



**ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN
SUNGAI TAMANSARI KECAMATAN WULUHAN
KABUPATEN JEMBER MENGGUNAKAN
METODE STREETER-PHELPS**

SKRIPSI

Oleh:

**Susi Adiyanti
NIM. 141710201015**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN
SUNGAI TAMANSARI KECAMATAN WULUHAN
KABUPATEN JEMBER MENGGUNAKAN
METODE STREETER-PHELPS**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

Oleh:

**Susi Adiyanti
NIM. 141710201015**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Saya persembahkan skripsi ini untuk mereka yang tiada henti memberikan semangat, do'a dan keyakinan yang begitu besar dalam kelancaran penyelesaian skripsi ini.

Teruntuk Bapak dan Ibuku Tercinta
Bapak Marsuki dan Ibu Kusti Astutik

Serta

Suami dan Buah Hatiku Tersayang
Gubat Syariat dan Muhammad Zaki Zahdan

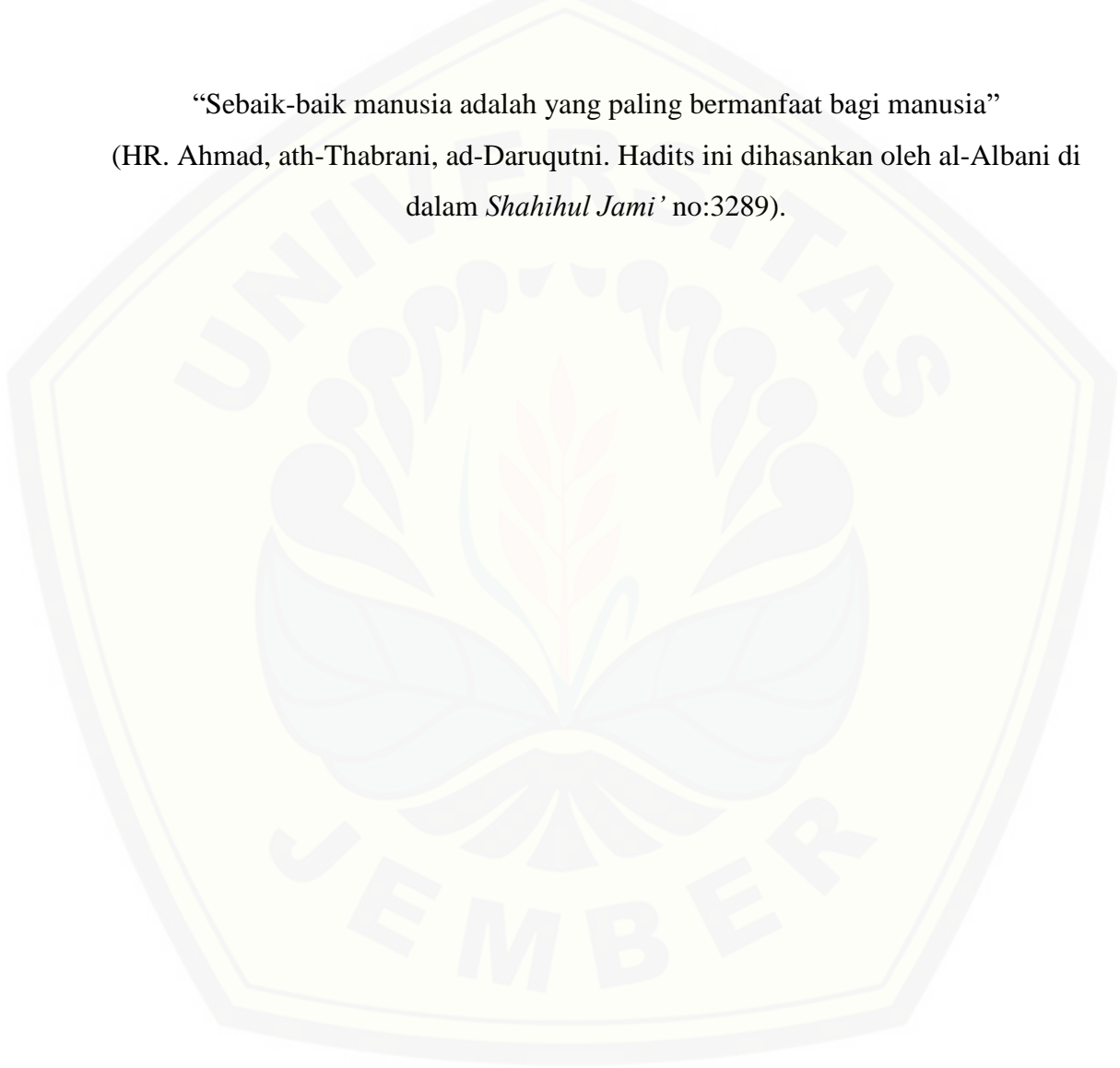
MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama
kesulitan ada kemudahan”

(terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 5-6)

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia”

(HR. Ahmad, ath-Thabrani, ad-Daruqutni. Hadits ini dihasankan oleh al-Albani di
dalam *Shahihul Jami'* no:3289).



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Susi Adiyanti

NIM : 141710201015

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: “Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Tamansari Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember Menggunakan Persamaan *Streeter-Phelps*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan kepada institusi manapun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi, semua data, dan hak publikasi Karya Ilmiah Tertulis ini ada pada Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata kemudian hari ini tidak benar.

Jember, 23 Februari 2018
Yang menyatakan,

Susi Adiyanti
NIM 141710201015

SKRIPSI

**ANALISIS DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN
SUNGAI TAMANSARI KECAMATAN WULUHAN
KABUPATEN JEMBER MENGGUNAKAN
METODE STREETER-PHELPS**

Oleh

**Susi Adiyanti
NIM 141710201015**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Elida Novita S.TP., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Tamansari Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember Menggunakan Persamaan *Streeter-Phelps*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada:

Hari :

Tanggal : Oktober 2018

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T.
NIP. 19721130 199903 2 001

Dr. Elida Novita S.TP., M.T.
NIP. 19731130 199903 2 001

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Askin, S.TP., M.T.
NIP. 19700830220003310

Dr. Retno Wimbaningrum, M.Si.
NIP. 196605171993022001

Mengesahkan

Dekan

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng.
NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Tamansari Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember Menggunakan Persamaan *Streeter-Phelps*; Susi Adiyanti, 141710201015; 2018: 52 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Sungai Bedadung merupakan salah satu sungai utama di DAS Bedadung Kabupaten Jember yang memiliki banyak anak sungai. Salah satu anak Sungai Bedadung tersebut adalah Sungai Tamansari yang sangat berperan penting bagi pemenuhan kebutuhan air masyarakat. Sumber pencemar yang masuk ke Sungai Tamansari, Kecamatan Wuluhan, Kabupaten Jember merupakan jenis sumber pencemar *non point source* karena zat pencemar tersebut hanya berasal dari limpasan pemukiman penduduk dan daerah pertanian. Oleh karena itu, pengukuran daya tampung sungai perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan sungai dalam menerima beban pencemaran. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kelas mutu air, menghitung beban pencemaran, dan daya tampung Sungai Tamansari menggunakan metode *Streeter-Phelps*. Lokasi pengambilan sampel dilakukan di empat titik lokasi dimulai dari Desa Gludengan sampai Desa Tamansari Kecamatan Wuluhan panjang Sungai Tamansari yang digunakan sebagai lokasi penelitian yaitu 2.496 m. Penelitian ini dilaksanakan di Sungai Tamansari, Kecamatan Wuluhan, Kabupaten Jember dan Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian pada bulan Desember 2017 sampai dengan Januari 2018. Parameter yang digunakan untuk menentukan kelas mutu air Sungai Tamansari adalah kekeruhan, Total Padatan Tersuspensi (TSS), Total Padatan Terlarut (TDS), pH, oksigen terlarut (DO), dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD). Hasil penelitian menunjukkan Sungai Tamansari mempunyai nilai rata-rata kekeruhan sebesar 158.79 NTU, TSS sebesar 267.33 mg/l, TDS sebesar 92.08 mg/l, pH sebesar 6.47, DO sebesar 6.21 mg/l, dan BOD sebesar 1.49 mg/l. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2001, bahwa nilai tersebut masuk ke dalam kriteria mutu air kelas III. Analisis daya tampung sungai metode *Streeter-Phelps* membutuhkan data debit aliran, *Dissolved Oxygen* (DO) dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD). Hasil pengukuran debit aliran dan BOD digunakan untuk menghitung beban pencemaran pada Sungai Tamansari. Hasil perhitungan menunjukkan beban pencemaran terbesar terjadi pada titik lokasi 1 yaitu sebesar 1403.8 Kg/hari dengan rata-rata beban pencemaran sebesar 806.72 kg/hari. Daya tampung Sungai Tamansari masih memenuhi beban pencemaran yang masuk ke dalam badan sungai pada setiap segmennya karena nilai DO model terendah rata-rata yaitu sebesar 5.32 mg/l masih berada di atas nilai DO kritis rata-rata yaitu sebesar 3.78 mg/l.

SUMMARY

Analysis of Pollution Load Capacity at Tamansari River in Wuluhan Subdistrict Jember District used Streeter-Phelps Method; Susi Adiyanti, 141710201015; 2018: 59 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember

Bedadung River is one of the main rivers in Bedadung watershed in Jember District. Bedadung River has many tributary including Tamansari River. Tamansari River have an important role to supply the water requirements. Sources of pollution in Tamansari River are non-point source because they originate from domestic waste and agricultural runoff. There for river capacity measurements need to determine the river's ability to receive pollution loads. This research aims to determine the water quality class, and calculate the pollution load capacity of Tamansari River using the Streeter-Phelps method. Sampling location was taken in 4 node, starts from Gludengan Village to Tamansari Village, Wuluhan Sub District, Jember District with the distance 2496 m. This research was done from Desember 2017 to January 2018 at the Tamansari River and Laboratory of Environmental Control and Conservation Engineering, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember. Parameters used to determine the water quality class of Tamansari River are turbidity, Total Suspended Solids (TSS), Total Dissolved Solids (TDS), pH, dissolved oxygen (DO), and Biochemical Oxygen Demand (BOD). The results showed that the Tamansari River had average turbidity value was 158.79 NTU, TSS was 267.33 mg/l, TDS was 92.08 mg/l, pH was 6.47, DO was 6.21 mg/l, and BOD was 1.49 mg/l. Based on Government Regulation Number 81 Year 2001, that the water quality of Tamansari River is included in the class III water quality criteria. Analysis of the river carrying capacity of the Streeter-Phelps method requires data on flow rates, Dissolved Oxygen (DO) and Biochemical Oxygen Demand (BOD). The results showed that the biggest pollution load on Tamansari River was at the first point with 1403.8 kg/day and the average pollution load was 806.72 kg/day. The capacity of the Tamansari River was still able to accommodate the pollution load in each segment because the lowest average model DO value was 5.32 mg/l still above the average critical DO value was 3.78 mg/l.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan kuliah kerja yang berjudul “Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Tamansari Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember Menggunakan Persamaan *Streeter-Phelps*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memenuhi menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi tidak terlepas dari kendala-kendala yang ada, namun berkat dukungan dan arahan dari berbagai pihak, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian serta memberikan saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Elida Novita, S.T.P., M. T., selaku selaku Dosen Pembimbing Anggota dan Ketua Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah banyak memberikan materi dan perbaikan dalam penyusunan skripsi ini;
3. Askin, S.TP., M.T._dan Dr. Retno Wimbaningrum, M.Si selaku dosen penguji utama dan anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perbaikan dalam penulisan skripsi ini;
4. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.T.P., M.Si., selaku Ketua Komisi Bimbingan yang telah memberikan saran dan kritik selama proses penyusunan skripsi ini;
5. Dr. Siswoyo Soekarno, S.T.P., M. Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan bimbingan motivasi dan semangat untuk segera menyelesaikan penyusunan skripsi ini;

6. Seluruh teknisi Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember atas kerjasamanya selama melaksanakan penelitian;
7. Teman satu tim penelitian pemodelan kualitas air Agus Dharmawan, Agung Dwi Ardiansyah, Puri Rahayu, Rahayu Ningtyas, Imamah, dan Risky Fathonah Imami serta Rofi Yanuar Azmi yang telah membantu proses penelitian hingga selesai dan penyusunan skripsi ini;
8. Bapak Marsuki dan Ibu Kusti Astutik selaku orang tua tercinta saya yang telah memberikan restu, motivasi, semangat dan do'a demi terselesaikannya pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi;
9. Gubat Syariat selaku suami tercinta saya yang telah memberikan restu, semangat, keyakinan, dan do'a serta setia menunggu saya untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini demi terselesaikannya penyusunan skripsi;
10. Teman-teman TEP 2014 yang selalu memberikan semangat dan pengalaman berharga selama perkuliahan ;
11. UKM-KI KOSINUS TETA yang telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman baik dalam berorganisasi, perkuliahan dan pelajaran hidup yang sangat berharga dalam setiap prosesnya;
12. semua pihak yang turut membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan. Untuk itu, kritik dan saran dari pembaca sangat dibutuhkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga laporan kuliah kerja ini dapat bermanfaat.

Jember, 29 September 2018

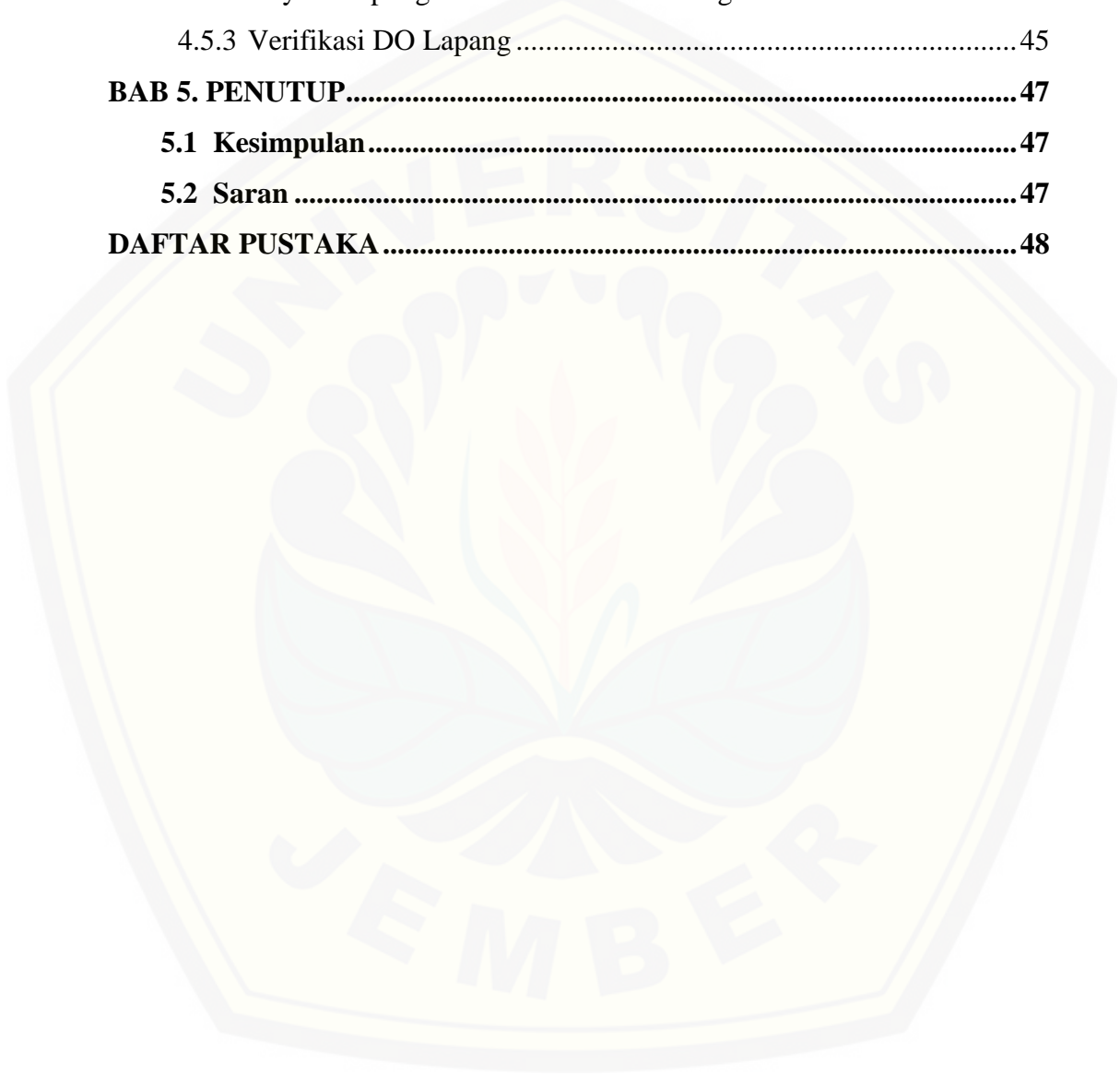
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah dan Batasan Masalah.....	2
1.2.1 Rumusan Masalah	2
1.2.2 Batasan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Parameter Kualitas Air	4
2.1.1 Suhu.....	5
2.1.2 Total Padatan Terlarut (TDS).....	5
2.1.3 Total Padatan Tersuspensi.....	5

2.1.4	Kekeruhan	6
2.1.5	pH.....	6
2.1.6	<i>Dissolved Oxygen</i>	6
2.1.7	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>	6
2.2	Pengukuran Debit	7
2.3	Beban Pencemaran Air.....	8
2.4	Daya Tampung Beban Pencemaran Air Sungai	8
2.7.1	Proses Pengurangan Oksigen (Deoksigenasi).....	8
2.7.2	Proses Peningkatan Oksigen Terlarut (Reaerasi).....	10
BAB III	METODE PENELITIAN	13
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	13
3.1.1	Waktu Penelitian	13
3.1.2	Tempat Penelitian.....	13
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	13
3.3	Pelaksanaan Penelitian.....	15
3.3.1	Studi Literatur	16
3.3.2	Survei dan Pemilihan Titik Lokasi.....	16
3.3.3	Penentuan Batas Lokasi dan Pembagian Segmen.....	16
3.3.4	Pengukuran Debit.....	16
3.3.5	Pengambilan Sampel	18
3.3.6	Pengukuran Parameter Kualitas Air.....	18
3.3.7	Analisis Data	22
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1	Karakteristik dan Kualitas Air Sungai Tamansari	23
4.2	Kualitas Air Sungai Tamansari.....	26
4.2.1	Kekeruhan Sungai Tamansari	27
4.2.2	TSS Sungai Tamansari	28
4.2.3	TDS Sungai Tamansari	29
4.2.4	pH Sungai Tamansari	30
4.2.5	DO dan BOD Sungai Tamansari.....	31
4.3	Debit Sungai Tamansari.....	33

4.4 Beban Pencemaran Sungai Tamansari	34
4.5 Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran	
Sungai Tamansari	35
4.5.1 Laju Deoksigenasi dan Laju Reaerasi Sungai Tamansari	36
4.5.2 Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Tamansari	43
4.5.3 Verifikasi DO Lapang	45
BAB 5. PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48



DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Penentuan kedalaman pengukuran dan perhitungan kecepatan aliran.....	17
4.1 Kondisi tata guna lahan di Sungai Tamansari	24
4.2 Kriteria mutu air sungai berdasarkan kelas.....	27
4.3 Hasil pengukuran debit air Sungai Tamansari	33
4.4 Hasil pengukuran beban pencemaran.....	35
4.5 Hasil perhitungan laju deoksigenasi dan laju reaerasi	36
4.6 Hasil perhitungan waktu kritis dan letak kondisi kritis.....	41
4.7 Kondisi DO model di setiap segmen terhadap do kritis	42
4.8 Hasil verifikasi DO lapang Sungai Tamansari	45

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Kurva karakteristik defisit oksigen	12
3.1 Lokasi penelitian di Sungai Tamansari	14
3.2 Diagram alir penelitian.....	15
3.3 Pembagian titik pada lokasi penelitian.....	16
3.4 Pembagian pias pada lebar sungai dan pengukuran kedalaman.....	17
4.1 Kekeruhan Sungai Tamansari	27
4.2 TSS air Sungai Tamansari.....	28
4.3 TDS air Sungai Tamansari	29
4.4 pH air Sungai Tamansari.....	30
4.5 DO dengan BOD air Sungai Tamansari.....	31
4.6 Pencemar yang dibuang ke badan air Sungai Tamansari.....	32
4.7 Debit air Sungai Tamansari.....	34
4.8 Hubungan laju deoksigenasi, konstanta deoksigenasi, dan BOD	37
4.9 Hubungan laju reaerasi (rR) dengan konstanta reaerasi (kR) dan defisit oksigen (DO def)	38
4.10 Perbandingan konstanta deoksigenasi dan konstanta reaerasi	39
4.11 Kurva defisit oksigen	41
4.12 Daya tampung beban pencemaran Sungai Tamansari	43
4.13 DO lapang verifikasi dan DO model Sungai Tamansari.....	45

DAFTAR LAMPIRAN

A. <i>Cross Section</i>	51
B. Data Pengukuran Debit Sungai	53
C. Data Pengukuran pH	55
D. Data Pengukuran Suhu	55
E. Data Pengukuran TDS	55
F. Data Pengukuran Kekeruhan	56
G. Data Pengukuran TSS	56
H. Data Pengukuran DO Lapang	57
I. Data Pengukuran BOD	58
J. Data Pengukuran Beban Pencemaran	59
K. Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Menggunakan Metode Streeter-Phelps	60
L. Pengukuran Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Tamansari Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember	63
M. Kriteria Mutu Air menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air	75
N. Foto-Foto Kegiatan Penelitian	78

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu bentang alam yang dibatasi oleh puncak-puncak, gunung dan punggung-punggung bukit. Bentang alam tersebut menyimpan curah hujan yang jatuh di atasnya, kemudian mengatur dan mengalirkan hujan yang jatuh tersebut secara langsung maupun tidak langsung beserta muatan sedimen dan bahan-bahan lainnya ke sungai utama yang akhirnya bermuara ke laut maupun danau (Rahayu et al., 2009). Sungai Bedadung merupakan salah satu Sungai utama di DAS Bedadung Kabupaten Jember yang memiliki banyak anak sungai. Salah satu anak Sungai Bedadung tersebut adalah Sungai Tamansari. Sungai Tamansari sangat berperan penting bagi pemenuhan kebutuhan air masyarakat. Sungai Tamansari yang melewati Desa Glundengan sampai Desa Tamansari Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember yang didominasi lahan pertanian dan pemukiman penduduk. Di daerah hulu, air Sungai Tamansari digunakan untuk irigasi pertanian sehingga limpasan air buangan saluran irigasi dialirkan ke badan air Sungai Tamansari.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, sumber pencemar di sungai diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu *point source* dan *non point source*. Sumber pencemar yang masuk ke Sungai Tamansari, Kecamatan Wuluhan, Kabupaten Jember merupakan jenis sumber pencemar *non point source* karena zat pencemar tersebut hanya berasal dari limpasan pemukiman dan daerah pertanian. Sumber pencemar tersebut menyebabkan air Sungai Tamansari tercemar dan beban pencemaran meningkat.

Beban pencemar suatu sungai dapat diidentifikasi berdasarkan kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) dalam air. BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik yang terlarut di dalam air (Alaerts dan Santika, 1987). Akumulasi BOD dari sumber pencemar akan

menimbulkan beban pencemaran terhadap kemampuan sungai untuk pulih kembali. Untuk mengetahui dan mengidentifikasi beban cemar Sungai Tamansari maka perlu dilakukan analisis daya tampung sungai guna mengetahui kemampuan sungai dalam menerima beban pencemaran.

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 122 (2003) tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air pada Sumber Air, daya tampung beban pencemaran air adalah kemampuan air pada suatu sumber air, untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi tercemar. Penetapan daya tampung beban pencemaran air tersebut merupakan pelaksanaan pengendalian pencemaran air yang menggunakan pendekatan kualitas air guna mengendalikan beban pencemar yang berasal dari sumber pencemar yang masuk ke dalam air.

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 (2003) tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air pada Sumber Air, pengukuran daya tampung beban pencemaran air sungai tersebut dapat dilakukan dengan pemodelan metode *Streeter-Phelps*. Tujuan pemodelan adalah untuk menyederhanakan suatu kejadian guna mengetahui kondisi sebenarnya. Pada pemodelan pengukuran daya tampung beban pencemaran air sungai metode *Streeter-Phelps* hanya terbatas pada dua fenomena yaitu proses deoksigenasi (pengurangan oksigen terlarut) dan reaerasi (peningkatan oksigen terlarut). Dari proses deoksigenasi dan reaerasi tersebut dihasilkan kurva penurunan oksigen (*oxygen sag curve*) yang dihasilkan berdasarkan defisit oksigen.

1.2 Rumusan Masalah dan Batasan Masalah

1.2.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas air Sungai Tamansari, Kecamatan Wuluhan, Kabupaten Jember berdasarkan parameter kekeruhan, TSS, TDS, pH, DO dan BOD?
2. Berapa besar beban pencemaran pada Sungai Tamansari, Kecamatan Wuluhan, Kabupaten Jember berdasarkan parameter BOD?

3. Berapa besar daya tampung beban pencemaran pada Sungai Tamansari, Kecamatan Wuluhan, Kabupaten Jember dengan menggunakan metode *Streeter-Phepls*?

1.2.2 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Titik awal pembagian segmen di Sungai Tamansari dimulai dari percabangan terakhir sebelum masuk ke percabangan Sungai Utama Bedadung.
2. Parameter pengukuran yang digunakan meliputi parameter kekeruhan, TSS, TDS, pH, DO dan BOD.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kualitas air pada Sungai Tamansari berdasarkan parameter kekeruhan, TSS, TDS, pH, suhu, DO, dan BOD.
2. Menentukan besar beban pencemar air pada Sungai Tamansari berdasarkan parameter BOD.
3. Menentukan daya tampung beban pencemaran air pada Sungai Tamansari dengan menggunakan metode *Streeter-Phepls*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi masyarakat
Sebagai bahan informasi berupa kualitas air dan daya tampung beban pencemaran pada Sungai Tamansari.
2. Bagi pengembangan ilmu pengetahuan
Sebagai referensi bagi penelitian yang sejenis tentang analisis daya tampung sungai.
3. Bagi instansi terkait
Sebagai sumber inventarisasi data terkait kualitas air, beban pencemaran, dan daya tampung Sungai Tamansari.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Parameter Kualitas Air

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 (2001), kualitas air atau mutu air adalah kondisi yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas yaitu sebagai berikut:

1. Kelas I

Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2. 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.

3. 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.

4. Kelas IV

Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Beberapa parameter yang digunakan untuk menentukan kelas mutu air yaitu total padatan terlarut (TDS), total padatan tersuspensi (TSS), kekeruhan, pH, *dissolved oxygen* (DO), dan *biological oxygen demand* (BOD).

2.1.1 Suhu

Suhu pada suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, kedalaman dan aliran badan air. Perubahan suhu berpengaruh penting terhadap proses fisika, kimia, dan biologi pada badan air. Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air. Hal tersebut terjadi karena kadar oksigen yang terlarut di dalam air akan turun bersamaan dengan peningkatan suhu. Peningkatan suhu sebesar 10⁰ C menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik sekitar 2 -3 kali lipat (Effendi, 2003).

2.1.2 Total Padatan Terlarut (TDS)

Zat padat terlarut yaitu zat padat yang lolos filter dengan diameter pori 0,45 µm pada analisa zat tersuspensi sehingga analisa zat terlarut dapat merupakan kelanjutan analisa zat (padat) tersuspensi. Larutan yang mengandung zat terlarut, yang lolos filter tersebut, kemudian diuapkan dan dikeringkan pada suhu 105⁰ C. Residu yang tertinggal adalah zat (padat) terlarut, yang merupakan garam-garam yang dahulu terlarut dan juga sedikit zat padat koloidal (Alaerts and Santika, 1987).

2.1.3 Total Padatan Tersuspensi (TSS)

Total padatan tersuspensi (TSS) adalah bahan tersuspensi yang tertahan pada filter dengan diameter pori 0,45 µm (Effendi, 2003). Pengukuran zat padat tersuspensi dilakukan dengan cara memisahkan zat padat dalam sampel menggunakan kertas filter atau filter fiber glass (serabut kaca). Kemudian zat padat yang tertahan pada kertas filter dikeringkan pada suhu ± 105⁰ C. Maka berat residu setelah pengeringan adalah berat zat padat tersuspensi. Menurut Alaerts and Santika (1987), persamaan pengukuran TSS adalah sebagai berikut:

$$TSS = \frac{(a-b) \times 1000}{c} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

a = berat filter dan residu sesudah pemanasan 105⁰ C; b = berat filter kering setelah pemanasan 105⁰ C; c = ml sampel

2.1.4 Kekeruhan

Kekeruhan air dinyatakan dalam satuan unit turbiditas. Dalam pengukuran kekeruhan ini dapat dilakukan dengan metode *Nephelometri*. Kekeruhan pada perairan yang tergenang, lebih banyak disebabkan oleh bahan tersuspensi yang berupa koloid dan partikel-partikel halus, sedangkan pada sungai yang sedang banjir lebih banyak disebabkan oleh bahan-bahan tersuspensi yang berukuran lebih besar, yang berupa lapisan permukaan tanah yang terbawa oleh aliran air pada saat hujan. Kekeruhan air yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi (Effendi, 2003).

2.1.5 pH

pH merupakan parameter kadar asam atau basa dalam suatu larutan. Keadaan netral ditandai dengan nilai pH 7. Tambahan asam akan mengurangi nilai pH, sedangkan tambahan basa akan meningkatkan nilai pH (Alaerts and Santika, 1987). Nilai pH pada perairan alami berkisar 4 – 9. pH air mempengaruhi tingkat kesuburan perairan kehidupan jasad renik. Menurut Effendi (2003) sebagian besar biota akuatik sensitive terhadap perubahan pH menyukai nilai pH 7 – 8,5.

2.1.6 *Dissolved Oxygen*

Dissolved oxygen (DO) adalah jumlah miligram oksigen yang terlarut dalam air yang dinyatakan dengan mg O₂/l (Standar Nasional Indonesia, 2004). Oksigen terlarut di dalam air berasal udara dan proses fotosintesis tumbuhan air. Kemampuan oksigen untuk terlarut di dalam air bergayung terhadap temperatur, tekanan barometrik udara dan kadar mineral dalam air. Menurut Alaerts and Santika (1987), pengukuran DO metode titrasi dengan menggunakan botol Winkler (untuk di laboratorium). Berikut Persamaan yang digunakan untuk menghitung oksigen.

$$DO = \frac{a \cdot N \cdot 8000}{V-4} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

DO : oksigen terlarut (mg/l) ; a : volume titran yang terpakai (ml) ; N : normalitas titran (ek/l) ; A : kapasitas volume botol winkler (ml)

2.1.7 *Biological Oksigen Demand*

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk mneguraikan zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat yang

tersuspensi di dalam air. Pengujian BOD didasarkan pada reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen di dalam air yang disebabkan bakteri aerobik. Reaksi tersebut membutuhkan waktu 2 hari untuk tercapai 50%, 5 hari 75%, dan 20 hari 100% dengan inkubasi pada suhu 20°C. Pengukuran BOD dilakukan di dalam botol yang tertutup, maka jumlah oksigen yang digunakan merupakan perbedaan kadar oksigen di dalam larutan pada saat $t = 0$ (biasanya baru ditambah oksigen dengan aerasi, hingga 9 mg O₂/l, yaitu konsentrasi kejenuhan) dan kadarnya pada $t = 5$ hari (konsentrasi sisa harus ≥ 2 mg O₂/l agar hasil cukup teliti). Hal tersebut mengharuskan semua sampel yang mengandung BOD > 6 mg O₂/l harus diencerkan agar memenuhi syarat (Alaerts dan Santika, 1987).

Menurut Alaerts and Santika (1987) persamaan yang digunakan untuk menganalisa BOD yaitu sebagai berikut:

$$BOD_5 = \frac{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5) P}{P} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

X₀ = Oksigen terlarut hari ke 0; X₅ = Oksigen terlarut hari ke 5; B₀ = Oksigen terlarut hari ke 0; B₅ = Oksigen terlarut hari ke 5; P = Derajat pengenceran

2.2 Pengukuran Debit

Debit merupakan jumlah air yang mengalir di dalam saluran atau sungai per unit waktu. Metode yang umum diterapkan untuk menetapkan debit sungai adalah metode profil sungai. Pada metode ini debit merupakan hasil perkalian antara luas penampang vertikal sungai (profil sungai) dengan kecepatan aliran air. Luas penampang diukur dengan menggunakan meteran dan piskal (tongkat bambu atau kayu) dan kecepatan aliran diukur dengan menggunakan current meter (Rahayu et al., 2009).

Menurut Rahayu et al., (2009), Sebelum melakukan pengukuran debit, terlebih dahulu dilakukan pembuatan profil sungai. Pembuatan profil sungai dapat dilakukan dengan mengukur lebar sungai, membagi sungai menjadi 10-20 bagian atau pias dengan interval jarak yang sama, dan mengukur kedalaman setiap interval dengan menggunakan tongkat. Persamaan yang digunakan dalam pengukuran ditunjukkan pada Persamaan 2.4 dan 2.5 (Rahayu et al., 2009).

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.4)$$

$$V = a \cdot N + b \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

Q = debit aliran; A = luas penampang (m³/s); V = kecepatan (m/s); a dan b = konstanta current meter menurut tipe alat; N = jumlah putaran baling-baling

2.3 Beban Pencemaran Air

Beban pencemar adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82, 2001:2). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 122 (2004), pengukuran beban pencemar didasarkan pada pengukuran konsentrasi pencemar di perairan dan pengukuran debit. Berikut persamaan perhitungan beban pencemar.

$$\text{Beban air limbah} = \text{konsentrasi tiap parameter} \times \text{debit air limbah} \dots\dots\dots(2.6)$$

2.4 Daya Tampung Beban Pencemaran Air Sungai

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 122 (2004), daya tampung beban pencemaran air adalah kemampuan air pada suatu sumber air, untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi tercemar. Metode penetapan daya tampung beban pencemaran air pada sumber air menggunakan metode pemodelan Streeter-Phelps.

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 122 (2004), pemodelan Streeter dan Phelps hanya terbatas pada dua fenomena yaitu proses pengurangan oksigen terlarut (deoksigenasi) dalam air dan proses peningkatan oksigen terlarut (reaerasi) yang disebabkan turbulensi yang terjadi pada aliran sungai. Selain itu, menurut Haider dan Ali (2010) tingkat deoksigenasi di sungai meningkat ketika air limbah dengan tingkat konsentrasi yang lebih tinggi dibuang ke dalam sungai tersebut. Penurunan koefisien tersebut disebabkan oleh perubahan biodegradabilitas air limbah.

2.4.1 Proses Pengurangan Oksigen (Deoksigenasi)

Streeter – Phelps menyatakan bahwa laju oksidasi biokimiawi senyawa organik ditentukan oleh konsentrasi senyawa organik sisa (residual). Persamaan

yang digunakan disajikan pada persamaan 2.7 (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 122, 2004).

$$dL/dt = -K' \cdot L \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

L = konsentrasi senyawa organik (mg/L); t = waktu (hari); K' = konstanta reaksi orde satu (hari-1)

Jika konsentrasi awal senyawa organik sebagai BOD adalah L_0 yang dinyatakan sebagai BOD ultimat dan L_t adalah BOD pada saat t, maka hasil integrasi persamaan 2.7 dinyatakan sebagai berikut.

$$L_t = L_0 \cdot e^{-k't} \dots\dots\dots(2.8)$$

Nilai BOD ultimat pada temperatur dari nilai BOD^5_{20} , yaitu BOD yang ditentukan pada temperature 20^0 C selama lima hari dengan menggunakan persamaan berikut.

$$L_0 = BOD^5_{20} / (1 - e^{-5k'}) \dots\dots\dots(2.9)$$

Nilai K (konstanta dekomposisi bahan organik pada botol BOD) dapat ditentukan menggunakan metode Thomas, yaitu menggunakan pengamatan BOD selama 10 hari dengan interval waktu pengamatan 2 hari dan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$na + b \sum y - \sum y' = 0 \text{ dan } a \sum y + b \sum y^2 - \sum yy' = 0 \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan n = jumlah sampel, $y = BOD_t$ (mg/l), $y' = (y_{n+1} - y_{n-1}) / (2 \cdot \Delta t)$, $b = -K$, dan $a = -b \cdot UBOD$. Nilai K adalah konstanta dekomposisi bahan organik (/hari) pada botol BOD dengan temperatur inkubasi 20^0 C.

Laju deoksigenasi akibat senyawa organik dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$r_D = K_{D,T} \times L_0 = K_D \cdot (1.047)^{T-20} \times L_0 \dots\dots\dots(2.11)$$

Menurut Haider, *et al.* (2013), nilai K_D (konstanta deoksigenasi) diperoleh dari persamaan Hydroscience sebagai berikut.

$$K_D = 0.3 \left(\frac{H}{0.8} \right)^{-0.434} \dots\dots\dots(2.12)$$

Jika L diganti dengan $L_0 \cdot e^{-k't}$, persamaan 2.8 menjadi:

$$r_D = -K' \times L_0 \cdot e^{-k't} \dots\dots\dots(2.13)$$

Konstanta dekomposisi (deoksigenasi) bahan organik pada perairan berbeda dengan konstanta dekomposisi pada botol BOD karena faktor alamiah sungai (Haider *et al.*, 2013).

2.4.2 Proses peningkatan oksigen terlarut (reaerasi)

Kandungan oksigen di dalam air akan menerima tambahan akibat turbulensi sehingga berlangsung perpindahan oksigen dari udara ke air dan proses ini adalah proses reaerasi (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 122 (2004:122)).

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 122 (2004:122-123), peralihan oksigen ini dinyatakan oleh persamaan laju reaerasi :

$$r_R = K_{R,T} \times D = (K_R(1.016)^{T-20}) \times (DO_s - DO_{act}) \dots \dots \dots (2.14)$$

Nilai K_R diperoleh dari persamaan sebagai berikut.

$$K_R = (294(D_{LT} \times v)^{1/2})/H^{3/2} \dots \dots \dots (2.15)$$

Nilai D_{LT} diperoleh dari persamaan sebagai berikut.

$$D_{LT} = 1.760 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{detik} \times 1.037^{(T-20)} \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan:

r_R = laju reaerasi; K_R = konstanta reaerasi (hari^{-1}), D = defisit oksigen terlarut (mg/l), DO_s = konsentrasi oksigen terlarut jenuh (mg/l), DO_{act} = konsentrasi oksigen terlarut air sungai (mg/l), T = temperatur sungai ($^{\circ}\text{C}$), v = kecepatan aliran rata-rata (m/detik), H = kedalaman rata-rata (m), D_{LT} = koefisien difusi molecular oksigen pada temperatur T $^{\circ}\text{C}$ (m^2/hari), dan $1.760 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{detik}$ = koefisien difusi molecular oksigen pada temperatur 20°C .

2.4.3 Perhitungan Persamaan Kurva Penurunan Oksigen

Menurut Marganingrum *et al.* (2018) Persamaan reaksi DO pada pemodelan *Streeter-Phelps* dilakukan dengan mengembangkan keseimbangan pasokan oksigen terlarut akibat proses deoksigenasi dan reaerasi. Model tersebut mendiffrensiasi proses deoksigenasi dan reaerasi sebagai fungsi dari waktu dan jarak (yang berkaitan dengan kecepatan sungai) seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\frac{dD_t}{dt} = K_D \times L_t - K_R \cdot D_t \dots \dots \dots (2.17)$$

Pengurangan oksigen dalam aliran air setiap waktunya selama terjadi proses pemurnian alami adalah perbedaan antara nilai konsentrasi DO saturasi dan konsentrasi DO aktual pada waktu tersebut yang kemudian disebut defisit oksigen (D_t) (Arbie *et al.*, 2015). Nilai D_t merupakan hasil diffrensial orde 1 dari persamaan 2.14 dan ditunjukkan pada persamaan sebagai berikut.

$$\frac{dD_t}{dt} = \frac{KD.L_0}{KR-KD} (e^{-KD_t} - e^{-KRt}) + D_0 e^{-KRT} \dots\dots\dots(2.18)$$

Konsentrasi DO perairan terhadap fungsi jarak dan waktu dietntukan dari selisih DO saturasi dan DO defisit. Kurva penurunan oksigen ditunjukkan pada Gambar 2.1. Menurut (Benedini and Tsakiris, 2003: 62) suatu metode pengelolaan air dapat dilakukan atas dasar defisit oksigen kritis DC, yaitu kondisi defisit DO terendah yang dicapai akibat beban yang diberikan pada aliran. Persamaan yang digunakan sebagai berikut.

$$D_c = \frac{KD}{KR} L_0 e^{-K_d \cdot t_c} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan:

T_c = waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik kritis

L_0 = BOD ultimate pada aliran hulu setelah pencampuran (mg/l)

$$t_c = \frac{1}{KR-KD} \ln \left\{ \frac{KD}{KR} \left[1 - \frac{D_0(KR-KD)}{KD \cdot L_0'} \right] \right\} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$X_c = t_c \times v \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan:

X_c = letak kondisi kritis

v = Kecepatan Aliran (m/s)

D_0 = Defisit Oksigen pada $t = 0$ (mg/l)

K_d = Konstanta deoksigenasi (hari^{-1})

K_r = Konstanta reaerasi (hari^{-1})

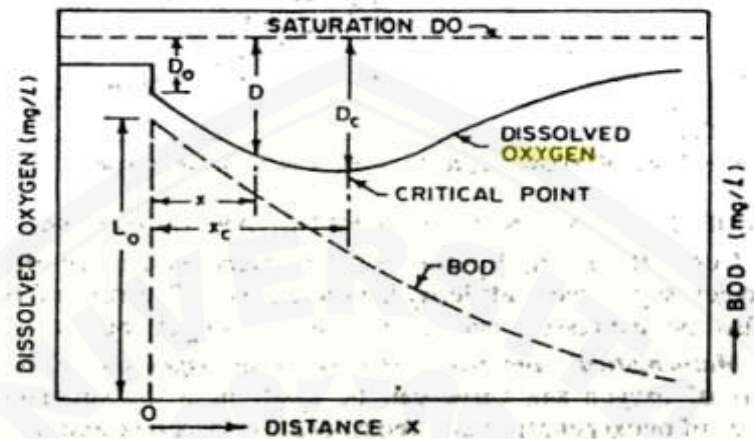
Perhitungan defisit oksigen (D) dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$D = C_s - C \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan:

C_s = konsentrasi oksigen terlarut jenuh (mg/l); C = konsentrasi oksigen terlarut (mg/l)

Hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan Streeter-Phels dapat dibuat kurva karakteristik deficit oksigen (*oxygen sag curve*) seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kurva karakteristik defisit oksigen

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2017 sampai dengan Januari 2018.

3.1.2 Tempat Penelitian

Tempat penelitian ini dilaksanakan di dua tempat yang berbeda, yaitu sebagai berikut:

- a. Pengambilan sampel, pengukuran suhu, DO, pH, dan debit sungai dilakukan pada 4 titik lokasi di Sungai Tamansari, Kecamatan Wuluhan, Kabupaten Jember pada satu waktu pengambilan sampel yaitu pada tanggal 30 Desember 2017. Titik lokasi 1 berada di Desa Glundengan pada koordinat 113.5573983 BT dan -8.17052202 LS, titik lokasi 2 berada di desa Tamansari pada koordinat 113.5495237 BT dan -8.31215461 LS, titik lokasi 3 berada di Desa Tamansari pada koordinat 113.5460240 BT dan -8.31393921 LS, dan titik lokasi 4 berada di Desa Tamansari pada koordinat 113.5413795 BT dan -8.31546910 LS. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 3.1.
- b. Pengujian parameter TSS, TDS, kekeruhan, dan BOD dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian.

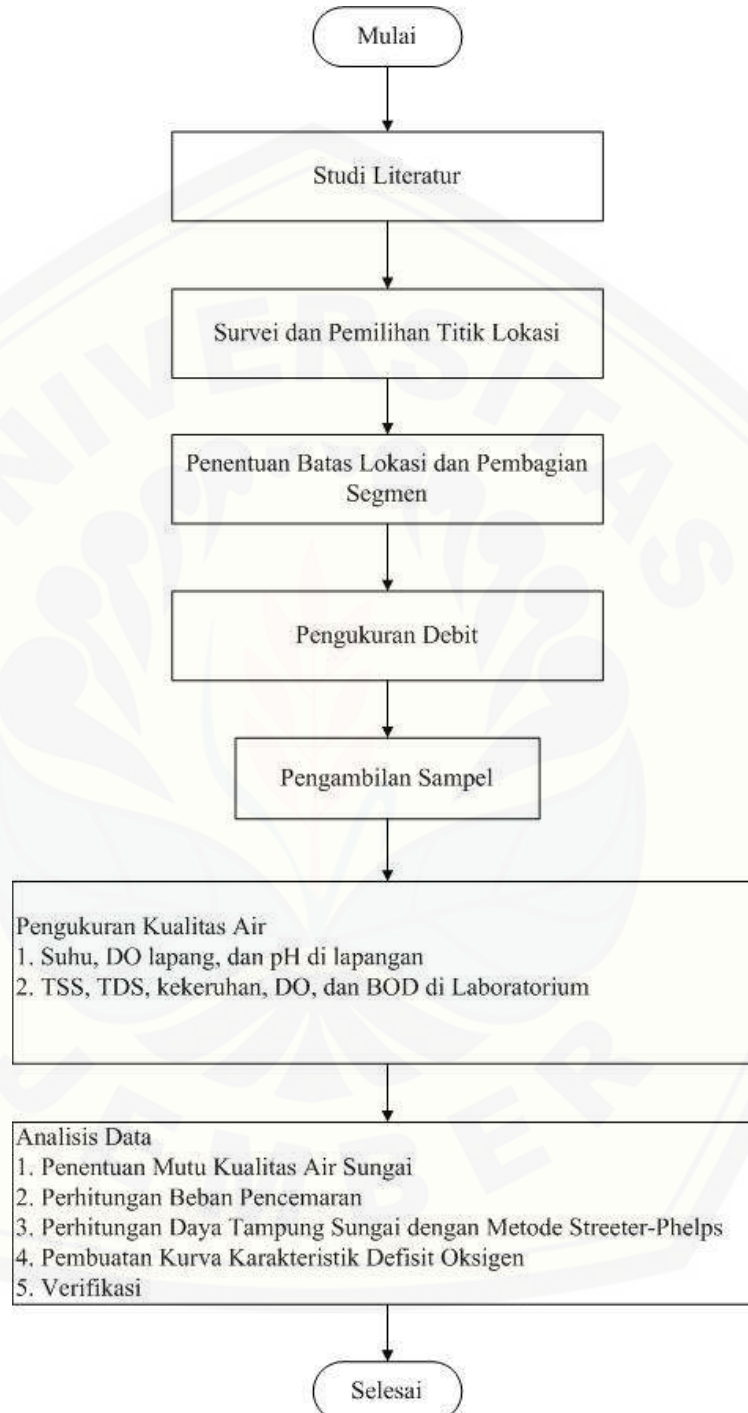
3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan yaitu GPS, kamera digital, *current meter*, roll meter, tali tambang, *cool box*, thermometer, tali raffia, pH meter, TDS meter, botol winkler, Erlenmeyer, pipet volumetrik, buret, corong, bola hisap, pipet suntik, cawan gooch, kertas saring, oven, desikator, gelas ukur, *turbidimeter*, penjepit, dan beker glass.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air Sungai Tamansari, aquades, larutan $MnSO_4$, larutan alkali-iodida-azida, asam sulfat pekat (H_2SO_4 0,1 N), larutan tiosulfat ($Na_2S_2O_3$ 0,025 N), dan indikator amilum.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Diagram alir pelaksanaan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang diperoleh melalui pengambilan data di lapang dan laboratorium.

3.3.1 Studi Literatur

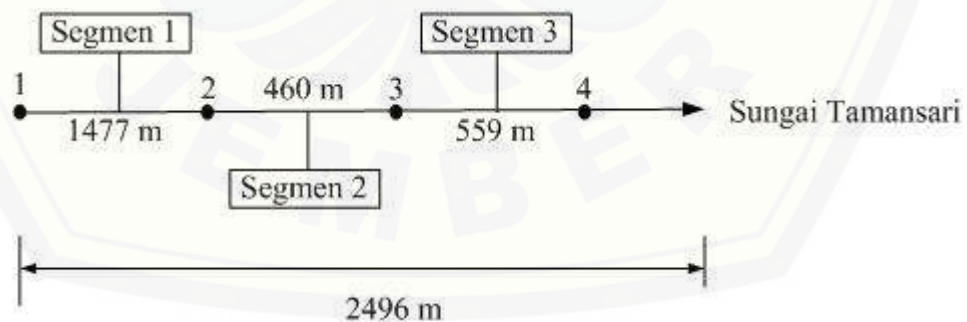
Studi literatur bertujuan untuk mengumpulkan data sekunder yang mendukung pelaksanaan penelitian. Data tersebut berasal dari buku dan peraturan pemerintah terkait.

3.3.2 Survei dan Pemilihan Titik Lokasi

Survei lokasi bertujuan untuk mengetahui kondisi daerah sekitar aliran sungai. Penentuan lokasi penelitian berdasarkan kemudahan akses pengambilan sampel penelitian. Pengambilan titik lokasi dilakukan dari percabangan terakhir Sungai Tamansari. Sehingga pengukuran lokasi penelitian dipilih sepanjang Sungai Tamansari sebelum masuk ke Sungai Bedadung.

3.3.3 Penentuan Batas Lokasi dan Pembagian Segmen

Lokasi penelitian ditentukan berdasarkan panjang sungai sesudah adanya percabangan Sungai Tamansari dan diakhiri sebelum percabangan Sungai Bedadung. Pembagian segmen sungai didasarkan pada jarak, karena limbah yang masuk pada Sungai Tamansari berasal dari pemukiman penduduk dan pertanian. Selain itu, titik pengukuran debit yang digunakan sebagai titik pengambilan sampel harus berada pada lokasi setelah menerima zat pencemar (SNI 6989.57:2008). Pada lokasi penelitian tersebut dibagi menjadi 3 segmen dengan 4 titik pengukuran dengan panjang lokasi penelitian 2496 m. Pembagian dan letak titik lokasi disajikan pada Gambar 3.3.

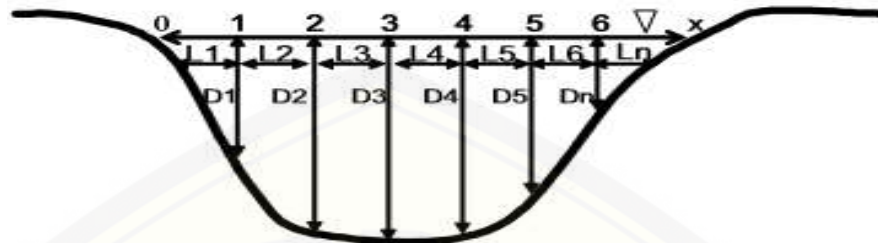


Gambar 3.3 Pembagian titik pada lokasi penelitian

3.3.4 Pengukuran Debit

Pengukuran debit dilakukan dengan mengukur kecepatan aliran sungai menggunakan *current meter* dan pembuatan profil sungai. Pembuatan profil sungai dapat dilakukan dengan mengukur lebar sungai, membagi sungai menjadi 10-20

bagian atau pias dengan interval jarak yang sama, dan mengukur kedalaman setiap interval dengan menggunakan tongkat. Pembagian pias pada penampang sungai disajikan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Pembagian pias pada lebar sungai dan pengukuran kedalaman

Luas pada masing-masing pias dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$A = L_1 \cdot D_1 + L_2 \cdot D_2 + \dots + L_n \cdot D_n \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan: L = lebar penampang horizontal (m); D = Kedalaman (m).

Pengukuran kecepatan aliran pada masing-masing pias dihitung menggunakan persamaan berdasarkan kedalaman pengukuran. Penentuan kedalaman dan pengukuran kecepatan aliran dapat ditentukan menggunakan Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Penentuan kedalaman pengukuran dan perhitungan kecepatan aliran

Kedalaman Sungai (m)	Kedalaman Pengukuran	Perhitungan Kecepatan Rata-rata (m/dtk)
0 – 0,6	0,6 d	$V=V_{0,6}$
0,6 – 3	0,6 d; 0,8 d	$V=0,5(V_{0,2}+V_{0,8})$
3 – 6	0,2 d; 0,6 d; 0,8 d	$V=0,25(V_{0,2}+V_{0,6}+V_{0,8})$
>6	S; 0,2 d; 0,6 d; 0,8 d; B	$V=0,1(V_S+3V_{0,2}+2V_{0,6}+3V_{0,8}+V_b)$

Sumber: Rahayu *et al.*, (2009).

Pengukuran kecepatan aliran dengan *current meter* dilakukan tiga kali pengulangan pada *range* waktu 20 detik. Debit aliran (Q) pada titik pengambilan dapat menggunakan persamaan 3 sebagai berikut.

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

A = luas penampang basah sungai; dan V = kecepatan aliran air sungai.

3.3.5 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air Sungai Tamansari pada 4 titik lokasi penelitian. Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan metode *grab sample* yaitu metode pengambilan secara sesaat dan digunakan untuk mengambil sampel langsung dari badan air yang dipantau. Pada saat pengambilan sampel, air yang diambil tidak boleh terdapat gelembung di dalam botol agar tidak terjadi penambahan oksigen. Sampel air yang telah dimasukkan dalam botol sampel disimpan dalam *cool box* yang berisi es batu untuk pengawetan.

Pengambilan sampel untuk analisa parameter kualitas air dibedakan menjadi 2 yaitu untuk parameter yang diuji lapang dan untuk parameter yang diuji di laboratorium. Pengambilan sampel untuk pengukuran pH dilakukan menggunakan *beaker glass* dan DO dilakukan menggunakan botol winkler 125 ml. Sedangkan pengambilan sampel yang diuji di laboratorium menggunakan botol sampel.

3.3.6 Pengukuran Parameter Kualitas Air

a. Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu dilakukan pada masing-masing titik lokasi penelitian di lapang. Alat yang digunakan adalah termometer. Prosedur penggunaan termometer menggunakan prosedur yang telah ditetapkan dalam SNI 06-6989.23 Tahun 2005 tentang Cara Uji Suhu dengan Termometer, yaitu sebagai berikut.

- 1) termometer yang digunakan adalah termometer air raksa yang mempunyai skala sampai 110°C ;
- 2) mencelupkan termometer langsung ke dalam sungai dan biarkan 2 - 5 menit sampai termometer menunjukkan nilai yang stabil;
- 3) mencatat pembacaan skala termometer tanpa mengangkat lebih dahulu termometer dari air.

b. Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter pada masing-masing titik lokasi penelitian di lapang. Prosedur pengukuran pH menggunakan prosedur pengukuran pada SNI 06-6989.11 Tahun 2004 tentang Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH Meter, yaitu sebagai berikut.

- 1) melakukan kalibrasi alat pH meter dengan larutan penyangga sesuai instruksi kerja alat setiap akan melakukan pengukuran;
- 2) mengeringkan dengan kertas tisu selanjutnya bilas elektroda dengan air suling;
- 3) membilas elektroda dengan sampel air sungai;
- 4) mencelupkan elektroda ke dalam sampel air sungai sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap;
- 5) mencatat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

c. Pengukuran Kekeruhan

Pengukuran kekeruhan pada masing-masing titik lokasi penelitian dilakukan di laboratorium menggunakan turbidimeter. Prosedur pengukuran kekeruhan menggunakan prosedur pengukuran pada SNI 06-6989.25 Tahun 2005 tentang Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer, yaitu sebagai berikut.

- 1) mengoptimalkan nefelometri untuk pengujian kekeruhan, sesuai petunjuk penggunaan alat. Selanjutnya, memasukkan suspensi baku kekeruhan ke dalam tabung pada nefelometer dan memasang tutup tabung tersebut;
- 2) mengatur alat sehingga menunjukkan angka kekeruhan larutan baku;
- 3) mengocok sampel air sungai dan masukkan ke dalam tabung nefelometer dan memasang tutup tabung;
- 4) membaca nilai kekeruhan hingga alat menunjukkan nilai pembacaan yang stabil;
- 5) mencatat nilai kekeruhan sampel air sungai yang teramati.

d. Pengukuran TSS

Pengukuran TSS dilakukan dengan cara memisahkan zat padat dalam sampel menggunakan kertas saring berdiameter pori 0.45 μm . Selanjutnya, zat padat yang tertahan pada kertas filter dipanaskan pada suhu $\pm 105^\circ\text{C}$ di dalam oven selama 1 jam. Volume sampel yang digunakan adalah sebesar 50 ml. Berat kertas saring akan ditimbang sebanyak tiga kali pengulangan. Berat residu setelah pengeringan adalah berat zat padat tersuspensi. Persamaan pengukuran TSS disajikan pada Persamaan 2.1. Prosedur pengukuran TSS dilakukan menggunakan prosedur

pengukuran pada SNI 06-6989.3 Tahun 2004 tentang Cara Uji Padatan Tersuspensi Total, yaitu sebagai berikut.

- 1) menyiapkan sampel air sungai yang akan diuji;
- 2) mengaduk sampel air sungai untuk memperoleh sampel air yang lebih homogen;
- 3) memipet sampel air dengan volume tertentu;
- 4) mencuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, membiarkan kering sempurna, dan melanjutkan penyaringan sampai diperoleh penyaringan yang sempurna;
- 5) memindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaringan dan pindahkan ke wadah timbang alumunium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan Gooch pindahkan cawan dari rangkaian alatnya;
- 6) mengeringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C , selanjutnya mendinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan menimbang kertas saring tersebut

e. Pengukuran TDS

Pengukuran TDS pada masing-masing titik lokasi penelitian dilakukan di laboratorium menggunakan TDS meter. Pengukuran TDS dilakukan dengan prosedur manual alat TDS meter, yaitu sebagai berikut.

- 1) menyiapkan sampel air sungai di dalam beaker glass;
- 2) menekan tombol on pada TDS meter;
- 3) mencelupkan elektroda ke dalam sampel air sungai sampai TDS meter menunjukkan pembacaan yang stabil;
- 4) mencatat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari TDS meter.

f. Pengukuran DO

Pengukuran DO pada masing-masing titik lokasi penelitian di lapang dilakukan menggunakan metode botol Winkler yaitu metode titrasi dengan cara winkler. Persamaan pengukuran DO disajikan pada persamaan 2.2. Prosedur pengukuran DO dilakukan menggunakan prosedur pengukuran pada SNI 06-6989.14 Tahun 2004 tentang Cara Uji Oksigen Terlarut secara Yodometri (Modifikasi Azida), yaitu sebagai berikut.

- 1) mengambil sampel air yang akan diuji pada botol winkler;
- 2) menambahkan 1 mL $MnSO_4$ dan 1 mL alkali iodida dengan ujung pipet tepat di atas permukaan larutan;
- 3) menutup segera dan homogenkan hingga terbentuk gumpalan sempurna;
- 4) biarkan gumpalan mengendap 5 menit sampai dengan 10 menit;
- 5) menambahkan 1 mL H_2SO_4 pekat, tutup dan homogenkan hingga endapan larut sempurna;
- 6) memasukkan ke dalam erlenmeyer 150 mL;
- 7) mentitrasi dengan $Na_2S_2O_3$ dengan indikator amilum/kanji sampai warna biru tepat hilang.

g. Pengukuran BOD

Pengukuran BOD pada masing-masing titik lokasi penelitian dilakukan di laboratorium dengan menginkubasi sampel pada botol BOD dengan suhu $20^{\circ}C$ selama 5 hari di dalam inkubator. Nilai BOD_5 dapat diketahui setelah melakukan pengukuran DO ke-0 dan DO ke-5. Nilai BOD pada hari ke-2, 4, 6, 8, dan 10 digunakan untuk menentukan konstanta reaksi bahan organik. Perhitungan nilai BOD menggunakan persamaan 2.3. Prosedur yang digunakan untuk menghitung nilai BOD menggunakan prosedur pada SNI 6989.72 Tahun 2009 tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*) yaitu sebagai berikut.

- 1) menyiapkan botol DO sesuai kebutuhan, tandai masing-masing botol dengan notasi tertentu;
- 2) memasukkan larutan sampel air sungai ke dalam masing-masing botol DO sampai meluap, kemudian tutup masing-masing botol secara hati-hati untuk menghindari terbentuknya gelembung udara;
- 3) melakukan pengocokan beberapa kali, kemudian tambahkan air bebas mineral pada sekitar mulut botol DO yang telah ditutup;
- 4) menyimpan botol pada lemari inkubator $20^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$ selama 5 hari;
- 5) melakukan pengukuran oksigen terlarut terhadap larutan dalam botol winkler menggunakan metode titrasi secara iodometri (modifikasi azida) sesuai dengan SNI 06-6989.14 Tahun 2004 tentang Cara Uji Oksigen Terlarut secara

Yodometri (Modifikasi Azida). Hasil pengukuran merupakan nilai oksigen terlarut pada hari ke nol;

- 6) mengulangi pengerjaan point 5 untuk botol winkler yang telah diinkubasi 5 hari \pm 6 jam. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut 5 hari.

3.3.7 Analisis Data

a. Analisis Data Kualitas Air

Analisis data kualitas air digunakan untuk menentukan baku kelas mutu air berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Parameter yang digunakan meliputi kekeruhan, TSS, pH, TDS, DO, dan BOD.

b. Penentuan Beban Pencemaran

Penentuan beban pencemaran dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.9 yaitu dengan mengalikan nilai debit air sungai dan konsentrasi limbah pada titik lokasi sungai. Perhitungan beban pencemaran dilakukan untuk mengetahui besarnya zat pencemar yang masuk ke dalam Sungai Tamansari.

c. Penentuan Daya Tampung dengan Persamaan *Streeter-Phelps*

Pemodelan kualitas air dengan persamaan *Streeter-Phelps* didasarkan pada proses deoksigenasi dan proses reaerasi pada badan air sungai yang menghasilkan persamaan defisit oksigen pada Persamaan 2.18. Persamaan tersebut menunjukkan penurunan oksigen dengan waktu perjalanan arus dari titik pembuangan ke titik hilir. Pada titik pembuangan tersebut $t = 0$ dan $x = 0$ yaitu seperti pada titik dekomposisi, oksigen akan mengalami penurunan dengan cepat. Pada saat tersebut DO akan mengalami titik terendahnya atau titik kritis pada jarak dan waktu tertentu. Waktu dan jarak kritis dihasilkan dari persamaan 2.20 dan 2.21. Dari persamaan tersebut dapat ditentukan kemampuan air dalam melakukan pemurnian alami (purifikasi alamiah). Penentuan daya tampung dilakukan untuk mengetahui kemampuan sungai dalam menerima beban pencemaran. Selain itu, dapat diketahui nilai DO model, dan DO kritis pada masing-masing titik yang selanjutnya dilakukan verifikasi pada masing-masing segmen titik lokasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. and Santika, S. S. 1987. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Arbie, R. R. W. D. Nugraha, dan Sudarno. 2015. Studi Kemampuan *Self Purification I* pada Sungai Progo Ditinjau dari Parameter Organik DO dan BOD. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol 4. No.3.
- Astono. W. 2010. Penetapan Nilai Konstanta Dekomposisi Organik (KD) dan Nilai Konstanta Reaerasi (KA) pada Sungai Ciliwung Hulu-Hilir. *Jurnal Ekosain*, 2(1): 40-45.
- Benedini, M. and Tsakiris, G. 2003. *Water Quality Modelling for Rivers and Streams*. New York: Springer Science+Business Media.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Haider, H. and Ali, W. 2010. Effect of wastewater treatment on bio-kinetics of dissolved oxygen in River Ravi. *Pakistan Journal of Engineering and Applied Sciences*, 6(2), 42–51.
- Haider, H., Ali, W. dan S. Haydar. 2013. A Review of Dissolved Oxygen and Biochemical Oxygen Demand Models for Large Rivers. *Pakistan Journal of Engineering and Applied Science*, 12: 127 - 142.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110. 2003. *Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air pada Sumber Air*. 27 Juni 2003. Menteri Lingkungan Hidup. Jakarta: Deputi 1 MENLH Bidang Kebijakan dan Kelembagaan Lingkungan Hidup.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 122. 2004. *Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Industri*. 12 Agustus 2004. Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta: Deputi MENLH Bidang Kebijakan dan Kelembagaan Lingkungan Hidup.
- Kordi, M. G. H., dan A. B. Tancung. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Lumaela, A. K., Bambang, W. O., dan Sutikno. 2013. Pemodelan Chemical Oxygen Demand (COD) Sungai di Surabaya Dengan Metode Mixed Geographically Weighted Regression. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2 (1): 100-105.

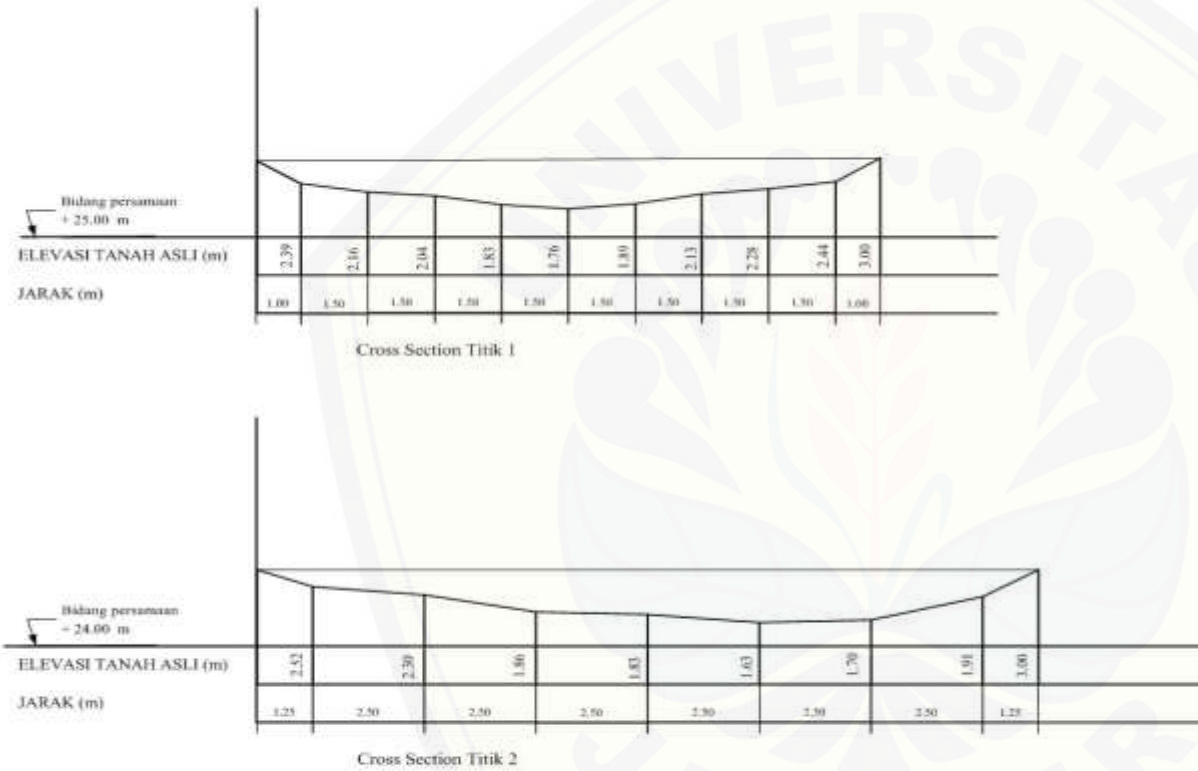
- Marganingrum, D., M. R. Djuwansah, dan Mulyono. 2018. penilaian Daya Tampung Sungai Jangkok dan Sungai Ancar terhadap Polutan Organik. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 19(1): 71 - 80.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomoer 38 Tahun 2011. *Sungai*. 27 Juli 2011. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 74. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82. 2001. *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. 14 Desember 2001. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara RI.
- Rahayu, S., Widodo, R. H., Noordwijk, M. Van, Suryadi, I., & Verbist, B. 2009 *Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai*. Bogor: World Agroforestry Centre.
- Rahayu, S. dan Tanowi. 2009. Penelitian Kualitas Air Bengawan Solo pada Saat Musim Kemarau. *Jurnal Sumber Daya Air*. 5.127-136.
- Samudro, G. dan Rulian, R. A. E. 2011. Studi Penurunan Kekeruhan dan Total Suspended Solids (TSS) dalam Bak Penampung Air Hujan (PAH) Menggunakan Reaktor *Gravity Roughing Filter (GRF)*. *Jurnal Presipitasi*. 8 (1): 14 – 20.
- Simajuntak, M. 2007. Oksigen Terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Teluk Klabat Pulau Bangka. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 12 (2): 59 - 66.
- Standar Nasional Indonesia Nomor 06-6989-03. 2004. *Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) secara Gravimetri*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia Nomor 06-6989-11. 2004. *Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH Meter*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia Nomor 06-6989-14. 2004. *Cara Uji Oksigen Terlarut secara Yodometri (Modifikasi Azida)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia Nomor 06-6989-23. 2005. *Cara Uji Suhu dengan Termometer*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia Nomor 06-6989-25. 2005. *Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia Nomor 6989-57. 2008. *Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. Nomor 6989-72. 2009. *Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD)*. Jakarta:


Badan Standarisasi Nasional.

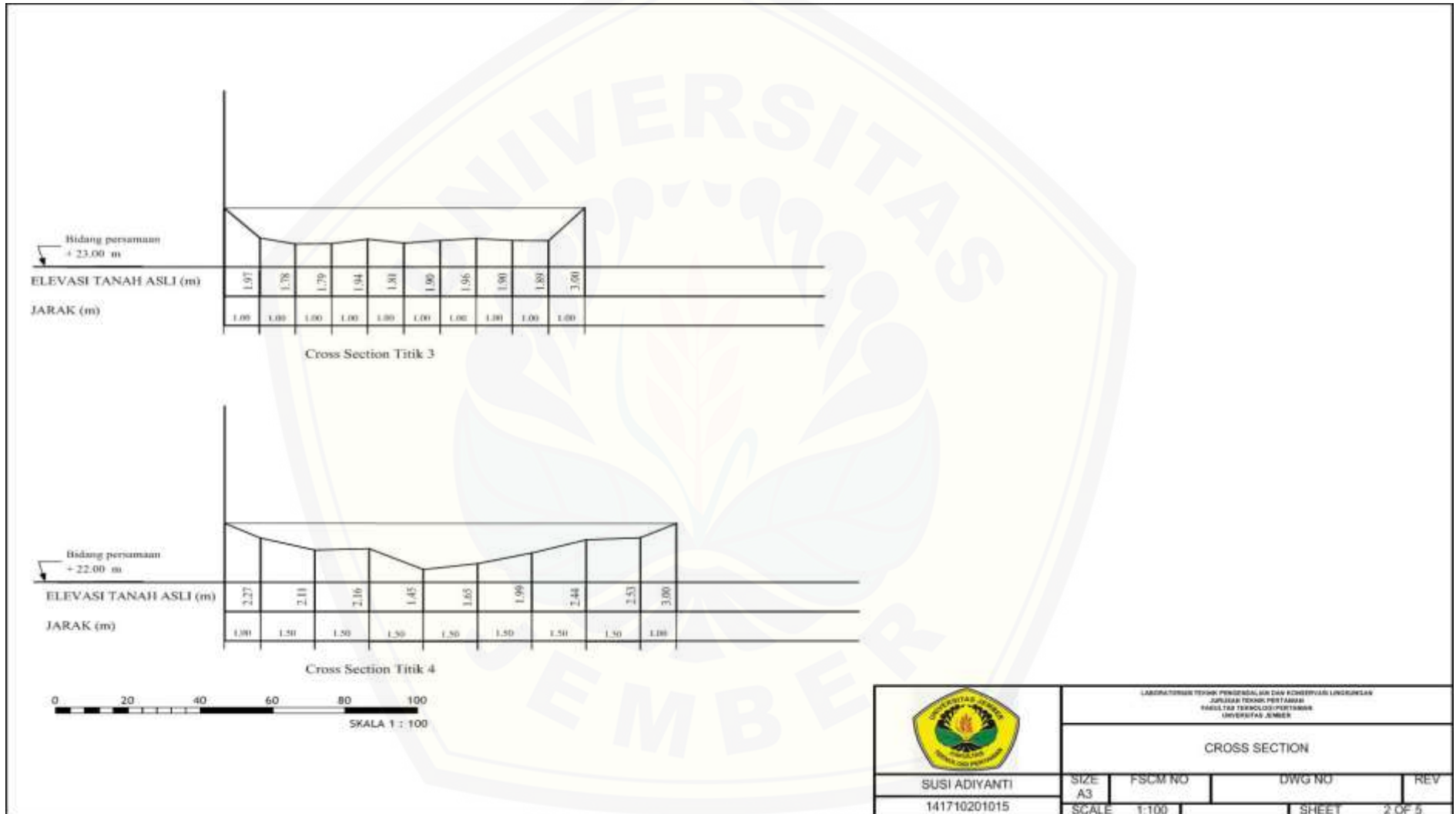
Yustiani, Y. M., S. Wahyuni, dan M. R. Alfian. 2018. Investigation on the Deoxygenation Rate of Water of Cimanuk River Indramayu Indonesia. *Rasayan J. Chem*, 11(2): 475 – 481.



Lampiran A. Cross Section



	LABORATORIUM TEKNIK PERENCANAAN DAN KONSTRUKSI LINGKUNGAN JURUSAN TEKNIK PERTANIAN FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER			
	CROSS SECTION			
SUSI ADIYANTI	SIZE A3	FSCM NO	DWG NO	REV
141710201015	SCALE	1:100	SHEET	1 OF 5



Lampiran B. Data Pengukuran Debit Sungai

a. Titik Lokasi 1

No Pias	Penampang Sungai					Kecepatan (v) (m/detik)	Debit (Q)	
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)		(m ³ /detik)	(liter/detik)
	d	D	d rata-rata					
1	0.61	0.84	0.73	1.00	0.73	0.33	0.24	239.25
2	0.84	0.96	0.90	1.50	1.35	0.55	0.74	742.50
3	0.96	1.17	1.07	1.50	1.60	0.59	0.94	942.53
4	1.17	1.24	1.21	1.50	1.81	0.89	1.61	1608.68
5	1.24	1.11	1.18	1.50	1.76	0.56	0.99	987.00
6	1.11	0.87	0.99	1.50	1.49	0.92	1.37	1366.20
7	0.87	0.72	0.80	1.50	1.19	0.75	0.89	888.41
8	0.72	0.56	0.64	1.00	0.64	0.44	0.28	281.60
Total				11.00	10.56		7.06	7056.16
Rata-Rata		0.93	0.94			0.63		

b. Titik Lokasi 2

No Pias	Penampang Sungai					Kecepatan (v) (m/detik)	Debit (Q)	
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)		(m ³ /detik)	(liter/detik)
	d	D	d rata-rata					
1	0.50	0.70	0.60	1.25	0.75	0.34	0.26	255.00
2	0.70	1.14	0.92	2.50	2.30	0.51	1.17	1166.10
3	1.14	1.17	1.16	2.50	2.89	0.53	1.52	1518.83
4	1.17	1.37	1.27	2.50	3.18	0.54	1.72	1724.03
5	1.37	1.30	1.34	2.50	3.34	0.36	1.19	1194.83
6	1.30	1.09	1.20	2.50	2.99	0.30	0.90	896.25
7	1.09	0.70	0.90	1.25	1.12	0.17	0.19	193.54
Total				15.00	16.56		6.95	6948.57
Rata-Rata			1.05			0.39		

c. Titik Lokasi 3

No Pias	Penampang Sungai					Kecepatan (v)	Debit (Q)	
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)		(m/detik)	(m ³ /detik)
	d	D	d rata-rata					
1	1.03	1.22	1.13	1.00	1.13	0.48	0.54	535.50
2	1.22	1.21	1.22	1.00	1.22	0.66	0.80	803.12
3	1.21	1.06	1.14	1.00	1.14	0.88	1.00	997.67
4	1.06	1.19	1.13	1.00	1.13	0.98	1.10	1102.50
5	1.19	1.10	1.15	1.00	1.15	1.00	1.14	1141.57
6	1.10	1.04	1.07	1.00	1.07	0.98	1.05	1047.53
7	1.19	1.10	1.15	1.00	1.15	0.66	0.76	755.70
8	1.10	1.11	1.11	1.00	1.11	0.48	0.53	530.40
Total				8.00	9.07		6.91	6913.98
Rata-Rata			1.13			0.76		

d. Titik Lokasi 4

No Pias	Penampang Sungai					Kecepatan (v)	Debit (Q)	
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)		(m/detik)	(m ³ /detik)
	d	D	d rata-rata					
1	0.73	0.89	0.81	1.00	0.81	0.37	0.30	302.94
2	0.89	0.84	0.87	1.50	1.30	0.81	1.05	1048.38
3	0.84	1.55	1.20	1.50	1.79	0.75	1.34	1335.41
4	1.55	1.35	1.45	1.50	2.18	0.81	1.77	1766.10
5	1.35	1.01	1.18	1.50	1.77	0.71	1.26	1258.47
6	1.01	0.56	0.79	1.50	1.18	0.78	0.92	916.10
7	0.56	0.47	0.52	1.00	0.52	0.58	0.30	297.16
Total				9.50	9.54		6.92	6924.55
Rata-Rata			0.97			0.69		

Lampiran C. Data Pengukuran pH

Titik	Waktu	pH			Rata-rata pH
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
1	9.27	6.7	6.5	6.5	6.6
2	10.57	6.4	6.2	6.4	6.3
3	13.34	6.5	6.5	6.5	6.5
4	14.44	6.4	6.5	6.5	6.5

Lampiran D. Data Pengukuran Suhu

Titik	Waktu	Suhu Air ($^{\circ}\text{C}$)			Suhu Udara ($^{\circ}\text{C}$)
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
1	9.27	28	27	27	28
2	10.57	28	28	28	29
3	13.34	28	29	29	30
4	14.44	29	29	29	31

Lampiran E. Data Pengukuran TDS

Titik	Pengenceran	TDS (mg/L)			TDS Rata-rata
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
1	1	90	94	94	92.67
2	1	89	91	90	90.00
3	1	91	94	89	91.33
4	1	95	95	93	94.33

Lampiran F. Data Pengukuran Kekeruhan

Titik	Pengenceran	NTU (mg/L)			NTU Rata-rata (mg/L)
		Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	
1	1	231	230	233	231.33
2	1	184	182	181	182.33
3	1	132	131	130	131.00
4	1	90.3	91.1	90.5	90.63

Lampiran G. Data Pengukuran TSS

$$TSS = \frac{(a-b) \times 1000}{c}$$

Keterangan:

a = berat filter dan residu sesudah pemanasan 105 °C

b = berat filter kering setelah pemanasan 105 °C

c = ml sampel

Volume sampel yang digunakan : 50 ml

Titik	Berat Kertas Saring Awal			Rata-rata (gram)	Berat Kertas Saring Akhir			Rata-Rata (gram)	TSS (mg/l)
	1	2	3		1	2	3		
	(gram)	(gram)	(gram)		(gram)	(gram)	(gram)		
1	0.5520	0.5519	0.5518	0.5519	0.5698	0.5708	0.5714	0.5707	375.33
2	0.5410	0.5411	0.5390	0.5404	0.5566	0.5568	0.5557	0.5568	328.67
3	0.5480	0.5470	0.5478	0.5476	0.5607	0.5611	0.5617	0.5612	271.33
4	0.5566	0.5576	0.5526	0.5556	0.5600	0.5604	0.5605	0.5603	94.00

$$\text{Titik 1: TSS(mg/l)} = \frac{(570,7-551,9) \times 1000}{50}$$

$$= 375,33 \text{ mg/l}$$

$$\text{Titik 2: TSS(mg/l)} = \frac{(556,8-540,4,9) \times 1000}{50}$$

$$= 328,67 \text{ mg/l}$$

$$\text{Titik 3: TSS(mg/l)} = \frac{(561,2-547,6) \times 1000}{50}$$

$$= 271,33 \text{ mg/l}$$

$$\text{Titik 4: TSS(mg/l)} = \frac{(560,3-555,6) \times 1000}{50}$$

$$= 94 \text{ mg/l}$$

Lampiran H. Data Pengukuran DO Lapang

No	Titik	Volume Botol Winkler (mL)	Analisa DO Winkler					Konsentrasi DO (mgO ₂ /L)	Rata-rata
			Volume Na ₂ S ₂ SO ₄ (ml)			Normalitas Na ₂ S ₂ SO ₄	Volume sampel (ml)		
			Pembacaan skala buret awal	Pembacaan skala buret akhir	Selisih Pembacaan				
1	1	138	0	3.4	3.4	0.025	138	5.00	5.00
2	1	138	0	3.4	3.4	0.025	138	5.00	
3	1	138	0	3.4	3.4	0.025	138	5.00	
4	2	138	0	3.5	3.5	0.025	138	5.15	5.15
5	2	138	0	3.4	3.4	0.025	138	5.00	
6	2	138	0	3.6	3.6	0.025	138	5.29	
7	3	138	0	4.5	4.45	0.025	138	6.54	6.47
8	3	138	0	4.4	4.35	0.025	138	6.40	
9	3	138	0	4.6	4.6	0.025	138	6.76	
10	4	138	0	3.5	3.5	0.025	138	5.15	5.15
11	4	138	0	3.6	3.6	0.025	138	5.29	
12	4	138	0	3.4	3.4	0.025	138	5.00	

Lampiran I. Data Pengukuran BOD

Titik	DO ₀			DO ₅			BOD (mg/L)
	(mg/L)			(mg/L)			
	1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata	
1	6.63	7.06	6.84	4.40	4.59	4.50	2.34
2	5.34	5.77	5.55	4.79	4.85	4.82	0.73
3	6.50	7.12	6.81	6.00	5.42	5.71	1.10
4	6.99	7.36	7.18	5.17	5.66	5.41	1.76

$$\text{Titik 1 : BOD}_5 \text{ (mg/l)} = \text{DO}_0 - \text{DO}_5$$

$$= 6,84 - 4,50$$

$$= 2,34 \text{ mg/l}$$

$$\text{Titik 2 : BOD}_5 \text{ (mg/l)} = \text{DO}_0 - \text{DO}_5$$

$$= 5,55 - 4,82$$

$$= 0,73 \text{ mg/l}$$

$$\text{Titik 3 : BOD}_5 \text{ (mg/l)} = \text{DO}_0 - \text{DO}_5$$

$$= 6,81 - 5,71$$

$$= 1,10 \text{ mg/l}$$

$$\text{Titik 4 : BOD}_5 \text{ (mg/l)} = \text{DO}_0 - \text{DO}_5$$

$$= 5,55 - 4,82$$

$$= 1,76 \text{ mg/l}$$

Lampiran J. Data Pengukuran Beban Pencemaran

Titik	Q Total		BOD (mg/L)	Beban Pencemaran (Kg/hari)
	(L/s)	(m ³ /s)		
1	7056.16	7.06	2.34	1428.01
2	6948.57	6.95	0.73	441.24
3	6913.98	6.91	0.51	301.98
4	6924.55	6.92	1.76	1055.64

Titik 1: Q = 7056.16 liter/s x 3600 x 24
 = 609652440 liter/hari

BOD = 2,34 mg/l x 10⁻⁶
 = 2,34 x 10⁻⁶ kg/l

Beban Pencemaran = Q x BOD
 = 609652440 liter/hari x 2,34 x 10⁻⁶ kg/l
 = 1428.01 kg/hari

Titik 2: Q = 6948.57 liter/s x 3600 x 24
 = 600356340 liter/hari

BOD = 0,73 mg/l x 10⁻⁶
 = 0,73 x 10⁻⁶ kg/l

Beban Pencemaran = Q x BOD
 = 600356448 liter/hari x 0,73 x 10⁻⁶ kg/l
 = 441.24 kg/hari

Titik 3: Q = 6913.98 liter/s x 3600 x 24
 = 597367440 liter/hari

BOD = 0.51 mg/l x 10⁻⁶
 = 0.51 x 10⁻⁶ kg/l

Beban Pencemaran = Q x BOD
 = 597367440 liter/hari x 1,10 x 10⁻⁶ kg/l
 = 301.98 kg/hari

Titik 4: $Q = 6924.55 \text{ liter/s} \times 3600 \times 24$
 $= 598281336 \text{ liter/hari}$
 $BOD = 1,76 \text{ mg/l} \times 10^{-6}$
 $= 1,76 \times 10^{-6} \text{ kg/l}$
 Beban Pencemaran $= Q \times BOD$
 $= 598281336 \text{ liter/hari} \times 1,76 \times 10^{-6} \text{ kg/l}$
 $= 1055.64 \text{ kg/hari}$

Lampiran K. Penentuan Daya Tampung Sungai Menggunakan Metode Streeter-Phelps

11.1 Penentuan konstanta reaksi (metode *least square*)

Hari	Titrasi (ml)			Do (mg/l)	BOD (mg/l)	y	y ²	y'	yy'
	Awal	Akhir	Selisih						
0					0	0			
2	33.6	42.9	9.3	5.71	1.13	1.13	1.29	0.45	0.510736
4	1.1	9	7.9	5.04	1.80	1.80	3.24	0.121472	0.21865
6	1.7	9.5	7.8	4.98	1.86	1.86	3.47	0.185276	0.345318
8	5.7	11.5	5.8	3.56	3.28	3.28	10.77	0.332025	1.089774
10	1.7	4.4	2.7	1.66	5.18				
Jumlah						8.08	18.77	1.09	2.16

Berdasarkan tabel diatas, maka dapat disimpulkan persamaan sebagai

berikut:

$$na + b \sum y - \sum y' = 0 \Leftrightarrow 4a + 8.08b - 1.09 = 0$$

$$a \sum y + b \sum y^2 - \sum yy' = 0 \Leftrightarrow 8.08a + 18.77b - 2.16 = 0$$

4a	+	8.08b	=	1.09	x	8.08
8.08a	+	18.77b	=	2.16	x	4
<hr/>						
32.32393 a	+	65.30226 b	=	8.7983546		
32.32393 a	+	75.1 b	=	8.6579141	-	
<hr/>						
0	+	-9.80 b	=	0.1404405		
		b	=	- 0.0143		

Sehingga nilai $k' = (-b) = (-1) \times (-0.0143) = 0.0143 \text{ hari}^{-1}$

11.2 Perhitungan BOD awal pencampuran dengan pencemaran pada titik 1

$$\begin{aligned}
 Lo &= \frac{BOD5}{1 - e^{-5Kt}} \\
 &= \frac{2,34}{1 - 2,72^{-5(0,0143)}} \\
 &= 33.865 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

11.3 Perhitungan laju deoksigenasi Sungai Tamansari

Titik lokasi	Suhu Air Sungai (°C)	Kedalaman sungai (H) Rata-rata (m)	Konstanta Deoksigenasi pada T = 20 °C (Kd) (Hari ⁻¹)	Konstanta Deoksigenasi pada T °C (K _{DT}) (Hari ⁻¹)	Lo (mg/l)	Laju Deoksigenasi (rD) (mg/l.hari)
1	27.33	0.94	0.76	1.066	33.865	0.163
2	28	1.05	0.72	1.045	10.626	0.056
3	28.67	1.13	0.7	1.039	7.309	0.039
4	29	0.98	0.75	1.127	25.51	0.095

Dengan: $K_d = 0,3 \times \left[\frac{H}{8}\right]^{-0,434}$; $L_t = L_o \cdot e^{-k \cdot t}$; $K_{DT} = K_D \cdot (1.047)^{T-20}$; $rD = K_{D.T} \times L_o$

11.4 Perhitungan laju reaerasi Sungai Tamansari

Titik lokasi	DO (mg/l)	Suhu Air Sungai (T) (°C)	Kedalaman sungai (H) Rata-rata (m)	Kecepatan (V) Rata-rata (m/s)	Koefisien difusi molekulr oksigen pada T (D _{LT}) (m ² .hari ⁻¹)	Konstanta Reaerasi pada T = 20 °C (K _R) (Hari ⁻¹)	Konstanta Reaerasi pada T °C (K _{Rt}) (Hari ⁻¹)	DO saturasi pada T °C (DO _s) (mg/l)	Laju Reaerasi (r _R) (mg/l.hari)
1	5.00	27.33	0.94	0.63	0.00023	3.895	4.375	7.91	12.745
2	5.15	28.00	1.05	0.39	0.00024	2.615	2.970	7.82	7.946
3	6.47	28.67	1.13	0.75	0.00024	3.238	3.715	7.73	4.666
4	5.15	29.00	0.98	0.69	0.00024	3.914	4.515	8.11	13.391

Dengan: $D_{LT} = 1.760 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{detik} \times 1.037^{(T-20)}$; $K_R = (294(D_{LT} \times v)^{1/2})/H^{3/2}$; $K_{R.T} = (K_R(1.016)^{T-20})$; $DO_{def} = (DO_s - DO_{act})$; $r_R = K_{R.T} \times D$

11.5 Perhitungan Waktu kritis, jarak kritis, dan defisit oksigen kritis Sungai

Tamansari

Titik lokasi	DO	Suhu Air Sungai (T)	Kecepatan (V) Rata-rata	Konstanta Deoksigenasi pada T = 20 °C (Kd)	Konstanta Reaerasi pada T = 20 °C (Kr)
	mg/l	(°C)	m/s	Hari ⁻¹	Hari ⁻¹
1	5.00	27.33	0.63	0.76	3.895
2	5.15	28.00	0.39	0.72	2.615
3	6.47	28.67	0.75	0.70	3.238
4	5.15	29.00	0.69	0.75	3.914

Lo	DO saturasi pada T °C (DO s)	DO defisit	Waktu Kritis (tc)	Jarak Kritis (Xc)	Defisit Oksigen Kritis (Dc)
mg/l	mg/l	mg/l	hari	km	mg/l
33.865	7.91	2.913	0.313	16.972	6.501
10.626	7.82	2.676	0.291	9.862	3.029
7.309	7.73	1.256	0.265	17.231	1.699
25.510	8.11	2.966	0.266	15.805	5.222

Dengan:

$$tc = \frac{1}{K'2 - K'} \ln \left\{ \frac{K'}{K'2} \left[1 - \frac{Do(K'2 - K')}{K'Lo'} \right] \right\} ;$$

$$Xc = tc \times v ;$$

$$Dc = \frac{KD}{KR} Lo e^{-Kd \cdot tc}$$

lampiran L. Pengukuran Daya Tampung Sungai Tamansari Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember

		DO sat : 7.913	DO sat : 7.823	DO sat : 7.726	DO sat : 8.113				
		DO mix : 5.000	DO mix : 5.147	DO mix : 6.471	DO mix : 5.147				
		Do def : 2.913	Do def : 2.676	Do def : 1.256	Do def : 2.966				
		Lo : 33.86	Lo : 10.63	Lo : 7.31	Lo : 25.51				
		Kd : 1.066	Kd : 1.045	Kd : 1.039	Kd : 1.127				
		Kr : 4.375	Kr : 2.970	Kr : 3.715	Kr : 4.515				
x (km)	t (d)	Dt	DO	Dt	DO	Dt	DO	Dt	DO
0.00	0.00	2.913	5.000	2.6759	5.147	1.2557	6.471	2.9659	5.147
0.25	0.00	3.0191	4.894	2.6902	5.133	1.269	6.457	3.0357	5.077
1.25	0.02	3.4147	4.498	2.7432	5.080	1.3184	6.408	3.294	4.819
2.25	0.04	3.7674	4.146	2.7895	5.033	1.362	6.364	3.5213	4.592
3.25	0.06	4.0809	3.832	2.8297	4.993	1.4002	6.326	3.7205	4.393
4.25	0.08	4.3582	3.555	2.8642	4.959	1.4334	6.293	3.8938	4.219
5.25	0.10	4.6026	3.310	2.8933	4.930	1.4621	6.264	4.0437	4.069
6.25	0.12	4.8167	3.096	2.9174	4.906	1.4865	6.240	4.1721	3.941
7.25	0.13	5.0031	2.910	2.9368	4.886	1.507	6.219	4.281	3.832
8.25	0.15	5.1642	2.749	2.9519	4.871	1.5239	6.202	4.3721	3.741
9.25	0.17	5.3022	2.611	2.9629	4.860	1.5374	6.189	4.447	3.666
10.25	0.19	5.419	2.494	2.9701	4.853	1.5479	6.178	4.5073	3.606
11.25	0.21	5.5165	2.396	2.9737	4.849	1.5556	6.171	4.5542	3.559
12.25	0.23	5.5964	2.317	2.9741	4.849	1.5607	6.166	4.589	3.524
13.25	0.24	5.6602	2.253	2.9714	4.852	1.5633	6.163	4.6128	3.500
14.25	0.26	5.7095	2.204	2.966	4.857	1.5638	6.162	4.6267	3.486
15.25	0.28	5.7454	2.168	2.9578	4.865	1.5623	6.164	4.6316	3.481
16.25	0.30	5.7693	2.144	2.9473	4.876	1.559	6.167	4.6284	3.485
17.25	0.32	5.7822	2.131	2.9345	4.888	1.554	6.172	4.618	3.495
18.25	0.34	5.7851	2.128	2.9197	4.903	1.5474	6.179	4.601	3.512
19.25	0.35	5.7791	2.134	2.903	4.920	1.5395	6.187	4.5781	3.535
20.25	0.37	5.7649	2.148	2.8845	4.939	1.5303	6.196	4.55	3.563
21.25	0.39	5.7434	2.170	2.8643	4.959	1.52	6.206	4.5172	3.596
22.25	0.41	5.7153	2.198	2.8428	4.980	1.5086	6.218	4.4802	3.633
23.25	0.43	5.6812	2.232	2.8198	5.003	1.4962	6.230	4.4395	3.673
24.25	0.45	5.6419	2.271	2.7957	5.027	1.4831	6.243	4.3956	3.717
25.25	0.47	5.5978	2.315	2.7704	5.053	1.4691	6.257	4.3487	3.764
26.25	0.48	5.5495	2.363	2.7441	5.079	1.4545	6.272	4.2994	3.814
27.25	0.50	5.4974	2.416	2.7169	5.106	1.4393	6.287	4.2478	3.865

28.25	0.52	5.4421		2.471	2.6889		5.134	1.4236		6.303	4.1944		3.919
29.25	0.54	5.3838		2.529	2.6602		5.163	1.4074		6.319	4.1394		3.974
30.25	0.56	5.3229		2.590	2.6308		5.192	1.3908		6.336	4.083		4.030
31.25	0.58	5.2599		2.653	2.6008		5.222	1.3738		6.353	4.0255		4.088
32.25	0.59	5.1949		2.718	2.5703		5.253	1.3565		6.370	3.9671		4.146
33.25	0.61	5.1284		2.785	2.5394		5.284	1.339		6.387	3.9079		4.205
34.25	0.63	5.0604		2.853	2.5081		5.315	1.3213		6.405	3.8481		4.265
35.25	0.65	4.9913		2.922	2.4765		5.346	1.3034		6.423	3.7879		4.325
36.25	0.67	4.9213		2.992	2.4447		5.378	1.2854		6.441	3.7275		4.386
37.25	0.69	4.8505		3.062	2.4126		5.410	1.2672		6.459	3.6669		4.446
38.25	0.70	4.7792		3.134	2.3804		5.443	1.249		6.477	3.6063		4.507
39.25	0.72	4.7075		3.206	2.348		5.475	1.2308		6.496	3.5457		4.567
40.25	0.74	4.6355		3.277	2.3156		5.507	1.2125		6.514	3.4853		4.628
41.25	0.76	4.5635		3.350	2.2831		5.540	1.1943		6.532	3.4251		4.688
42.25	0.78	4.4914		3.422	2.2507		5.572	1.176		6.550	3.3653		4.748
43.25	0.80	4.4194		3.494	2.2182		5.605	1.1579		6.568	3.3058		4.807
44.25	0.82	4.3477		3.565	2.1858		5.637	1.1398		6.587	3.2468		4.866
45.25	0.83	4.2762		3.637	2.1535		5.669	1.1218		6.605	3.1883		4.925
46.25	0.85	4.2051		3.708	2.1214		5.702	1.1039		6.622	3.1304		4.983
47.25	0.87	4.1345		3.778	2.0893		5.734	1.0861		6.640	3.073		5.040
48.25	0.89	4.0644		3.849	2.0575		5.766	1.0684		6.658	3.0162		5.097
49.25	0.91	3.9948		3.918	2.0258		5.797	1.0509		6.675	2.9601		5.153
50.25	0.93	3.9259		3.987	1.9943		5.829	1.0335		6.693	2.9047		5.208
51.25	0.94	3.8576		4.055	1.963		5.860	1.0163		6.710	2.85		5.263
52.25	0.96	3.7901		4.123	1.932		5.891	0.9993		6.727	2.796		5.317
53.25	0.98	3.7232		4.190	1.9012		5.922	0.9824		6.744	2.7427		5.370
54.25	1.00	3.6572		4.256	1.8707		5.952	0.9657		6.761	2.6902		5.423
55.25	1.02	3.5919		4.321	1.8405		5.983	0.9492		6.777	2.6385		5.474
56.25	1.04	3.5274		4.386	1.8105		6.012	0.9329		6.793	2.5876		5.525
57.25	1.05	3.4638		4.449	1.7809		6.042	0.9168		6.810	2.5374		5.576
58.25	1.07	3.401		4.512	1.7516		6.071	0.9009		6.825	2.488		5.625
59.25	1.09	3.3391		4.574	1.7225		6.100	0.8852		6.841	2.4394		5.674
60.25	1.11	3.2781		4.635	1.6938		6.129	0.8697		6.857	2.3916		5.721
61.25	1.13	3.218		4.695	1.6654		6.158	0.8544		6.872	2.3446		5.768
62.25	1.15	3.1587		4.754	1.6374		6.186	0.8394		6.887	2.2984		5.815
63.25	1.17	3.1004		4.813	1.6097		6.213	0.8245		6.902	2.253		5.860
64.25	1.18	3.0429		4.870	1.5823		6.241	0.8098		6.917	2.2084		5.905
65.25	1.20	2.9864		4.927	1.5553		6.268	0.7954		6.931	2.1646		5.948
66.25	1.22	2.9307		4.982	1.5286		6.294	0.7812		6.945	2.1215		5.992
67.25	1.24	2.8759		5.037	1.5023		6.321	0.7671		6.959	2.0792		6.034
68.25	1.26	2.822		5.091	1.4763		6.347	0.7533		6.973	2.0377		6.075

69.25	1.28	2.7691		5.144	1.4507		6.372	0.7397		6.987	1.9969		6.116
70.25	1.29	2.717		5.196	1.4254		6.398	0.7264		7.000	1.9568		6.156
71.25	1.31	2.6657		5.247	1.4005		6.422	0.7132		7.013	1.9176		6.195
72.25	1.33	2.6154		5.298	1.376		6.447	0.7002		7.026	1.879		6.234
73.25	1.35	2.5659		5.347	1.3517		6.471	0.6875		7.039	1.8412		6.272
74.25	1.37	2.5173		5.396	1.3279		6.495	0.6749		7.051	1.8041		6.309
75.25	1.39	2.4695		5.444	1.3044		6.519	0.6626		7.064	1.7676		6.345
76.25	1.41	2.4225		5.490	1.2813		6.542	0.6505		7.076	1.7319		6.381
77.25	1.42	2.3764		5.537	1.2585		6.565	0.6385		7.088	1.6969		6.416
78.25	1.44	2.3311		5.582	1.236		6.587	0.6268		7.100	1.6625		6.450
79.25	1.46	2.2866		5.626	1.2139		6.609	0.6153		7.111	1.6288		6.484
80.25	1.48	2.243		5.670	1.1922		6.631	0.6039		7.122	1.5958		6.517
81.25	1.50	2.2001		5.713	1.1707		6.652	0.5928		7.134	1.5634		6.550
82.25	1.52	2.1579		5.755	1.1497		6.673	0.5818		7.145	1.5316		6.581
83.25	1.53	2.1166		5.796	1.1289		6.694	0.5711		7.155	1.5005		6.613
84.25	1.55	2.076		5.837	1.1085		6.715	0.5605		7.166	1.4699		6.643
85.25	1.57	2.0362		5.877	1.0884		6.735	0.5501		7.176	1.44		6.673
86.25	1.59	1.997		5.916	1.0687		6.754	0.5399		7.186	1.4107		6.702
87.25	1.61	1.9586		5.954	1.0492		6.774	0.5298		7.197	1.3819		6.731
88.25	1.63	1.921		5.992	1.0301		6.793	0.52		7.206	1.3537		6.759
89.25	1.64	1.884		6.029	1.0113		6.812	0.5103		7.216	1.3261		6.787
90.25	1.66	1.8477		6.065	0.9929		6.830	0.5008		7.226	1.299		6.814
91.25	1.68	1.8121		6.101	0.9747		6.848	0.4914		7.235	1.2725		6.840
92.25	1.70	1.7772		6.136	0.9568		6.866	0.4822		7.244	1.2465		6.866
93.25	1.72	1.7429		6.170	0.9393		6.884	0.4732		7.253	1.221		6.892
94.25	1.74	1.7092		6.204	0.922		6.901	0.4644		7.262	1.1961		6.917
95.25	1.76	1.6762		6.237	0.905		6.918	0.4557		7.271	1.1716		6.941
96.25	1.77	1.6439		6.269	0.8884		6.935	0.4472		7.279	1.1476		6.965
97.25	1.79	1.6121		6.301	0.872		6.951	0.4388		7.288	1.1242		6.989
98.25	1.81	1.5809		6.332	0.8559		6.967	0.4306		7.296	1.1011		7.012
99.25	1.83	1.5503		6.363	0.84		6.983	0.4225		7.304	1.0786		7.034
100.25	1.85	1.5204		6.393	0.8245		6.999	0.4145		7.312	1.0565		7.057
101.25	1.87	1.4909		6.422	0.8092		7.014	0.4068		7.320	1.0349		7.078
102.25	1.88	1.4621		6.451	0.7942		7.029	0.3991		7.327	1.0136		7.099
103.25	1.90	1.4338		6.479	0.7794		7.044	0.3916		7.335	0.9929		7.120
104.25	1.92	1.406		6.507	0.765		7.058	0.3843		7.342	0.9725		7.140
105.25	1.94	1.3788		6.534	0.7507		7.072	0.377		7.349	0.9526		7.160
106.25	1.96	1.352		6.561	0.7367		7.086	0.3699		7.356	0.933		7.180
107.25	1.98	1.3258		6.587	0.723		7.100	0.363		7.363	0.9139		7.199
108.25	1.99	1.3001		6.613	0.7095		7.113	0.3561		7.370	0.8952		7.218
109.25	2.01	1.2749		6.638	0.6963		7.127	0.3494		7.377	0.8768		7.236

110.25	2.03	1.2502	6.663	0.6833	7.140	0.3428	7.383	0.8588	7.254
111.25	2.05	1.226	6.687	0.6705	7.152	0.3364	7.390	0.8412	7.272
112.25	2.07	1.2022	6.711	0.658	7.165	0.33	7.396	0.8239	7.289
113.25	2.09	1.1789	6.734	0.6457	7.177	0.3238	7.403	0.807	7.306
114.25	2.11	1.156	6.757	0.6336	7.189	0.3177	7.409	0.7904	7.323
115.25	2.12	1.1336	6.779	0.6217	7.201	0.3117	7.415	0.7742	7.339
116.25	2.14	1.1116	6.801	0.61	7.213	0.3058	7.421	0.7583	7.355
117.25	2.16	1.09	6.823	0.5986	7.224	0.3	7.426	0.7427	7.370
118.25	2.18	1.0688	6.844	0.5873	7.236	0.2944	7.432	0.7275	7.386
119.25	2.20	1.0481	6.865	0.5763	7.247	0.2888	7.438	0.7125	7.400
120.25	2.22	1.0277	6.885	0.5655	7.258	0.2834	7.443	0.6979	7.415
121.25	2.23	1.0078	6.905	0.5548	7.268	0.278	7.448	0.6836	7.429
122.25	2.25	0.9882	6.925	0.5444	7.279	0.2727	7.454	0.6695	7.443
123.25	2.27	0.969	6.944	0.5342	7.289	0.2676	7.459	0.6558	7.457
124.25	2.29	0.9502	6.963	0.5241	7.299	0.2625	7.464	0.6423	7.471
125.25	2.31	0.9317	6.981	0.5142	7.309	0.2576	7.469	0.6291	7.484
126.25	2.33	0.9136	6.999	0.5045	7.318	0.2527	7.474	0.6162	7.497
127.25	2.34	0.8959	7.017	0.495	7.328	0.2479	7.478	0.6035	7.509
128.25	2.36	0.8785	7.035	0.4857	7.337	0.2432	7.483	0.5911	7.522
129.25	2.38	0.8614	7.052	0.4765	7.346	0.2386	7.488	0.579	7.534
130.25	2.40	0.8447	7.068	0.4675	7.355	0.2341	7.492	0.5671	7.546
131.25	2.42	0.8283	7.085	0.4587	7.364	0.2297	7.497	0.5554	7.558
132.25	2.44	0.8122	7.101	0.45	7.373	0.2253	7.501	0.544	7.569
133.25	2.46	0.7964	7.117	0.4415	7.381	0.2211	7.505	0.5328	7.580
134.25	2.47	0.7809	7.132	0.4332	7.390	0.2169	7.509	0.5219	7.591
135.25	2.49	0.7657	7.147	0.425	7.398	0.2128	7.514	0.5112	7.602
136.25	2.51	0.7509	7.162	0.417	7.406	0.2087	7.518	0.5006	7.612
137.25	2.53	0.7363	7.177	0.4091	7.414	0.2048	7.522	0.4904	7.623
138.25	2.55	0.722	7.191	0.4013	7.422	0.2009	7.525	0.4803	7.633
139.25	2.57	0.7079	7.205	0.3937	7.429	0.1971	7.529	0.4704	7.643
140.25	2.58	0.6942	7.219	0.3863	7.437	0.1934	7.533	0.4607	7.652
141.25	2.60	0.6807	7.232	0.379	7.444	0.1897	7.537	0.4513	7.662
142.25	2.62	0.6674	7.246	0.3718	7.451	0.1861	7.540	0.442	7.671
143.25	2.64	0.6545	7.259	0.3647	7.458	0.1826	7.544	0.4329	7.680
144.25	2.66	0.6417	7.271	0.3578	7.465	0.1791	7.547	0.424	7.689
145.25	2.68	0.6293	7.284	0.3511	7.472	0.1757	7.551	0.4153	7.698
146.25	2.69	0.617	7.296	0.3444	7.479	0.1724	7.554	0.4068	7.706
147.25	2.71	0.605	7.308	0.3379	7.485	0.1691	7.557	0.3984	7.715
148.25	2.73	0.5933	7.320	0.3315	7.492	0.1659	7.560	0.3902	7.723
149.25	2.75	0.5818	7.331	0.3252	7.498	0.1628	7.564	0.3822	7.731
150.25	2.77	0.5704	7.343	0.319	7.504	0.1597	7.567	0.3743	7.739

151.25	2.79	0.5594	7.354	0.313	7.510	0.1567	7.570	0.3666	7.746
152.25	2.81	0.5485	7.365	0.307	7.516	0.1537	7.573	0.3591	7.754
153.25	2.82	0.5378	7.375	0.3012	7.522	0.1508	7.576	0.3517	7.761
154.25	2.84	0.5274	7.386	0.2955	7.528	0.1479	7.578	0.3445	7.769
155.25	2.86	0.5171	7.396	0.2899	7.533	0.1451	7.581	0.3374	7.776
156.25	2.88	0.5071	7.406	0.2844	7.539	0.1424	7.584	0.3305	7.783
157.25	2.90	0.4972	7.416	0.279	7.544	0.1397	7.587	0.3237	7.789
158.25	2.92	0.4875	7.425	0.2737	7.549	0.137	7.589	0.317	7.796
159.25	2.93	0.478	7.435	0.2685	7.555	0.1344	7.592	0.3105	7.803
160.25	2.95	0.4688	7.444	0.2634	7.560	0.1319	7.594	0.3041	7.809
161.25	2.97	0.4596	7.453	0.2584	7.565	0.1294	7.597	0.2979	7.815
162.25	2.99	0.4507	7.462	0.2534	7.570	0.1269	7.599	0.2917	7.821
163.25	3.01	0.4419	7.471	0.2486	7.574	0.1245	7.602	0.2857	7.827
164.25	3.03	0.4333	7.480	0.2439	7.579	0.1222	7.604	0.2799	7.833
165.25	3.04	0.4249	7.488	0.2393	7.584	0.1199	7.606	0.2741	7.839
166.25	3.06	0.4167	7.496	0.2347	7.588	0.1176	7.609	0.2685	7.845
167.25	3.08	0.4086	7.504	0.2303	7.593	0.1154	7.611	0.263	7.850
168.25	3.10	0.4006	7.512	0.2259	7.597	0.1132	7.613	0.2575	7.855
169.25	3.12	0.3928	7.520	0.2216	7.601	0.111	7.615	0.2522	7.861
170.25	3.14	0.3852	7.528	0.2174	7.606	0.1089	7.617	0.2471	7.866
171.25	3.16	0.3777	7.535	0.2132	7.610	0.1069	7.619	0.242	7.871
172.25	3.17	0.3704	7.543	0.2092	7.614	0.1048	7.622	0.237	7.876
173.25	3.19	0.3632	7.550	0.2052	7.618	0.1028	7.623	0.2321	7.881
174.25	3.21	0.3561	7.557	0.2013	7.622	0.1009	7.625	0.2274	7.886
175.25	3.23	0.3492	7.564	0.1975	7.626	0.099	7.627	0.2227	7.890
176.25	3.25	0.3424	7.571	0.1937	7.629	0.0971	7.629	0.2181	7.895
177.25	3.27	0.3357	7.577	0.19	7.633	0.0953	7.631	0.2136	7.899
178.25	3.28	0.3292	7.584	0.1864	7.637	0.0934	7.633	0.2092	7.904
179.25	3.30	0.3228	7.590	0.1829	7.640	0.0917	7.635	0.2049	7.908
180.25	3.32	0.3165	7.596	0.1794	7.644	0.0899	7.636	0.2007	7.912
181.25	3.34	0.3104	7.603	0.176	7.647	0.0882	7.638	0.1966	7.916
182.25	3.36	0.3043	7.609	0.1726	7.650	0.0866	7.640	0.1925	7.920
183.25	3.38	0.2984	7.615	0.1693	7.654	0.0849	7.641	0.1886	7.924
184.25	3.40	0.2926	7.620	0.1661	7.657	0.0833	7.643	0.1847	7.928
185.25	3.41	0.2869	7.626	0.1629	7.660	0.0817	7.645	0.1809	7.932
186.25	3.43	0.2813	7.632	0.1598	7.663	0.0802	7.646	0.1772	7.936
187.25	3.45	0.2759	7.637	0.1568	7.666	0.0787	7.648	0.1736	7.939
188.25	3.47	0.2705	7.642	0.1538	7.669	0.0772	7.649	0.17	7.943
189.25	3.49	0.2652	7.648	0.1509	7.672	0.0757	7.651	0.1665	7.947
190.25	3.51	0.2601	7.653	0.148	7.675	0.0743	7.652	0.1631	7.950
191.25	3.52	0.255	7.658	0.1452	7.678	0.0729	7.653	0.1597	7.953

192.25	3.54	0.2501	7.663	0.1424	7.681	0.0715	7.655	0.1564	7.957
193.25	3.56	0.2452	7.668	0.1397	7.683	0.0701	7.656	0.1532	7.960
194.25	3.58	0.2404	7.673	0.1371	7.686	0.0688	7.658	0.1501	7.963
195.25	3.60	0.2358	7.677	0.1344	7.689	0.0675	7.659	0.147	7.966
196.25	3.62	0.2312	7.682	0.1319	7.691	0.0662	7.660	0.144	7.969
197.25	3.63	0.2267	7.686	0.1294	7.694	0.065	7.661	0.141	7.972
198.25	3.65	0.2223	7.691	0.1269	7.696	0.0637	7.663	0.1381	7.975
199.25	3.67	0.218	7.695	0.1245	7.699	0.0625	7.664	0.1353	7.978
200.25	3.69	0.2137	7.699	0.1221	7.701	0.0613	7.665	0.1325	7.981
201.25	3.71	0.2096	7.703	0.1198	7.703	0.0602	7.666	0.1298	7.983
202.25	3.73	0.2055	7.708	0.1175	7.705	0.059	7.667	0.1271	7.986
203.25	3.75	0.2015	7.712	0.1153	7.708	0.0579	7.668	0.1245	7.989
204.25	3.76	0.1976	7.715	0.1131	7.710	0.0568	7.670	0.1219	7.991
205.25	3.78	0.1937	7.719	0.1109	7.712	0.0557	7.671	0.1194	7.994
206.25	3.80	0.19	7.723	0.1088	7.714	0.0547	7.672	0.1169	7.996
207.25	3.82	0.1863	7.727	0.1067	7.716	0.0536	7.673	0.1145	7.998
208.25	3.84	0.1826	7.730	0.1047	7.718	0.0526	7.674	0.1122	8.001
209.25	3.86	0.1791	7.734	0.1027	7.720	0.0516	7.675	0.1099	8.003
210.25	3.87	0.1756	7.737	0.1008	7.722	0.0506	7.676	0.1076	8.005
211.25	3.89	0.1722	7.741	0.0988	7.724	0.0497	7.677	0.1054	8.008
212.25	3.91	0.1689	7.744	0.0969	7.726	0.0487	7.678	0.1032	8.010
213.25	3.93	0.1656	7.747	0.0951	7.728	0.0478	7.679	0.1011	8.012
214.25	3.95	0.1623	7.751	0.0933	7.730	0.0469	7.679	0.099	8.014
215.25	3.97	0.1592	7.754	0.0915	7.731	0.046	7.680	0.097	8.016
216.25	3.98	0.1561	7.757	0.0898	7.733	0.0451	7.681	0.095	8.018
217.25	4.00	0.1531	7.760	0.0881	7.735	0.0443	7.682	0.0931	8.020
218.25	4.02	0.1501	7.763	0.0864	7.737	0.0434	7.683	0.0911	8.022
219.25	4.04	0.1472	7.766	0.0847	7.738	0.0426	7.684	0.0893	8.024
220.25	4.06	0.1443	7.769	0.0831	7.740	0.0418	7.685	0.0874	8.026
221.25	4.08	0.1415	7.772	0.0815	7.741	0.041	7.685	0.0856	8.027
222.25	4.10	0.1387	7.774	0.08	7.743	0.0402	7.686	0.0839	8.029
223.25	4.11	0.136	7.777	0.0785	7.745	0.0395	7.687	0.0822	8.031
224.25	4.13	0.1334	7.780	0.077	7.746	0.0387	7.688	0.0805	8.033
225.25	4.15	0.1308	7.782	0.0755	7.748	0.038	7.688	0.0788	8.034
226.25	4.17	0.1283	7.785	0.0741	7.749	0.0373	7.689	0.0772	8.036
227.25	4.19	0.1258	7.787	0.0726	7.750	0.0366	7.690	0.0756	8.037
228.25	4.21	0.1233	7.790	0.0713	7.752	0.0359	7.690	0.074	8.039
229.25	4.22	0.1209	7.792	0.0699	7.753	0.0352	7.691	0.0725	8.040
230.25	4.24	0.1186	7.794	0.0686	7.754	0.0345	7.692	0.071	8.042
231.25	4.26	0.1163	7.797	0.0673	7.756	0.0339	7.692	0.0696	8.043
232.25	4.28	0.114	7.799	0.066	7.757	0.0332	7.693	0.0681	8.045

233.25	4.30	0.1118	7.801	0.0647	7.758	0.0326	7.694	0.0667	8.046
234.25	4.32	0.1096	7.803	0.0635	7.760	0.032	7.694	0.0654	8.048
235.25	4.33	0.1075	7.806	0.0623	7.761	0.0314	7.695	0.064	8.049
236.25	4.35	0.1054	7.808	0.0611	7.762	0.0308	7.696	0.0627	8.050
237.25	4.37	0.1033	7.810	0.0599	7.763	0.0302	7.696	0.0614	8.052
238.25	4.39	0.1013	7.812	0.0588	7.764	0.0296	7.697	0.0602	8.053
239.25	4.41	0.0994	7.814	0.0577	7.765	0.0291	7.697	0.0589	8.054
240.25	4.43	0.0974	7.816	0.0566	7.766	0.0285	7.698	0.0577	8.055
241.25	4.45	0.0955	7.817	0.0555	7.768	0.028	7.698	0.0565	8.056
242.25	4.46	0.0937	7.819	0.0544	7.769	0.0274	7.699	0.0554	8.058
243.25	4.48	0.0919	7.821	0.0534	7.770	0.0269	7.699	0.0542	8.059
244.25	4.50	0.0901	7.823	0.0524	7.771	0.0264	7.700	0.0531	8.060
245.25	4.52	0.0883	7.825	0.0514	7.772	0.0259	7.700	0.052	8.061
246.25	4.54	0.0866	7.826	0.0504	7.773	0.0254	7.701	0.0509	8.062
247.25	4.56	0.0849	7.828	0.0494	7.774	0.0249	7.701	0.0499	8.063
248.25	4.57	0.0833	7.830	0.0485	7.775	0.0245	7.702	0.0489	8.064
249.25	4.59	0.0817	7.831	0.0476	7.775	0.024	7.702	0.0479	8.065
250.25	4.61	0.0801	7.833	0.0467	7.776	0.0235	7.703	0.0469	8.066
251.25	4.63	0.0785	7.834	0.0458	7.777	0.0231	7.703	0.0459	8.067
252.25	4.65	0.077	7.836	0.0449	7.778	0.0227	7.704	0.045	8.068
253.25	4.67	0.0755	7.838	0.044	7.779	0.0222	7.704	0.044	8.069
254.25	4.68	0.074	7.839	0.0432	7.780	0.0218	7.705	0.0431	8.070
255.25	4.70	0.0726	7.840	0.0424	7.781	0.0214	7.705	0.0423	8.071
256.25	4.72	0.0712	7.842	0.0416	7.781	0.021	7.705	0.0414	8.072
257.25	4.74	0.0698	7.843	0.0408	7.782	0.0206	7.706	0.0405	8.072
258.25	4.76	0.0684	7.845	0.04	7.783	0.0202	7.706	0.0397	8.073
259.25	4.78	0.0671	7.846	0.0392	7.784	0.0198	7.707	0.0389	8.074
260.25	4.80	0.0658	7.847	0.0385	7.785	0.0194	7.707	0.0381	8.075
261.25	4.81	0.0645	7.848	0.0378	7.785	0.0191	7.707	0.0373	8.076
262.25	4.83	0.0633	7.850	0.037	7.786	0.0187	7.708	0.0365	8.076
263.25	4.85	0.062	7.851	0.0363	7.787	0.0184	7.708	0.0358	8.077
264.25	4.87	0.0608	7.852	0.0356	7.787	0.018	7.708	0.035	8.078
265.25	4.89	0.0596	7.853	0.035	7.788	0.0177	7.709	0.0343	8.079
266.25	4.91	0.0585	7.855	0.0343	7.789	0.0173	7.709	0.0336	8.079
267.25	4.92	0.0573	7.856	0.0336	7.789	0.017	7.709	0.0329	8.080
268.25	4.94	0.0562	7.857	0.033	7.790	0.0167	7.710	0.0323	8.081
269.25	4.96	0.0551	7.858	0.0324	7.791	0.0164	7.710	0.0316	8.081
270.25	4.98	0.0541	7.859	0.0318	7.791	0.0161	7.710	0.0309	8.082
271.25	5.00	0.053	7.860	0.0312	7.792	0.0157	7.711	0.0303	8.083
272.25	5.02	0.052	7.861	0.0306	7.792	0.0154	7.711	0.0297	8.083
273.25	5.04	0.051	7.862	0.03	7.793	0.0152	7.711	0.0291	8.084

274.25	5.05	0.05	7.863	0.0294	7.794	0.0149	7.711	0.0285	8.085
275.25	5.07	0.049	7.864	0.0288	7.794	0.0146	7.712	0.0279	8.085
276.25	5.09	0.0481	7.865	0.0283	7.795	0.0143	7.712	0.0273	8.086
277.25	5.11	0.0471	7.866	0.0278	7.795	0.014	7.712	0.0268	8.086
278.25	5.13	0.0462	7.867	0.0272	7.796	0.0138	7.713	0.0262	8.087
279.25	5.15	0.0453	7.868	0.0267	7.796	0.0135	7.713	0.0257	8.087
280.25	5.16	0.0444	7.869	0.0262	7.797	0.0133	7.713	0.0251	8.088
281.25	5.18	0.0436	7.869	0.0257	7.797	0.013	7.713	0.0246	8.088
282.25	5.20	0.0427	7.870	0.0252	7.798	0.0128	7.714	0.0241	8.089
283.25	5.22	0.0419	7.871	0.0247	7.798	0.0125	7.714	0.0236	8.089
284.25	5.24	0.0411	7.872	0.0243	7.799	0.0123	7.714	0.0231	8.090
285.25	5.26	0.0403	7.873	0.0238	7.799	0.012	7.714	0.0227	8.090
286.25	5.27	0.0395	7.874	0.0233	7.800	0.0118	7.715	0.0222	8.091
287.25	5.29	0.0387	7.874	0.0229	7.800	0.0116	7.715	0.0217	8.091
288.25	5.31	0.038	7.875	0.0225	7.801	0.0114	7.715	0.0213	8.092
289.25	5.33	0.0372	7.876	0.022	7.801	0.0112	7.715	0.0208	8.092
290.25	5.35	0.0365	7.876	0.0216	7.801	0.0109	7.715	0.0204	8.093
291.25	5.37	0.0358	7.877	0.0212	7.802	0.0107	7.716	0.02	8.093
292.25	5.39	0.0351	7.878	0.0208	7.802	0.0105	7.716	0.0196	8.093
293.25	5.40	0.0344	7.879	0.0204	7.803	0.0103	7.716	0.0192	8.094
294.25	5.42	0.0337	7.879	0.02	7.803	0.0101	7.716	0.0188	8.094
295.25	5.44	0.0331	7.880	0.0196	7.803	0.0099	7.716	0.0184	8.095
296.25	5.46	0.0324	7.881	0.0193	7.804	0.0098	7.717	0.018	8.095
297.25	5.48	0.0318	7.881	0.0189	7.804	0.0096	7.717	0.0177	8.095
298.25	5.50	0.0312	7.882	0.0185	7.804	0.0094	7.717	0.0173	8.096
299.25	5.51	0.0306	7.882	0.0182	7.805	0.0092	7.717	0.0169	8.096
300.25	5.53	0.03	7.883	0.0178	7.805	0.009	7.717	0.0166	8.096
301.25	5.55	0.0294	7.884	0.0175	7.806	0.0089	7.717	0.0162	8.097
302.25	5.57	0.0288	7.884	0.0172	7.806	0.0087	7.718	0.0159	8.097
303.25	5.59	0.0283	7.885	0.0168	7.806	0.0085	7.718	0.0156	8.097
304.25	5.61	0.0277	7.885	0.0165	7.806	0.0084	7.718	0.0153	8.098
305.25	5.62	0.0272	7.886	0.0162	7.807	0.0082	7.718	0.015	8.098
306.25	5.64	0.0267	7.886	0.0159	7.807	0.0081	7.718	0.0146	8.098
307.25	5.66	0.0261	7.887	0.0156	7.807	0.0079	7.718	0.0143	8.099
308.25	5.68	0.0256	7.887	0.0153	7.808	0.0078	7.719	0.014	8.099
309.25	5.70	0.0251	7.888	0.015	7.808	0.0076	7.719	0.0138	8.099
310.25	5.72	0.0246	7.888	0.0147	7.808	0.0075	7.719	0.0135	8.100
311.25	5.74	0.0242	7.889	0.0144	7.809	0.0073	7.719	0.0132	8.100
312.25	5.75	0.0237	7.889	0.0142	7.809	0.0072	7.719	0.0129	8.100
313.25	5.77	0.0232	7.890	0.0139	7.809	0.007	7.719	0.0127	8.100
314.25	5.79	0.0228	7.890	0.0136	7.809	0.0069	7.719	0.0124	8.101

315.25	5.81	0.0223	7.891	0.0134	7.810	0.0068	7.720	0.0121	8.101
316.25	5.83	0.0219	7.891	0.0131	7.810	0.0067	7.720	0.0119	8.101
317.25	5.85	0.0215	7.892	0.0129	7.810	0.0065	7.720	0.0117	8.101
318.25	5.86	0.0211	7.892	0.0126	7.810	0.0064	7.720	0.0114	8.102
319.25	5.88	0.0207	7.892	0.0124	7.811	0.0063	7.720	0.0112	8.102
320.25	5.90	0.0203	7.893	0.0121	7.811	0.0062	7.720	0.0109	8.102
321.25	5.92	0.0199	7.893	0.0119	7.811	0.006	7.720	0.0107	8.102
322.25	5.94	0.0195	7.894	0.0117	7.811	0.0059	7.720	0.0105	8.102
323.25	5.96	0.0191	7.894	0.0115	7.812	0.0058	7.721	0.0103	8.103
324.25	5.97	0.0187	7.894	0.0112	7.812	0.0057	7.721	0.0101	8.103
325.25	5.99	0.0184	7.895	0.011	7.812	0.0056	7.721	0.0099	8.103
326.25	6.01	0.018	7.895	0.0108	7.812	0.0055	7.721	0.0097	8.103
327.25	6.03	0.0177	7.895	0.0106	7.812	0.0054	7.721	0.0095	8.104
328.25	6.05	0.0173	7.896	0.0104	7.813	0.0053	7.721	0.0093	8.104
329.25	6.07	0.017	7.896	0.0102	7.813	0.0052	7.721	0.0091	8.104
330.25	6.09	0.0166	7.896	0.01	7.813	0.0051	7.721	0.0089	8.104
331.25	6.10	0.0163	7.897	0.0098	7.813	0.005	7.721	0.0087	8.104
332.25	6.12	0.016	7.897	0.0096	7.813	0.0049	7.721	0.0085	8.104
333.25	6.14	0.0157	7.897	0.0094	7.814	0.0048	7.722	0.0084	8.105
334.25	6.16	0.0154	7.898	0.0093	7.814	0.0047	7.722	0.0082	8.105
335.25	6.18	0.0151	7.898	0.0091	7.814	0.0046	7.722	0.008	8.105
336.25	6.20	0.0148	7.898	0.0089	7.814	0.0045	7.722	0.0079	8.105
337.25	6.21	0.0145	7.898	0.0087	7.814	0.0044	7.722	0.0077	8.105
338.25	6.23	0.0142	7.899	0.0086	7.814	0.0044	7.722	0.0075	8.105
339.25	6.25	0.0139	7.899	0.0084	7.815	0.0043	7.722	0.0074	8.106
340.25	6.27	0.0137	7.899	0.0083	7.815	0.0042	7.722	0.0072	8.106
341.25	6.29	0.0134	7.900	0.0081	7.815	0.0041	7.722	0.0071	8.106
342.25	6.31	0.0131	7.900	0.0079	7.815	0.004	7.722	0.0069	8.106
343.25	6.32	0.0129	7.900	0.0078	7.815	0.004	7.722	0.0068	8.106
344.25	6.34	0.0126	7.900	0.0076	7.815	0.0039	7.722	0.0067	8.106
345.25	6.36	0.0124	7.901	0.0075	7.816	0.0038	7.723	0.0065	8.106
346.25	6.38	0.0122	7.901	0.0074	7.816	0.0037	7.723	0.0064	8.107
347.25	6.40	0.0119	7.901	0.0072	7.816	0.0037	7.723	0.0062	8.107
348.25	6.42	0.0117	7.901	0.0071	7.816	0.0036	7.723	0.0061	8.107
349.25	6.44	0.0115	7.902	0.0069	7.816	0.0035	7.723	0.006	8.107
350.25	6.45	0.0112	7.902	0.0068	7.816	0.0035	7.723	0.0059	8.107
351.25	6.47	0.011	7.902	0.0067	7.816	0.0034	7.723	0.0058	8.107
352.25	6.49	0.0108	7.902	0.0066	7.816	0.0033	7.723	0.0056	8.107
353.25	6.51	0.0106	7.902	0.0064	7.817	0.0033	7.723	0.0055	8.107
354.25	6.53	0.0104	7.903	0.0063	7.817	0.0032	7.723	0.0054	8.108
355.25	6.55	0.0102	7.903	0.0062	7.817	0.0032	7.723	0.0053	8.108

356.25	6.56	0.01	7.903	0.0061	7.817	0.0031	7.723	0.0052	8.108
357.25	6.58	0.0098	7.903	0.006	7.817	0.003	7.723	0.0051	8.108
358.25	6.60	0.0096	7.903	0.0058	7.817	0.003	7.723	0.005	8.108
359.25	6.62	0.0094	7.904	0.0057	7.817	0.0029	7.723	0.0049	8.108
360.25	6.64	0.0092	7.904	0.0056	7.817	0.0029	7.723	0.0048	8.108
361.25	6.66	0.0091	7.904	0.0055	7.817	0.0028	7.724	0.0047	8.108
362.25	6.67	0.0089	7.904	0.0054	7.818	0.0028	7.724	0.0046	8.108
363.25	6.69	0.0087	7.904	0.0053	7.818	0.0027	7.724	0.0045	8.109
364.25	6.71	0.0085	7.904	0.0052	7.818	0.0027	7.724	0.0044	8.109
365.25	6.73	0.0084	7.905	0.0051	7.818	0.0026	7.724	0.0043	8.109
366.25	6.75	0.0082	7.905	0.005	7.818	0.0026	7.724	0.0042	8.109
367.25	6.77	0.008	7.905	0.0049	7.818	0.0025	7.724	0.0041	8.109
368.25	6.79	0.0079	7.905	0.0048	7.818	0.0025	7.724	0.004	8.109
369.25	6.80	0.0077	7.905	0.0047	7.818	0.0024	7.724	0.004	8.109
370.25	6.82	0.0076	7.905	0.0046	7.818	0.0024	7.724	0.0039	8.109
371.25	6.84	0.0074	7.906	0.0045	7.818	0.0023	7.724	0.0038	8.109
372.25	6.86	0.0073	7.906	0.0045	7.819	0.0023	7.724	0.0037	8.109
373.25	6.88	0.0072	7.906	0.0044	7.819	0.0022	7.724	0.0036	8.109
374.25	6.90	0.007	7.906	0.0043	7.819	0.0022	7.724	0.0036	8.109
375.25	6.91	0.0069	7.906	0.0042	7.819	0.0021	7.724	0.0035	8.110
376.25	6.93	0.0067	7.906	0.0041	7.819	0.0021	7.724	0.0034	8.110
377.25	6.95	0.0066	7.906	0.004	7.819	0.0021	7.724	0.0034	8.110
378.25	6.97	0.0065	7.907	0.004	7.819	0.002	7.724	0.0033	8.110
379.25	6.99	0.0064	7.907	0.0039	7.819	0.002	7.724	0.0032	8.110
380.25	7.01	0.0062	7.907	0.0038	7.819	0.002	7.724	0.0031	8.110
381.25	7.03	0.0061	7.907	0.0037	7.819	0.0019	7.724	0.0031	8.110
382.25	7.04	0.006	7.907	0.0037	7.819	0.0019	7.724	0.003	8.110
383.25	7.06	0.0059	7.907	0.0036	7.819	0.0018	7.724	0.003	8.110
384.25	7.08	0.0058	7.907	0.0035	7.819	0.0018	7.725	0.0029	8.110
385.25	7.10	0.0057	7.907	0.0035	7.820	0.0018	7.725	0.0028	8.110
386.25	7.12	0.0055	7.907	0.0034	7.820	0.0017	7.725	0.0028	8.110
387.25	7.14	0.0054	7.908	0.0033	7.820	0.0017	7.725	0.0027	8.110
388.25	7.15	0.0053	7.908	0.0033	7.820	0.0017	7.725	0.0027	8.110
389.25	7.17	0.0052	7.908	0.0032	7.820	0.0016	7.725	0.0026	8.110
390.25	7.19	0.0051	7.908	0.0032	7.820	0.0016	7.725	0.0026	8.110
391.25	7.21	0.005	7.908	0.0031	7.820	0.0016	7.725	0.0025	8.110
392.25	7.23	0.0049	7.908	0.003	7.820	0.0016	7.725	0.0025	8.111
393.25	7.25	0.0048	7.908	0.003	7.820	0.0015	7.725	0.0024	8.111
394.25	7.26	0.0047	7.908	0.0029	7.820	0.0015	7.725	0.0024	8.111
395.25	7.28	0.0046	7.908	0.0029	7.820	0.0015	7.725	0.0023	8.111
396.25	7.30	0.0046	7.908	0.0028	7.820	0.0014	7.725	0.0023	8.111

397.25	7.32	0.0045		7.909	0.0028		7.820	0.0014		7.725	0.0022		8.111
398.25	7.34	0.0044		7.909	0.0027		7.820	0.0014		7.725	0.0022		8.111
399.25	7.36	0.0043		7.909	0.0027		7.820	0.0014		7.725	0.0021		8.111
400.25	7.38	0.0042		7.909	0.0026		7.820	0.0013		7.725	0.0021		8.111
401.25	7.39	0.0041		7.909	0.0026		7.820	0.0013		7.725	0.002		8.111
402.25	7.41	0.004		7.909	0.0025		7.820	0.0013		7.725	0.002		8.111
403.25	7.43	0.004		7.909	0.0025		7.821	0.0013		7.725	0.002		8.111
404.25	7.45	0.0039		7.909	0.0024		7.821	0.0012		7.725	0.0019		8.111
405.25	7.47	0.0038		7.909	0.0024		7.821	0.0012		7.725	0.0019		8.111
406.25	7.49	0.0037		7.909	0.0023		7.821	0.0012		7.725	0.0018		8.111
407.25	7.50	0.0037		7.909	0.0023		7.821	0.0012		7.725	0.0018		8.111
408.25	7.52	0.0036		7.909	0.0022		7.821	0.0011		7.725	0.0018		8.111
409.25	7.54	0.0035		7.909	0.0022		7.821	0.0011		7.725	0.0017		8.111
410.25	7.56	0.0035		7.910	0.0021		7.821	0.0011		7.725	0.0017		8.111
411.25	7.58	0.0034		7.910	0.0021		7.821	0.0011		7.725	0.0017		8.111
412.25	7.60	0.0033		7.910	0.0021		7.821	0.0011		7.725	0.0016		8.111
413.25	7.61	0.0033		7.910	0.002		7.821	0.001		7.725	0.0016		8.111
414.25	7.63	0.0032		7.910	0.002		7.821	0.001		7.725	0.0016		8.111
415.25	7.65	0.0031		7.910	0.0019		7.821	0.001		7.725	0.0015		8.111
416.25	7.67	0.0031		7.910	0.0019		7.821	0.001		7.725	0.0015		8.112
417.25	7.69	0.003		7.910	0.0019		7.821	0.001		7.725	0.0015		8.112
418.25	7.71	0.003		7.910	0.0018		7.821	0.0009		7.725	0.0014		8.112
419.25	7.73	0.0029		7.910	0.0018		7.821	0.0009		7.725	0.0014		8.112
420.25	7.74	0.0028		7.910	0.0018		7.821	0.0009		7.725	0.0014		8.112
421.25	7.76	0.0028		7.910	0.0017		7.821	0.0009		7.725	0.0013		8.112
422.25	7.78	0.0027		7.910	0.0017		7.821	0.0009		7.725	0.0013		8.112
423.25	7.80	0.0027		7.910	0.0017		7.821	0.0009		7.725	0.0013		8.112
424.25	7.82	0.0026		7.910	0.0016		7.821	0.0008		7.725	0.0013		8.112
425.25	7.84	0.0026		7.910	0.0016		7.821	0.0008		7.726	0.0012		8.112
426.25	7.85	0.0025		7.910	0.0016		7.821	0.0008		7.726	0.0012		8.112
427.25	7.87	0.0025		7.911	0.0015		7.821	0.0008		7.726	0.0012		8.112
428.25	7.89	0.0024		7.911	0.0015		7.821	0.0008		7.726	0.0012		8.112
429.25	7.91	0.0024		7.911	0.0015		7.822	0.0008		7.726	0.0011		8.112

**Lampiran M. Kriteria Mutu Air menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82
Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian
Pencemaran Air**

**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	oC	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 5	Deviasi temperatur dari keadaan alaminya
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 ANORGANIK						
pH		6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 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	
O 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	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $Cu \leq 1$ mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $Fe \leq 5$ mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $Pb \leq 0,1$ mg/L
Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $Zn \leq 5$ mg/L
Khlorida	mg/l	600	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	
trit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $NO2_N \leq 1$ mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belereng 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/10 0 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform \leq 2000 jml / 100 ml dan total coliform \leq 10000 jml/100 ml
-Total coliform	jml/10 0 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	ug /L	1	1	1	(-)	
sebagai Fenol						
BHC	ug /L	210	210	210	(-)	
Aldrin / Dieldrin	ug /L	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	ug /L	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	ug /L	2	2	2	2	
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	(-)	(-)	(-)	

Keterangan : mg= milligram; ug= microgram; ml= militer; 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 termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan; Tanda \leq adalah lebih kecil atau sama dengan; Tanda $<$ adalah lebih kecil.

Lampiran N. FOTO-FOTO KEGIATAN PENELITIAN

Kegiatan pengukuran profil sungai dan debit



Pengambilan sampel air dan parameter kualitas di Lapang



Pengambilan sampel air dan parameter kualitas di Laboratorium

