



TUGAS AKHIR - RE 141581

**IDENTIFIKASI KUALITAS AIR KALI DAMI
KOTA SURABAYA DENGAN METODE
QUAL2KW**

**I MADE SATYA GRAHA
NRP 3310 100 012**

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

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



TUGAS AKHIR - RE 141581

**IDENTIFICATION OF WATER QUALITY ON
KALI DAMI SURABAYA USING QUAL2KW
METHOD**

**I MADE SATYA GRAHA
NRP 3310 100 012**

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

**DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty Of Civil Engineering And Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2013**

**LEMBAR PENGESAHAN
IDENTIFIKASI KUALITAS AIR KALI DAMI
SURABAYADENGAN METODE QUAL2KW
TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana**

Pada

**Pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

I MADE SATYA GRAHA

NRP 3310 100 012

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Prof. Ir. Dr. Nieke Kamaningroem, Msc.

NIP. 197111142003122001

SURABAYA, JANUARI 2015



IDENTIFIKASI KUALITAS AIR KALI DAMI KOTA SURABAYA DENGAN METODE QUAL2KW

Nama Mahasiswa : I Made Satya Graha
Nrp : 3310100012
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Prof.Dr.Ir.Nieke Karnaningroem, MSc

ABSTRAK

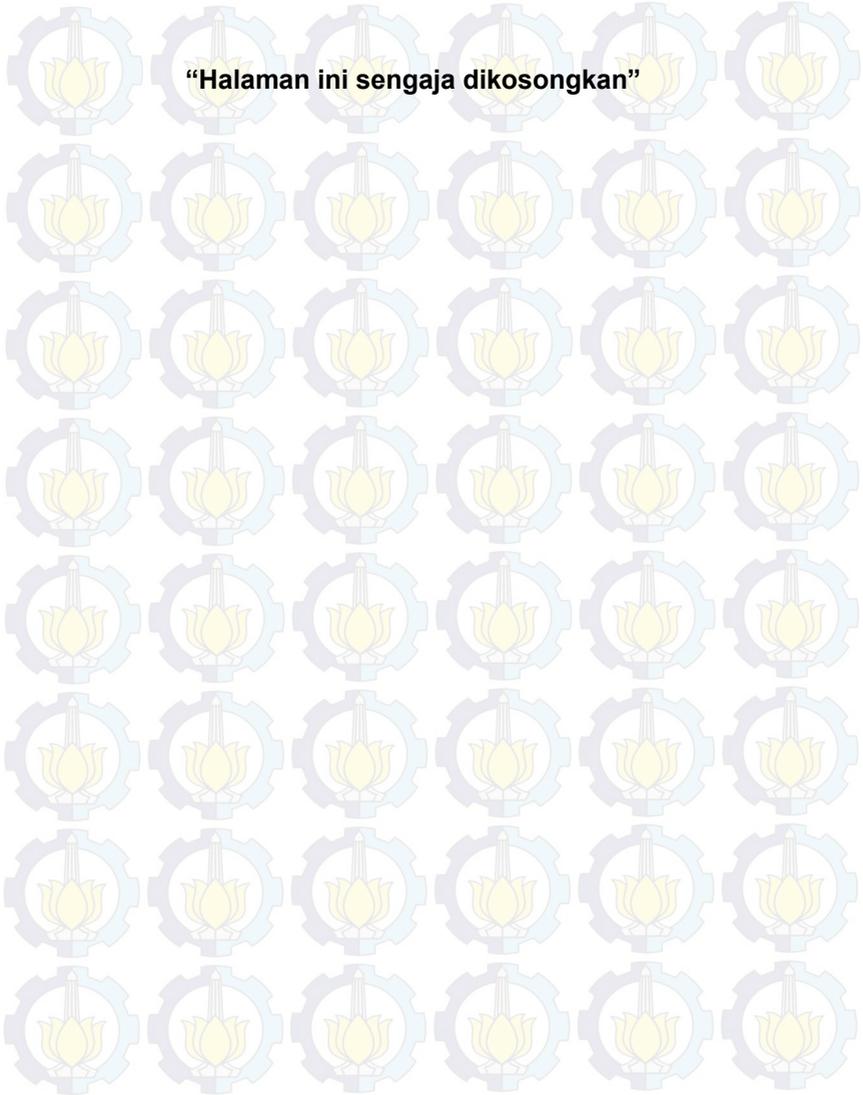
Kegiatan masyarakat yang menyebabkan pencemaran air seperti mencuci, mandi, air bekas cucian dapur dll merupakan salah satu sumber pencemar air di badan air. Air limbah tersebut langsung dibuang ke badan air tanpa diolah terlebih dahulu. Salah satu sungai yang mengalami pencemaran adalah Kali Dami. Masuknya limbah tanpa pengolahan, menyebabkan kualitas badan air Kali Dami menurun. Kualitas air tersebut bertambah buruk diakibatkan adanya pencemaran lain seperti sampah yang dibuang masyarakat ke badan air. Tujuan penelitian ini adalah identifikasi kualitas air dan eksisting Kali Dami dengan metode Qual2kw yang menggunakan 3 simulasi skenario kualitas air.

Parameter yang di uji meliputi *Dissolved Oxygen* (DO), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), Fosfat (PO_4^{3-}), *Nitrate* (NO_3) dan *Ammonium* (NH_4)

Hasil aplikasi metode Qual2Kw menunjukkan bahwa Kali Dami mengalami pencemaran limbah organik. Hasil uji parameter BOD melebihi baku mutu 15-21 mg/L dengan batas baku mutu 12 mg/L, parameter COD, TSS, Nitrat (NO_3) dan Fosfat (PO_4^{3-}) berada di bawah baku mutu. Parameter DO berada di ambang batas baku mutu 0 mg/L. Parameter Amonium (NH_4) nilai melebihi baku mutu yaitu 14-20 mg/L dengan baku mutu yang kualitas air sungai kelas 4 adalah 0,5 mg/L.

Kata kunci: Kali Dami, Kualitas Air, Qual2Kw

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



IDENTIFICATION OF WATER QUALITY ON KALI DAMI SURABAYA USING QUAL2KW METHOD

Student Name : I Made Satya Graha
Student ID : 3310100012
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Prof.Dr.Ir.Nieke Karnaningroem,MSc

ABSTRACT

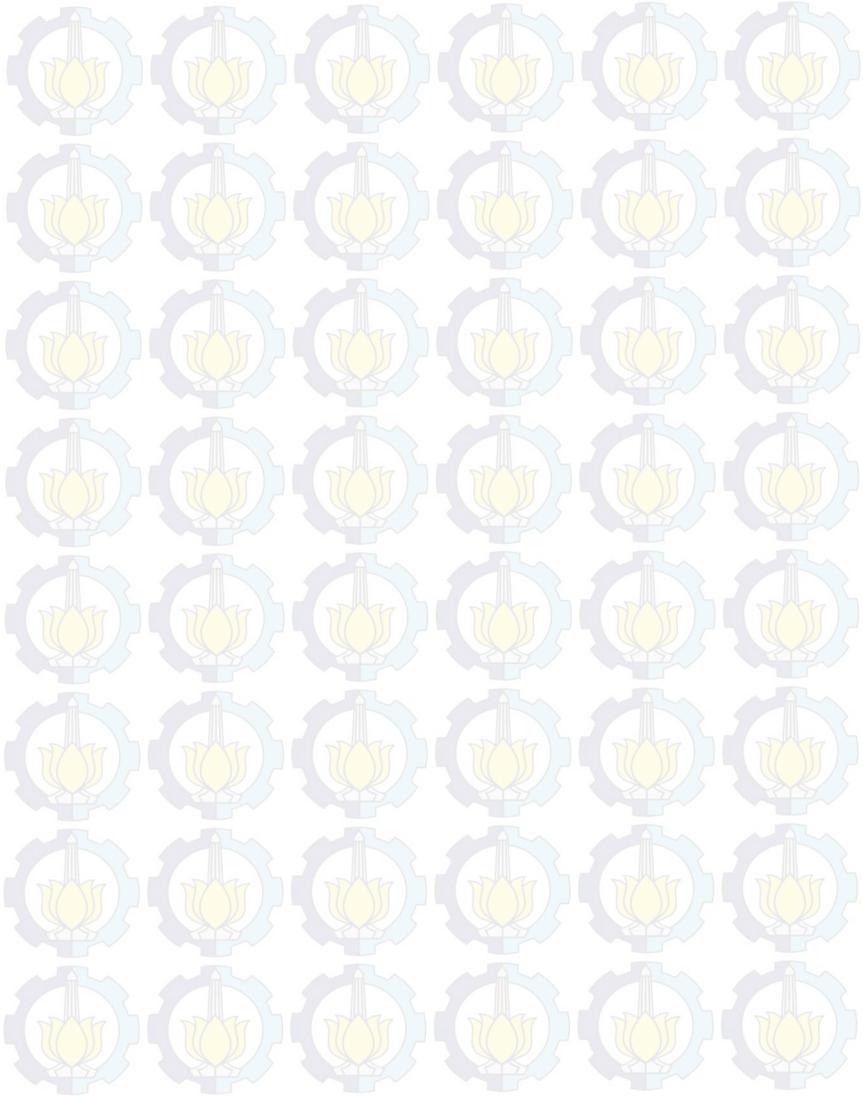
The object of this research is Kali Dami River in Surabaya. There are many load entersin this river which are coming from mall and domestic wastewater. This load decreases the quality of water in this river and makes it dark colored and turbid.

The aim of this research is to identify the quality of water in Kali Dami using 3 (three) simulation scenarios of water quality using Qual2Kw. Parameters used in this test are *Dissolved Oxygen (DO)*, *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *Total Suspended Solid (TSS)*, *Phosphat (PO_4^{3-})*, *Nitrate (NO_3)* and *Ammonium (NH_4)*.

The result of the Qual2Kw shown the existing condition of water in Kali Dami has been polluted. Based on the result, BOD concentration in Kali Dami was 15-20 mg/L which was above of the water quality standard. COD, TSS, nitrat (NO_3^-), and phosphate (PO_4^{3-}) concentration met the water quality standard. DO concentration was 0 mg/L. Ammonium concentration (NH_4) was 14-20 mg/L which was above from the water quality standard of fourth grade water quality.

Keyword : Kali Dami, Qual2Kw, water quality

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Ida Sang Hyang Widhi Wasa karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penyusunan Tugas Akhir yang berjudul **“Identifikasi Kualitas Air Kali Dami Kota Surabaya dengan Metode Qual2KW”** ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

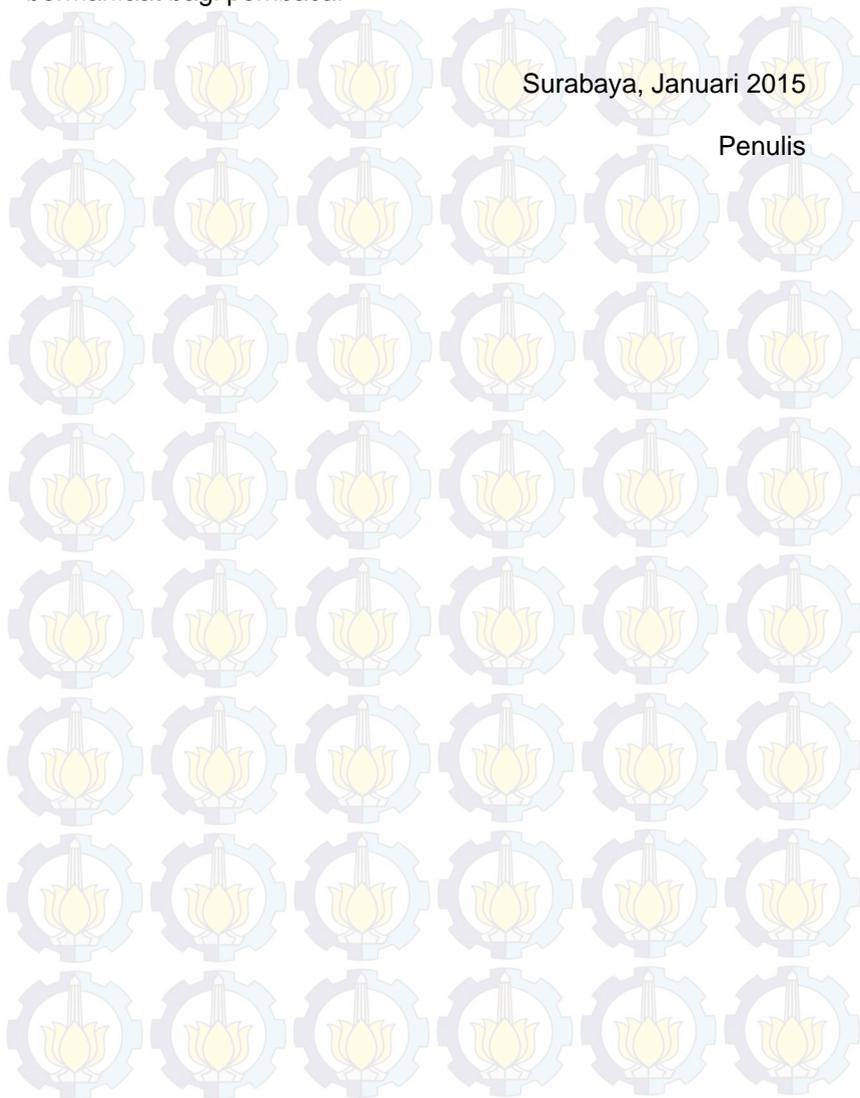
1. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dukungan dan ilmu yang bermanfaat selama penyusunan Tugas Akhir.
2. Ir. M. Razif, M.M., Ir. Atiek Moesriati, M.Kes., Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, Ph.D., selaku dosen penguji, terima kasih atas arahan dan masukan yang diberikan.
3. Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T., selaku dosen wali atas segala pengarahan, perhatian dan doa yang diberikan.
4. Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SE. M.Sc, Ph.D., Ketua Jurusan Teknik Lingkungan, atas dukungan yang telah diberikan.
5. *Partner* dan teman sepembimbing Tugas Akhir yang telah membantu, Yosefina Natalia, I Komang Adi Putra, Jimmi Siburian, Arga Santoso, Bernaded Oka, Nadhilah Dhina, dan Mas Anjar.
6. Teman-teman angkatan 2010 Teknik Lingkungan FTSP-ITS, terutama Natalia Diana Triani dan Silfiah Yunita yang memberikan motivasi dan dukungan yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan bantuan maupun informasi kepada penulis.
8. Keluarga yang telah menjadi motivasi, mendukung, dan memberi semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan, sehingga saran dan masukan sangat diharapkan untuk perbaikan di masa yang

akan datang. Semoga Tugas Akhir yang telah disusun ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Januari 2015

Penulis



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB 2	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gambaran Umum Kota Surabaya.....	5
2.2 Gambaran Umum Sungai Kalidami.....	6
2.3 Pencemaran Air Sungai.....	7
2.4 Kriteria Kualitas Perairan Sungai.....	8
2.5 Parameter dalam Kualitas Air.....	10

2.5.1	Suhu dan pH.....	10
2.5.2	<i>Biochemical Oxygen Demand (BOD)</i>	10
2.5.3	<i>Dissolved Oxygen (Oksigen Terlarut)</i>	11
2.5.4	<i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	12
2.5.5	<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	13
2.5.6	Fosfat (PO_4^{3-}).....	13
2.5.7	Nitrat (NO_3) dan Ammonium (NH_4).....	14
2.6	Persamaan Manning dan Hukum Kontinuitas	15
2.7	Persamaan Matematis K_2	15
2.8	Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Hidup 19	
2.9	Model Qual2Kw	22
BAB 3	.....	23
METODA PENELITIAN	.....	23
3.1	Kerangka Penelitian.....	23
3.2	Langkah Penelitian	26
BAB 4	.....	37
ANALISIS DAN PEMBAHASAN	.....	37
4.1	Segmentasi Sungai Kali Dami.....	37
4.2	Kondisi Kali Dami.....	40
4.2.1	Kondisi Hidrolis	40
4.2.2	Kondisi Kualitas Air Sungai Pada Sumber Pencemar	41
4.3	Pembentukan Model.....	43
4.4	Kalibrasi Model	45

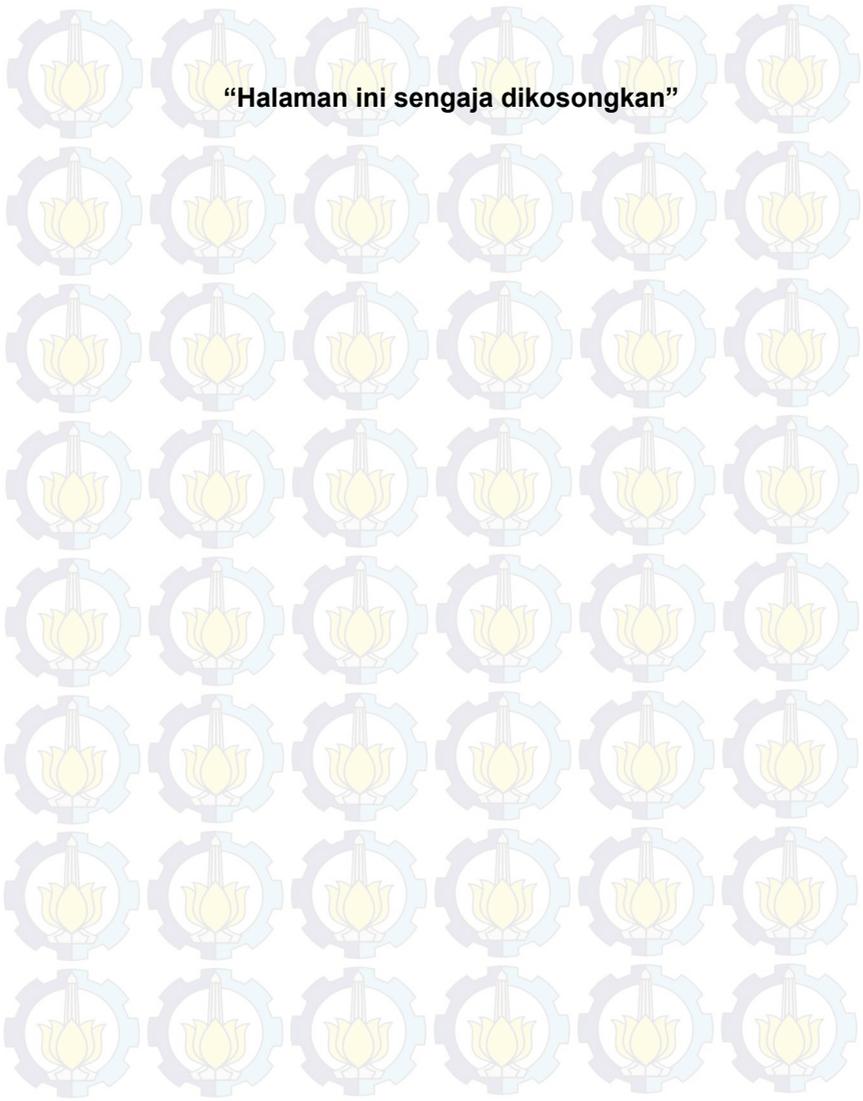
4.4.1	Simulasi Skenario 1	49
4.4.2	Skenario 2 – Sumber Pencemar Estimasi Tahun 2018	58
4.4.3	Simulasi Skenario 3	65
4.5	Hubungan Hasil Parameter Penelitian dengan Baku Mutu Kualitas Air Kali Dami Disetiap Skenario Pada Metode Qual2Kw	70
BAB 5	.....	84
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	84
LAMPIRAN A BAKU MUTU BADAN AIR	.....	92
LAMPIRAN B PERHITUNGAN PROYEKSI PENDUDUK	.....	96
LAMPIRAN C FOTO-FOTO PENELITIAN	.....	106

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Sumber Pencemar Air	8
Tabel 3. 1 Sumber Pencemar Per Segmen	30
Tabel 3. 2 Cara Pengawetan dan Penyimpanan Contoh Air	31
Tabel 4. 1 Pembagian Segmen Wilayah Studi.....	37
Tabel 4. 2 Hasil Analisis Kondisi Hidrolis Sungai.....	41
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Kondisi Kualitas Air Sungai.....	42
Tabel 4. 4 Hasil Analisis Kondisi Temperatur Air Sungai.....	42
Tabel 4. 5 Parameter Kualitas Air yang Dimodelkan	43
Tabel 4. 6 Nilai Koefisien.....	56
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Debit Limbah Tahun 2018	61
Tabel 4. 8 Hasil Analisis WQ Output skenario 1	82
Tabel 4. 9 Hasil Analisis WQ Output skenario 2	82
Tabel 4. 10 Hasil Analisis WQ Output skenario 3	83
Tabel B. 1 Hasil Analisis Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Gubeng Tahun 2014.....	96
Tabel B. 2 Hasil Analisis Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Mulyorejo Tahun 2014.....	96
Tabel B. 3 Hasil Analisis Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Sukolilo Tahun 2014.....	97
Tabel B. 4 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Gubeng Dengan Metode Aritmarik	98
Tabel B. 5 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Mulyorejo Dengan Metode Aritmarik	99
Tabel B. 6 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Sukolilo Dengan Metode Aritmarik	99
Tabel B. 7 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Gubeng Dengan Metode Geometrik.....	100
Tabel B. 8 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Mulyorejo Dengan Metode Geometrik ..	100
Tabel B. 9 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Sukolilo Dengan Metode Geometrik	101
Tabel B. 10 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Gubeng Dengan Metode Least Square	101

Tabel B. 11 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Mulyorejo Dengan Metode Least Square	102
Tabel B. 12 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Sukolilo Dengan Metode Least Square	102
Tabel B. 13 Hasil Analisis Perbandingan Nilai Korelasi R Masing-Masing Kecamatan	103
Tabel B. 14 Hasil Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Gubeng 2014-2018.....	104
Tabel B. 15 Hasil Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Mulyorejo 2014-2018.....	104
Tabel B. 16 Hasil Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Sukolilo 2014-2018.....	104





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota terbesar kedua di Indonesia adalah Kota Surabaya. Menurut Agustiniingsih dkk. (2012) Peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya akan menimbulkan permasalahan-permasalahan terutama permasalahan limbah. Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Limbah yang dihasilkan berupa sampah, dan air buangan dari berbagai aktivitas berupa buangan yang berasal dari kamar mandi, tempat cuci, dapur yang mengandung sisa makanan. Selain limbah domestik ada juga limbah yang berasal dari bengkel dan rumah sakit yang berpotensi mencemari badan air.

Dari beberapa kegiatan tersebut membuang limbahnya ke Kali Dami tanpa diolah terlebih dahulu. Sehingga menyebabkan kualitas badan air menurun. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Air menyebutkan bahwa setiap pengganggu jawab usaha dan/atau kegiatan yang membuang air limbah ke air atau sumber air wajib mencegah dan menanggulangi terjadinya pencemaran air. Namun dengan adanya peraturan tersebut masih banyak masyarakat yang belum mengerti dan sadar akan peraturan tersebut karena masih banyak yang membuang limbahnya sembarangan ke sungai. Ditambah lagi belum adanya pembersihan kali oleh pemerintah setempat untuk mengelola kualitas air sehingga belum ada realisasi dari peraturan tersebut. Seperti badan air pada sungai Kali Dami.

Menurut Putri (2011), Apabila pencemaran badan air dibiarkan, maka daya dukung lingkungan semakin berkurang dan kualitas air sungai akan semakin parah dimasa mendatangnya. Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 2 Tahun 2004 tentang pengelolaan

kualitas air dan pengendalian pencemaran air, kualitas air yang cocok untuk kali dami yaitu kualitas kelas IV. Kualitas air kelas IV digunakan untuk mengairi pertamanan dan/atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Penelitian mengenai identifikasi serta prediksi kualitas Kali Dami dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting badan air Kali Dami. Dengan harapan supaya badan air dapat dikelola dengan baik, baik oleh pemerintah setempat dan warga sekitarnya. Sehingga badan air tidak mengalami pencemaran yang melebihi baku mutu.

Menurut Song dkk. (2009) pemodelan kualitas air dilakukan untuk mensimulasikan kualitas air secara fisik, kimia dan biologis. Pada penggunaan Program Qual2Kw dapat diketahui 2 sumber pencemaran yaitu pencemaran yang berasal dari point sources dan non point sources (Pelletier dan Chapra, 2008). Diharapkan dengan adanya metode Qual2Kw dapat dijadikan acuan dalam mengidentifikasi kualitas air dengan sistem komputerisasi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana tingkat pencemaran air eksisting di Kali Dami?
2. Bagaimana kualitas air Kali Dami berdasarkan prediksi simulasi 3 jenis skenario dengan menggunakan program Qual2Kw?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:
Mengidentifikasi dan Memprediksi kualitas air Kali Dami berdasarkan 3 jenis skenario dengan menggunakan program Qual2Kw.

1.4 Manfaat Penelitian

- Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:
1. Sebagai sumber informasi, masukan dan rekomendasi bagi Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Surabaya

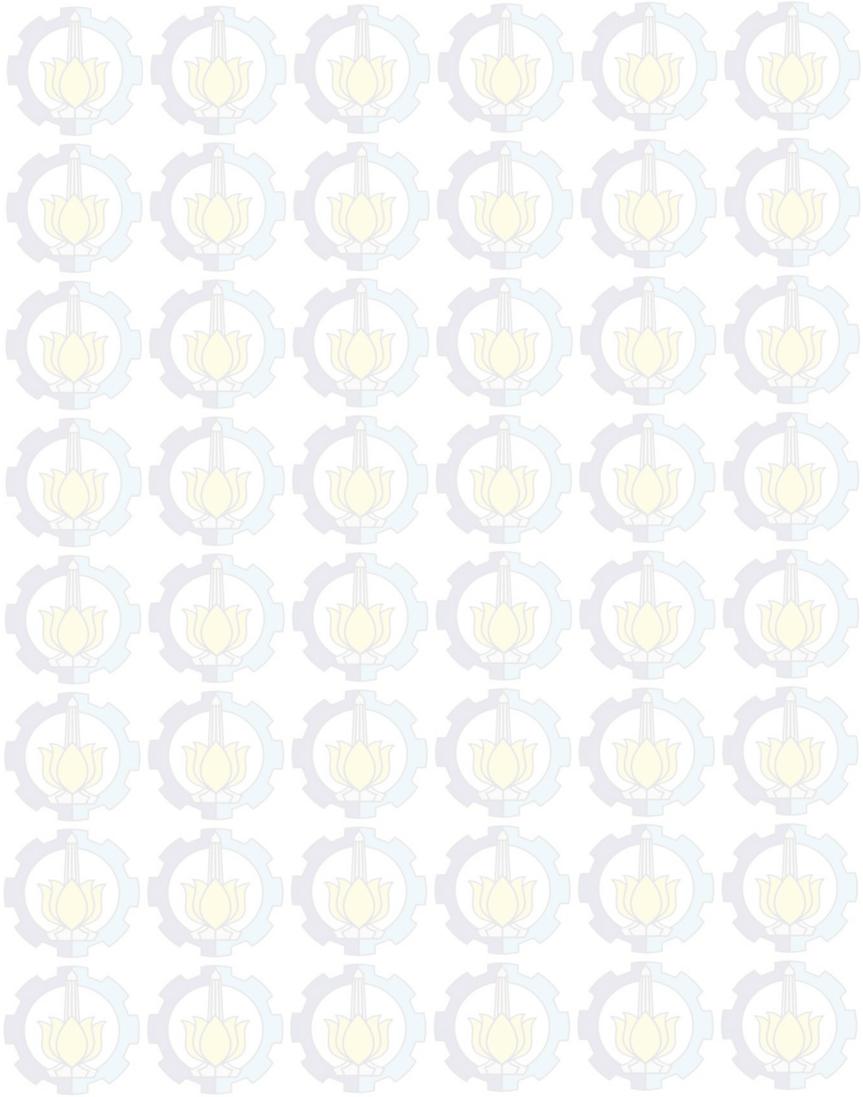
mengenai kondisi eksisting sungai Kali Dami dalam rangka penanganan pengendalian pencemaran air.

2. Membantu Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Surabaya dalam Memprediksi kualitas air Kali Dami berdasarkan 3 jenis skenario dengan menggunakan program Qual2Kw.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lingkup penelitian meliputi Kali Dami Surabaya mulai dari hulu menuju hilir yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.
2. Penelitian ini dilakukan mulai Maret 2014 hingga januari 2015.
3. Hulu yang diambil dimulai dari Sungai Jalan Kali Dami dan berakhir pada hilir.
4. Data primer yang digunakan meliputi pH, suhu, DO, BOD, COD, TSS, Phosphat (PO_4^{3-}), Nitrat (NO_3) dan amonium (NH_4) serta data hidrolis meliputi debit sungai, kecepatan aliran, kedalaman sungai serta lebar sungai.
5. Data sekunder meliputi peta Kali Dami, data pH, DO, BOD, COD, TSS, serta data klimatologi berupa temperatur udara dan kecepatan angin.
6. Pembagian segmen atau ruas yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.
7. Sampel yang diambil setiap segmen adalah pada awal segmen dan akhir segmen tersebut yaitu mulai hulu Kali Dami hingga hilir Kali Dami yang terbagi dalam 5 segmen.
8. Data ini hanya dipakai pada musim kemarau.
9. Variabel yang digunakan adalah pencemar point source dan non point source.
10. Analisa parameter dilakukan skala Laboratorium di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Kota Surabaya

Kota Surabaya merupakan ibu kota dari propinsi Jawa Timur dan merupakan Kota terbesar kedua di Indonesia. Menurut sensus penduduk tahun 2010, Kota Surabaya juga memiliki jumlah penduduk yang padat yaitu sebanyak 2.765.908 jiwa. Hal ini mendukung Kota Surabaya untuk berkembang dalam bidang pariwisata, industri, serta usaha-usaha kecil. Posisi yang strategis dari Kota Surabaya menjadikan Kota ini sebagai pusat kegiatan ekonomi sehingga jumlah penduduk akan semakin bertambah.

Kota Surabaya memiliki batas wilayah yaitu wilayah utara, timur, barat dan selatan. Batas utara dan timur dibatasi oleh Selat Madura. Kabupaten Gresik membatasi Kota Surabaya dari arah barat, dan batas selatan dibatasi oleh Kabupaten Sidoarjo. Berdasarkan letak astronomis, Kota Surabaya terletak antara 07°12' hingga 07°21' Lintang Selatan dan 112°36' sampai 112°54' Bujur Timur. Sebagian besar Kota Surabaya memang dipadati dengan kawasan perumahan, perdagangan dan pemerintahan.

Kali Dami ini memiliki panjang 4 km (Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematusan, 2007). Daerah aliran sungai ini termasuk kawasan perumahan, pendidikan, dan perdagangan. Kualitas Kali Dami ini belum pernah diukur sehingga tidak diketahui baik atau tidaknya kualitas air. Kualitas air dipengaruhi oleh adanya sumber pencemar yang berada dalam kawasan sekitar sungai tersebut, seperti limbah domestik, limbah usaha perdagangan atau sampah. Sumber pencemar tersebut mengakibatkan kualitas sungai menjadi menurun. Berdasarkan data dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Surabaya tahun 2011, di Kali Dami menunjukkan hasil DO (Dissolved Oxygen) yaitu sebesar 0,75 mgO₂/L. Hal tersebut masih terlihat buruk apabila dibandingkan dengan baku mutu badan air kelas IV menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya. Hal ini didukung dengan

penelitian laboratorium dengan menggunakan parameter biologis yaitu titik sampling pada badan air Kali Dami dan hasilnya terdapat Syllids, Typosyllis yang umumnya hidup di air yang sangat tercemar.



Sumber : google earth

Gambar 2. 1 Kali Dami Surabaya

2.2 Gambaran Umum Sungai Kalidami

Kalidami Surabaya merupakan drainase yang berada di wilayah Surabaya Timur. Menurut Surabaya drainage Master Plan (2001), pola jaringan sungai kalidami dialirkan ke laut secara gravitasi. Namun sebagai antisipasi saat kondisi hujan deras dan pengaruh pasang surut laut, dilengkapi dengan pintu pengendali banjir dan boezem. Kalidami merupakan saluran priper pada sisem drainase Kota Surabaya yang termasuk dalam rayon atau sistem Gubeng. Kalidami memiliki catchment area sebesar 1.151 ha dengan pengatur outlet yang bernama " Kalidami Tide Gate". Daerah genangan di Surabaya terdapat 148 daerah salah satunya adalah kalidami. Banjir atau genangan akan terjadi di kalidami jika banjir yang terjadi melebihi waktu 2 hari dalam daerah drainase sistem yaitu drainase sistem kebonagung, Wonorejo, Kalibokor, Kalidami, dan Kali Rungkut. Pada sungai kalidami dilengkapi dengan rumah pompa yang berguna untuk membantu kelancaran kalidami menuju bagian hilir.

Kalidami memiliki kondisi fisik yang fluktuatif. Jika dimusim kemarau air yang memenuhi sungai kalidami bersumber dari limbah cair domestik di sepanjang sungai kalidami sehingga warna air sungai yang terbentuk adalah abu-abu kebiruan atau abu-abu kehitaman. Limbah cair domestik yang mengalir di sungai kalidami berasal dari pipa-pipa penduduk di sekitar Kalidami yang membuang limbahnya secara langsung tanpa adanya pengelolaan apapun.

Komposisi sungai kalidami selain bersumber dari limbah domestik, juga terdapat lumut-lumut yang bercampur dengan tanah dan sampah-sampah plastik yang mengapung. Meskipun demikian, masih terdapat biota air sungai seperti ikan sepat dan lain sebagainya yang dapat hidup. Mengenai Kecepatan aliran tidak begitu deras. Sedangkan saat musim hujan, volume air pada sungai kalidami meningkat, kecepatan aliran cukup deras. Warna air berubah menjadi kehitaman, hal tersebut dipengaruhi oleh turbulensi air dari kecepatan aliran sehingga menyebabkan pencampuran antara air dan hidup di sungai sedimen di bawah sungai.

2.3 Pencemaran Air Sungai

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan fungsinya. Pencemaran air merupakan peristiwa dimana masuknya berbagai zat atau komponen lainnya yang mengakibatkan perubahan pada kualitas air, sehingga kualitas air dapat terganggu dan menurun (Alkhair, 2013). Pencemaran air dapat berasal dari berbagai sumber yaitu limbah pertanian, rumah tangga, industri atau yang lainnya. Menurut Effendi (2003), bentuk pencemar dapat dibedakan menjadi 2 menurut yaitu sumber point source dan sumber non point source. Pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 dijelaskan

klasifikasi sumber pencemar air yang dapat dilihat pada Tabel 2.1. Menurut peraturan tersebut juga dijelaskan bahwa sumber point sources dapat ditentukan lokasinya dengan tepat, sedangkan sumber pencemar air yang tak tentu (nonpoint sources/diffuse source) tidak dapat ditentukan lokasinya secara tepat dan umumnya terdiri dari sejumlah besar sumber-sumber individu yang relatif kecil.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Sumber Pencemar Air

Karakteristik Limbah	Sumber Tertentu (Point Sources)	Sumber Tak Tentu (Diffuse Sources)
Limbah Domestik	Aliran limbah yang berkisar pada satu titik pembuangan limbah	Aliran limbah daerah pemukiman di Indonesia pada umumnya.
Karakteristik Limbah	Sumber Tertentu (Point Sources)	Sumber Tak Tentu (Diffuse Sources)
Limbah Non-domestik	Aliran limbah industri pertambangan.	Aliran limbah pertanian, peternakan, dan kegiatan usaha kecil-menengah.

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1/2010

2.4 Kriteria Kualitas Perairan Sungai

Kualitas air sungai dapat ditinjau dari 3 parameter yaitu parameter secara fisik, kimia dan biologis. Kualitas air pada sungai perlu diperhatikan agar tidak salah dalam penggunaannya. Penetapan standar sebagai baku mutu yang harus dipenuhi telah ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 mengenai Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air. Dalam peraturan tersebut, baku mutu air diklasifikasikan menjadi 4 kelas yaitu:

- a. Kelas I, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;

- b. Kelas II, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- c. Kelas III, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- d. Kelas IV, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Adapun baku mutu kualitas badan air untuk parameter yang digunakan dalam penelitian ini tercantum dalam Tabel 2.2. Untuk baku mutu kualitas badan air dengan parameter lengkap dapat dilihat pada Lampiran

Tabel 2. 2 Baku Mutu Badan Air Berdasarkan Parameter yang Digunakan

No.	Parameter	Baku Mutu			
		Kelas Air I	Kelas Air II	Kelas Air III	Kelas Air IV
1	TSS	50	50	400	400
2	BOD	2	3	6	12
3	COD	10	25	50	100
4	DO	6	4	3	0
5	Ph	6 - 9	6 - 9	6 - 9	5 - 9
6	Nitrat	10	10	20	20
7	Fosfat	0,2	0,2	1	5
8	Amonium	0,5	(-)	(-)	(-)

Sumber : PP No. 82 Tahun 2001

2.5 Parameter dalam Kualitas Air

Dalam mengidentifikasi kualitas air sungai, parameter fisik dan kimia sangat penting untuk diketahui. Parameter fisiknya yaitu berupa suhu dan TSS. Parameter kimianya yaitu berupa pH, Nitrogen (N), Phospat (P), BOD, COD, dan DO (Oksigen Terlarut). Kedua parameter tersebut akan dianalisis menggunakan alat yang sesuai dengan pengujian masing-masing parameter.

2.5.1 Suhu dan pH

Dalam parameter fisik, suhu memiliki peranan yang cukup penting dalam aktivitas kimia serta fisika pada perairan. Peningkatan suhu air perairan dapat mengakibatkan jumlah oksigen terlarut (DO) menurun sehingga dapat mematikan biota air yang ada di dalamnya (Yuliasuti, 2011). Apabila DO menurun maka kualitas air pada badan air tersebut akan ikut menurun.

Rudiyanti dan Ekasari (2009) menyebutkan bahwa nilai pH normal yaitu berkisar antara 6,5-7,5. Nilai pH dibawah 6,5 maka air bersifat asam, sedangkan jika nilai pH diatas 7,5 maka air bersifat basa. Perbedaan nilai pH pada air dipengaruhi oleh jenis limbah yang dibuang ke perairan tersebut.

2.5.2 *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Kebutuhan oksigen biologis atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air untuk memecah (mendegradasi) bahan organik yang ada di dalam air tersebut. Jumlah mikroorganisme dalam air lingkungan tergantung pada tingkat kebersihan air. Air yang bersih relative mengandung mikroorganisme lebih sedikit dibandingkan yang tercemar. Air yang telah tercemar oleh bahan buangan yang bersifat antiseptik atau bersifat racun, seperti fenol, kreolin,

detergen, asam sianida, insektisida dan sebagainya, jumlah mikroorganismenya juga relatif sedikit. Sehingga makin besar kadar BOD nya, maka merupakan indikasi bahwa perairan tersebut telah tercemar. Kadar oksigen biokimia (BOD) dalam air yang tingkat pencemarannya masih rendah dan dapat dikategorikan sebagai perairan yang baik berkisar 0 - 10 ppm (Salmin, 2005).

2.5.3 *Dissolved Oxygen* (Oksigen Terlarut)

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

Kadar oksigen terlarut berfluktuasi secara harian (*diurnal*) dan musiman, tergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan (*turbulence*) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah (*effluent*) yang masuk ke badan air. Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob) (Effendi, 2003).

Fluktuasi harian oksigen dapat mempengaruhi parameter kimia yang lain, terutama pada saat kondisi tanpa oksigen, yang dapat mengakibatkan perubahan sifat kelarutan beberapa unsur kimia di perairan (Jeffries dan Mills, 1996 dalam Effendi, 2003).

Oksigen juga memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi

bahan organik dan anorganik. Selain itu, oksigen juga menentukan kuantitas biologis yang dilakukan oleh organisme aerobik atau anaerobik. Dalam kondisi aerobik, peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrisi yang pada akhirnya dapat memberikan kesuburan perairan. Dalam kondisi anaerobik, oksigen yang dihasilkan akan mereduksi senyawa-senyawa kimia menjadi lebih sederhana dalam bentuk nutrisi dan gas. Karena proses oksidasi dan reduksi inilah maka peranan oksigen terlarut sangat penting untuk membantu mengurangi beban pencemaran pada perairan secara alami maupun secara perlakuan aerobik yang ditujukan untuk memurnikan air buangan industri dan rumah tangga (Salmin, 2005).

Pada umumnya air lingkungan yang telah tercemar kandungan oksigennya sangat rendah. Hal ini dikarenakan oksigen yang terlarut di dalam air diserap oleh mikroorganisme untuk mendegradasi bahan buangan organik sehingga menjadi bahan yang mudah menguap (yang ditandai dengan bau busuk). Suatu perairan yang tingkat pencemarannya rendah dan dapat dikategorikan sebagai perairan yang baik memiliki kadar oksigen terlarut (DO) > 5 ppm (Salmin, 2005).

2.5.4 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid atau padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukurannya maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat dan lainnya. Partikel-partikel menurunkan intensitas cahaya yang tersuspensi dalam air umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, kotoran hewan, sisa tanaman dan hewan, kotoran manusia dan limbah industri.

2.5.5 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Bahan buangan organik tersebut akan dioksidasi oleh kalium bichromat yang digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) menjadi gas CO₂ dan gas H₂O serta sejumlah ion chrom.

Reaksinya sebagai berikut :



Jika pada perairan terdapat bahan organik yang resisten terhadap degradasi biologis, misalnya tannin, fenol, polisakarida dan sebagainya, maka lebih cocok dilakukan pengukuran COD daripada BOD. Kenyataannya hampir semua zat organik dapat dioksidasi oleh oksidator kuat seperti kalium permanganat dalam suasana asam, diperkirakan 95 % - 100 % bahan organik dapat dioksidasi.

Perairan dengan nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/L, sedangkan pada perairan tercemar dapat lebih dari 200 mg/L dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/L (Effendi, 2003).

2.5.6 Fosfat (PO₄³⁻)

Di perairan, unsur fosfor tidak ditemukan dalam bentuk bebas sebagai elemen, melainkan dalam bentuk senyawa anorganik terlarut (ortofosfat dan polifosfat) dan senyawa organik yang berupa partikulat. Fosfor total menggambarkan jumlah total

fosfor, baik berupa partikulat maupun terlarut, anorganik maupun organik.

Sumber alami fosfor di perairan adalah pelapukan batuan mineral, misalnya *fluorapatite* [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$], *hydroxylapatite* [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$], *strengite* [$\text{Fe}(\text{PO}_4)2\text{H}_2\text{O}$], *whitlockite* [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] dan *berlinite* (AlPO_4). Selain itu, fosfor juga berasal dari dekomposisi bahan organik. Sumber antropogenik fosfor adalah limbah industri dan domestik, yakni fosfor yang berasal dari detergen. Limpasan dari daerah pertanian yang mengandung pupuk juga memberikan kontribusi cukup besar bagi keberadaan fosfor (Effendi, 2003).

Kandungan phosphat yang tinggi dalam perairan menyebabkan suburnya algae dan organisme lainnya atau yang dikenal dengan eutrophikasi. Kesuburan tanaman air akan menghalangi kelancaran arus air dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut.

Kadar fosfor yang diperkenankan bagi kepentingan air minum adalah 0,2 mg/L dalam bentuk fosfat (PO_4). Kadar fosfor pada perairan alami berkisar antara 0,005 - 0,02 mg/L P- PO_4 , sedangkan pada air tanah sekitar 0,02 mg/L (Effendi 2003). Kadar fosfor total pada perairan alami jarang melebihi 1 mg/L (Boyd, 1988 dalam Effendi 2003).

Berdasarkan kadar fosfor total, perairan diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu (1) perairan dengan tingkat kesuburan rendah, yang memiliki kadar fosfat total berkisar antara 0 - 0,02 mg/L; (2) perairan dengan tingkat kesuburan sedang, yang memiliki kadar fosfat total 0,021 - 0,05 mg/L; dan (3) perairan dengan tingkat kesuburan tinggi, yang memiliki kadar fosfat total 0,051 - 0,1 mg/L (Yoshimura dalam Liaw, 1969 dalam Effendi, 2003).

2.5.7 Nitrat (NO_3) dan Ammonium (NH_4)

Aktifitas mikroba di tanah atau air dapat menguraikan sampah yang terdapat kandungan nitrogen organik menjadi ammonia. Ammonia

kemudian di oksidasi menjadi nitrit dan nitrat. Nitrit ini dapat dengan mudah dikoksidasi menjadi nitrat.

Nitrat merupakan senyawa yang sering ditemukan dalam air bawah tanah maupun air permukaan. Faktor yang dapat mempengaruhi kandungan nitrat yang tinggi dan rendah bergantung pada arus, kedalaman dan kelimpahan fitoplankton (Ulqodry, dkk., 2010). Berdasarkan penelitian Siahaan, dkk., (2011) konsentrasi N total dalam air Sungai Cisadane mengalami peningkatan semakin ke hilir.

2.6 Persamaan Manning dan Hukum Kontinuitas

Dalam menyelesaikan perhitungan aliran seragam (*uniform*) menggunakan 2 persamaan yaitu :

- Hukum Kontinuitas $Q = A \cdot v$
- Rumus Kecepatan $v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$

Dalam pemakaian Rumus Manning akan didapati 5 variabel, yaitu :

1. Debit, Q
2. Kecepatan Aliran, v
3. Kedalaman normal, h
4. Koefisien kekasaran Manning, n
5. Kemiringan saluran, S
6. Unsur – unsur geometris saluran, seperti ukuran penampang saluran.

2.7 Persamaan Matematis K₂

Persamaan matematis yang berkaitan dengan K₁ dan K₂ dari beberapa ahli diantaranya sebagai berikut:

1. Streeter (1926) menyatakan bahwa :

$$K_2 = \frac{CV^n}{H^2}$$

dimana :

V = kecepatan air rata – rata, ft/detik

H = kedalaman air rata – rata, ft

C,n = konstanta yang tergantung kepada slope dan kekasaran saluran

2. O'Connor dan Dobbins (1959) mengusulkan persamaan berdasarkan karakteristik turbulensi :

a. Untuk sungai non isotropic :

$$K_2 = \frac{480 D_L^{1/2} S^{1/4}}{H^{5/4}}$$

b. Untuk sungai isotropic :

$$K_2 = \frac{127 (D_L U)^{1/2}}{H^{3/2}}$$

dimana :

D = koefisien difusi molekular

= $2.037 (1.037)^{T-20} (10^{-5} \text{ cm}^2/\text{detik})$

S = slope dari sungai, ft/ft

H = kedalaman rata – rata aliran, ft

U = kecepatan rata – rata aliran, ft/detik

c. Isaacs (1967) menemukan persamaan :

$$K_2 = 0,06339 \times \frac{Dm^{1/2}}{\delta^{1/6} g^{1/6}} \times \frac{V}{H^{3/2}}$$

dimana :

Dm = difusi molekular dari oksigen ke air

d = viscosity kinematic dari air

V = kecepatan sungai rata – rata, ft/detik

H = kedalaman aliran rata – rata, ft

g = konstanta gravitasi, ft/detik

d. Isaacs, et al. (1969) merekomendasikan persamaan :

$$K_2(20^\circ) = 2,833 \frac{V}{H^{3/2}}$$

e. Churchill et al. (1962) mengembangkan persamaan :

$$K_2(20^\circ) = 5,026 \frac{V^{0,969}}{H^{1,673}}$$

f. Krenkel dan Orlob (1962) menghasilkan persamaan :

$$K_2(20^\circ) = (4,302 \times 10^{-5}) D_L^{1,15} x h^{-1,915}$$

dimana :

DL = koefisien mixing longitudinal, ft²/menit

h = kedalaman rata – rata, ft

g. Owens, Edwardd, dan Gibbs (1964) menghasilkan persamaan :

$$K_2(20^\circ) = 9,4 V^{0,67} x h^{-1,915}$$

h. Negulescu dan Rojanski (1969) menghasilkan persamaan :

$$K_2 = 0,0153 D_L x (V/h)^{1,63}$$

dimana :

D_L = 310 (V/h)^{-0,78}, cm²/detik

i. Owen et al. (1964) menghasilkan estimasi untuk sungai dangkal dan aliran cepat, dan bersama Churchil et al., mereka mengembangkan persamaan untuk sungai dengan kedalaman 0,4 sampai 11,0 ft dan kecepatan 0,1 sampai 5,0 ft/detik :

$$K_2^{20} = 9,4 U^{0,67} / d^{1,85} x 2,31$$

dimana :

U = kecepatan rata – rata, ft/detik

d = kedalaman rata – rata, ft

- j. Thackston dan Krenkel (1966) mengusulkan persamaan berdasarkan investigasi di beberapa sungai Tennessee Valley Authority System :

$$K_2^{20} = 10,8 (1 + F^{0,5}) (u^*/d) \times 2,31$$

dimana :

F = Froude number

$$= u^*/\sqrt{(g.d)}$$

u* = kecepatan geser, ft/detik

$$= \sqrt{d S_e g} = \frac{u n \sqrt{g}}{1,49 d^{1,167}}$$

d = kedalaman rata – rata, ft

g = percepatan gravitasi, ft/detik²

Se = slope dari gradien energi

u = kecepatan rata – rata, ft/detik

n = koefisien Manning

- k. Langibien dan Durum (1967) mengembangkan formula untuk K pada 20 C :

$$K_2^{20} = 3,3 u/d^{1,33} \times 2,31$$

dimana :

u = kecepatan rata – rata, ft/detik

d = kedalaman rata – rata, ft

- l. Tsivoglou dan Wallace (1972) menganggap bahwa reaerasi untuk tiap reach adalah proportional dengan perubahan elevasi permukaan air pada reach dan proportional terbalik dengan waktu aliran melalui reach :

$$K_2^{20} = c \frac{h}{t_f}$$

dimana :

c = koefisien escape, ft-1

h = perubahan elevasi permukaan air di reach,ft

t = waktu aliran pada reach

m. Streeter dan Phelps (1925) mengembangkan dua persamaan berikut :

$$\frac{dD}{dt} = K_1 L - K_2 D$$

$$D = \frac{K_1 \cdot LA}{K_1 - K_2} = [10^{-K_1 t} - 10^{-K_2 t}] + D_A \cdot 10^{-K_2 t}$$

dimana :

D = oksigen defisit untuk waktu t, ppm

L = BOD ultimate, ppm

LA = BOD mula – mula, ppm

DA = oksigen defisit mula – mula, ppm

K1 = Konstanta Deoksigenasi

K2 = Konstanta Reaerasi

t = waktu pengaliran, hari

2.8 Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Hidup

Di dalam Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 menyebutkan bahwa lingkungan memiliki daya dukung lingkungan hidup dan daya tampung lingkungan hidup. Daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung kehidupan manusia, makhluk hidup lain, dan keseimbangan antar keduanya. Daya tampung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi, dan/atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 beban pencemar adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah. Berdasarkan pengertian tersebut, dapat disimpulkan bahwa daya tampung beban pencemaran adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi tercemar. Penetapan daya tampung beban pencemaran

dilakukan secara berkala sekurang-kurangnya 5 tahun sekali.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air yang memuat pedoman cara penetapan daya tampung beban pencemaran air pada sumber air terdapat 3 metoda :

1. Metoda Neraca Massa

Penentuan daya tampung beban pencemaran dapat ditentukan dengan cara sederhana yaitu dengan menggunakan metoda neraca massa. Model matematika yang menggunakan perhitungan neraca massa dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi rata-rata aliran hilir (*down stream*) yang berasal dari sumber pencemar point sources dan non point sources, perhitungan ini dapat pula dipakai untuk menentukan persentase perubahan laju alir atau beban polutan.

Jika beberapa aliran bertemu menghasilkan aliran akhir, atau jika kuantitas air dan massa konstituen dihitung secara terpisah, maka perlu dilakukan analisis neraca massa untuk menentukan kualitas aliran akhir dengan perhitungan :

$$C_R = \frac{\sum C_i Q_i}{\sum Q_i} = \frac{\sum M_i}{\sum Q_i}$$

dimana :

CR = konsentrasi rata-rata konstituen untuk aliran gabungan

Ci = konsentrasi konstituen pada aliran ke-i

Qi = laju alir aliran ke-i

Mi = massa konstituen pada aliran ke-i

Metoda neraca massa ini dapat juga digunakan untuk menentukan pengaruh erosi terhadap kualitas air yang terjadi selama fasa konstruksi atau operasional suatu proyek, dan dapat juga digunakan untuk suatu segmen aliran, suatu sel pada danau, dan samudera.

Tetapi metoda neraca massa ini hanya tepat digunakan untuk komponen-komponen yang konservatif yaitu komponen yang tidak mengalami perubahan (tidak terdegradasi, tidak hilang karena pengendapan, tidak hilang karena penguapan, atau akibat aktivitas lainnya) selama proses pencampuran berlangsung seperti misalnya garam-garam. Penggunaan neraca massa untuk komponen lain, seperti DO, BOD, dan $\text{NH}_3 - \text{N}$, hanyalah merupakan pendekatan saja.

2. Metoda Streeter – Phelps

Pemodelan kualitas air sungai mengalami perkembangan yang berarti sejak diperkenalkannya perangkat lunak DOSAG1 pada tahun 1970. Prinsip dasar dari pemodelan tersebut adalah penerapan neraca massa pada sungai dengan asumsi dimensi 1 dan kondisi tunak. Pertimbangan yang dipakai pada pemodelan tersebut adalah kebutuhan oksigen pada kehidupan air tersebut (BOD) untuk mengukur terjadinya pencemaran di badan air. Pemodelan sungai diperkenalkan oleh Streeter dan Phelps pada tahun 1925 menggunakan persamaan kurva penurunan oksigen (oxygen sag curve) di mana metoda pengelolaan kualitas air ditentukan atas dasar defisit oksigen kritik D_c .

Pemodelan Streeter dan Phelps hanya terbatas pada dua fenomena yaitu proses pengurangan oksigen terlarut (deoksigenasi) akibat aktivitas bakteri dalam mendegradasikan bahan organik yang ada dalam air dan proses peningkatan oksigen terlarut (reaerasi) yang disebabkan turbulensi yang terjadi pada aliran sungai.

3. Metoda QUAL2E

QUAL2E merupakan program pemodelan kualitas air sungai yang sangat komprehensif dan yang paling banyak digunakan saat ini. QUAL2E dikembangkan oleh US Environmental Protection Agency. Tujuan penggunaan suatu pemodelan adalah

menyederhanakan suatu kejadian agar dapat diketahui kelakuan kejadian tersebut. Pada QUAL2E ini dapat diketahui kondisi sepanjang sungai (DO dan BOD), dengan begitu dapat dilakukan tindakan selanjutnya seperti industri yang ada disepanjang sungai hanya diperbolehkan membuang limbahnya pada beban tertentu.

2.9 Model Qual2Kw

Program peningkatan kualitas air perlu digunakan untuk membantu dalam peningkatan kualitas badan air dan menjamin pembangunan berkelanjutan di wilayah dimana badan air tersebut berada (Zhang dkk., 2012). Program Qual2Kw merupakan salah satu turunan dari program Qual2E. Program ini menjadi alat yang efektif sebagai perbandingan evaluasi dari program peningkatan kualitas air. Qual2Kw memodelkan kualitas air sungai yang berfungsi dalam mensimulasikan data dari beberapa skenario yang digunakan.

Dalam menggunakan program Qual2Kw, hal yang pertama dilakukan adalah menentukan segmen dan titik sampling. Hal kedua yaitu melakukan analisis yang juga dibandingkan dengan baku mutu yang ada dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001. Menurut Palletier dan Chapra (2008), terdapat beberapa hal dari elemen atau bagian yang ada Qual2Kw yang diperbaharui dari Qual2E yaitu,

1. Dalam Qual2kw terdapat pembagian sistem yang dibagi menjadi ruas-ruas (*reaches*) sungai tidak memiliki ruang yang sama. Pembebanan ganda untuk beban yang masuk dan keluar dapat di-*input* dalam *reach* dimana pun.
2. Kalibrasi otomatis, penentuan nilai optimum dari parameter laju kinetik untuk memaksimalkan simulasi model sungai dengan data yang akan diukur.

BAB 3

METODA PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

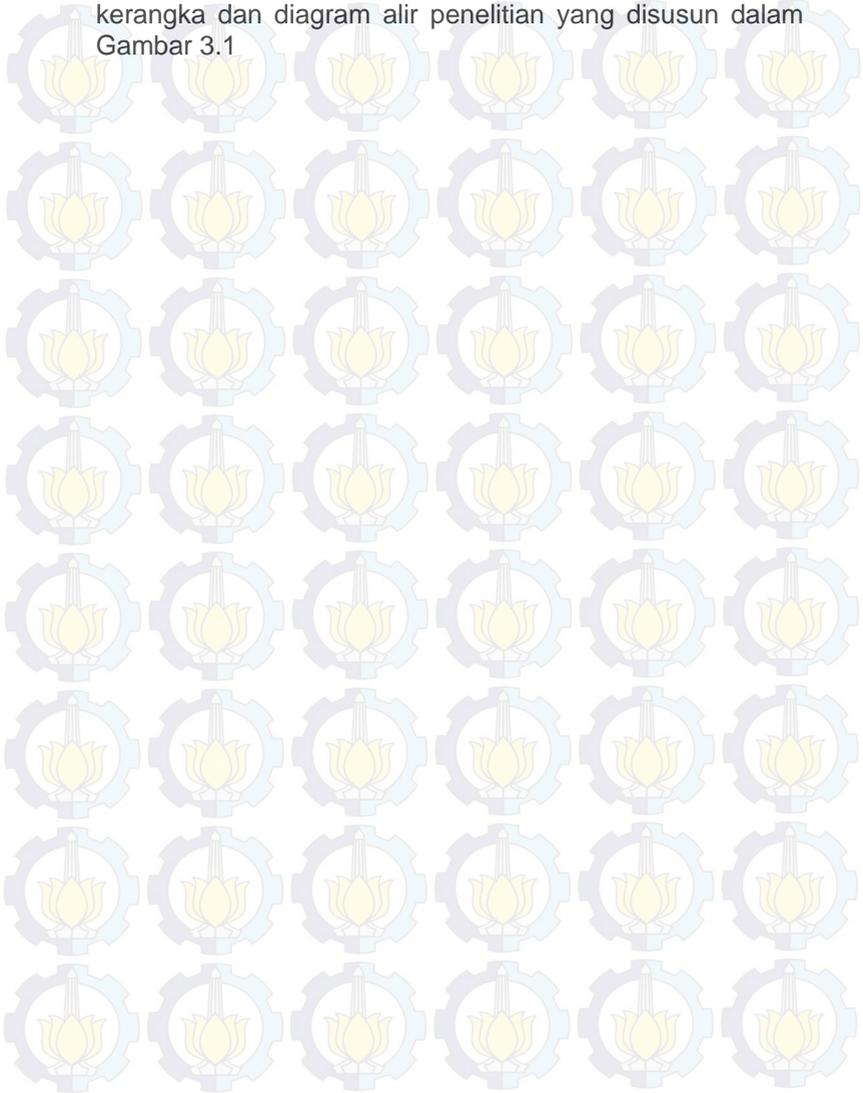
Penelitian ini membahas mengenai identifikasi dan prediksi kualitas badan air di Kali Dami Surabaya dengan menggunakan 2 skenario dan pembagian 3 segmen. Dalam hal ini, identifikasi menggunakan sampling serta prediksi kualitas air menggunakan pemodelan dengan aplikasi Qual2Kw. Penelitian ini perlu dilakukan agar air pada Kali Dami Surabaya mendapatkan perhatian khusus dalam menjaga kualitas dan kuantitas badan air yang bertujuan untuk wisata air. Identifikasi kualitas air dapat dilihat dari parameter pH, BOD, COD, DO, TSS, Fosfat (PO_4^{3-}), Nitrat (NO_3) dan Ammonium (NH_4).

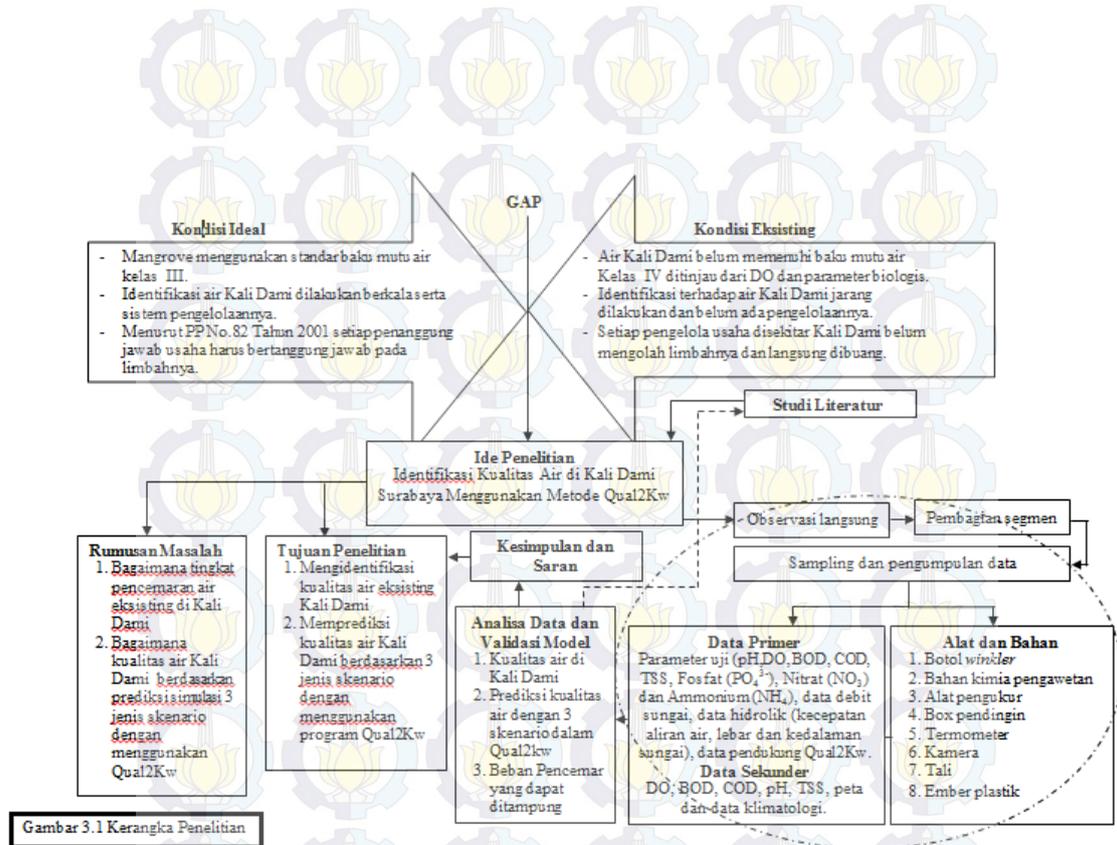
Metoda penelitian ini disusun dalam bentuk kerangka penelitian yaitu alur atau prosedur dalam penelitian yang akan dilakukan. Kerangka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Sebagai gambaran awal tahapan penelitian sehingga dapat memudahkan penelitian dan penulisan laporan.
2. Dapat mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan penelitian agar tujuan penelitian tercapai dan memudahkan pembaca dalam memahami mengenai penelitian yang akan dilakukan.
3. Sebagai pedoman awal dalam pelaksanaan penelitian, sehingga kesalahan yang berisiko terjadi dapat diminimisasi.

Kerangka penelitian ini sebagai gambaran umum dasar melakukan penelitian dikarenakan belum adanya kajian atau penelitian mengenai prediksi kualitas air di Kali Dami Surabaya dengan menggunakan Qual2Kw. Tahapan penelitian dimulai dari ide penelitian, observasi langsung dan penentuan sumber pencemar (point source dan/atau non point source) hingga didapatkan ruas atau segmen yang dapat diteliti. Penelitian ini didukung dengan adanya studi literatur, data primer, dan sekunder yang nantinya akan

diolah dengan metode Qual2Kw dengan beberapa skenario untuk pemodelan. Berdasarkan hal tersebut, dapat dilihat kerangka dan diagram alir penelitian yang disusun dalam Gambar 3.1





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

3.2 Langkah Penelitian

Langkah penelitian dapat menjelaskan mengenai tahapan atau urutan kerja yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Dalam langkah penelitian ini juga dijelaskan secara rinci mengenai tahapan yang akan disusun dalam kerangka penelitian. Tujuan dari pembuatan tahapan penelitian ini adalah untuk memudahkan pemahaman dan menjelaskan melalui deskripsi tiap tahapan. Berikut merupakan langkah atau tahapan yang dilakukan dalam penelitian, yaitu:

1. Ide Penelitian dan Observasi Lapangan

Hal pertama yang dilakukan adalah melakukan GAP *analysis*, setelah itu akan mendapatkan ide penelitian dimana terdapat perbedaan yang signifikan dan memiliki masalah. Dalam penelitian ini, ditemukan sebuah masalah dimana kualitas badan air yang digunakan untuk pembudidayaan ikan dan udang ternyata tidak sesuai baku mutu. Dalam penelitian ini, data kualitas badan air (Kali Dami) juga dibutuhkan oleh Badan Lingkungan Hidup (BLH) sebagai referensi data dalam menentukan solusi pengelolaan badan air ini.

Penelitian dilakukan dimulai dengan observasi lapangan dengan menelusuri Kali Dami Surabaya untuk menentukan sumber pencemar dan segmen yang akan dibuat. Sumber pencemar yaitu terdiri dari non point sources dan point sources. Parameter yang diukur adalah pH, suhu, DO, BOD, COD, TSS, Fosfat (PO_4^{3-}), Nitrat (NO_3) dan Ammonium (NH_4). Observasi lapangan ini dilakukan selama 3 minggu dimulai dari hulu hingga hilir yang ditumbuhi banyak tumbuhan mangrove.

2. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk membantu dan mendukung ide serta dapat meningkatkan pemahaman lebih jelas terhadap ide yang akan diteliti. Studi literatur juga harus mendapatkan feedback dari analisa data dan

pembahasan untuk menyesuaikan hasil analisa dengan literatur yang ada. Sumber literatur yang digunakan adalah jurnal Internasional, jurnal Indonesia, peraturan dan baku mutu, text book, prosiding, serta tugas akhir yang berhubungan dengan penelitian.

Studi literatur yang digunakan diusahakan menggunakan tahun yang terbaru. Hal ini bertujuan untuk menunjukkan keterbaharuan teori yang didapat dengan penelitian yang dilakukan. Studi literatur yang digunakan berasal dari buku dan jurnal. Digunakan pedoman jurnal dan buku tahun terbit terbaru. Akan tetapi tahun terbit lama juga digunakan sebagai pembandingan.

3. Penetapan Segmen atau Ruas

Dalam penelitian ini, rute Kali Dami yang akan diteliti dimulai dari hulu Kali Dami hingga hilir Kali Dami. Pembagian segmen atau ruas ini didasarkan masuknya anak sungai dan adanya tempat untuk pengambilan sampel.

Segmen dalam penelitian ini berjumlah 5 segmen. Tiap segmen diambil 2 sampel yang mewakili hulu dan hilir tiap segmen. Sampling digunakan untuk mewakili kondisi badan air dalam segmen tersebut, sehingga dapat diidentifikasi kualitas air pada Kali Dami. Dan untuk menentukan segmen di lihat dari perubahan kecepatan air, kedalaman, dan slope.

4. Sampling Kualitas Air

Dalam sampling kualitas air diperlukan beberapa alat dan bahan untuk mendukung pengukuran parameter uji, yaitu:

- 1) Botol *winkler* atau botol plastik untuk menyimpan sample agar tidak ada kontaminan dan oksigen yang masuk ke dalam botol.
- 2) Bahan kimia yang digunakan dalam pengawetan.
- 3) Alat pengukur untuk melakukan pengukuran dengan teliti.

- 4) Termometer untuk mengukur suhu air.
- 5) *Box* pendingin digunakan untuk menyimpan sampel dengan rentang suhu 2°-4°C
- 6) Kamera sebagai alat untuk mendokumentasikan kegiatan sampling.
- 7) Tali untuk membantu proses sampling.
- 8) Ember plastik untuk mengambil air dari Kali Dami Surabaya.
- 9) pH meter untuk mengukur pH air.

A. Waktu dan Penentuan Titik Sampling

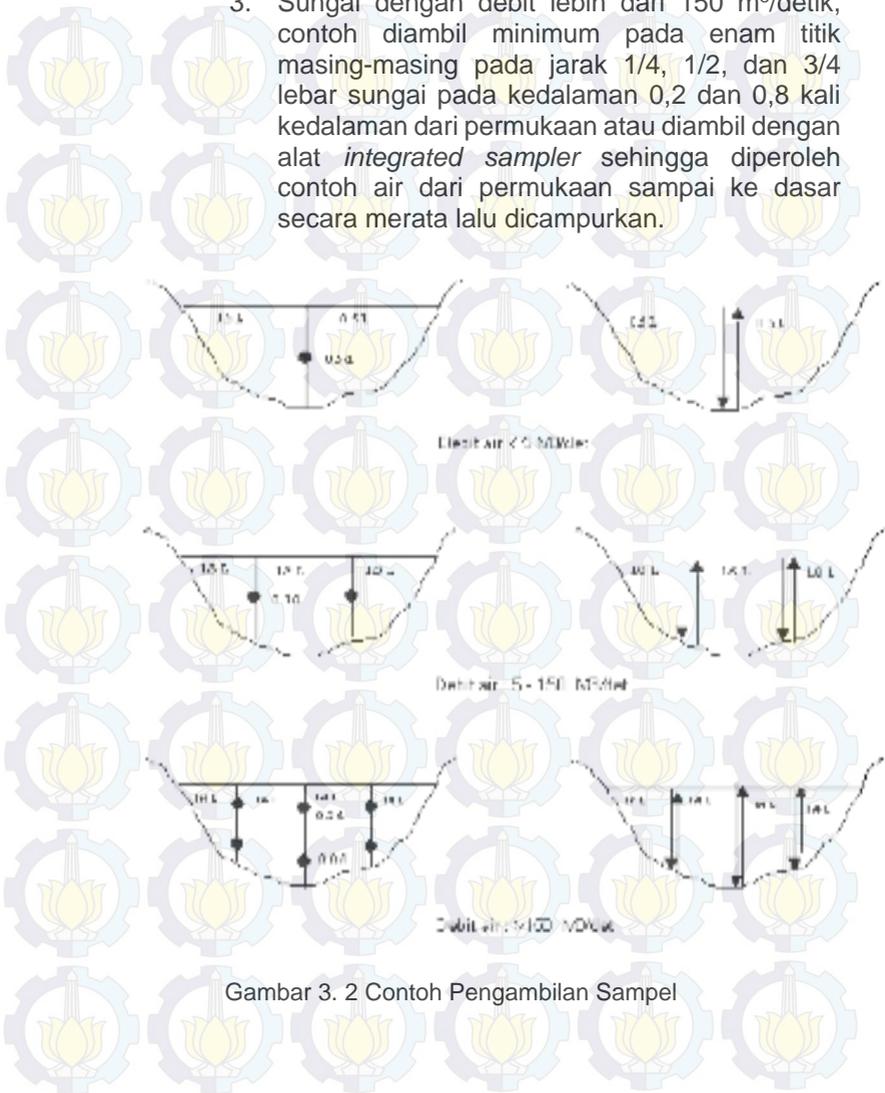
Dalam penelitian ini, sampel air pada hulu sungai diambil pada pukul 00.00 BBWI karena dalam aplikasi Qual2Kw dapat menginput data dimulai dari jam 00.00 agar hasilnya sesuai. Titik sampling berikutnya diambil berdasarkan kecepatan aliran (fungsi waktu) sungai dimana air pada titik pertama tiba pada titik kedua. Penentuan titik sampling didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.57:2008 dilihat dari debit sungai.

Titik pengambilan sampel ditentukan debit air sungai yang diatur dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Sungai dengan debit kurang dari 5 m³/detik, contoh diambil pada satu titik ditengah sungai pada kedalaman 0,5 kali kedalaman dari permukaan atau diambil dengan alat *integrated sampler* sehingga diperoleh contoh air dari permukaan sampai ke dasar secara merata
2. Sungai dengan debit antara 5 m³/detik - 150 m³/detik, contoh diambil pada dua titik masing-masing pada jarak 1/3 dan 2/3 lebar sungai pada kedalaman 0,5 kali kedalaman dari permukaan atau diambil dengan alat *integrated sampler* sehingga diperoleh contoh air dari permukaan sampai ke dasar secara merata

kemudian dicampurkan

3. Sungai dengan debit lebih dari 150 m³/detik, contoh diambil minimum pada enam titik masing-masing pada jarak 1/4, 1/2, dan 3/4 lebar sungai pada kedalaman 0,2 dan 0,8 kali kedalaman dari permukaan atau diambil dengan alat *integrated sampler* sehingga diperoleh contoh air dari permukaan sampai ke dasar secara merata lalu dicampurkan.



Gambar 3. 2 Contoh Pengambilan Sampel

Tabel 3. 1 Sumber Pencemar Per Segmen

Nomor	Segmen	Sumber Pencemar
1	Hulu (A)-B	Perumahan menengah kebawah, perumahan menengah keatas, dan pertokoan
2	B-C	perumahan menengah keatas, dan pertokoan
3	C-D	Perumahan menengah keatas
4	D-E	Perumahan menengah keatas, dan mal
5	E-F	Perumahan menengah kebawah, pertokoan, perumahan menengah



Sumber : Google Earth

Gambar 3. 3 Pembagian Segmen

B. Cara Pengawetan Sampel

Sampel yang diambil pada setiap titik segmen/ruas perlu diawetkan, karena sampel tidak langsung dianalisis. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Pemulihan Air Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Cara pengawetan sampel untuk beberapa parameter dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Cara Pengawetan dan Penyimpanan Contoh Air

No	Parameter	Wadah Penyimpanan	Jumlah sampel min. (mL)	Cara Pengawetan	Lama penyimpanan maks. yg dianjurkan	Lama penyimpanan maks. menurut EPA
1.	COD	P, G	100	Langsung dianalisa	-	-
2.	Nitrat-Nitrogen	P, G	100	Analisa secepatnya atau didinginkan	48 jam	2 hari (28 hari jika contoh air diklorinasi)
3.	Oksigen terlarut Dengan Elektroda Metoda Winkler	G Botol BOD	300	Langsung dianalisa Titrasi dapat ditunda setelah contoh diasamkan	- 8 jam	0,25 jam 8 jam
4.	pH	P, G	-	Segera dianalisa	2 jam	2 jam
5.	Fosfat	G (A)	100	Untuk fosfat terlarut segera disaring, dinginkan	48 jam	

Keterangan:

Dinginkan pada suhu $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

P : plastik (polietilen atau sejenisnya)

G (A): gelas dicuci dengan 1 + 1 HNO₃

Sumber : SNI 6989.57 : 2008

5. Metode Pengukuran Debit Point Source dan Non Point Source

Pengukuran debit dari point source dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = V \times t$$

Dimana : Q = Debit

V = Volume

t = Waktu

Prosedur pengukuran debit dilakukan sebagai berikut :

Air sampel ditampung menggunakan botol dengan volume 600 ml. Selama air ditampung pada botol maka waktu yang ditempuh juga dihitung. Setelah diketahui volume dan waktu maka debit air yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan rumus diatas.

Non point source di ambil dari jumlah penduduk Kecamatan Wonorejo.

6. Pengumpulan Data

Pengumpulan data terbagi dalam 2 kelompok yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang dikumpulkan yaitu sebagai berikut:

- a. Data debit sungai pada segmen pengambilan contoh air.
- b. Titik sumber pencemar yang terdiri dari *point source* dan *nonpoint source* yang didapat berdasarkan pengamatan langsung.
- c. Data hidrolik sungai seperti panjang, lebar dan kedalaman sungai tersebut.
- d. Data kualitas air berdasarkan parameter uji (pH, suhu, DO, BOD, COD, TSS, Fosfat (PO_4^{3-}), Nitrat (NO_3) dan Ammonium (NH_4) yang diuji di Laboratorium Kualitas Lingkungan dari titik pengambilan sampel pada tiap segmen yang telah ditentukan.
- e. Data debit pada hulu sungai.

Data sekunder juga diperlukan dalam penelitian kali ini. Data ini akan mendukung penelitian, yaitu sebagai berikut:

- a. Peta Kali Dami dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematusan dan bantuan *google earth*.
- b. Data jumlah penduduk sekitar Kali Dami pada lima tahun terakhir.

- c. Data klimatologi daerah berupa temperatur udara dan kecepatan angin yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Meteorologi Juanda Surabaya.
- d. Data kualitas air Kali Dami (pH, DO, BOD, COD, TSS dari Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya dan data biologis yang diuji pada Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya untuk memperkuat latar belakang masalah.
- e. Data profil Kali Dami berupa panjang sungai keseluruhan yang didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematuan Kota Surabaya.
- f. Data debit dan kualitas limbah point source yang dibuang ke sungai didapat dari Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya.

7. Penggunaan Model Qual2Kw

Data yang telah terkumpul dilakukan input data dalam worksheet program Qual2Kw dengan ketentuan, yaitu:

- a. Data hidrolis sungai yang berfungsi sebagai salah satu faktor penentuan segmen sungai untuk mendapatkan koefisien .
- b. Data debit dan kualitas air sungai (Kali Dami) digunakan untuk acuan hasil simulasi model.
- c. Data debit dan kualitas air limbah *point source*.
- d. Data klimatologi (arah angin, suhu udara, kecepatan angin dan curah hujan) digunakan untuk mengetahui kondisi iklim sepanjang Kali Dami.
- e. Data air limbah dan sumber pencemar lain (*non point source*) sebagai input *non point source*.

8. 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 memvalidasi perbedaan waktu dari data yang diinput.

9. Analisis Data

Simulasi dalam penelitian ini terbagi menjadi 4 skenario yang akan digunakan untuk mendapatkan hasil kualitas dan daya tampung yang sesuai dengan Kali Dami Surabaya. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, badan air Kali Dami sebagai kategori air kelas dua. Dalam peraturan tersebut juga disebutkan bahwa penetapan daya tampung minimal adalah 5 tahun sekali. Berdasarkan peraturan tersebut, maka dalam skenario ini akan membuat proyeksi dari tahun ini hingga 5 tahun yang akan datang (2014-2019).

Penjelasan skenario yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Skenario 1

Teknik simulasi ini melakukan input data eksisting pada kualitas air bagian hulu dan data sumber pencemar yang tak tentu atau yang disebut sumber *non point source* yang jumlah debitnya dihitung berdasarkan dengan jumlah penduduk. Beban pencemar yang langsung masuk ke badan air (Kali Dami) akan menjadi sumber pencemar *point source*. Skenario 1 ini ditujukan untuk pemodelan agar kualitas Kali Dami dapat teridentifikasi.

2. Skenario 2

Dalam skenario kedua ini, kualitas air di hulu Kali Dami Surabaya menggunakan data yang eksisting. Sumber pencemar hingga tahun 2018 didapat dari perhitungan proyeksi penduduk selama 5 (lima) tahun. Sumber pencemar akan bertambah seiring peningkatan jumlah penduduk. Penambahan sumber pencemar meliputi limbah domestik sebagai non point source. Beban pencemar dari sumber pencemar point source diasumsikan seperti skenario 1.

3. Skenario 3

Dalam skenario ketiga, 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 sungai karena tidak ada beban pencemar yang menurunkan kualitas Kali Dami. Simulasi ini diasumsikan bahwa kondisi awal sungai yang tanpa adanya beban pencemaran.

10. Input Data

Data yang telah diperoleh akan di-entry ke dalam program QUAL2Kw dengan ketentuan berikut:

a. Penginputan Data Primer

- Data hidrolik berupa panjang dari tiap segmen / ruas yang ditentukan pada program QUAL2Kw diinput dalam *sheet Reach* serta kecepatan aliran serta kedalamannya diinput pada *sheet hydraulic data*.
- Data pendukung seperti intensitas cahaya sebagai dasar *sheet cloud cover, shade, solar* dan *light and heat* pada program QUAL2Kw.
- Data debit dan kualitas air untuk limbah pemukiman dan persawahan dalam program QUAL2Kw diinput dalam sheet non point

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Segmentasi Sungai Kali Dami

Kali Dami berada di sekitar 4 km dengan hulu yang berada di jalan Karang Menjangan sampai jalan Mulyosari. Kali Dami dipilih karena di sepanjang Kali Dami terdapat pipa-pipa ilegal yang didapati membuang limbahnya mengarah ke badan air sungai Kali Dami. Sehingga diperkirakan terjadi pencemaran limbah organik di sepanjang sungai Kali Dami tersebut. Dengan kondisi demikian, pada penelitian ini akan di bagi 5 (lima) segmen. Pembagian segmen ini akan di bagi di sepanjang Kali Dami. Selain itu segmen di bagi berdasarkan keperluan pemodelan dan disesuaikan dengan karakteristik kualitas air yang terdapat pada sungai serta adanya masukan beban pencemar yang masuk kedalam badan air. Karakteristik tiap-tiap segmen meliputi panjang, elevasi, dan koordinat geografis dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Pembagian Segmen Wilayah Studi

Segmen	Panjang (km)	Elevasi (m)		Koordinat	
		Hulu	Hilir	Hulu	Hilir
jl. karang menjangan - jl. manyar kertoarjo	0.27	7	6	7°16'36.23"S	7°16'37.03"S
				112°45'44.89"E	112°45'53.65"E
jl. manyar kertoarjo	0.54	6	5	7°16'37.03"S	7°16'38.86"S
				112°45'53.65"E	112°46'11.04"E
jl. manyar kertoarjo - jl. Mulyorejo	0.48	5	4	7°16'38.86"S	7°16'39.99"S
				112°46'11.04"E	112°46'26.73"E
jl. Mulyorejo - jl. Darma husada	1.36	4	3	7°16'39.99"S	7°16'35.35"S
				112°46'26.73"E	112°47'10.82"E

Segmen	Panjang (km)	Elevasi (m)		Koordinat	
		Hulu	Hilir	Hulu	Hilir
jl. Darma husada - jl. Mulyosari	1.35	3	2	7°16'35.35"S	7°16'27.03"S
				112°47'10.82"E	112°47'52.55"E

1. Segmen A – B (0,27 km)

Segmen A-B ini merupakan pada segmen pertama ini dibagi berdasarkan adanya *point source* dari rumah masyarakat sekitar. Pada titik pengambilan sampel A terletak pada hulu dan sedangkan titik B merupakan pengambilan sampel kedua.



Sumber : *Google Earth*, 2014
Gambar 4. 1 Segmen A-B

2. Segmen B – C (0,54 km)

Segmen B – C ini merupakan segmen kedua yang terletak pada kedua dibagi berdasarkan adanya *point source* dari rumah masyarakat sekitar. Pada titik pengambilan sampel B terletak pada jalan Manyar Kertoarjo sedangkan titik sampel C merupakan titik sampel ketiga.



Sumber : *Google Earth*, 2014
Gambar 4. 2 Segmen B-C

3. Segmen C – D (0,48 km)

Segmen C – D merupakan segmen ketiga dimana titik C merupakan titik pengambilan sampel yang terletak pada pintu air di jalan manyar kertoarjo, sedangkan titik D adalah titik pengambilan sampel yang keempat.



Sumber : *Google Earth*, 2014
Gambar 4. 3 Segmen C-D

4. Segmen D – E (1,36 km)

Segmen Segmen D – E merupakan segmen keempat pada segmen keempat ini titik D merupakan titik pengambilan yang terletak pada Jl. Mulyorejo sedangkan titik E merupakan titik pengambilan sampel yang kelima yang terletak pada Jl.Dharma Husada. Diantara titik D sampai titik E terdapat bangunan fasilitas bangunan olahraga dan bangunan mall.



Sumber : *Google Earth*, 2014

Gambar 4. 4 Segmen D-E

5. Segmen E -F (1,35 km)

Segmen Segmen E -F merupakan segmen kelima pada segmen kelima ini titik E merupakan titik pengambilan yang terletak pada Jl. Dharma Husada sedangkan titik F merupakan titik pengambilan sampel yang kelima yang terletak pada Jl.Mulyasari.



Sumber : *Google Earth*, 2014

Gambar 4. 5 Segmen E - F

4.2 Kondisi Kali Dami

4.2.1 Kondisi Hidrolis

Kualitas air Kali Dami didapat dari data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan analisis sampel yang diambil dari

beberapa titik pada hari tertentu. Pengambilan data primer dilakukan pada tanggal 24 Maret 2014 dimulai dari jam 00.00 BBWI. Pengambilan sampel dilihat berdasarkan debit sungai. Data hidrolis sungai mencakup kedalaman sungai rata-rata, kecepatan air rata-rata, dan debit air rata-rata. Selain itu, diperlukan data slope atau kemiringan yang dihitung berdasarkan elevasi dan jaraknya. Elevasi yang digunakan adalah elevasi dengan *Google Earth*, karena dengan GPS Navigasi, hasil yang didapat kurang akurat. Perhitungan slope dihitung yaitu dengan rumus:

$$\text{slope} = \frac{\Delta H \text{ permukaan air}}{\text{Jarak per Segmen}}$$

Kondisi hidrolis Kali Dami Surabaya pada tanggal 24 Maret 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Hasil Analisis Kondisi Hidrolis Sungai

Jarak x(km)	Debit m ³ /s	Kedalaman m	Kecepatan m/s
4.000	0.087	0.540	0.010
3.730	0.109	0.520	0.020
3.190	0.115	0.400	0.025
2.710	0.106	0.720	0.010
1.350	0.189	0.860	0.020
0.000	0.159	0.480	0.010

4.2.2 Kondisi Kualitas Air Sungai Pada Sumber Pencemar

Kegiatan sampling kualitas air Kali Dami yang dilakukan pada Minggu 24 Maret 2014 pada pukul 00.00 WIB. Air sungai dimasukkan dalam botol 600 ml dan botol winkler untuk pengujian parameter di laboratorium. Teknik Lingkungan ITS. Air sampel pada botol winkler diberikan larutan pengawet mangan sulfat dan pereaksi oksigen sebanyak 3 (tiga) tetes. Setelah itu, botol air sampel dimasukkan dalam box pendingin (cooling box) dengan tujuan mengawetkan sampel. Hal ini dikarenakan lokasi pengambilan

sampling dan tempat analisis yang jaraknya cukup jauh tidak memungkinkan sampel segera di analisis pada waktu itu juga. Untuk kondisi air eksisting Kali Dami per segmen dapat dilihat pada lampiran C.



Gambar 4. 6 Titik dan Lokasi Sumber pencemar

Keterangan:  = Pencemaran Point Sources
 = Sungai Kali Dami

Tabel 4. 3 Hasil Analisis Kondisi Kualitas Air Sungai

Jarak km	TSS (mgD/L)	DO (mgO ₂ /L)	cBOD ₅ (mgO ₂ /L)	NH ₄ (mgN/L)	NO ₃ (mgN/L)	Inorg P (mgP/L)	pH	COD user defined
	data	data	data	data	data	data	data	
4.000	30.00	0.60	15.00	23.72	1.42	0.72	6.95	25.00
3.730	35.00	0.30	19.00	18.35	0.56	0.68	7.05	26.00
3.190	34.00	0.00	18.00	16.64	0.43	0.55	7.15	28.00
2.710	32.00	0.00	18.00	16.38	0.50	0.51	7.15	27.00
1.350	35.00	0.00	20.00	15.79	0.64	0.52	7.20	28.00
0.000	28.00	0.00	20.00	15.17	0.70	0.52	7.25	29.00

Tabel 4. 4 Hasil Analisis Kondisi Temperatur Air Sungai

Jarak x(km)	Temperatur °C
4.000	27.00
3.730	27.00
3.190	28.00
2.710	28.00
1.350	27.00
0.000	27.00

4.3 Pembentukan Model

Pemodelan kualitas air sungai dilakukan dengan menggunakan program Qual2kw setelah pembagian segmen dan kemudian dilanjutkan dengan memasukkan data yang ada ke dalam program. Penginputan data berupa data kondisi sungai, kualitas dan debit sungai, data tiap segmen, data hidrolis, data pencemar untuk *point source* dan *non point source*, koefisien model, serta data - data pendukung lainnya yang dibutuhkan. Data sumber pencemar adalah data paling penting, yaitu sumber pencemar *point source* berupa masukan saluran pembuangan limbah mall dan anak sungai yang keluar, serta sumber pencemar *non point source* berupa permukiman (limbah rumah tangga).

Perlu diketahui bahwa dalam program Qual2kw memiliki perbedaan warna pada setiap lembar Qual2kw untuk memberikan informasi (data) yang berbeda seperti berikut:

Lembar biru menandakan data dan parameter yang dibutuhkan untuk pembentukan model ini, lembar hijau yang merupakan hasil data yang dikeluarkan oleh Qual2kw, lembar kerja kuning pucat menandakan data yang nantinya dikeluarkan sebagai grafis oleh Qual2kw

Data – data tersebut diinput pada lembar kerja yang telah tersedia sesuai dengan fungsinya, kemudian melakukan proses run dengan mengklik tombol Run VBA yang sebelumnya dilakukan enable macro pada program.

Proses penginputan data menghasilkan grafik setiap parameter yang menunjukkan kualitas air sungai. Dimana data – data parameter berupa parameter hidrolis dan parameter kualitas air. Parameter kualitas air meliputi pH, Suhu, DO, BOD, COD, TSS, Fosfat (PO_4^{3-}), Nitrat (NO_3), dan Amonium (NH_4), kemudian disesuaikan dengan data parameter pada program Qual2kw yang dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4. 5 Parameter Kualitas Air yang Dimodelkan

No	Parameter	Parameter dalam program Qual2kw	Satuan
1	pH	pH	-

No	Parameter	Parameter dalam program Qual2kw	Satuan
2	Temperatur	Temperature	°C
3	BOD	CBOD fast	mg/l
4	COD	Generic constituent	mg/l
5	DO	Dissolved Oxygen	mg/l
6	TSS	TSS	mg/l
7	NH ₄	NH ₄ -Nitrogen	ug/l
8	NO ₃	NO ₃ -Nitrogen	ug/l
9	PO ₄ ³⁻	Inorganic Phosphorus (SRP)	ug/l

Sumber: Qual2kw, 2014

Penginputan data pada kolom pukul 12:00 AM karena program ini mensimulasikan time series. Penginputan selanjutnya di lembar kerja Reach, dalam data yang diinput merupakan yang berhubungan dengan tiap segmen yaitu panjang, elevasi dan koordinat, penentuan lebar dan tinggi terjunan dan penentuan data model hidrolis terdiri dari kemiringan, manning, serta lebar bagian bawah pada tiap segmen pada kolom yang sudah tersedia di Qual2kw ini.

Untuk mendukung pembentukan model maka data kualitas air pada tiap titik segmen dan data hasil pemantauan pada tahun 2014 yang sudah ditentukan diinput pada lembar kerja WQ data dimana pada lembar kerja ini pada jarak tiap segmen dan parameter kualitas air. Pada Qual2kw tersebut yang membantu dalam pembentukan model kualitas air.

Data lain yang dibutuhkan untuk membentuk model ini adalah data hidrolis (debit, kedalaman dan kecepatan), koefisien model, serta data pendukung seperti suhu, kecepatan angin, persentasi tutupan awan dan bangunan terhadap sungai. Selain itu yang terpenting adalah sumber pencemar yang terbagi atas sumber pencemar point source dan non point source. Pada lembar kerja point source dan non point source ini parameter kualitas air serta debit yang masuk atau keluar di input pada kolom yang tersedia pada program ini.

Setelah beberapa data tersebut di entry pada tiap lembar kerja Qual2kw, dilanjutkan dengan memilih tombol [Run VBA] pada bagian pojok kiri atas, untuk menjalankan program ini. Apabila proses simulasi model berhasil pada lembar kerja Qual2kw akan memunculkan grafik pada tiap parameter, grafik tersebut menunjukkan keadaan kualitas air sungai. Hasil dari model Qual2kw ini terbagi atas dua bagian yaitu hasil parameter kualitas air (pH, Suhu, DO, BOD, COD, TSS, Fosfat (PO₄³⁻), Nitrat (NO₃) dan Amonium (NH₄)) dan data hidrolis berupa (debit, kedalaman dan kecepatan). Hasil grafik dari parameter kualitas air merupakan bentukan dari lembar kerja Headwater, Reach, Point Source dan Non Point Source serta data pendukung yang di masukan pada tiap titik segmen di lembar kerja WQ Data. Sedangkan untuk hasil data hidrolis merupakan bentukan dari lembar kerja Headwater, Reach, dan data Hidrolis.

4.4 Kalibrasi Model

Proses kalibrasi data bertujuan agar data yang diinput di dalam program Qual2kw akan menghasilkan data yang mendekati data sebenarnya dan memverifikasi data yang suah didapatkan karena adanya perbedaan waktu dan variasi data. Untuk proses kalibrasi terbagi atas dua langkah yaitu kalibrasi data hidrolis dan data kualitas air.

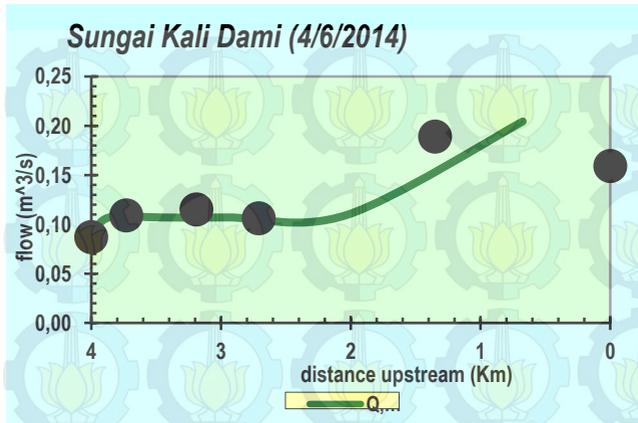
Kalibrasi model hidrolis dilakukan pada data hidrolis pertama dengan sistem *trial and error* sehingga pemodelan di setiap parameter dapat mendekati data input. Kalibrasi model digunakan untuk kecepatan aliran sungai (*velocity*) dengan menggunakan *worksheet reach*, sementara untuk model debit (*flow*) menggunakan *worksheet Diffuse Source* dengan cara mengubah-ubah debit pada *non-point source* dikarenakan sulitnya pengukuran data.

Pada *worksheet reach* terdapat data koordinat, jarak, dan *hydraulic model*. *Worksheet reach* digunakan untuk perhitungan saluran sungai. Dalam kolom *hydraulic model* terdapat kolom *weir*. Kolom *weir* ini diisi apabila terdapat terjunan dalam sebuah sungai. Dalam kolom *hydraulic model* juga terdapat kolom *rating curves* dan *manning*

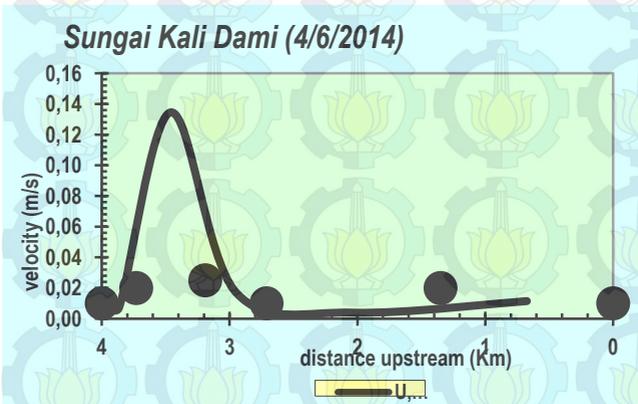
formula. Kedua kolom ini hanya diisi salah satunya saja untuk menentukan perhitungan pada kecepatan sungai dan kedalaman sungai. Model dalam program menggunakan *manning formula*. Hal ini disebabkan nilai dalam *manning formula* lebih mudah digunakan untuk pemodelan sungai dalam penginputan data. Didalam kolom *manning formula* terdapat data yang perlu dimasukkan yaitu slope sungai, koefisien manning, dan lebar sungai. Grafik hasil perbandingan model dengan data untuk parameter debit sungai dapat dilihat pada Gambar 4.8, sementara pada Gambar 4.9 dan 4.10 berturut-turut dapat dilihat data kecepatan aliran dan kedalaman.

Hydraulic Model (Weir Overrides Rating Curves; Rating Curves Override Manning Formula)										
Weir		Rating Curves				Manning Formula				
Height	Width	Velocity		Depth		Channel	Manning	Bot Width	Side	Side
(m)	(m)	Coefficient	Exponent	Coefficient	Exponent	Slope	n	m	Slope	Slope
0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.000002	0.0900	16.20	0.00	0.00
0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.00001	0.4000	15.52	0.00	0.00
0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.000001	0.0010	16.02	0.00	0.00
0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.00001	0.1000	14.80	0.00	0.00
0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.00001	0.8000	25.75	0.00	0.00
0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.00002	0.3000	24.88	0.00	0.00

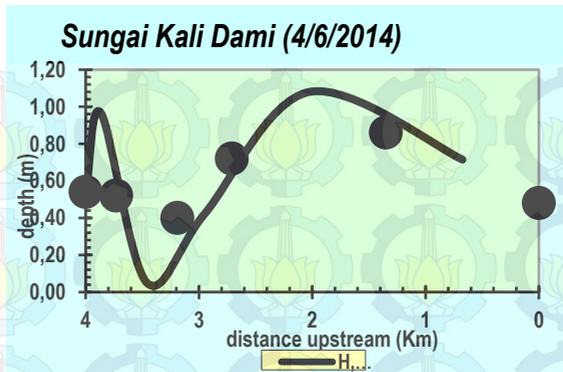
Gambar 4. 7 Hydraulic Model



Gambar 4. 8 Hasil Analisis Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Debit Aliran Sungai



Gambar 4. 9 Hasil Analisis Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Kecepatan Aliran Sungai



Gambar 4. 10 Hasil Analisis Perbandingan Data dan Model untuk Parameter Kedalaman Sungai

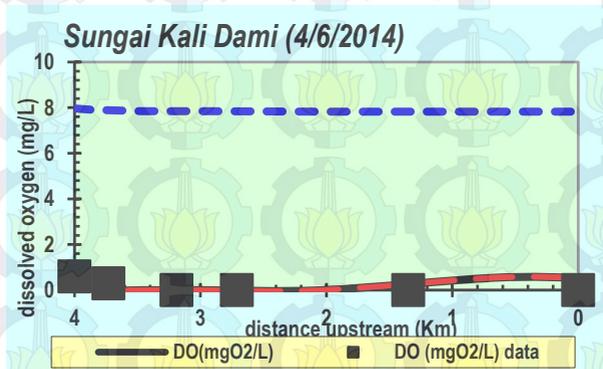
Dari gambar grafik data hidrolik yang ditampilkan pada Gambar 4.8 hingga Gambar 4.10, dapat dilihat bahwa model sudah mendekati data input. Pada gambar 4,9 terlihat debit aliran turun dikarenakan adanya perubahan kedalaman sungai terlihat pada gambar 4.10 adanya pintu air di daerah sungai tersebut dan terdapat grafik yang meningkat drastis disebabkan oleh adanya masukan point source yang cukup besar ke dalam badan air.

Kalibrasi yang kedua adalah kalibrasi kualitas air. Kalibrasi kualitas air dapat dilakukan apabila kalibrasi data hidrolik sudah mendapatkan model yang sesuai. Kalibrasi data kualitas air dilakukan dengan *trial and error* pada *worksheet rates* dan *reach rates* serta pada kualitas pencemar *non point sources* pada *worksheet diffuse sources*.

4.4.1 Simulasi Skenario 1

Pada simulasi model skenario 1, data yang digunakan adalah data eksisting. Yang bertujuan untuk mengkalibrasi data kualitas air agar dapat digunakan untuk simulasi selanjutnya. Dengan hasil di lapangan pada tiap titik segmen yang telah diuji menunjukkan bahwa data parameter kualitas air

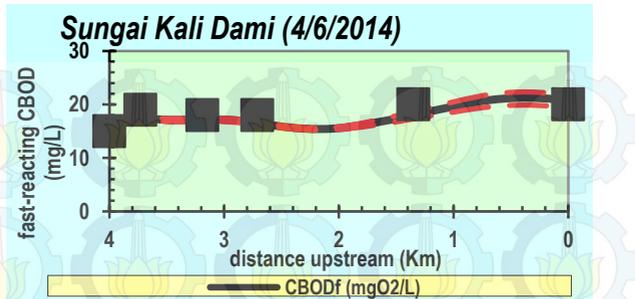
memenuhi baku mutu air sungai kelas 4. Dikarenakan pembuangan limbah domestik yang masuk ke badan air terlalu besar. Misalnya limbah domestik yang berasal dari buangan rumah tangga dan buangan dari mall yang terdapat disekitar sungai.



Gambar 4. 11 Hasil Analisis Perbandingan Model dan Data untuk Parameter DO

Dari gambar 4.11 diatas diketahui bahwa DO yang terkandung disungai Kali Dami mendekati nilai 0 (nol) atau DO satauaration (DO jenuh). Hal ini ditunjukkan dengan tren garis (model) yang terlihat telah mengikuti tren titik Kotak hitam (data). DO merupakan salah satu parameter yang dapat menunjukkan self-purifikasi pada sungai. Pada gambar 4.11 menunjukkan bahwa kandungan DO menurun km 2 hingga hilir, penurunan DO ini menunjukkan tingginya limbah domestik rumah tangga dan mall yang masuk ke aliran sungai Kali Dami.

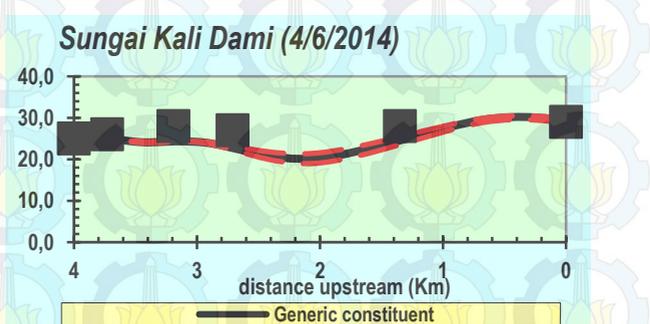
Selanjutnya dilakukan analisis terhadap kandungan BOD yang terkandung pada badan air sungai Kali Dami. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. 12 Hasil Analisis Perbandingan Model dan Data untuk Parameter BOD

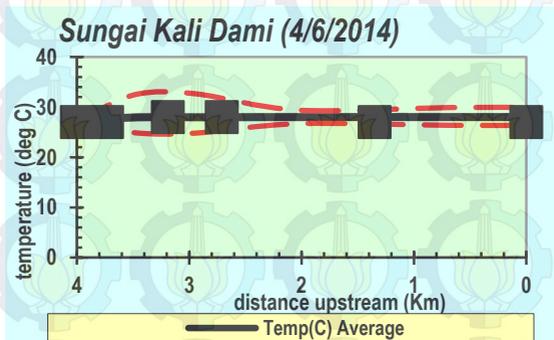
Dari gambar 4.12 diketahui bahwa kandungan BOD yang ada pada disungai Kali Dami menurun seiring dengan penurunan DO disungai tersebut. Penurunan BOD ini terjadi pada km 4, Hal ini ditunjukkan dengan tren garis (model) yang terlihat telah mengikuti tren titik Kotak hitam (data). Semakin kecil kandungan DO pada aliran sungai mengakibatkan semakin kecil pula kandungan BODnya.

Selanjutnya dilakukan analisis terhadap kandungan BOD yang terkandung pada badan air sungai Kali Dami. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

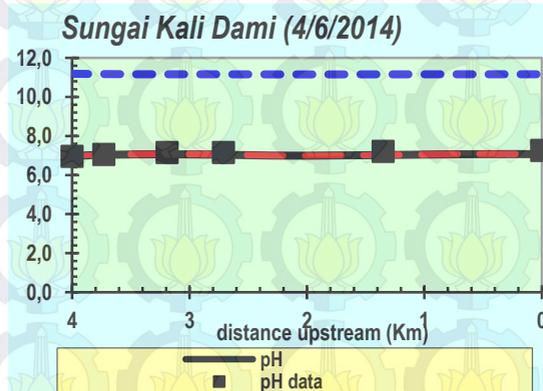


Gambar 4. 13 Hasil Analisis Perbandingan Model dan Data untuk Parameter COD

Dari gambar 4.13 diatas diketahui bahwa kandungan COD yang ada pada disungai Kali Dami menurun seiring dengan penurunan DO disungai tersebut. Penurunan COD ini terjadi pada km 4, Hal ini ditunjukkan dengan tren garis (model) yang terlihat telah mengikuti tren titik Kotak hitam (data). Penurunan COD sebanding dengan penurunan DO yang terjadi di sungai Kali Dami.

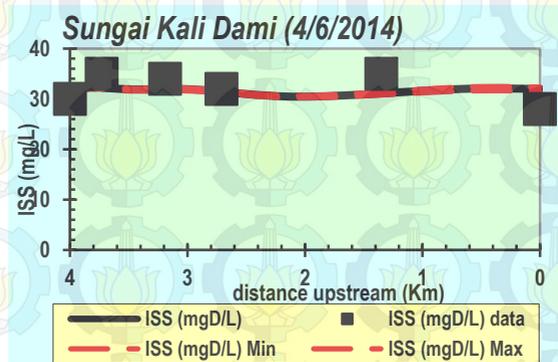


Gambar 4. 14 Hasil Analisis Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Temperatur



Gambar 4. 15 Hasil Analisis Perbandingan Model dan Data untuk Parameter pH

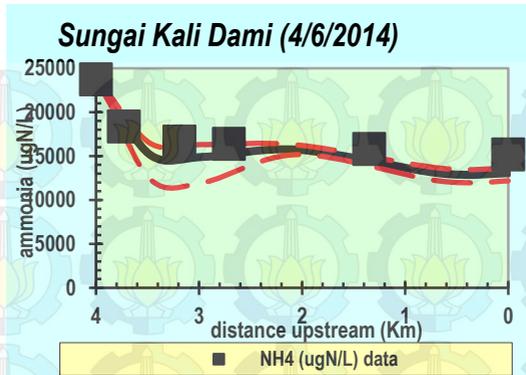
Dari parameter suhu pada gambar 4.14 dan parameter pH pada gambar 4.15 dapat diketahui bahwa kedua model tersebut sudah mendekati data yang sebenarnya. Hal ini ditunjukkan dengan tren garis (model) yang terlihat lurus searah dengan tren titik Kotak hitam (data). Dari data gambar diatas diketahui kalau kandungan pH dan suhu yang terdapat pada sungai Kali Dami sudah memenuhi baku mutu yang berlaku Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 mengenai Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air, yaitu baku mutu tentang badan air kelas IV.



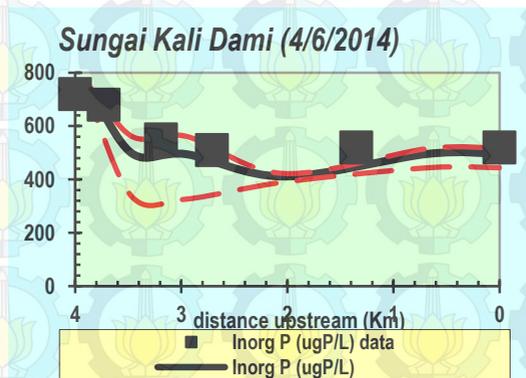
Gambar 4. 16 Hasil Analisis Perbandingan Model dan Data untuk Parameter TSS

Selanjutnya dilakukan analisis terhadap kandungan TSS yang terdapat pada aliran sungai Kali Dami seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.16.

Berdasarkan gambar diatas diketahui bahwa TSS yang terkandung disungai Kali Dami dipengaruhi oleh BOD dan DO. Hal ini ditunjukkan dengan tren garis (model) yang terlihat telah mengikuti tren titik Kotak hitam (data).



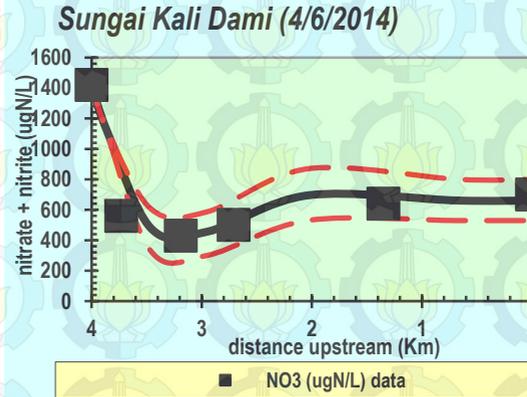
Gambar 4. 17 Hasil Analisis Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Amonium



Gambar 4. 18 Hasil Analisis Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Fosfat

Dari parameter Amonium pada gambar 4.17 dan parameter Fosfat pada gambar 4.18 dapat diketahui bahwa kedua model tersebut sudah mendekati data yang sebenarnya. Pada gambar 4.17 dan 4.18 terdapat penurunan garis merah putus-putus yang menandakan bahwa nilai terkecil daya beban diterima kedalam badan air. Hal ini ditunjukkan dengan tren garis (model) yang terlihat meningkat dengan tren titik

Kotak hitam (data). Hal ini disebabkan adanya adanya point source yang masuk cukup besar.



Gambar 4. 19 Hasil Analisis Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Nitrat

Pada gambar 4.19 dapat dilihat bahwa dalam program Qual2Kw, nitrat disebutkan dalam bentuk nitrat+nitrit. Hal ini disebabkan, kandungan nitrit bersifat tidak stabil dan jumlahnya sedikit di dalam badan air (Effendi, 2003). Kandungan nitrat pada badan air tidak terpengaruh dengan hasil limbah yang berasal dari limbah rumah tangga dan mall. Setelah hasil simulasi diperoleh, dapat dilakukan verifikasi nilai koefisien model agar diperoleh model yang mendekati data yang diinput. Tabel 4.6 memperlihatkan nilai rentang koefisien untuk model, namun koefisien tersebut merupakan koefisien untuk sungai 4 musim. Oleh sebab itu, dilakukan kalibrasi untuk menyesuaikan koefisien yang sesuai dengan sungai Kali Dami Surabaya. Ketidakcocokan antara nilai koefisien yang diperoleh dari hasil kalibrasi dengan rentang nilai koefisien pada Tabel 4.6 mungkin dapat terjadi karena perbedaan kondisi sungai yang digunakan.

Tabel 4. 6 Nilai Koefisien

Nama Koefisien	Unit	Rentang Nilai
Reaeration	day ⁻¹	0,02 – 3,4
ISS Settling Velocity	m/day	0 – 2
CBOD Oxidation Rate	day ⁻¹	0,02 – 4,2
NH ₄ Nitrification Rate	day ⁻¹	0 – 10
NO ₃ Denitrification Rate	day ⁻¹	0 – 2
NO ₃ Sed. Denitri Transfer Coeff.	day ⁻¹	0 – 1
PO ₄ Settling Velocity	m/day	0 – 2

Sumber : Brown (1987)

Setelah running dari program Qual2kw, dapat dilihat nilai *fitness* yang diperoleh dari model pada *worksheet Rates*. Nilai *fitness* dapat dikatakan sebagai tingkat kebaikan dari sebuah model. Hasil nilai *fitness* yang dihasilkan dari program Qual2kw ini memiliki rentang nilai mulai dari 0 – 1. Peningkatan nilai *fitness* dapat diperoleh salah satunya jika terdapatnya banyak data input yang mendekati garis model. Hal ini berarti jika nilai semakin mendekati angka 1 maka berarti hasil simulasi yang dilakukan semakin mendekati kondisi eksisting badan air yang digunakan.

Hasil verifikasi nilai *fitness* pada simulasi nilai model yang dilakukan menunjukkan nilai *fitness* sebesar 0,7055 yang dapat dilihat pada gambar 4.20 dibawah ini. Sementara itu untuk nilai koefisien model yang telah diverifikasi.

Fitness:
0.7055

Gambar 4. 20 *Worksheet Rates*

		ISS	Fast CBOD	Ammonium	Nitrate		Organic P		Inorganic P		Generic	
Reach number	Reach label	Prescribed Reaeration	Settling Velocity	Oxidation Rate	Nitrification Rate	Denitri Rate	Sed Denitri transfer coeff	Hydrolysis Rate	Settling Velocity	Settling Velocity	decay Rate	Settling Velocity
		/d	m/d	/d	/d	m/d	m/d	/d	m/d	m/d	/d	m/d
1	Segmen A-B	0.500	0.001	1	0.1	2	0.1		0.001	0.001	0.1	0.1
2	Segmen B-C	0.734	0.001	0.1	0.1	2	0.1		0.001	0.001	0.1	0.001
3	Segmen C-D	0.159	0.001	0.01	0	0.1	0.3		0.001	0.001	0.1	0.001
4	Segmen D-E	0.100	0.001	0.01	0				0.001	0.01	0.1	0.001
5	Segmen E-F	0.100	0.001	1	0				0.001	0.01	0.001	0.001

Gambar 4. 21 Sheet Koefisien Model Dalam Qual2kw

Headwater Flow
0,087 m³/s

7	Headwater Flow	0.087 m ³ /s																
8	Prescribed downstream boundary?	No																
9	Headwater Water Quality	Units	12:00 AM	1:00 AM	2:00 AM	3:00 AM	4:00 AM	5:00 AM	6:00 AM	7:00 AM	8:00 AM	9:00 AM	10:00 AM	11:00 AM	12:00 PM	1:00 PM	2:00 PM	3:00 PM
10	Temperature	C	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
11	Conductivity	umhos	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
12	Inorganic Solids	mg/L	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
13	Dissolved Oxygen	mg/L	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
14	CBODslow	mgO ₂ /L																
15	CBODfast	mgO ₂ /L	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
16	Organic Nitrogen	mgN/L																
17	NH4-Nitrogen	mgN/L	23.72	23.72	23.72	23.72	23.72	23.72	23.72	23.72	23.72	23.72	23.72	23.72	23.72	23.72	23.72	23.72
18	NO3-Nitrogen	mgN/L	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42
19	Organic Phosphorus	mgP/L																
20	Inorganic Phosphorus (SRP)	mgP/L	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
21	Phytoplankton	mgA/L																
22	Detritus (POM)	mgD/L																
23	Pathogen	cfu/100 mL																
24	Generic constituent	user defined	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
25	Alkalinity	mgCaCO ₃ /L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
26	pH	s.u.	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95

Gambar 4. 22 Sheet Koefisien Model Dalam Qual2kw

Dari nilai fitness yang dihasilkan, diketahui bahwa masih terdapatnya kekurangan (*error*) sebesar 0,2945. Kekurangan ini dapat disebabkan salah satunya karena parameter yang diinput lebih sedikit dibandingkan dengan parameter yang tersedia dalam Qual2Kw. Meskipun demikian, tingkat kepercayaan terhadap pemodelan ini dapat pula dilihat dari nilai fitness yang diperoleh. Nilai fitness yang diperoleh dalam penelitian ini merupakan nilai yang tertinggi bila dibandingkan dengan penelitian – penelitian terdahulu yang serupa, seperti pada Sagara (2014), Natalia (2014), Irsanda (2014) yang berturut – turut mendapatkan nilai fitness sebesar 0,7003, 0,7001, 0,6509. Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan pula bahwa kepercayaan terhadap hasil penelitian ini lebih tinggi. Selain itu, berdasarkan Sarwono (2012), nilai fitness yang lebih besar dari 0,5 dalam modeling, varian ekstrak (uji lanjut reliabilitas) sudah dapat dianggap reliable. Realibilitas sendiri menunjukkan derajat sejauh mana setiap indikator mewakili kondisi yang sebenarnya (Sarwono, 2012). Sehingga perolehan nilai fitness sebesar 0,7055 dalam pemodelan ini menunjukkan kelayakan dari kalibrasi dan simulasi dapat dilanjutkan ke simulasi lainnya. Berdasarkan gambar 4.22, data awal yang di dapat dari Kali Dami berkenaan dengan Headwater Flow sebesar 0,087 m³/s.

4.4.2 Skenario 2 – Sumber Pencemar Estimasi Tahun 2018

Pada skenario 2, data yang diinput sama dengan data yang diinput pada skenario 1, yaitu data eksisting dan data dari sumber pencemar yang masuk ke aliran sungai Kali Dami. Perbedaannya adalah sumber non point source merupakan estimasi dari penambahan jumlah penduduk sampai tahun 2018. Simulasi skenario 2 ini bertujuan untuk memperkirakan kondisi kualitas air yang diteliti dimasa yang akan datang mulai dari aliran hulu sungai sampai aliran hilir sungai.

Pada simulasi skenario 2 ini dihilangkan data pada lembar kerja WQ data serta data program Qual2kw tidak digunakan. Perhitungan ini didasarkan pada data yang didapat dari BPS mulai tahun 2009 – 2013.

Jumlah rumah pada segmen 1 = 324 rumah

Jumlah rumah pada segmen 2 = 1168 rumah

Jumlah rumah pada segmen 3 = 572 rumah

Jumlah rumah pada segmen 4 = 1555 rumah

Jumlah rumah pada segmen 5 = 1482 rumah

Gambar situasi segmen 1 hingga segmen 5 dapat dilihat pada Lampiran.

Diasumsikan 1 rumah berisi 5 orang.

Sehingga jumlah penduduk pada segmen 1

$$= 324 \times 5 \text{ orang}$$

$$= 1620 \text{ orang}$$

Sehingga jumlah penduduk pada segmen 2

$$= 1168 \times 5 \text{ orang}$$

$$= 5840 \text{ orang}$$

Sehingga jumlah penduduk pada segmen 3

$$= 572 \times 5 \text{ orang}$$

$$= 2860 \text{ orang}$$

Sehingga jumlah penduduk pada segmen 4

$$= 1555 \times 5 \text{ orang}$$

$$= 7775 \text{ orang}$$

Sehingga jumlah penduduk pada segmen 5

$$= 1482 \times 5 \text{ orang}$$

$$= 7410 \text{ orang}$$

Setelah dilakukan perhitungan terhadap proyeksi jumlah penduduk sampai tahun 2018, langkah selanjutnya adalah menghitung debit air limbah yang masuk kedalam badan air sungai Kali Dami. Data yang diperlukan pada perhitungan debit air limbah adalah jumlah penduduk pada tahun 2018 serta besar kebutuhan air bersih pada tahun tersebut. Air limbah yang masuk ke badan air Kali Dami berasal dari 3 kecamatan, yaitu Kecamatan Gubeng, Mulyorejo dan Kecamatan Sukolilo. Kebutuhan air bersih pada tahun 2018 diasumsikan sebesar 190 L/hari pada

sambungan rumah dan 30 L/hari pada kran umum untuk kategori metropolitan dengan jumlah penduduk Kota >1.000.000 orang (Standar Dirjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum). Debit air limbah dari tiap segmen selengkapnya dapat dihitung seperti berikut ini.

Segmen 1

Jumlah penduduk tahun 2018 = 1620 orang

Kebutuhan air bersih

a) SR = 190 L/s

b) Kran Umum = 30 L/s

diasumsikan %pelayanan sambungan rumah (SR) adalah 82% dan kran umum adalah 18%, sehingga dapat dihitung kebutuhan air bersihnya sebagai berikut ini.

a) $SR = 82\% \times 1620 \times 190 \text{ L/hari} / 86400\text{s}$
 $= 2,9212 \text{ L/s}$

b) $\text{Kran umum} = 18\% \times 1620 \times 30 \text{ L/hari} / 86400\text{s}$
 $= 0,1013 \text{ L/s}$

Total kebutuhan air = $(2,9212 + 0,1013) \text{ L/s}$
 $= 3,0225 \text{ L/s}$

Debit air limbah = $75\% \times 3,0225 \text{ L/s}$
 $= 2,2669 \text{ L/s}$
 $= 0,002669 \text{ m}^3/\text{s}$

Dengan cara dan perhitungan yang sama, maka didapatkan debit air limbah untuk tiap segmen. Segmen 2 adalah $0,008172 \text{ m}^3/\text{detik}$, segmen 3 adalah $0,004002 \text{ m}^3/\text{detik}$, segmen 4 adalah $0,01088 \text{ m}^3/\text{detik}$, segmen 5 adalah $0,010369 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dikarenakan *non point source* beban yang rata, maka debit limbah dihitung dibagi dengan jarak per segmen. Perhitungan sebagai berikut :

Segmen 1

Jarak segmen 1 = 270 m

Debit limbah = $0,002669 \text{ m}^3/\text{detik}$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Debit limbah/segmen} &= 0,00266\text{m}^3/\text{detik}/270 \text{ m} \\ &= 0,00001 \text{ m}^3/\text{detik (per} \\ &\quad \text{meter jarak)} \end{aligned}$$

Segmen 2

$$\text{Jarak segmen 2} = 534 \text{ m}$$

$$\text{Debit limbah} = 0,008172 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Debit limbah/segmen} &= 0,00817\text{m}^3/\text{detik}/534 \text{ m} \\ &= 0,00001 \text{ m}^3/\text{detik (per} \\ &\quad \text{meter jarak)} \end{aligned}$$

Segmen 3

$$\text{Jarak segmen 3} = 483 \text{ m}$$

$$\text{Debit limbah} = 0,004002 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Debit limbah/segmen} &= 0,004002 \text{ m}^3/\text{detik}/483 \text{ m} \\ &= 0,0000083 \text{ m}^3/\text{detik (per} \\ &\quad \text{meter jarak)} \end{aligned}$$

Segmen 4

$$\text{Jarak segmen 4} = 1360 \text{ m}$$

$$\text{Debit limbah} = 0,01088 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Debit limbah/segmen} &= 0,01088 \text{ m}^3/\text{detik}/1360 \text{ m} \\ &= 0,000008 \text{ m}^3/\text{detik (per} \\ &\quad \text{meter jarak)} \end{aligned}$$

Segmen 5

$$\text{Jarak segmen 5} = 1350 \text{ m}$$

$$\text{Debit limbah} = 0.01037 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Debit limbah/segmen} &= 0.01037 \text{ m}^3/\text{detik}/1350 \text{ m} \\ &= 0,000008 \text{ m}^3/\text{detik (per} \\ &\quad \text{meter jarak)} \end{aligned}$$

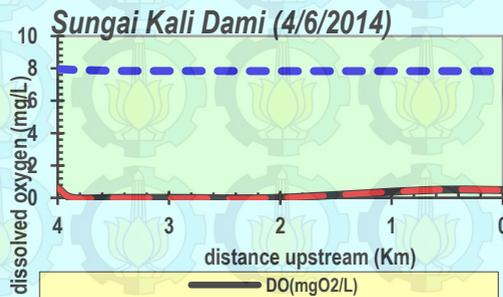
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Debit Limbah Tahun 2018

Segmen	Jumlah Penduduk Tahun 2018	Kebutuhan Air Bersih (L/detik)			Debit Limbah (L/detik)	Debit Limbah (m ³ /detik)
		Sambungan Rumah	Kran Umum	Total		
1	1620	2.9213	0.101	3.023	2.267	0.002

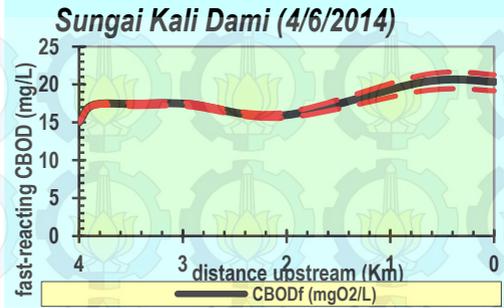
Segmen	Jumlah Penduduk Tahun 2018	Kebutuhan Air Bersih (L/detik)			Debit Limbah (L/detik)	Debit Limbah (m3/detik)
		Sumbangan Rumah	Kran Umum	Total		
2	5840	10.5309	0.365	10.896	8.172	0.008
3	2860	5.1573	0.179	5.336	4.002	0.004
4	7775	14.0202	0.486	14.506	10.880	0.011
5	7410	13.3620	0.463	13.825	10.369	0.010

Berdasarkan hasil simulasi yang diperoleh dari skenario 2, grafik kadar oksigen pada garis model mengalami peningkatan serta penurunan kualitasnya, hal ini disebabkan karena adanya pengaruh dari sumber yang masuk ke badan air sungai Kali Dami. Begitu pula untuk parameter BOD, COD, NH₄ (Amonium), NO₃ (Nitrat) dan TSS, terlihat pada grafik uji adanya fluktuasi peningkatan dan penurunan yang disebabkan oleh limbah industry dan limbah domestic yang masuk ke badan air Kali Dami (estimasi 2018).

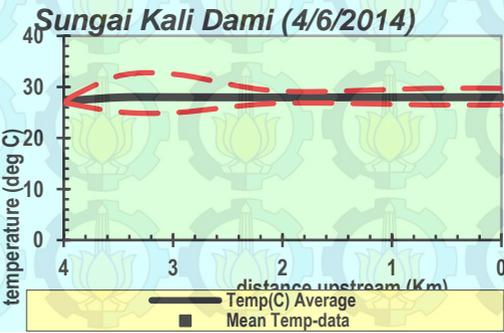
Dari hasil simulasi skenario 2 secara keseluruhan, menunjukkan bahwa kondisi kualitas air pada tahun 2018 tidak terjadi perubahan seperti kondisi eksisting saat ini. Hasil ini terlihat dari perubahan grafik parameter sesuai simulasi pada skenario 1.



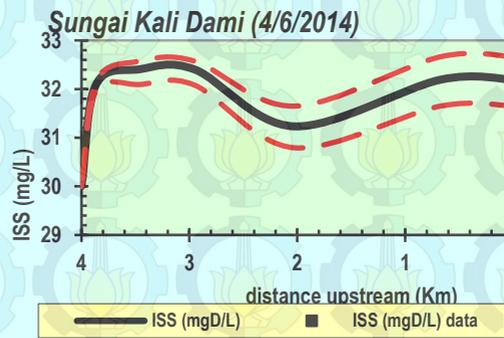
Gambar 4. 23 Parameter DO Skenario 2



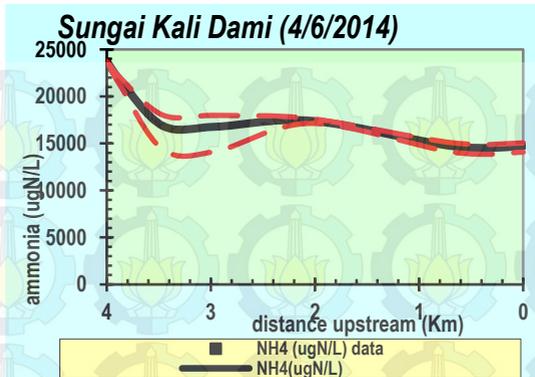
Gambar 4. 24 Parameter BOD Skenario 2



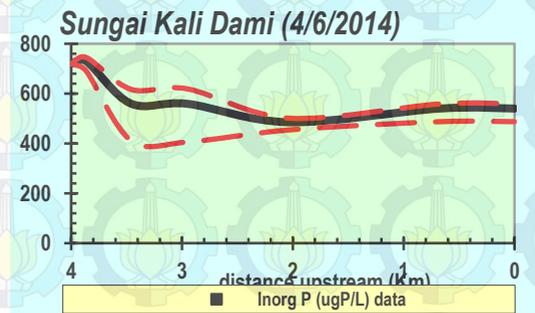
Gambar 4. 25 Parameter COD Skenario 2



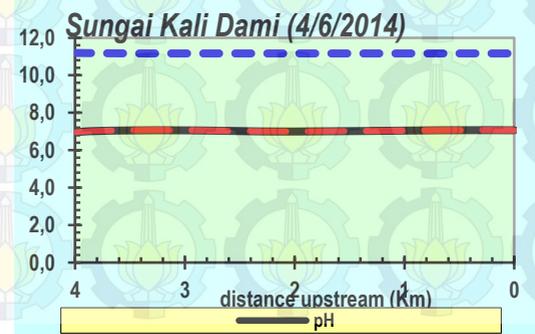
Gambar 4. 26 Parameter TSS Skenario 2



Gambar 4. 27 Parameter Amonium Skenario 2



Gambar 4. 28 Parameter Fosfat Skenario 2



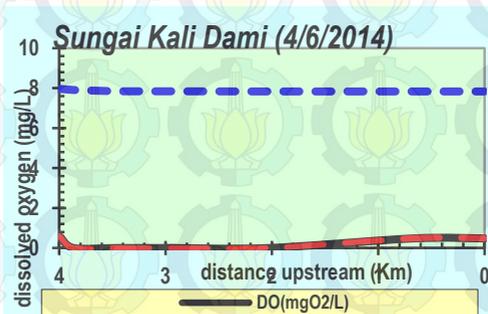
Gambar 4. 29 Parameter pH Skenario 2

Dari hasil simulasi 2 dari Gambar 4.23 – 4.29 untuk grafik model mengalami peningkatan karena adanya pengaruh dari sumber pencemar dan disebabkan masukan dari limbah domestik (estimasi 2018).

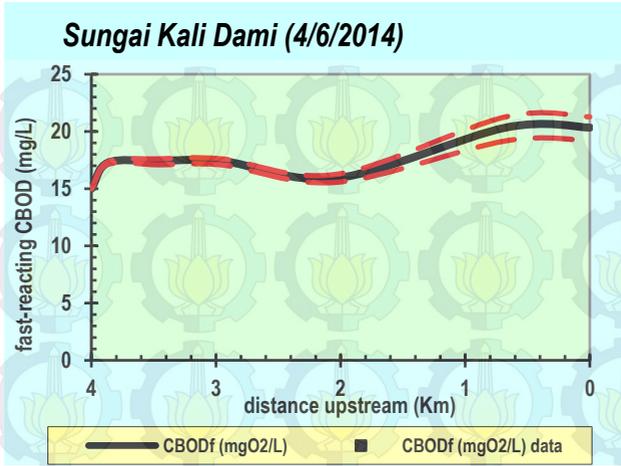
Dari hasil keseluruhan dari simulasi skenario 2 menunjukkan bahwa kondisi kualitas air untuk tahun 2018 tidak berubah dan tercemar seperti keadaan dari kondisi eksisting. Hal tersebut terlihat dari perubahan grafik parameter di simulasi ini tidak jauh berbeda dari skenario 1.

4.4.3 Simulasi Skenario 3

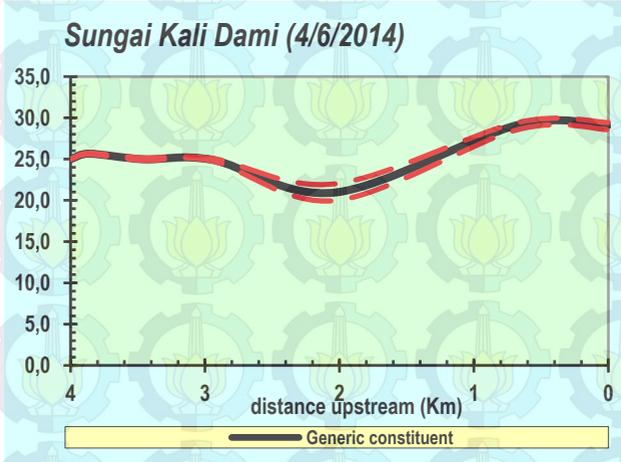
Pada simulasi skenario 3 yang mensimulasikan tanpa sumber tercemar, dimana semua kualitas air sungai yang ada dari hilir hingga hulu dikondisikan tanpa sumber tercemar maupun dari point source. Dapat diketahui bahwa kemampuan self-purifikasi sungai menjadi awal sungai yang mengalir tanpa sumber tercemar yang masuk ke dalam badan air. Sumber pencemar yang dihilangkan berada pada lembar kerja point source dan non point source. Dalam skenario 3 sama dengan skenario sebelumnya data input pada lembar kerja WQ data dan data hidrolis dihilangkan. Hasil grafik pada tiap parameter dapat dilihat pada Gambar 4.30 - 4.38.



Gambar 4. 30 Parameter DO Skenario 3

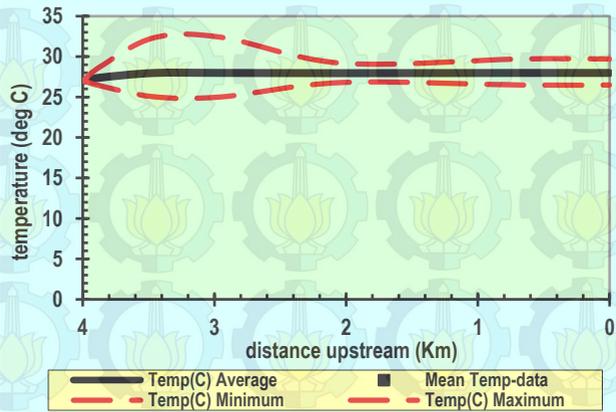


Gambar 4. 31 Parameter BOD Skenario 3



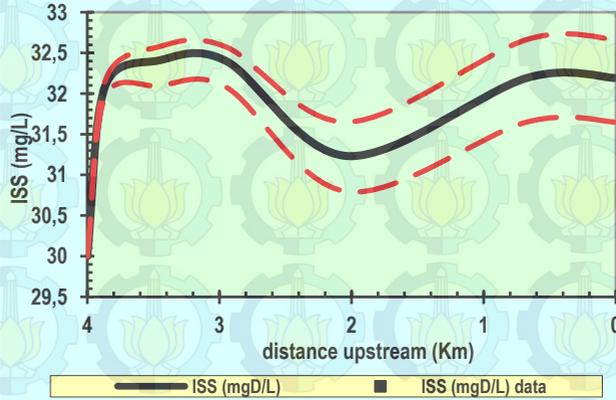
Gambar 4. 32 Parameter COD Skenario 3

Sungai Kali Dami (4/6/2014)

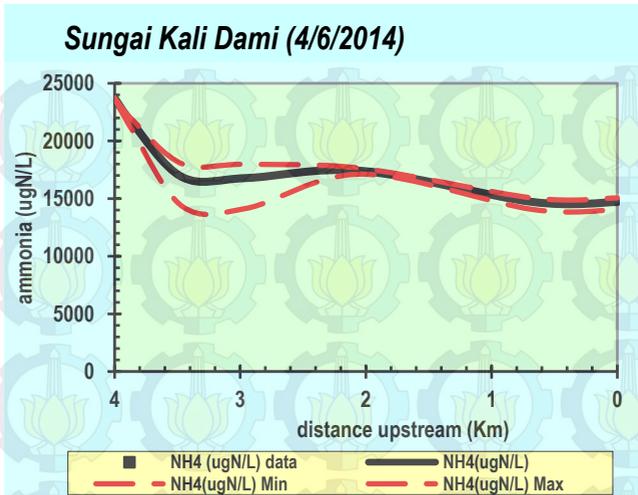


Gambar 4. 33 Parameter Temperatur Skenario 3

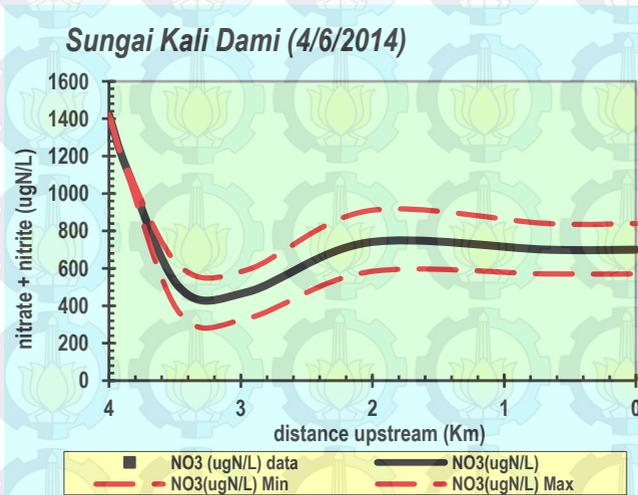
Sungai Kali Dami (4/6/2014)



Gambar 4. 34 Parameter TSS Skenario 3

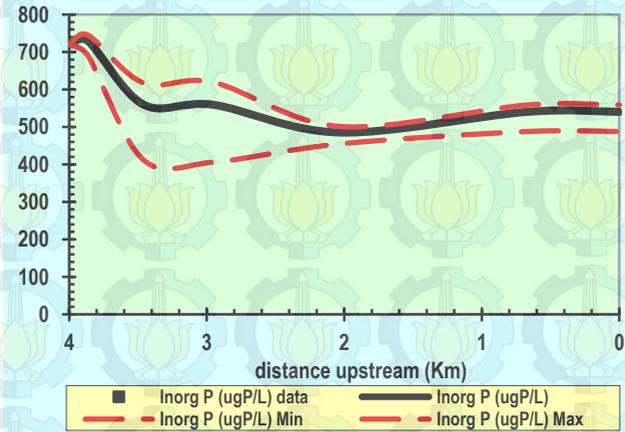


Gambar 4. 35 Parameter Amonium Skenario 3



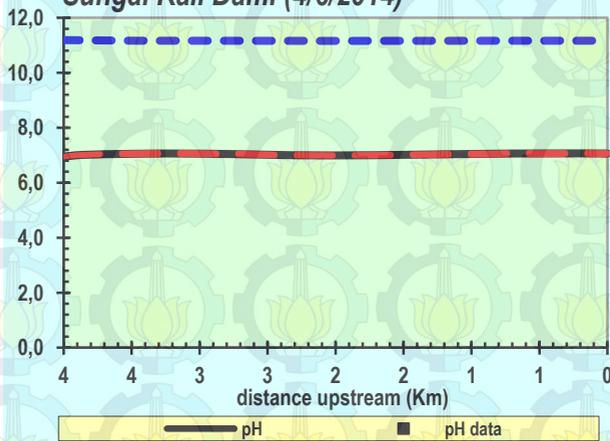
Gambar 4. 36 Parameter Nitrat Skenario 3

Sungai Kali Dami (4/6/2014)



Gambar 4. 37 Parameter Fosfat Skenario 3

Sungai Kali Dami (4/6/2014)



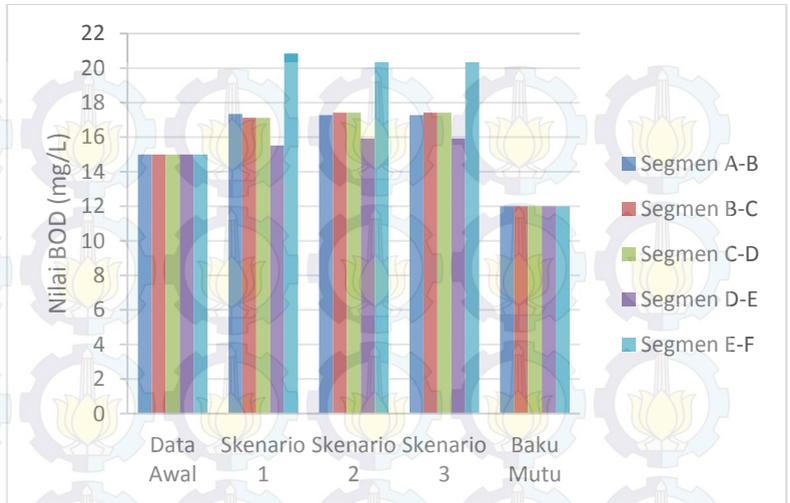
Gambar 4. 38 Parameter pH Skenario 3

4.5 Hubungan Hasil Parameter Penelitian dengan Baku Mutu Kualitas Air Kali Dami Disetiap Skenario Pada Metode Qual2Kw

Pada sub bab ini, akan membahas mengenai korelasi hasil uji penelitian antara setiap parameter dengan baku mutu yang sudah ditetapkan mengenai kondisi sungai. Dengan hal ini maka kondisi eksisting sungai akan diketahui apakah masih dalam tahap di bawah baku mutu atau melebihi baku mutu yang ada. Hasil penelitian pada setiap parameter uji penelitian adalah sebagai berikut :

➤ **Biological Oxygen Demand (BOD)**

Pada parameter ini, kandungan oksigen biologi pada air Kali DAMI diuji untuk mengetahui kondisi eksisting kualitas air Kali Dami mengalami pencemaran atau tidak. Berdasarkan hasil uji penelitian, kandungan BOD yang terkandung di dalam badan air Kali Dami memiliki BOD yang melebihi baku mutu. Berdasarkan PP 82 Tahun 2011 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pada kriteria air berdasarkan kelasnya yaitu kelas IV, nilai BOD adalah 12 mg/L. Namun jika dilihat pada gambar grafik 4.39 nilai pengambilan data awal sudah melebihi baku mutu yang ada.



Gambar 4. 39 Hubungan antara Hasil Parameter Uji BOD dengan Data Awal dan Baku Mutu

Data awal yang di dapat adalah 15 mg/L. Dari setiap skenarionya yaitu skenario 1,2 dan 3 yang terdiri dari ke 5 segmen menunjukkan bahwa nilai BOD dalam badan air sangat fluktuatif dan berada di rentang nilai antara 15-21 mg/L. Hal tersebut menunjukkan bahwa kandungan BOD pada sungai Kali Dami melebihi batas baku mutu. Jika diamati pada setiap segmennya yaitu dari segmen A-B, B-C, C-D, dan D-E, segmen-segmen tersebut memiliki nilai BOD yang sama di setiap skenarionya. Hanya pada segmn E-F yang memiliki nilai BOD yang sedikit berbeda antara skenario 1,2 dan 3. Pada skenario 2 dan 3 nilai BOD 20 mg/L sedangkan pada skenario 1, nilai BOD 21 mg/L. Perbedaan nilai BOD ini dapat disebabkan karena pengaruh limbah atau faktor-faktor alam seperti kecepatan aliran dsb yang berbeda di setiap segmennya. Sehingga terjadi perbedaan nilai, meskipun tidak memiliki perbedaan yang mencolok. Meskipun demikian, nilai BOD pada setiap segmennya sudah melebihi baku mutu yang ada. Menurut Salmin (2005),

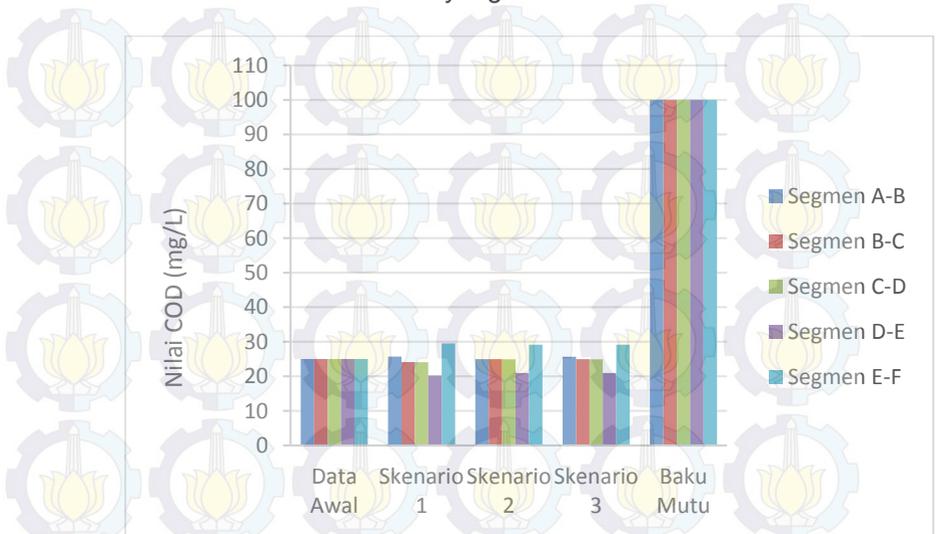
Bila kandungan BOD semakin besar, maka merupakan indikasi bahwa perairan tersebut telah tercemar.

➤ **Chemical Oxygen Demand (COD)**

Pada penelitian ini, dilakukan uji parameter COD untuk mengetahui kebutuhan oksigen kimia yang terdapat dalam air. Uji penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan zat kimia yang terdapat pada badan air Kali Dami. Bila pada sungai terdapat bahan organik yang resisten terhadap degradasi biologis seperti tannin, fenol, polisakarida maka cocok untuk dilakukan uji kebutuhan oksigen dengan pengukuran nilai COD. Untuk mengetahui hal tersebut, maka dilakukan uji pengukuran COD terhadap Kali Dami.

Berdasarkan Gambar grafik 4.40, Hasil Analisis pengukuran parameter COD menunjukkan bahwa nilai skenario 1,2 dan 3 dan data awal menunjukkan nilai COD berada di bawah baku mutu. Berdasarkan PP 82 Tahun 2011 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian PENCEMARAN Air, pada kriteria air berdasarkan kelasnya yaitu kelas IV, nilai COD yang diijinkan memiliki ambang batas sebesar 100 mg/L. Bila dianalisis data awal pada uji COD memiliki nilai 25 mg/L. Sedangkan pada setiap skenario, yaitu skenario 1, 2 dan 3 terlihat fluktuatif. Baik data awal dan data uji pada setiap segmen pada masing-masing skenario menunjukkan bahwa nilai COD tidak melebihi baku mutu yang ada. Sehingga dapat diketahui jika pencemaran tertinggi adalah karena pengaruh limbah rumah tangga, dan tidak terdeteksi adanya limbah akibat industri di sepanjang segmen uji yang membuang limbahnya ke badan air. Bila dianalisis, pada masing-masing skenario, nilai COD mg/L memiliki nilai yang sama di setiap segmennya, kecuali pada nilai COD yang terjadi pada skenario 2 dan 3 segmen A-B, nilai COD berada di rentang 25-30 mg/L. Meskipun demikian, tidak berarti membahayakan karena

kandungan COD dalam perairan Kali Dami tidak melebihi baku mutu yang ada.



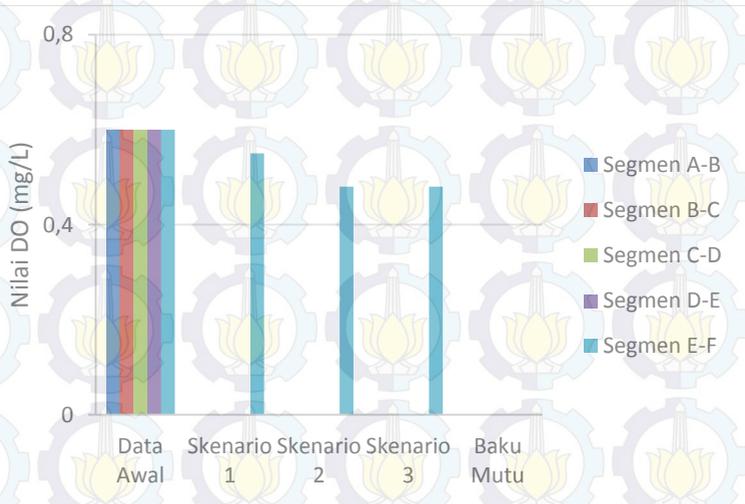
Gambar 4. 40 Hubungan antara Hasil Parameter Uji COD dengan Data Awal dan Baku Mutu

➤ **Disolve Oxygen (DO)**

Berdasarkan Baku mutu mengenai Kualitas Badan Air dan penyesuaian dengan parameter uji pada metode Qual2KW, parameter DO termasuk dalam parameter uji. Pengukuran DO bertujuan untuk mengetahui oksigen terlarut dalam badan air sungai Kali Dami sehingga dapat diketahui adakah kehidupan biota perairan.

Berdasarkan Gambar 4.41, nilai DO pada segmen E-F menunjukkan perbedaan nilai jika dibandingkan dengan baku mutu kualitas air sungai kelas 4. Nilai DO lebih tinggi dibandingkan nilai baku mutu yang ada, meskipun tidak signifikan. Hal tersebut menunjukkan adanya kadar oksigen yang sedikit lebih banyak pada daerah segmen tersebut. Menurut PP

82 Tahun 2011 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian PENCEMARAN AIR, pada kriteria air berdasarkan kelasnya yaitu kelas IV, nilai DO yang diijinkan adalah 0. Kenaikan nilai DO yang terjadi menunjukkan bahwa pada segmen E-F terdapat sedikit kandungan oksigen.



Gambar 4. 41 Hubungan antara Hasil Parameter Uji DO dengan Data Awal dan Baku Mutu

Fluktuatif nilai DO antara segmen dapat terjadi, karena adanya pencampuran (mixing), pergerakan (turbulence) oleh air yang mengalir, sehingga terjadi proses pencampuran/masuknya oksigen ke dalam badan air (aerasi). Sehingga nilai DO yang awalnya rendah, dapat meningkat. Sedangkan nilai DO 0 mg/L segmen pada skenario 1, 2 dan 3 dapat terjadi karena dipengaruhi oleh banyaknya kandungan organik yang terdapat pada badan air, sehingga oksigen yang terlarut dalam air digunakan oleh mikroorganisme yang ada di dalam air untuk mendegradasi bahan

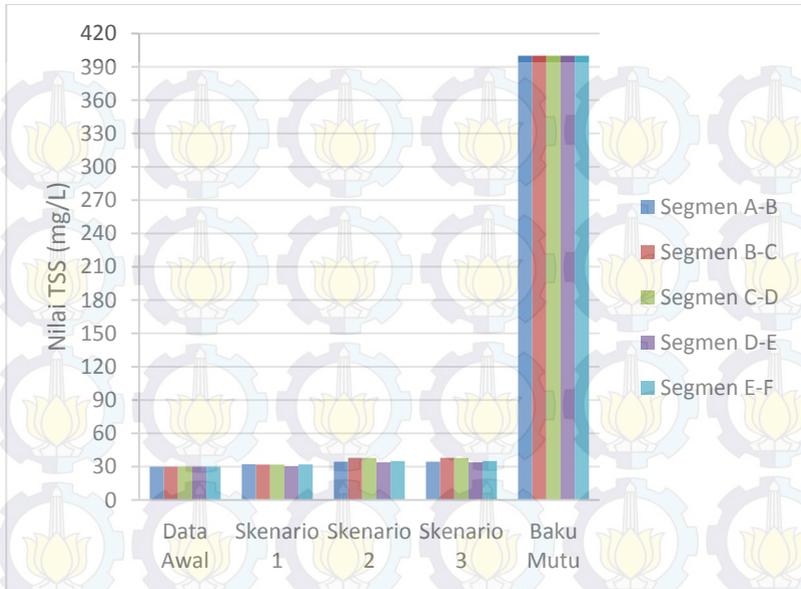
buangan organik sehingga menjadi bahan yang mudah menguap (yang ditandai dengan bau busuk/tidak sedap) (Salmin, 2005).

➤ **Total Suspended Solid (TSS)**

Pada penelitian ini, dilakukan uji parameter TSS untuk mengetahui padatan yang menyebabkan kekeruhan pada air. Padatan tersuspensi ini terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan-bahan organik tertentu. Uji penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan zat kimia yang terdapat pada badan air Kali Dami.

Pada Gambar grafik 4.42, Hasil Analisis pengukuran parameter TSS menunjukkan bahwa nilai skenario 1, 2, 3 dan data awal menunjukkan nilai TSS berada di bawah baku mutu. Berdasarkan PP 82 Tahun 2011 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian PENCEMARAN Air, pada kriteria air berdasarkan kelasnya yaitu kelas IV, nilai TSS yang diijinkan memiliki ambang batas sebesar 400 mg/L. Bila dianalisis data awal pada uji TSS memiliki nilai 30 mg/L. Sedangkan pada setiap skenario, yaitu skenario 1, 2 dan 3 terlihat fluktuatif. Baik data awal dan data uji pada setiap segmen pada masing-masing skenario menunjukkan bahwa nilai TSS tidak melebihi baku mutu yang ada.

Bila dianalisis, pada masing-masing skenario, nilai TSS mg/L memiliki nilai yang sama di setiap segmennya, kecuali pada nilai TSS yang terjadi pada skenario 1 B-C dan C-D, nilai TSS berada di rentang 0-30 mg/L. Meskipun demikian, perbedaan nilai kandungan TSS antar skenario ini tidak berate, karena kandungan TSS dalam perairan Kali Dami tidak melebihi baku mutu yang ada.



Gambar 4. 42 Hubungan antara Hasil Parameter Uji TSS dengan Data Awal dan Baku Mutu

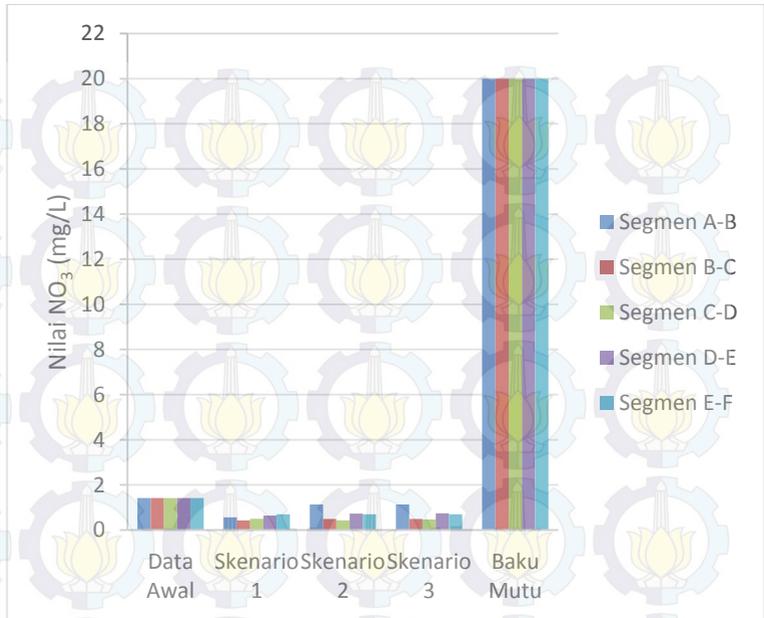
➤ **Nitrat (NO_3) dan Amonium (NH_4)**

Kandungan Nitrat (NO_3) dan Amonium (NH_4) pada penelitian ini diuji untuk mengetahuinya di dalam air. Penyebab adanya kandungan Nitrat dan Amonium di dalam badan air adalah karena aktifitas mikroba yang menguraikan sampah yang mengandung nitrogen organik menjadi amonia. Dari amonia kemudian akan dioksidasi menjadi nitrit dan nitrat. Nitrit ini dapat dengan mudah dioksidasi menjadi nitrat.

The page features a repeating watermark logo on the left side. The logo consists of a blue gear-like circle containing a yellow lotus flower with a white staminal tube in the center. This logo is repeated in a grid pattern across the page.

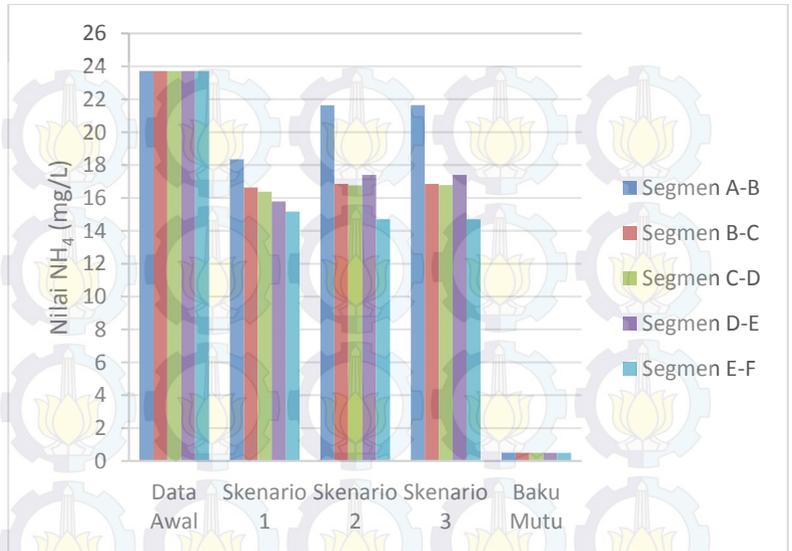
Berdasarkan hasil uji penelitian pada Gambar grafik 4.44 kandungan Nitrat (NO_3) yang terkandung di dalam badan air Kali Dami memiliki kandungan Nitrat (NO_3) di bawah baku mutu. Berdasarkan PP 82 Tahun 2011 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian PENCEMARAN Air, pada kriteria air berdasarkan kelasnya yaitu kelas IV, nilai Nitrat (NO_3) adalah 20 mg/L. Namun jika dilihat pada gambar grafik 4.43 nilai Nitrat (NO_3) berada pada nilai range anara 0-2 mg/L dengan kondisi fluktuatif di setiap segmen pada setiap skenarionya. Data awal yang di dapatkan seolah menjadi patokan awal data Nitrat (NO_3) karena fluktuisasai nilai berada diantara range data awal.

Sedangkan untuk nilai Amonium (NH_4) menurut baku mutu menurut PP 82 Tahun 2011 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pada kriteria air berdasarkan kelasnya yaitu kelas IV, nilai Amonium (NH_4) adalah 0,5 mg/L. Berdasarkan Gambar Grafik 4.45, nilai Amonium (NH_4) menunjukkan melebihi baku mutu yang ada. Hal tersebut dapat dilihat dari data awal yang di dapatkan yaitu pada nilai 23,72 mg/L. Menurut PP 82 Tahun 2011 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian PENCEMARAN Air, pada kriteria air berdasarkan kelasnya yaitu kelas IV, nilai Amonium (NH_4) adalah 0,5 mg/L.



Gambar 4. 43 Hubungan antara Hasil Parameter Uji NO₃ dengan Data Awal dan Baku Mutu

Nilai Amonium (NH₄) pada setiap segmen di masing-masing skenario 1, 2 dan 3 memiliki range nilai Amonium (NH₄) antara 14-20 mg/L. Menurut analisis, melebihi nilai Amonium (NH₄) menandakan banyaknya mikroorganisme yang ada di dalam badan air, sehingga saat mikroorganisme mendegradasi sampah ataupun mikroorganisme tersebut terdegradasi sendiri menimbulkan bau yang tidak sedap ditandai dengan meningkatnya nilai amonia.



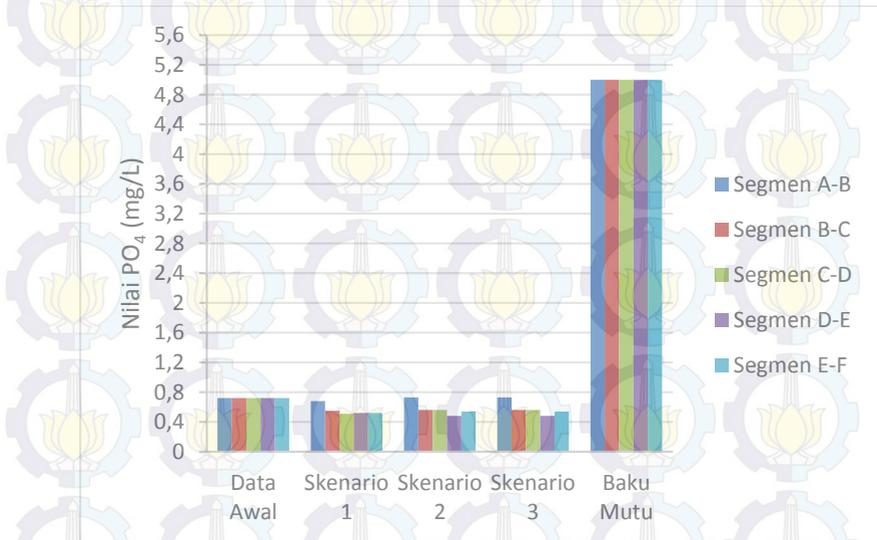
Gambar 4. 44 Hubungan antara Hasil Parameter Uji NH_4 dengan Data Awal dan Baku Mutu

➤ **Fosfat (PO_4^{3-})**

Pada penelitian ini, dilakukan uji parameter Fosfat (PO_4^{3-}) untuk mengetahui adanya kandungan unsur fosfor pada air. Fosfor total menggambarkan jumlah total fosfor, baik berupa partikulat maupun terlarut organik maupun anorganik. Uji penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan fosfor yang terdapat pada badan air Kali Dami. Kandungan fosfat dalam suatu perairan dapat terjadi disebabkan karena adanya pengaruh pelapukan batuan mineral. Akibat yang ditimbulkan dari adanya kandungan fosfat di perairan adalah suburnya algae dan organisme lainnya (eutrofikasi).

Bedasarkan Gambar grafik 4.46, Hasil Analisis pengukuran parameter fosfat (PO_4^{3-}) menunjukkan

bahwa nilai skenario 1, 2, 3 dan data awal menunjukkan nilai fosfat (PO_4^{3-}) berada di bawah baku mutu.



Gambar 4. 45 Hubungan antara Hasil Parameter Uji Fosfat (PO_4^{3-}) dengan Data Awal dan Baku Mutu

Berdasarkan PP 82 Tahun 2011 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian PENCEMARAN Air, pada kriteria air berdasarkan kelasnya yaitu kelas IV, nilai fosfat (PO_4^{3-}) yang diijinkan memiliki ambang batas sebesar 5 mg/L. Bila dianalisis data awal pada uji fosfat (PO_4^{3-}) memiliki nilai 0,72 mg/L. Sedangkan pada setiap skenario, yaitu skenario 1, 2 dan 3 terlihat fluktuatif. Baik data awal dan data uji pada setiap segmen pada masing-masing skenario menunjukkan bahwa nilai fosfat (PO_4^{3-}) tidak melebihi baku mutu yang ada.

Bila dianalisis, pada masing-masing skenario, nilai fosfat (PO_4^{3-}) mg/L memiliki nilai yang sama di setiap segmennya antara skenario 2 dan 3, kecuali pada nilai fosfat (PO_4^{3-}) yang terjadi pada skenario 1 pada semua segmen. Nilai fosfat (PO_4^{3-}) memiliki nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan skenario 2 dan 3 dengan setiap segmennya. Meskipun demikian, tidak berarti membahayakan karena kandungan fosfat (PO_4^{3-}) dalam perairan Kali Dami tidak melebihi baku mutu yang ada.



Tabel 4. 8 Hasil Analisis WQ Output skenario 1

Segmen	jarak km	BMA*	DO mg/L	BMA*	BOD mg/L	BMA*	COD mg/L	BMA*	TSS mg/L	BMA*	NH4 mg/L	BMA*	NO3 mg/L	BMA*	PO4 mg/L
Hulu (A)	4.00	0	0.60	12	15.00	100	25.00	400	30.00	0,5	23,72	20	1,42	5	0,72
Segmen A-B	3.87		0.00		17.34		25.70		32.14		18,35		0,56		0,68
Segmen B-C	3.46		0.00		17.13		24.14		31.89		16,64		0,43		0,55
Segmen C-D	2.95		0.00		17.12		24.08		31.88		16,38		0,50		0,51
Segmen D-E	2.03		0.00		15.52		20.23		30.43		15,79		0,64		0,52
Segmen E-F	0.68		0.55		20.85		29.54		31.98		15,17		0,70		0,52

Tabel 4. 9 Hasil Analisis WQ Output skenario 2

Segmen	jarak km	BMA*	DO mg/L	BMA*	BOD mg/L	BMA*	COD mg/L	BMA*	TSS mg/L	BMA*	NH4 mg/L	BMA*	NO3 mg/L	BMA*	PO4 mg/L
Hulu (A)	4.00	0	0.60	12	15.00	100	25.00	400	30.00	0,5	23.72	20	1,42	5	0,72
Segmen A-B	3.87		0.00		17.28		25.66		34.55		21.64		1,13		0,73
Segmen B-C	3.46		0.00		17.42		24.98		38.01		16,85		0,49		0,56
Segmen C-D	2.95		0.00		17.42		24.93		37.86		16,77		0,43		0,56
Segmen D-E	2.03		0.00		15.92		20.96		33.95		17,40		0,73		0,48
segmen E-F	0.68		0.48		20.34		29.13		35.07		14,70		0,70		0,54

Tabel 4. 10 Hasil Analisis WQ Output skenario 3

Segmen	jarak	BMA*	DO	BMA*	BOD	BMA*	COD	BMA*	TSS	BMA*	NH4	BMA*	NO3	BMA*	PO4
	km		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L	mg/L
Hulu (A)	4.00	0	0.60	12	15.00	100	25.00	400	30.00	0,5	23,72	20	1,42	5	0,72
Segmen A-B	3.87		0.00		17.28		25.66		34.55		21,65		1,13		0,73
Segmen B-C	3.46		0.00		17.42		24.98		38.01		16,85		0,49		0,56
Segmen C-D	2.95		0.00		17.42		24.93		37.86		16,78		0,47		0,56
Segmen D-E	2.03		0.00		15.92		20.96		33.95		17,40		0,74		0,48
segmen E-F	0.68		0.48		20.34		29.13		35.07		14,70		0,70		0,54

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiningih, D., Sasongko, S.B., dan Sudarno. 2012. *Analisis Kualitas Air dan Beban Pencemaran Berdasarkan Penggunaan Lahan di Sungai Blukar Kabupaten Kendal*. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. UNDIP '12.
- Alkhair, A. 2013. *Pencemaran Air*. Jurnal Pencemaran Air, Vol. 2, pp : 1-7.
- Ayuningtyas, R.D. 2009. *Proses Pengolahan Limbah Cair di RSUD Dr. Moewardi Surakarta*. Laporan Khusus Program D-III Hiperkes dan Keselamatan Kerja Universitas Sebelas Maret Surakarta '09.
- Cho, J.H., dan Ha, S.R. 2010. *Parameter Optimization of The Qual2K Model for A Multiple – Reach River Using an Influence Coefficient Algorithm*. Science of The Total Environment, Vol 408.
- Donn, M. J., Barron, O.V., dan Barr, A.D. 2012. *Identification of Phosphorus Export from Low-Runoff Yielding Areas Using Combined Application of High Frequency Water Quality Data and MODHMS Modelling*. Science of Total Environment, Vol. 426, pp : 264-271.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fatmawati, R., Masrevaniah, A., Solichim, M. 2012. *Kajian Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Kali*

Ngroowodengan Menggunakan Paket Program Qual2Kw. *Jurnal Teknik Pengairan*, Vol. 3, No.2, pp : 122-131.

Fadly, N.A. 2008. *Daya Tampung dan Daya Dukung Sungai Ciliwung Serta Strategi Pengelolaannya*. Tesis Program Studi Teknik Sipil Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia '08.

Isidoro, D., Quilez, D., Aragues, R. 2010. *Drainage Water Quality and End-Member Identification in La Violada Irrigation District (Spain)*. *Journal of Hydrology*, Vol. 382, pp : 154-162.

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*, Vol. 202, pp : 503-517.

Kasam, Yulianto, A., Sukma, T. 2005. *Penurunan COD (Chemical Oxygen Demand) dalam Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Filter Karbon Aktif Arang Tempurung Kelapa*. *Logika*, Vol. 2, No. 2, pp : 3-17.

Lindim, C., Pinho, J.L., dan Vieira, J.M.P. 2011. *Analysis of Spatial and Temporal Patterns in a Large Reservoir Using Water Quality and Hydrodynamic Modeling*. *Ecological Modelling*, Vol. 222, pp : 2485-2494.

Mahapatra, S.S., Nanda, S.K., dan Panigrahy, B.K. 2011. *A Cascaded Fuzzy Inference System for Indian River*

Water Quality Prediction. *Advances in Engineering Software*, 42, pp : 787-796.

Menteri Lingkungan Hidup. 2010. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta, Indonesia.

Pelletier, G. dan Chapra, S. 2008. *QUAL2Kw Theory and Documentation*. Washington State Of Ecology, Environmental Assessment Program Olympia Washinton.

Pemerintah Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta, Indonesia.

Putri, N.A.D. 2011. *Kebijakan Pemerintah dalam Pengendalian Pencemaran Air Sungai Siak (Studi pada Daerah Aliran Sungai Siak Bagian Hilir)*. *Jurnal Ilmu Politik dan Ilmu Pemerintahan*, Vol. 1, No. 1, pp : 68-79.

Rahmawati, A.A. dan Azizah, R. 2005. *Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS, dan MPN Coliform pada Limbah, Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk*. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol. 2, No.1, pp : 97-110.

Rudiyanti, S. dan Ekasari, A.D. 2009. *Pertumbuhan dan Survival Rate Ikan Mas (Cyprinus carpio Linn) pada Berbagai Konsentrasi Pestisida Regent 0,3 G*. *Jurnal Saintek Perikanan*, Vol. 5, No. 1, pp : 49-54.

- Rumhayati, B. 2010. *Studi Senyawa Fosfat dalam Sedimen dan Air Menggunakan Teknik Diffusive Gradient in Thin Films (DGT)*. Jurnal Ilmu Dasar, Vol. 11, No. 2, pp : 160-166.
- Rusnugroho, A. 2012. *Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Madiun (Segmen Wilayah Kota Madiun) Menggunakan Qual2Kw*. Teknik Lingkungan : Institut Sepuluh November, Surabaya.
- Salmin. 2005. *Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan*. Oseana, Vol. 15, No. 3, pp : 21-26.
- Sawyer, C.N. 2003. *Chemistry for Enviromental Engineering 4th Edition*. New York. Mc. Mc. Grawhill Books Comapany.
- Siahaan, R., Indrawan, A., Soedharma, D., Prasetyo, L.B. 2011. *Kualitas Air Sungai Cisadane, Jawa Barat – Banten (Water Quality of Cisadane River, West Java – Banten)*. Jurnal Ilmiah Sains, Vol. 11, No. 2, pp : 268-273.
- Song, T. dan Kim, K. 2009. *Development of Water Quality Loading Index Based on Water Quality Modeling*. Journal of Environmental Management, Vol. 90, pp : 1534-1543.
- Suryanto. 2007. *Daya Dukung Lingkungan Daerah Aliran Sungai Untuk Pengembangan Kawasan Permukiman (Studi Kasus Das Beringin Kota Semarang)*. Tesis Program Pasca Sarjana Magister Teknik Pembangunan Wilayah dan Kota, Universitas Diponegoro Semarang.

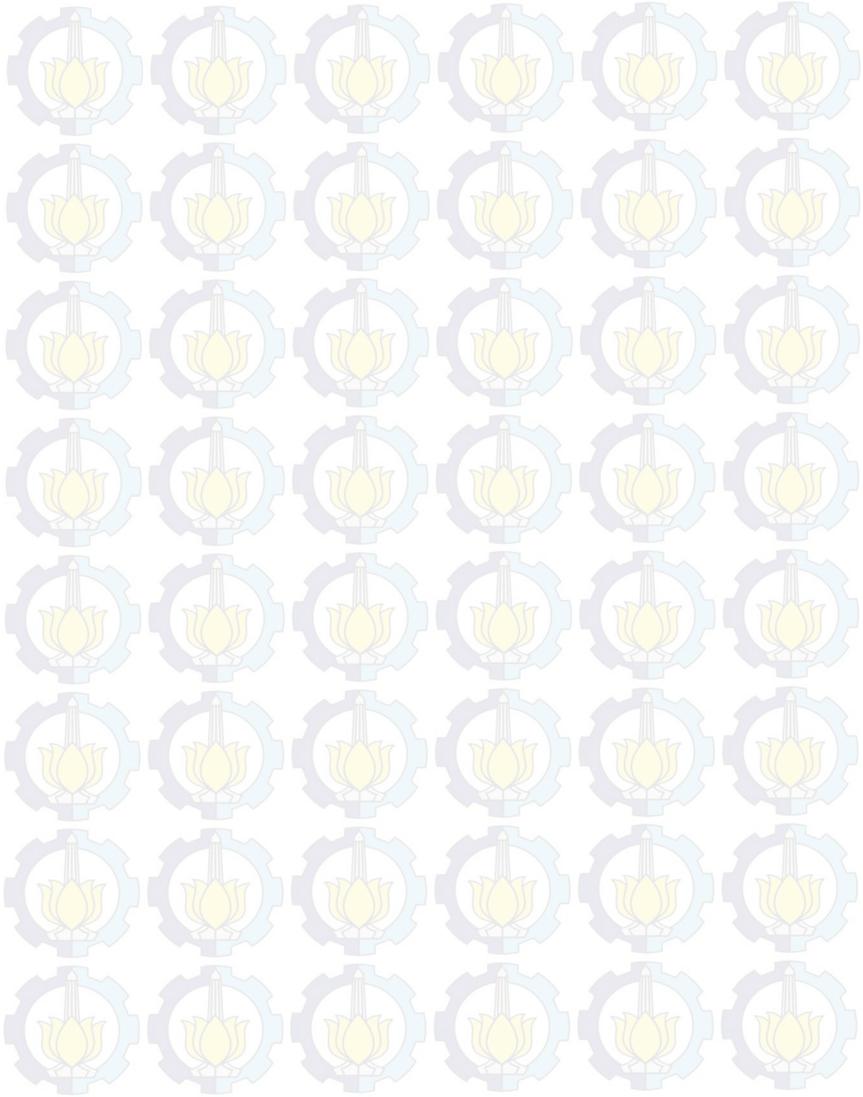
Ulqodry, T.Z., Yulisman, Syahdan, M., dan Santoso. 2010. *Karakteristik dan Sebaran Nitrat, Fosfat, dan Oksigen Terlarut di Perairan Karimunjawa Jawa Tengah*. Jurnal Penelitian Sains, Vol. 13, No. 1, pp : 35-41.

Wulandari, D.A. 2013. *Analisis Daya Tampung Beban Pencemar Kali Buduran Kabupaten Sidoarjo dengan Metode Qual2Kw*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya.

Yuliasuti, E. 2011. *Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air*. Tesis Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Zhang, R., Qian, X., Li, H., Yuan, X., dan Ye, R. 2012. *Selection of Optimal River Water Quality Improvement Programs Using Qual2K: A Case Study of Taihu Lake Basin, China*. Science of The Total Environment, Vol. 431, pp : 278-285.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN C
FOTO-FOTO PENELITIAN



Gambar C. 1 Kondisi Sungai Segmen 1



Gambar C. 2 Kondisi Sungai Segmen 2



Gambar C. 3 Kondisi Sungai Segmen 3



Gambar C. 4 Kondisi Sungai Segmen 4



Gambar C. 5 Kondisi Sungai Segmen 5



Gambar C. 6 Penduduk Pada Segmen 1



Gambar C. 7 Penduduk Pada Segmen 2



Gambar C. 8 Penduduk Pada Segmen 3

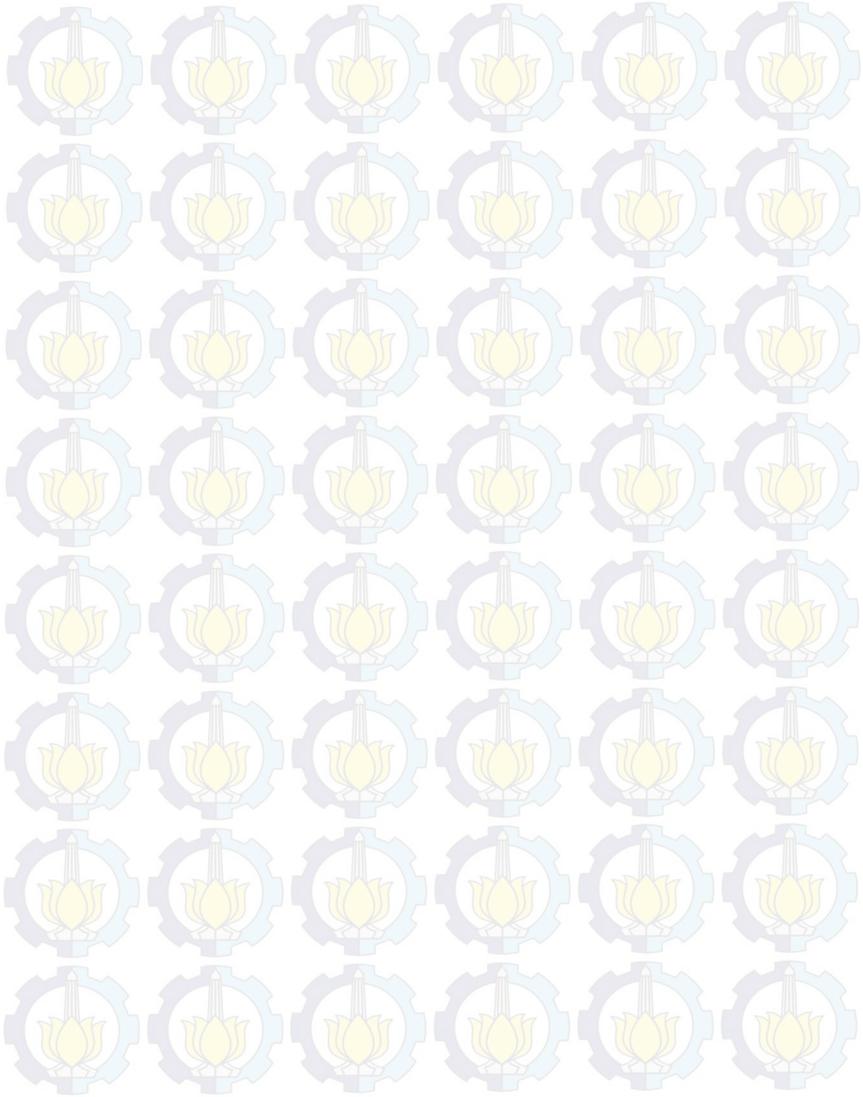


Gambar C. 9 Penduduk Pada Segmen 4



Gambar C. 10 Penduduk Pada Segmen

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN A BAKU MUTU BADAN AIR

Baku mutu badan air untuk masing – masing kelas air berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air adalah sebagai berikut:



LAMPIRAN: PERATURAN PEMERINTAH
 NOMOR 82 TAHUN 2001
 TANGGAL : 14 Desember 2001
 TENTANG : PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN
 PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	° C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi temperatur dari alamiahnya
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi < 5000 mg/L
KIMIA ORGANIK						
pH		6 – 9	6 – 9	6 – 9	5 – 9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO ₃ sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH ₃ -N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi Perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH ₃
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb ≤ 0,1 mg/L
FISIKA						
Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	

Gambar A. 1 Baku Mutu Badan Air Berdasarkan Lampiran Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $Zn \leq 5$ mg/L
Klorida	mg/L	600	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $NO_2-N \leq 1$ mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belerang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, S sebagai H ₂ S < 0,1 mg/L
MIKROBIOLOGI						
- Fecal coliform	Jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahann air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml/100 mL dan Total coliform ≤ 10000 jml/100 mL
- Total coliform	Jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
RADIOAKTIVITAS						
- Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
- Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	
KIMIA ORGANIK						
Minyak dan lemak	ug/L	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sebagai MBAS	ug/L	200	200	200	(-)	
Senyawa Fenol sebagai fenol	ug/L	1	1	1	(-)	
BHC	ug/L	210	210	210	(-)	
Aldrin/Dieldrin	ug/L	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	ug/L	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	ug/L	2	2	2	2	
FISIKA						
Heptachlor dan heptachlor epoxide	ug/L	18	(-)	(-)	(-)	
Lindane	ug/L	56	(-)	(-)	(-)	
Methoxychlor	ug/L	35	(-)	(-)	(-)	
Endrin	ug/L	1	4	4	(-)	
Toxaphan	ug/L	5	(-)	(-)	(-)	

Lanjutan Gambar A. 1. Baku Mutu Badan Air Berdasarkan Lampiran Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001

Keterangan :

mg = milligram
ug = microgram
ml = mililiter
L = Liter
Bq = Bequerel
MBAS = Methylene Blue Active Substance
ABAM = Air Baku untuk Air Minum

Logam berat merupakan logam terlarut.

Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO.

Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.

Nilai DO merupakan batas minimum.

Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termaksud, parameter tersebut tidak dipersyaratkan.

Tanda \leq adalah lebih kecil atau sama dengan

Tanda $<$ adalah lebih kecil

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA,

ttd

MEGAWATI SOEKARNOPUTRI

Salinan sesuai dengan aslinya
Deputi Sekretaris Kabinet
Bidang Hukum dan Perundang-undangan,

ttd

Lambock V. Nahattands

Lanjutan Gambar A.1. Baku Mutu Badan Air Berdasarkan Lampiran Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001

LAMPIRAN B PERHITUNGAN PROYEKSI PENDUDUK

Untuk perhitungan proyeksi penduduk, pertama-tama dilakukan analisis pertumbuhan penduduk untuk setiap Kecamatan yang dilalui oleh segmen Kali Dami yang digunakan dalam penelitian.

Tabel B. 1 Hasil Analisis Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Gubeng Tahun 2014

No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pertumbuhan Penduduk (Jiwa)	Presentase Pertumbuhan (%)
1	2009	153067	0	0.000
2	2010	148371	-4696	-3.165
3	2011	151413	3042	2.009
4	2012	154154	2741	1.778
5	2013	156226	2072	1.326
		Jumlah	3159	1.948
		Rata - Rata	789.75	0.487
		Deviasi		2.451
		Deviasi Maksimum		2.938
		Deviasi Minimum		-1.964

Tabel B. 2 Hasil Analisis Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Mulyorejo Tahun 2014

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pertumbuhan Penduduk (Jiwa)	Presentase Pertumbuhan (%)
1	2009	81403	0	0.000
2	2010	82270	867	1.054

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pertumbuhan Penduduk (Jiwa)	Presentase Pertumbuhan (%)
3	2011	85250	2980	3.496
4	2012	88123	2873	3.260
5	2013	90579	2456	2.711
	Jumlah		9176	10.521
	Rata - Rata		2294	2.630
	Deviasi			1.101
	Deviasi Maksimum			3.731
	Deviasi Minimum			1.529

Tabel B. 3 Hasil Analisis Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Sukoliko Tahun 2014

No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pertumbuhan Penduduk (Jiwa)	Presentase Pertumbuhan (%)
1	2009	102772	0	0.000
2	2010	103927	1155	1.111
3	2011	107358	3431	3.196
4	2012	111268	3910	3.514
5	2013	114639	3371	2.941
	Jumlah		11867	10.762
	Rata - Rata		2966.75	2.690
	Deviasi			1.079
	Deviasi Maksimum			3.769
	Deviasi Minimum			1.612

Kemudian dilakukan perhitungan kesesuaian terhadap metode proyeksi. Pada penelitian ini dicoba terhadap 3 metode yakni

metode aritmatik, geometric dan least square. Kecocokan terhadap masing – masing metode dilihat dari nilai korelasi yang diperoleh melalui rumus berikut:

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum Y)(\sum X)}{\sqrt{\{n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2\} \{n(\sum X^2) - (\sum X)^2\}}}$$

- **Metode Aritmatik**

Tabel B. 4 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Gubeng Dengan Metode Aritmarik

Proyeksi Penduduk Menggunakan Metode Aritmatik							
No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Selisih Tahun (X)	Selisih Total Data Tiap Tahun (Y)	XY	X ²	Y ²
1	2009	153067	0	0	0	0	0
3	2011	151413	1	-1654	-1654	1	2735716
4	2012	154154	2	2741	5482	4	7513081
5	2013	156226	3	2072	6216	9	4293184
		Jumlah	6	3159	10044	14	14541981
				R			0.683595

Tabel B. 5 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Mulyorejo Dengan Metode Aritmarik

Proyeksi Penduduk Menggunakan Metode Aritmatik							
No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Selisih Tahun (X)	Selisih Total Data Tiap Tahun (Y)	XY	X ²	Y ²
1	2009	81403	0	0	0	0	0
3	2011	85250	1	3847	3847	1	14799409
4	2012	88123	2	2873	5746	4	8254129
5	2013	90579	3	2456	7368	9	6031936
	Jumlah		6	9176	16961	14	29085474
R							0.504365

Tabel B. 6 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Sukolilo Dengan Metode Aritmarik

Proyeksi Penduduk Menggunakan Metode Aritmatik							
No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Selisih Tahun (X)	Selisih Total Data Tiap Tahun (Y)	XY	X ²	Y ²
1	2009	102772	0	0	0	0	0
3	2011	107358	1	4586	4586	1	21031396
4	2012	111268	2	3910	7820	4	15288100
5	2013	114639	3	3371	10113	9	11363641
	Jumlah		6	11867	22519	14	47683137
R							0.597405

- **Metode Geometrik**

Tabel B. 7 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Gubeng Dengan Metode Geometrik

Proyeksi Penduduk Menggunakan Metode Geometrik							
No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	No. Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk Dalam In (Y)	XY	X ²	Y ²
1	2009	153067	1	12	12	1	143
3	2011	151413	2	12	24	4	142
4	2012	154154	3	12	36	9	143
5	2013	156226	4	12	48	16	143
		Jumlah	10	48	119	30	571
R							0.7797216

Tabel B. 8 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Mulyorejo Dengan Metode Geometrik

Proyeksi Penduduk Menggunakan Metode Geometrik							
No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	No. Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk Dalam In (Y)	XY	X ²	Y ²
1	2009	81403	1	11	11	1	128
3	2011	85250	2	11	23	4	129
4	2012	88123	3	11	34	9	130
5	2013	90579	4	11	46	16	130
		Jumlah	10	45	114	30	517
R							0.992876091

Tabel B. 9 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Sukolilo Dengan Metode Geometrik

Proyeksi Penduduk Menggunakan Metode Geometrik							
No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	No. Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk Dalam ln (Y)	XY	X ²	Y ²
1	2009	102772	1	12	12	1	133
3	2011	107358	2	12	23	4	134
4	2012	111268	3	12	35	9	135
5	2013	114639	4	12	47	16	136
		Jumlah	10	46	116	30	538
R							0.9963987

- **Metode Least Square**

Tabel B. 10 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Gubeng Dengan Metode Least Square

Proyeksi Penduduk Menggunakan Metode Least Square							
No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	No. Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk (Y)	XY	X ²	Y ²
1	2009	153067	1	153067	153067	1	23429506489
3	2011	151413	2	151413	302826	4	91703586276
4	2012	154154	3	154154	462462	9	213871101444
5	2013	156226	4	156226	624904	16	390505009216

Proyeksi Penduduk Menggunakan Metode Least Square							
No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	No. Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk (Y)	XY	X ²	Y ²
	Jumlah		10	614860	2E+06	30	719509203425
R							0.781634508

Tabel B. 11 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Mulyorejo Dengan Metode Least Square

Proyeksi Penduduk Menggunakan Metode Least Square							
No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	No. Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk (Y)	XY	X ²	Y ²
1	2009	81403	1	81403	81403	1	6626448409
3	2011	85250	2	85250	170500	4	7267562500
4	2012	88123	3	88123	264369	9	7765663129
5	2013	90579	4	90579	362316	16	8204555241
	Jumlah		10	345355	878588	30	119270076025
							0.9946

Tabel B. 12 Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Sukolilo Dengan Metode Least Square

Proyeksi Penduduk Menggunakan Metode Least Square							
No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	No. Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk (Y)	XY	X ²	Y ²
1	2009	102772	1	102772	102772	1	10562083984

Proyeksi Penduduk Menggunakan Metode Least Square							
No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	No. Data Tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk (Y)	XY	X ²	Y ²
3	2011	107358	2	107358	214716	4	11525740164
4	2012	111268	3	111268	333804	9	12380567824
5	2013	114639	4	114639	458556	16	13142100321
		Jumlah	10	436037	1109848	30	190128265369
R							0.9976383

Dari hasil metode aritmatik, geometrik dan least square sehingga didapatkan nilai korelasi yang tertinggi sebagai berikut :

Tabel B. 13 Hasil Analisis Perbandingan Nilai Korelasi R Masing-Masing Kecamatan

Kecamatan	Metode	Nilai Korelasi R
Gubeng	Aritmatik	0.6835951
	Geometrik	0.779722
	Least Square	0.781635
Mulyorejo	Aritmatik	0.504365
	Geometrik	0.9928761
	Least Square	0.9946417
Sukolilo	Aritmatik	0.597405
	Geometrik	0.9963987
	Least Square	0.9976383

Dari hasil nilai korelasi maka digunakan metode *Least Square* untuk memperhitungkan proyeksi penduduk.

Tabel B. 14 Hasil Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Gubeng
2014-2018

No	Tahun	Tahun Proyeksi ke	Jumlah Penduduk
1	2013	0	156226
2	2014	1	156770
3	2015	2	157992
4	2016	3	159214
5	2017	4	160435
6	2018	5	161657

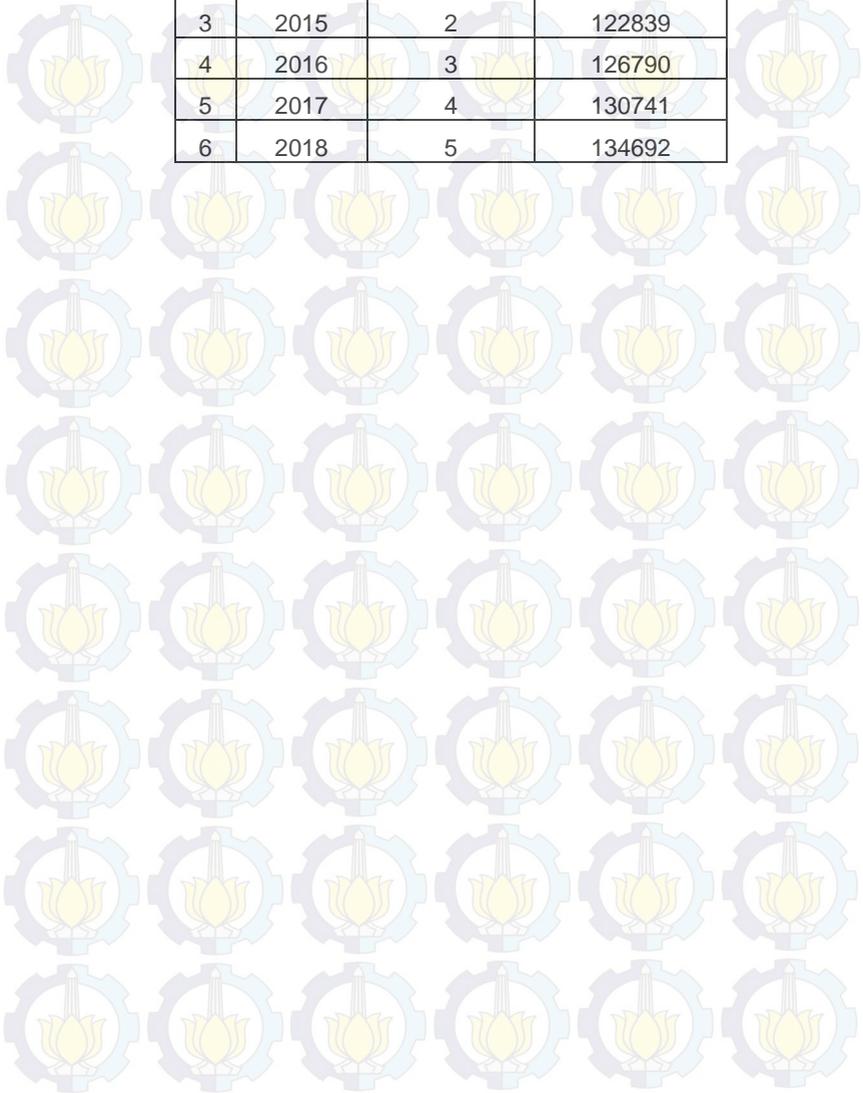
Tabel B. 15 Hasil Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Mulyorejo
2014-2018

No	Tahun	Tahun Proyeksi ke	Jumlah Penduduk
1	2013	0	90579
2	2014	1	93940
3	2015	2	96980
4	2016	3	100020
5	2017	4	103060
6	2018	5	106100

Tabel B. 16 Hasil Perhitungan Proyeksi Penduduk Kecamatan Sukolilo
2014-2018

No	Tahun	Tahun Proyeksi ke	Jumlah Penduduk
1	2013	0	114639
2	2014	1	118888

No	Tahun	Tahun Proyeksi ke	Jumlah Penduduk
3	2015	2	122839
4	2016	3	126790
5	2017	4	130741
6	2018	5	134692



PROFIL PENULIS



I Made Satya Graha, dilahirkan di Surabaya pada tanggal 6 Desember 1992. Penulis telah melalui pendidikan formal yaitu di TK Tunas Pertiwi Surabaya, SD Kali Rungkut I Surabaya, kemudian melanjutkan ke SMP 17 Agustus 1945 Surabaya dan SMA Trimurti Surabaya. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2010, penulis melanjutkan studinya di Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya. Penulis yang gemar olah raga ini khususnya basket, aktif dalam beberapa organisasi, dan komunitas kegiatan kampus. Kegiatan kampus yang diikuti seperti Komunitas Pecinta Pemerhati Lingkungan (KPPL) dan Tim Kerohanian Hindu. selaku kepala bidang (kabid) pada tahun 2012 yang tergabung dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL). Selain itu penulis juga aktif dalam Tim Pembina Kerohanian Hindu (TPKH) ITS. Penulis juga pernah menjalani beberapa pelatihan pengembangan diri seperti Pelatihan Karya Tulis Ilmiah (PKTI) tahun 2010, Pra LKMM TD pada tahun 2010, dan ISO 14001 pada tahun 2014. Penulis juga pernah melaksanakan kerja praktek di Departement Sewarage Development Project (DSDP), Bali pada tahun 2013. Segala bentuk komunikasi yang ingin disampaikan kepada penulis terkait tugas akhir ini dapat disampaikan melalui email : imade.satyagraha@gmail.com