluran Drainase	2,13	7,80	2,10	28	84
Saluran Drainase	1,63	6,70	2,20	40	110
Saluran Drainase	0,38	8,40	2,50	35	118

Sumber: Hasil analisis laboratorium (2016)

Tabel 4.9 Data Primer (II) Kualitas *Point Sources*

Nama	Lokasi	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Temperatur	pH
	(km)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(°C)	
Saluran Drainase	5,85	1,58	135	0,75	30	7,43
Saluran Drainase	5,51	3,21	125	0,64	30	7,25
Sungai 1	4,93	-	-	-	-	-
Saluran Drainase	4,75	2,12	140	0,81	30	7,68
Saluran Drainase	3,65	3,45	165	0,66	30	7,57
Saluran Drainase	2,13	2,21	110	0,76	30	7,35
Saluran Drainase	1,63	2,78	130	0,72	30	7,43
Saluran Drainase	0,38	3,20	150	0,64	30	7,22

Sumber: Hasil analisis laboratorium (2016)

Data kualitas dari sumber pencemar *point sources* pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 menunjukkan bahwa sumber pencemar masih belum memenuhi baku mutu untuk parameter DO, BOD, COD, dan TSS. Baku mutu yang digunakan adalah baku mutu air kelas II dalam PP RI Nomor 82 Tahun 2001.

Selanjutnya untuk data debit masuk maupun debit keluar dari sumber pencemar *point sources* didapatkan dengan cara melakukan pengukuran langsung dilapangan. Berbeda dengan pencemar *point sources*, untuk data debit masuk *non point sources* pada Tabel 4.7 didapatkan dari perhitungan jumlah rumah penduduk disekitar Sungai Kalimas Surabaya, bukan melalui pengukuran langsung dilapangan. Dalam perhitungan diasumsikan jangkauan pembuangan limbah menuju Sungai Kalimas Surabaya adalah melewati 3 deret rumah penduduk ke belakang, baik dari sisi kanan sungai maupun sisi kiri sungai. Selain berasal dari rumah penduduk debit pencemar *non point sources* juga didapatkan dari debit hotel yang termasuk dalam kategori limbah *non point sources*. Berikut data dan perhitungan debit *non point sources* pada segmen 1-segmen 5.

## Segmen 1

### **A. Non point sources dari rumah penduduk**

Jumlah rumah sisi kanan = 181 rumah

Jumlah rumah sisi kiri = 192 rumah

Jumlah rumah = 373 rumah

Asumsi setiap rumah terdiri dari 5 orang/rumah (Sagara, 2013)

Kota Surabaya termasuk kategori Kota Metropolitan dengan jumlah penduduk Kota >1.000.000 (Standar Dirjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum)

Kebutuhan air Kota Surabaya= 190 L/hari.orang

Maka, debit air bersih dari rumah penduduk pada segmen 1

$$= 373 \text{ rumah} \times 190 \text{ L/hari.orang} \times 5 \text{ orang/rumah}$$

$$= 354350 \text{ L/hari}$$

$$= 0,0041 \text{ m}^3/\text{s}$$

Menurut Sagara (2013), diasumsikan 75% dari air bersih akan menjadi air limbah.

Maka, debit air limbah dari rumah penduduk pada segmen 1

$$= 0,0041 \text{ m}^3/\text{s} \times 75\%$$

$$= 0,0031 \text{ m}^3/\text{s}$$

Karena pencemar *non point source* ini termasuk beban merata, maka debit yang masuk dibagi dengan jarak per segmen.

$$= 0,0031 \text{ m}^3/\text{s} / 1200 \text{ m}$$

$$= 2,56 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \text{ (per meter jarak)}$$

### **B. Non point sources dari hotel**

Jumlah kamar hotel = 96 Kamar

Asumsi setiap kamar terdiri dari 3 orang/kamar.

Maka, debit air bersih dari hotel pada segmen 1

$$= 96 \text{ kamar} \times 190 \text{ L/hari.orang} \times 3 \text{ orang/kamar}$$

$$= 54720 \text{ L/hari}$$

$$= 0,00063 \text{ m}^3/\text{s}$$

Maka, debit air limbah dari hotel pada segmen 1

$$= 0,00063 \text{ m}^3/\text{s} \times 75\%$$

$$= 0,000475 \text{ m}^3/\text{s}$$

## Segmen 2

### **A. Non point sources dari rumah penduduk**

Jumlah rumah sisi kanan = 170 rumah

Jumlah rumah sisi kiri = 148 rumah

Jumlah rumah = 318 rumah

Asumsi setiap rumah terdiri dari 5 orang/rumah.

Kebutuhan air Kota Surabaya= 190 L/hari.orang

Maka, debit air bersih dari rumah penduduk pada segmen 2

$$= 318 \text{ rumah} \times 190 \text{ L/hari.orang} \times 5 \text{ orang/rumah}$$

$$= 302100 \text{ L/hari}$$

$$= 0,0035 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Maka, debit air limbah dari rumah penduduk pada segmen 2

$$= 0,0035 \text{ m}^3/\text{s} \times 75\%$$

$$= 0,0026 \text{ m}^3/\text{s}$$

Karena pencemar *non point source* ini termasuk beban merata, maka debit yang masuk dibagi dengan jarak per segmen.

$$= 0,0026 \text{ m}^3/\text{s} / 890 \text{ m}$$

$$= 2,95 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \text{ (per meter jarak)}$$

### **B. Non point sources dari hotel**

Jumlah kamar hotel = 19 Kamar

Asumsi setiap kamar terdiri dari 3 orang/kamar.

Maka, debit air bersih dari hotel pada segmen 2

$$= 19 \text{ kamar} \times 190 \text{ L/hari.orang} \times 3 \text{ orang/kamar}$$

$$= 10830 \text{ L/hari}$$

$$= 0,000125 \text{ m}^3/\text{s}$$

Maka, debit air limbah dari hotel pada segmen 2

$$= 0,000125 \text{ m}^3/\text{s} \times 75\%$$

$$= 0,000094 \text{ m}^3/\text{s}$$

## Segmen 3

### **A. Non point sources dari rumah penduduk**

Jumlah rumah sisi kanan = 287 rumah

Jumlah rumah sisi kiri = 305 rumah

Jumlah rumah = 592 rumah

Asumsi setiap rumah terdiri dari 5 orang/rumah.

Kebutuhan air Kota Surabaya= 190 L/hari.orang

Maka, debit air bersih dari rumah penduduk pada segmen 3  
= 592 rumah x 190 L/hari.orang x 5 orang/rumah  
= 562400 L/hari  
= 0,0065 m<sup>3</sup>/s

Maka, debit air limbah dari rumah penduduk pada segmen 3  
= 0,0065 m<sup>3</sup>/s x 75%  
= 0,0050 m<sup>3</sup>/s

Karena pencemar *non point source* ini termasuk beban merata, maka debit yang masuk dibagi dengan jarak per segmen.

= 0,0050 m<sup>3</sup>/s / 1580 m  
= 3,09 x 10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup>/s (per meter jarak)

### **B. Non point sources dari hotel**

Jumlah kamar hotel = 362 Kamar  
(jumlah kamar hotel akumulasi dari 4 hotel)

Asumsi setiap kamar terdiri dari 3 orang/kamar.

Maka, debit air bersih dari hotel pada segmen 3  
= 362 kamar x 190 L/hari.orang x 3 orang/kamar  
= 206340 L/hari  
= 0,0024 m<sup>3</sup>/s

Maka, debit air limbah dari hotel pada segmen 3  
= 0,0024 m<sup>3</sup>/s x 75%  
= 0,0018 m<sup>3</sup>/s

### Segmen 4

#### **A. Non point sources dari rumah penduduk**

Jumlah rumah sisi kanan = 133 rumah

Jumlah rumah sisi kiri = 120 rumah

Jumlah rumah = 253 rumah

Asumsi setiap rumah terdiri dari 5 orang/rumah.

Kebutuhan air Kota Surabaya = 190 L/hari.orang

Maka, debit air bersih dari rumah penduduk pada segmen 4  
= 253 rumah x 190 L/hari.orang x 5 orang/rumah  
= 240350 L/hari  
= 0,0028 m<sup>3</sup>/s

Maka, debit air limbah dari rumah penduduk pada segmen 4  
= 0,0028 m<sup>3</sup>/s x 75%  
= 0,0021 m<sup>3</sup>/s

Karena pencemar *non point source* ini termasuk beban merata, maka debit yang masuk dibagi dengan jarak per segmen.

$$\begin{aligned} &= 0,0021 \text{ m}^3/\text{s} / 752 \text{ m} \\ &= 2,77 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \text{ (per meter jarak)} \end{aligned}$$

### **B. Non point sources dari hotel**

Jumlah kamar hotel = 56 Kamar

Asumsi setiap kamar terdiri dari 3 orang/kamar.

Maka, debit air bersih dari hotel pada segmen 4

$$\begin{aligned} &= 56 \text{ kamar} \times 190 \text{ L/hari.orang} \times 3 \text{ orang/kamar} \\ &= 31920 \text{ L/hari} \\ &= 0,00037 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Maka, debit air limbah dari hotel pada segmen 4

$$\begin{aligned} &= 0,00037 \text{ m}^3/\text{s} \times 75\% \\ &= 0,00028 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

### Segmen 5

#### **A. Non point sources dari rumah penduduk**

Jumlah rumah sisi kanan = 332 rumah

Jumlah rumah sisi kiri = 187 rumah

Jumlah rumah = 519 rumah

Asumsi setiap rumah terdiri dari 5 orang/rumah.

Kebutuhan air Kota Surabaya= 190 L/hari.orang

Maka, debit air bersih dari rumah penduduk pada segmen 5

$$\begin{aligned} &= 519 \text{ rumah} \times 190 \text{ L/hari.orang} \times 5 \text{ orang/rumah} \\ &= 493050 \text{ L/hari} \\ &= 0,0057 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Maka, debit air limbah dari rumah penduduk pada segmen 5

$$\begin{aligned} &= 0,0057 \text{ m}^3/\text{s} \times 75\% \\ &= 0,0043 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Karena pencemar *non point source* ini termasuk beban merata, maka debit yang masuk dibagi dengan jarak per segmen.

$$\begin{aligned} &= 0,0043 \text{ m}^3/\text{s} / 1638 \text{ m} \\ &= 2,61 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \text{ (per meter jarak)} \end{aligned}$$

### 4.3 Pembentukan Model

Tahap pembentukan model merupakan tahap setelah dilakukan pembagian segmen Sungai Kalimas, pengukuran kondisi hidrolik Sungai Kalimas, dan analisis kualitas air Sungai Kalimas. Dalam pembentukan model program yang digunakan adalah QUAL2Kw. Data yang telah tersedia kemudian dimasukkan pada *worksheet* dalam program QUAL2Kw sebagai langkah awal dalam pembentukan model. *Worksheet* pada QUAL2Kw memiliki perbedaan warna pada masing-masing *worksheet*. Perbedaan warna tersebut tentunya memberikan informasi yang berbeda untuk masing-masing *worksheet*, antara lain:

1. *Worksheet* biru : merupakan data dan parameter yang dibutuhkan untuk pembentukan model
2. *Worksheet* hijau : hasil data yang dikeluarkan oleh model QUAL2Kw
3. *Worksheet* kuning: data yang dikeluarkan sebagai grafis oleh model QUAL2Kw

Data yang dimasukan antara lain data umum mengenai sungai (nama sungai, waktu pengambilan sampel, dan lain sebagainya), data kualitas di hulu (*headwater*), data *reach*, data pencemar *point sources* dan *diffuse sources* (non *point sources*), data hidrolik sungai (kecepatan, kedalaman dan debit sungai), data kualitas badan air (pH, temperatur, TSS, BOD, COD,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  dan DO) serta data pendukung seperti temperatur udara, temperatur embun, dan kecepatan angin. Dalam pembuatan model, sumber pencemar non *point source* berupa air limbah domestik yang sebagian besar berasal dari pemukiman penduduk dan sumber lain yaitu dari perkantoran, hotel, rumah makan, sekolah, pergudangan dan kegiatan lain yang ada di sekitar sungai. Sumber pencemar *point source* berasal dari saluran drainase dan aliran air dari Kalimas yang keluar menuju anak sungai. Parameter kualitas sungai yang akan diukur dan dimodelkan harus disesuaikan dengan parameter yang ada di dalam program QUAL2Kw yaitu terdapat dalam Tabel 4.10 berikut.



Tabel 4.10 Parameter Kualitas Air Dalam Program QUAL2Kw

No	Nama Parameter	Nama Parameter dalam QUAL2Kw
1	pH	<i>pH</i>
2	Temperatur (°C)	<i>Temperature (°C)</i>
3	DO (mg/L)	<i>Dissolved Oxygen (mg/L)</i>
4	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	<i>CBOD fast (mg/L)</i>
5	COD (mg/L)	<i>Generic Constituent (mg/L)</i>
6	TSS (mg/L)	<i>ISS (mg/L)</i>
7	NH <sub>4</sub> (mg/L)	<i>NH<sub>4</sub> (µg/L)</i>
8	PO <sub>4</sub> (mg/L)	<i>Inorganic P (µg/L)</i>
9	NO <sub>3</sub> (mg/L)	<i>NO<sub>3</sub> (µg/L)</i>

Sumber: Hasil Analisis (2016)

#### 4.4 Kalibrasi Model

Dalam penelitian ini sebelum melakukan beberapa teknik simulasi, maka model perlu dikalibrasi. Kalibrasi model dilakukan agar data model mendekati data input yang telah dimasukkan ke dalam program karena adanya perbedaan waktu dan variasi data. Kalibrasi model dibagi menjadi 2 yaitu kalibrasi data hidrolis dan kalibrasi data kualitas air.

Kalibrasi data hidrolis dilakukan dengan memasukkan data-data Sungai Kalimas ke dalam *worksheet QUAL2K, headwater, reach, point sources* (data hidrolis), *diffuse sources* (data hidrolis), *hydraulics data*, dan *temperature data*. Setelah data diinput selanjutnya klik [Run VBA] untuk *running* dan dapat dilakukan *trial and error* agar model yang terbentuk dari parameter hidrolis sesuai dengan data yang diinput.

Dalam melakukan *trial and error* untuk data hidrolis, data yang diubah berbeda-beda. Model kecepatan dan kedalaman sungai Kalimas Surabaya dilakukan kalibrasi dengan mengubah nilai pada *worksheet reach*. Dimana pada *worksheet* tersebut dilakukan *trial and error* pada *sheet manning formula*. Model debit sungai dipengaruhi oleh data debit masuk maupun debit keluar ke Sungai Kalimas yang dimasukkan pada *worksheet diffuse sources* dan *point sources*. Dalam melakukan kalibrasi model debit sungai, *worksheet* yang di *trial and error* adalah *worksheet diffuse source*. Hal ini dikarenakan pencemar *point source* telah dilakukan pengukuran langsung, sedangkan data *diffuse source*

sulit untuk dilakukan pengukuran sebab titik sumber pencemar tidak dapat ditentukan lokasinya.

Pada *worksheet reach* terdapat data koordinat, jarak, elevasi, dan *hydraulic model*. Dalam kolom *hydraulic model* terdapat kolom *weir*, kolom *rating curves* dan *manning formula*. Kolom *weir* diisi apabila terdapat terjunan dalam sebuah sungai, namun pada Kalimas tidak terdapat terjunan, sehingga kolom *weir* tidak perlu diisi. Kolom *rating curves* dan *manning formula* merupakan kolom untuk menentukan perhitungan pada kecepatan dan kedalaman sungai. Kedua model tidak harus diisi keduanya, namun dipilih salah satu model. Model yang dipilih adalah *manning formula*, hal ini disebabkan nilai dalam *manning formula* lebih mudah digunakan untuk pemodelan sungai dalam penginputan data. Didalam kolom *manning formula* terdapat data slope sungai, koefisien manning, dan lebar sungai.

Data-data Sungai Kalimas dalam *worksheet reach* dapat dilihat pada Gambar 4.14, sedangkan data hidrolik Sungai Kalimas berupa debit, kedalaman, dan kecepatan pada Tabel 4.2 diinput ke dalam *worksheet hydraulics data* yang dapat dilihat pada Gambar 4.15. Hasil dari kalibrasi data hidrolik terdapat pada Gambar 4.16 sampai Gambar 4.18.

Hydraulic Model (Weir Overrides Rating Curves; Rating Curves Override Manning Formula)																								
Downstream					Weir					Rating Curves					Manning Formula									
Latitude		Longitude		Height		Width		Velocity		Coefficient		Exponent		Denom		Channel		Manning		Bot Width		Slope		
Degrees	Minutes	Seconds	Degrees	Minutes	Seconds	(m)	(m)	(m/s)	Coefficient	Exponent	Coefficient	Exponent	Denom	Exponent	Slope	Slope	n	n	m	Slope	Slope	Slope	Slope	
-7.00	-15	-44	112.00	44	46	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-7.00	-15	-21	112.00	44	34	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-7.00	-15	-9	112.00	44	14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-7.00	-14	-35	112.00	44	23	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-7.00	-14	-13	112.00	44	18	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-7.00	-13	-20	112.00	44	17	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

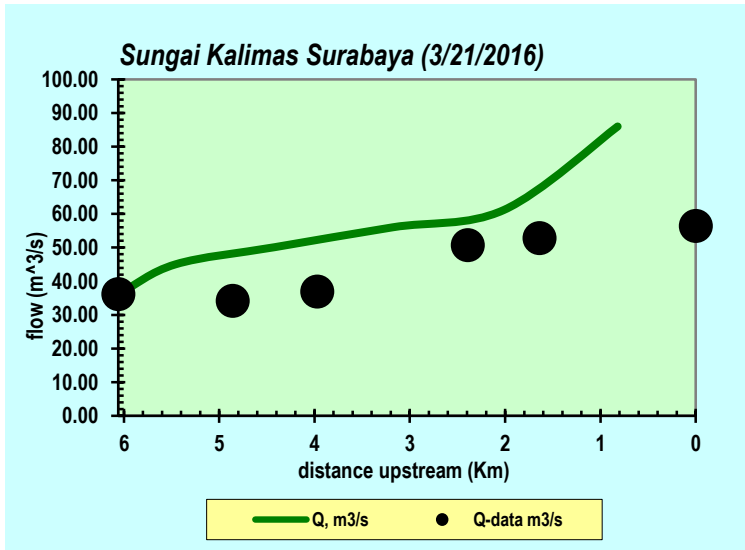
Gambar 4.15 Worksheet Reach

Sumber: QUAL2Kw (2016)

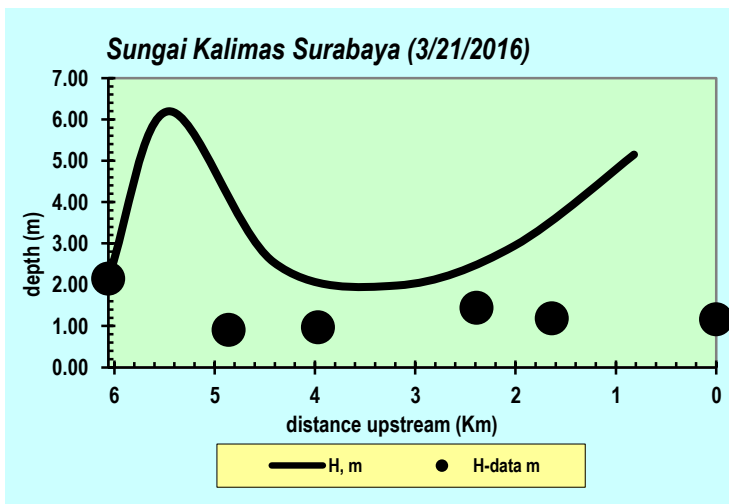
Distance x (km)	Q-data m <sup>3</sup> /s	H-data m	U-data m/s
6.06	36.097	2.145	0.595
4.86	34.114	0.910	0.510
3.97	36.888	0.967	0.536
2.39	50.691	1.443	0.561
1.64	52.729	1.187	0.465
0.00	56.343	1.160	0.435

Gambar 4.14 Worksheet Hydraulics Data

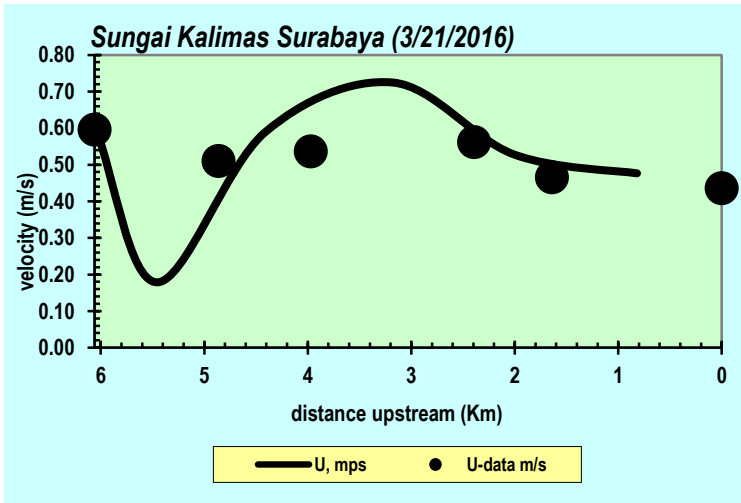
Sumber: QUAL2Kw (2016)



Gambar 4.16 Perbandingan Model dan Data Debit Aliran Sungai  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



Gambar 4.17 Perbandingan Model dan Data Kedalaman Sungai  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



Gambar 4.18 Perbandingan Model dan Data Kecepatan Aliran Sungai  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)

Gambar 4.16 menunjukkan bahwa model sudah mendekati data input (lingkaran hitam). Pada lokasi 4.86 km terjadi penurunan debit akibat adanya aliran yang keluar dari Sungai Kalimas menuju anak sungai. Sedangkan debit pada titik-titik selanjutnya mengalami peningkatan akibat perubahan dimensi sungai menjadi semakin lebar. Debit tertinggi pada titik 0,00 km, hal tersebut disebabkan pada segmen tersebut tidak dipengaruhi adanya belokan dan lebar sungai juga bertambah. Nilai debit air menginterpretasikan kecepatan aliran air per luas penampang sungai. Dengan demikian jika debit air tinggi maka nilai kecepatan air juga tinggi (Moersidik dan Rahma, 2011).

Gambar 4.17 menunjukkan kedalaman tertinggi pada titik 1 (6,06 km), sedangkan untuk titik-titik selanjutnya kedalaman menurun. Selain disebabkan oleh perubahan dimensi Sungai Kalimas, perbedaan kedalaman juga disebabkan adanya endapan sedimen di dasar sungai. Tren garis (model) pada titik 4,86 km menjauhi lingkaran hitam (data input). Hal tersebut disebabkan pengaruh kecepatan, lebar sungai, dan *slope*. Berdasarkan rumus persamaan *manning* (persamaan 1.1) dan persamaan (1.2), *slope* berbanding terbalik dengan lebar sungai

dan sebanding dengan kedalaman serta kecepatan. Pada titik 4,86 km kedalaman 0,910 m dan pada titik tersebut lebar sungai besar (40,67 m) serta didapatkan hasil pengukuran *slope* sebesar 0.00001 m/m dan kecepatan 0,510 m/detik. Dengan kecepatan sebesar itu pada keadaan *slope* yang kecil maka menyebabkan model menjauhi data input.

$$V = 1/n R^{2/3} S^{1/2} \quad (\text{persamaan 1.1})$$

$$\text{Slope} = \frac{\Delta H \text{ permukaan air}}{\text{Jarak per segmen}} \quad (\text{persamaan 1.2})$$

Gambar 4.18 menunjukkan bahwa model sudah mendekati data input (lingkaran hitam), namun pada titik 4,86 km menjauhi model. Model pada titik 4,86 km menunjukkan penurunan kecepatan air, penurunan tersebut disebabkan adanya keluaran dari sungai menuju anak sungai. Tren garis (model) pada titik 4,86 km menjauhi data input, hal tersebut disebabkan pengaruh kecepatan, lebar sungai, dan *slope* sama halnya dengan Gambar 4.17. Berdasarkan rumus persamaan *manning* (persamaan 1.1) dan persamaan (1.2), slope berbanding terbalik dengan lebar sungai dan sebanding dengan kedalaman serta kecepatan. Pada titik 4,86 km kedalaman 0,910 m dan pada titik tersebut lebar sungai besar (40,67 m) serta didapatkan hasil pengukuran *slope* sebesar 0.00001 m/m dan kecepatan 0,510 m/detik. Dengan kecepatan sebesar itu pada keadaan *slope* yang kecil maka menyebabkan model menjauhi data input karena nilai kecepatan besar namun *slope* kecil.

Setelah model kalibrasi data hidrolis sesuai dengan data yang diinginkan, maka selanjutnya dilakukan kalibrasi data kualitas air sungai pada setiap segmen. Dalam kalibrasi kualitas, data yang sudah didapatkan diinput ke dalam *worksheet WQ data, point sources* (data kualitas air), *diffuse sources* (data kualitas air), dan data pendukung seperti *air temperature, dew point temperature, wind speed, cloud cover, shade, dan solar*.

Dalam kalibrasi data kualitas air sungai, maka data yang akan diubah-ubah nilainya adalah data pada *worksheet reach rates*. Dimana pada *worksheet* tersebut dilakukan *trial and error*

pada koefisien tiap parameter. Rentang nilai koefisien tiap parameter dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Rentang koefisien tersebut merupakan koefisien untuk sungai 4 musim. Oleh sebab itu, dilakukan kalibrasi untuk menyesuaikan koefisien yang sesuai dengan sungai Kalimas Surabaya. Dalam melakukan kalibrasi ini, terdapat kemungkinan tidak semua koefisien berada direntang angka pada Tabel 4.11. Hal tersebut disebabkan kondisi setiap sungai berbeda.

Tabel 4.11 Nilai Koefisien

Nama Koefisien	Unit	Rentang Nilai
Reaerasi	hari <sup>-1</sup>	0,02 – 3,4
Kecepatan pengendapan ISS	m/hari	0 – 2
Laju oksidasi CBOD	hari <sup>-1</sup>	0,02 – 4,2
Laju nitrifikasi NH <sub>4</sub>	hari <sup>-1</sup>	0 – 10
Laju denitrifikasi NO <sub>3</sub>	hari <sup>-1</sup>	0 – 2
Koefisien transfer denitrifikasi NO <sub>3</sub>	hari <sup>-1</sup>	0 – 1
Kecepatan pengendapan PO <sub>4</sub>	m/hari	0 – 2

Sumber: Kannel (2007) dan Brown (1987)

Hasil dari kalibrasi kualitas akan dibahas pada sub bab selanjutnya, hal tersebut dikarenakan dalam penelitian ini kalibrasi kualitas merupakan hasil dari simulasi 1.

#### 4.5 Penggunaan Simulasi Kualitas Air Sungai

Simulasi merupakan langkah yang dilakukan untuk memperkirakan kualitas air sungai yang ada sesuai dengan teknik simulasi pada Tabel 3.4. Dalam penelitian ini, simulasi yang akan digunakan ada 5 simulasi.

Simulasi yang akan dilakukan menggunakan kondisi eksisting dan kondisi sesuai baku mutu air kelas II. Kualitas air pada hulu sungai diinput ke dalam *worksheet headwater* pada QUAL2Kw. Hasil simulasi dari program akan ditampilkan dari *worksheet WQ output* yang merupakan hasil dari simulasi data untuk pembentukan grafik kualitas air sungai dan *worksheet source summary* yang merupakan hasil simulasi data debit dan kualitas pencemar yang ada per segmen sungai. Hasil

perhitungan dari *worksheet source summary* akan digunakan pada perhitungan daya tampung beban pencemaran.

Perhitungan daya tampung dilakukan dengan mendapatkan selisih dari beban pencemaran saat beban penuh sesuai dengan baku mutu dengan kondisi awal sungai tanpa adanya beban pencemaran dimana badan air melakukan *self-purifikasi*.

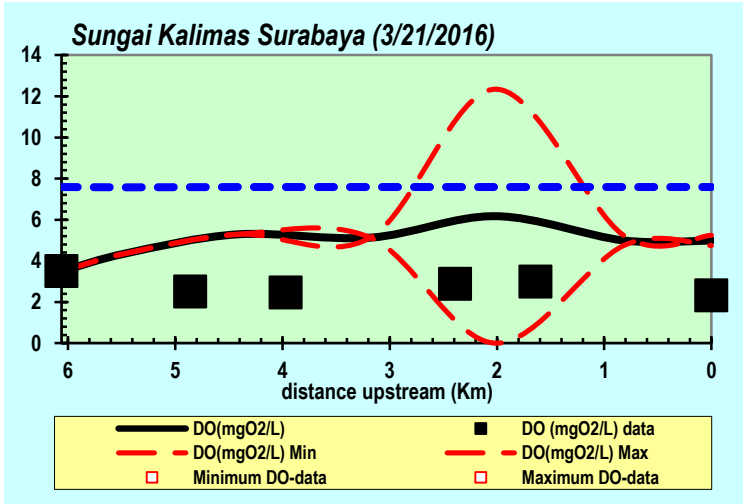
#### **4.5.1 Simulasi 1**

Simulasi 1 ini bertujuan untuk mengkalibrasi data kualitas air agar dapat digunakan untuk simulasi yang lainnya. Simulasi satu ini digunakan juga untuk mendapatkan koefisien model sungai. Data input yang digunakan adalah data yang digunakan saat pembentukan model untuk pertama kali.

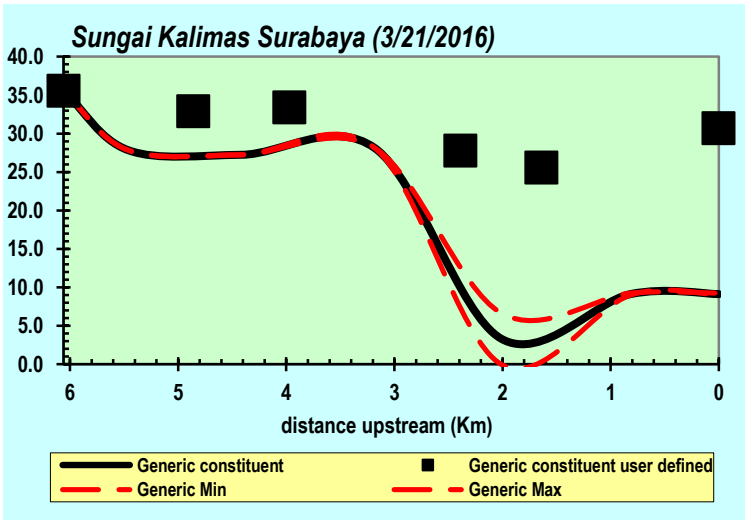
Hasil dari simulasi 1 ini, didapatkan beberapa parameter seperti TSS, DO, BOD, COD, dan fosfat yang melebihi nilai baku mutu air kelas II. Hasil dari simulasi 1 (*WQ Output*) dapat dilihat pada Tabel 4.12. Dalam melakukan simulasi 1 dilakukan *trial and error*, untuk kalibrasi data hidrolik *trial and error* dilakukan pada *mannning formula* dalam *worksheet reach*, sedangkan kalibrasi data kualitas pada *worksheet reach rates*. Penjelasan selengkapnya mengenai langkah *trial and error* sudah tercantum pada sub bab 4.4.

*Trial and error* dilakukan dengan uji coba pada model kalibrasi yang bertujuan membandingkan data prediksi model dengan hasil pengamatan (Tuan et al., 2007). Dengan kata lain, model kalibrasi mendekati data kualitas air hasil dari sampling. Hasil dari kalibrasi data kualitas air (model) simulasi 1 dapat dilihat pada Gambar 4.19-Gambar 4.27.





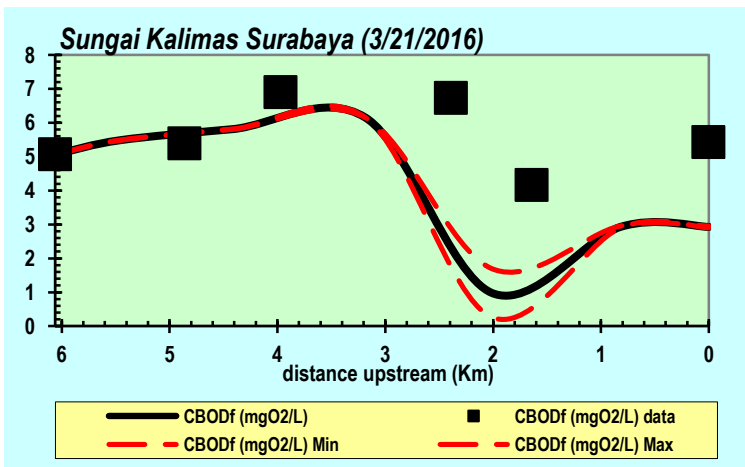
Gambar 4.19 Profil DO Pada Simulasi 1  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



Gambar 4.20 Profil COD Pada Simulasi 1  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)

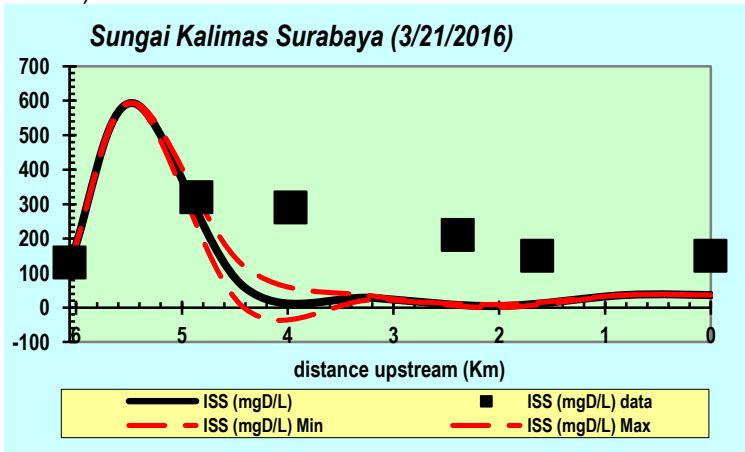
Gambar 4.19 menunjukkan bahwa nilai DO pada rentang nilai 2,32-3,50 mg/l, dengan nilai yang dihasilkan pada *WQ Output* pada segmen A-1 nilai DO masih belum memenuhi baku mutu air kelas II. Tren garis (model) untuk parameter DO sudah mendekati kotak berwarna hitam (data input). Garis putus-putus berwarna biru menunjukkan nilai dari DO jenuh yaitu sebesar 7,59 mg/l. Titik 2,39-1,64 km menunjukkan nilai DO min dan DO max yang tertinggi (garis putus-putus warna merah). Hal tersebut disebabkan adanya peningkatan yang sangat signifikan untuk konsentrasi BOD dan COD pada sumber pencemar *point sources* dan non *point sources*. Dengan adanya konsentrasi yang meningkat dalam titik tersebut maka menyebabkan tingginya nilai DO max dan DO min.

Gambar 4.20 menunjukkan profil untuk parameter COD. Pada segmen 3-4 terjadi penurunan nilai COD. Hal tersebut disebabkan karena berkurangnya sumber pencemar yang berasal dari hotel, sedangkan pada segmen sebelumnya pencemar dari hotel meningkat. Selain faktor pencemar dari hotel, faktor lain yang berpengaruh juga berasal dari kegiatan yang ada disekitar bantaran Sungai Kalimas.

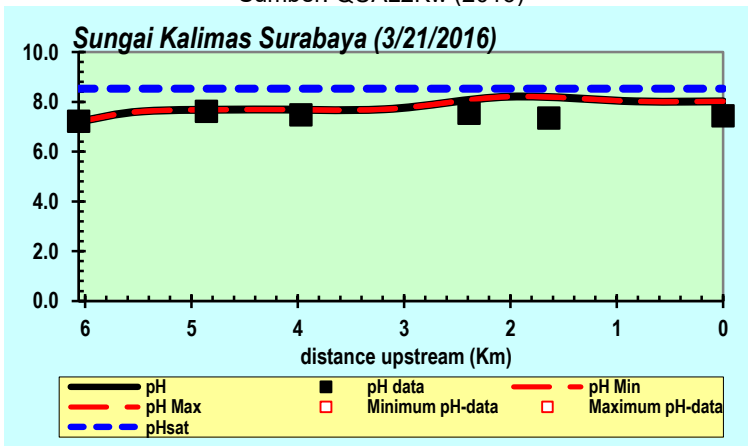


Gambar 4.21 Profil BOD Pada Simulasi 1  
Sumber: QUAL2Kw (2016)

Gambar 4.21 diatas dapat dilihat bahwa tren garis (model) sudah mendekati data input. Data menunjukkan nilai BOD Sungai Kalimas berkisar antara 4,16-6,90 mg/l. Nilai BOD meningkat pada segmen 2-3 hal tersebut dikarenakan banyaknya sumber pencemar baik dari hotel maupun saluran drainase (*point sources*).



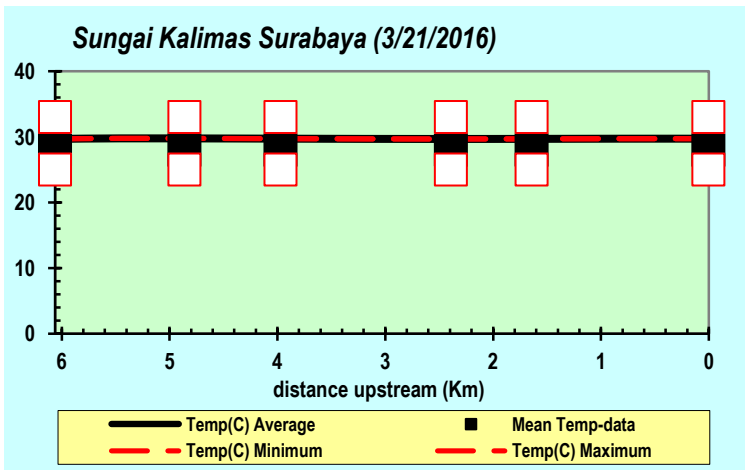
Gambar 4.22 Profil TSS Pada Simulasi 1  
Sumber: QUAL2Kw (2016)



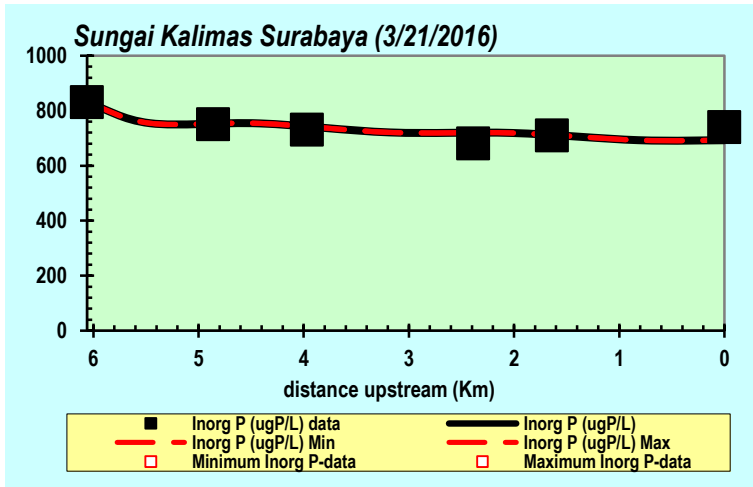
Gambar 4.23 Profil pH Pada Simulasi 1  
Sumber: QUAL2Kw (2016)

Gambar 4.22 menunjukkan nilai TSS pada Sungai Kalimas. Nilai TSS pada semua segmen tidak memenuhi baku mutu air kelas II berdasarkan PP RI Nomor 82 Tahun 2001 yaitu sebesar 50 mg/l. Hal tersebut disebabkan karena ada banyaknya sedimen didalam sungai yang belum dilakukan pengerukan oleh Perusahaan Umum Jasa Tirta 1. Berdasarkan peta pengerukan sedimen Sungai Kalimas tahun 2016, pengerukan sedimen Sungai Kalimas dilakukan per jarak 50 m dari sungai. Selain berasal dari sedimen, sebagian besar kandungan TSS juga dipengaruhi oleh limbah domestik terutama dari rumah penduduk yang berada di sekitar sungai (Pavita dkk., 2014)

Gambar 4.23 menunjukkan bahwa tren garis (model) sudah mendekati kotak berwarna hitam (data input) untuk parameter pH. Data pH pada sungai kalimas untuk semua segmen pada rentang 7,21-7,62. Nilai tersebut merupakan nilai pH yang stabil dan sudah memenuhi baku mutu air kelas II. pH *saturation* yang didapatkan dari *WQ output* simulasi 1 adalah sebesar 8,53. pH *saturation* berupa garis putus-putus berwarna biru. Sedangkan pada Gambar 4.24 menunjukkan nilai untuk parameter temperatur. Temperatur rata-rata Sungai Kalimas pada semua titik stabil, yaitu pada rentang nilai 29,5-30,8 °C.



Gambar 4.24 Profil Temperatur Pada Simulasi 1  
Sumber: QUAL2Kw (2016)



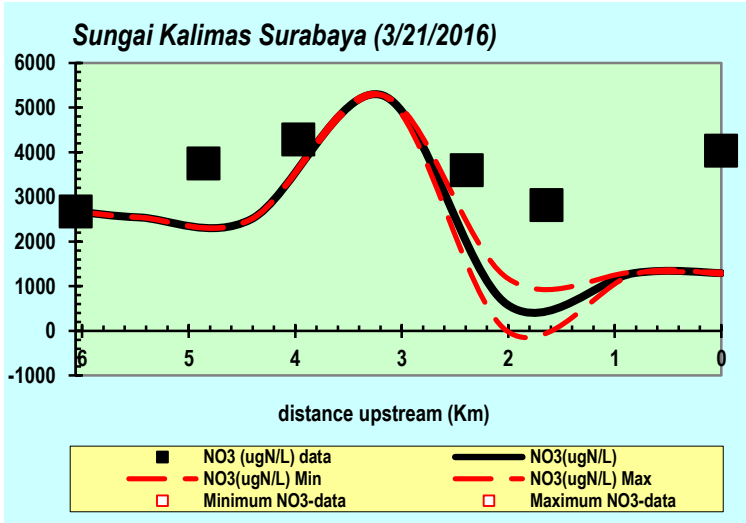
Gambar 4.25 Profil Fosfat Pada Simulasi 1

Sumber: QUAL2Kw (2016)

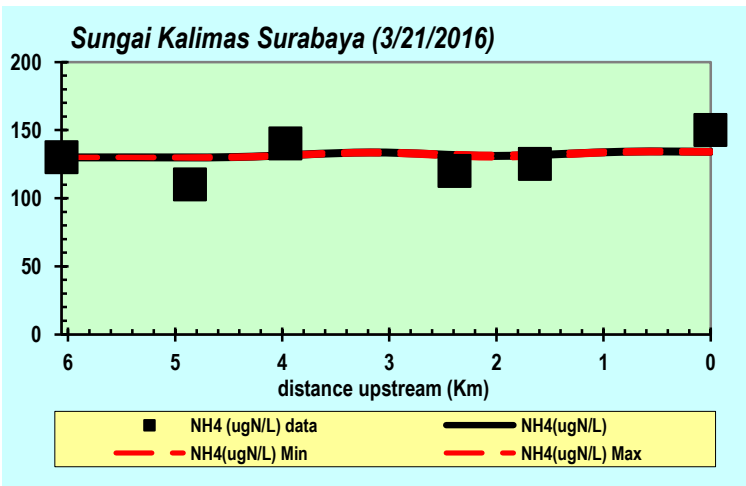
Gambar 4.25 menunjukkan bahwa nilai fosfat pada rentang nilai 0,68-0,83 mg/l. Nilai tersebut melebihi baku mutu air kelas II dalam PP Nomor 82 Tahun 2001 yaitu sebesar 0,2 mg/l. Tren garis (model) untuk parameter fosfat sudah mendekati kotak berwarna hitam (data input).

Sumber fosfat dapat berasal dari 7% industri, 10% dari proses alamiah, 17% pupuk pertanian, 34% rumah tangga, dan 32% limbah peternakan. Keberadaan fosfat yang berlebihan di badan air menyebabkan suatu fenomena eutrofikasi (Yogiarti dkk., 2014)

Gambar 4.26 di bawah menunjukkan bahwa nilai nitrat masih memenuhi baku mutu air kelas II. Nilai nitrat antara 2,67-4,03 mg/l pada semua segmen penelitian. Kondisi nitrat yang rendah disebabkan daerah penelitian jauh dari daerah pertanian, sehingga kandungan pupuk yang masuk ke dalam sungai rendah.



Gambar 4.26 Profil Nitrat Pada Simulasi 1  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)

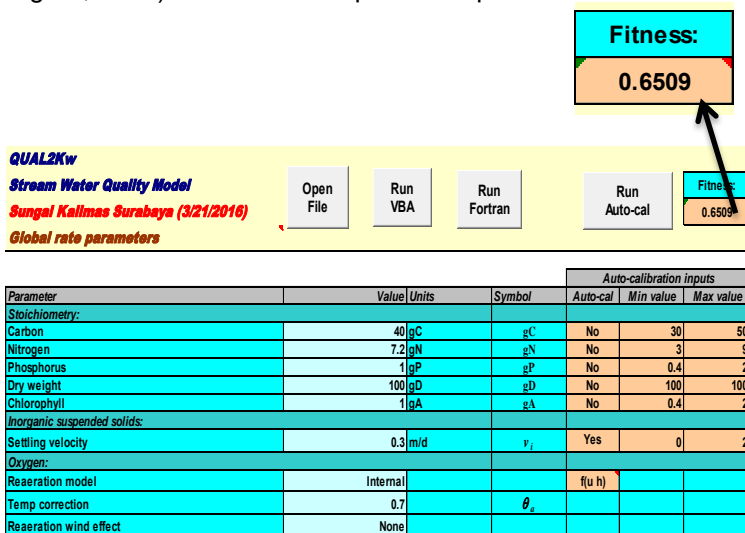


Gambar 4.27 Profil Amonium Pada Simulasi 1  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)

Gambar 4.27 menunjukkan bahwa tren garis (model) sudah mendekati kotak berwarna hitam (data input) untuk parameter amonium. Nilai amonium berkisar antara 0,11-0,15 mg/l. Nilai tersebut merupakan nilai amonium yang stabil dan sudah memenuhi baku mutu air kelas II yaitu sebesar 0,5 mg/l.

Setelah kalibrasi data kualitas air sungai berhasil dilakukan *running* sehingga terbentuk tren garis (model) mendekati data input. Dari hasil *running*, maka didapatkan nilai koefisien pada masing-masing parameter. Koefisien dapat dilihat pada *worksheet reach rates* Gambar 4.28. Selain didapatkan nilai koefisien, program QUAL2Kw juga menghasilkan nilai *fitness*. Nilai *fitness* muncul pada *worksheet rates*.

Nilai *fitness* yang dihasilkan dari simulasi 1 sebesar 0,6509. Nilai 0,6509 menunjukkan kesesuaian model dengan data eksisting. Nilai *fitness* akan meningkat apabila terjadi peningkatan dari model yaitu tren garis (model) mendekati data input (Hendriarianti, 2015). Dengan adanya nilai *fitness* = 0,6509 berarti nilai tersebut lebih besar dari 0,5, maka dalam modeling berarti reliabel dan dapat dilanjutkan ke simulasi yang lain (Sagara, 2013). Nilai *fitness* dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Nilai *Fitness* Dari Simulasi 1  
Sumber: QUAL2Kw (2016)

**QUAL2Kw**

**Stream Water Quality Mo**  
**Sungai Kalimas Surabaya**

Run  
VBA

Run  
Fortran

**Optional reach-specific rate parameters (leave blank if not used):**

Reach number	Reach label	ISS		Slow CBOD		Fast CBOD		Organic N		Ammonium		Nitrate	
		Prescribed Reaeration /d	Settling Velocity m/d	Hydrolysis Rate /d	Oxidation Rate /d	Hydrolysis Rate /d	Oxidation Rate /d	Hydrolysis Rate /d	Settling Velocity m/d	Nitrification Rate /d	Nitrification Rate /d	Denitri Rate m/d	Denitri Rate m/d
1	Segmen A-1	1000	0.0001			10				0.01	0.0000001	0.0000001	0.0002
2	Segmen 1-2	1000	10000000			100000				0.0000001	0.001	0.0000001	0.0001
3	Segmen 2-3	100	100			0.0001				0.0001	0.0001	0.0001	0.001
4	Segmen 3-4	12000	100000			0.001				0.05	500000	500000	10000
5	Segmen 4-B	1200	0.0000005			0.000001				0.0000009	0.0000001	0.0000001	0.1

Gambar 4.29 Nilai Koefisien Pada Worksheet Reach Rates  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)

Tabel 4.12 Hasil WQ Output Simulasi 1

Jarak	*BMA DO	*BMA	COD	*BMA	BOD	*BMA	TSS	*BMA	NH	*BMA	NO3	*BMA	PO4	*BMA	pH
6.06	3.50		35.56		5.07	130.00			0.130		2.67		0.83		7.21
4.86	4.37		27.63		5.48	593.08			0.130		2.54		0.75		7.62
3.97	5.29	25	27.24	3	5.81	60.47	50	0.5	0.130	10	2.50	0.2	0.75	6-9	7.69
2.39	5.13		28.10		6.14	27.97			0.134		5.27		0.72		7.70
1.64	6.17		3.33		0.98	4.43			0.131		0.60		0.72		8.21
0.00	4.99		9.12		2.93	36.27			0.134		1.29		0.69		8.02

Sumber: QUAL2Kw (2016)



#### 4.5.2 Simulasi 2

Simulasi 2 bertujuan untuk mengetahui kualitas air Kalimas untuk masa yang akan datang dari hulu hingga hilir sungai Kalimas Surabaya. Dalam simulasi kedua data-data sampling pada *worksheet WQ Data* dan *Hydraulics Data* dihilangkan. Data yang dimasukkan dalam *worksheet headwater QUAL2Kw* adalah data kualitas air eksisting sama dengan simulasi 1. Data sumber pencemar non *point source* yang diinput merupakan hasil prediksi dari pertumbuhan penduduk dibantaran Sungai Kalimas Surabaya hingga tahun 2021 (5 tahun), sedangkan sumber pencemar *point sources* tidak diproyeksikan (nilainya tetap). Dalam hal ini, prediksi yang digunakan adalah prediksi selama 5 tahun yang akan datang. Lima tahun ini dipilih dikarenakan pada PP RI Nomor 82 Tahun 2001 disebutkan bahwa penetapan daya tampung minimal adalah 5 tahun sekali.

Berdasarkan peraturan tersebut, maka dalam simulasi ini akan membuat proyeksi dari tahun 2016 hingga maksimal 5 tahun yang akan datang sesuai dengan hasil prediksi yang bisa didapatkan. Berdasarkan prediksi melalui proyeksi jumlah penduduk di sekitar sungai, maka dapat diketahui debit air limbah domestik yang akan dihasilkan pada 5 tahun yang akan datang. Selain data debit, data kualitas air juga diproyeksikan dengan menggunakan tren kualitas dari Kali Surabaya (titik sampling Ngagel) yang merupakan hulu dari Sungai Kalimas Surabaya dan tren kualitas Sungai Kalimas titik sampling pada Jembatan Kebon Rojo.

Prediksi jumlah penduduk pada simulasi ini diketahui berdasarkan perhitungan proyeksi penduduk menggunakan 3 metode yaitu metode aritmatika, metode geometri, dan metode *least square*. Dari ketiga metode tersebut dipilih nilai  $r$  terbesar yang akan digunakan sebagai acuan untuk melakukan proyeksi. penduduk yang akan diproyeksikan merupakan penduduk dalam pemukiman yang berada dibantaran Sungai Kalimas dan jumlah penghuni hotel yang ada disekitar Sungai Kalimas. Wilayah yang diproyeksikan meliputi Kecamatan Genteng, Kecamatan Krembangan, dan Kecamatan Pabean Cantikan.

Dari perhitungan nilai  $r$  pada 3 kecamatan didapatkan nilai  $r$  terbesar adalah nilai  $r$  menggunakan metode *least square*. Metode *least square* tidak dapat digunakan dalam perhitungan

ini, dikarenakan data penduduk sekitar Sungai Kalimas tidak ada data sebelumnya. Berdasarkan hal tersebut, maka perhitungan proyeksi penduduk menggunakan metode aritmatika dengan nilai koefisien korelasi dari nilai yang paling tinggi. Metode geometri dan *least square* tidak bisa digunakan karena tidak mengetahui data jumlah populasi sebelumnya. Hasil perhitungan nilai r dan proyeksi penduduk selengkapnya dapat dilihat pada bagian lampiran B. Jumlah penduduk yang dimulai dari tahun 2007 hingga 2012 pada Kecamatan genteng, Krembangan, dan Pabean Cantikan dapat dilihat pada Tabel 4.13-Tabel 4.15.

Tabel 4.13 Jumlah Penduduk Kecamatan Genteng Tahun 2011-2015

Tahun	Jumlah Penduduk
2011	66791
2012	68191
2013	69817
2014	70680
2015	70266

Sumber: BPS Kota Surabaya (2016)

Tabel 4.14 Jumlah Penduduk Kecamatan Krembangan Tahun 2011-2015

Tahun	Jumlah Penduduk
2011	122616
2012	129681
2013	135009
2014	135005
2015	136076

Sumber: BPS Kota Surabaya (2016)

Tabel 4.15 Jumlah Penduduk Kecamatan Pabean Cantikan Tahun 2011-2015

Tahun	Jumlah Penduduk
2011	89881
2012	88573
2013	90122
2014	90934
2015	91006

Metode perhitungan proyeksi jumlah penduduk di sekitar Sungai Kalimas adalah menggunakan nilai  $r$  terbesar dari 3 nilai  $r$  yang didapatkan pada perhitungan dengan metode aritmatika. Nilai  $r$  tersebut sebesar 0.34, lebih jelasnya ada pada lampiran B. Data perhitungan proyeksi penduduk bantaran Sungai Kalimas pada setiap segmen dapat dilihat pada Tabel 4.15-Tabel 4.19. Berikut merupakan contoh perhitungan jumlah penduduk pada segmen 1-segmen 5 pada tahun 2016.

Asumsi: 1 rumah penduduk terdapat 5 orang

1 kamar hotel terdapat 3 orang

Asumsi berlaku untuk perhitungan pada semua segmen

### **Segmen 1**

Jumlah rumah pada segmen 1 = 373 rumah

Maka jumlah penduduk pada segmen 1 =  $373 \times 5$  orang

= 1865 orang

Jumlah hotel pada segmen 1 = 1 hotel (96 kamar)

Maka jumlah penduduk pada segmen 1 =  $96 \times 3$  orang

= 288 orang

Jadi, jumlah penduduk pada segmen 1 = 2153 orang

### **Segmen 2**

Jumlah rumah pada segmen 2 = 318 rumah

Maka jumlah penduduk pada segmen 2 =  $318 \times 5$  orang

= 1590 orang

Jumlah hotel pada segmen 2 = 1 hotel (19 kamar)

Maka jumlah penduduk pada segmen 2 =  $19 \times 3$  orang

= 57 orang

Jadi, jumlah penduduk pada segmen 2 = 1647 orang

### **Segmen 3**

Jumlah rumah pada segmen 3 = 592 rumah

Maka jumlah penduduk pada segmen 3 =  $592 \times 5$  orang

= 2960 orang

Jumlah hotel pada segmen 3 = 4 hotel (362 kamar)

Maka jumlah penduduk pada segmen 3 =  $362 \times 3$  orang

= 1086 orang

Jadi, jumlah penduduk pada segmen 3 = 4046 orang

#### Segmen 4

Jumlah rumah pada segmen 4 = 253 rumah  
Maka jumlah penduduk pada segmen 4 = 253 x 5 orang  
= 1265 orang  
Jumlah hotel pada segmen 4 = 1 hotel (56 kamar)  
Maka jumlah penduduk pada segmen 4 = 56 x 3 orang  
= 168 orang  
Jadi, jumlah penduduk pada segmen 4 = 1433 orang

#### Segmen 5

Jumlah rumah pada segmen 5 = 519 rumah  
Maka jumlah penduduk pada segmen 5 = 519 x 5 orang  
= 2595 orang

Setelah didapatkan jumlah penduduk pada tahun 2016, maka dilakukan perhitungan proyeksi penduduk dengan menggunakan perhitungan berikut.

Contoh perhitungan jumlah penduduk pada segmen 1 tahun 2017

$$\begin{aligned} P_n &= P_o + (1+rn) \\ &= 2153 + (1+(0,021322) \times (2017-2016)) \\ &= 2199 \end{aligned}$$

Dimana:

$P_n$  = Jumlah penduduk akhir tahun periode (tahun 2017)  
 $P_o$  = Jumlah penduduk awal proyeksi (tahun 2016)  
 $r$  = rata-rata pertambahan penduduk tiap tahun  
(menggunakan nilai  $r$  terbesar pada lampiran B)  
 $n$  = kurun waktu proyeksi

Tabel 4.16 Proyeksi Penduduk Segmen 1 Tahun 2016-2021

Segmen 1	
Tahun	Jumlah Penduduk
2016	2153
2017	2199
2018	2245
2019	2291
2020	2337
2021	2383

Sumber: Hasil Perhitungan (2016)

Tabel 4.17 Proyeksi Penduduk Segmen 2 Tahun 2016-2021

<b>Segmen 2</b>	
<b>Tahun</b>	<b>Jumlah Penduduk</b>
2016	1647
2017	1682
2018	1717
2019	1752
2020	1787
2021	1823

Sumber: Hasil Perhitungan (2016)

Tabel 4.18 Proyeksi Penduduk Segmen 3 Tahun 2016-2021

<b>Segmen 3</b>	
<b>Tahun</b>	<b>Jumlah Penduduk</b>
2016	4046
2017	4132
2018	4219
2019	4305
2020	4391
2021	4477

Sumber: Hasil Perhitungan (2016)

Tabel 4.19 Proyeksi Penduduk Segmen 4 Tahun 2016-2021

<b>Segmen 4</b>	
<b>Tahun</b>	<b>Jumlah Penduduk</b>
2016	1433
2017	1464
2018	1494
2019	1525
2020	1555
2021	1586

Sumber: Hasil Perhitungan (2016)

Tabel 4.20 Proyeksi Penduduk Segmen 5 Tahun 2016-2021

Segmen 5	
Tahun	Jumlah Penduduk
2016	2595
2017	2650
2018	2706
2019	2761
2020	2816
2021	2872

Sumber: Hasil Perhitungan (2016)

Setelah dilakukan perhitungan proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2021, maka selanjutnya menghitung debit limbah yang masuk ke badan air. Air limbah yang masuk ke Kalimas tidak berasal dari seluruh kecamatan di sekitar Sungai Kalimas Surabaya, melainkan berasal dari beberapa rumah penduduk di sekitar Sungai Kalimas.

Kebutuhan air bersih diasumsikan sebesar 190 L/hari pada sambungan rumah untuk kategori Kota Metropolitan dengan jumlah penduduk Kota >1.000.000 (Standar Dirjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum).

### Segmen 1

Jumlah penduduk tahun 2021 = 2383 jiwa

Kebutuhan air bersih Kota Surabaya berdasarkan standar Dirjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum

a) Sambungan Rumah = 190 L/detik

Diasumsikan pelayanan sambungan rumah 100%, sehingga kebutuhan air bersih adalah sebagai berikut.

b) Sambungan Rumah =  $100\% \times 2383 \times 190 \text{ L/hari} / 86400 \text{ detik}$   
= 5,240 L/detik

Maka, kebutuhan air bersih = 5,240 L/detik

Menurut Sagara (2013), diasumsikan 75% dari air bersih akan menjadi air limbah.

Debit air limbah =  $75\% \times 5,240 \text{ L/detik}$   
= 3,930 L/detik  
= 0,0039 m<sup>3</sup>/detik

## Segmen 2

Jumlah penduduk tahun 2021 = 1823 jiwa  
Kebutuhan air bersih Kota Surabaya berdasarkan standar Dirjen  
Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum

a) Sambungan Rumah = 190 L/detik

Diasumsikan pelayanan sambungan rumah 100%, sehingga  
kebutuhan air bersih adalah sebagai berikut.

b) Sambungan Rumah =  $100\% \times 1823 \times 190 \text{ L/hari} / 86400 \text{ detik}$   
= 4,010 L/detik

Maka, kebutuhan air bersih = 4,010 L/detik

Debit air limbah =  $75\% \times 4,010 \text{ L/detik}$

= 3,007 L/detik

= 0,0030 m<sup>3</sup>/detik

## Segmen 3

Jumlah penduduk tahun 2021 = 4477 jiwa

Kebutuhan air bersih Kota Surabaya berdasarkan standar Dirjen  
Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum

a) Sambungan Rumah = 190 L/detik

Diasumsikan pelayanan sambungan rumah 100%, sehingga  
kebutuhan air bersih adalah sebagai berikut.

b) Sambungan Rumah =  $100\% \times 4477 \times 190 \text{ L/hari} / 86400 \text{ detik}$   
= 9,845 L/detik

Maka, kebutuhan air bersih = 9,845 L/detik

Debit air limbah =  $75\% \times 9,845 \text{ L/detik}$

= 7,400 L/detik

= 0,0074 m<sup>3</sup>/detik

## Segmen 4

Jumlah penduduk tahun 2021 = 1586 jiwa

Kebutuhan air bersih Kota Surabaya berdasarkan standar Dirjen  
Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum

a) Sambungan Rumah = 190 L/detik

Diasumsikan pelayanan sambungan rumah 100%, sehingga  
kebutuhan air bersih adalah sebagai berikut.

b) Sambungan Rumah =  $100\% \times 1586 \times 190 \text{ L/hari} / 86400 \text{ detik}$   
= 3,500 L/detik

Maka, kebutuhan air bersih = 3,500 L/detik

$$\begin{aligned} \text{Debit air limbah} &= 75\% \times 3,500 \text{ L/detik} \\ &= 2,626 \text{ L/detik} \\ &= 0,0026 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

### Segmen 5

$$\begin{aligned} \text{Jumlah penduduk tahun 2021} &= 2872 \text{ jiwa} \\ \text{Kebutuhan air bersih Kota Surabaya berdasarkan standar Dirjen} \\ \text{Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum} \\ \text{a) Sambungan Rumah} &= 190 \text{ L/detik} \\ \text{Diasumsikan pelayanan sambungan rumah 100\%, sehingga} \\ \text{kebutuhan air bersih adalah sebagai berikut.} \\ \text{b) Sambungan Rumah} &= 100\% \times 2884 \times 190 \text{ L/hari} / 86400 \text{ detik} \\ &= 6,316 \text{ L/detik} \\ \text{Maka, kebutuhan air bersih} &= 6,316 \text{ L/detik} \\ \text{Debit air limbah} &= 75\% \times 6,316 \text{ L/detik} \\ &= 4,737 \text{ L/detik} \\ &= 0,0047 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan debit limbah per segmen, maka dilakukan perhitungan debit dengan cara debit limbah per segmen dibagi dengan jarak. Hal tersebut dilakukan karena *nonpoint source* tersebut merupakan beban merata. Perhitungannya sebagai berikut.

### Segmen 1

$$\begin{aligned} \text{Jarak segmen 1} &= 1200 \text{ m} \\ \text{Debit air limbah} &= 0,0039 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{Maka, debit air limbah} &= 0,0039 \text{ m}^3/\text{detik} / 1200 \text{ m} \\ &= 3,25 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik (per meter jarak)} \end{aligned}$$

### Segmen 2

$$\begin{aligned} \text{Jarak segmen 2} &= 890 \text{ m} \\ \text{Debit air limbah} &= 0,0030 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{Maka, debit air limbah} &= 0,0030 \text{ m}^3/\text{detik} / 890 \text{ m} \\ &= 3,37 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik (per meter jarak)} \end{aligned}$$

### Segmen 3

$$\begin{aligned} \text{Jarak segmen 3} &= 1580 \text{ m} \\ \text{Debit air limbah} &= 0,0074 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{Maka, debit air limbah} &= 0,0074 \text{ m}^3/\text{detik} / 1580 \text{ m} \\ &= 4,68 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik (per meter jarak)} \end{aligned}$$



#### Segmen 4

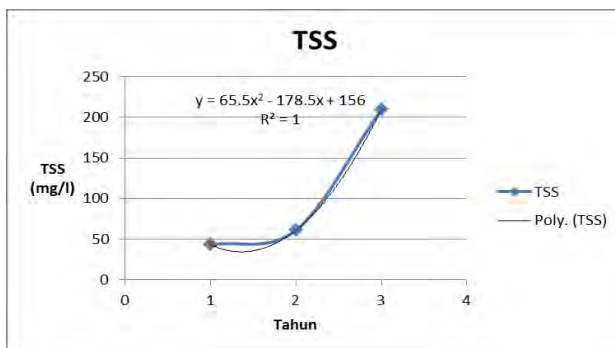
Jarak segmen 4	= 752 m
Debit air limbah	= 0,0026 m <sup>3</sup> /detik
Maka, debit air limbah	= 0,0026 m <sup>3</sup> /detik / 752 m
	= 3,46x10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /detik (per meter jarak)

#### Segmen 5

Jarak segmen 5	= 1638 m
Debit air limbah	= 0,0047 m <sup>3</sup> /detik
Maka, debit air limbah	= 0,0047 m <sup>3</sup> /detik / 1638 m
	= 2,93x10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /detik (per meter jarak)

Pada simulasi 2 ini setelah mendapatkan hasil debit air limbah domestik prediksi 5 tahun yang akan datang, maka nilai debit tersebut dapat diinput ke dalam *worksheet diffuse sources*. Langkah selanjutnya setelah dilakukan perhitungan debit air limbah adalah memprediksi kualitas air sungai. Kualitas Sungai Kalimas diprediksi dengan menggunakan tren model kualitas air sungai dari Kali Surabaya (titik sampling Ngagel) yang merupakan hulu dari Sungai Kalimas Surabaya untuk parameter nitrat, fosfat, dan amonium sedangkan parameter DO, BOD, COD, TSS, pH, dan temperatur menggunakan tren kualitas Sungai Kalimas titik sampling pada Jembatan Kebon Rojo.

Berikut contoh grafik tren model kualitas TSS pada Sungai Kalimas titik sampling pada Jembatan Kebon Rojo dan perhitungan prediksi kualitas TSS pada Sungai Kalimas Surabaya.



Gambar 4.30 Tren Kualitas TSS per Tahun Sungai Kalimas

Berdasarkan grafik tren kualitas pada Gambar 4.30, maka TSS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan garis yang ada pada grafik. Tren kualitas tersebut didapatkan dari data kualitas Sungai Kalimas titik sampling pada Jembatan Kebon Rojo.

Tahun yang digunakan untuk tren kualitas diatas adalah tahun 2014-2016 dengan ketentuan tahun pertama (2014), tahun kedua (2015), dan tahun ketiga (2016). Rumus persamaan garis untuk TSS adalah  $y = 65,5x^2 - 178,5x + 156$ . Contoh perhitungan adalah sebagai berikut.

$$y = 65,5x^2 - 178,5x + 156$$

$$y = \text{prediksi kualitas}$$

$$x = \text{tahun yang diibaratkan (2021 = 5)}$$

maka, prediksi kualitas untuk parameter TSS sebagai berikut.

$$y = 65,5x^2 - 178,5x + 156$$

$$y = 65,5 (5)^2 - 178,5 (5) + 156$$

$$y = 901 \text{ mg/L}$$

Selanjutnya persen perhitungan kenaikan kualitas nitrat dari tahun 2016 ke prediksi tahun 2021 dapat ditentukan menggunakan perhitungan dibawah ini.

Kandungan TSS Sungai Kalimas tahun 2016 = 130 mg/L

$$\frac{\text{Kualitas prediksi TSS S. Kalimas} - \text{Kualitas TSS S. Kalimas 2016}}{\text{Kualitas TSS S. Kalimas 2016}} \times 100\%$$

$$= \frac{901 - 130}{130} \times 100 \%$$

$$= 5,931 \%$$

Selanjutnya dari persen kenaikan tersebut dapat dihitung kualitas prediksi Sungai Kalimas untuk parameter TSS pada tahun 2021 dengan perhitungan berikut.

Kandungan TSS Sungai Kalimas Tahun 2016 = 130 mg/L.

$$\text{Maka kualitas prediksi TSS} = 130 + (130 \times 5,931 \%)$$

$$= 137,710 \text{ mg/L}$$

Untuk perhitungan prediksi kualitas pada parameter lainnya seperti DO, COD, BOD, nitrat, fosfat, amonium, temperatur, dan pH menggunakan metode yang sama dengan prediksi TSS pada contoh perhitungan diatas. Perhitungan mengacu pada hasil tren kualitas masing-masing parameter, untuk lebih jelasnya grafik tren kualitas terdapat pada lampiran C. Hasil perhitungan kualitas prediksi dapat dilihat pada Tabel 4.21.

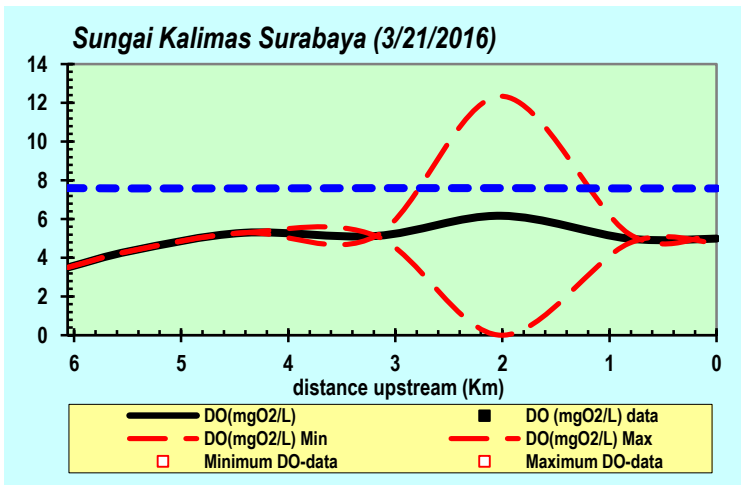
Setelah didapatkan kualitas air Sungai Kalimas sesuai prediksi pada Tahun 2021, maka dilakukan input nilai kualitas pada *worksheet diffuse sources* sedangkan nilai kualitas pada *point sources* tidak berubah dengan disesuaikan dengan nilai yang diinput pada simulasi 1. Selanjutnya setelah data kualitas diinput maka dilakukan *running* sehingga didapatkan model simulasi. Hasil simulasi kedua dapat dilihat pada Gambar 4.31 hingga Gambar 4.39, sedangkan hasil pada *WQ output* pada Tabel 4.22.

Tabel 4.21 Prediksi Kualitas Sungai Kalimas Pada Tahun 2021

Parameter	Satuan	Rumus	Kualitas Sungai Kalimas 2016	Prediksi Kualitas Berdasarkan Rumus	kenaikan Kualitas	Prediksi Kualitas Sungai Kalimas Tahun 2021
Temperatur	°C	$y=2,65x^2-10,75x+38,8$	29.7	51.300	0.727	29.916
pH	-	$y=-0,03x^2+0,39x+6,64$	7.21	7.840	0.087	7.216
DO	mg/l	$y=2,015x^2-9,805x+12,85$	3.5	14.200	3.057	3.607
COD	mg/l	$y=24,55x^2-77,62x+66,67$	35.56	292.320	7.220	38.128
BOD	mg/l	$y=3,45x^2-14,18x+18,22$	5.07	33.570	5.621	5.355
TSS	mg/l	$y=65,5x^2-178,5x+156$	130	901	5.931	137.710
Amonium	mg/l	$y=-0,0446x^2+0,2351x+0,0354$	0.13	0.0959	-0.262	0.130
Fosfat	mg/l	$y=0,0592x^2+0,0967x+1,1429$	0.83	3.1064	2.743	0.853
Nitrat	mg/l	$y=0,0592x^2+0,0967x+1,1429$	2.67	3.1064	0.163	2.674

Sumber: Hasil Perhitungan (2016)

Pada simulasi kedua ini, hasil model ada yang mengalami penurunan kualitas air sungai yang disebabkan adanya pengaruh debit limbah domestik dan jumlah limbah yang masuk ke dalam Sungai Kalimas. Selain terjadi penurunan kualitas terdapat juga sebagian parameter yang kualitasnya tetap sama halnya kualitas pada simulasi 1. Hal tersebut disebabkan akibat sumber pencemar *point source* yang masuk ke Sungai Kalimas tetap sedangkan sumber pencemar non *point sources* jumlahnya bertambah tetapi peningkatannya tidak signifikan.

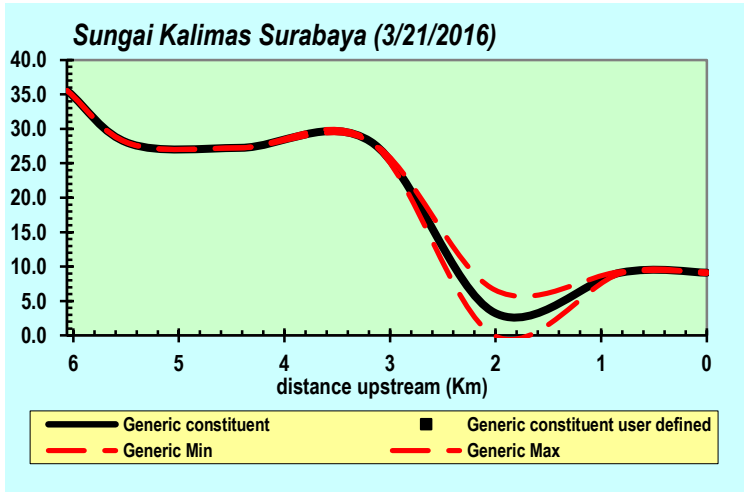


Gambar 4.31 Profil DO Pada Simulasi 2  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)

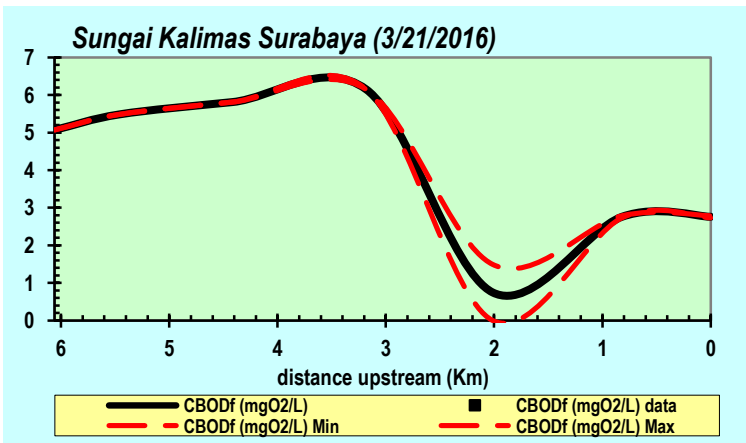
Dari Gambar 4.31 hasil dari simulasi 2 menunjukkan bahwa nilai DO melebihi baku mutu air kelas II PP RI Nomor 82 Tahun 2001. Nilai DO yang melebihi baku mutu disebabkan adanya banyaknya beban pencemar dari limbah domestik dari rumah penduduk (*non point sources*). Garis putus-putus warna biru menunjukkan nilai DO *saturation* yaitu sebesar 7,59 mg/l.

Titik 2,39-1,64 km menunjukkan nilai DO min dan DO max yang tertinggi (garis putus-putus warna merah). Hal tersebut disebabkan adanya peningkatan yang sangat signifikan untuk konsentrasi BOD dan COD pada sumber pencemar *point sources*

dan non *point sources*. Dengan adanya konsentrasi yang meningkat dalam titik tersebut maka menyebabkan tingginya nilai DO max dan DO min.



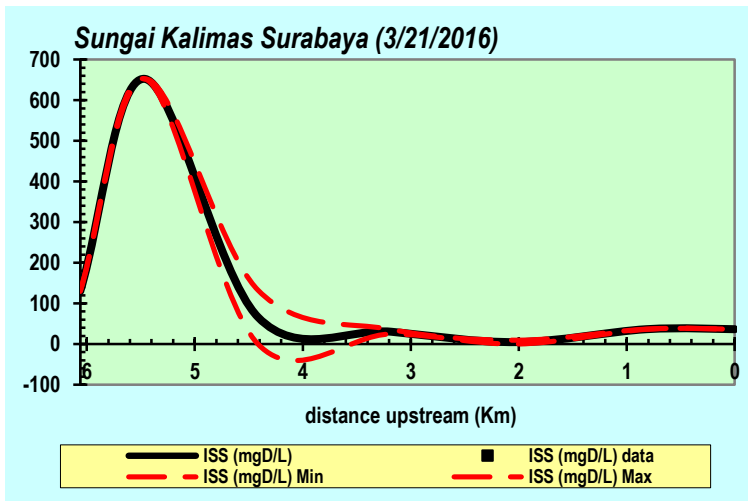
Gambar 4.32 Profil COD Pada Simulasi 2  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



Gambar 4.33 Profil BOD Pada Simulasi 2  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)

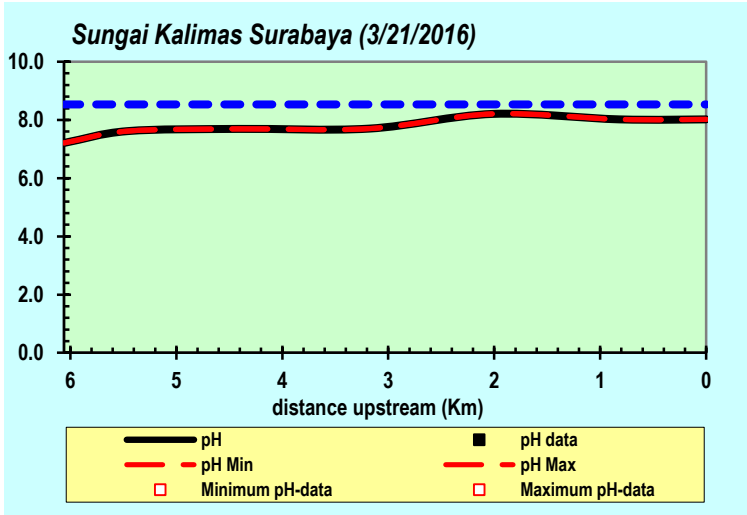
Gambar 4.32 menunjukkan nilai COD yang masih melebihi baku mutu air kelas II sama halnya dengan hasil simulasi 1. Tingginya nilai COD dikarenakan banyaknya kandungan bahan organik yang terdapat pada air limbah (Nadhiroh, 2014).

Gambar 4.33 menunjukan nilai BOD melebihi baku mutu air kelas II dalam PP RI Nomor 82 Tahun 2001 yaitu sebesar 3 mg/l. Sedangkan nilai BOD menurun pada segmen 3-4 (titik 1,64 km) hal tersebut disebabkan adanya proses dekomposisi sehingga bakteri yang memerlukan oksigen berkurang (Nadhiroh, 2014). Penurunan nilai BOD juga dapat disebabkan karena meningkatnya nilai oksigen terlarut pada segmen 3-4.

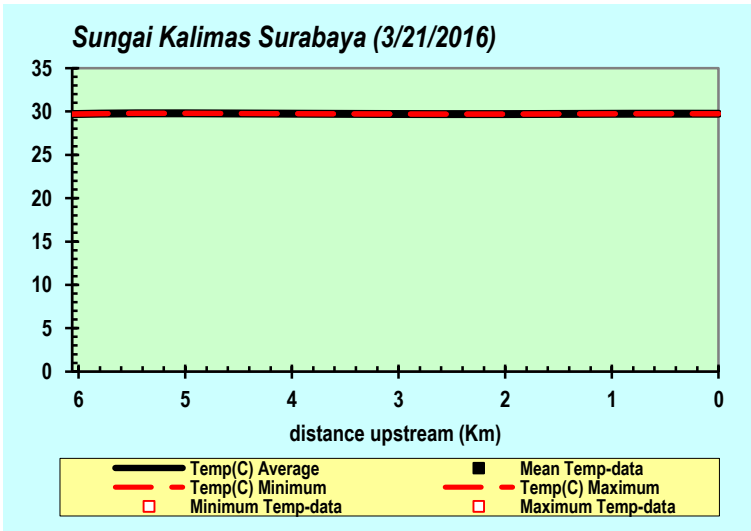


Gambar 4.34 Profil TSS Pada Simulasi 2  
Sumber: QUAL2Kw (2016)

Gambar 4.34 menunjukkan bahwa nilai TSS melebihi baku mutu air kelas II hampir pada semua segmen. Pada segmen 1-2 (titik 4,86 km) terjadi peningkatan yang sangat tajam pada nilai TSS. Hal tersebut disebabkan karena adanya peningkatan jumlah sedimen. Sedimen dalam suatu sistem perairan memberikan pengaruh pada kedalaman cahaya matahari yang masuk ke dalam aliran air (Komarudin dkk., 2015).



Gambar 4.35 Profil pH Pada Simulasi 2  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)

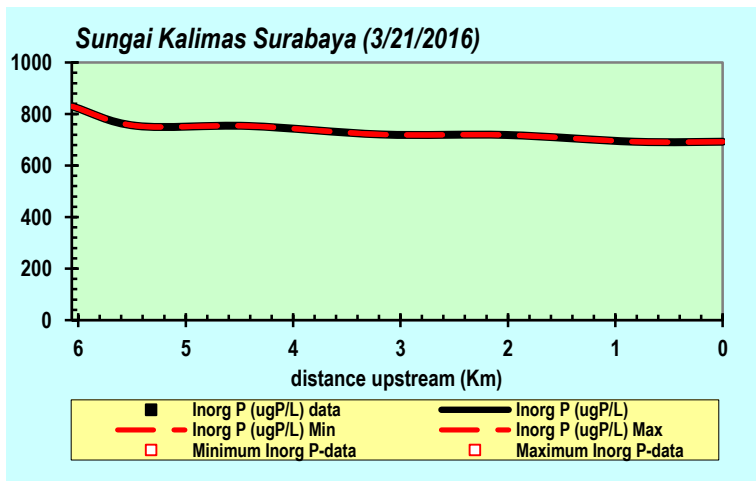


Gambar 4.36 Profil Temperatur Pada Simulasi 2  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



Gambar 4.35 menunjukkan nilai pH yang stabil dan memenuhi baku mutu air kelas II pada semua segmen. Pada grafik dapat dilihat, garis putus-putus warna biru menunjukkan bahwa nilai pH *saturation* sebesar 8,53.

Gambar 4.36 menunjukkan nilai temperatur pada semua segmen stabil. Apabila suhu air sungai mengalami kenaikan maka jumlah oksigen terlarut di dalam air akan menurun (Nadhiroh, 2014).

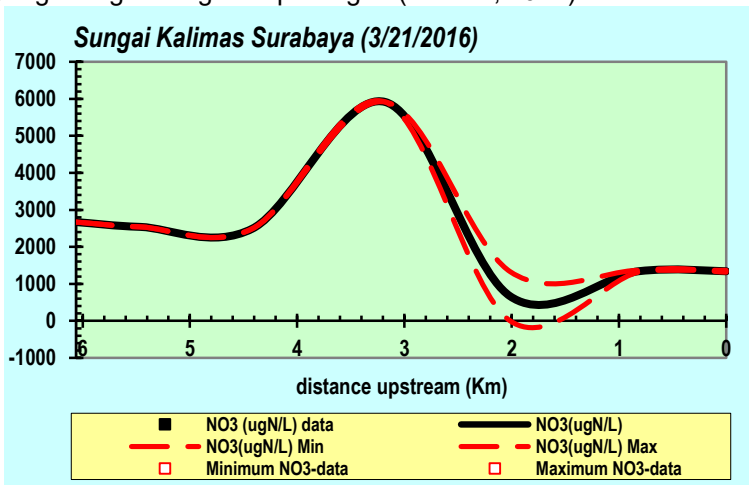


Gambar 4.37 Profil Fosfat Pada Simulasi 2  
Sumber: QUAL2Kw (2016)

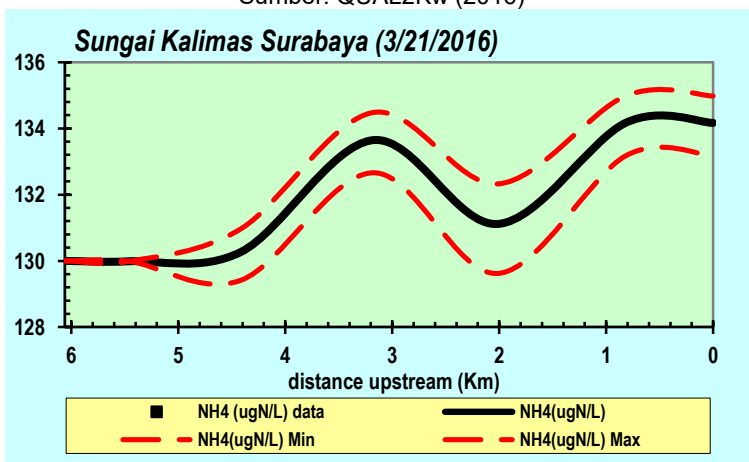
Gambar 4.37 menunjukkan nilai fosfat melebihi baku mutu air kelas II berdasarkan PP RI Nomor 82 Tahun 2001 yaitu sebesar 0,2 mg/l atau setara dengan 200 ug/l. Fosfat dapat berasal dari limbah domestik berupa air buangan penduduk maupun air buangan yang mengandung bahan deterjen. (Yogiarti dkk, 2014).

Gambar 4.38 dan 4.39 dibawah ini menunjukkan nilai nitrat dan amonium yang masih memenuhi baku mutu air kelas II. Terdapat beberapa faktor yang sangat mempengaruhi keseimbangan kandungan oksigen dalam air antara lain kehadiran unsur nitrogen (ammonia dan nitrat) dalam air (Aswadi, 2012).

Dengan nilai amonium dan nitrat yang masih memenuhi baku mutu, maka kandungan DO, BOD, dan COD dalam air juga tidak meningkat terlalu tajam. Kualitas air yang baik adalah air yang mengandung cukup oksigen (Aswadi, 2012).



Gambar 4.38 Profil Nitrat Pada Simulasi 2  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



Gambar 4.39 Profil Amonium Pada Simulasi 2  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)

Tabel 4.22 Hasil WQ Output Simulasi 2

jarak	*BMA	DO	*BMA	COD	*BMA	BOD	*BMA	TSS	*BMA	NH4	*BMA	NO3	*BMA	PO4	*BMA	pH
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
6.06		3.50		35.56		5.07		130.00		0.130		2.67		0.83		7.21
4.86		4.37		27.83		5.49		746.78		0.130		2.54		0.75		7.62
3.97		5.29		27.24		5.81		75.87		0.130		2.50		0.75		7.69
2.39	4	5.13	25	28.11	3	6.15	50	34.03	0.5	0.134	10	6.56	0.2	0.72	6.9	7.70
1.64		6.17		3.33		0.75		5.23		0.131		0.73		0.72		8.21
0.00		4.99		9.12		2.76		36.84		0.134		1.39		0.69		8.02

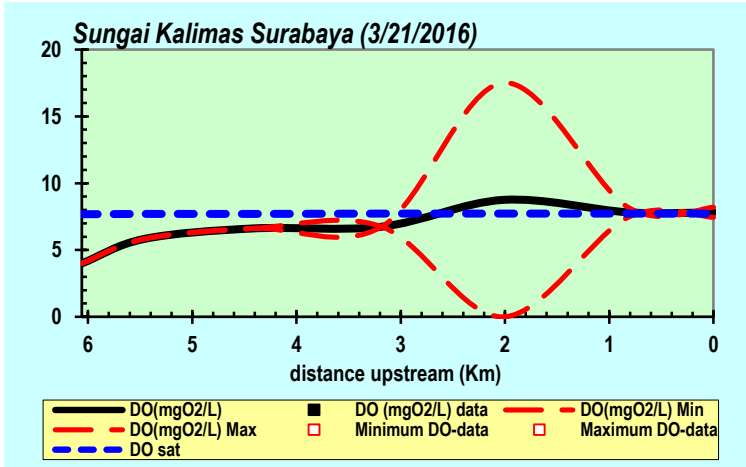
Sumber: QUAL2Kw (2016)

### 4.5.3 Simulasi 3

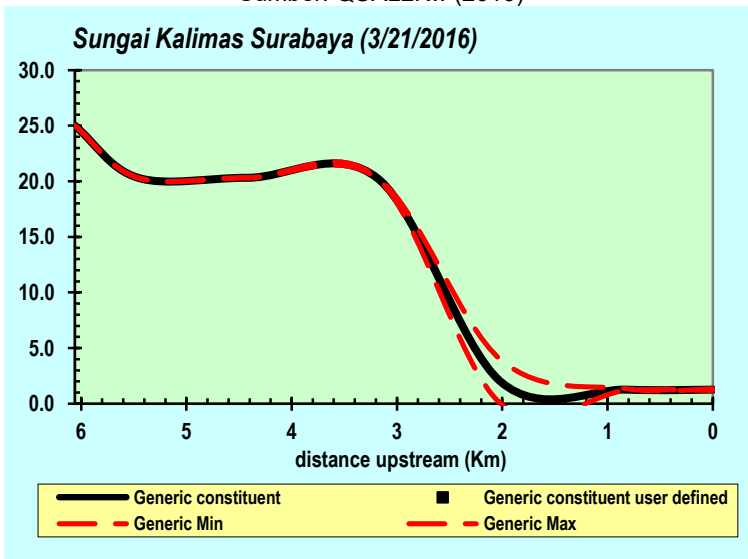
Pada skenario 3 ini data pada hulu disesuaikan dengan baku mutu air kelas II. Debit *inflow* beban pencemar dari *point source* dan *non-point source* akan dihilangkan, sehingga tidak ada beban pencemar yang masuk ke dalam Sungai Kalimas. Data-data sampling pada *worksheet WQ Data* dan *Hydraulics Data* juga dihilangkan sama halnya pada simulasi 2. Tujuan adanya simulasi 3 adalah agar dapat diketahui kemampuan *self-purifikasi* dari sungai Kalimas Surabaya. Menurut Agustiniingsih (2012), semakin panjang jarak maka kemampuan *self-purifikasi* sungai akan semakin bagus. Kemampuan *self-purifikasi* sungai terjadi karena penambahan konsentrasi oksigen terlarut dalam air yang berasal dari udara.

Hasil simulasi 3 menunjukkan bahwa kondisi kualitas air sungai memenuhi baku mutu air kelas II untuk semua parameter. Hal tersebut dikarenakan Sungai Kalimas dalam kondisi tanpa adanya beban pencemaran. Data hasil keluaran QUAL2Kw menggunakan simulasi 3 dari semua parameter terdapat dalam *worksheet Source Summary* dan *WQ Output*. Tren garis (model) simulasi 3 dapat dilihat pada Gambar 4.40 sampai Gambar 4.48. sedangkan hasil dari *WQ output* dapat dilihat pada Tabel 4.23.

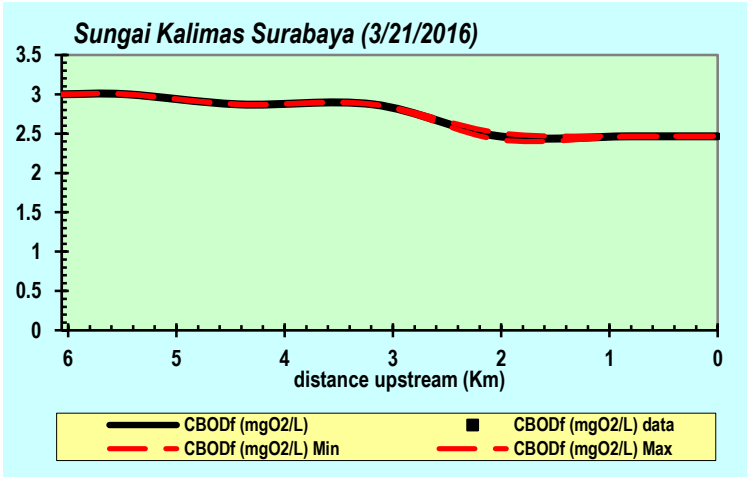
Tren garis (model) Gambar 4.40-Gambar 4.48 menunjukkan bahwa parameter DO, BOD, COD, TSS, pH, temperatur, fosfat, ammonium, dan nitrat sudah memenuhi baku mutu air kelas II. Namun pada titik (2,39-1,64) km untuk parameter DO menunjukkan nilai DO min dan DO max yang tertinggi (garis putus-putus warna merah). Hal tersebut disebabkan adanya peningkatan yang sangat signifikan untuk konsentrasi BOD dan COD pada sumber pencemar *point sources* dan *non point sources*. Dengan adanya konsentrasi yang meningkat dalam titik tersebut maka menyebabkan tingginya nilai DO max dan DO min.



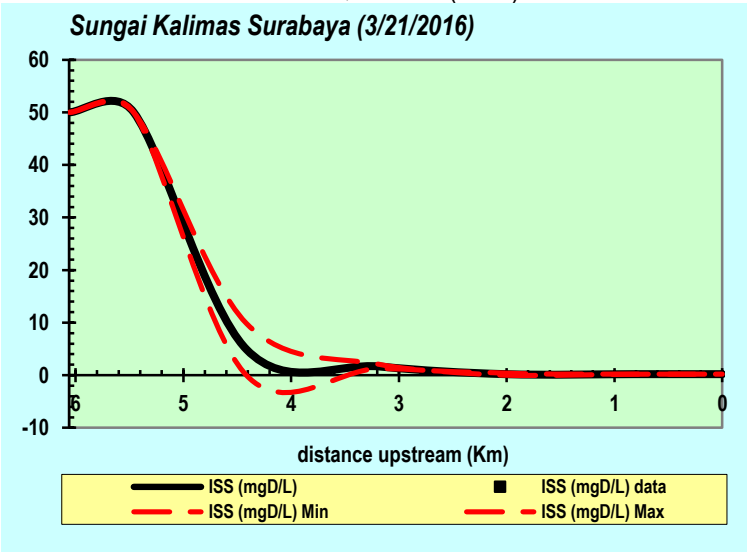
Gambar 4.40 Profil DO Pada Simulasi 3  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



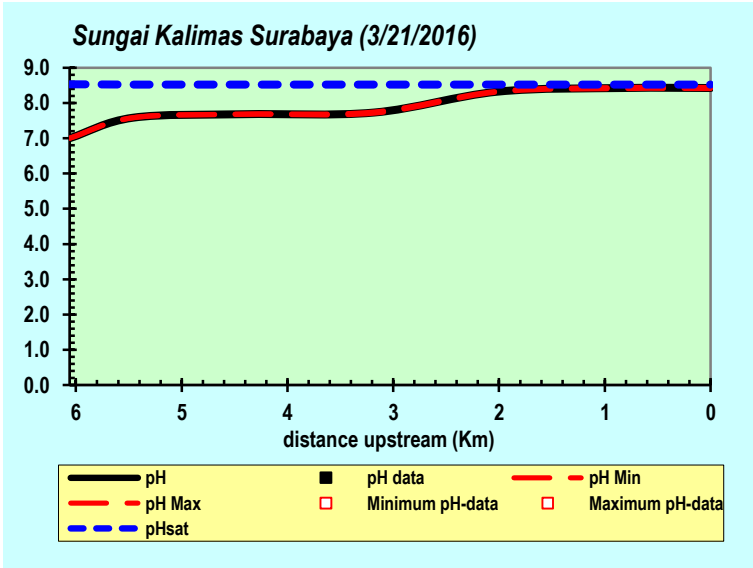
Gambar 4.41 Profil COD Pada Simulasi 3  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



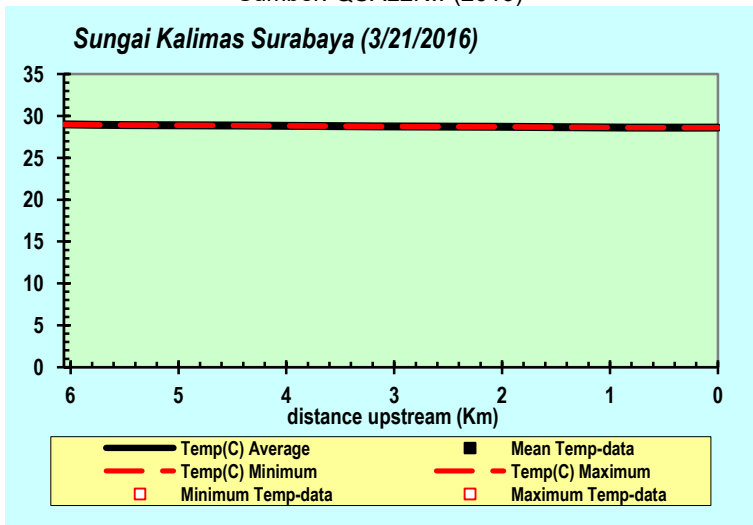
Gambar 4.42 Profil BOD Pada Simulasi 3  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



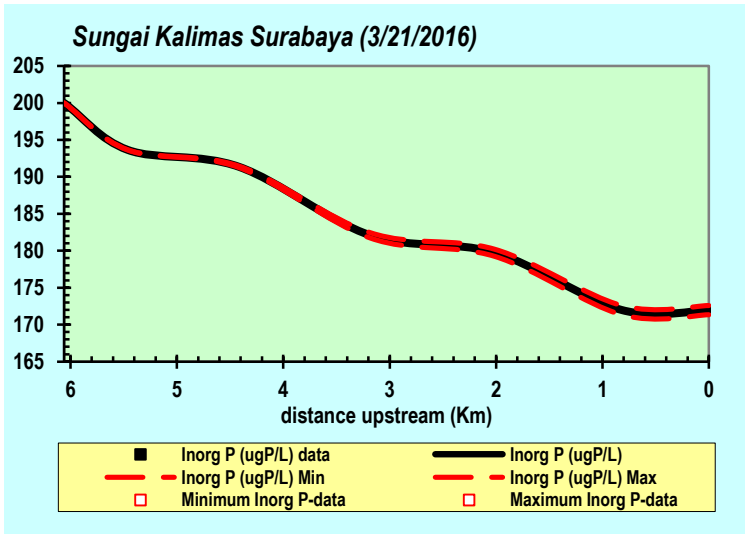
Gambar 4.43 Profil TSS Pada Simulasi 3  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



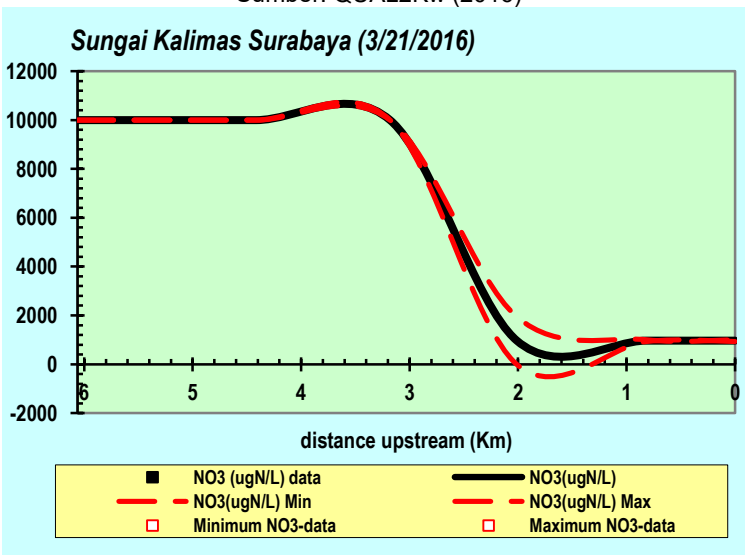
Gambar 4.44 Profil pH Pada Simulasi 3  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



Gambar 4.45 Profil Temperatur Pada Simulasi 3  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)

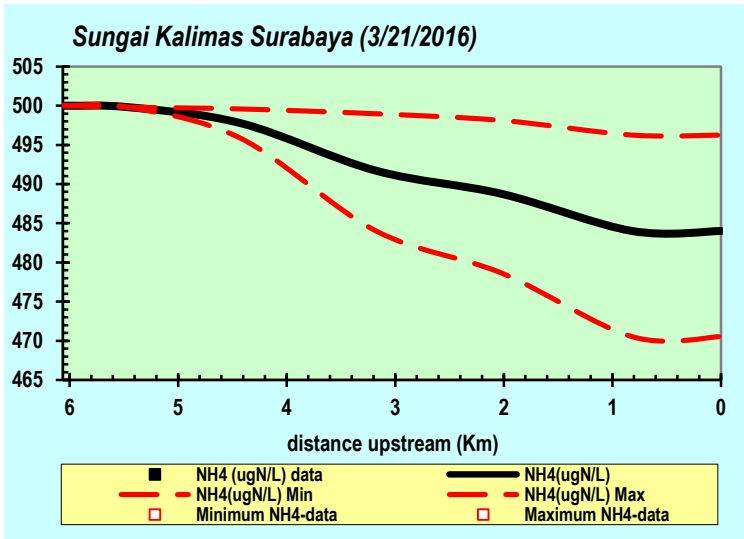


Gambar 4.46 Profil Fosfat Pada Simulasi 3  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



Gambar 4.47 Profil Nitrat Pada Simulasi 3  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)





Gambar 4.48 Profil Amonium Pada Simulasi 3  
Sumber: QUAL2Kw (2016)

Tabel 4.23 Hasil WQ Output Simulasi 3

Jarak	*BMA	DO	*BMA	COD	*BMA	BOD	*BMA	TSS	*BMA	NH4	*BMA	NO3	*BMA	PO4	*BMA	pH
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
6.06	4.00	4.00	25.00	3.00	50.00	0.500	10	0.20	7.00							
4.86	5.83	3.00	20.31	3.00	50.00	0.500	10	0.19	7.58							
3.97	6.62	2.87	20.31	4.93	0.498	10	0.19	0.19	7.68							
2.39	6.75	2.87	20.23	1.66	0.492	10	0.18	0.18	7.73							
1.64	8.75	2.47	1.97	0.20	0.489	0.98	0.18	0.18	8.32							
0.00	7.82	2.47	1.26	0.20	0.484	0.97	0.17	0.17	8.42							

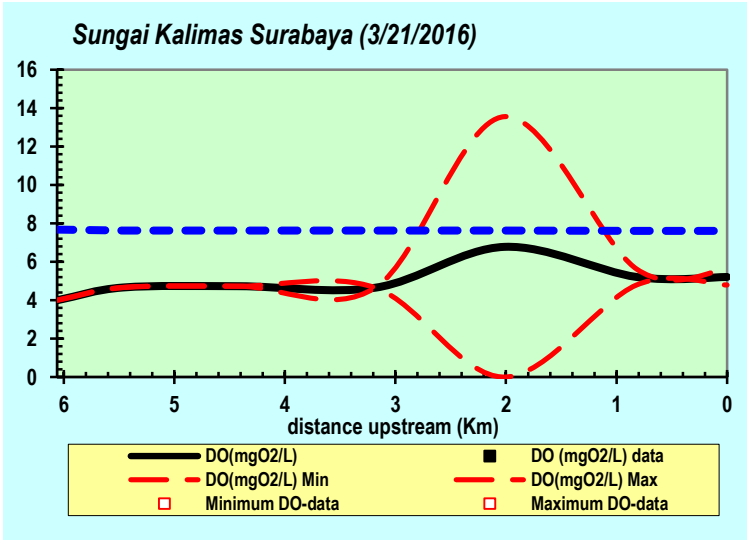
Sumber: QUAL2Kw (2016)

#### 4.5.4 Simulasi 4

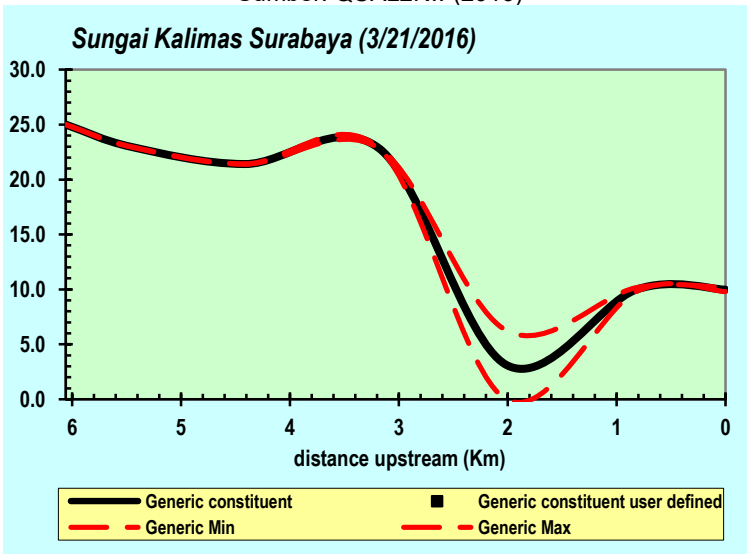
Simulasi ini didasarkan pada nilai parameter kualitas air yang sesuai dengan batas baku mutu badan air kelas II menurut PP No. 82 Tahun 2001. Pada kondisi eksisting dalam simulasi 1, nilai parameter kualitas air sungai terdapat beberapa parameter yang melebihi baku mutu badan air kelas II. Simulasi 4 ini akan menggunakan metode *trial and error* pada nilai sumber pencemar baik *point source* maupun *non-point source*. Dalam simulasi 4 data-data sampling pada *worksheet WQ Data* dan *Hydraulics Data* dihilangkan sama halnya pada simulasi 2 dan 3.

Pada simulasi 4 ini didapatkan hasil bahwa semua parameter kualitas air sungai memenuhi baku mutu air kelas II dan kualitas air yang dihasilkan lebih baik dari hasil simulasi 1. Hal tersebut dikarenakan kualitas air di hulu (*headwater*) dalam kondisi sudah memenuhi baku mutu dan dalam simulasi 3 ini hasil tren garis (model) juga harus disesuaikan baku mutu kelas II. Hasil simulasi kualitas air dari semua parameter dapat dilihat pada Gambar 4.49 sampai Gambar 4.57 sedangkan hasil keluaran dari *WQ output* ada pada Tabel 4.24.

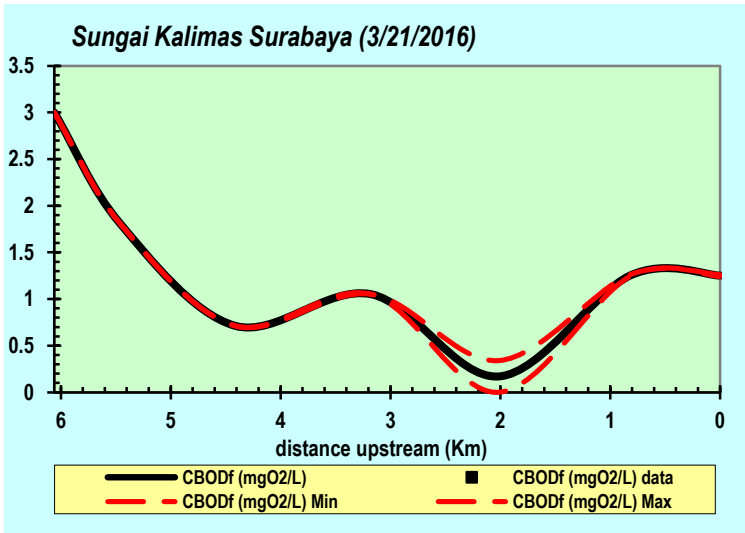
Tren garis (model) Gambar 4.49-Gambar 4.57 menunjukkan bahwa parameter DO, BOD, COD, TSS, pH, temperatur, fosfat, ammonium, dan nitrat sudah memenuhi baku mutu air kelas II. Namun pada titik (2,39-1,64) km untuk parameter DO menunjukkan nilai DO min dan DO max yang tertinggi (garis putus-putus warna merah). Hal tersebut disebabkan adanya peningkatan yang sangat signifikan untuk konsentrasi BOD dan COD pada sumber pencemar *point sources* dan *non point sources*. Dengan adanya konsentrasi yang meningkat dalam titik tersebut maka menyebabkan tingginya nilai DO max dan DO min.



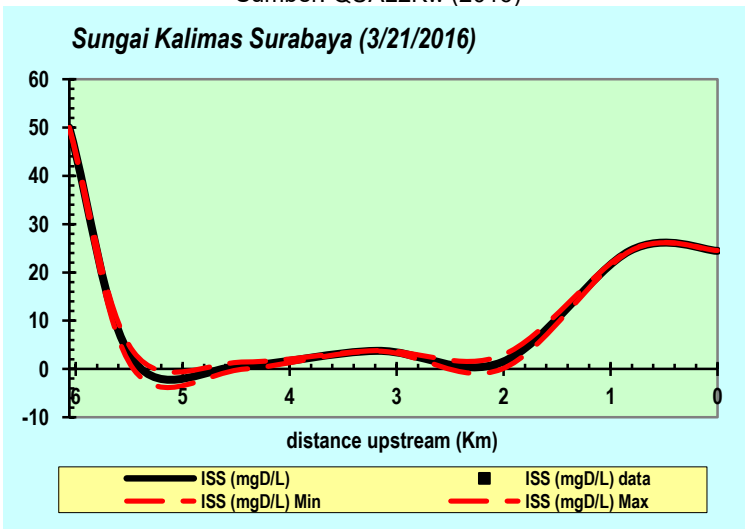
Gambar 4.49 Profil DO Pada Simulasi 4  
Sumber: QUAL2Kw (2016)



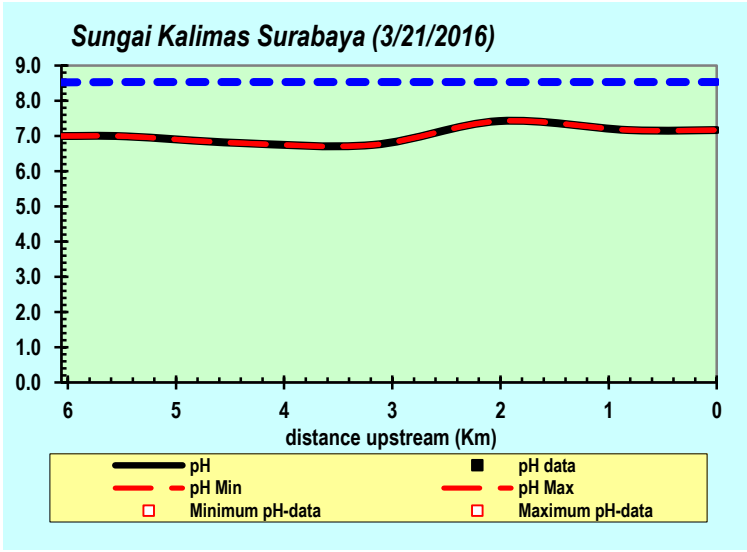
Gambar 4.50 Profil COD Pada Simulasi 4  
Sumber: QUAL2Kw (2016)



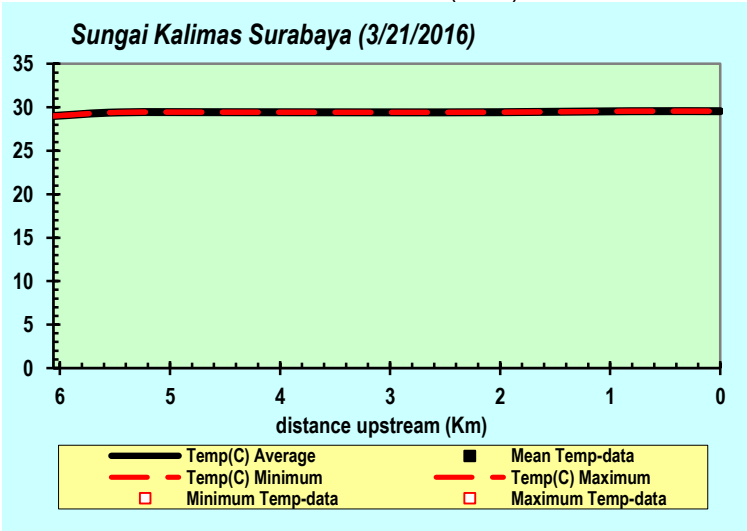
Gambar 4.51 Profil BOD Pada Simulasi 4  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



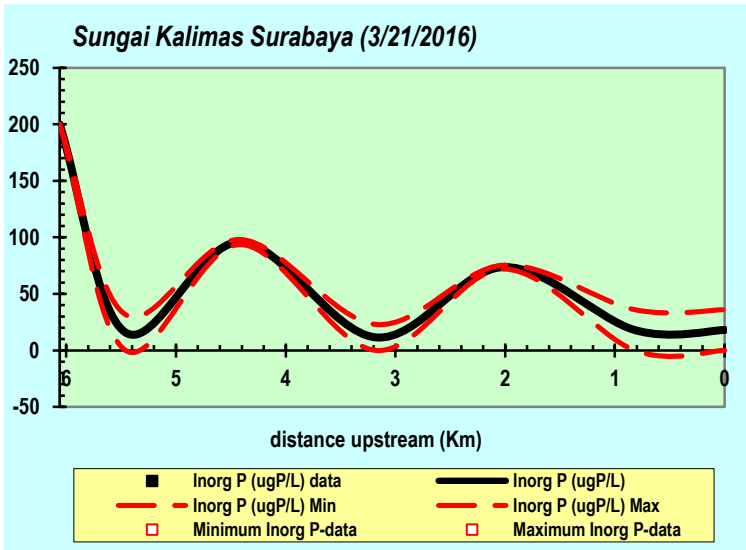
Gambar 4.52 Profil TSS Pada Simulasi 4  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



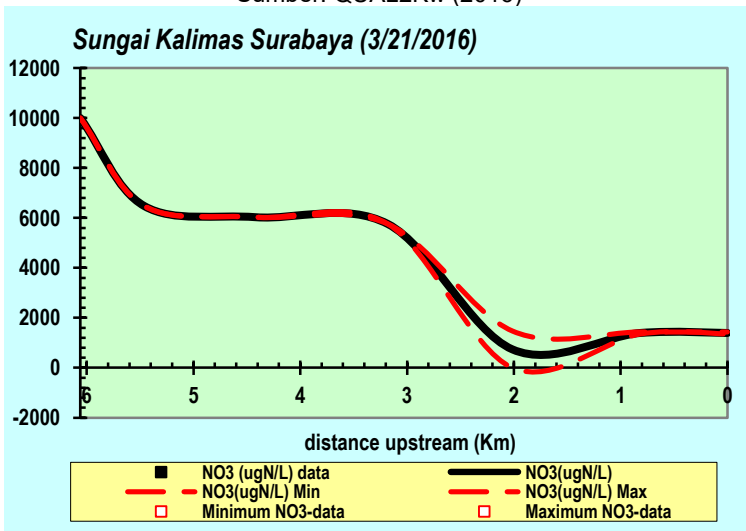
Gambar 4.53 Profil pH Pada Simulasi 4  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



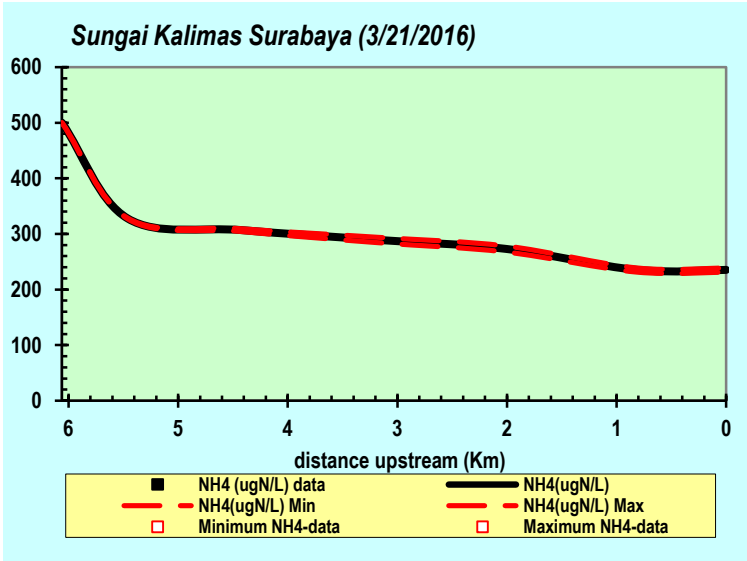
Gambar 4.54 Profil Temperatur Pada Simulasi 4  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



Gambar 4.55 Profil Fosfat Pada Simulasi 4  
Sumber: QUAL2Kw (2016)



Gambar 4.56 Profil Nitrat Pada Simulasi 4  
Sumber: QUAL2Kw (2016)



Gambar 4.57 Profil Amonium Pada Simulasi 4  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



Tabel 4.24 Hasil WQ Output Simulasi 4

Jarak	*BMA	DO	*BMA	COD	*BMA	BOD	*BMA	TSS	*BMA	NH4	*BMA	NO3	*BMA	PO4	*BMA	pH
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
6.06	4.00	4.00	25.00	3.00	50.00	0.500	10	0.20	7.00							
4.86	4.67	4.67	22.98	1.81	1.79	0.328	6.47	0.02	6.99							
3.97	4.73	4.73	21.41	0.71	0.73	0.307	6.03	0.10	6.80							
2.39	4.65	4.65	22.83	1.05	3.76	0.289	5.76	0.01	6.75							
1.64	6.78	6.78	3.14	0.17	1.42	0.273	0.74	0.07	7.42							
0.00	5.21	5.21	9.98	1.25	24.47	0.235	1.39	0.02	7.17							

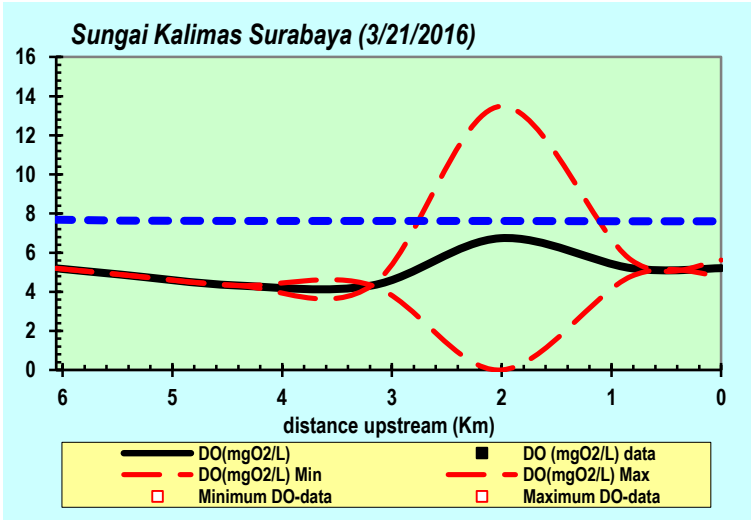
Sumber: QUAL2Kw (2016)

#### 4.5.5 Simulasi 5

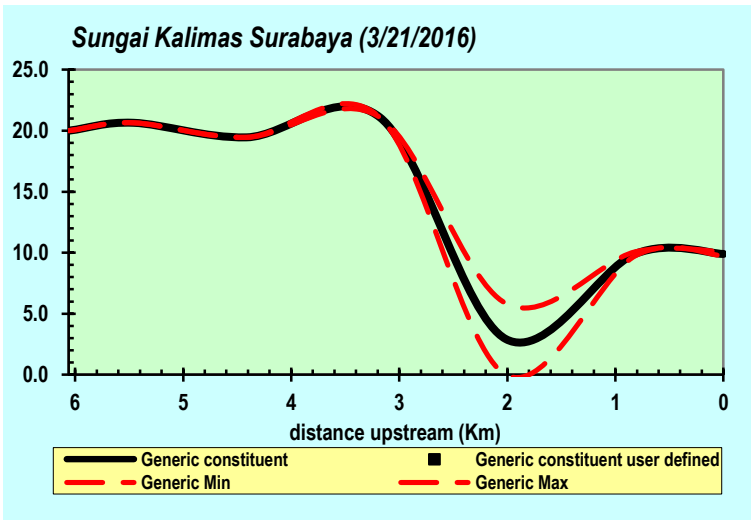
Pada simulasi 5 ini, kualitas air Sungai Kalimas pada bagian hilir diharapkan memenuhi baku mutu badan air kelas II menurut PP No. 82 Tahun 2001 untuk semua parameter. Dalam simulasi ini, sumber pencemar yang diinput ke dalam QUAL2Kw merupakan sumber pencemar kondisi eksisting. Pada kondisi eksisting dalam simulasi 1, nilai kualitas air sungai baik sumber pencemar *point sources* dan non *point sources* terdapat beberapa parameter yang melebihi baku mutu badan air kelas II. Hasil simulasi 5 ini diharapkan akan terbentuk model kualitas air Sungai Kalimas pada bagian hulu.

Dalam simulasi 5 data-data sampling pada *worksheet WQ Data* dan *Hydraulics Data* dihilangkan sama halnya pada simulasi 2, 3, dan 4. Hasil dari simulasi 5 didapatkan kualitas air pada semua parameter memenuhi baku mutu air kelas II. Perbedaannya dengan hasil dari simulasi 4 adalah hasil dari simulasi 5 kualitas air yang dihasilkan lebih baik. Hal tersebut dikarenakan kualitas air di hulu pada simulasi 5 yang dicari (di buat model) dilakukan dengan menginputkan kualitas air yang lebih baik dari baku mutu. Dengan kualitas yang baik pada hulu (*headwater*), maka hasil pada segmen setelah hulu sampai hilir otomatis juga akan memenuhi baku mutu air kelas II. Hasil tren garis (model) dari simulasi 5 dapat dilihat pada Gambar 4.58 sampai Gambar 4.66, sedangkan hasil keluaran QUAL2Kw dari simulasi 5 berupa *WQ output* ada pada Tabel 4.25.

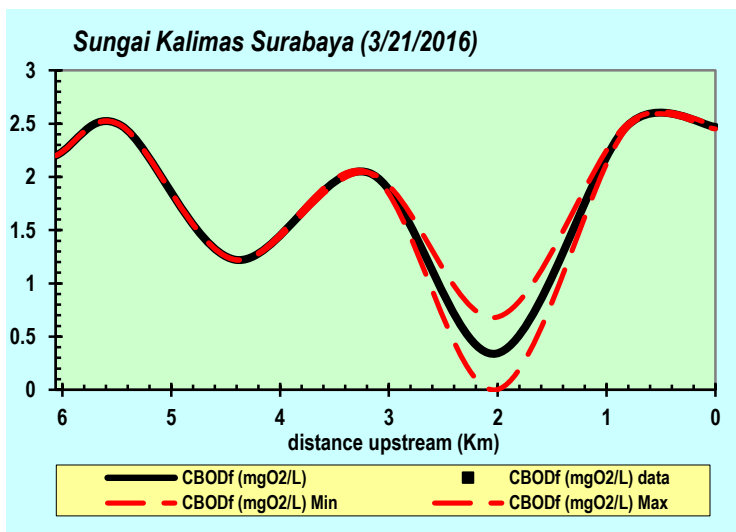
Tren garis (model) Gambar 4.58-Gambar 4.66 menunjukkan bahwa parameter DO, BOD, COD, TSS, pH, temperatur, fosfat, ammonium, dan nitrat sudah memenuhi baku mutu air kelas II. Namun pada titik (2,39-1,64) km untuk parameter DO menunjukkan nilai DO min dan DO max yang tertinggi (garis putus-putus warna merah). Hal tersebut disebabkan adanya peningkatan yang sangat signifikan untuk konsentrasi BOD dan COD pada sumber pencemar *point sources* dan non *point sources*. Dengan adanya konsentrasi yang meningkat dalam titik tersebut maka menyebabkan tingginya nilai DO max dan DO min.



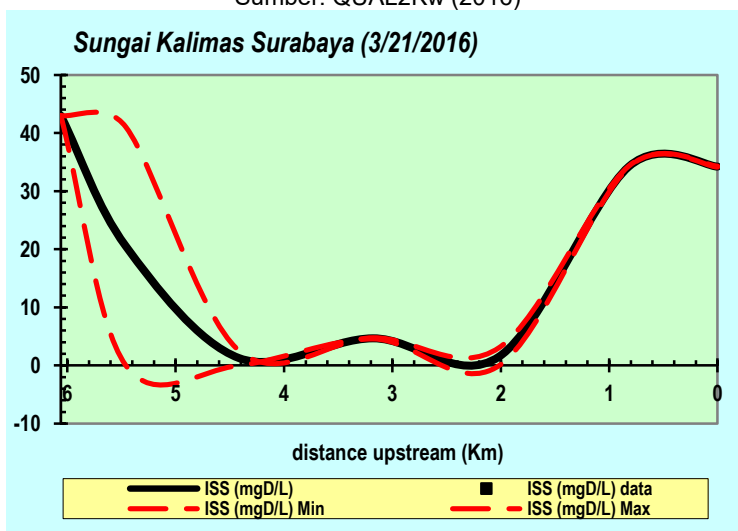
Gambar 4.58 Profil DO Pada Simulasi 5  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



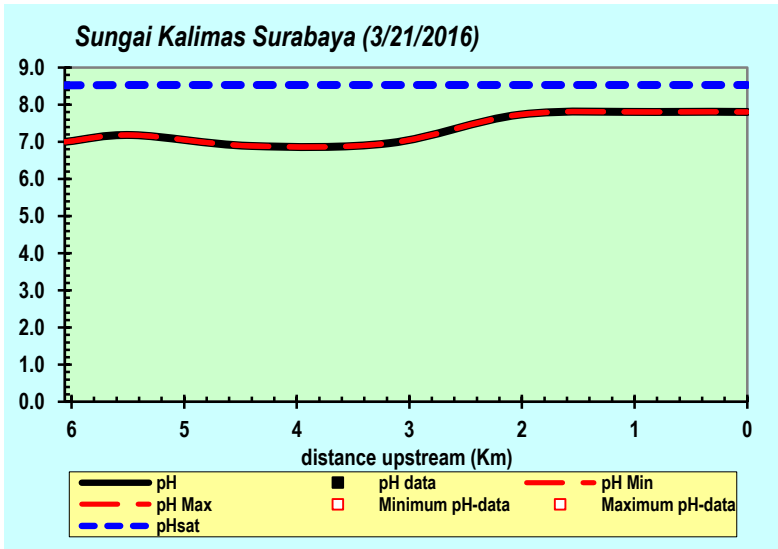
Gambar 4.59 Profil COD Pada Simulasi 5  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



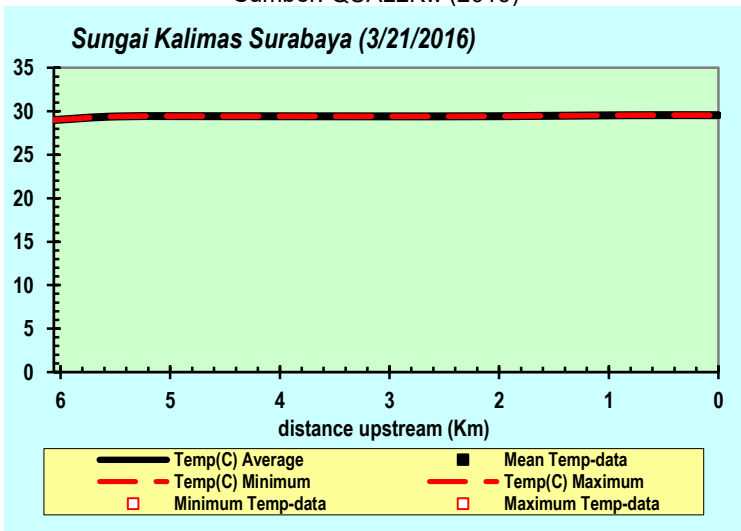
Gambar 4.60 Profil BOD Pada Simulasi 5  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



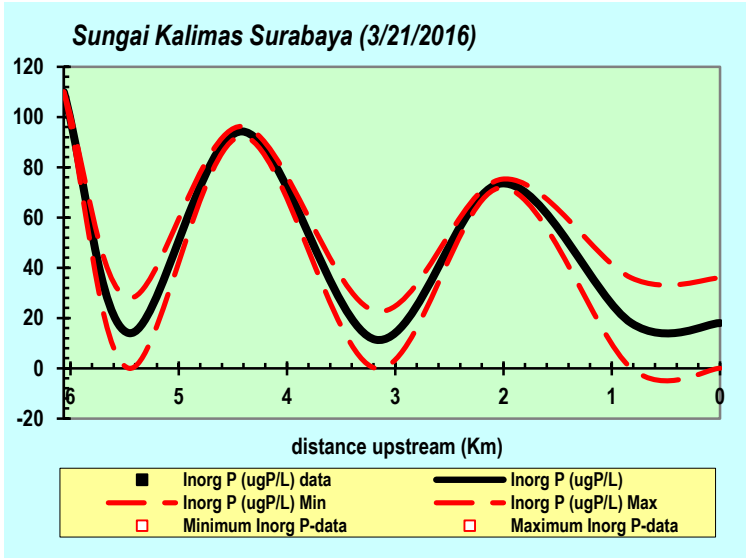
Gambar 4.61 Profil TSS Pada Simulasi 5  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



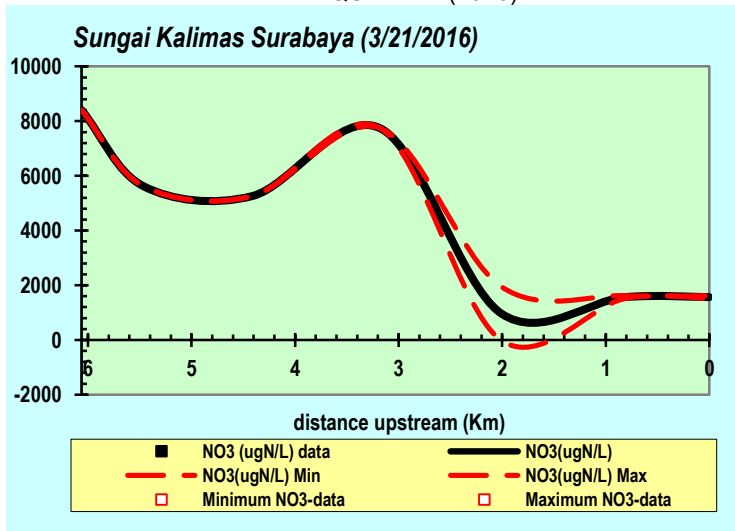
Gambar 4.62 Profil pH Pada Simulasi 5  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



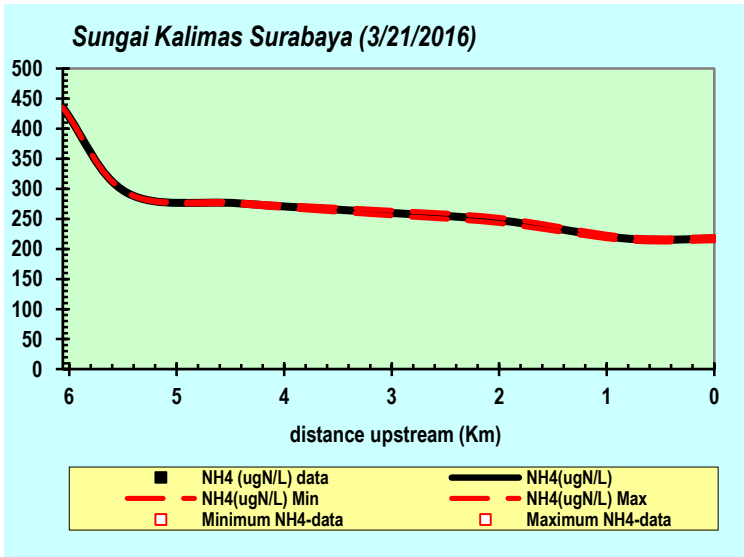
Gambar 4.63 Profil Temperatur Pada Simulasi 5  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)



Gambar 4.64 Profil Fosfat Pada Simulasi 5  
Sumber: QUAL2Kw (2016)



Gambar 4.65 Profil Nitrat Pada Simulasi 5  
Sumber: QUAL2Kw (2016)



Gambar 4.66 Profil Amonium Pada Simulasi 5  
 Sumber: QUAL2Kw (2016)

Tabel 4.25 Hasil WQ Output Simulasi 5

Jarak	*BMA	DO	*BMA	COD	*BMA	BOD	*BMA	TSS	*BMA	NH4	*BMA	NO3	*BMA	PO4	*BMA	pH
		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		
6.06		5.20		20.00		2.20		43.00		0.435		8.40		0.11		7.00
4.86		4.87		20.65		2.48		20.51		0.293		5.61		0.01		7.18
3.97		4.32		19.46		1.22		1.26		0.276		5.26		0.09		6.89
2.39	<b>4</b>	4.33	<b>25</b>	21.10		2.04	<b>3</b>	4.67	<b>50</b>	0.262	<b>10</b>	7.74	<b>0.2</b>	0.01	<b>6-9</b>	6.96
1.64		6.74		2.92		0.34		1.54		0.248		0.98		0.07		7.73
0.00		5.21		9.90		2.47		34.22		0.217		1.57		0.02		7.80

Sumber: QUAL2Kw (2016)



#### 4.6 Pengaruh Fluktuasi Debit Air Sungai Terhadap Hasil Simulasi

Pada sub bab 4.2.1 sudah dijelaskan mengenai data debit maupun cara pengukuran debit Sungai Kalimas. Dalam melakukan pengukuran data hidrolik yaitu debit menggunakan alat *current meter*. Data sekunder debit Sungai Kalimas dapat dilihat pada grafik dalam lampiran D. Pada grafik tersebut debit air sungai maksimum pada rentang 25-27 m<sup>3</sup>/detik, sedangkan debit air sungai minimum pada rentang 8-9 m<sup>3</sup>/detik. Berdasarkan nilai debit pada grafik dapat disimpulkan bahwa nilai debit Sungai Kalimas mengalami fluktuasi. Fluktuasi debit dapat disebabkan oleh banyak faktor, antara lain faktor curah hujan, luas dan bentuk DAS, kerapatan aliran, topografi, dan tanah (Wahid, 2012). Selain faktor tersebut, faktor lain yang juga berpengaruh adalah perubahan musim. Pada musim kemarau cenderung debit air sungai menunjukkan debit air minimum (Dani dkk, 2015)

Dengan adanya fluktuasi debit air sungai tentunya berpengaruh terhadap hasil simulasi dalam program QUAL2Kw. Debit air sungai maksimum pada *headwater* (hulu) akan berpengaruh pada tren garis (model) debit, kedalaman, dan kecepatan air sungai. Dengan perubahan pada tren garis (model), maka harus dilakukan *trial and error* kembali pada *sheet manning formula* untuk mendapatkan hasil tren garis yang mendekati data input.

Selain berpengaruh pada model debit, kedalaman, dan kecepatan, fluktuasi debit juga memberikan pengaruh pada hasil data dalam *worksheet WQ output*. Dalam menginput data, apabila debit air sungai maksimum yang dimasukkan dalam *worksheet headwater* maka nilai kualitas air sungai menjadi turun (kualitasnya menjadi baik) dan sebaliknya apabila nilai debit air sungai minimum yang dimasukkan maka kualitas air sungai naik (kualitas menjadi lebih buruk). Hal tersebut disebabkan, karena dengan adanya penambahan debit maka akan terjadi pengenceran limbah sehingga konsentrasi menjadi berkurang dan kualitas air menjadi lebih baik (Razif, 1994).

Berbeda dengan debit pada *headwater*, debit pada sumber pencemar baik *point sources* maupun non *point sources* hanya sedikit memberikan pengaruh pada hasil simulasi. Hal tersebut disebabkan oleh sumber pencemar *point sources* yang

cenderung bernilai tetap. Sumber pencemar *point sources* akan mengalami peningkatan apabila ada penambahan volume limbah maupun jumlah titik *point sources* yang masuk ke dalam sungai.

#### **4.7 Pengaruh Fluktuasi Kualitas Air Sungai Terhadap Hasil Simulasi**

Dalam melakukan analisis pada sampel kualitas air sungai memungkinkan terjadinya fluktuasi atau perubahan kualitas air sungai. Faktor penyebab terjadinya fluktuasi salah satunya adalah karena perbedaan musim. Perbedaan musim pada saat melakukan pengambilan sampel otomatis berpengaruh terhadap hasil analisis kualitas air sungai. Pada saat musim penghujan konsentrasi beberapa kandungan kimianya menurun karena terjadi pengenceran, sedangkan pada musim kemarau kandungan beberapa parameter kimia meningkat karena proses evapokonsentrasi. Pada musim kemarau air sungai juga cenderung mempunyai nilai pH, turbiditas, TN/TP dan padatan terlarut yang lebih tinggi dibandingkan pada musim penghujan (Henny C dan Triyanto, 2011).

Dengan adanya kecenderungan terjadinya fluktuasi kualitas air sungai, maka hal tersebut berpengaruh terhadap hasil simulasi dalam QUAL2Kw. Pada saat melakukan penginputan data kualitas, apabila nilai TSS yang diinput ke dalam *worksheet headwater* adalah nilai TSS maksimum 268 mg/l (Grafik D.3 lampiran D), maka kualitas air yang dikeluarkan QUAL2Kw dalam *WQ Output* melebihi baku mutu (berkualitas buruk). Sebaliknya, apabila data kualitas TSS minimum yang dimasukkan yaitu 50 mg/l (Grafik D.3 lampiran D), maka hasil akan berkualitas baik (memenuhi baku mutu).

Berdasarkan penjelasan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi QUAL2Kw akan menghasilkan kualitas yang baik apabila data kualitas air sungai pada *headwater* juga berkualitas baik (memenuhi baku mutu). Selain kualitas pada *headwater*, kualitas pada sumber pencemar baik *point sources* maupun non *point sources* juga harus berkualitas baik. Selain berpengaruh terhadap hasil simulasi, fluktuasi kualitas juga memberikan perubahan pada tren garis (model). Dengan adanya hal tersebut maka dilakukan kembali uji coba (*trial and error*) pada nilai koefisien dalam *worksheet reach rates*.

#### 4.8 Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran

Dari data hasil simulasi kualitas air, maka data tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan daya tampung beban pencemaran pada Sungai Kalimas khususnya segmen Taman Prestasi-Jembatan Petekan. Perhitungan daya tampung beban pencemaran akan menggunakan data yang dihasilkan pada *worksheet Source Summary* yang merupakan hasil perhitungan beban pencemaran debit dan kualitas air tiap segmen.

Perhitungan daya tampung beban pencemaran menggunakan simulasi 3 dan 4, berdasarkan kedua simulasi tersebut maka akan didapatkan perhitungan daya tampung beban pencemaran dengan selisih dari hasil simulasi 4 (beban pencemaran penuh) dan simulasi 3 (beban tanpa pencemar). Tabel *source summary* untuk simulasi 3 dan 4 dapat dilihat pada Tabel 4.26 dan 4.27.

$$\text{Daya tampung} = \text{beban pencemar penuh} - \text{beban kondisi awal}$$

Menurut Maulidya (2009) perhitungan beban pencemaran dilakukan dengan mengalikan besar konsentrasi BOD yang masuk ke sungai (dalam mg/l) dengan besarnya debit aliran sungai (dalam m<sup>3</sup>/detik). Namun dalam penelitian ini tidak hanya beban pencemaran BOD saja yang akan dihitung, namun besar beban pencemaran parameter lain juga akan dicari nilainya. Hasil perhitungan beban pencemaran dapat dilihat pada Tabel 4.28 dan 4.29.

$$\text{Beban pencemaran} = \text{konsentrasi BOD (masuk sungai)} \times \text{debit sungai}$$

Tabel 4.27 Hasil Source Summary Pada Simulasi 4

Segmen	Jarak	Debit L/detik	TSS mg/l	BOD mg/l	Amonium mg/l	Nitrat mg/l	Fosfat mg/l	COD mg/l
A-1	6,06-4,86	31173	50.00	2.71	0.33	4.73	0.70	27.98
1-2	4,86-3,97	5113	55.01	2.52	0.34	4.12	0.81	22.00
2-3	3,97-2,39	5895	75.00	3.94	0.36	5.45	0.66	35.99
3-4	2,39-1,64	5132	84.00	3.52	0.31	5.21	0.76	28.00
4-B	1,64-0,00	24814	81.27	3.92	0.34	5.03	0.67	37.05

Sumber: QUAL2Kw (2016)

Tabel 4.26 Hasil Source Summary Pada Simulasi 3

Segmen	Jarak	Debit	TSS mg/l	BOD mg/l	Amonium mg/l	Nitrat mg/l	Fosfat mg/l	COD mg/l
A-1	6,06-4,86	31173	44.96	2.60	0.13	2.39	0.20	25.00
1-2	4,86-3,97	5113	49.97	2.50	0.14	2.12	0.20	20.82
2-3	3,97-2,39	5895	49.96	3.00	0.16	3.45	0.20	24.98
3-4	2,39-1,64	5132	49.98	3.00	0.11	2.21	0.20	24.99
4-B	1,64-0,00	24814	49.99	3.00	0.14	3.03	0.20	25.00

Sumber: QUAL2Kw (2016)

Tabel 4.28 Hasil Perhitungan Beban Pencemaran Pada Simulasi 4

Segmen	Jarak	TSS mg/detik	BOD mg/detik	Amonium mg/detik	Nitrat mg/detik	Fosfat mg/detik	COD mg/detik
A-1	6,06-4,86	1558655	84439	10240	147320	21677	872072
1-2	4,86-3,97	281258	12905	1737	21067	4139	112472
2-3	3,97-2,39	442150	23221	2150	32126	3888	212150
3-4	2,39-1,64	431088	18060	1590	26740	3899	143688
4-B	1,64-0,00	2016574	97187	8481	124753	16691	919257

Sumber: Hasil Perhitungan (2016)

Tabel 4.29 Hasil Perhitungan Beban Pencemaran Pada Simulasi 3

Segmen	Jarak	TSS mg/detik	BOD mg/detik	Amonium mg/detik	Nitrat mg/detik	Fosfat mg/detik	COD mg/detik
A-1	6,06-4,86	1401543	81142	4053	74449	6234	779328
1-2	4,86-3,97	255477	12775	715	10833	1022	106444
2-3	3,97-2,39	294514	17670	972	20320	1178	147257
3-4	2,39-1,64	256503	15390	564	11337	1026	128251
4-B	1,64-0,00	1240467	74430	3518	75125	4962	620357

Sumber: Hasil Perhitungan (2016)

Langkah selanjutnya setelah dilakukan perhitungan beban pencemaran pada masing-masing simulasi, maka dilakukan perhitungan daya tampung beban pencemaran. Perhitungan daya tampung didapatkan dari selisih antara simulasi 3 dan 4. Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran ada pada Tabel 4.30.

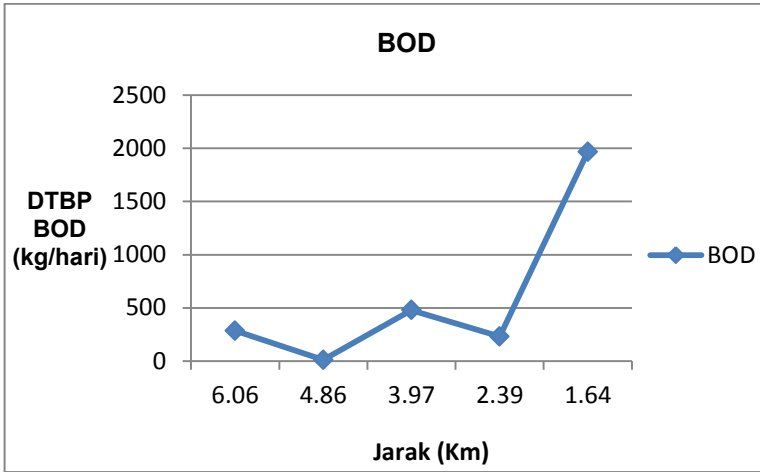
Tabel 4.30 Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Kalimas Surabaya

Segmen	Jarak (Km)	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat	COD
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
A-1	6,06-4,86	13575	285	534.55	6296.12	1334	8013
1-2	4,86-3,97	2228	11	88.31	884.24	269	521
2-3	3,97-2,39	12756	480	101.79	1019.95	234	5607
3-4	2,39-1,64	15084	231	88.66	1330.79	248	1334
4-B	1,64-0,00	67056	1966	428.73	4287.91	1013	25825

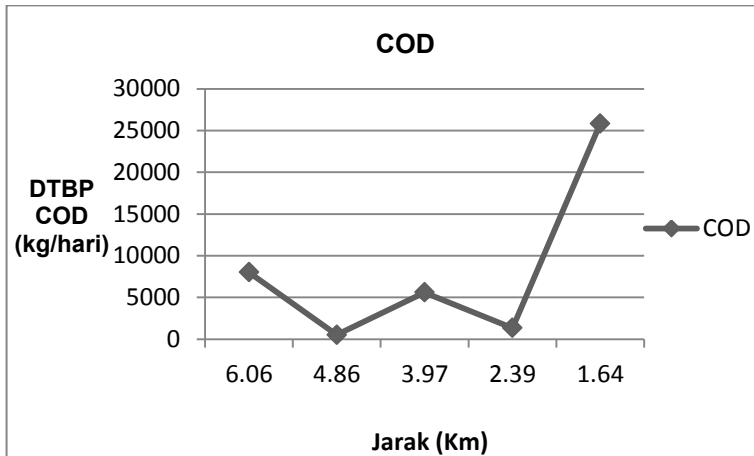
Sumber: Hasil Perhitungan (2016)

Dari Tabel 4.30 maka dapat dilihat bahwa daya tampung terbesar pada Sungai Kalimas untuk parameter COD, BOD, TSS pada segmen 4-B sedangkan parameter fosfat, nitrat, dan amonium pada segmen A-1. Sumber potensi beban pencemaran terbesar berasal dari kegiatan rumah tangga (Komarudin dkk., 2015). Peningkatan volume air limbah yang masuk ke dalam sungai dikhawatirkan akan melebihi daya tampung sungai. Daya tampung sungai yang terlampaui dapat mengakibatkan terganggunya daya dukung sungai yang pada akhirnya sumber daya alam ini akan mengalami kelangkaan baik ditinjau dari kuantitas maupun kualitas (Komarudin dkk., 2015)

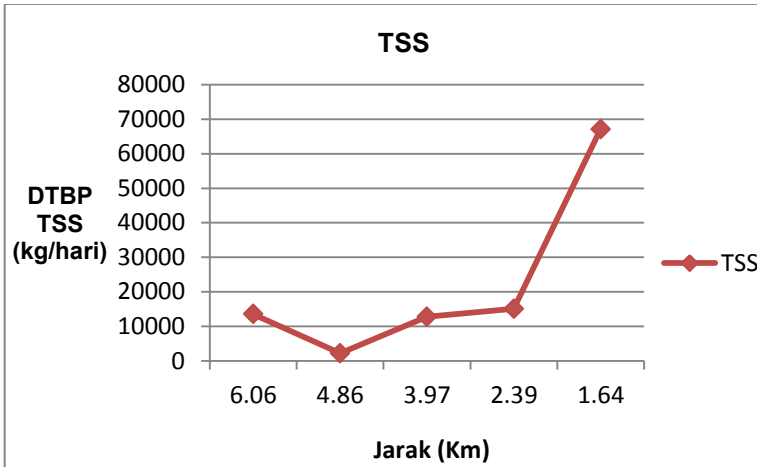
Besar daya tampung beban pencemaran yang sudah didapat dalam penelitian ini hasilnya sewaktu-waktu dapat berubah tetapi perubahannya tidak signifikan. Perbedaan disebabkan adanya bertambahnya jumlah limbah yang masuk, perbedaan jumlah segmen, dan perbedaan musim (waktu penelitian). Berdasarkan hal tersebut maka diperlukan perhitungan yang berkelanjutan untuk daya tampung beban pencemaran Sungai Kalimas. Besar daya tampung beban pencemaran dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 4.67- Gambar 4.73.



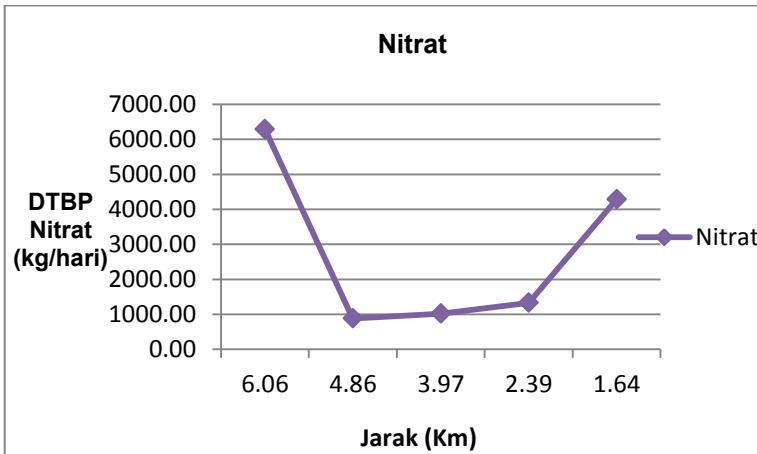
Gambar 4.67 Daya Tampung Beban Pencemaran Parameter BOD



Gambar 4.68 Daya Tampung Beban Pencemaran Untuk Parameter COD

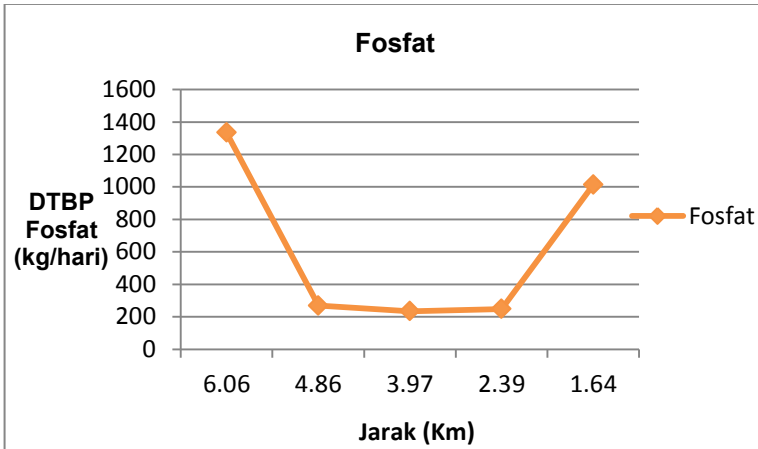


Gambar 4.69 Daya Tampung Beban Pencemaran Untuk Parameter TSS

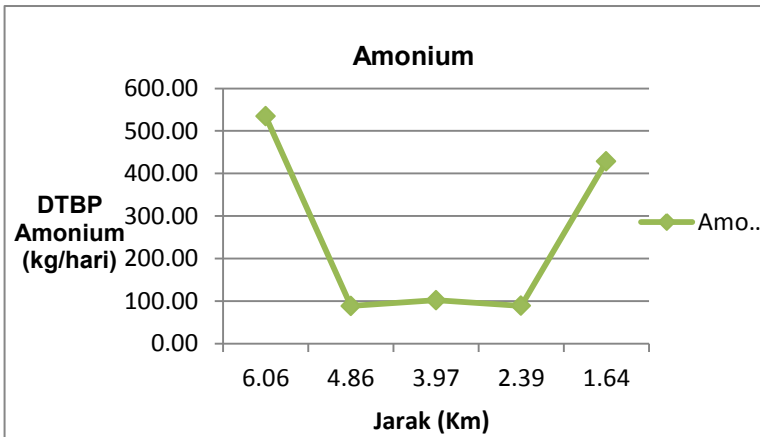


Gambar 4.70 Daya Tampung Beban Pencemaran Untuk Parameter Nitrat





Gambar 4.71 Daya Tampung Beban Pencemaran Untuk Parameter Fosfat



Gambar 4. 72 Daya Tampung Beban Pencemaran Untuk Parameter Amonium

Setelah didapatkan daya tampung beban pencemaran sungai kalimas, maka dapat ditentukan juga besar daya dukungnya. Menurut Irsanda (2014) penentuan daya dukung dapat diperoleh melalui selisih antara daya tampung beban pencemaran dengan beban pencemaran itu sendiri. Dengan diketahuinya kapasitas daya dukung sungai, maka akan diketahui juga kemampuan *self* purifikasi dalam sungai. Daya dukung yang sudah terlampaui akan menyebabkan berkurangnya kemampuan *self* purifikasi dan sebaliknya jika daya dukung belum terlampaui maka hal tersebut dapat meningkatkan kemampuan *self* purifikasi dalam sungai (Razif, 1994)

Menurut Maulidya (2009) untuk memperoleh besar dari daya dukung juga dapat dilakukan dengan mengalikan besar konsentrasi (baik konsentrasi BOD maupun konsentrasi parameter kualitas air yang lain) yang tidak mencemari sesuai baku mutu sungai dengan debit aliran sungai. Namun dalam penelitian ini untuk perhitungan daya dukung tidak dibahas dan diperhitungkan. Hanya sebatas sampai dengan penentuan daya tampung beban pencemaran Sungai Kalimas.

## LAMPIRAN A DOKUMENTASI KEGIATAN SAMPLING DAN ANALISIS LABORATORIUM



Gambar A.1 Uji DO Sampel Air Sungai



Gambar A.2 Analisis BOD Sampel Air Sungai



Gambar A.3 Kondisi Air Sungai Pada Bagian Hulu Sungai



Gambar A.4 Kondisi Air Sungai Pada Segmen A-1 (Jembatan Jalan Genteng Kali)



Gambar A.5 Kondisi Air Sungai Pada Segmen 1-2  
(Jembatan Peneleh)



Gambar A.6 Kondisi Air Sungai Pada Segmen 2-3  
(Jembatan Kebon Rojo)



Gambar A.7 Kondisi Air Sungai Pada Segmen 3-4  
(Jembatan Merah)



Gambar A.8 Pengambilan Sampel Air Sungai



Gambar A.9 Bahan Kimia ( $MnSO_4$  dan Pereaksi Oksigen) Untuk Pengawetan Sampel Air



Gambar A.10 Kondisi Saluran Drainase (*Point Sources*)



Gambar A.11 Kondisi Keluaran Dari Sungai kalimas Menuju Anak Sungai (*Point Sources*)



Gambar A.12 Kondisi Saluran Drainase (*Point Sources*)



## LAMPIRAN B PERHITUNGAN PROYEKSI PENDUDUK

Dalam teknik simulasi pada bab 3 (Tabel 3.4) dijelaskan bahwa simulasi menggunakan simulasi 2, yaitu simulasi dengan mengasumsikan beban pencemar dari non point sources terus mengalami peningkatan. Dengan adanya hal tersebut, maka perhitungan proyeksi penduduk sangat diperlukan. Metode perhitungan yang dapat digunakan ada 3 metode, yaitu metode aritmatik, geometrik, dan metode *least square*. Dari ketiga metode tersebut kemudian dicari koefisien korelasinya terlebih dahulu untuk mencari metode mana yang akan digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk. Koefisien korelasi dari ketiga metode tersebut dipilih yang mendekati 1 (grafik linier) sehingga dapat ditentukan metode atau rumus mana yang akan digunakan menghitung proyeksi penduduk. Koefisien korelasi yang mendekati nilai 1 menunjukkan bahwa proyeksi penduduk yg dihitung mendekati benar.

### 1. Metode Aritmatika

Perhitungan proyeksi penduduk dengan metode aritmatika dapat dihitung dengan yaitu rumus sebagai berikut :

$$P_n = P_o (1+rn)$$

Dimana :

$P_n$  = Jumlah penduduk pada akhir tahun periode

$P_o$  = Jumlah penduduk pada awal proyeksi

$r$  = rata-rata pertambahan penduduk tiap tahun

$n$  = kurun waktu proyeksi

Perhitungan koefisien korelasi (  $r$  ) dengan metode aritmatika menggunakan rumus berikut :

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\left\{ \left[ n(\sum y^2) - (\sum y)^2 \right] \times \left[ n(\sum x^2) - (\sum x)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}}$$

Dimana :

X = urutan tahun

Y = jumlah penduduk

## 2. Metode Geometri

Perhitungan proyeksi penduduk dengan metode geometri dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_n = P_o (1+r)^n$$

Dimana :

$P_n$  = Jumlah penduduk pada akhir tahun periode

$P_o$  = Jumlah penduduk pada awal proyeksi

$r$  = rata-rata pertambahan penduduk tiap tahun

$n$  = kurun waktu

Perhitungan koefisien korelasi (  $r$  ) dengan metode aritmatika menggunakan rumus berikut :

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\left\{ \left[ n(\sum y^2) - (\sum y)^2 \right] \times \left[ n(\sum x^2) - (\sum x)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}}$$

## 3. Metode *Least Square*

Perhitungan proyeksi penduduk dengan metode least square dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_n = a + (bt)$$

Dimana :

$t$  = tambahan tahun terhitung dari tahun dasar

$P_n$  = Jumlah penduduk pada akhir tahun periode

Nilai  $a$  dan  $b$  dicari berdasarkan rumus :

$$a = \frac{[\sum y (\sum x^2)] + [(\sum x)(\sum x \cdot y)]}{[n (\sum x^2)] + (\sum y)^2} \qquad \frac{n (\sum x \cdot y) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

Dimana :

$n$  = jumlah data

Perhitungan koefisien korelasi (  $r$  ) dengan metode aritmatika menggunakan rumus berikut :

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\left\{ \left[ n(\sum y^2) - (\sum y)^2 \right] \times \left[ n(\sum x^2) - (\sum x)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}}$$

Hasil yang didapat setelah dilakukan perhitungan adalah sebagai berikut:

### 1. Kecamatan Genteng

Tabel B.1 Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Genteng Menggunakan Metode Aritmatika

Tahun	Jumlah Penduduk	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2011	66791	1	0	0	1	0
2012	68191	2	1400	2800	4	1960000
2013	69817	3	1626	4878	9	2643876
2014	70680	4	863	3452	16	744769
2015	70266	5	-414	-2070	25	171396
<b>Total</b>		15	3475	9060	55	5520041
<b>r</b>						<b>-0.2449671</b>

Tabel B.2 Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Genteng Menggunakan Metode Geometri

Tahun	Jumlah Penduduk	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2011	66791	1	11.1093236	11.109324	1	123.41707
2012	68191	2	11.1300679	22.260136	4	123.87841
2013	69817	3	11.1536328	33.460898	9	124.40352
2014	70680	4	11.1659179	44.663672	16	124.67772
2015	70266	5	11.1600433	55.800217	25	124.54657
<b>Total</b>		15	55.7189855	167.29425	55	620.9233
<b>r</b>						<b>0.9199928</b>

Tabel B.3 Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Genteng Menggunakan Metode *Least Square*

Tahun	Jumlah Penduduk	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2011	66791	1	66791	66791	1	4.461E+09
2012	68191	2	68191	136382	4	4.65E+09
2013	69817	3	69817	209451	9	4.874E+09
2014	70680	4	70680	282720	16	4.996E+09
2015	70266	5	70266	351330	25	4.937E+09
<b>Total</b>		15	345745	1046674	55	2.392E+10
<b>r</b>						<b>0.9204597</b>

## 2. Kecamatan Krebangan

Tabel B.4 Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Krebangan Menggunakan Metode Aritmatika

Tahun	Jumlah	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
	Penduduk					
2011	122616	1	0	0	1	0
2012	129681	2	7065	14130	4	49914225
2013	135009	3	5328	15984	9	28387584
2014	135005	4	-19371	-77484	16	3.75E+08
2015	136076	5	20438	102190	25	4.18E+08
<b>Total</b>		15	13460	54820	55	8.71E+08
<b>r</b>						<b>0.158023</b>

Tabel B.5 Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Krebangan Menggunakan Metode Geometri

Tahun	Jumlah	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
	Penduduk					
2011	122616	1	11.7168128	11.716813	1	137.2837
2012	129681	2	11.7728329	23.545666	4	138.5996
2013	135009	3	11.8130967	35.43929	9	139.5493
2014	135005	4	11.8130671	47.252268	16	139.5486
2015	136076	5	11.8209688	59.104844	25	139.7353
<b>Total</b>		15	58.9367783	177.05888	55	694.7164
<b>r</b>						<b>0.899166</b>

Tabel B.6 Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Krebangan Menggunakan Metode *Least Square*

Tahun	Jumlah	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
	Penduduk					
2011	122616	1	122616	122616	1	1.5E+10
2012	129681	2	129681	259362	4	1.68E+10
2013	135009	3	135009	405027	9	1.82E+10
2014	135005	4	135005	540020	16	1.82E+10
2015	136076	5	136076	680380	25	1.85E+10
<b>Total</b>		15	658387	2007405	55	8.68E+10
<b>r</b>						<b>0.902607</b>

### 3. Kecamatan Pabean Cantikan

Tabel B.7 Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Pabean Cantikan Menggunakan Metode Aritmatika

Tahun	Jumlah	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
	Penduduk					
2011	89881	1	0	0	1	0
2012	88573	2	-1308	-2616	4	1710864
2013	90122	3	1549	4647	9	2399401
2014	90934	4	812	3248	16	659344
2015	91006	5	72	360	25	5184
<b>Total</b>		15	1125	5639	55	4774793
<b>r</b>						<b>0.336688</b>

Tabel B.8 Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Pabean Cantikan Menggunakan Metode Geometri

Tahun	Jumlah	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
	Penduduk					
2011	89881	1	11.4062419	11.406242	1	130.1024
2012	88573	2	11.3915823	22.783165	4	129.7681
2013	90122	3	11.4089196	34.226759	9	130.1634
2014	90934	4	11.4178892	45.671557	16	130.3682
2015	91006	5	11.4186807	57.093404	25	130.3863
<b>Total</b>		15	57.0433138	171.18113	55	650.7884
<b>r</b>						<b>0.736371</b>

Tabel B.9 Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Pabean Cantikan Menggunakan Metode *Least Square*

Tahun	Jumlah	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
	Penduduk					
2011	89881	1	89881	89881	1	8.08E+09
2012	88573	2	88573	177146	4	7.85E+09
2013	90122	3	90122	270366	9	8.12E+09
2014	90934	4	90934	363736	16	8.27E+09
2015	91006	5	91006	455030	25	8.28E+09
<b>Total</b>		15	450516	1356159	55	4.06E+10
<b>r</b>						<b>0.738681</b>

Tabel B.10 Persentase Pertambahan Penduduk Kecamatan Genteng

Tahun	Jumlah Penduduk	r	r (%)
2011	66791	0	0
2012	68191	0.0209609	2.09609079
2013	69817	0.0238448	2.38447889
2014	70680	0.0123609	1.23608863
2015	70266	-0.0058574	-0.58573854
	Jumlah	0.0513092	5.13091977
	Rata-rata	0.0102618	1.02618395

Tabel B.11 Persentase Pertambahan Penduduk Kecamatan Krembangan

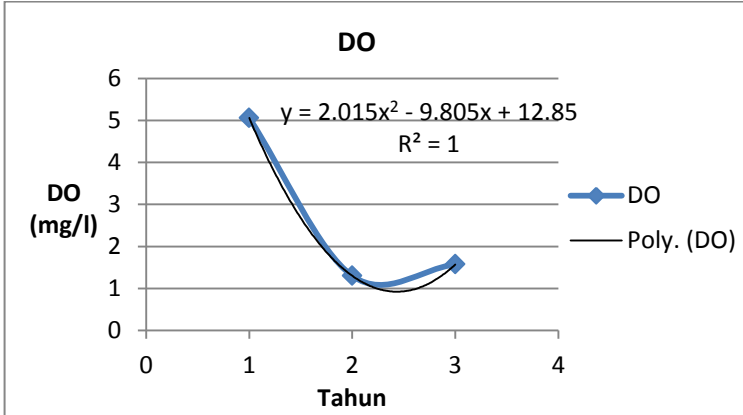
Tahun	Jumlah Penduduk	r	r (%)
2011	122616	0	0
2012	129681	0.0576189	5.76189078
2013	135009	0.0410854	4.10854327
2014	135005	-2.963E-05	-0.00296277
2015	136076	0.007933	0.79330395
	Jumlah	0.1066078	10.6607752
	Rata-rata	0.0213216	2.13215505

Tabel B.12 Persentase Pertambahan Penduduk Kecamatan Pabean Cantikan

Tahun	Jumlah Penduduk	r	r (%)
2011	89881	0	0
2012	88573	-0.0145526	-1.45525751
2013	90122	0.0174884	1.74883994
2014	90934	0.00901	0.90100087
2015	91006	0.0007918	0.07917831
	Jumlah	0.0127376	1.2737616
	Rata-rata	0.0025475	0.25475232

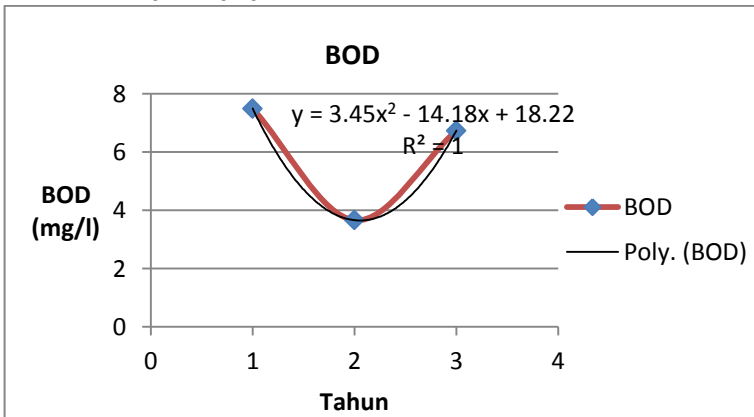
## LAMPIRAN C GRAFIK TREN KUALITAS AIR SUNGAI

1. Tren Kualitas DO Sungai Kalimas Pada Bulan September Tahun 2014-2016



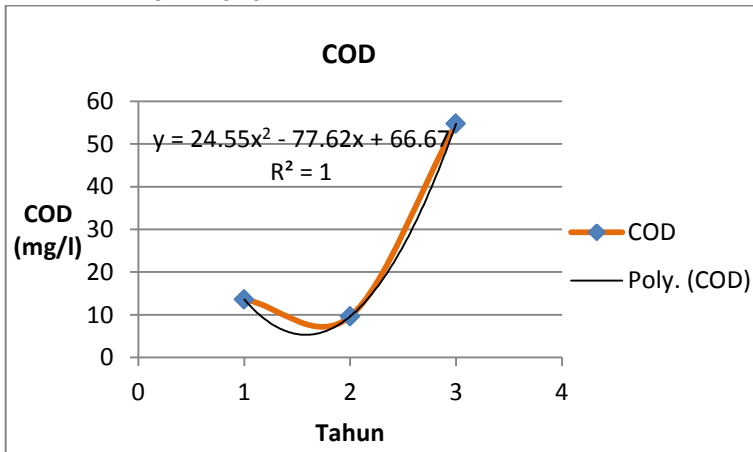
Keterangan: Tahun 1 (September 2014); Tahun 2 (September 2015);  
Tahun 3 (September 2016);

2. Tren Kualitas BOD Sungai Kalimas Pada Bulan September Tahun 2014-2016



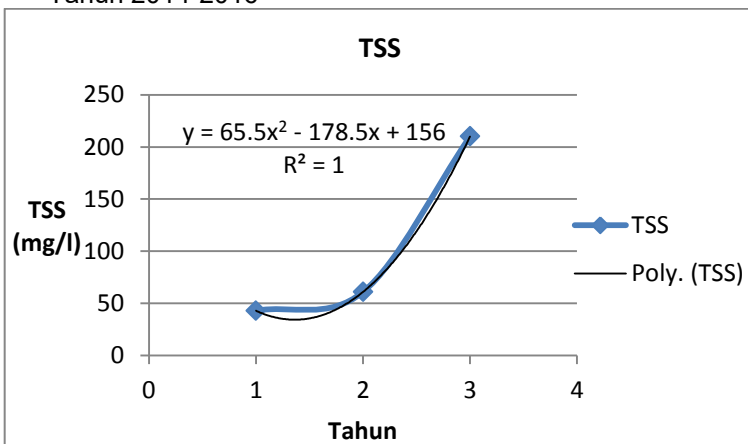
Keterangan: Tahun 1 (September 2014); Tahun 2 (September 2015);  
Tahun 3 (September 2016);

3. Tren Kualitas COD Sungai Kalimas Pada Bulan September Tahun 2014-2016



Keterangan: Tahun 1 (September 2014); Tahun 2 (September 2015);  
Tahun 3 (September 2016);

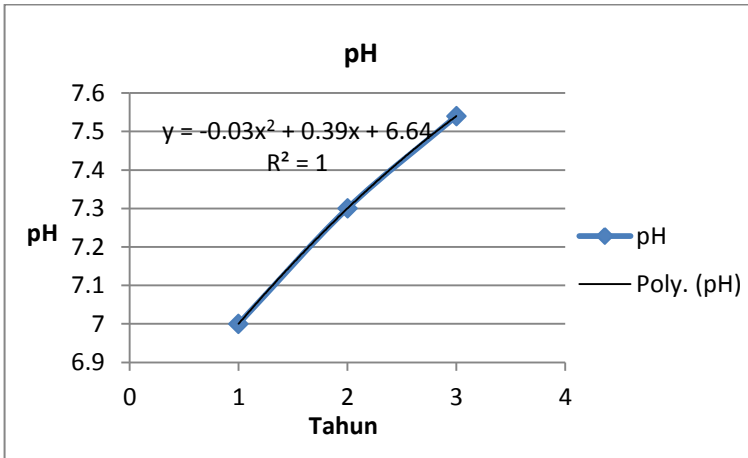
4. Tren Kualitas TSS Sungai Kalimas Pada Bulan September Tahun 2014-2016



Keterangan: Tahun 1 (September 2014); Tahun 2 (September 2015);  
Tahun 3 (September 2016);

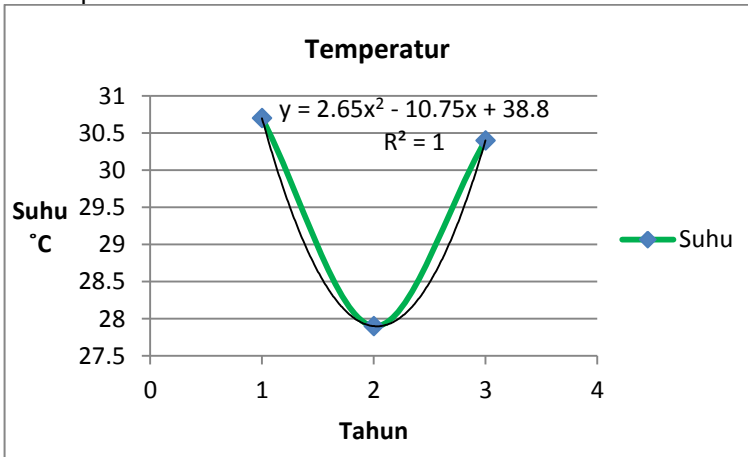


5. Tren Kualitas pH Sungai Kalimas Pada Bulan September Tahun 2014-2016



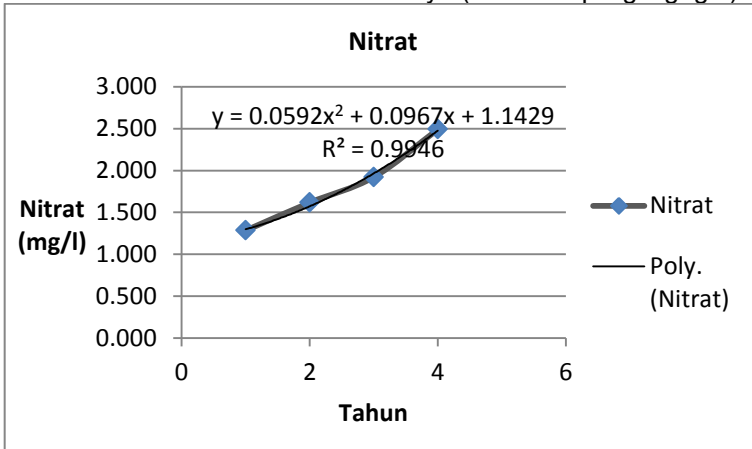
Keterangan: Tahun 1 (September 2014); Tahun 2 (September 2015);  
Tahun 3 (September 2016);

6. Tren Kualitas Temperatur Sungai Kalimas Pada Bulan September Tahun 2014-2016

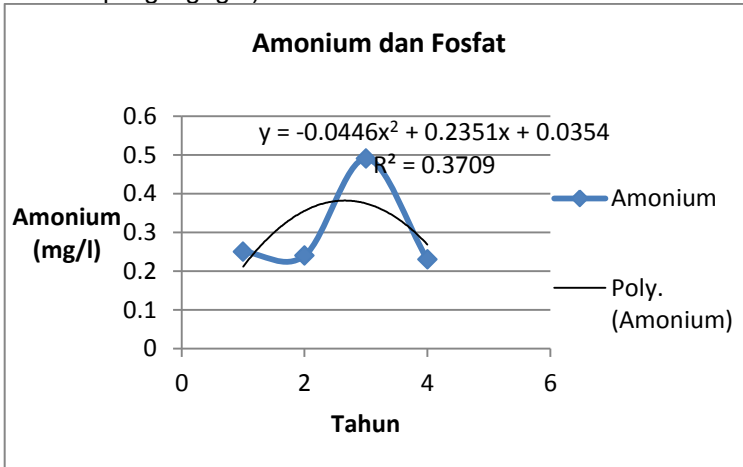


Keterangan: Tahun 1 (September 2014); Tahun 2 (September 2015);  
Tahun 3 (September 2016);

7. Tren Kualitas Nitrat Kali Surabaya (Titik Sampling Ngagel)

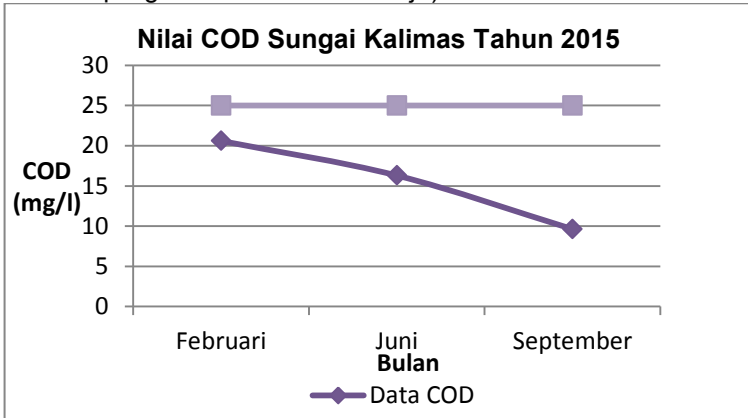


8. Tren Kualitas Amonium dan Fosfat Kali Surabaya (Titik Sampling Ngagel)



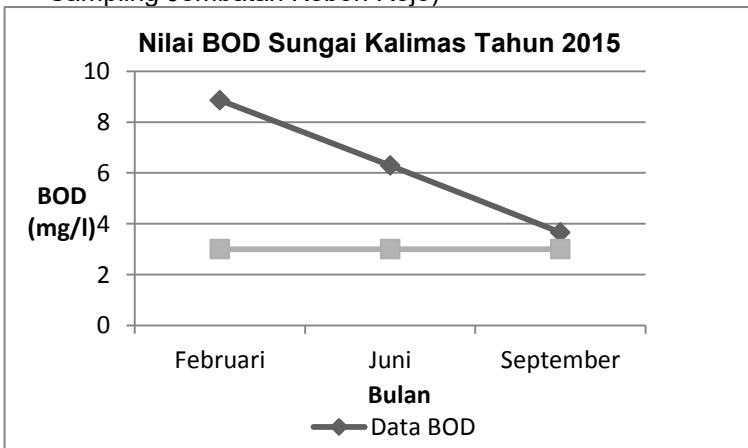
**LAMPIRAN D**  
**GRAFIK DATA SEKUNDER DEBIT DAN KUALITAS AIR**  
**SUNGAI KALIMAS**

1. Data Kualitas COD Sungai Kalimas Tahun 2015 (Titik Sampling Jembatan Kebon Rojo)



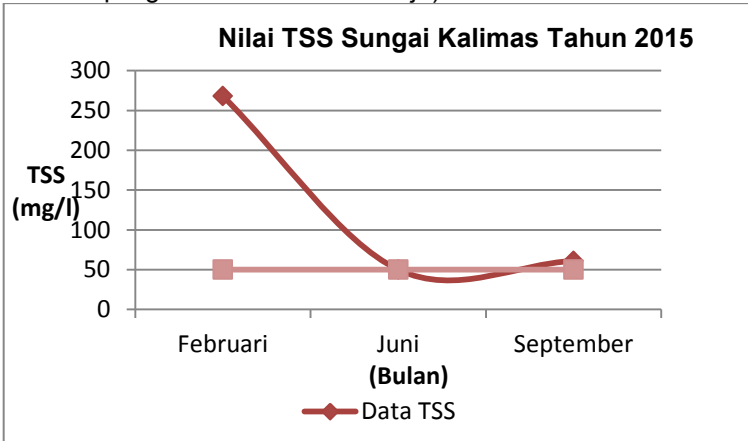
Gambar D.1 Nilai COD

2. Data Kualitas BOD Sungai Kalimas Tahun 2015 (Titik Sampling Jembatan Kebon Rojo)



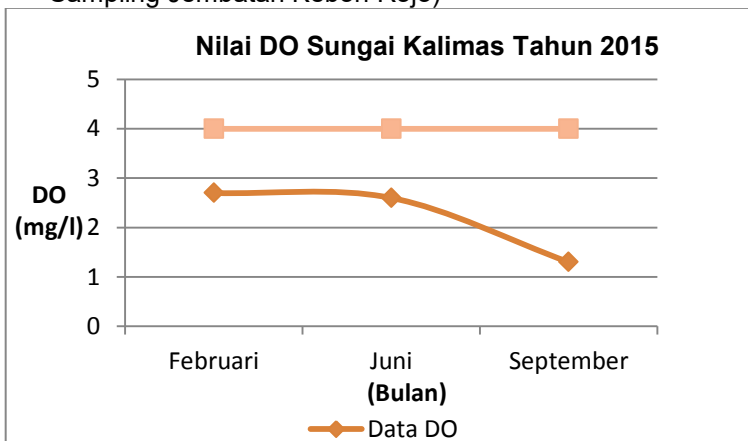
Gambar D.2 Nilai BOD

3. Data Kualitas TSS Sungai Kalimas Tahun 2015 (Titik Sampling Jembatan Kebon Rojo)



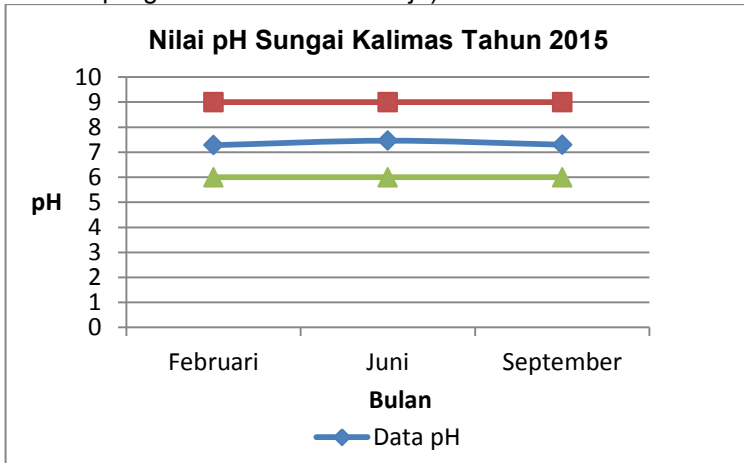
Gambar D.3 Nilai TSS

4. Data Kualitas DO Sungai Kalimas Tahun 2015 (Titik Sampling Jembatan Kebon Rojo)



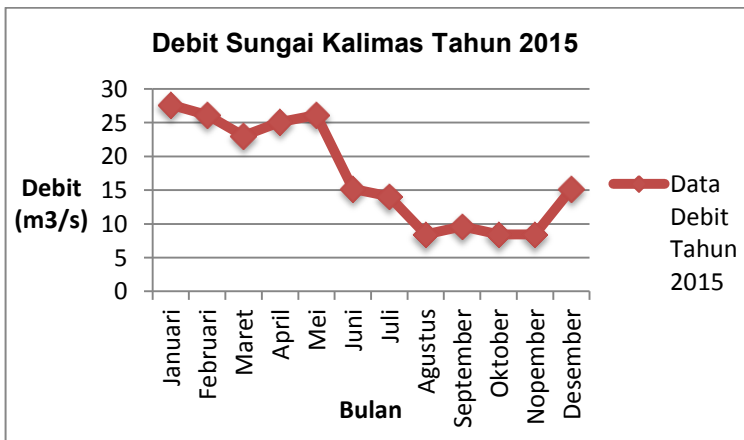
Gambar D.4 Nilai DO

5. Data Kualitas pH Sungai Kalimas Tahun 2015 (Titik Sampling Jembatan Kebon Rojo)



Gambar D.5 Nilai pH

6. Data Debit Sungai Kalimas Tahun 2015 (Titik Pengukuran Pada Bendung Karet Gubeng)



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## LAMPIRAN E

### PROSEDUR ANALISIS LABORATORIUM

#### 1. Analisis COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Alat dan Bahan

1. Larutan kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) 0,1 N
2. Larutan campuran asam (perak sulfat ( $Ag_2SO_4$ ) dicampur dengan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ))
3. Larutan standart Fero Amonium Sulfat (FAS) 0,0125 N
4. Larutan indikator fenantrolin fero sulfat (Feroin)
5. Tabung COD 2 buah
6. Buret 25 mL 1 buah
7. Alat pemanas
8. Rak tabung COD
9. Pipet 5 mL, 10 mL
10. Pipet tetes 1 buah
11. Erlenmeyer 100 ml, 1 buah
12. Beker glass 50 mL, 1 buah
13. Gelas ukur 25 mL, 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Menyiapkan sampel yang akan dianalisis kadar CODnya
2. Menyiapkan 2 buah tabung COD, kemudian memasukkan 1 mL sampel dan 1 mL air aquades (sebagai blangko) ke dalam masing-masing tabung COD
3. Menambahkan 1,5 mL larutan  $K_2Cr_2O_7$  N
4. Menambahkan 3,5 mL larutan campuran asam
5. Menyalakan alat pemanas dan meletakkan tabung COD pada rak tabung COD diatas alat pemanas selama 2 jam
6. Setelah 2 jam, alat pemanas dimatikan dan tabung COD dibiarkan hingga dingin
7. Menambahkan 1 tetes indikator Feroin.
8. Sampel dalam tabung COD dipindahkan ke dalam Erlenmeyer 100 ml

9. Titrasi kedua larutan di erlenmeyer tersebut dengan larutan standart FAS 0,0125 N hingga warna biru-hijau menjadi merah-coklat permanen
10. Hitung COD sampel dengan rumus :

$$\text{COD (mg O}_2\text{/L)} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{Vol sampel}} \times p \times f$$

Keterangan:

- A : mL FAS titrasi blanko
- B : mL FAS titrasi sampel
- N : normalitas larutan FAS
- P : pengenceran

## 2. Analisis BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Alat dan Bahan

1. Larutan buffer fosfat
2. Larutan MgSO<sub>4</sub>
3. Larutan CaCl<sub>2</sub>
4. Larutan FeCl<sub>3</sub>
5. Larutan MnSO<sub>4</sub>
6. Larutan pereaksi oksigen
7. Larutan indikator amilum 1%
8. Larutan natrium thiosulfat 0,0125 N
9. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Pekat
10. 1 buah labu ukur berukuran 500 mL
11. 2 buah botol winkler 300 mL dan 2 buah botol winkler 150 ml
12. Gelas ukur 100 ml
13. Pipet ukur 10 ml
14. Pipet tetes
15. Erlenmeyer 250 ml
16. Inkubator suhu 20°C

Prosedur Analisis Pembuatan Air Pengencer:

1. Memasukkan air kran ke dalam ember plastik sebanyak 1 liter
2. Menambahkan 1 ml larutan buffer fosfat ke dalam ember
3. Menambahkan 1 ml larutan MgSO<sub>4</sub> ke dalam ember



4. Menambahkan 1 ml larutan  $\text{CaCl}_2$  ke dalam ember
5. Menambahkan 1 ml larutan  $\text{FeCl}_3$  ke dalam ember
6. Menambahkan 1 ml larutan bakteri ke dalam ember (larutan bakteri terbuat dari air kolam yang sudah diaerasi selama 2 jam)
7. Melakukan aerasi larutan di dalam ember selama 2 jam

Prosedur Analisis  $\text{BOD}_5$ :

1. Perhitungan pengenceran,  $P = \text{angka COD}/5$
2. Menyiapkan sampel sesuai dengan perhitungan pengenceran, kemudian menuangkan sampel ke dalam labu ukur 500 ml dan menambahkan air pengencer hingga tanda batas
3. Menuangkan air sampel kedalam 1 botol winkler 300 mL dan 1 botol winler 150 mL hingga tumpah kemudian ditutup dengan hati – hati
8. Menuangkan air pengencer sebagai blanko kedalam 1 botol winkler 300 mL dan 1 botol winler 150 mL hingga tumpah kemudian ditutup dengan hati- hati
9. Membungkus 2 botol winkler 300 ml menggunakan *plastic wrap*
10. Memasukkan 2 botol winkler 300 mL ke dalam inkubator  $20^\circ\text{C}$  selama 5 hari.
11. Menganalisis kadar oksigen terlarut (DO) larutan yang berada di dalam 2 buah botol winkler 150 ml, dengan prosedur berikut:
  - Menambahkan 1 ml  $\text{MnSO}_4$
  - Menambahkan 1 ml pereaksi oksigen
  - Menutup botol winkler dengan hati-hati kemudian mengocoknya beberapa kali
  - Membiarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit
  - Menambahkan 1 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat kemudian menutup botol dan mengocoknya kembali
  - Menuangkan 100 ml larutan ke dalam Erlenmeyer 250 ml
  - Menambahkan 3 tetes indikator amilum
  - Titrasi larutan dengan larutan natrium tiosulfat 0,0125 N sampai warna biru hilang menjadi bening

12. Setelah 5 hari, analisis kadar oksigen terlarut (DO) kedua larutan dalam botol winkler 300 ml (prosedur analisis DO sama dengan langkah pada nomor 11)
13. Perhitungan nilai BOD dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$BOD_5^{20} \text{ (mg/L)} = \frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)] \times (1 - P)}{P}$$

$$P = \frac{\text{mL sampel}}{\text{volume hasil pengenceran (500 mL)}}$$

Keterangan:

- X<sub>0</sub> : DO sampel pada t = 0
- X<sub>5</sub> : DO sampel pada t = 5
- B<sub>0</sub> : DO blanko pada t = 0
- B<sub>5</sub> : DO blanko pada t = 5
- P : derajat pengenceran

### 3. Analisis DO (*Dissolved Oxygen*)

Alat dan Bahan

1. Larutan mangan sulfat (MnSO<sub>4</sub>)
2. Larutan pereaksi oksigen
3. Larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) pekat
4. Larutan indikator amilum 1 %
5. Larutan standart natrium tiosulfat 0,0125 N
6. Botol winkler 150 mL 1 buah
7. Gelas ukur 100 mL 1 buah
8. Erlenmeyer 250 mL 1 buah
9. Buret 25 mL 1 buah
10. *Beaker glass* 50 mL 1 buah
11. Pipet 5 mL dan 10 mL
12. Pipet tetes 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Mengambil sampel langsung dengan cara memasukkan botok winkler 150 ml ke dalam air sampai botol winkler penuh selanjutnya tutup botol
2. Menambahkan 1 ml MnSO<sub>4</sub>

3. Menambahkan 1 ml pereaksi oksigen
4. Menutup botol winkler dengan hati-hati kemudian mengocoknya beberapa kali
5. Membiarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit
6. Menambahkan 1 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat kemudian menutup botol dan mengocoknya kembali
7. Menuangkan 100 ml larutan ke dalam Erlenmeyer 250 ml
8. Menambahkan 3 tetes indikator amilum
9. Titrasi larutan dengan larutan natrium tiosulfat 0,0125 N sampai warna biru hilang menjadi bening
10. Menghitung oksigen terlarut dengan menggunakan rumus:

$$DO \text{ (mg/L)} = \frac{a \times N \times 8000}{100 \text{ mL}}$$

Keterangan :

a : volume titran (mL)

N : normalitas larutan Na-tiosulfat (0,0125 N)

100 mL: voume sampel yang digunakan dalam titrasi

#### 4. Analisis TSS (*Total Suspended Solids*)

Alat dan Bahan

1. Larutan sampel yang akan dianalisis
2. Furnace dengan suhu 550°C
3. Oven dengan suhu 105°C
4. Cawan porselen 50 ml
5. Timbangan analitis
6. Desikator
7. Cawan petridis
8. Kertas saring
9. Vacum filter

Prosedur Analisis:

1. Cawan porselin dibakar dengan suhu 550°C selama 1 jam, setelah itu dimasukkan ke dalam oven 105°C selama 15 jam.
2. Memasukkan kertas saring ke oven 105°C selama 1 jam
3. Cawan dan kertas saring diatas didinginkan dalam desikator selama 15 menit

4. Menimbang cawan dan kertas saring dengan timbangan analitis (e mg)
5. Meletakkan kertas saring yang telah ditimbang pada *vacuum pump*
6. Menuangkan 10 ml sampel diatas filter yang telah dipasang pada vacuum filter, volume sampel yang digunakan ini tergantung dari kepekatannya, catat volume sampel (g ml)
7. Saring sampel sampai kering atau airnya habis
8. Meletakkan kertas saring pada cawan petridis dan memasukkan ke dalam oven 105°C selama 1 jam
9. Mendinginkan di dalam desikator selama 15 menit
10. Menimbang dengan timbangan analitis (f mg)
11. Menghitung jumlah TSS dengan rumus berikut:  

$$\text{TSS (mg/L)} = ((f-e)/g) \times 1000 \times 1000$$

## 5. Analisis Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Alat dan Bahan

1. Larutan brucin asetat
2. Larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) pekat
3. Erlenmeyer 50 ml 2 buah
4. Spektrofotometer dan kuvet
5. Pipet 10 ml dan 10 ml
6. Pipet tetes 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Mengambil 2 buah erlenmeyer 50 ml, isi masing-masing dengan sampel air dan air aquades (sebagai blanko) sebanyak 2 ml
2. Menambahkan 2 ml larutan brucin asetat
3. Menambahkan 4 ml larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) pekat
4. Mengaduk dan membiarkan selama 10 menit
5. Membaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 405 μm
6. Absorbansi dari hasil pembacaan, dihitung dengan rumus hasil kalibrasi atau dibaca dengan kurva kalibrasi.

## 6. Analisis Amonium ( $\text{NH}_4^+$ )

Alat dan Bahan

1. Larutan garam signet
2. Larutan nessler
3. Spektrofotometer dan kuvet
4. Erlenmeyer 100 ml 2 buah
5. Pipet 25 ml, 10 ml, dan 5 ml
6. Pipet tetes 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Ambil 2 buah erlenmeyer 100 ml, isi masing-masing dengan sampel air dan air aquadest (sebagai blanko) sebanyak 25 ml
2. Menambahkan 1 ml larutan nessler
3. Menambahkan 1,25 ml larutan garam signet
4. mengaduk dan membiarkan selama 10 menit
5. Membaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 411  $\mu\text{m}$
6. Absorbansi dari hasil pembacaan, dihitung dengan rumus hasil kalibrasi atau dibaca dengan kurva kalibrasi.

## 7. Analisis Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Alat dan Bahan

1. Larutan amonium molybdate ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )
2. Larutan klorid timah ( $\text{SnCl}$ )
3. Erlenmeyer 100 ml 2 buah
4. Spektrofotometer dan kuvet
5. Pipet 25 ml, 10 ml, dan 5 ml
6. Pipet tetes 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Mengambil 2 buah erlenmeyer 100 ml, isi masing-masing dengan sampel air dan air aquadest (sebagai blanko) sebanyak 25 ml
2. Menambahkan 1 ml larutan amonium molybdate
3. Menambahkan 2-3 tetes larutan klorid timah
4. Mengaduk dan membiarkan selama 7 menit
5. Membaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 650  $\mu\text{m}$
6. Absorbansi dari hasil pembacaan, dihitung dengan rumus hasil kalibrasi atau dibaca dengan kurva kalibrasi.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian tugas akhir mengenai penentuan daya tampung beban pencemaran Sungai Kalimas segmen Taman Prestasi-Jembatan Petekan dengan pemodelan QUA12Kw dapat diperoleh kesimpulan, yaitu perhitungan daya tampung beban pencemaran sungai didapatkan dari hasil selisih antara simulasi 4 dengan simulasi 3. Hasil perhitungannya adalah untuk parameter COD, BOD, TSS daya tampung beban pencemaran terbesar pada segmen 5 (4-B). Untuk parameter lain yaitu fosfat, nitrat, dan amonium nilai daya tampung terbesar pada segmen 1(A-1)

#### **5.2 Saran**

1. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan analisis mengenai perhitungan daya dukung Sungai Kalimas
2. Perhitungan kedalaman maupun kecepatan pada beberapa titik dalam 1 segmen sangat diperlukan, sehingga kecepatan dan kedalaman 1 segmen tidak diasumsikan sama, tetapi 1 segmen dapat mempunyai kedalaman dan kecepatan yang berbeda-beda
3. Penelitian lanjutan dengan penambahan segmen maupun perbedaan simulasi sangat diperlukan, agar hasil perhitungan DTBP maupun kualitas air sungai yang didapat lebih akurat
4. Penelitian lanjutan dengan perbedaan musim juga perlu dilakukan, agar hasil penelitian dapat dibandingkan dengan hasil penelitian pada musim penghujan

## DAFTAR PUSTAKA

- Adani, N. G., Hendrarto, B., dan Muskanonfola, M. R. 2013. Kesuburan Perairan Ditinjau dari Kandungan Klorofil-a Fitoplankton: Studi Kasus di Sungai Wedung, Demak. **Management of Aquatic Resources Journal**, 2(4), hal. 38-45.
- Afriana. 2012. **Analisis Nitrat, Nitrit, dan Amonia Pada Air Sungai Mamasa Secara Spektrofotometri UV/visible**. Tugas Akhir. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Agustiningsih, D., dan Sasongko, S. B. 2012. Analisis Kualitas Air Dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal. **Jurnal Presipitasi**, 9(2), hal. 64-71.
- Agustira, R., Lubis, K. S., dan Jamilah. 2013. Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai Pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. **Jurnal Online Agroekoteknologi**, 1(3).
- Ali, A., Soemarno., dan Purnomo, M. 2013. Kajian Kualitas Air dan Status Mutu Air Sungai Metro di Kecamatan Sukun Kota Malang. **Jurnal Bumi Lestari**, 13(2), hal. 265-274.
- Aswadi, M. 2012. Pemodelan Fluktuasi Nitrogen (Nitrit) Pada Aliran Sungai Palu. **Jurnal SMARTek**, 4(2), hal. 112-125.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 6989.57:2008 tentang Air dan Air Limbah–Bagian 57: Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan.
- Camargo, R. D. A., Calijuri, M. L., Santiago, A. D. F., Couto, E. D. A. D., dan Silva, M. D. F. M. 2010. Water Quality Prediction Using The QUAL2Kw Model in a Small Karstic Watershed in Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 22(4), hal.486-498.
- Damanik, D. A. 2013. **Model Prediksi Kualitas Air di Sungai Kalimas Surabaya (Segmen Ngagel – Taman Prestasi) Dengan Pemodelan QUAL2Kw**. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.



- Dani, T., Suripin, S., dan Sudarno, S. 2015. Analisis Daya Tampung Beban Cemar Di Das Bengawan Solo Segmen Kota Surakarta dan Kabupaten Karanganyar Dengan Model Qual2kw. **Jurnal Ilmu Lingkungan**, 13(2), hal. 93-102.
- Dian, C. A., Purwanto, P., dan Sudarno, S. 2015. Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Batanghari Menggunakan Program QUAL2Kw. **Jurnal Ekosains**, 7(2).
- Fatmawati, R., Masrevaniah, A., dan Solichin, M. 2012. Kajian Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowo dengan Menggunakan Paket Program QUAL2Kw. **Jurnal Teknik Pengairan**, 3(2), hal.122–131.
- Federation, W. E., dan American Public Health Association. 2005. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**. American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA.
- Gazali, I., Widiatmono, R. B., dan Wirosodarmo, R. 2013. Evaluasi Dampak Pembuangan Limbah Cair Pabrik Kertas Terhadap Kualitas Air Sungai Klinter Kabupaten Nganjuk. **Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem**, 1(2), hal.1-8.
- Hendrasarie, N., dan Cahyarani. 2010. Kemampuan Self Purification Kali Surabaya, Ditinjau Dari Parameter Organik Berdasarkan Model Matematis Kualitas Air. **Environmental Teknologi: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan**, 2(1), hal.1-11.
- Hendriarianti, E. 2015. **Manual Model Kualitas Air Sungai:QUAL2Kw**. Surabaya: Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
- Henny, C dan Triyanto. 2011. Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Kualitas Air Danau Galian Tambang Di Pulau Bangka. **Prosiding Simposium Nasional Ekohidrologi**. Jakarta, 24 Maret. Cibinong: Pusat Penelitian Limnologi-LIPI.
- Irsanda, P. G. R., Karnaningroem, N., dan Bambang, D. 2014. Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Pelayaran Kabupaten Sidoarjo Dengan Metode Qual2kw. **Jurnal Teknik ITS**, 3(1), hal.D47-D52.

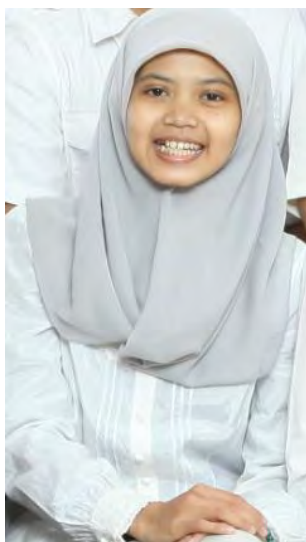
- Kannel, P. R., Lee, S., Lee, Y. S., Kanel, S. R, dan Pelletier, G. J. 2007. Application of Automated QUAL2Kw for Water Quality Modeling and Management In The Bagmati River, Nepal. **Ecological Modelling**, 202(3), hal.503-517.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2010. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2003. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air.
- Komarudin, M., Hariyadi, S., dan Kurniawan, B. 2015. Analisis Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Pesanggrahan (Segmen Kota Depok) Dengan Menggunakan Model Numerik Dan Spasial. **Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan**, 5(2), hal. 121-132.
- Kori, B. B., Shashidhar, T., dan Mise, S. 2013. Application of Automated QUAL2Kw For Water Quality Modeling In The River Karanja-India. **Global Journal of Bio-Science and Biotechnology**, 2(2), hal. 193-203.
- Lestari, A. D. N., Sugiharto, E., dan Siswanta, D. 2013. Aplikasi Model QUAL2Kw Untuk Menentukan Strategi Penanggulangan Pencemaran Air Sungai Gajahwong Yang Disebabkan Oleh Bahan Organik. **Jurnal Manusia dan Lingkungan**, 20(3), hal.284-293.
- Lumaela, A. K., Otok, B. W., dan Sutikno, S. 2013. Pemodelan Chemical Oxygen Demand (COD) Sungai di Surabaya Dengan Metode Mixed Geographically Weighted Regression. **Jurnal Sains dan Seni ITS**, 2(1), hal. D100-D105.
- Machbub, B. 2010. Model Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau Dan Waduk. **Jurnal Sumber Daya Air**, 6(2), hal. 103-204.
- Manampiring, A. E. 2009. **Studi Kandungan Nitrat (NO<sub>3</sub>) Pada Sumber Air Minum Masyarakat Kelurahan Rurukan Kecamatan Tomohon Timur Kota Tomohon**. Manado: Fakultas Kedokteran, Universitas Sam Ratulangi.

- Marganof. 2007. **Model Pengendalian Pencemaran Perairan Di Danau Maninjau Sumatra Barat**. Bogor: Laporan hasil penelitian Sekolah Pasca Sarjana, IPB Bogor.
- Maulidya, I. 2009. **Studi Daya Dukung dan Daya Tampung Kali Surabaya Segmen Gunungsari-Jagir Dengan Metode Linear Programming**. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS.
- Moersidik dan Rahma, W. 2011. **Daya Tampung Beban Pencemaran DAS Ciliwung**. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Nadhiroh, Y. 2014. **Analisis Kualitas Air Sungai Pakis Akibat Limbah Pabrik Gula Pakis Baru Di Kecamatan Tayu Kabupaten Pati**. Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Natalia, Y. 2014. **Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Wonokromo Surabaya Menggunakan Metode QUAL2Kw**. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Pavita, K. D., Rahadi, B., dan Susanawati, L. D. 2014. Studi Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Akibat Buangan Limbah Domestik (Studi Kasus Kali Surabaya–Kecamatan Wonokromo). **Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan**, 1(3), hal. 21-27.
- Pelletier, G dan Chapra, S. 2006. **A Modelling Framework or Simulating River and Stream Water Quality**. Washington: Environmental Assessment Program, Olympia.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2004. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2009. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 tentang Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air.

- Pemerintah Kota Surabaya. 2004. Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Pemerintah Kota Surabaya. 2010. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kota Surabaya Tahun 2010-2015.
- Pemerintah Kota Surabaya. 2014. Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya 2014-2034.
- Pemerintah Kota Surabaya. 2015. Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya Tahun 2015.
- Pemerintah Kota Surabaya. 2007. Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya Tahun 2007.
- Pujiraharjo, A., Rachmansyah, A., Pudyono, P., Suharyanto, A., Devia, Y. P., dan Nur F, D. R. 2013. Studi Dampak Rencana Reklamasi Di Teluk Lamong Propinsi Jawa Timur Terhadap Pola Arus Pasang Surut Dan Angkutan Sedimen. **Jurnal Rekayasa Sipil**, 7(2), hal. 108.
- Ramadhani, E. 2016. **Analisis Pencemaran Kualitas Air Sungai Bengawan Solo Akibat Limbah Industri di Kecamatan Kebakkramat Kabupaten Karanganyar**. Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Razif, M. 1994. **Buku Pedoman Mata Kuliah Pengelolaan Kualitas Air (Pokok Bahasan II)**. Surabaya: Program Studi Teknik Penyehatan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Risamasu, F. J., dan Prayitno, H. B. 2012. Kajian Zat Hara Fosfat, Nitrit, Nitrat dan Silikat di Perairan Kepulauan Matasiri, Kalimantan Selatan. **Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences**, 16(3), hal. 135-142.
- Sagara, M. R. N. 2013. **Identifikasi dan Prediksi Kualitas Air di Kali Bokor Surabaya Menggunakan Metode Qual2Kw**. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sastrawijaya, A. T. 2000. **Pencemaran Lingkungan**. Jakarta: Rineka Cipta

- Syafi'i, M dan Ali, M. 2011. **Aplikasi Model Simulasi Komputer QUAL2Kw Pada Studi Pemodelan Kualitas Air Kali Surabaya**. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Tuan, N. V., Mori, K., dan Hirai, Y. 2007. Selection of Genetic Algorithm Operators and Application for Calibration of Dissolved Oxygen Simulation In The River Water Quality Model. **Journal Factory of Agriculture**, 52(2), hal. 439-444.
- Viesman, W dan Hammer, M. 1977. **Water Supply and Pollution Control**. New York: Harper and Row Publisher, Inc.
- Wahid, A. 2012. Analisis Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Debit Sungai Mamasa. **Jurnal SMARTek**, 7(3), hal. 204-218.
- Wulandari, D. A. 2013. **Analisis Daya Tampung Beban Pencemar Kali Buduran, Kabupaten Sidoarjo Dengan Metode Qual2kw**. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Yogiarti, N. L. P. R., Setiawan, D., dan Parthasutema, I. A. M. 2014. Analisis Kadar Fosfat Air Sungai Di Desa Beng, Gianyar Dengan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. **Jurnal Chemistry Laboratory**, 1(2).
- Zhang, R., Qian, X., Yuan, X., Ye, R., Xia, B., dan Wang, Y. 2012. Simulation Of Water Environmental Capacity And Pollution Load Reduction Using QUAL2K For Water Environmental Management. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, 9(12), hal. 4504-4521.

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Mojokerto pada 13 Mei 1994. Penulis menempuh jenjang pendidikan SD-SMA di Mojokerto. Tahun 2000-2006 di MI “Tanwirul Afkar”, tahun 2006-2009 di SMPN 1 Puri dan pada tahun 2009-2012 di SMAN 1 Soko. Penulis kemudian melanjutkan jenjang pendidikan S1 melalui program SNMPTN undangan dan diterima di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS pada tahun 2012.

Penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi mahasiswa. Pada tahun 2013 sebagai *volunteer* kegiatan mengajar pada kampung dolly melalui kegiatan kementerian sosial masyarakat, Badan Eksekutif Mahasiswa ITS. Tahun 2014 sebagai anggota Kelompok Pecinta dan Pemerhati Lingkungan, HMTL FTSP ITS dan aktif juga sebagai Kepala Departemen Olahraga dalam Departemen Seni dan Olahraga, HMTL FTSP ITS. Prestasi yang pernah diraih penulis adalah mendapatkan Juara 3 Futsal Putri pada tahun 2014 hingga tahun 2015. Pada tahun 2015, penulis melaksanakan kerja praktik di PT Pertamina Asset 4 Field Cepu dibagian HSSE sebagai inspector yang bertugas untuk melakukan pengecekan pada tangki minyak, mesin pengolah minyak, dan mobil pengangkut minyak. Penulis telah mengikuti berbagai pelatihan dan seminar nasional tahun 2012-2016 dalam rangka pengembangan diri. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang dapat dikirim melalui email [lailimaghfiroh885@yahoo.co.id](mailto:lailimaghfiroh885@yahoo.co.id), guna memperbaiki diri untuk kedepannya.