



**ANALISIS DAYA TAMPUNG SUNGAI BEDADUNG  
MENGUNAKAN METODE STREETER-PHELPS  
(Studi Kasus di Desa Balung Kulon Kecamatan Balung  
Kabupaten Jember)**

**SKRIPSI**

Oleh

**Dwi Noviana**

**NIM 141710201016**

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

**PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk mereka yang tiada henti memberikan dukungan, pengorbanan, dan kasih sayang serta doa dalam kelancaran penyelesaian skripsi ini.

*Teruntuk Bapak dan Ibuku tercinta,*

***Bapak Sugiono dan Ibu Sumarmi***

*Mas dan Mbakku tersayang,*

***Mas Agil Arianto dan Mbak Rja Fitri Eka Jayanti***

Motivator terbesar saya dalam menyelesaikan pendidikan. Terima kasih untuk semuanya. Semoga senantiasa diberi rahmat oleh Allah S.W.T.

## MOTO

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.  
(terjemahan Surat *Al-Mujadalah* ayat 11)<sup>\*</sup>

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), maka kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.  
(terjemahan Surat *Al-Insyirah* ayat 6-8)<sup>\*</sup>

Ilmu itu lebih baik daripada harta, ilmu menjaga engkau dan engkau menjaga harta. Ilmu itu penghukum (hakim) dan harta terhukum. Harta itu akan berkurang jika dibelanjakan tetapi ilmu akan bertambah jika diamalkan.  
(Khalifah Ali bin Abi Thalib)

---

\* Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Dwi Noviana

NIM : 141710201016

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Analisis Daya Tampung Sungai Bedadung Menggunakan Metode Streeter-Phelps (Studi Kasus di Desa Balung Kulon Kecamatan Balung Kabupaten Jember)” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 15 Juli 2018

Yang menyatakan,

Dwi Noviana

NIM 141710201016

**SKRIPSI**

**ANALISIS DAYA TAMPUNG SUNGAI BEDADUNG  
MENGUNAKAN METODE STREETER-PHELPS  
(Studi Kasus di Desa Balung Kulon Kecamatan Balung  
Kabupaten Jember)**

Oleh

**Dwi Noviana**

**NIM 141710201016**

Pembimbing:

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

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

**PENGESAHAN**

Sripsi berjudul “Analisis Daya Tampung Sungai Bedadung Menggunakan Metode Streeter-Phelps (Studi Kasus di Desa Balung Kulon Kecamatan Balung Kabupaten Jember) karya Dwi Noviana telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T.  
NIP. 197211301999032001

Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.  
NIP. 197311301999032001

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Ir. Tasliman, M.Eng.  
NIP. 196208051993021002

Dr. Retno Wimbaningrum, M.Si  
NIP. 196605171993022001

Mengesahkan  
Dekan,

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



## RINGKASAN

**Analisis Daya Tampung Sungai Bedadung Menggunakan Metode Streeter-Phelps (Studi Kasus di Desa Balung Kulon Kecamatan Balung Kabupaten Jember);** Dwi Noviana, 141710201016; 2018; 105 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas jember.

Sungai Bedadung merupakan sungai utama di Kabupaten Jember yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat. Salah satu wilayah yang dilewati oleh Sungai Bedadung adalah Desa Balung Kulon dengan penggunaan lahan di sekitar sungai meliputi daerah pemukiman penduduk, lahan persawahan, peternakan ayam, dan lahan perkebunan. Seiring dengan penggunaan lahan yang berbeda-beda menyebabkan bahan pencemar yang masuk ke dalam sungai berpotensi menurunkan kualitas air dan beban pencemaran pada sungai semakin meningkat. Sehingga perlu dilakukan pengukuran kualitas air dan kemampuan daya tampung Sungai Bedadung ruas Desa Balung Kulon dalam menerima beban pencemaran yang terjadi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur daya tampung sungai adalah metode *Streeter-Phelps* yang memperhitungkan dua fenomena yaitu proses pengurangan oksigen terlarut (deoksigenasi) dan proses peningkatan oksigen terlarut (reaerasi). Penelitian pengukuran kualitas air dan daya tampung Sungai Bedadung dilakukan pada Bulan Oktober 2017 sampai Bulan Mei 2018 di Desa Balung Kulon dengan panjang sungai yang diukur sepanjang 3485 m. Lokasi penelitian dibagi menjadi 4 titik yang digunakan untuk mengukur debit aliran sungai dan pengambilan sampel air yang akan diuji parameter kualitas airnya di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL) Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Hasil uji parameter kualitas air menunjukkan bahwa rata-rata nilai kekeruhan sebesar 56,00 NTU, TSS sebesar 105,72 mg/L, TDS sebesar 107,25 mg/L, pH sebesar 7,63, DO sebesar 6,90 mg/L, BOD sebesar 1,25 mg/L, dan COD sebesar 35,56 mg/L. Berdasarkan PP RI No. 82 Tahun 2001, nilai tersebut masih masuk ke dalam kriteria mutu air kelas II. Beban Pencemaran tertinggi terdapat di titik ke-1 dengan nilai sebesar 1325,47 Kg/hari dan beban pencemaran terendah terdapat di titik ke-3 dengan nilai sebesar 672,87 Kg/hari. Perhitungan daya tampung sungai menggunakan persamaan *Streeter-Phelps* menghasilkan rata-rata nilai laju deoksigenasi sebesar 5,84 mg/L.hari, laju reaerasi sebesar 3,71 mg/L.hari, waktu kritis ( $t_c$ ) selama 0,28 hari, jarak kritis ( $X_c$ ) sepanjang 14,502 km, dan defisit oksigen kritis ( $D_c$ ) sebesar 1,201 mg/L. Sungai Bedadung ruas Desa Balung Kulon masih bisa menampung beban pencemaran yang terjadi karena DO terendah rata-rata sebesar 6,84 mg/L masih berada di atas nilai DO kritisnya yaitu sebesar 6,47 mg/L.

## SUMMARY

**Analysis of Bedadung River Capacity Using Streeter-Phelps Method (Case Study in the Balung Kulon Village Balung Region Jember Regency);** Dwi Noviana, 141710201016; 2018; 105 Pages; Agricultural Of Engineering Faculty Of Agricultural Technology Jember University.

Bedadung River is the main river of the Jember Regency which is generally used by the societies. One of the flowing areas which the Bedadung River through is Balung Kulon Village, the use of land ground around the river is to cover residential areas, rice fields, chicken cattle, and plantation land. Along with different land use, pollutants entering in the river have potentially reduced water quality and pollution load increasing on the river. Therefore, it is necessary to measure the quality of water and the ability of Bedadung River Balung Kulon Village capacity in accepting the pollution load that occurred. One method that can be used to measure river capacity is the Streeter-Phelps method that takes into account two phenomena namely the process of reducing oxygen dissolved (deoxygenation) and the process of increasing dissolved oxygen (reaeration). Water measurement and Bedadung River measurement study were conducted in October 2017 until May 2018 in Balung Kulon Village measured as long as 3485 m. The research location is divided into 4 points that are used to measure the flow of river and water sampling which will be tested the parameters of water quality in the Laboratory of Environmental Control and Conservation Engineering (TPKL) of Agricultural Engineering Department, Faculty of Agricultural Technology, Universitas Jember. The result showed that turbidity of 56,00 NTU, TSS of 105,72 mg/L, TDS of 107,25 mg/L, pH of 7,63, DO of 6,90 mg/L, BOD of 1,25 mg/L, and COD of 35,56 mg/L. Based on government regulation PP RI No. 82 Year 2001, the value still into on the criteria water quality class II. Pollution load was highest in the 1<sup>st</sup> point with value of 1325,47 kg/day and pollution load the lowest in the 3<sup>rd</sup> point with value of 672,87 kg/day. Calculation capacity uses of the Streeter-Phelps result average score rate of deoxygenation was 5,84 mg/L.day, rate of reaeration was 3,71 mg/L.day, critical time (tc) was 0,28 day, critical distance (Xc) along 14,502 km, deficit oxygen critic (Dc) as big as 1,201 mg/L. Bedadung River in Balung Kulon Village still can accommodate the pollution load occurred because the DO lowest average was 6,84 mg/L still stayed above the average DO critic was 6,47 mg/L.



## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Daya Tampung Sungai Bedadung Menggunakan Metode Streeter-Phelps (Studi Kasus di Desa Balung Kulon Kecamatan Balung Kabupaten Jember)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Sri Wahyuningsih, S. P., M. T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Elida Novita, S. TP., M. T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Dr. Siswoyo Soekarno, S. TP., M. Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
3. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terima kasih atas semua ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
4. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan yang lainnya;
5. Sahabat-sahabatku dari TEP-B angkatan 2014 yang kucintai dan kusayangi, terima kasih untuk semua dukungan, motivasi, pengalaman dan kenangan-kenangan tak terlupakan yang telah kita lewati selama 4 tahun bersama-sama;
6. Sahabat-sahabatku dari Tim Pemodelan Kualitas Air 2014, Agus Dharmawan, Agung Dwi Ardiansyah, Puri Rahayu, Imamah, Rahayu Ningtias, Rizki Fathonah I., dan Susi Adiyanti, serta yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini Rofi Yanuar Asmi dan Dwi Putra Ardani. Terima kasih untuk semuanya. Terlalu banyak kenangan dan momen yang sulit dilupakan, tetap semangat untuk kita semua;

7. Teman-temanku Teknik Pertanian angkatan 2014 yang penuh dengan semangat dan kasih sayang, terima kasih untuk dukungan dan doanya;
8. Sahabat-Sahabatku KKN CINOP 07 Desa Bangsalsari, terima kasih untuk 45 hari yang telah kita lewati bersama-sama dan kenangannya. Semoga kita bisa selalu menjaga silaturahmi dan sukses selalu buat kita semua;
9. Keluarga besar HMJ IMATEKTA periode 2016/2017, terima kasih karena telah memberi kesempatan untuk berproses dan mencari pengalaman yang tidak terdapat di bangku perkuliahan;
10. Paguyuban Keluarga Mahasiswa Panataran Blitar di Jember (KEMAPATA) sebagai keluarga kedua selama di perantauan, terima kasih untuk semua yang telah diberikan, terlalu banyak pangalaman, pembelajaran, semangat, dukungan, inspirasi, kenangan dan kesempatan untuk berproses yang tak bisa disebutkan satu per satu. Maaf jika selalu merepotkan kalian semua selama 4 tahun ini. Semoga KEMAPATA semakin HEBAT;
11. Teruntuk sahabat tersayangku dan tercintaku yang selalu ada disaat senang ataupun susah, Sharempong (Shara Indritai Pramono) dan Paud (Nur Majdina Ulfa). Terima kasih karena telah menjadi sahabat sekaligus saudara. Terima kasih untuk semuanya, tidak bisa disebutkan satu per satu karena terlalu banyak dan terlalu panjang;
12. Sahabat-Sahabatku Rusun Squad, Anaselia, Karomatul Afida, Nina Arisanti, Anne Rufaedah, semoga kita selalu seperti keluarga dan saudara saling memberikan dukungan dan doa;
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, terima kasih.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 16 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN/SUMMARY</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Perumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	2
<b>1.4 Tujuan</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Pengukuran Debit</b> .....	4
<b>2.2 Klasifikasi Mutu Air</b> .....	5
<b>2.3 Parameter Kualitas Air</b> .....	6
2.3.1 Kekeruhan .....	6
2.3.2 <i>Total Suspended Soil</i> (TSS) .....	6
2.3.3 <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS) .....	7
2.3.4 pH .....	7
2.3.5 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) .....	7
2.3.6 <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) .....	8
2.3.7 <i>Chemical Oxygen Demand</i> ( COD ) .....	9
<b>2.4 Beban Pencemaran</b> .....	9
<b>2.5 Daya Tampung Sungai</b> .....	10
2.4.1 Proses Pengurangan Oksigen Terlarut (Deoksigenasi) .....	10
2.4.2 Proses Peningkatan Oksigen Terlarut (Reaerasi) .....	11
2.4.3 Kurva Penurunan Oksigen ( <i>Oxygen Sag Curve</i> ) .....	12
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	13
<b>3.1 Waktu dan Tempat Penelitian</b> .....	13
<b>3.2 Alat dan Bahan Penelitian</b> .....	13
<b>3.3 Pelaksanaan Penelitian</b> .....	14
3.3.1 Pemilihan Lokasi .....	14
3.3.2 Pembagian Segmen .....	16
3.3.3 Analisis Data .....	19

<b>BAB 4. PEMBAHASAN</b> .....	20
<b>4.1 Struktur, Karakteristik, dan Tata Guna Lahan Desa         Balung Kulon</b> .....	20
<b>4.2 Debit Air Sungai Bedadung Ruas Desa Balung Kulon</b> .....	24
<b>4.3 Kualitas Air Sungai Bedadung Ruas Desa Balung Kulon</b> ....	25
4.3.1 pH .....	25
4.3.2 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i> .....	26
4.3.3 <i>Total Dissolved Solid (TDS)</i> .....	27
4.3.4 Kekeruhan .....	28
4.3.5 <i>Dissolved Oxygen (DO)</i> .....	30
4.3.6 <i>Biological Oxygen Demand (BOD)</i> .....	31
4.3.7 <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i> .....	33
4.3.8 Kriteria Kelas Mutu Air Sungai Bedadung Ruas Desa Balung Kulon .....	33
<b>4.4 Beban Pencemaran Sungai Bedadung Ruas Desa Balung         Kulon</b> .....	35
<b>4.5 Daya Tampung Sungai Bedadung Ruas Desa Balung Kulon</b> .....	37
4.5.1 Perhitungan Nilai Konstanta Deoksigenasi (Kd), Konstanta Reaerasi (Kr), Laju Deoksigenasi (rd), dan Laju Reaerasi (rr) .....	37
4.5.2 Perhitungan Waktu Kritis (tc), Jarak Kritis (Xc), dan Defisit Oksigen Kritis (Dc) .....	40
4.5.3 Kurva Penurunan Oksigen ( <i>Oxygen Sag Curve</i> ) .....	41
4.5.4 Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Bedadung ....	42
<b>4.6 Verifikasi Nilai DO Lapang Titik Kritis</b> .....	45
<b>BAB 5. KESIMPULAN</b> .....	48
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	48
<b>5.2 Saran</b> .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	49
<b>LAMPIRAN</b> .....	52

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1	Penentuan kedalaman dan perhitungan kecepatan aliran ..... 5
2.2	Kriteria mutu air berdasarkan kelas ..... 5
2.3	Kriteria tingkat pencemaran air berdasarkan kandungan DO ..... 8
2.4	Kriteria tingkat pencemaran berdasarakan kebutuhan BOD ..... 9
3.1	Lokasi penelitian berdasarkan titik koordinat ..... 16
3.2	Konstanta persamaan kalibrasi kecepatan alat <i>Current Meter</i> Braystoke Tipe BFM 002 ..... 17
4.1	Tata guna lahan Desa Balung Kulon ..... 23
4.2	Hasil pengukuran Debit Sungai Bedadung Desa Balung Kulon ..... 24
4.3	Hasil uji ANOVA pengukuran parameter pH ..... 26
4.4	Hasil uji ANOVA pengukuran parameter TSS ..... 28
4.5	Hasil uji ANOVA pengukuran parameter TDS ..... 29
4.6	Hasil uji ANOVA pengukuran parameter kekeruhan ..... 31
4.7	Hasil uji ANOVA pengukuran parameter DO ..... 33
4.8	Hasil uji ANOVA pengukuran parameter BOD ..... 35
4.9	Pengukuran COD Sungai Bedadung Desa Balung Kulon ..... 35
4.10	Kualitas air Sungai Bedadung Desa Balung Kulon ..... 36
4.11	Beban pencemaran Sungai Bedadung Desa Balung Kulon ..... 38
4.12	Perhitungan konstanta deoksigenasi (Kd), konstanta reaerasi (Kr), laju deoksigenasi (rd), dan laju reaerasi (rr) ..... 40
4.13	Waktu kritis, jarak kritis, dan defisit oksigen kritis ..... 42
4.14	Perhitungan DO aktual, DO model, dan defisit oksigen kritis ..... 45
4.15	Verifikasi DO menggunakan perhitungan <i>Streeter-Phelps</i> ..... 48



**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1	Pembagian lebar sungai dan pengukuran kedalaman sungai ..... 4
2.2	Kurva karakteristik <i>oxygen sag curve</i> berdasarkan persamaan <i>Streeter-Phelps</i> ..... 12
3.1	Diagram alir tahapan penelitian ..... 14
3.2	Lokasi penelitian di Sungai Bedadung ..... 15
3.3	Pembagian segmen pada lokasi penelitian ..... 16
4.1	Struktur dan karakteristik Sungai Bedadung di setiap titik penelitian 21
4.2	Grafik pengukuran pH Sungai Bedadung Desa Balung Kulon ..... 25
4.3	Grafik pengukuran TSS Sungai Bedadung Desa Balung Kulon ..... 27
4.4	Grafik pengukuran TDS Sungai Bedadung Desa Balung Kulon ..... 28
4.5	Grafik pengukuran kekeruhan Sungai Bedadung Desa Balung Kulon 30
4.6	Grafik pengukuran DO Sungai Bedadung Desa Balung Kulon ..... 32
4.7	Grafik pengukuran BOD Sungai Bedadung Desa Balung Kulon ..... 34
4.8	Kurva penurunan oksigen ( <i>oxygen sag curve</i> ) Sungai Bedadung Desa Balung Kulon ..... 44
4.9	Daya tampung Sungai Bedadung Desa Balung Kulon ..... 47
4.10	Grafik DO model dan DO lapang ..... 48



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran 1	Data Pengukuran Debit Sungai Dan Profil Sungai
	Balung Kulon ..... 52
Lampiran 2	Data Pengukuran Suhu ..... 61
Lampiran 3	Data Pengukuran pH ..... 63
Lampiran 4	Data Pengukuran Total Padatan Terlarut (TDS) ..... 64
Lampiran 5	Data Pengukuran Kekeruhan ..... 65
Lampiran 6	Data Pengukuran TSS (Total Padatan Tersuspensi) ..... 66
Lampiran 7	Data Pengukuran Oksigen Terlarut (DO) Lapang ..... 72
Lampiran 8	Data Pengukuran <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) ..... 76
Lampiran 9	Data Pengukuran <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) ..... 82
Lampiran 10	Data Perhitungan Beban Pencemaran ..... 82
Lampiran 11	Data Perhitungan K' ..... 83
Lampiran 12	Data Perhitungan Metode Streeter-Phelps ..... 85
Lampiran 13	Data Perhitungan DO Sag Curve ..... 90
Lampiran 14	Tabel Perhitungan Metode Streeter-Phelps ..... 100
Lampiran 15	Peta Tata Guna Lahan Desa Balung Kulon ..... 101
Lampiran 16	PERMEN LH No. 1 Tahun 2010 ..... 102
Lampiran 17	Dokumentasi Penelitian ..... 105

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air mempunyai peranan penting bagi kehidupan manusia, baik digunakan sebagai kebutuhan sehari-hari, kebutuhan industri, kebutuhan pertanian, dan kebutuhan lainnya dalam aktivitas ekonomi dan sosial. Salah satu sumber air yang paling banyak dimanfaatkan adalah air sungai. Sungai adalah alur atau wadah air alami dan atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air didalamnya, mulai dari hulu sampai muara dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38, 2011).

Sungai Bedadung merupakan sungai utama di wilayah Kabupaten Jember yang banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari. Sungai Bedadung mengalir dari hulu ke hilir melewati berbagai wilayah dan membawa bahan pencemar di dalamnya. Salah satu wilayah yang dilewati oleh Sungai Bedadung adalah Desa Balung Kulon. Balung Kulon merupakan salah satu wilayah yang berada di daerah hilir Sungai Bedadung dengan tata guna lahan meliputi daerah pemukiman, lahan persawahan, peternakan, dan perkebunan. Daerah pemukiman menyumbang limbah domestik yang berasal dari aktivitas sehari-hari masyarakat seperti MCK dan sampah padat ataupun sampah cair yang dibuang langsung ke sungai. Saluran drainase yang berasal dari lahan persawahan dan peternakan yang dibuang langsung ke sungai juga ikut menyumbang pencemaran air sungai. Selain itu, Sungai Bedadung pada wilayah tersebut juga dimanfaatkan untuk tempat penambangan pasir.

Bahan pencemar yang masuk ke dalam aliran Sungai Bedadung ruas Desa Balung Kulon menjadikan kualitas air sungai tersebut menurun. Air yang terlihat jernih belum tentu memiliki kualitas air yang baik. Oleh karena itu perlu dilakukan pengukuran pada parameter fisika dan kimia untuk mengetahui kualitas air. Pengukuran parameter fisika meliputi pengukuran suhu, kekeruhan, TSS (*Total Suspended Solid*) dan TDS (*Total Dissolved Solid*) sedangkan pengukuran kimia meliputi pengukuran pH, DO (*Dissolved Oxygen*), BOD (*Biological*

*Oxygen Demand*), dan COD (*Chemical Oxygen Demand*). Pengukuran kualitas air tersebut digunakan untuk menentukan kelas kualitas air Sungai Bedadung sesuai dengan klasifikasinya.

Bahan pencemar yang dibawa oleh aliran Sungai Bedadung dari daerah hulu ditambah dengan bahan pencemar yang dihasilkan di daerah sekitar Desa Balung Kulon tersebut menyebabkan kualitas air Sungai Bedadung menurun dan beban pencemar semakin meningkat. Berdasarkan permasalahan diatas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai kualitas air dan pengukuran daya tampung sungai untuk mengetahui kemampuan sungai dalam menerima beban pencemaran pada Sungai Bedadung ruas Desa Balung Kulon.

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 (2003), pengukuran daya tampung sungai dapat dilakukan dengan metode *Streeter-Phelps* yang menggunakan jumlah oksigen terlarut dalam air sebagai indikator banyaknya bahan pencemar yang terdapat dalam air sungai. Pemodelan *Streeter-Phelps* memperhitungkan dua fenomena yaitu proses pengurangan oksigen terlarut (deoksigenasi) dan proses peningkatan oksigen terlarut (reaerasi).

## **1.2 Perumusan Masalah**

Rumusan masalah berdasarkan permasalahan di atas adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kualitas air Sungai Bedadung pada ruas Desa Balung Kulon ?
2. Bagaimana beban pencemaran Sungai Bedadung pada ruas Desa Balung Kulon ?
3. Bagaimana kemampuan daya tampung Sungai Bedadung pada ruas Desa Balung Kulon ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Ruang lingkup permasalahan penelitian hanya dibatasi pada pengukuran debit dan parameter kualitas air pada 4 titik lokasi penelitian. Parameter yang diteliti berupa pengukuran suhu, pH, TSS, TDS, Kekeruhan, DO, BOD, dan COD dengan pengambilan sampel data dilakukan sebanyak 3 kali waktu pengambilan dengan masing-masing pengambilan dilakukan 3 kali pengulangan pengukuran

pada 4 titik lokasi penelitian. Pemodelan kualitas air menggunakan persamaan *Streeter-Phelps* untuk memodelkan kualitas air sungai yang digunakan untuk menghitung kemampuan daya tampung Sungai Bedadung terhadap beban pencemaran yang terjadi.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan kualitas air Sungai Bedadung pada ruas Desa Balung Kulon.
2. Menentukan beban pencemaran Sungai Bedadung pada ruas Desa Balung Kulon.
3. Menentukan kemampuan daya tampung Sungai Bedadung pada ruas Desa Balung Kulon.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk instansi, dapat dijadikan sebagai data inventarisasi terkait data kualitas air, beban pencemaran, dan kemampuan daya tampung Sungai Bedadung ruas Desa Balung Kulon.
2. Untuk masyarakat, dapat dijadikan sebagai sumber referensi dalam penyusunan karya yang sejenis.
3. Untuk inovasi teknologi, dapat dijadikan sebagai sumber data dan referensi untuk pengembangan penelitian yang lebih baik dengan menggunakan metode yang berbeda.

**BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1 Pengukuran Debit**

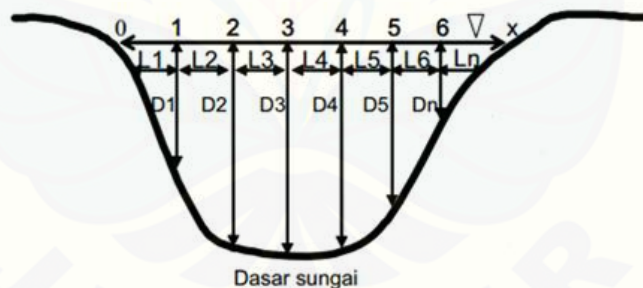
Debit merupakan jumlah air yang mengalir di dalam saluran air atau sungai per unit waktu. Metode yang biasanya diterapkan untuk menetapkan debit sungai adalah metode profil sungai (Rahayu *et al.*, 2009). Persamaan perhitungan debit adalah sebagai berikut.

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

Q= debit aliran (m<sup>2</sup>/detik); A = luas penampang (m<sup>2</sup>); V = kecepatan aliran (m/detik).

Profil sungai berpengaruh terhadap besarnya kecepatan aliran sungai. Pembuatan profil sungai dapat dilakukan dengan membagi lebar sungai menjadi 10-20 bagian dengan interval jarak yang sama (Rahayu *et al.*, 2009). Pembagian lebar sungai dalam jarak yang sama (pias) dan kedalaman sungai disajikan pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Pembagian lebar sungai dan pengukuran kedalaman sungai (Sumber: Rahayu *et al.*, 2009)

Hasil melakukan pengukuran profil sungai akan didapatkan nilai luas penampang sungai (A). Luas penampang sungai (A) merupakan penjumlahan seluruh bagian penampang sungai yang diperoleh dari hasil perkalian antara interval jarak horizontal dengan kedalaman air (Rahayu *et al.*, 2009). Persamaan perhitungan luas penampang sungai adalah sebagai berikut.

$$A = L1 \cdot D1 + L2 \cdot D2 + \dots\dots + Ln \cdot Dn \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

L = lebar penampang horizontal (m); D= Kedalaman (m)



Pengukuran kecepatan aliran menggunakan *current meter* merupakan pengukuran kecepatan aliran berdasarkan kedalaman pada titik interval tertentu. Penentuan kedalaman pengukuran dan perhitungan kecepatan aliran dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.1 (Rahayu *et al.*, 2009).

Tabel 2.1 Penentuan kedalaman 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	$V=0,1(V_S+3V_{0,2}+2V_{0,6}+3V_{0,8}+V_b)$

d = kedalaman pengukuran; S = permukaan sungai; B = dasar sungai; V kecepatan (m/detik) (Rahayu *et al.*, 2009).

## 2.2 Klasifikasi Mutu Air

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 (2001), Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Kriteria mutu air digunakan sebagai tolok ukur untuk setiap kelas air. Penentuan kelas air dilakukan untuk menilai masih layak atau tidak air tersebut untuk digunakan atau dimanfaatkan sesuai peruntukannya. Kriteria mutu air berdasarkan kelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kriteria mutu air berdasarkan kelas

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400
pH		6-9	6-9	6-9	5-9
BOD	mg/L	2	3	6	12
COD	mg/L	10	25	50	100
DO	mg/L	6	4	3	0

Sumber: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82, 2001.

Klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas yaitu sebagai berikut :

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukkan lainnya yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;



- b. Kelas dua, air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk prasarana atau sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukkan lainnya yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- c. Kelas tiga, air yang peruntukkan dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas empat, air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau untuk peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82, 2001).

### 2.3 Parameter Kualitas Air

Kualitas air dinyatakan dalam beberapa parameter yaitu parameter fisika (suhu, kekeruhan, TSS, TDS dan lain sebagainya), parameter kimia (pH, oksigen terlarut, BOD, dan lain sebagainya), dan parameter biologi (Effendi, 2003).

#### 2.3.1 Kekeruhan

Kekeruhan merupakan suatu ukuran biasan cahaya di dalam air yang disebabkan adanya partikel koloid dan suspensi. Kekeruhan merupakan faktor penting pembatasan produktifitas perairan. Kekeruhan disebabkan oleh bahan anorganik dan bahan organik baik yang tersuspensi maupun terlarut seperti lumpur dan pasir halus (APHA 1976 dalam Effendi 2003). Kekeruhan dinyatakan dalam satuan unit turbiditas yang setara dengan 1 mg/l SiO<sub>2</sub>. Kekeruhan diukur menggunakan metode *Nephelometric* dengan satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) (Effendi, 2003).

#### 2.3.2 Total Suspended Solid (TSS)

*Total Suspended Solid* (TSS) merupakan bahan-bahan tersuspensi (berdiameter > 1 µm) yang tertahan pada saringan Millipore dengan diameter pori 0,45 µm. TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air

(Suprihatin dan Suparno, 2013). Residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2  $\mu\text{m}$  atau lebih besar dari ukuran koloid (Standar Nasional Indonesia, 2004). Persamaan TSS adalah sebagai berikut (Alaerts dan Santika, 1987).

$$\text{Zat Tersuspensi (mg/L)} = \frac{(a-b) \times 1000}{c} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

a = berat filter dan residu sesudah pemanasan 105°C (mg); b = berat filter kering sesudah pemanasan 105°C (mg); c = volume sampel (mL).

### 2.3.3 Total Dissolved Solid (TDS)

Padatan terlarut total adalah bahan-bahan terlarut (diameter < 10<sup>-6</sup> mm) dan koloid (diameter 10<sup>-6</sup> mm – 10<sup>-3</sup> mm) berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain yang tidak tersaring pada kertas saring (diameter 0,4  $\mu\text{m}$ ) (Effendi (2003). TDS adalah terlarutnya zat padat, baik berupa ion, senyawa, dan koloid di dalam air. Konsentrasi kelarutan zat padat dalam keadaan normal sangat rendah, sehingga tidak kelihatan oleh mata telanjang (Situmorang, 2007).

### 2.3.4 pH

Derajat keasaman merupakan gambaran jumlah aktivitas ion hydrogen dalam perairan. Nilai pH menggambarkan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaan suatu perairan. Perairan dengan nilai pH = 7 adalah netral, nilai pH < 7 bersifat asam, sedangkan pH > 7 dikatakan kondisi perairan bersifat basa (Effendi, 2003). Konsentrasi ion hydrogen H<sup>+</sup> merupakan faktor utama untuk mengerti reaksi kimiawi dalam ilmu teknik penyehatan karena H<sup>+</sup> selalu ada dalam keseimbangan dinamis air atau H<sub>2</sub>O yang membentuk suasana untuk semua reaksi kimiawi yang berkaitan dengan masalah pencemaran air dimana sumber ber-ion hydrogen tidak pernah habis (Alaerts dan Santika , 1984).

### 2.3.5 Dissolved Oxygen (DO)

*Dissolved Oxygen* (DO) atau oksigen terlarut adalah banyaknya oksigen yang terkandung di dalam air dan diukur dalam satuan miligram per liter (mg/l). Semakin besar oksigen yang terlarut menunjukkan derajat pengotoran yang relatif kecil (Sugiharto, 1987). Kadar oksigen terlarut berfluktuasi secara harian (diurnal)

dan musiman, tergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan (*turbulence*) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah (*effluent*) yang masuk ke badan air. Peningkatan suhu sebesar 1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10% (Effendi, 2003). Nilai DO dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Alaerts dan Santika, 1987).

$$DO = \frac{a.N.8000}{V-4} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

DO = oksigen terlarut (mg O<sub>2</sub>/L); A = volume titran natriumtiosulfat (mL); N = normaliti larutan natriumtiosulfat (ek/L); V = volume botol Winkler (mL).

Sutamihardja (1978) dalam Aggraeni (2002), membagi tingkat pencemaran bahan organik berdasarkan kandungan oksigen perairan menjadi tiga kelompok seperti yang disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kriteria tingkat pencemaran air berdasarkan kandungan DO

Oksigen Terlarut (DO) (mg/L)	Keterangan
>5	Sedikit tercemar
2-5	Tercemar sedang
0-2	Tercemar berat

Sumber : Anggraeni, 2002.

### 2.3.6 Biological Oxygen Demand (BOD)

*Biological Oxygen Demand* (BOD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air (Alaerts dan Santika, 1987). BOD merupakan indikator pertama dari status pencemar di sungai, utamanya mengenai adanya kotoran domestik dan urban. Semakin besar nilai BOD, semakin besar tingkat pencemaran air oleh bahan organik. Kandungan BOD yang rendah mengindikasikan bahwa sungai tersebut bebas dari pencemaran bahan organik (Saksena *et al*, 2008). Nilai BOD dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Alaerts dan Santika, 1987).

$$BOD_5^{20} = \frac{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)(1 - P)}{P} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> = Kebutuhan oksigen biologis (mg O<sub>2</sub>/L); X<sub>0</sub> = DO sampel pada saat t=0 (mg O<sub>2</sub>/L); X<sub>5</sub> = DO sampel pada saat t=5 (mg O<sub>2</sub>/L); B<sub>0</sub> = DO blanko pada saat t =0 (mg O<sub>2</sub>/L); B<sub>5</sub> = DO blanko pada saat t=5 (mg O<sub>2</sub>/L); P = derajat pengenceran.

Lee *et al* (1978) dalam Anggraeni (2002) mengklasifikasikan besarnya tingkat pencemaran air berdasarkan nilai BOD<sub>5</sub> yang disajikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kriteria tingkat pencemaran berdasarkan kebutuhan BOD

BOD <sub>5</sub> (mg/L)	Kriteria Kualitas Air
<3,0	Tidak tercemar
3,0 – 4,9	Tercemar ringan
4,9 – 15,0	Tercemar sedang
>15,0	Tercemar berat

Sumber : Anggraeni, 2002.

### 2.3.7 Chemical Oxygen Demand (COD)

*Chemical Oxygen Demand* (COD) atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen (mgO<sub>2</sub>) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 L sampel air. COD mengindikasikan keseluruhan bahan organik yang mudah maupun yang sulit terurai. Kebutuhan oksigen kimia (COD) adalah ukuran banyaknya oksigen total dalam satuan miligram per liter yang diperlukan dalam proses oksidasi kimia bahan organik dalam limbah. Bahan oksidasi yang digunakan adalah kalium dikromat dan merupakan zat organik secara lengkap dalam suasana asam dengan katalis perakulfat. Bakteri dapat mengoksidasi zat organik menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O sehingga menghasilkan nilai COD yang lebih tinggi dari BOD untuk air yang sama (Alaerts dan Santika, 1987).

## 2.4 Beban Pencemaran

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 (2003), Beban pencemaran adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah. Beban pencemar yang masuk ke dalam badan air dapat berasal dari sumber pencemar titik (*point source*) dan sumber pencemar yang menyebar (*non-point source*). Sumber pencemar titik umumnya berasal dari pipa-pipa efluen yang terdapat pada instalasi pengolahan saluran buangan pada suatu industri sehingga pencemarannya dapat dipantau dan dikendalikan. Sedangkan sumber pencemar menyebar terdapat pada limpasan permukaan yang berasal dari limpasan permukaan dari daerah pemukiman penduduk yang mengandung limbah domestik, limpasan dari daerah pertanian yang mengandung pestisida, hara, dan



zat organik, dan limpasan permukaan lainnya yang pencemarannya sulit untuk dipantau dan dikendalikan (Astono, 2007).

## 2.5 Daya Tampung Sungai

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 (2003), 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 metoda *Streeter-Phelps*. Pemodelan *Streeter-Phelps* hanya terbatas pada dua fenomena yaitu proses deoksigenasi dan reaerasi.

### 2.5.1 Proses Pengurangan Oksigen Terlarut (Deoksigenasi)

Proses deoksigenasi adalah proses pengurangan oksigen terlarut akibat aktivitas bakteri dalam mendegradasi bahan organik yang ada dalam air. Laju oksidasi biokimia senyawa organik ditentukan oleh konsentrasi senyawa organik sisa dengan persamaan sebagai berikut (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110, 2003).

$$dL/dt = -K' \cdot L \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

L = konsentrasi senyawa organik (mg/l); K' = konstanta reaksi orde satu ( $\text{hari}^{-1}$ ).

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 (2.6) adalah sebagai berikut.

$$L_t = L_0 \cdot e^{-k' \cdot t} \dots\dots\dots(2.7)$$

Persamaan laju deoksigenasi akibat senyawa organik adalah sebagai berikut.

$$r_d = K_d \cdot L \dots\dots\dots(2.8)$$

Jika L diganti dengan  $L_0 \cdot e^{-k' \cdot t}$ , maka persamaan menjadi sebagai berikut.

$$r_d = K_d \cdot L_0 \cdot e^{-k' \cdot t} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

$r_d$  = laju deoksigenasi (mg/L.hari);  $L_0$  = BOD ultimat (mg/L).

Perkiraan konstanta deoksigenasi dapat dihitung menggunakan persamaan *hydroscience*. Dengan H merupakan kedalaman air di dalam saluran (m). Perhitungan  $K_d$  pada suhu yang berbeda dapat menggunakan rumus yang

ditemukan oleh Churchill dalam Davis dan Cornwell (1991) dalam Ramadhani *et al* (Tanpa Tahun) sebagai berikut.

$$K_d (20^\circ\text{C}) = 0,3 \times \frac{H^{-0,434}}{8} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$K_d (T^\circ\text{C}) = K_d (20^\circ\text{C}) \times 1,048^{(t-20)} \dots\dots\dots(2.11)$$

### 2.5.2 Proses Peningkatan Oksigen Terlarut (Reaerasi)

Proses reaerasi adalah peningkatan oksigen terlarut yang disebabkan karena terjadinya turbulensi pada aliran sungai sehingga berlangsung perpindahan oksigen dari udara ke air. Peralihan oksigen dinyatakan dengan persamaan laju reaerasi sebagai berikut (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110, 2003).

$$r_r = K_r (D_Os - DO) \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan:

$r_r$  = laju reaerasi (mg/L.hari);  $K_r$  = konstanta reaerasi ( $\text{hari}^{-1}$ );  $D_Os$  = konsentrasi oksigen terlarut jenuh (mg/L);  $DO$  = konsentrasi oksigen terlarut (mg/L).

Konstanta reaerasi dapat diperkirakan menggunakan persamaan empirik, salah satu persamaan yang umum digunakan untuk menghitung konstanta reaerasi ( $K_r$ ) adalah persamaan O'Conner dan Dobbins sebagai berikut (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110, 2003).

$$K_r = \frac{294 (D_L \cdot U)^{1/2}}{H^{3/2}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Konstanta reaerasi ( $K_r$ ) pada suhu yang berbeda dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$K_{rT} = K_r \times 1,024^{T-20} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

$D_L$  = koefisien difusi molekular untuk oksigen ( $\text{m}^2/\text{hari}$ );  $U$  = Kecepatan aliran rata-rata (m/detik);  $H$  = Kedalaman aliran rata-rata (m).

Koefisien difusi molekular terhadap temperatur dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$D_{LT} = 1,760 \times 10^{-4} \times 1,037^{T-20} \dots\dots\dots(2.15)$$

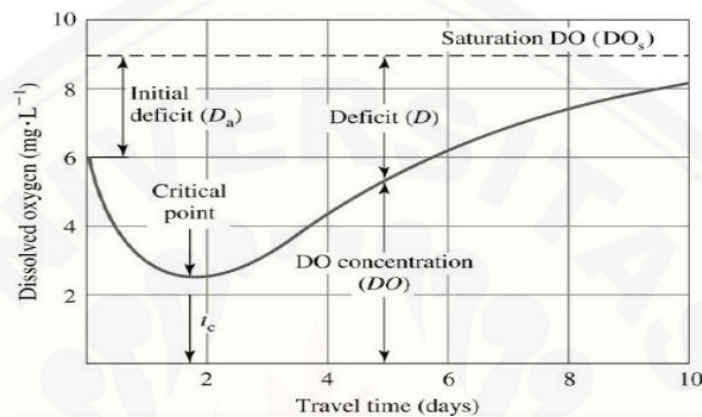
Keterangan:

$D_{LT}$  = koefisien difusi molekular oksigen pada temperatur  $T$  ( $\text{m}^2/\text{hari}$ );  $1,760 \times 10^{-4}$  = koefisien difusi molekular oksigen pada suhu  $20^\circ\text{C}$ ;  $T$  = temperatur ( $^\circ\text{C}$ ).



2.5.3 Kurva Penurunan Oksigen (*Oxygen Sag Curve*)

Proses deoksigenasi dan proses reaerasi digambarkan dengan konsentrasi oksigen terlarut sebagai sumbu tegak dan waktu atau jarak sebagai sumbu datar. Hasil pengukuran interaksi antara dua proses tersebut adalah kurva penurunan oksigen (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110, 2003). Kurva penurunan oksigen disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kurva karakteristik *oxygen-sag curve* berdasarkan persamaan *Streeter-Phelps* Persamaan *Streeter-Phelps* untuk kurva penurunan oksigen (*oxygen-sag curve*) yang digunakan pada analisis sungai adalah sebagai berikut.

$$Dt = \frac{Kd \cdot Lo}{Kr - Kd} (e^{-Kd \cdot t} - e^{-Kr \cdot t}) + Da e^{Kr \cdot t} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

Dt = defisit oksigen pada waktu t (mg/L); Da = defisit oksigen awal pada titik buangan pada waktu t = 0 (mg/L).

Metode pengelolaan kualitas air dapat dilakukan atas dasar defisit oksigen kritis Dc, yaitu kondisi defisit DO terendah yang dicapai akibat beban yang diberikan pada aliran tersebut. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110, 2003).

$$Dc = \frac{Kd}{Kr} Lo e^{-Kd \cdot tc} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$tc = \frac{1}{Kr - Kd} \ln \left[ \frac{Kr}{Kd} \left[ 1 - \frac{Do (Kr - Kd)}{Kd \cdot Lo} \right] \right] \dots\dots\dots(2.18)$$

$$Xc = tc \cdot v \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan:

Dc = defisit oksigen kritis (mg/L); tc = waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik kritis (hari); Xc = jarak yang ditempuh untuk mencapai titik kritis (km); v = kecepatan aliran sungai (m/detik).

### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Bulan Oktober 2017 sampai Mei 2018 di dua tempat yaitu pada titik lokasi penelitian dan di laboratorium. Penelitian pada titik lokasi penelitian dilakukan di Sungai Bedadung ruas Desa Balung Kulon dan di laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

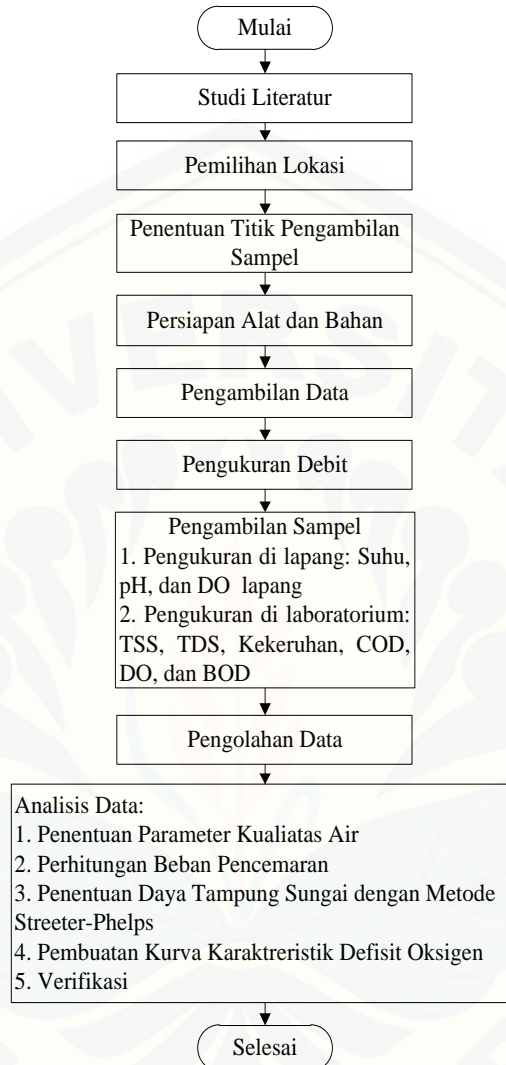
#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian yaitu rollmeter, tali tampar, *Global Positioning System* (GPS), *current meter*, *stopwatch*, *coolbox*, botol sampel, thermometer, botol Winkler 250 ml, buret, pipet volumetrik 50 ml, tabung erlemeyer 1000 ml, pipet suntik, oven, TDS meter, *turbidimeter*, pH meter, COD reactor, dan spektrofotometer.

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian yaitu sampel air sungai, kertas saring, aquades, larutan mangan sulfat ( $\text{MnSO}_4$ ), alkali-iodida azida, asam sulfat pekat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), natrium tiosulfat 0,025 N, indikator kanji, dan reagent COD HI 93754C.

### 3.3 Pelaksanaan Penelitian

Diagram alir pelaksanaan penelitian dijabarkan pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

#### 3.3.1 Pemilihan Lokasi

Lokasi penelitian berada di aliran Sungai Bedadung ruas Desa Balung Kulon. Lokasi penelitian ditetapkan setelah melakukan pengamatan pada peta Kabupaten Jember dan peninjauan secara langsung pada lokasi penelitian. Lokasi penelitian dipilih berdasarkan penggunaan tata guna lahannya yang berpotensi menyumbang bahan pencemar masuk ke dalam aliran sungai. Tata guna lahan di Desa Balung Kulon terdiri dari pemukiman penduduk, lahan persawahan, peternakan ayam dan lahan perkebunan. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 3.2.

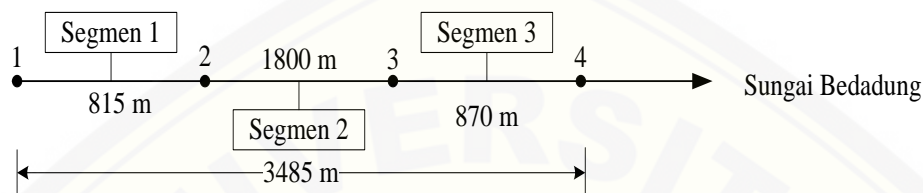




Gambar 3.2 Lokasi penelitian di Sungai Bedadung

### 3.3.2 Pembagian Segmen

Penelitian di Sungai Bedadung ruas Desa Balung Kulon mempunyai panjang saluran 3485 m yang dibagi menjadi 4 titik dan 3 segmen penelitian dengan pembagian jarak yang tidak sama panjang karena dipilih berdasarkan kemudahan akses, tidak ada aliran yang memutar, dan kemudahan pengambilan sampel. Pembagian segmen disajikan pada Gambar 3.3 dan Tabel 3.1.



Gambar 3.3 Pembagian segmen pada lokasi penelitian

Tabel 3.1 Lokasi penelitian berdasarkan titik koordinat

Keterangan	Titik Koordinat		Desa
	Lintang Selatan (LS)	Bujur Timur (BT)	
Titik 1	8°17'04,7''	113°32'09,4''	Balung Kulon
Titik 2	8°17'28,1''	113°32'10,2''	Balung Kulon
Titik 3	8°18'21,4''	113°31'55,3''	Balung Kulon
Titik 4	8°18'46,0''	113°31'43,6''	Balung Kulon

Pengambilan data dilakukan pada masing-masing titik penelitian seperti pada Gambar 3.3 dengan mengambil data debit, data suhu, mengukur DO lapang dan mengukur pH air, serta pengambilan sampel air. Pengambilan data-data penelitian tersebut dilakukan sesuai dengan penjelasan sebagai berikut.

#### a. Pengukuran Debit

Pengukuran debit dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.3). Pengukuran luas penampang (A) dilakukan dengan membuat profil sungai kemudian mengukur lebar sungai pada titik penelitian dan membaginya menjadi sepuluh pias dengan jarak yang sama dan pengukuran kedalaman dilakukan di setiap pias dengan menggunakan tongkat. Perhitungan luas penampang (A) menggunakan persamaan (2.2). Pengukuran kecepatan (V) dilakukan dengan menggunakan alat *current meter* pada masing-masing pias dengan menghasilkan data jumlah putaran baling-baling per detik. Putaran baling-baling yang dihasilkan harus dirubah ke dalam data kecepatan dengan menggunakan konstanta persamaan yang disajikan dalam Tabel 3.2.



Tabel 3.2 Konstanta persamaan kalibrasi kecepatan alat current meter Braystoke tipe BFM 002

Kecepatan Putaran, n (putaran/detik)		Kecepatan Aliran (V) (m/detik)
Minimal	Maksimal	
0,26	0,97	0,034 + 0,0991 n
0,97	4,71	0,023 + 0,1105 n
4,71	27,86	0,039 + 0,1071 n

Sumber : Valeport limited, 1996.

Pengukuran kecepatan aliran di sungai harus disesuaikan dengan kedalaman sungai tersebut. Pengukuran kecepatan di sungai dengan kedalaman tertentu merujuk pada persamaan perhitungan dalam Tabel 2.1.

b. Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu langsung dilakukan di titik penelitian dengan menggunakan alat termometer. Setiap pengukuran dilakukan tiga kali pengulangan di setiap titik pengambilan sampel untuk memperoleh hasil yang baik.

c. Pengukuran DO Lapang

Pengukuran DO lapang digunakan untuk mengetahui seberapa besar nilai DO pada waktu tersebut menggunakan metode Winkler atau Yodometri (Standar Nasional Indonesia, 2004). Setiap pengukuran dilakukan tiga kali pengulangan untuk memperoleh hasil yang baik.

d. Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman air sungai. Pengukuran pH dilakukan di setiap titik penelitian dengan menggunakan alat pH meter. Setiap pengukuran dilakukan tiga kali pengulangan pembacaan untuk memperoleh hasil yang baik.

e. Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air sungai dilakukan di setiap titik penelitian menggunakan botol sampel dengan teknik *Grab sampling* (pengambilan sesaat). Pada saat pengambilan sampel air, harus memperhatikan ketentuan yaitu sampel air yang diambil tidak boleh ada udara atau gelembung di dalamnya agar tidak terjadi aerasi. Sampel air yang telah dimasukkan dalam botol sampel disimpan dalam *cool box* yang berisi es batu untuk pengawetan kemudian dilakukan pengukuran di laboratorium. Pengambilan sampel air

digunakan untuk mengukur parameter kualitas air yaitu TSS, TDS, pH, Kekeruhan, *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Tahapan pengukuran parameter tersebut adalah sebagai berikut.

1) Total Padatan Tersuspensi (TSS)

Padatan tersuspensi adalah padatan yang tertinggal setelah dilakukan penyaringan kemudian dikeringkan dengan suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Perhitungan pengukuran TSS menggunakan persamaan (2.3).

2) Total Padatan Terlarut (TDS) dan Kekeruhan

Pengukuran TDS dilakukan dengan memasukkan sampel air ke dalam *beaker glass* dan menggunakan alat TDS meter untuk mengukurnya. Pengukuran kekeruhan menggunakan alat *turbidity meter*. Sampel air dimasukkan dalam botol ukur kemudian dimasukkan pada alat *turbidity meter* yang telah dikalibrasi sebelumnya. Pengukuran masing-masing parameter dilakukan tiga kali pengulangan di setiap titik pengambilan sampel untuk memperoleh hasil yang baik.

3) *Dissolved Oxygen* (DO)

Pengukuran yang digunakan untuk analisis DO adalah menggunakan metode Winkler atau Yodometri (Standar Nasional Indonesia, 2004). Persamaan yang digunakan pada pengukuran DO adalah persamaan (2.4).

4) *Biological Oxygen Demand* (BOD).

Pengukuran BOD diperoleh setelah melakukan pengukuran DO hari ke-0 dan DO hari ke-5. DO hari ke-5 diperoleh dengan cara melakukan inkubasi selama 5 hari di dalam lemari pendingin dengan suhu  $20^{\circ}\text{C}$ . Pengukuran tersebut dikenal dengan pengukuran  $\text{BOD}_5$ . Persamaan yang digunakan dalam pengukuran  $\text{BOD}_5$  menggunakan persamaan (2.5).

5) *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengukuran COD dilakukan dengan memasukkan sampel ke dalam reagent COD kemudian dipanaskan selama 2 jam pada COD Reaktor dengan suhu  $150^{\circ}\text{C}$ . Reagent COD yang telah dipanaskan kemudian didiamkan hingga mencapai suhu ruang kemudian dicari nilainya menggunakan Spektrofotometer.

Pengukuran nilai COD akan dilakukan tiga kali pengulangan pada setiap sampel untuk memperoleh hasil yang baik.

### 3.3.3 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### a. Penentuan Kelas Kualitas Air Sungai

Parameter kualitas air digunakan untuk menentukan kelas kualitas air di Sungai Bedadung ruas Desa Balung Kulon. Parameter kualitas air yang digunakan meliputi TSS, TDS, pH, Keekeruhan, DO, BOD, dan COD. Dari parameter tersebut akan dianalisis dan diketahui kualitas air Sungai Bedadung pada ruas tersebut masuk pada kelas I, II, III, atau IV berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001.

#### b. Perhitungan Beban Pencemaran

Perhitungan beban pencemaran dilakukan untuk mengetahui seberapa besar bahan-bahan pencemar yang masuk pada Sungai Bedadung ruas Desa Balung Kulon dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Beban pencemar} = C \times Q \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

C = Konsentrasi (mg/L); Q = Debit (m<sup>3</sup>/detik).

#### c. Penentuan Daya Tampung Sungai dengan Metode *Streeter-Phelps*

Penentuan daya tampung digunakan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan sungai dalam menerima beban pencemaran. Kemampuan sungai dalam menerima beban pencemaran dapat diketahui dengan cara menghitung konstanta deoksigenasi (Kd), konstanta reaerasi (Kr), laju deoksigenasi (rd), laju reaerasi (rr), defisit oksigen kritis (Dc), waktu yang diperlukan untuk mencapai titik kritis (tc), dan jarak kritis (xc). Sehingga dari perhitungan tersebut akan dihasilkan kurva defisit oksigen seperti pada Gambar 2.2. Selanjutnya dilakukan perhitungan daya tampung sungai dengan menggunakan persamaan (2.6) hingga (2.19). Selain itu, juga akan diketahui nilai DO model terhadap DO kritis dan nilai DO verifikasi terhadap DO model.

## BAB 5. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengukuran kualitas air di Sungai Bedadung ruas Desa Balung Kulon parameter pH, TDS, Kekeruhan, DO, dan BOD memenuhi kriteria mutu air kelas II berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001. Sedangkan parameter TSS dan COD melebihi batas kriteria mutu air kelas II.
2. Beban pencemaran yang terjadi di titik ke-1 sebesar 1325,47 kg/hari, titik ke-2 sebesar 1089,61 kg/hari, titik ke-3 sebesar 672,87 kg/hari, dan titik ke 4 sebesar 1054,44 kg/hari.
3. Perhitungan daya tampung menggunakan persamaan matematis *Streeter-Phelps* menghasilkan rata-rata nilai laju deoksigenasi sebesar 5,84 mg/L.hari, laju reaerasi sebesar 3,711 mg/L.hari, waktu kritis ( $t_c$ ) selama 0,28 hari, jarak kritis ( $X_c$ ) sepanjang 14,502 km, dan defisit oksigen kritis ( $D_c$ ) sebesar 1,201 mg/L. Sungai Bedadung ruas Desa Balung Kulon masih mampu menampung beban pencemaran yang masuk karena DO terendah rata-rata sebesar 6,84 mg/L masih berada di atas nilai DO kritisnya yaitu sebesar 6,47 mg/L.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian, saran yang diberikan adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian kualitas air pada musim yang berbeda agar diketahui keadaan kualitas air di masing-masing musim dan dilakukan secara berkala.
2. Perlu dilakukan penelitian daya tampung sungai pada musim yang berbeda agar diketahui besarnya beban pencemaran yang terjadi pada masing-masing musim dan dapat diketahui daya tampungnya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Anggraeni, I. 2002. Kualitas Air Perairan Teluk Jakarta Selama Periode 1996-2002. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Alaerts, G., dan Santika S. S. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Arbie, R. R., Nugraha, W. D., dan Sudarno. 2015. Studi Kemampuan Self Purification Pada Sungai Progo Ditinjau Dari Parameter Organik DO dan BOD (Point Source : Limbah Sentra Tahu Desa Tuksono, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi D. I. Yogyakarta). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 4(3): 1-15.
- Astono, W. 2007. Pengembangan Model DO-BOD Dalam Pengelolaan Kualitas Air Sungai Ciliwung. *Disertasi*. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Benedini, M. dan 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.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110. 2003. *Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air pada Sumber Air*. 27 Juni 2003. Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta: Deputi I MENLH Bidang Kenijakan dan Kelembagaan Lingkungan Hidup.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 1. 2010. *Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air*. 14 Januari 2010. Menteri Lingkungan Hidup. Jakarta: Deputi MENLH Bidang Penataan Lingkungan.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82. 2001. *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. 14 Desember 2001. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara RI.

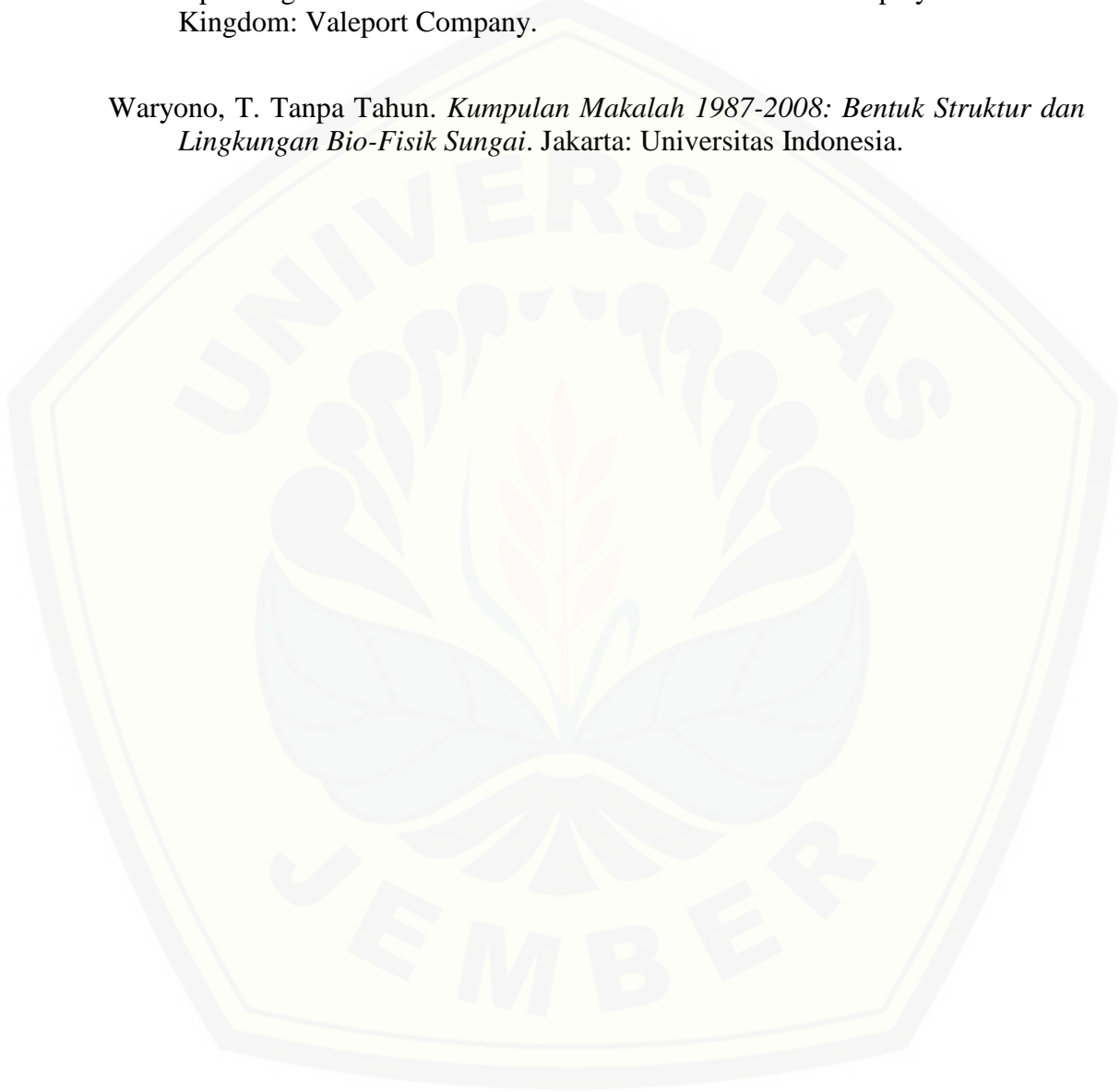


- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38. 2011. *Sungai*. 7 September 2011. Jakarta: Kementerian Pendidikan Nasional.
- Rahayu, S., R. H. Widodo, M. V. Noordwijk, I. Suryadi, dan B. Verbist. 2009. *Monitoring Air Di Daerah Aliran Sungai*. Bogor: World Agroforestry Centre.
- Rumanti, M., Rudiyan, S., dan Suparjo, M. N. 2014. Hubungan Antara Kandungan Nitrat dan Fosfat Dengan Kelimpahan Fitoplankton di Sungai Bremsi Kabupaten Pekalongan. *Diponegoro Journal of Maquares: Management of Aquatic Resources*. 3(1): 168-176.
- Samudro, G. dan Rulian, R. A. E. 2011. Studi Penurunan Kekeruhan dan *Total Suspended Solids* (TSS) Dalam Bak Penampungan Air Hujan (PAH) Menggunakan Reaktor *Gravity Roughing Filter* (GRF). *Jurnal Presipitasi*. 8(1): 14-20.
- Saksena D.N., R.K. Garg, dan R.J. Rao, 2008. Water quality and pollution status of Chambal River in National Chambal Sanctuary, Madhya Pradesh. *Journal of Environmental Biology*. 29(5): 701-10.
- Situmorang, M. 2007. *Kimia Lingkungan*. Medan: FMIPA UNIMED.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. *Air dan Air Limbah – Bagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) Secara Gravimetri*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. *Air dan Air Limbah – Bagian 14: Cara Uji Oksigen Terlarut Secara Yodometri (Modifikasi Azida)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Suprihatin dan Suparno, O. 2013. *Teknologi Proses Pengolahan Air Untuk Mahasiswa dan Praktisi Industri*. Bogor: PT Penerbit IPB Press.
- Ramadhani, N. S., Purnaini, S., dan Utomo, K. P. Tanpa Tahun. *Analisis Sebaran Oksigen Terlarut Saluran Sungai Jawi*. Kalimantan Barat: Universitas Tanjungpura.

Yuliasuti, E. 2011. Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar dalam upaya pengendalian pencemaran air. *Tesis*. Semarang: Universitas Diponegoro.

Valeport Limited. 1996. Braystoke BFM 001 & BFM 002 Current Flow Meter : Operating Manual For Use With Model 0012B Control Display Unit. United Kingdom: Valeport Company.

Waryono, T. Tanpa Tahun. *Kumpulan Makalah 1987-2008: Bentuk Struktur dan Lingkungan Bio-Fisik Sungai*. Jakarta: Universitas Indonesia.





### c. Pengambilan ke – 3

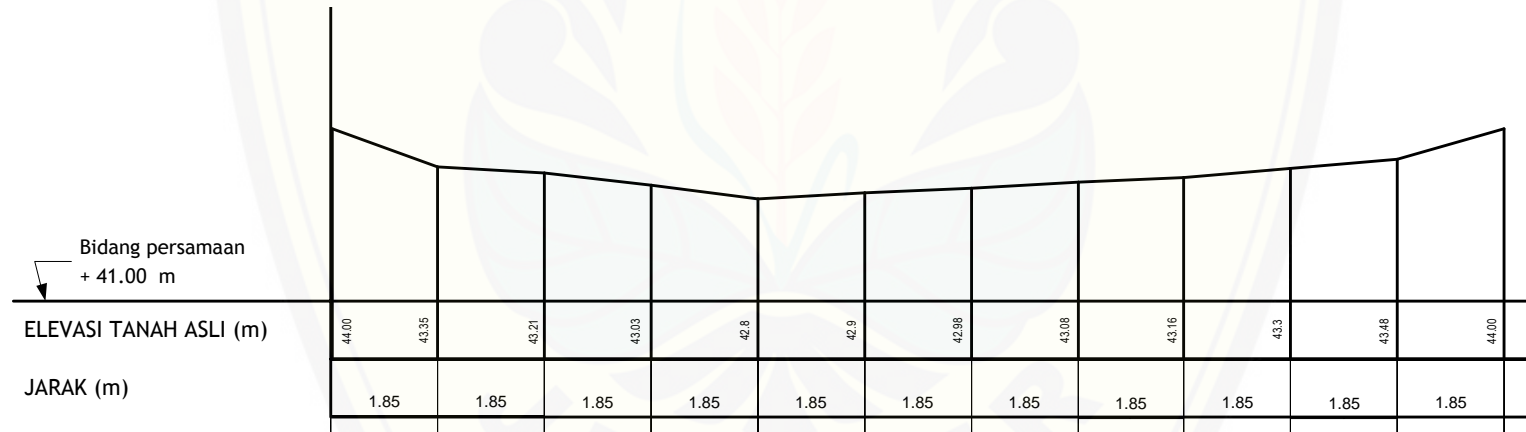
Lokasi : Sungai Bedadung Hilir  
 Tanggal : 25-Apr-18  
 Lebar Sungai : 18.5 m  
 Waktu : Mulai 08.19 WIB  
           : Selesai 08.50 WIB

Titik : 1  
 Lokasi : Desa Bahang Kulon  
 Koordinat  
       X : 113.5359400  
       Y : -8.2846300

Nomor Pengukuran : 1  
 Nama Pengukur : Dwi Noviana  
 Kecepatan Rata-rata : 0.87 m/detik  
 Debit : 10.3390 m<sup>3</sup>/detik atau 10338.95 L/detik  
 Luas Penampang : 12.2100 m<sup>2</sup>

No.	Kode	Rai	Penampang Sungai						Kecepatan Aliran																Kecepatan (V)		Debit (Q)								
			Lebar	Kedalaman			Luas Penampang (A)	0.2 d			0.6 d				0.8 d																				
				d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>r</sub>		Ulangan	Lama Pengukuran	N	V	Ulangan	Lama Pengukuran	N	V	Ulangan	Lama Pengukuran	N	V																
			1	2	3	Putaran rata-rata	1	2	3	Putaran rata-rata	1	2	3	Putaran rata-rata	1	2	3	Putaran rata-rata																	
1	P 00	0.00				0.00																													
2	P 01	5.55	5.55	0.00	0.64	0.32	1.78	84	81	85	83.33	10	8.33	0.93																					
3	P 02	12.95	7.4	0.64	0.95	0.80	5.88	53	61	55	56.33	10	5.63	0.64																					
4	P 03	18.50	5.55	0.95	0.69	0.82	4.55	59	69	63	63.67	10	6.37	0.72																					
<b>Total</b>		<b>18.5</b>					<b>12.21</b>																												
<b>Rata-rata</b>					<b>0.76</b>	<b>0.65</b>																											<b>0.87</b>	<b>10.34</b>	<b>10338.95</b>

### d. Profil Sungai











### c. Pengambilan ke – 3

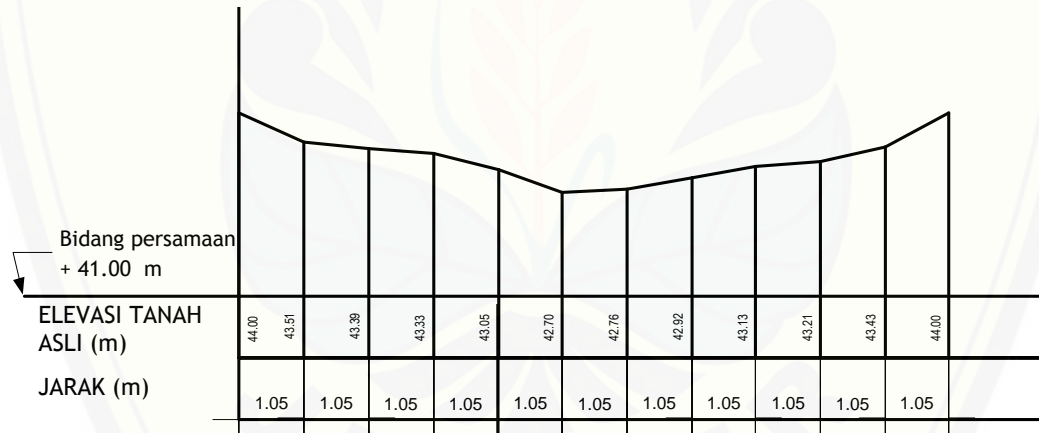
Lokasi : Sungai Bedadung Hilir  
 Tanggal : 25-Apr-18  
 Lebar Sungai : 10.5 m  
 Waktu : Mulai 10.46 WIB  
 Selesai 11.20 WIB

Titik : 3  
 Lokasi : Desa Bahing Kulon  
 Koordinat  
 X : 113.5320300  
 Y : -8.3059400

Nomor Pengukuran : 3  
 Nama Pengukur : Dwi Noviana  
 Kecepatan Rata-rata : 0.57 m/detik  
 Debit : 6.3320 m<sup>3</sup>/detik atau 6331.99 L/detik  
 Luas Penampang : 9.7913 m<sup>2</sup>

No.	Kode	Rai	Penampang Sungai					Kecepatan Aliran																			Kecepatan (V)		Debit (Q)										
			Lebar	Kedalaman			Luas Penampang (A)	0.2 d			0.6 d					0.8 d																							
				d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>r</sub>		Ulangan			Lama Pengukuran	N	V	Ulangan			Lama Pengukuran	N	V	Ulangan			Lama Pengukuran	N	V														
			m	m	m	m	m	m <sup>2</sup>	1	2	3	Putaran rata-rata	det	put./det.	put./det.	1	2	3	Putaran rata-rata	det	put./det.	put./det.	1	2	3	Putaran rata-rata	det	put./det.	put./det.	m/det	m <sup>3</sup> /det.	L/det							
1	P 00	0.00				0.00																																	
2	P 01	3.15	3.15	0.00	0.67	0.335	1.06	34	29	25	29.33	10	2.93	0.35													26	31	26	27.67	10	2.77	0.33	0.34	0.36	356.60			
3	P 02	5.25	2.1	0.67	1.30	0.99	2.07	53	53	45	50.33	10	5.03	0.58													67	69	69	68.33	10	6.83	0.77	0.67	1.40	1395.12			
4	P 03	10.50	5.25	1.30	1.24	1.27	6.67	68	63	61	64.00	10	6.40	0.72													63	49	59	57.00	10	5.70	0.65	0.69	4.58	4580.27			
<b>Total</b>			<b>10.50</b>				<b>9.79</b>																													<b>6.33</b>	<b>6331.99</b>		
<b>Rata-rata</b>					<b>1.07</b>	<b>0.86</b>																															<b>0.57</b>		

### d. Profil Sungai





### c. Pengambilan ke – 3

Lokasi : Sungai Bedadung Hilir	Triuk : 4	Nomor Pengukuran : 4
Tanggal : 25-Apr-18	Lokasi : Desa Bahang Kulon	Nama Pengukur : Dwi Noviana
Lebar Sungai : 21 m	Koordinat	Kecepatan Rata-rata : 0.39 m/detik
Waktu : Mulai 11.42 WIB	X : 113.5287900	Debit : 9.4820 m <sup>3</sup> /detik atau 9482.01 L/detik
Selesai 12.15 WIB	Y : -8.3127900	Luas Penampang : 21.8925 m <sup>2</sup>

No.	Kode	Rai	Penampang Sungai					Kecepatan Aliran																		Kecepatan (V)	Debit (Q)												
			Lebar	Kedalaman			Luas Penampang (A)	0.2 d						0.6 d						0.8 d							m/det	m <sup>3</sup> /det.	L/det										
				d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>r</sub>		Ulangan			Putaran rata-rata	Lama Pengukuran	N	V	Ulangan			Putaran rata-rata	Lama Pengukuran	N	V	Ulangan			Putaran rata-rata					Lama Pengukuran	N	V							
								1	2	3					1	2	3					1	2	3															
m	m	m	m	m	m <sup>2</sup>	put.	put.	put.	put.	det	put./det.	put./det.	put.	put.	put.	put.	det	put./det.	put./det.	put.	put.	put.	put.	det	put./det.	put./det.	m/det	m <sup>3</sup> /det.	L/det										
1	P 00	0.00				0.00																																	
2	P 01	6.30	6.3	0.00	0.98	0.49	3.09	14	17	12	14.33	10	1.43	0.18													19	18	23	20.00	10	2.00	0.24	0.21	0.66	656.58			
3	P 02	12.60	6.3	0.98	1.47	1.23	7.72	34	35	42	37.00	10	3.70	0.43													43	45	51	46.33	10	4.63	0.53	0.48	3.73	3730.77			
4	P 03	21.00	8.4	1.47	1.17	1.32	11.09	30	45	44	39.67	10	3.97	0.46													39	38	41	39.33	10	3.93	0.46	0.46	5.09	5094.66			
<b>Total</b>			<b>21.00</b>				<b>21.89</b>																														<b>0.39</b>	<b>9.48</b>	<b>9482.01</b>
<b>Rata-rata</b>					<b>1.21</b>	<b>1.01</b>																																	

### d. Profil Sungai





## 1.5 Data Rata-rata Nilai Kedalaman, Luas Penampang, Kecepatan, dan Debit

## a. Data Rata-rata Nilai Kedalaman

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata
		1	2	3	
		(m)	(m)	(m)	(m)
1	1	0.87	0.76	0.76	0.80
2	2	1.12	1.10	1.10	1.11
3	3	0.86	1.07	1.07	1.00
4	4	1.11	1.21	1.21	1.17

## b. Data Rata-rata Nilai Luas Penampang

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata
		1	2	3	
		(m/det)	(m/det)	(m/det)	(m/det)
1	1	15.63	12.21	12.21	13.35
2	2	15.68	13.96	13.96	14.53
3	3	8.70	9.79	9.79	9.43
4	4	22.33	21.89	21.89	22.04

## c. Data Rata-rata Nilai Kecepatan

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata
		1	2	3	
		(m/det)	(m/det)	(m/det)	(m/det)
1	1	0.90	0.94	0.87	0.90
2	2	0.51	0.87	0.93	0.77
3	3	0.68	0.66	0.57	0.63
4	4	0.42	0.35	0.39	0.38

## d. Data Rata-rata Nilai Debit

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata
		1	2	3	
		(m <sup>3</sup> /det)	(m <sup>3</sup> /det)	(m <sup>3</sup> /det)	(m <sup>3</sup> /det)
1	1	15.11	11.36	10.34	12.27
2	2	8.25	12.02	12.86	11.04
3	3	5.86	6.60	6.33	6.26
4	4	9.65	7.67	9.48	8.93

## Lampiran 2. Data Pengukuran Suhu

### 2.1 Data Pengukuran Suhu Lingkungan

#### 2.1.1 Data Pengukuran Suhu Lingkungan Pengambilan ke -1

Parameter : Suhu Lingkungan  
 Tanggal Analisa : 21 April 2018  
 Metode : Termometer (SNI 06-6989.23-2005)

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata (°C)	Standart Deviasi
		1	2	3		
		(°C)	(°C)	(°C)		
1	T1	30	30	30	30,00	0,00
2	T2	32,5	32,5	32,5	32,50	0,00
3	T3	30	30	30	30,00	0,00
4	T4	32	32	32	32,00	0,00

#### 2.1.2 Data Pengukuran Suhu Lingkungan Pengambilan ke -2

Parameter : Suhu Lingkungan  
 Tanggal Analisa : 23 April 2018  
 Metode : Termometer (SNI 06-6989.23-2005)

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata (°C)	Standart Deviasi
		1	2	3		
		(°C)	(°C)	(°C)		
1	T1	29	29	29	29,00	0,00
2	T2	31	31	31	31,00	0,00
3	T3	32,5	32,5	32,5	32,50	0,00
4	T4	31	31	31	31,00	0,00

#### 2.1.3 Data Pengukuran Suhu Lingkungan Pengambilan ke -3

Parameter : Suhu Lingkungan  
 Tanggal Analisa : 25 April 2018  
 Metode : Termometer (SNI 06-6989.23-2005)

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata (°C)	Standart Deviasi
		1	2	3		
		(°C)	(°C)	(°C)		
1	T1	29	29	29	29,00	0,00
2	T2	32	32	32	32,00	0,00
3	T3	32	32	32	32,00	0,00
4	T4	32	32	32	32,00	0,00

#### 2.1.4 Data Rata-rata Pengukuran Suhu Lingkungan

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata (°C)
		1	2	3	
		(°C)	(°C)	(°C)	
1	1	30,00	29,00	29,00	29,33
2	2	32,50	31,00	32,00	31,83
3	3	30,00	32,50	32,00	31,50
4	4	32,00	31,00	32,00	31,67

## 2.2 Data Pengukuran Suhu Air

## 2.1.1 Data Pengukuran Suhu Air Pengambilan ke -1

Parameter : Suhu Air  
 Tanggal Analisa : 21 April 2018  
 Metode : Termometer (SNI 06-6989.23-2005)

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata (°C)	Standart Deviasi
		1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)		
1	T1	28	28	27,5	27,83	0,287
2	T2	28	28	28	28,00	0,000
3	T3	29	29	29	29,00	0,000
4	T4	29	28	28	28,33	0,577

## 2.1.2 Data Pengukuran Suhu Air Pengambilan ke -2

Parameter : Suhu Air  
 Tanggal Analisa : 23 April 2018  
 Metode : Termometer (SNI 06-6989.23-2005)

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata (°C)	Standart Deviasi
		1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)		
1	T1	28,5	28,5	28,5	28,50	0,00
2	T2	30	30	30	30,00	0,00
3	T3	30	30	30	30,00	0,00
4	T4	30	30	30	30,00	0,00

## 2.1.3 Data Pengukuran Suhu Air Pengambilan ke -3

Parameter : Suhu Air  
 Tanggal Analisa : 25 April 2018  
 Metode : Termometer (SNI 06-6989.23-2005)

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata (°C)	Standart Deviasi
		1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)		
1	T1	30	30	30	30,00	0,00
2	T2	29	29	29	29,00	0,00
3	T3	30	30	30	30,00	0,00
4	T4	29	29	29	29,00	0,00

## 2.1.4 Data Rata-rata Pengukuran Suhu Air

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata (°C)
		1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	
1	1	27,83	28,50	30,00	28,78
2	2	28,00	30,00	29,00	29,00
3	3	29,00	30,00	30,00	29,67
4	4	28,33	30,00	29,00	29,11

**Lampiran 3. Data Pengukuran pH****3.1 Data Pengukuran pH Pengambilan ke – 1**

Parameter : pH  
 Tanggal Analisa : 21 April 2018  
 Metode : PH meter (SNI 06-6989.11 -2004)

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata	Standart Deviasi
		1	2	3		
1	T1	7,6	7,6	7,5	7,57	0,058
2	T2	7,7	7,6	7,6	7,63	0,058
3	T3	7,9	7,8	7,8	7,83	0,058
4	T4	7,5	7,4	7,5	7,47	0,058

**3.2 Data Pengukuran pH Pengambilan ke – 2**

Parameter : pH  
 Tanggal Analisa : 23 April 2018  
 Metode : PH meter (SNI 06-6989.11 -2004)

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata	Standart Deviasi
		1	2	3		
1	T1	7,5	7,5	7,6	7,53	0,058
2	T2	7,8	7,9	7,8	7,83	0,058
3	T3	7,7	7,7	7,7	7,70	0,000
4	T4	7,5	7,5	7,5	7,50	0,000

**3.3 Data Pengukuran pH Pengambilan ke – 3**

Parameter : pH  
 Tanggal Analisa : 25 April 2018  
 Metode : PH meter (SNI 06-6989.11 -2004)

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata	Standart Deviasi
		1	2	3		
1	T1	7,7	7,7	7,6	7,67	0,058
2	T2	7,6	7,5	7,6	7,57	0,058
3	T3	7,7	7,7	7,7	7,70	0,000
4	T4	7,5	7,5	7,5	7,50	0,000

**3.4 Data Rata-Rata Pengukuran pH**

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata
		1	2	3	
1	1	7,57	7,53	7,67	7,59
2	2	7,63	7,83	7,57	7,68
3	3	7,83	7,70	7,70	7,74
4	4	7,47	7,50	7,50	7,49

**Lampiran 4. Data Pengukuran Total Padatan Terlarut (TDS)****4.1 Data Pengukuran Total Padatan Terlarut (TDS) Pengambilan ke – 1**

Parameter : Total Padatan Terlarut (TDS)  
 Tanggal Analisa : 21 April 2018  
 Metode : Probe

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata (mg/L)	Standart Deviasi
		1 (mg/L)	2 (mg/L)	3 (mg/L)		
1	T1	89	88	89	88,67	0,577
2	T2	91	91	92	91,33	0,577
3	T3	91	93	94	92,67	1,528
4	T4	95	94	94	94,33	0,577

**4.2 Data Pengukuran Total Padatan Terlarut (TDS) Pengambilan ke – 2**

Parameter : Total Padatan Terlarut (TDS)  
 Tanggal Analisa : 23 April 2018  
 Metode : Probe

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata (mg/L)	Standart Deviasi
		1 (mg/L)	2 (mg/L)	3 (mg/L)		
1	T1	103	110	111	108,00	4,359
2	T2	113	113	115	113,67	1,155
3	T3	115	113	116	114,67	1,528
4	T4	119	118	118	118,33	0,577

**4.3 Data Pengukuran Total Padatan Terlarut (TDS) Pengambilan ke – 3**

Parameter : Total Padatan Terlarut (TDS)  
 Tanggal Analisa : 25 April 2018  
 Metode : Probe

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata (mg/L)	Standart Deviasi
		1 (mg/L)	2 (mg/L)	3 (mg/L)		
1	T1	115	116	116	115,67	0,577
2	T2	115	116	116	115,67	0,577
3	T3	117	117	117	117,00	0,000
4	T4	117	117	117	117,00	0,000

**4.3 Data Rata-rata Pengukuran Total Padatan Terlarut (TDS)**

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata (mg/L)
		1 (mg/L)	2 (mg/L)	3 (mg/L)	
1	1	88,67	108,00	115,67	104,11
2	2	91,33	113,67	115,67	106,89
3	3	92,67	114,67	117,00	108,11
4	4	94,33	118,33	117,00	109,89



**Lampiran 5. Data Pengukuran Kekeruhan****5.1 Data Pengukuran Kekeruhan Pengambilan ke – 1**

Parameter : Kekeruhan  
 Tanggal Analisa : 21 April 2018  
 Metode : Nefelometer (SNI 06-6989.25-2005)

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata	Standart Deviasi
		1	2	3		
		(NTU)	(NTU)	(NTU)	(NTU)	
1	T1	144	143	137	141,33	3,786
2	T2	125	124	122	123,67	1,528
3	T3	126	128	132	128,67	3,055
4	T4	96,4	99,9	101	99,10	2,402

**5.2 Data Pengukuran Kekeruhan Pengambilan ke – 2**

Parameter : Kekeruhan  
 Tanggal Analisa : 23 April 2018  
 Metode : Nefelometer (SNI 06-6989.25-2005)

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata	Standart Deviasi
		1	2	3		
		(NTU)	(NTU)	(NTU)	(NTU)	
1	T1	18,86	18,28	18,61	18,58	0,291
2	T2	16,43	16,92	16,95	16,77	0,292
3	T3	15,28	15,66	15,51	15,48	0,191
4	T4	17,46	17,67	17,27	17,47	0,200

**5.3 Data Pengukuran Kekeruhan Pengambilan ke – 3**

Parameter : Kekeruhan  
 Tanggal Analisa : 25 April 2018  
 Metode : Nefelometer (SNI 06-6989.25-2005)

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata	Standart Deviasi
		1	2	3		
		(NTU)	(NTU)	(NTU)	(NTU)	
1	T1	27,7	28,8	27,5	28,00	0,700
2	T2	28,4	28,6	29,7	28,90	0,700
3	T3	27,2	27,9	27,7	27,60	0,361
4	T4	26,8	25,8	26,6	26,40	0,529

**5.4 Data Rata-rata Pengukuran Kekeruhan**

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata
		1	2	3	
		(NTU)	(NTU)	(NTU)	(NTU)
1	1	141,33	18,58	28,00	62,64
2	2	123,67	16,77	28,90	56,44
3	3	128,67	15,48	27,60	57,25
4	4	99,10	17,47	26,40	47,66

**Lampiran 6. Data Pengukuran TSS (Total Padatan Tersuspensi)**

6.1 Data Pengukuran TSS (Total Padatan Tersuspensi) Pengambilan ke – 1

Parameter : TSS (Total Padatan Tersuspensi)  
 Tanggal Analisa : 21 April 2018  
 Metode : Gravimetri (SNI 06-6989.3-2004)

Titik	Peng- ulang- an	Berat Kertas Saring Awal			Rata- rata (gr)	St. Dev.	Berat Kertas Saring Akhir			Rata- rata (gr)	St. Dev.	Volume Sampel (mL)	TSS (mg/L)	Rata- rata (mg/L)
		1	2	3			1	2	3					
		(gr)	(gr)	(gr)			(gr)	(gr)	(gr)					
1	1	0,5261	0,5265	0,5268	0,5265	0,0037	0,5287	0,5317	0,5327	0,5310	0,0049	50	91,33	116,44
	2	0,5327	0,5331	0,5334	0,5331		0,5357	0,5393	0,5403	0,5384		50	107,33	
	3	0,5323	0,5328	0,5333	0,5328		0,5372	0,5415	0,5423	0,5403		50	150,67	
2	1	0,5271	0,5273	0,5274	0,5273	0,0025	0,5336	0,5346	0,5351	0,5344	0,0033	50	143,33	165,78
	2	0,5299	0,5300	0,5303	0,5301		0,5385	0,5391	0,5397	0,5391		50	180,67	
	3	0,5320	0,5322	0,5324	0,5322		0,5403	0,5410	0,5413	0,5409		50	173,33	
3	1	0,5197	0,5199	0,5201	0,5199	0,0124	0,5309	0,5313	0,5317	0,5313	0,0126	50	228,00	232,00
	2	0,5303	0,5306	0,5308	0,5306		0,5416	0,5421	0,5427	0,5421		50	231,33	
	3	0,5442	0,5446	0,5449	0,5446		0,5556	0,5566	0,5570	0,5564		50	236,67	
4	1	0,5326	0,5330	0,5336	0,5331	0,0098	0,5443	0,5446	0,5451	0,5447	0,0104	50	232,00	245,56
	2	0,5390	0,5395	0,5398	0,5394		0,5515	0,5520	0,5523	0,5519		50	250,00	
	3	0,5515	0,5519	0,5537	0,5524		0,5646	0,5652	0,5655	0,5651		50	254,67	

Titik 1.1

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5310-0,5265}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 91,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 3.1

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5313-0,5199}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 228 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 1.2

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5384-0,5331}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 107,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 3.2

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5421-0,5306}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 231,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 1.3

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5403-0,5328}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 150,67 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 3.3

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5564-0,5446}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 236,67 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 2.1

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5344-0,5273}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 143,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 4.1

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5447-0,5331}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 232 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 2.2

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5391-0,5301}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 180,67 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 4.2

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5519-0,5394}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 250 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 2.3

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5409-0,5322}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 173,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 4.3

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5651-0,5524}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 254,67 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

6.2 Data Pengukuran TSS (Total Padatan Tersuspensi) Pengambilan ke – 2

Parameter : TSS (Total Padatan Tersuspensi)  
 Tanggal Analisa : 23 April 2018  
 Metode : Gravimetri (SNI 06-6989.3-2004)

Titik	Peng- ulang- an	Berat Kertas Saring Awal			Rata- rata	St. Dev.	Berat Kertas Saring Akhir			Rata- rata	St. Dev.	Volume Sampel	TSS	Rata- rata
		1	2	3			1	2	3					
		(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(mL)	(mg/L)	(mg/L)	
1	1	0,5465	0,5486	0,5493	0,5481	0,0086	0,5481	0,5501	0,5512	0,5498	0,0082	50	33,33	31,11
	2	0,5572	0,5580	0,5589	0,5580		0,5590	0,5605	0,5611	0,5602		50	43,33	
	3	0,5643	0,5652	0,5661	0,5652		0,5654	0,5661	0,5666	0,5660		50	16,67	
2	1	0,5440	0,5447	0,5455	0,5447	0,0050	0,5455	0,5466	0,5472	0,5464	0,0049	50	34,00	19,33
	2	0,5533	0,5539	0,5544	0,5539		0,5538	0,5548	0,5554	0,5547		50	16,00	
	3	0,5452	0,5456	0,5461	0,5456		0,5455	0,5461	0,5465	0,5460		50	8,00	
3	1	0,5557	0,5564	0,5568	0,5563	0,0037	0,5571	0,5578	0,5581	0,5577	0,0037	50	27,33	22,00
	2	0,5614	0,5619	0,5622	0,5618		0,5620	0,5628	0,5636	0,5628		50	19,33	
	3	0,5543	0,5547	0,5551	0,5547		0,5547	0,5558	0,5565	0,5557		50	19,33	
4	1	0,5477	0,5482	0,5487	0,5482	0,0111	0,5499	0,5503	0,5507	0,5503	0,0109	50	42,00	42,00
	2	0,5700	0,5705	0,5709	0,5705		0,5716	0,5721	0,5725	0,5721		50	32,00	
	3	0,5585	0,5589	0,5591	0,5588		0,5610	0,5614	0,5619	0,5614		50	52,00	

Titik 1.1

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5498-0,5481}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 33,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 3.1

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5576-0,5563}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 27,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 1.2

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5602-0,5580}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 43,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 3.2

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5628-0,5618}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 19,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 1.3

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5660-0,5652}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 16,67 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 3.3

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5556-0,5547}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 19,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 2.1

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5464-0,5447}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 34 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 4.1

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5503-0,5482}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 42,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 2.2

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5546-0,5539}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 16,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 4.2

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5721-0,5705}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 32,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 2.3

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5460-0,5456}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 8,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 4.3

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5613-0,5588}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 52,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$



## 6.3 Data Pengukuran TSS (Total Padatan Tersuspensi) Pengambilan ke – 3

Parameter : TSS (Total Padatan Tersuspensi)

Tanggal Analisa : 25 April 2018

Metode : Gravimetri (SNI 06-6989.3-2004)

Titik	Peng- ulang- an	Berat Kertas Saring Awal			Rata- rata	St. Dev.	Berat Kertas Saring Akhir			Rata- rata	St. Dev.	Volume Sampel (mL)	TSS (mg/L)	Rata- rata (mg/L)
		1	2	3			1	2	3					
		(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)				
1	1	0,5503	0,5519	0,5534	0,5519	0,0141	0,554	0,5553	0,5562	0,5552	0,0136	50	66,00	55,33
	2	0,5758	0,5767	0,5775	0,5767		0,5771	0,5785	0,5795	0,5784		50	34,00	
	3	0,5749	0,5757	0,5768	0,5758		0,578	0,5792	0,5801	0,5791		50	66,00	
2	1	0,5486	0,5488	0,5498	0,5491	0,0041	0,5520	0,5531	0,5538	0,5530	0,0055	50	78,00	97,56
	2	0,5481	0,5487	0,5493	0,5487		0,5518	0,5526	0,5543	0,5529		50	84,00	
	3	0,5551	0,5558	0,5569	0,55593		0,5614	0,5625	0,5635	0,5625		50	130,67	
3	1	0,5504	0,5510	0,5519	0,5511	0,0117	0,5554	0,557	0,5574	0,5566	0,0124	50	110,00	109,56
	2	0,5629	0,5636	0,5640	0,5635		0,5695	0,5701	0,5694	0,5697		50	123,33	
	3	0,5397	0,5401	0,5406	0,5401		0,5443	0,5450	0,5454	0,5449		50	95,33	
4	1	0,5179	0,5185	0,5188	0,5184	0,0134	0,5232	0,5248	0,5256	0,5245	0,0140	50	122,67	132,00
	2	0,5239	0,5242	0,5243	0,5241		0,5291	0,5310	0,5314	0,5305		50	127,33	
	3	0,5433	0,5441	0,5443	0,5439		0,5505	0,5510	0,5521	0,5512		50	146,00	

$$\begin{aligned} \text{Titik 1.1} \\ \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5552-0,5519}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 66,00 \text{ mg/L} \end{aligned} \qquad \begin{aligned} \text{Titik 3.1} \\ \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5566-0,5511}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 110,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik 1.2} \\ \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5784-0,5767}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 34,00 \text{ mg/L} \end{aligned} \qquad \begin{aligned} \text{Titik 3.2} \\ \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5697-0,5635}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 123,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik 1.3} \\ \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5791-0,5768}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 66,00 \text{ mg/L} \end{aligned} \qquad \begin{aligned} \text{Titik 3.3} \\ \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5449-0,5401}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 95,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik 2.1} \\ \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5530-0,5491}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 78,00 \text{ mg/L} \end{aligned} \qquad \begin{aligned} \text{Titik 4.1} \\ \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5245-0,5184}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 122,67 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik 2.2} \\ \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5529-0,5487}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 84,00 \text{ mg/L} \end{aligned} \qquad \begin{aligned} \text{Titik 4.2} \\ \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5305-0,5241}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 127,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik 2.3} \\ \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5625-0,5559}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 130,67 \text{ mg/L} \end{aligned} \qquad \begin{aligned} \text{Titik 4.3} \\ \text{TSS (mg/L)} &= \frac{0,5512-0,5439}{\frac{50}{1000}} \times 1000 \\ &= 146,00 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

#### 6.4 Data Rata-rata Pengukuran TSS (Total Padatan Tersuspensi)

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata
		1	2	3	
		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
1	1	116,44	31,11	55,33	67,63
2	2	165,78	19,33	97,56	94,22
3	3	232,00	22,00	109,56	121,19
4	4	245,56	42,00	132,00	139,85

**Lampiran 7. Data Pengukuran Oksigen Terlarut (DO) Lapang**

$$DO = \frac{a \times N \times 8000}{V-4}$$

Keterangan :

- DO = oksigen terlarut (mg/L);  
 a = volume titran natriumtiosulfat (mL);  
 N = normaliti larutan natriumtiosulfat (ek/L);  
 v = volume botol winkler (mL).

**7.1 Data Pengukuran Oksigen Terlarut (DO) Lapang ke – 1**

Parameter : Oksigen Terlarut (DO)  
 Tanggal Analisa : 21 April 2018  
 Metode : Yodometri atau Modifikasi Azida  
 (SNI 06-6989.14-2004)

Titik	Pengulangan	Volume titran Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)	Volume Winkler (mL)	N	DO <sub>0</sub> (mg/L)	Rata-rata (mg/L)	St. Dev.
1	1	4,75	138	0,025	6,99	7,23	0,363
	2	5,2	138	0,025	7,65		
	3	4,8	138	0,025	7,06		
2	1	4,7	138	0,025	6,91	6,81	0,085
	2	4,6	138	0,025	6,76		
	3	4,6	138	0,025	6,76		
3	1	4,7	138	0,025	6,91	6,96	0,085
	2	4,7	138	0,025	6,91		
	3	4,8	138	0,025	7,06		
4	1	4,85	138	0,025	7,13	7,23	0,170
	2	4,85	138	0,025	7,13		
	3	5,05	138	0,025	7,43		

Titik 1.1

$$DO = \frac{4,75 \times 0,025 \times 8000}{138-2}$$

$$= 6,99 \text{ mg/L}$$

Titik 1.2

$$DO = \frac{5,2 \times 0,025 \times 8000}{138-2}$$

$$= 7,65 \text{ mg/L}$$

Titik 1.1

$$DO = \frac{4,8 \times 0,025 \times 8000}{138-2}$$

$$= 7,06 \text{ mg/L}$$

Titik 3.1

$$DO = \frac{4,7 \times 0,025 \times 8000}{138-2}$$

$$= 6,91 \text{ mg/L}$$

Titik 3.2

$$DO = \frac{4,7 \times 0,025 \times 8000}{138-2}$$

$$= 6,91 \text{ mg/L}$$

Titik 3.3

$$DO = \frac{4,8 \times 0,025 \times 8000}{138-2}$$

$$= 7,06 \text{ mg/L}$$

Titik 2.1

$$\text{DO} = \frac{4,7 \times 0,025 \times 8000}{138-2}$$

$$= 6,91 \text{ mg/L}$$

Titik 2.2

$$\text{DO} = \frac{4,6 \times 0,025 \times 8000}{138-2}$$

$$= 6,76 \text{ mg/L}$$

Titik 2.3

$$\text{DO} = \frac{4,6 \times 0,025 \times 8000}{138-2}$$

$$= 6,76 \text{ mg/L}$$

Titik 4.1

$$\text{DO} = \frac{4,85 \times 0,025 \times 8000}{138-2}$$

$$= 7,13 \text{ mg/L}$$

Titik 4.2

$$\text{DO} = \frac{4,85 \times 0,025 \times 8000}{138-2}$$

$$= 7,13 \text{ mg/L}$$

Titik 4.1

$$\text{DO} = \frac{5,05 \times 0,025 \times 8000}{138-2}$$

$$= 7,43 \text{ mg/L}$$

## 7.2 Data Pengukuran Oksigen Terlarut (DO) Lapang ke – 2

Parameter : Oksigen Terlarut (DO)  
 Tanggal Analisa : 23 April 2018  
 Metode : Yodometri atau Modifikasi Azida  
 (SNI 06-6989.14-2004)

Titik	Peng- ulang- an	Volume titran Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)	Volume Winkler (mL)	N	DO <sub>0</sub> (mg/L)	Rata- rata (mg/L)	St. Dev.
1	1	6	180	0,025	6,74	6,78	0,065
	2	6	180	0,025	6,74		
	3	6,1	180	0,025	6,85		
2	1	6,2	180	0,025	6,97	6,95	0,086
	2	6,25	180	0,025	7,02		
	3	6,1	180	0,025	6,85		
3	1	5,9	180	0,025	6,63	6,70	0,065
	2	6	180	0,025	6,74		
	3	6	180	0,025	6,74		
4	1	6	180	0,025	6,74	6,74	0,000
	2	6	180	0,025	6,74		
	3	6	180	0,025	6,74		

Titik 1.1

$$\text{DO} = \frac{6 \times 0,025 \times 8000}{180-2}$$

$$= 6,74 \text{ mg/L}$$

Titik 1.2

$$\text{DO} = \frac{6 \times 0,025 \times 8000}{180-2}$$

$$= 6,74 \text{ mg/L}$$

Titik 3.1

$$\text{DO} = \frac{5,9 \times 0,025 \times 8000}{180-2}$$

$$= 6,63 \text{ mg/L}$$

Titik 3.2

$$\text{DO} = \frac{6 \times 0,025 \times 8000}{180-2}$$

$$= 6,74 \text{ mg/L}$$

Titik 1.3

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{6,1 \times 0,025 \times 8000}{180-2} \\ &= 6,85 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 2.1

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{6,2 \times 0,025 \times 8000}{180-2} \\ &= 6,97 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 2.2

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{6,25 \times 0,025 \times 8000}{180-2} \\ &= 7,02 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 2.3

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{6,1 \times 0,025 \times 8000}{180-2} \\ &= 6,85 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 3.3

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{6 \times 0,025 \times 8000}{180-2} \\ &= 6,74 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 4.1

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{6 \times 0,025 \times 8000}{180-2} \\ &= 6,74 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 4.2

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{6 \times 0,025 \times 8000}{180-2} \\ &= 6,74 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 4.3

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{6 \times 0,025 \times 8000}{180-2} \\ &= 6,74 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

### 7.3 Data Pengukuran Oksigen Terlarut (DO) Lapang ke – 3

Parameter : Oksigen Terlarut (DO)  
 Tanggal Analisa : 25 April 2018  
 Metode : Yodometri atau Modifikasi Azida  
 (SNI 06-6989.14-2004)

Titik	Peng-Ulang-an	Volume titran Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)	Volume Winkler (mL)	N	DO <sub>0</sub> (mg/L)	Rata-rata (mg/L)	St. Dev.
1	1	4,65	138	0,025	6,84	6,89	0,153
	2	4,6	138	0,025	6,76		
	3	4,8	138	0,025	7,06		
2	1	4,7	138	0,025	6,91	6,84	0,074
	2	4,6	138	0,025	6,76		
	3	4,65	138	0,025	6,84		
3	1	4,65	138	0,025	6,84	6,84	0,074
	2	4,6	138	0,025	6,76		
	3	4,7	138	0,025	6,91		
4	1	4,7	138	0,025	6,91	6,86	0,085
	2	4,6	138	0,025	6,76		
	3	4,7	138	0,025	6,91		

Titik 1.1

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{4,65 \times 0,025 \times 8000}{138-2} \\ &= 6,84 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 3.1

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{4,65 \times 0,025 \times 8000}{138-2} \\ &= 6,84 \text{ mg/L} \end{aligned}$$



Titik 1.2

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{4,6 \times 0,025 \times 8000}{138-2} \\ &= 6,76 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 1.1

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{4,8 \times 0,025 \times 8000}{138-2} \\ &= 7,06 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 2.1

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{4,7 \times 0,025 \times 8000}{138-2} \\ &= 6,91 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 2.2

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{4,6 \times 0,025 \times 8000}{138-2} \\ &= 6,76 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 2.3

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{4,65 \times 0,025 \times 8000}{138-2} \\ &= 6,84 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 3.2

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{4,6 \times 0,025 \times 8000}{138-2} \\ &= 6,76 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 3.3

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{4,7 \times 0,025 \times 8000}{138-2} \\ &= 6,91 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 4.1

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{4,7 \times 0,025 \times 8000}{138-2} \\ &= 6,91 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 4.2

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{4,6 \times 0,025 \times 8000}{138-2} \\ &= 6,76 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Titik 4.1

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{4,7 \times 0,025 \times 8000}{138-2} \\ &= 6,91 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

## 7.2 Data Rata-rata Pengukuran Oksigen Terlarut (DO) Lapang

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata
		1	2	3	
		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
1	1	7,23	6,78	6,89	6,97
2	2	6,81	6,95	6,84	6,87
3	3	6,96	6,70	6,84	6,83
4	4	7,23	6,74	6,86	6,94

**Lampiran 8. Data Pengukuran *Biological Oxygen Demand* (BOD)**

8.1 Data Pengukuran *Biological Oxygen Demand* (BOD) Pengambilan ke - 1

Parameter : *Biological Oxygen Demand* (BOD)  
 Tanggal Analisa : 21 April 2018 dan 26 April 2018  
 Metode : Yodometri atau Modifikasi Azida (SNI 06-6989.14-2004)

Titik	Peng-Ulang-an	DO <sub>0</sub>						DO <sub>5</sub>						BOD (mg/L)		
		Volume titran Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)			N	DO (mg/L)	Rata-rata	St. Dev.	Volume titran Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)			N	DO (mg/L)		Rata-rata	St. Dev.
		Awal	Akhir	Selisih					Awal	Akhir	Selisih					
1	1	33,9	44,8	10,9	0,025	6,69	6,71	0,035	0,6	7,6	7	0,02487	4,27	4,48	0,186	2,23
	2	35,8	46,8	11	0,025	6,75			7,8	15,2	7,4	0,02487	4,52			
	3	35,1	46	10,9	0,025	6,69			15,3	22,9	7,6	0,02487	4,64			
2	1	1	11,9	10,9	0,025	6,69	6,71	0,035	0,5	8,6	8,1	0,02487	4,94	4,64	0,266	2,07
	2	11,9	22,9	11	0,025	6,75			8,7	16,1	7,4	0,02487	4,52			
	3	22,9	33,8	10,9	0,025	6,69			16,1	23,4	7,3	0,02487	4,46			
3	1	1,8	12,7	10,9	0,025	6,69	6,73	0,035	0,8	9,4	8,6	0,02487	5,25	4,82	0,371	1,91
	2	12,8	23,8	11	0,025	6,75			9,6	17,2	7,6	0,02487	4,64			
	3	23,9	34,9	11	0,025	6,75			17,5	25	7,5	0,02487	4,58			
4	1	1,7	12,7	11	0,025	6,75	6,67	0,142	25,1	32,3	7,2	0,02487	4,39	4,54	0,127	2,13
	2	13,9	24,5	10,6	0,025	6,50			32,3	39,8	7,5	0,02487	4,58			
	3	24,6	35,6	11	0,025	6,75			39,9	47,5	7,6	0,02487	4,64			

Titik 1.1

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,9 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,69 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{7 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 4,27 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,69 - 4,27 = 2,42 \text{ mg/L}$$

Titik 1.2

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{11 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,75 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{7,4 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 4,52 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,75 - 4,52 = 2,23 \text{ mg/L}$$

Titik 1.3

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,9 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,69 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{7,6 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 4,64 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,69 - 4,64 = 2,05 \text{ mg/L}$$

Titik 2.1

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,9 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,69 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{8,1 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 4,94 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,69 - 4,94 = 1,75 \text{ mg/L}$$

Titik 2.2

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{11 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,75 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{7,4 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 4,52 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,75 - 4,52 = 2,23 \text{ mg/L}$$

Titik 2.3

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,9 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,69 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{7,3 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 4,46 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,69 - 4,46 = 2,23 \text{ mg/L}$$

Titik 3.1

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,9 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,69 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{8,6 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,25 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,69 - 5,25 = 1,44 \text{ mg/L}$$

Titik 3.2

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{11 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,75 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{7,6 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 4,64 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,75 - 4,64 = 2,11 \text{ mg/L}$$

Titik 3.3

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{11 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,75 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{7,5 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 4,58 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,75 - 4,58 = 2,17 \text{ mg/L}$$

Titik 4.1

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{11 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,75 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{7,2 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 4,39 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,75 - 4,39 = 2,36 \text{ mg/L}$$

Titik 4.2

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,6 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,50 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{7,5 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 4,58 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,50 - 4,58 = 1,92 \text{ mg/L}$$

Titik 4.3

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{11 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,75 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{7,6 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 4,64 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,75 - 4,64 = 2,11 \text{ mg/L}$$

8.2 Data Pengukuran *Biological Oxygen Demand* (BOD) Pengambilan ke - 2

Parameter : *Biological Oxygen Demand* (BOD)  
 Tanggal Analisa : 23 April 2018 dan 28 April 2018  
 Metode : Yodometri atau Modifikasi Azida (SNI 06-6989.14-2004)

Titik	Peng-Ulang-an	DO <sub>0</sub>						DO <sub>5</sub>						BOD (mg/L)		
		Volume titran Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)			N	DO (mg/L)	Rata-rata	St. Dev.	Volume titran Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)			N	DO (mg/L)		Rata-rata	St. Dev.
		Awal	Akhir	Selisih					Awal	Akhir	Selisih					
1	1	22,8	33,3	10,5	0,025	6,44	6,54	0,128	1	10	9	0,02487	5,49	5,61	0,122	0,93
	2	12,2	22,8	10,6	0,025	6,50			10	19,4	9,4	0,02487	5,74			
	3	1	11,9	10,9	0,025	6,69			19,4	28,6	9,2	0,02487	5,61			
2	1	12,9	24	11,1	0,025	6,81	6,58	0,197	29,2	38,1	8,9	0,02487	5,43	5,76	0,373	0,83
	2	24,1	34,6	10,5	0,025	6,44			28,7	38	9,3	0,02487	5,68			
	3	34,6	45,2	10,6	0,025	6,50			30,7	40,8	10,1	0,02487	6,16			
3	1	10,6	21,5	10,9	0,025	6,69	6,48	0,177	0,9	11,2	10,3	0,02487	6,29	6,02	0,458	0,46
	2	21,5	31,9	10,4	0,025	6,38			11,3	20,3	9	0,02487	5,49			
	3	0,2	10,6	10,4	0,025	6,38			20,3	30,6	10,3	0,02487	6,29			
4	1	4	14,5	10,5	0,025	6,44	6,75	0,383	0,9	10,4	9,5	0,02487	5,80	5,51	0,254	1,24
	2	14,9	25,7	10,8	0,025	6,63			10,6	19,3	8,7	0,02487	5,31			
	3	25,9	37,6	11,7	0,025	7,18			19,4	28,3	8,9	0,02487	5,43			

Titik 1.1

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,5 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,44 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{9 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,49 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,44 - 5,49 = 0,95 \text{ mg/L}$$

Titik 1.2

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,6 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,50 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{9,4 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,74 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,50 - 5,74 = 0,76 \text{ mg/L}$$

Titik 1.3

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,9 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,69 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{9,2 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,61 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,69 - 5,61 = 1,08 \text{ mg/L}$$

Titik 2.1

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{11,1 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,81 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{8,9 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,43 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,81 - 5,43 = 1,38 \text{ mg/L}$$

Titik 2.2

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,5 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,44 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{9,3 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,68 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,44 - 5,68 = 0,76 \text{ mg/L}$$

Titik 2.3

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,6 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,50 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{10,1 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,16 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,50 - 6,16 = 0,34 \text{ mg/L}$$

Titik 3.1

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,9 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,69 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{10,3 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,29 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,69 - 6,29 = 0,40 \text{ mg/L}$$

Titik 3.2

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,4 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,38 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{9 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,49 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,38 - 5,49 = 0,89 \text{ mg/L}$$

Titik 3.3

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,4 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,38 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{10,3 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,27 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,38 - 6,27 = 0,11 \text{ mg/L}$$

Titik 4.1

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,5 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,44 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{9,5 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,80 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,44 - 5,80 = 0,64 \text{ mg/L}$$

Titik 4.2

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,8 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 6,63 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{8,7 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,31 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,63 - 5,31 = 1,32 \text{ mg/L}$$

Titik 4.3

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{11,7 \times 0,025 \times 8000}{330-4} = 7,18 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{8,9 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,43 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 7,18 - 5,43 = 1,75 \text{ mg/L}$$



8.3 Data Pengukuran *Biological Oxygen Demand* (BOD) Pengambilan ke - 3

Parameter : *Biological Oxygen Demand* (BOD)  
 Tanggal Analisa : 25 April 2018 dan 30 April 2018  
 Metode : Yodometri atau Modifikasi Azida (SNI 06-6989.14-2004)

Titik	Peng-Ulang-an	DO <sub>0</sub>						DO <sub>5</sub>						BOD (mg/L)		
		Volume titran Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)			N	DO (mg/L)	Rata-rata	St. Dev.	Volume titran Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)			N	DO (mg/L)		Rata-rata	St. Dev.
		Awal	Akhir	Selisih					Awal	Akhir	Selisih					
1	1	1,1	11,6	10,5	0,02487	6,41	6,49	0,196	17,8	27	9,2	0,02487	5,61	5,90	0,275	0,59
	2	11,6	22	10,4	0,02487	6,35			1,2	10,9	9,7	0,02487	5,92			
	3	22	33	11	0,02487	6,71			11	21,1	10,1	0,02487	6,16			
2	1	0,6	11,3	10,7	0,02487	6,53	6,45	0,093	0,7	10,7	10	0,02487	6,10	5,92	0,220	0,53
	2	11,4	22	10,6	0,02487	6,47			10,7	20	9,3	0,02487	5,68			
	3	22	32,4	10,4	0,02487	6,35			20,1	29,9	9,8	0,02487	5,98			
3	1	4,1	16,7	12,6	0,02487	7,69	7,06	0,586	0,5	9,6	9,1	0,02487	5,55	5,70	0,301	1,36
	2	16,9	27,6	10,7	0,02487	6,53			9,7	19,6	9,9	0,02487	6,04			
	3	27,7	39,1	11,4	0,02487	6,96			14	23	9	0,02487	5,49			
4	1	0,2	10,5	10,3	0,02487	6,29	6,49	0,406	21,1	29,9	8,8	0,02487	5,37	5,76	0,368	0,73
	2	10,6	22	11,4	0,02487	6,96			29,9	39,9	10	0,02487	6,10			
	3	22	32,2	10,2	0,02487	6,23			40	49,5	9,5	0,02487	5,80			

Titik 1.1

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,5 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,40 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{9,2 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,61 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,40 - 5,61 = 0,79 \text{ mg/L}$$

Titik 1.2

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,4 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,34 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{9,7 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,92 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,34 - 5,92 = 0,42 \text{ mg/L}$$

Titik 1.3

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{11 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,71 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{10,1 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,16 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,71 - 6,16 = 0,55 \text{ mg/L}$$

Titik 2.1

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,7 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,53 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{10 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,10 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,53 - 6,10 = 0,43 \text{ mg/L}$$

Titik 2.2

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,6 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,47 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{9,3 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,68 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,47 - 5,66 = 0,79 \text{ mg/L}$$

Titik 2.3

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,4 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,35 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{9,8 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,98 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,35 - 5,98 = 0,37 \text{ mg/L}$$

Titik 3.1

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{12,6 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 7,69 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{9,1 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,55 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 7,69 - 5,55 = 2,14 \text{ mg/L}$$

Titik 3.2

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,7 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,53 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{9,9 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,04 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,53 - 6,04 = 0,49 \text{ mg/L}$$

Titik 3.3

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{11,4 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,95 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{9 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,49 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,95 - 5,49 = 1,46 \text{ mg/L}$$

Titik 4.1

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,3 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,29 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{8,8 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,37 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,29 - 5,37 = 0,92 \text{ mg/L}$$

Titik 4.2

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{11,4 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,95 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{10 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,10 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,95 - 6,10 = 0,85 \text{ mg/L}$$

Titik 4.3

$$DO_{\text{Awal}} = \frac{10,2 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 6,22 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{Akhir}} = \frac{9,5 \times 0,02487 \times 8000}{330-4} = 5,80 \text{ mg/L}$$

$$BOD = 6,22 - 5,80 = 0,42 \text{ mg/L}$$

#### 8.4 Data Rata-rata Pengukuran *Biological Oxygen Demand* (BOD)

No.	Titik	Pengukuran			Rata-rata (mg/L)
		1 (mg/L)	2 (mg/L)	3 (mg/L)	
1	1	2,23	0,93	0,59	1,25
2	2	2,07	0,83	0,53	1,14
3	3	1,91	0,46	1,36	1,24
4	4	2,13	1,24	0,73	1,37

**Lampiran 9. Data Pengukuran Chemical Oxygen Demand (COD)**Data Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Parameter : Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)  
 Tanggal Analisa : 21 April 2018, 23 April 2018, dan 25 April 2018  
 Metode : -

No.	Pengambilan	Pengukuran			Rata-rata
		1	2	3	
		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
1	1	19,00	33,00	39,00	30,33
2	2	36,00	28,00	61,00	41,67
3	3	42,00	26,00	36,00	34,67

**Lampiran 10. Data Perhitungan Beban Pencemar**

$$BP = Q \times C$$

Keterangan:

BP = beban pencemaran (kg/hari)

Q = debit air sungai (m<sup>3</sup>/detik)

C = Konsentrasi BOD (mg/L)

No	Titik	Q Total		BOD	Beban Pencemaran
		(L/s)	(m <sup>3</sup> /s)		
1	1	11870	11,87	1,25	1281,96
2	2	10980	10,98	1,14	1081,09
3	3	5980	5,98	1,24	640,47
4	4	8640	8,64	1,37	1022,70

Titik 1

$$Q = 11870 \text{ L/s} \times 3600 \times 24 = 1025568000 \text{ L/hari}$$

$$\text{BOD} = 1,25 \text{ mg/L} \times 10^{-6} = 1,25 \times 10^{-6} \text{ kg/L}$$

$$\text{BP} = Q \times \text{BOD} \\ = 1025568000 \times 1,25 \times 10^{-6} = 1281,96 \text{ kg/hari}$$

Titik 2

$$Q = 10980 \text{ L/s} \times 3600 \times 24 = 948672000 \text{ L/hari}$$

$$\text{BOD} = 1,14 \text{ mg/L} \times 10^{-6} = 1,14 \times 10^{-6} \text{ kg/L}$$

$$\text{BP} = Q \times \text{BOD} \\ = 948672000 \times 1,14 \times 10^{-6} = 1081,09 \text{ kg/hari}$$

Titik 3

$$Q = 5980 \text{ L/s} \times 3600 \times 24 = 516672000 \text{ L/hari}$$

$$\text{BOD} = 1,24 \text{ mg/L} \times 10^{-6} = 1,24 \times 10^{-6} \text{ kg/L}$$

$$\text{BP} = Q \times \text{BOD} \\ = 516672000 \times 1,24 \times 10^{-6} = 640,47 \text{ kg/hari}$$

Titik 4

$$Q = 8640 \text{ L/s} \times 3600 \times 24 = 746496000 \text{ L/hari}$$

$$\text{BOD} = 1,37 \text{ mg/L} \times 10^{-6} = 1,37 \times 10^{-6} \text{ kg/L}$$

$$\text{BP} = Q \times \text{BOD} \\ = 746496000 \times 1,37 \times 10^{-6} = 1022,70 \text{ kg/hari}$$

**Lampiran 11. Data Pengukuran K'**

## 11.1 Data Pengukuran K' Hari ke – 2

Parameter : *Biological Oxygen Demand (BOD)*  
 Tanggal Analisa : 23 April 2018  
 Metode : Yodometri atau Modifikasi Azida  
 (SNI 06-6989.14-2004)

No.	Titik	Volume titran Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)			N	DO (mg/L)	Rata-rata
		Awal	Akhir	Selisih			
1	K'2.1	1,9	12,7	10,8	0,025	6,62577	6,50307
2	K'2.2	1,9	12,7	10,8	0,025	6,62577	
3	K'2.3	12,8	23	10,2	0,025	6,25767	

## 11.2 Data Pengukuran K' Hari ke – 4

Parameter : *Biological Oxygen Demand (BOD)*  
 Tanggal Analisa : 25 April 2018  
 Metode : Yodometri atau Modifikasi Azida  
 (SNI 06-6989.14-2004)

No.	Titik	Volume titran Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)			N	DO (mg/L)	Rata-rata
		Awal	Akhir	Selisih			
1	K'4.1	0,6	9,5	8,9	0,02487	5,43173	5,57413
2	K'4.2	9,7	19,2	9,5	0,02487	5,79791	
3	K'4.3	19,4	28,4	9	0,02487	5,49276	

## 11.3 Data Pengukuran K' Hari ke – 6

Parameter : *Biological Oxygen Demand (BOD)*  
 Tanggal Analisa : 27 April 2018  
 Metode : Yodometri atau Modifikasi Azida  
 (SNI 06-6989.14-2004)

No.	Titik	Volume titran Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)			N	DO (mg/L)	Rata-rata
		Awal	Akhir	Selisih			
1	K'6.1	6,7	14,2	7,5	0,02487	4,5773	4,78074
2	K'6.2	9,2	17,1	7,9	0,02487	4,82142	
3	K'6.3	17,2	25,3	8,1	0,02487	4,94348	

## 11.4 Data Pengukuran K' Hari ke – 8

Parameter : *Biological Oxygen Demand (BOD)*  
 Tanggal Analisa : 29 April 2018  
 Metode : Yodometri atau Modifikasi Azida  
 (SNI 06-6989.14-2004)

No.	Titik	Volume titran Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)			N	DO (mg/L)	Rata-rata
		Awal	Akhir	Selisih			
1	K'8.1	0,6	7,2	6,6	0,02487	4,02802	4,15009
2	K'8.2	7,3	14,2	6,9	0,02487	4,21112	
3	K'8.3	14,3	21,2	6,9	0,02487	4,21112	

11.4 Data Pengukuran K' Hari ke – 10

Parameter : *Biological Oxygen Demand (BOD)*  
 Tanggal Analisa : 1 Mei 2018  
 Metode : Yodometri atau Modifikasi Azida  
 (SNI 06-6989.14-2004)

No.	Titik	Volume titran Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)			N	DO (mg/L)	Rata-rata
		Awal	Akhir	Selisih			
1	K'10.1	0,4	4,9	4,5	0,02487	2,74638	4,08906
2	K'10.2	13,1	20,8	7,7	0,02487	4,69936	
3	K'10.3	5,1	13	7,9	0,02487	4,82142	

11.5 Data Perhitungan K'

No.	Hari	DO <sub>0</sub>	DO K'	BOD	y	y <sup>2</sup>	y'	yy'
		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)				
1	0			0				
2	2	6,71	6,50	0,20	0,20	0.042	0.283	0.058
3	4	6,71	5,57	1,13	1,13	1.285	0.431	0.488
4	6	6,71	4,78	1,93	1,93	3.713	0.356	0.686
5	8	6,71	4,15	2,56	2,56	6.541	0.173	0.442
6	10	6,71	4,09	2,62	2,62			
Jumlah				5.82	5,82	11,58	1,24	1,67

**Rumus perhitungan :**

$$n a + b \sum y - \sum y' = 0$$

$$a \sum y + b \sum y^2 - \sum yy' = 0$$

$$\begin{array}{rcl}
 4 a + 5,82 b - 1,24 & = & 0 \\
 5,82 a + 11,58 b - 1,67 & = & 0 \\
 23,29 a + 33,90 b - 7,24 & = & 0 \\
 23,29 a + 46,32 b - 6,70 & = & 0
 \end{array}
 \left| \begin{array}{l} x \ 5.82 \\ x \ 4 \end{array} \right|$$

$$\begin{array}{rcl}
 0,00 + -12,421 b - 0,54 & = & 0 \\
 & & b -12,421 = 0,5395 \\
 & & \mathbf{b = -0,0434}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 4 a + 5,82 b - 1,24 & = & 0 \\
 4 a + 5,82 (-0,0434) - 1,24 & = & 0 \\
 4 a + (-0,253) - 1,24 & = & 0 \\
 4 a & = & 1,24 + 0,2529 \\
 4 a & = & 1,50 \\
 \mathbf{a} & = & \mathbf{0,3739}
 \end{array}$$

$$K' = -b,$$

$$K' = 0,0434 \text{ d}^{-1}$$

$$U \text{ BOD} = -\frac{a}{b},$$

$$U \text{ BOD} = -\frac{0,3739}{(-0,0434)} = 8,61 \text{ mg/L}$$



**Lampiran 12. Data Perhitungan Metode Streeter Phelps**

## 12.1 Perhitungan Titik 1

## a. Perhitungan Konstanta Deoksigenasi (Kd)

$$\begin{aligned}
 Kd &= 0,3 \left(\frac{H}{8}\right)^{-0,434} \\
 &= 0,3 \left(\frac{0,80}{8}\right)^{-0,434} \\
 &= 0,816 \text{ hari}^{-1} \\
 Kd_T &= Kd \times 1,048^{T-20} \\
 &= 0,816 \times 1,048^{28,78-20} \\
 &= 1,232 \text{ hari}^{-1}
 \end{aligned}$$

## b. Perhitungan Konstanta Reoksigenasi (Kr)

$$\begin{aligned}
 D_{LT} &= 1,760 \times 10^{-4} \times 1,037^{T-20} \\
 &= 1,760 \times 10^{-4} \times 1,037^{28,78-20} \\
 &= 0,00024 \text{ m}^2/\text{hari} \\
 Kr &= 294 \frac{(D_{LT} \times V)^{1/2}}{H^{3/2}} \\
 &= 294 \frac{(0,00024 \times 0,9)^{1/2}}{0,80^{3/2}} \\
 &= 6,116 \text{ hari}^{-1} \\
 Kr_T &= Kr \times 1,024^{T-20} \\
 &= 6,116 \times 1,024^{28,78-20} \\
 &= 7,532 \text{ hari}^{-1}
 \end{aligned}$$

## c. Perhitungan BOD ultimat (Lo) dan BOD pada saat t (Lt)

$$\begin{aligned}
 Lo &= \frac{BOD_5}{1 - e^{(-5 \cdot Kd)}} \\
 &= \frac{1,25}{1 - 2,72^{-5 \times 0,0434}} \\
 &= 6,405 \text{ mg/L} \\
 Lt &= Lo \times e^{(-Kd \cdot t)} \\
 &= 6,405 \times 2,72^{(-0,0434 \times 5)} \\
 &= 5,155 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

## d. Perhitungan laju deoksigenasi (rD) dan laju reoksigenasi (rR)

$$\begin{aligned}
 rD &= Kd \times Lt \\
 &= 1,232 \times 5,155 \\
 &= 6,350 \text{ mg/L.hari} \\
 rR &= Kr \times D \\
 &= 7,532 \times 0,7557 \\
 &= 5,691 \text{ mg/L.hari}
 \end{aligned}$$

## e. Perhitungan Waktu Untuk Mencapai Titik Kritis (tc)

$$\begin{aligned}
 tc &= \frac{1}{Kr - Kd} \ln\left(\frac{Kr}{Kd} \left(1 - \frac{Do(Kr - Kd)}{Kd \times Lo}\right)\right) \\
 &= \frac{1}{7,532 - 1,232} \ln\left(\frac{7,532}{1,232} \left(1 - \frac{0,7557(7,532 - 1,232)}{1,232 \times 6,405}\right)\right) \\
 &= 0,141 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

## f. Perhitungan Letak Titik Kritis (Xc)

$$\begin{aligned} Xc &= tc \times V \\ &= \frac{0,141 \times 0,90 \times 3600 \times 24}{1000} \\ &= 10,995 \text{ km} \end{aligned}$$

## g. Perhitungan Defisit Oksigen Kritis (Dc)

$$\begin{aligned} Dc &= \frac{Kd}{Kr} \times Lo \times e^{-Kd \times tc} \\ &= \frac{1,232}{7,532} \times 6,405 \times 2,72^{-1,232 \times 0,141} \\ &= 0,881 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

## 12.2 Perhitungan Titik 2

## a. Perhitungan Konstanta Deoksigenasi (Kd)

$$\begin{aligned} Kd &= 0,3 \left(\frac{H}{8}\right)^{-0,434} \\ &= 0,3 \left(\frac{1,11}{8}\right)^{-0,434} \\ &= 0,708 \text{ hari}^{-1} \\ Kd_T &= Kd \times 1,048^{T-20} \\ &= 0,708 \times 1,048^{29-20} \\ &= 1,080 \text{ hari}^{-1} \end{aligned}$$

## b. Perhitungan Konstanta Reoksigenasi (Kr)

$$\begin{aligned} D_{LT} &= 1,760 \times 10^{-4} \times 1,037^{T-20} \\ &= 1,760 \times 10^{-4} \times 1,037^{29-20} \\ &= 0,00024 \text{ m}^2/\text{hari} \\ Kr &= 294 \frac{(DLT \times V)^{1/2}}{H^{3/2}} \\ &= 294 \frac{(0,00024 \times 0,77)^{1/2}}{1,11^{3/2}} \\ &= 3,462 \text{ hari}^{-1} \\ Kr_T &= Kr \times 1,024^{T-20} \\ &= 3,462 \times 1,024^{29-20} \\ &= 4,286 \text{ hari}^{-1} \end{aligned}$$

## c. Perhitungan BOD ultimat (Lo) dan BOD pada saat t (Lt)

$$\begin{aligned} Lo &= \frac{BOD_5}{1 - e^{(-5 \cdot Kr)}} \\ &= \frac{1,14}{1 - 2,72^{-5 \times 0,0434}} \\ &= 5,850 \text{ mg/L} \\ Lt &= Lo \times e^{(-Kr \cdot t)} \\ &= 5,850 \times 2,72^{(-0,0434 \times 5)} \\ &= 4,708 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

## d. Perhitungan laju deoksigenasi (rD) dan laju reoksigenasi (rR)

$$\begin{aligned} rD &= Kd \times Lt \\ &= 1,080 \times 4,286 \\ &= 5,083 \text{ mg/L.hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} rR &= Kr \times D \\ &= 4,286 \times 0,8245 \\ &= 3,534 \text{ mg/L.hari} \end{aligned}$$

e. Perhitungan Waktu Untuk Mencapai Titik Kritis ( $t_c$ )

$$\begin{aligned} t_c &= \frac{1}{Kr-Kd} \ln\left(\frac{Kr}{Kd} \left(1 - \frac{Do(Kr-Kd)}{Kd \times Lo}\right)\right) \\ &= \frac{1}{4,286 - 1,080} \ln\left(\frac{4,286}{1,080} \left(1 - \frac{0,8245(4,286 - 1,080)}{1,080 \times 4,286}\right)\right) \\ &= 0,261 \text{ hari} \end{aligned}$$

f. Perhitungan Letak Titik Kritis ( $X_c$ )

$$\begin{aligned} X_c &= t_c \times V \\ &= \frac{0,261 \times 0,77 \times 3600 \times 24}{1000} \\ &= 17,340 \text{ km} \end{aligned}$$

g. Perhitungan Defisit Oksigen Kritis ( $D_c$ )

$$\begin{aligned} D_c &= \frac{Kd}{Kr} \times Lo \times e^{-Kd \times t_c} \\ &= \frac{1,080}{4,286} \times 5,850 \times 2,72^{-1,080 \times 0,261} \\ &= 1,112 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

### 12.3 Perhitungan Titik 3

a. Perhitungan Konstanta Deoksigenasi ( $K_d$ )

$$\begin{aligned} K_d &= 0,3 \left(\frac{H}{8}\right)^{-0,434} \\ &= 0,3 \left(\frac{1}{8}\right)^{-0,434} \\ &= 0,740 \text{ hari}^{-1} \\ K_{dT} &= K_d \times 1,048^{T-20} \\ &= 0,740 \times 1,048^{29,67-20} \\ &= 1,164 \text{ hari}^{-1} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Konstanta Reoksigenasi ( $K_r$ )

$$\begin{aligned} D_{LT} &= 1,760 \times 10^{-4} \times 1,037^{T-20} \\ &= 1,760 \times 10^{-4} \times 1,037^{29,67-20} \\ &= 0,00025 \text{ m}^2/\text{hari} \\ K_r &= 294 \frac{(DLT \times V)^{1/2}}{H^{3/2}} \\ &= 294 \frac{(0,00025 \times 0,63)^{1/2}}{1^{3/2}} \\ &= 3,706 \text{ hari}^{-1} \\ K_{rT} &= K_r \times 1,024^{T-20} \\ &= 3,706 \times 1,024^{29,67-20} \\ &= 4,661 \text{ hari}^{-1} \end{aligned}$$

c. Perhitungan BOD ultimat ( $L_0$ ) dan BOD pada saat  $t$  ( $L_t$ )

$$\begin{aligned} L_0 &= \frac{BOD_5}{1 - e^{(-5 \cdot Kr)}} \\ &= \frac{1,24}{1 - 2,72^{-5 \times 0,0434}} \\ &= 6,370 \text{ mg/L} \\ L_t &= L_0 \times e^{(-Kr \cdot t)} \\ &= 6,370 \times 2,72^{(-0,0434 \times 5)} \\ &= 5,126 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

d. Perhitungan laju deoksigenasi ( $r_D$ ) dan laju reoksigenasi ( $r_R$ )

$$\begin{aligned} r_D &= Kd \times L_t \\ &= 1,164 \times 5,126 \\ &= 5,969 \text{ mg/L.hari} \\ r_R &= Kr \times D \\ &= 4,661 \times 0,7686 \\ &= 3,583 \text{ mg/L.hari} \end{aligned}$$

e. Perhitungan Waktu Untuk Mencapai Titik Kritis ( $t_c$ )

$$\begin{aligned} t_c &= \frac{1}{Kr - Kd} \ln \left( \frac{Kr}{Kd} \left( 1 - \frac{D_0 (Kr - Kd)}{Kd \times L_0} \right) \right) \\ &= \frac{1}{4,661 - 1,164} \ln \left( \frac{4,661}{1,164} \left( 1 - \frac{0,7686 (4,661 - 1,164)}{1,164 \times 6,370} \right) \right) \\ &= 0,268 \text{ hari} \end{aligned}$$

f. Perhitungan Letak Titik Kritis ( $X_c$ )

$$\begin{aligned} X_c &= t_c \times V \\ &= \frac{0,268 \times 0,63 \times 3600 \times 24}{1000} \\ &= 14,671 \text{ km} \end{aligned}$$

g. Perhitungan Defisit Oksigen Kritis ( $D_c$ )

$$\begin{aligned} D_c &= \frac{Kd}{Kr} \times L_0 \times e^{-Kd \times t_c} \\ &= \frac{1,164}{4,661} \times 6,370 \times 2,72^{-1,164 \times 0,268} \\ &= 1,165 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

#### 12.4 Perhitungan Titik 4

a. Perhitungan Konstanta Deoksigenasi ( $K_d$ )

$$\begin{aligned} K_d &= 0,3 \left( \frac{H}{8} \right)^{-0,434} \\ &= 0,3 \left( \frac{1,17}{8} \right)^{-0,434} \\ &= 0,690 \text{ hari}^{-1} \\ K_{dT} &= K_d \times 1,048^{T-20} \\ &= 0,690 \times 1,048^{29,11-20} \\ &= 1,058 \text{ hari}^{-1} \end{aligned}$$

## b. Perhitungan Konstanta Reoksigenasi (Kr)

$$\begin{aligned}
 D_{LT} &= 1,760 \times 10^{-4} \times 1,037^{T-20} \\
 &= 1,760 \times 10^{-4} \times 1,037^{29,11-20} \\
 &= 0,00025 \text{ m}^2/\text{hari} \\
 Kr &= 294 \frac{(DLT \times V)^{1/2}}{H^{3/2}} \\
 &= 294 \frac{(0,00025 \times 0,38)^{1/2}}{1,17^{3/2}} \\
 &= 2,244 \text{ hari}^{-1} \\
 Kr_T &= Kr \times 1,024^{T-20} \\
 &= 2,244 \times 1,024^{29,11-20} \\
 &= 2,785 \text{ hari}^{-1}
 \end{aligned}$$

## c. Perhitungan BOD ultimat (Lo) dan BOD pada saat t (Lt)

$$\begin{aligned}
 Lo &= \frac{BOD_5}{1 - e^{(-5 \cdot Kr)}} \\
 &= \frac{1,37}{1 - 2,72^{-5 \times 0,0434}} \\
 &= 6,997 \text{ mg/L} \\
 Lt &= Lo \times e^{(-Kr \cdot t)} \\
 &= 6,997 \times 2,72^{(-0,0434 \times 5)} \\
 &= 5,631 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

## d. Perhitungan laju deoksigenasi (rD) dan laju reoksigenasi (rR)

$$\begin{aligned}
 rD &= Kd \times Lt \\
 &= 1,058 \times 5,631 \\
 &= 5,957 \text{ mg/L.hari} \\
 rR &= Kr \times D \\
 &= 2,785 \times 0,7314 \\
 &= 2,037 \text{ mg/L.hari}
 \end{aligned}$$

## e. Perhitungan Waktu Untuk Mencapai Titik Kritis (tc)

$$\begin{aligned}
 tc &= \frac{1}{Kr - Kd} \ln\left(\frac{Kr}{Kd} \left(1 - \frac{Do(Kr - Kd)}{Kd \times Lo}\right)\right) \\
 &= \frac{1}{2,785 - 1,058} \ln\left(\frac{2,785}{1,058} \left(1 - \frac{0,7314(2,785 - 1,058)}{1,058 \times 6,997}\right)\right) \\
 &= 0,452 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

## f. Perhitungan Letak Titik Kritis (Xc)

$$\begin{aligned}
 Xc &= tc \times V \\
 &= \frac{0,452 \times 0,38 \times 3600 \times 24}{1000} \\
 &= 15,00 \text{ km}
 \end{aligned}$$

## g. Perhitungan Defisit Oksigen Kritis (Dc)

$$\begin{aligned}
 Dc &= \frac{Kd}{Kr} \times Lo \times e^{-Kd \times tc} \\
 &= \frac{1,058}{2,785} \times 6,997 \times 2,72^{-1,058 \times 0,452} \\
 &= 1,648 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$



**Lampiran 13. Data Perhitungan DO Sag Curve**

Data Perhitungan DO Sag Curve Titik 1, Titik 2, Titik 3, dan Titik 4

		Titik 1		Titik 2		Titik 3		Titik 4		Titik 4		
		DO sat	7.721	DO sat	7.691	DO sat	7.603	DO sat	7.676	DO sat	7.676	
		DO mix	6.97	DO mix	6.87	DO mix	6.83	DO mix	6.94	DO mix	6.94	
		DO def	0.76	DO def	0.825	DO def	0.767	DO def	0.731	DO def	0.731	
		Lo	6.405	Lo	5.850	Lo	6.370	Lo	6.997	Lo	6.997	
		Kd	1.232	Kd	1.080	Kd	1.164	Kd	1.058	Kd	1.058	
		Kr	7.532	Kr	4.286	Kr	4.661	Kr	2.785	Kr	2.785	
x (km)	t (d)	Dt	DO	t (d)	Dt	DO	t (d)	Dt	DO	t (d)	Dt	DO
0	0.000	0.756	6.966	0.000	0.824	6.867	0.000	0.769	6.834	0.000	0.731	6.945
0.25	0.003	0.763	6.959	0.004	0.835	6.856	0.005	0.786	6.817	0.008	0.771	6.905
0.5	0.006	0.769	6.952	0.008	0.845	6.846	0.009	0.803	6.800	0.015	0.810	6.867
0.75	0.010	0.776	6.946	0.011	0.855	6.836	0.014	0.819	6.784	0.023	0.847	6.829
1	0.013	0.782	6.940	0.015	0.864	6.827	0.018	0.834	6.769	0.030	0.883	6.793
1.25	0.016	0.788	6.934	0.019	0.874	6.817	0.023	0.849	6.754	0.038	0.918	6.758
1.5	0.019	0.793	6.928	0.023	0.883	6.808	0.027	0.864	6.739	0.045	0.952	6.725
1.75	0.022	0.799	6.923	0.026	0.891	6.800	0.032	0.878	6.725	0.053	0.984	6.692
2	0.026	0.804	6.917	0.030	0.900	6.791	0.037	0.892	6.711	0.060	1.016	6.660
2.25	0.029	0.809	6.912	0.034	0.908	6.783	0.041	0.905	6.698	0.068	1.046	6.630
2.5	0.032	0.814	6.908	0.038	0.917	6.774	0.046	0.918	6.685	0.075	1.076	6.600
2.75	0.035	0.818	6.903	0.041	0.925	6.766	0.050	0.930	6.673	0.083	1.104	6.572
3	0.038	0.823	6.899	0.045	0.932	6.759	0.055	0.942	6.661	0.090	1.132	6.545
3.25	0.042	0.827	6.895	0.049	0.940	6.751	0.059	0.954	6.649	0.098	1.158	6.518
3.5	0.045	0.831	6.891	0.053	0.947	6.744	0.064	0.965	6.638	0.105	1.184	6.493
3.75	0.048	0.834	6.887	0.056	0.954	6.737	0.068	0.976	6.627	0.113	1.208	6.468
4	0.051	0.838	6.883	0.060	0.961	6.730	0.073	0.986	6.617	0.121	1.232	6.444
4.25	0.054	0.841	6.880	0.064	0.968	6.723	0.078	0.996	6.607	0.128	1.255	6.422
4.5	0.058	0.845	6.877	0.068	0.974	6.717	0.082	1.005	6.598	0.136	1.277	6.400
4.75	0.061	0.848	6.873	0.071	0.980	6.711	0.087	1.015	6.588	0.143	1.298	6.378
5	0.064	0.851	6.871	0.075	0.986	6.705	0.091	1.023	6.580	0.151	1.318	6.358
5.25	0.067	0.853	6.868	0.079	0.992	6.699	0.096	1.032	6.571	0.158	1.338	6.339
5.5	0.070	0.856	6.865	0.083	0.998	6.693	0.100	1.040	6.563	0.166	1.356	6.320
5.75	0.074	0.858	6.863	0.087	1.004	6.687	0.105	1.048	6.555	0.173	1.374	6.302
6	0.077	0.861	6.860	0.090	1.009	6.682	0.110	1.055	6.548	0.181	1.392	6.285
6.25	0.080	0.863	6.858	0.094	1.014	6.677	0.114	1.063	6.540	0.188	1.408	6.268
6.5	0.083	0.865	6.856	0.098	1.019	6.672	0.119	1.070	6.533	0.196	1.424	6.252
6.75	0.086	0.867	6.854	0.102	1.024	6.667	0.123	1.076	6.527	0.203	1.439	6.237
7	0.090	0.869	6.853	0.105	1.029	6.662	0.128	1.082	6.521	0.211	1.453	6.223
7.25	0.093	0.870	6.851	0.109	1.033	6.658	0.132	1.088	6.515	0.219	1.467	6.209

7.5	0.096	0.872	6.850	0.113	1.038	6.653	0.137	1.094	6.509	0.226	1.480	6.196
7.75	0.099	0.873	6.848	0.117	1.042	6.649	0.142	1.100	6.503	0.234	1.493	6.183
8	0.102	0.874	6.847	0.120	1.046	6.645	0.146	1.105	6.498	0.241	1.505	6.171
8.25	0.106	0.875	6.846	0.124	1.050	6.641	0.151	1.110	6.493	0.249	1.516	6.160
8.5	0.109	0.876	6.845	0.128	1.054	6.637	0.155	1.114	6.489	0.256	1.527	6.149
8.75	0.112	0.877	6.844	0.132	1.057	6.634	0.160	1.119	6.484	0.264	1.537	6.139
9	0.115	0.878	6.843	0.135	1.061	6.630	0.164	1.123	6.480	0.271	1.547	6.129
9.25	0.118	0.879	6.842	0.139	1.064	6.627	0.169	1.127	6.476	0.279	1.556	6.120
9.5	0.122	0.879	6.842	0.143	1.067	6.624	0.174	1.131	6.472	0.286	1.565	6.112
9.75	0.125	0.880	6.841	0.147	1.070	6.621	0.178	1.134	6.469	0.294	1.573	6.104
10	0.128	0.880	6.841	0.150	1.073	6.618	0.183	1.137	6.466	0.301	1.580	6.096
10.25	0.131	0.881	6.841	0.154	1.076	6.615	0.187	1.140	6.463	0.309	1.588	6.089
10.5	0.134	0.881	6.840	0.158	1.079	6.612	0.192	1.143	6.460	0.316	1.594	6.082
10.75	0.137	0.881	6.840	0.162	1.082	6.609	0.196	1.146	6.457	0.324	1.600	6.076
11	0.141	0.881	6.840	0.165	1.084	6.607	0.201	1.148	6.455	0.332	1.606	6.070
11.25	0.144	0.881	6.840	0.169	1.086	6.605	0.205	1.151	6.452	0.339	1.612	6.065
11.5	0.147	0.881	6.840	0.173	1.089	6.602	0.210	1.153	6.450	0.347	1.617	6.060
11.75	0.150	0.881	6.841	0.177	1.091	6.600	0.215	1.155	6.448	0.354	1.621	6.055
12	0.153	0.880	6.841	0.181	1.093	6.598	0.219	1.156	6.447	0.362	1.625	6.051
12.25	0.157	0.880	6.841	0.184	1.095	6.596	0.224	1.158	6.445	0.369	1.629	6.047
12.5	0.160	0.880	6.842	0.188	1.096	6.595	0.228	1.159	6.444	0.377	1.632	6.044
12.75	0.163	0.879	6.842	0.192	1.098	6.593	0.233	1.160	6.443	0.384	1.635	6.041
13	0.166	0.878	6.843	0.196	1.100	6.591	0.237	1.162	6.441	0.392	1.638	6.038
13.25	0.169	0.878	6.843	0.199	1.101	6.590	0.242	1.162	6.441	0.399	1.640	6.036
13.5	0.173	0.877	6.844	0.203	1.102	6.589	0.247	1.163	6.440	0.407	1.642	6.034
13.75	0.176	0.876	6.845	0.207	1.104	6.587	0.251	1.164	6.439	0.414	1.644	6.032
14	0.179	0.876	6.846	0.211	1.105	6.586	0.256	1.164	6.439	0.422	1.645	6.031
14.25	0.182	0.875	6.847	0.214	1.106	6.585	0.260	1.164	6.439	0.430	1.646	6.030
14.5	0.185	0.874	6.847	0.218	1.107	6.584	0.265	1.165	6.438	0.437	1.647	6.029
14.75	0.189	0.873	6.848	0.222	1.108	6.583	0.269	1.165	6.438	0.445	1.647	6.029
15	0.192	0.872	6.850	0.226	1.108	6.583	0.274	1.165	6.438	0.452	1.648	6.029
15.25	0.195	0.871	6.851	0.229	1.109	6.582	0.279	1.164	6.439	0.460	1.647	6.029
15.5	0.198	0.869	6.852	0.233	1.110	6.581	0.283	1.164	6.439	0.467	1.647	6.029
15.75	0.201	0.868	6.853	0.237	1.110	6.581	0.288	1.163	6.440	0.475	1.646	6.030
16	0.205	0.867	6.854	0.241	1.111	6.580	0.292	1.163	6.440	0.482	1.645	6.031
16.25	0.208	0.866	6.856	0.244	1.111	6.580	0.297	1.162	6.441	0.490	1.644	6.032
16.5	0.211	0.864	6.857	0.248	1.111	6.580	0.301	1.161	6.442	0.497	1.643	6.034
16.75	0.214	0.863	6.858	0.252	1.112	6.579	0.306	1.160	6.443	0.505	1.641	6.035
17	0.217	0.862	6.860	0.256	1.112	6.579	0.310	1.159	6.444	0.512	1.639	6.037
17.25	0.221	0.860	6.861	0.260	1.112	6.579	0.315	1.158	6.445	0.520	1.637	6.039
17.5	0.224	0.859	6.863	0.263	1.112	6.579	0.320	1.157	6.446	0.527	1.635	6.041

17.75	0.227	0.857	6.864	0.267	1.112	6.579	0.324	1.156	6.447	0.535	1.633	6.044
18	0.230	0.855	6.866	0.271	1.112	6.579	0.329	1.154	6.449	0.543	1.630	6.047
18.25	0.233	0.854	6.867	0.275	1.111	6.580	0.333	1.153	6.450	0.550	1.627	6.049
18.5	0.237	0.852	6.869	0.278	1.111	6.580	0.338	1.151	6.452	0.558	1.624	6.052
18.75	0.240	0.850	6.871	0.282	1.111	6.580	0.342	1.149	6.454	0.565	1.621	6.056
19	0.243	0.849	6.872	0.286	1.110	6.581	0.347	1.148	6.455	0.573	1.617	6.059
19.25	0.246	0.847	6.874	0.290	1.110	6.581	0.352	1.146	6.457	0.580	1.614	6.063
19.5	0.249	0.845	6.876	0.293	1.109	6.582	0.356	1.144	6.459	0.588	1.610	6.066
19.75	0.253	0.843	6.878	0.297	1.109	6.582	0.361	1.142	6.461	0.595	1.606	6.070
20	0.256	0.842	6.880	0.301	1.108	6.583	0.365	1.140	6.463	0.603	1.602	6.074
20.25	0.259	0.840	6.882	0.305	1.107	6.584	0.370	1.138	6.465	0.610	1.598	6.079
20.5	0.262	0.838	6.883	0.308	1.107	6.584	0.374	1.135	6.468	0.618	1.593	6.083
20.75	0.265	0.836	6.885	0.312	1.106	6.585	0.379	1.133	6.470	0.625	1.589	6.087
21	0.269	0.834	6.887	0.316	1.105	6.586	0.384	1.131	6.472	0.633	1.584	6.092
21.25	0.272	0.832	6.889	0.320	1.104	6.587	0.388	1.128	6.475	0.641	1.579	6.097
21.5	0.275	0.830	6.891	0.323	1.103	6.588	0.393	1.126	6.477	0.648	1.575	6.102
21.75	0.278	0.828	6.893	0.327	1.102	6.589	0.397	1.123	6.480	0.656	1.570	6.107
22	0.281	0.826	6.895	0.331	1.101	6.590	0.402	1.121	6.482	0.663	1.564	6.112
22.25	0.285	0.824	6.897	0.335	1.100	6.591	0.406	1.118	6.485	0.671	1.559	6.117
22.5	0.288	0.822	6.899	0.339	1.098	6.593	0.411	1.115	6.488	0.678	1.554	6.122
22.75	0.291	0.820	6.902	0.342	1.097	6.594	0.416	1.112	6.491	0.686	1.548	6.128
23	0.294	0.818	6.904	0.346	1.096	6.595	0.420	1.110	6.493	0.693	1.543	6.133
23.25	0.297	0.815	6.906	0.350	1.094	6.597	0.425	1.107	6.496	0.701	1.537	6.139
23.5	0.301	0.813	6.908	0.354	1.093	6.598	0.429	1.104	6.499	0.708	1.532	6.145
23.75	0.304	0.811	6.910	0.357	1.092	6.599	0.434	1.101	6.502	0.716	1.526	6.151
24	0.307	0.809	6.912	0.361	1.090	6.601	0.438	1.098	6.505	0.723	1.520	6.156
24.25	0.310	0.807	6.915	0.365	1.089	6.602	0.443	1.095	6.508	0.731	1.514	6.162
24.5	0.313	0.804	6.917	0.369	1.087	6.604	0.447	1.092	6.511	0.738	1.508	6.169
24.75	0.317	0.802	6.919	0.372	1.086	6.605	0.452	1.089	6.514	0.746	1.502	6.175
25	0.320	0.800	6.921	0.376	1.084	6.607	0.457	1.085	6.518	0.754	1.495	6.181
25.25	0.323	0.798	6.923	0.380	1.082	6.609	0.461	1.082	6.521	0.761	1.489	6.187
25.5	0.326	0.795	6.926	0.384	1.081	6.610	0.466	1.079	6.524	0.769	1.483	6.194
25.75	0.329	0.793	6.928	0.387	1.079	6.612	0.470	1.076	6.527	0.776	1.476	6.200
26	0.333	0.791	6.930	0.391	1.077	6.614	0.475	1.072	6.531	0.784	1.470	6.206
26.25	0.336	0.789	6.933	0.395	1.075	6.616	0.479	1.069	6.534	0.791	1.463	6.213
26.5	0.339	0.786	6.935	0.399	1.073	6.618	0.484	1.065	6.538	0.799	1.457	6.220
26.75	0.342	0.784	6.937	0.402	1.072	6.619	0.489	1.062	6.541	0.806	1.450	6.226
27	0.345	0.782	6.940	0.406	1.070	6.621	0.493	1.059	6.544	0.814	1.443	6.233
27.25	0.349	0.779	6.942	0.410	1.068	6.623	0.498	1.055	6.548	0.821	1.437	6.240
27.5	0.352	0.777	6.944	0.414	1.066	6.625	0.502	1.052	6.551	0.829	1.430	6.246
27.75	0.355	0.775	6.947	0.418	1.064	6.627	0.507	1.048	6.555	0.836	1.423	6.253

28	0.358	0.772	6.949	0.421	1.062	6.629	0.511	1.045	6.558	0.844	1.416	6.260
28.25	0.361	0.770	6.951	0.425	1.060	6.631	0.516	1.041	6.562	0.851	1.409	6.267
28.5	0.365	0.767	6.954	0.429	1.058	6.633	0.521	1.037	6.566	0.859	1.402	6.274
28.75	0.368	0.765	6.956	0.433	1.055	6.636	0.525	1.034	6.569	0.867	1.395	6.281
29	0.371	0.763	6.959	0.436	1.053	6.638	0.530	1.030	6.573	0.874	1.389	6.288
29.25	0.374	0.760	6.961	0.440	1.051	6.640	0.534	1.026	6.577	0.882	1.381	6.295
29.5	0.377	0.758	6.963	0.444	1.049	6.642	0.539	1.023	6.580	0.889	1.374	6.302
29.75	0.380	0.755	6.966	0.448	1.047	6.644	0.543	1.019	6.584	0.897	1.367	6.309
30	0.384	0.753	6.968	0.451	1.045	6.646	0.548	1.015	6.588	0.904	1.360	6.316
30.25	0.387	0.751	6.971	0.455	1.042	6.649	0.553	1.012	6.591	0.912	1.353	6.323
30.5	0.390	0.748	6.973	0.459	1.040	6.651	0.557	1.008	6.595	0.919	1.346	6.330
30.75	0.393	0.746	6.975	0.463	1.038	6.653	0.562	1.004	6.599	0.927	1.339	6.338
31	0.396	0.743	6.978	0.466	1.035	6.656	0.566	1.000	6.603	0.934	1.332	6.345
31.25	0.400	0.741	6.980	0.470	1.033	6.658	0.571	0.997	6.606	0.942	1.324	6.352
31.5	0.403	0.739	6.983	0.474	1.031	6.660	0.575	0.993	6.610	0.949	1.317	6.359
31.75	0.406	0.736	6.985	0.478	1.028	6.663	0.580	0.989	6.614	0.957	1.310	6.366
32	0.409	0.734	6.988	0.481	1.026	6.665	0.584	0.985	6.618	0.965	1.303	6.374
32.25	0.412	0.731	6.990	0.485	1.023	6.668	0.589	0.981	6.622	0.972	1.296	6.381
32.5	0.416	0.729	6.992	0.489	1.021	6.670	0.594	0.978	6.625	0.980	1.288	6.388
32.75	0.419	0.726	6.995	0.493	1.019	6.672	0.598	0.974	6.629	0.987	1.281	6.395
33	0.422	0.724	6.997	0.496	1.016	6.675	0.603	0.970	6.633	0.995	1.274	6.403
33.25	0.425	0.722	7.000	0.500	1.014	6.677	0.607	0.966	6.637	1.002	1.267	6.410
33.5	0.428	0.719	7.002	0.504	1.011	6.680	0.612	0.962	6.641	1.010	1.259	6.417
33.75	0.432	0.717	7.005	0.508	1.009	6.682	0.616	0.958	6.645	1.017	1.252	6.424
34	0.435	0.714	7.007	0.512	1.006	6.685	0.621	0.954	6.649	1.025	1.245	6.432
34.25	0.438	0.712	7.009	0.515	1.003	6.688	0.626	0.950	6.653	1.032	1.238	6.439
34.5	0.441	0.709	7.012	0.519	1.001	6.690	0.630	0.947	6.656	1.040	1.230	6.446
34.75	0.444	0.707	7.014	0.523	0.998	6.693	0.635	0.943	6.660	1.047	1.223	6.453
35	0.448	0.705	7.017	0.527	0.996	6.695	0.639	0.939	6.664	1.055	1.216	6.461
35.25	0.451	0.702	7.019	0.530	0.993	6.698	0.644	0.935	6.668	1.062	1.209	6.468
35.5	0.454	0.700	7.022	0.534	0.991	6.700	0.648	0.931	6.672	1.070	1.201	6.475
35.75	0.457	0.697	7.024	0.538	0.988	6.703	0.653	0.927	6.676	1.078	1.194	6.482
36	0.460	0.695	7.026	0.542	0.985	6.706	0.658	0.923	6.680	1.085	1.187	6.489
36.25	0.464	0.692	7.029	0.545	0.983	6.708	0.662	0.919	6.684	1.093	1.180	6.497
36.5	0.467	0.690	7.031	0.549	0.980	6.711	0.667	0.915	6.688	1.100	1.172	6.504
36.75	0.470	0.688	7.034	0.553	0.977	6.714	0.671	0.912	6.691	1.108	1.165	6.511
37	0.473	0.685	7.036	0.557	0.975	6.716	0.676	0.908	6.695	1.115	1.158	6.518
37.25	0.476	0.683	7.039	0.560	0.972	6.719	0.680	0.904	6.699	1.123	1.151	6.525
37.5	0.480	0.680	7.041	0.564	0.969	6.722	0.685	0.900	6.703	1.130	1.144	6.533
37.75	0.483	0.678	7.043	0.568	0.966	6.725	0.689	0.896	6.707	1.138	1.137	6.540
38	0.486	0.675	7.046	0.572	0.964	6.727	0.694	0.892	6.711	1.145	1.130	6.547



38.25	0.489	0.673	7.048	0.575	0.961	6.730	0.699	0.888	6.715	1.153	1.123	6.554
38.5	0.492	0.671	7.051	0.579	0.958	6.733	0.703	0.884	6.719	1.160	1.115	6.561
38.75	0.496	0.668	7.053	0.583	0.956	6.735	0.708	0.880	6.723	1.168	1.108	6.568
39	0.499	0.666	7.055	0.587	0.953	6.738	0.712	0.876	6.727	1.176	1.101	6.575
39.25	0.502	0.664	7.058	0.591	0.950	6.741	0.717	0.873	6.730	1.183	1.094	6.582
39.5	0.505	0.661	7.060	0.594	0.947	6.744	0.721	0.869	6.734	1.191	1.087	6.589
39.75	0.508	0.659	7.062	0.598	0.945	6.746	0.726	0.865	6.738	1.198	1.080	6.596
40	0.512	0.656	7.065	0.602	0.942	6.749	0.731	0.861	6.742	1.206	1.073	6.603
40.25	0.515	0.654	7.067	0.606	0.939	6.752	0.735	0.857	6.746	1.213	1.066	6.610
40.5	0.518	0.652	7.070	0.609	0.936	6.755	0.740	0.853	6.750	1.221	1.060	6.617
40.75	0.521	0.649	7.072	0.613	0.933	6.758	0.744	0.849	6.754	1.228	1.053	6.624
41	0.524	0.647	7.074	0.617	0.931	6.760	0.749	0.846	6.757	1.236	1.046	6.631
41.25	0.528	0.645	7.077	0.621	0.928	6.763	0.753	0.842	6.761	1.243	1.039	6.637
41.5	0.531	0.642	7.079	0.624	0.925	6.766	0.758	0.838	6.765	1.251	1.032	6.644
41.75	0.534	0.640	7.081	0.628	0.922	6.769	0.763	0.834	6.769	1.258	1.025	6.651
42	0.537	0.638	7.084	0.632	0.919	6.772	0.767	0.830	6.773	1.266	1.019	6.658
42.25	0.540	0.635	7.086	0.636	0.917	6.774	0.772	0.827	6.776	1.273	1.012	6.665
42.5	0.544	0.633	7.088	0.639	0.914	6.777	0.776	0.823	6.780	1.281	1.005	6.671
42.75	0.547	0.631	7.091	0.643	0.911	6.780	0.781	0.819	6.784	1.289	0.998	6.678
43	0.550	0.628	7.093	0.647	0.908	6.783	0.785	0.815	6.788	1.296	0.992	6.685
43.25	0.553	0.626	7.095	0.651	0.905	6.786	0.790	0.811	6.792	1.304	0.985	6.691
43.5	0.556	0.624	7.098	0.654	0.902	6.789	0.795	0.808	6.795	1.311	0.978	6.698
43.75	0.560	0.621	7.100	0.658	0.900	6.791	0.799	0.804	6.799	1.319	0.972	6.704
44	0.563	0.619	7.102	0.662	0.897	6.794	0.804	0.800	6.803	1.326	0.965	6.711
44.25	0.566	0.617	7.105	0.666	0.894	6.797	0.808	0.796	6.807	1.334	0.959	6.718
44.5	0.569	0.614	7.107	0.670	0.891	6.800	0.813	0.793	6.810	1.341	0.952	6.724
44.75	0.572	0.612	7.109	0.673	0.888	6.803	0.817	0.789	6.814	1.349	0.946	6.730
45	0.576	0.610	7.111	0.677	0.885	6.806	0.822	0.785	6.818	1.356	0.939	6.737
45.25	0.579	0.608	7.114	0.681	0.883	6.808	0.826	0.781	6.822	1.364	0.933	6.743
45.5	0.582	0.605	7.116	0.685	0.880	6.811	0.831	0.778	6.825	1.371	0.927	6.750
45.75	0.585	0.603	7.118	0.688	0.877	6.814	0.836	0.774	6.829	1.379	0.920	6.756
46	0.588	0.601	7.120	0.692	0.874	6.817	0.840	0.770	6.833	1.387	0.914	6.762
46.25	0.592	0.599	7.123	0.696	0.871	6.820	0.845	0.767	6.836	1.394	0.908	6.769
46.5	0.595	0.596	7.125	0.700	0.868	6.823	0.849	0.763	6.840	1.402	0.901	6.775
46.75	0.598	0.594	7.127	0.703	0.866	6.825	0.854	0.759	6.844	1.409	0.895	6.781
47	0.601	0.592	7.129	0.707	0.863	6.828	0.858	0.756	6.847	1.417	0.889	6.787
47.25	0.604	0.590	7.132	0.711	0.860	6.831	0.863	0.752	6.851	1.424	0.883	6.794
47.5	0.608	0.587	7.134	0.715	0.857	6.834	0.868	0.749	6.854	1.432	0.877	6.800
47.75	0.611	0.585	7.136	0.718	0.854	6.837	0.872	0.745	6.858	1.439	0.870	6.806
48	0.614	0.583	7.138	0.722	0.851	6.840	0.877	0.741	6.862	1.447	0.864	6.812
48.25	0.617	0.581	7.140	0.726	0.849	6.842	0.881	0.738	6.865	1.454	0.858	6.818



48.5	0.620	0.579	7.143	0.730	0.846	6.845	0.886	0.734	6.869	1.462	0.852	6.824
48.75	0.623	0.576	7.145	0.733	0.843	6.848	0.890	0.731	6.872	1.469	0.846	6.830
49	0.627	0.574	7.147	0.737	0.840	6.851	0.895	0.727	6.876	1.477	0.840	6.836
49.25	0.630	0.572	7.149	0.741	0.837	6.854	0.900	0.724	6.879	1.484	0.834	6.842
49.5	0.633	0.570	7.151	0.745	0.834	6.857	0.904	0.720	6.883	1.492	0.829	6.848
49.75	0.636	0.568	7.153	0.748	0.832	6.859	0.909	0.717	6.886	1.500	0.823	6.854
50	0.639	0.566	7.156	0.752	0.829	6.862	0.913	0.713	6.890	1.507	0.817	6.859
50.25	0.643	0.564	7.158	0.756	0.826	6.865	0.918	0.710	6.893	1.515	0.811	6.865
50.5	0.646	0.561	7.160	0.760	0.823	6.868	0.922	0.706	6.897	1.522	0.805	6.871
50.75	0.649	0.559	7.162	0.764	0.820	6.871	0.927	0.703	6.900	1.530	0.800	6.877
51	0.652	0.557	7.164	0.767	0.818	6.873	0.931	0.699	6.904	1.537	0.794	6.882
51.25	0.655	0.555	7.166	0.771	0.815	6.876	0.936	0.696	6.907	1.545	0.788	6.888
51.5	0.659	0.553	7.168	0.775	0.812	6.879	0.941	0.692	6.911	1.552	0.783	6.894
51.75	0.662	0.551	7.170	0.779	0.809	6.882	0.945	0.689	6.914	1.560	0.777	6.899
52	0.665	0.549	7.173	0.782	0.806	6.885	0.950	0.686	6.917	1.567	0.771	6.905
52.25	0.668	0.547	7.175	0.786	0.804	6.887	0.954	0.682	6.921	1.575	0.766	6.911
52.5	0.671	0.545	7.177	0.790	0.801	6.890	0.959	0.679	6.924	1.582	0.760	6.916
52.75	0.675	0.542	7.179	0.794	0.798	6.893	0.963	0.676	6.927	1.590	0.755	6.922
53	0.678	0.540	7.181	0.797	0.795	6.896	0.968	0.672	6.931	1.597	0.749	6.927
53.25	0.681	0.538	7.183	0.801	0.792	6.899	0.973	0.669	6.934	1.605	0.744	6.932
53.5	0.684	0.536	7.185	0.805	0.790	6.901	0.977	0.666	6.937	1.613	0.739	6.938
53.75	0.687	0.534	7.187	0.809	0.787	6.904	0.982	0.662	6.941	1.620	0.733	6.943
54	0.691	0.532	7.189	0.812	0.784	6.907	0.986	0.659	6.944	1.628	0.728	6.948
54.25	0.694	0.530	7.191	0.816	0.781	6.910	0.991	0.656	6.947	1.635	0.723	6.954
54.5	0.697	0.528	7.193	0.820	0.779	6.912	0.995	0.652	6.951	1.643	0.717	6.959
54.75	0.700	0.526	7.195	0.824	0.776	6.915	1.000	0.649	6.954	1.650	0.712	6.964
55	0.703	0.524	7.197	0.827	0.773	6.918	1.005	0.646	6.957	1.658	0.707	6.969
55.25	0.707	0.522	7.199	0.831	0.770	6.921	1.009	0.643	6.960	1.665	0.702	6.975
55.5	0.710	0.520	7.201	0.835	0.768	6.923	1.014	0.640	6.963	1.673	0.697	6.980
55.75	0.713	0.518	7.203	0.839	0.765	6.926	1.018	0.636	6.967	1.680	0.692	6.985
56	0.716	0.516	7.205	0.843	0.762	6.929	1.023	0.633	6.970	1.688	0.686	6.990
56.25	0.719	0.514	7.207	0.846	0.760	6.931	1.027	0.630	6.973	1.695	0.681	6.995
56.5	0.723	0.512	7.209	0.850	0.757	6.934	1.032	0.627	6.976	1.703	0.676	7.000
56.75	0.726	0.510	7.211	0.854	0.754	6.937	1.037	0.624	6.979	1.711	0.671	7.005
57	0.729	0.508	7.213	0.858	0.751	6.940	1.041	0.620	6.983	1.718	0.667	7.010
57.25	0.732	0.506	7.215	0.861	0.749	6.942	1.046	0.617	6.986	1.726	0.662	7.015
57.5	0.735	0.504	7.217	0.865	0.746	6.945	1.050	0.614	6.989	1.733	0.657	7.020
57.75	0.739	0.502	7.219	0.869	0.743	6.948	1.055	0.611	6.992	1.741	0.652	7.024
58	0.742	0.500	7.221	0.873	0.741	6.950	1.059	0.608	6.995	1.748	0.647	7.029
58.25	0.745	0.498	7.223	0.876	0.738	6.953	1.064	0.605	6.998	1.756	0.642	7.034
58.5	0.748	0.497	7.225	0.880	0.735	6.956	1.068	0.602	7.001	1.763	0.638	7.039

58.75	0.751	0.495	7.227	0.884	0.733	6.958	1.073	0.599	7.004	1.771	0.633	7.044
59	0.755	0.493	7.229	0.888	0.730	6.961	1.078	0.596	7.007	1.778	0.628	7.048
59.25	0.758	0.491	7.230	0.891	0.727	6.964	1.082	0.593	7.010	1.786	0.623	7.053
59.5	0.761	0.489	7.232	0.895	0.725	6.966	1.087	0.590	7.013	1.793	0.619	7.058
59.75	0.764	0.487	7.234	0.899	0.722	6.969	1.091	0.587	7.016	1.801	0.614	7.062
60	0.767	0.485	7.236	0.903	0.719	6.972	1.096	0.584	7.019	1.808	0.610	7.067
60.25	0.771	0.483	7.238	0.906	0.717	6.974	1.100	0.581	7.022	1.816	0.605	7.071
60.5	0.774	0.481	7.240	0.910	0.714	6.977	1.105	0.578	7.025	1.824	0.601	7.076
60.75	0.777	0.480	7.242	0.914	0.712	6.979	1.110	0.575	7.028	1.831	0.596	7.080
61	0.780	0.478	7.244	0.918	0.709	6.982	1.114	0.572	7.031	1.839	0.592	7.085
61.25	0.783	0.476	7.245	0.922	0.706	6.985	1.119	0.569	7.034	1.846	0.587	7.089
61.5	0.787	0.474	7.247	0.925	0.704	6.987	1.123	0.566	7.037	1.854	0.583	7.094
61.75	0.790	0.472	7.249	0.929	0.701	6.990	1.128	0.563	7.040	1.861	0.578	7.098
62	0.793	0.470	7.251	0.933	0.699	6.992	1.132	0.561	7.042	1.869	0.574	7.102
62.25	0.796	0.468	7.253	0.937	0.696	6.995	1.137	0.558	7.045	1.876	0.570	7.107
62.5	0.799	0.467	7.255	0.940	0.693	6.998	1.142	0.555	7.048	1.884	0.566	7.111
62.75	0.803	0.465	7.256	0.944	0.691	7.000	1.146	0.552	7.051	1.891	0.561	7.115
63	0.806	0.463	7.258	0.948	0.688	7.003	1.151	0.549	7.054	1.899	0.557	7.119
63.25	0.809	0.461	7.260	0.952	0.686	7.005	1.155	0.546	7.057	1.906	0.553	7.123
63.5	0.812	0.459	7.262	0.955	0.683	7.008	1.160	0.544	7.059	1.914	0.549	7.128
63.75	0.815	0.458	7.264	0.959	0.681	7.010	1.164	0.541	7.062	1.922	0.545	7.132
64	0.819	0.456	7.265	0.963	0.678	7.013	1.169	0.538	7.065	1.929	0.540	7.136
64.25	0.822	0.454	7.267	0.967	0.676	7.015	1.173	0.535	7.068	1.937	0.536	7.140
64.5	0.825	0.452	7.269	0.970	0.673	7.018	1.178	0.532	7.071	1.944	0.532	7.144
64.75	0.828	0.451	7.271	0.974	0.671	7.020	1.183	0.530	7.073	1.952	0.528	7.148
65	0.831	0.449	7.272	0.978	0.668	7.023	1.187	0.527	7.076	1.959	0.524	7.152
65.25	0.835	0.447	7.274	0.982	0.665	7.026	1.192	0.524	7.079	1.967	0.520	7.156
65.5	0.838	0.445	7.276	0.985	0.663	7.028	1.196	0.522	7.081	1.974	0.516	7.160
65.75	0.841	0.444	7.278	0.989	0.661	7.030	1.201	0.519	7.084	1.982	0.512	7.164
66	0.844	0.442	7.279	0.993	0.658	7.033	1.205	0.516	7.087	1.989	0.509	7.168
66.25	0.847	0.440	7.281	0.997	0.656	7.035	1.210	0.514	7.089	1.997	0.505	7.172
66.5	0.851	0.438	7.283	1.001	0.653	7.038	1.215	0.511	7.092	2.004	0.501	7.175
66.75	0.854	0.437	7.284	1.004	0.651	7.040	1.219	0.508	7.095	2.012	0.497	7.179
67	0.857	0.435	7.286	1.008	0.648	7.043	1.224	0.506	7.097	2.019	0.493	7.183
67.25	0.860	0.433	7.288	1.012	0.646	7.045	1.228	0.503	7.100	2.027	0.490	7.187
67.5	0.863	0.432	7.290	1.016	0.643	7.048	1.233	0.500	7.103	2.035	0.486	7.191
67.75	0.867	0.430	7.291	1.019	0.641	7.050	1.237	0.498	7.105	2.042	0.482	7.194
68	0.870	0.428	7.293	1.023	0.638	7.053	1.242	0.495	7.108	2.050	0.478	7.198
68.25	0.873	0.427	7.295	1.027	0.636	7.055	1.247	0.493	7.110	2.057	0.475	7.202
68.5	0.876	0.425	7.296	1.031	0.634	7.057	1.251	0.490	7.113	2.065	0.471	7.205
68.75	0.879	0.423	7.298	1.034	0.631	7.060	1.256	0.488	7.115	2.072	0.468	7.209

69	0.882	0.422	7.300	1.038	0.629	7.062	1.260	0.485	7.118	2.080	0.464	7.212
69.25	0.886	0.420	7.301	1.042	0.626	7.065	1.265	0.483	7.120	2.087	0.460	7.216
69.5	0.889	0.418	7.303	1.046	0.624	7.067	1.269	0.480	7.123	2.095	0.457	7.219
69.75	0.892	0.417	7.304	1.049	0.622	7.069	1.274	0.478	7.125	2.102	0.453	7.223
70	0.895	0.415	7.306	1.053	0.619	7.072	1.279	0.475	7.128	2.110	0.450	7.226
70.25	0.898	0.414	7.308	1.057	0.617	7.074	1.283	0.473	7.130	2.117	0.447	7.230
70.5	0.902	0.412	7.309	1.061	0.615	7.076	1.288	0.470	7.133	2.125	0.443	7.233
70.75	0.905	0.410	7.311	1.064	0.612	7.079	1.292	0.468	7.135	2.133	0.440	7.237
71	0.908	0.409	7.313	1.068	0.610	7.081	1.297	0.465	7.138	2.140	0.436	7.240
71.25	0.911	0.407	7.314	1.072	0.608	7.083	1.301	0.463	7.140	2.148	0.433	7.243
71.5	0.914	0.405	7.316	1.076	0.605	7.086	1.306	0.461	7.142	2.155	0.430	7.247
71.75	0.918	0.404	7.317	1.079	0.603	7.088	1.310	0.458	7.145	2.163	0.426	7.250
72	0.921	0.402	7.319	1.083	0.601	7.090	1.315	0.456	7.147	2.170	0.423	7.253
72.25	0.924	0.401	7.320	1.087	0.598	7.093	1.320	0.453	7.150	2.178	0.420	7.256
72.5	0.927	0.399	7.322	1.091	0.596	7.095	1.324	0.451	7.152	2.185	0.417	7.260
72.75	0.930	0.398	7.324	1.095	0.594	7.097	1.329	0.449	7.154	2.193	0.413	7.263
73	0.934	0.396	7.325	1.098	0.591	7.100	1.333	0.446	7.157	2.200	0.410	7.266
73.25	0.937	0.395	7.327	1.102	0.589	7.102	1.338	0.444	7.159	2.208	0.407	7.269
73.5	0.940	0.393	7.328	1.106	0.587	7.104	1.342	0.442	7.161	2.215	0.404	7.272
73.75	0.943	0.391	7.330	1.110	0.585	7.106	1.347	0.439	7.164	2.223	0.401	7.275
74	0.946	0.390	7.331	1.113	0.582	7.109	1.352	0.437	7.166	2.230	0.398	7.279
74.25	0.950	0.388	7.333	1.117	0.580	7.111	1.356	0.435	7.168	2.238	0.395	7.282
74.5	0.953	0.387	7.334	1.121	0.578	7.113	1.361	0.433	7.170	2.246	0.392	7.285
74.75	0.956	0.385	7.336	1.125	0.576	7.115	1.365	0.430	7.173	2.253	0.389	7.288
75	0.959	0.384	7.337	1.128	0.573	7.118	1.370	0.428	7.175	2.261	0.386	7.291
75.25	0.962	0.382	7.339	1.132	0.571	7.120	1.374	0.426	7.177	2.268	0.383	7.294
75.5	0.966	0.381	7.340	1.136	0.569	7.122	1.379	0.424	7.179	2.276	0.380	7.297
75.75	0.969	0.379	7.342	1.140	0.567	7.124	1.384	0.421	7.182	2.283	0.377	7.300
76	0.972	0.378	7.343	1.143	0.565	7.126	1.388	0.419	7.184	2.291	0.374	7.302
76.25	0.975	0.376	7.345	1.147	0.562	7.129	1.393	0.417	7.186	2.298	0.371	7.305
76.5	0.978	0.375	7.346	1.151	0.560	7.131	1.397	0.415	7.188	2.306	0.368	7.308
76.75	0.982	0.373	7.348	1.155	0.558	7.133	1.402	0.413	7.190	2.313	0.365	7.311
77	0.985	0.372	7.349	1.158	0.556	7.135	1.406	0.411	7.192	2.321	0.362	7.314
77.25	0.988	0.371	7.351	1.162	0.554	7.137	1.411	0.408	7.195	2.328	0.360	7.317
77.5	0.991	0.369	7.352	1.166	0.552	7.139	1.416	0.406	7.197	2.336	0.357	7.320
77.75	0.994	0.368	7.354	1.170	0.550	7.141	1.420	0.404	7.199	2.343	0.354	7.322
78	0.998	0.366	7.355	1.174	0.547	7.144	1.425	0.402	7.201	2.351	0.351	7.325
78.25	1.001	0.365	7.356	1.177	0.545	7.146	1.429	0.400	7.203	2.359	0.349	7.328
78.5	1.004	0.363	7.358	1.181	0.543	7.148	1.434	0.398	7.205	2.366	0.346	7.330
78.75	1.007	0.362	7.359	1.185	0.541	7.150	1.438	0.396	7.207	2.374	0.343	7.333
79	1.010	0.361	7.361	1.189	0.539	7.152	1.443	0.394	7.209	2.381	0.341	7.336

79.25	1.014	0.359	7.362	1.192	0.537	7.154	1.447	0.392	7.211	2.389	0.338	7.338
79.5	1.017	0.358	7.364	1.196	0.535	7.156	1.452	0.390	7.213	2.396	0.335	7.341
79.75	1.020	0.356	7.365	1.200	0.533	7.158	1.457	0.387	7.216	2.404	0.333	7.344
80	1.023	0.355	7.366	1.204	0.531	7.160	1.461	0.385	7.218	2.411	0.330	7.346
80.25	1.026	0.354	7.368	1.207	0.528	7.163	1.466	0.383	7.220	2.419	0.328	7.349
80.5	1.030	0.352	7.369	1.211	0.526	7.165	1.470	0.381	7.222	2.426	0.325	7.351
80.75	1.033	0.351	7.370	1.215	0.524	7.167	1.475	0.379	7.224	2.434	0.322	7.354
81	1.036	0.349	7.372	1.219	0.522	7.169	1.479	0.377	7.226	2.441	0.320	7.356
81.25	1.039	0.348	7.373	1.222	0.520	7.171	1.484	0.375	7.228	2.449	0.317	7.359
81.5	1.042	0.347	7.375	1.226	0.518	7.173	1.489	0.373	7.230	2.457	0.315	7.361
81.75	1.046	0.345	7.376	1.230	0.516	7.175	1.493	0.372	7.231	2.464	0.313	7.364
82	1.049	0.344	7.377	1.234	0.514	7.177	1.498	0.370	7.233	2.472	0.310	7.366
82.25	1.052	0.343	7.379	1.237	0.512	7.179	1.502	0.368	7.235	2.479	0.308	7.369
82.5	1.055	0.341	7.380	1.241	0.510	7.181	1.507	0.366	7.237	2.487	0.305	7.371
82.75	1.058	0.340	7.381	1.245	0.508	7.183	1.511	0.364	7.239	2.494	0.303	7.373
83	1.062	0.339	7.383	1.249	0.506	7.185	1.516	0.362	7.241	2.502	0.301	7.376
83.25	1.065	0.337	7.384	1.253	0.504	7.187	1.521	0.360	7.243	2.509	0.298	7.378
83.5	1.068	0.336	7.385	1.256	0.502	7.189	1.525	0.358	7.245	2.517	0.296	7.380
83.75	1.071	0.335	7.387	1.260	0.500	7.191	1.530	0.356	7.247	2.524	0.294	7.383
84	1.074	0.333	7.388	1.264	0.498	7.193	1.534	0.354	7.249	2.532	0.291	7.385
84.25	1.078	0.332	7.389	1.268	0.496	7.195	1.539	0.352	7.251	2.539	0.289	7.387
84.5	1.081	0.331	7.391	1.271	0.494	7.197	1.543	0.351	7.252	2.547	0.287	7.390
84.75	1.084	0.329	7.392	1.275	0.492	7.199	1.548	0.349	7.254	2.554	0.284	7.392
85	1.087	0.328	7.393	1.279	0.490	7.201	1.552	0.347	7.256	2.562	0.282	7.394
85.25	1.090	0.327	7.394	1.283	0.489	7.202	1.557	0.345	7.258	2.570	0.280	7.396
85.5	1.094	0.326	7.396	1.286	0.487	7.204	1.562	0.343	7.260	2.577	0.278	7.398
85.75	1.097	0.324	7.397	1.290	0.485	7.206	1.566	0.341	7.262	2.585	0.276	7.401
86	1.100	0.323	7.398	1.294	0.483	7.208	1.571	0.340	7.263	2.592	0.274	7.403
86.25	1.103	0.322	7.400	1.298	0.481	7.210	1.575	0.338	7.265	2.600	0.271	7.405
86.5	1.106	0.320	7.401	1.301	0.479	7.212	1.580	0.336	7.267	2.607	0.269	7.407
86.75	1.110	0.319	7.402	1.305	0.477	7.214	1.584	0.334	7.269	2.615	0.267	7.409
87	1.113	0.318	7.403	1.309	0.475	7.216	1.589	0.333	7.270	2.622	0.265	7.411
87.25	1.116	0.317	7.405	1.313	0.473	7.218	1.594	0.331	7.272	2.630	0.263	7.413
87.5	1.119	0.315	7.406	1.316	0.471	7.220	1.598	0.329	7.274	2.637	0.261	7.415
87.75	1.122	0.314	7.407	1.320	0.470	7.221	1.603	0.327	7.276	2.645	0.259	7.417
88	1.125	0.313	7.408	1.324	0.468	7.223	1.607	0.326	7.277	2.652	0.257	7.419
88.25	1.129	0.312	7.409	1.328	0.466	7.225	1.612	0.324	7.279	2.660	0.255	7.421
88.5	1.132	0.311	7.411	1.331	0.464	7.227	1.616	0.322	7.281	2.668	0.253	7.423
88.75	1.135	0.309	7.412	1.335	0.462	7.229	1.621	0.321	7.282	2.675	0.251	7.425
89	1.138	0.308	7.413	1.339	0.460	7.231	1.626	0.319	7.284	2.683	0.249	7.427
89.25	1.141	0.307	7.414	1.343	0.459	7.232	1.630	0.317	7.286	2.690	0.247	7.429



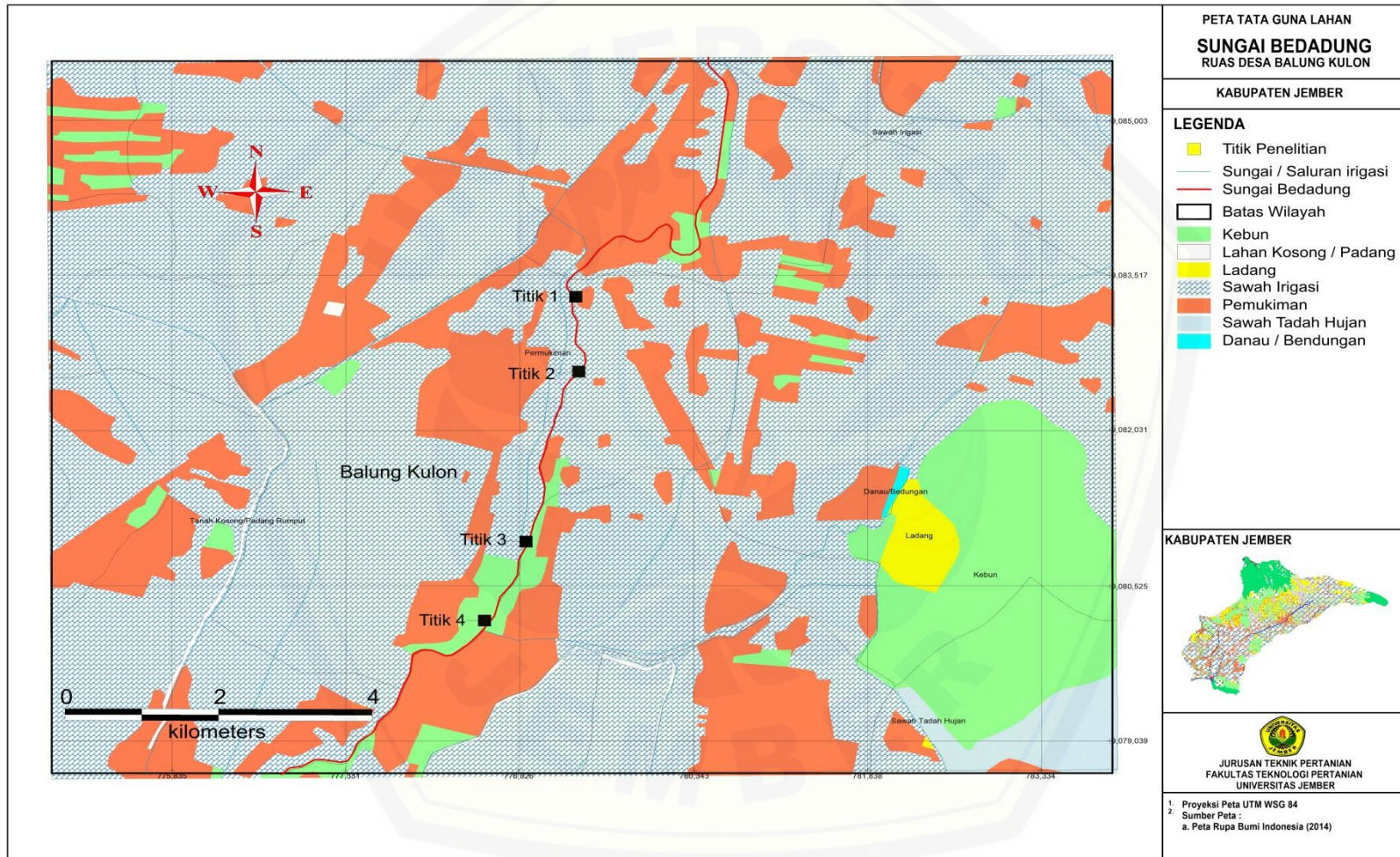
89.5	1.145	0.306	7.416	1.347	0.457	7.234	1.635	0.315	7.288	2.698	0.245	7.431
89.75	1.148	0.304	7.417	1.350	0.455	7.236	1.639	0.314	7.289	2.705	0.243	7.433
90	1.151	0.303	7.418	1.354	0.453	7.238	1.644	0.312	7.291	2.713	0.241	7.435
90.25	1.154	0.302	7.419	1.358	0.451	7.240	1.648	0.311	7.292	2.720	0.239	7.437
90.5	1.157	0.301	7.420	1.362	0.450	7.241	1.653	0.309	7.294	2.728	0.237	7.439
90.75	1.161	0.300	7.422	1.365	0.448	7.243	1.658	0.307	7.296	2.735	0.236	7.441
91	1.164	0.299	7.423	1.369	0.446	7.245	1.662	0.306	7.297	2.743	0.234	7.443
91.25	1.167	0.297	7.424	1.373	0.444	7.247	1.667	0.304	7.299	2.750	0.232	7.444
91.5	1.170	0.296	7.425	1.377	0.442	7.249	1.671	0.302	7.301	2.758	0.230	7.446
91.75	1.173	0.295	7.426	1.380	0.441	7.250	1.676	0.301	7.302	2.765	0.228	7.448
92	1.177	0.294	7.427	1.384	0.439	7.252	1.680	0.299	7.304	2.773	0.227	7.450
92.25	1.180	0.293	7.429	1.388	0.437	7.254	1.685	0.298	7.305	2.781	0.225	7.452
92.5	1.183	0.292	7.430	1.392	0.435	7.256	1.689	0.296	7.307	2.788	0.223	7.453
92.75	1.186	0.290	7.431	1.395	0.434	7.257	1.694	0.295	7.308	2.796	0.221	7.455
93	1.189	0.289	7.432	1.399	0.432	7.259	1.699	0.293	7.310	2.803	0.219	7.457
93.25	1.193	0.288	7.433	1.403	0.430	7.261	1.703	0.291	7.312	2.811	0.218	7.459
93.5	1.196	0.287	7.434	1.407	0.429	7.262	1.708	0.290	7.313	2.818	0.216	7.460
93.75	1.199	0.286	7.435	1.410	0.427	7.264	1.712	0.288	7.315	2.826	0.214	7.462
94	1.202	0.285	7.436	1.414	0.425	7.266	1.717	0.287	7.316	2.833	0.213	7.464
94.25	1.205	0.284	7.438	1.418	0.424	7.267	1.721	0.285	7.318	2.841	0.211	7.465
94.5	1.209	0.283	7.439	1.422	0.422	7.269	1.726	0.284	7.319	2.848	0.209	7.467
94.75	1.212	0.281	7.440	1.426	0.420	7.271	1.731	0.282	7.321	2.856	0.208	7.469
95	1.215	0.280	7.441	1.429	0.418	7.273	1.735	0.281	7.322	2.863	0.206	7.470
95.25	1.218	0.279	7.442	1.433	0.417	7.274	1.740	0.279	7.324	2.871	0.204	7.472
95.5	1.221	0.278	7.443	1.437	0.415	7.276	1.744	0.278	7.325	2.879	0.203	7.474
95.75	1.225	0.277	7.444	1.441	0.414	7.277	1.749	0.276	7.327	2.886	0.201	7.475
96	1.228	0.276	7.445	1.444	0.412	7.279	1.753	0.275	7.328	2.894	0.200	7.477
96.25	1.231	0.275	7.446	1.448	0.410	7.281	1.758	0.274	7.329	2.901	0.198	7.478
96.5	1.234	0.274	7.447	1.452	0.409	7.282	1.763	0.272	7.331	2.909	0.197	7.480
96.75	1.237	0.273	7.449	1.456	0.407	7.284	1.767	0.271	7.332	2.916	0.195	7.481
97	1.241	0.272	7.450	1.459	0.405	7.286	1.772	0.269	7.334	2.924	0.193	7.483
97.25	1.244	0.271	7.451	1.463	0.404	7.287	1.776	0.268	7.335	2.931	0.192	7.484
97.5	1.247	0.270	7.452	1.467	0.402	7.289	1.781	0.266	7.337	2.939	0.190	7.486
97.75	1.250	0.268	7.453	1.471	0.400	7.291	1.785	0.265	7.338	2.946	0.189	7.487
98	1.253	0.267	7.454	1.474	0.399	7.292	1.790	0.264	7.339	2.954	0.187	7.489
98.25	1.257	0.266	7.455	1.478	0.397	7.294	1.794	0.262	7.341	2.961	0.186	7.490
98.5	1.260	0.265	7.456	1.482	0.396	7.295	1.799	0.261	7.342	2.969	0.184	7.492
98.75	1.263	0.264	7.457	1.486	0.394	7.297	1.804	0.259	7.344	2.976	0.183	7.493
99	1.266	0.263	7.458	1.489	0.393	7.298	1.808	0.258	7.345	2.984	0.182	7.495
99.25	1.269	0.262	7.459	1.493	0.391	7.300	1.813	0.257	7.346	2.992	0.180	7.496
99.5	1.273	0.261	7.460	1.497	0.389	7.302	1.817	0.255	7.348	2.999	0.179	7.498



Lampiran 14. Tabel Perhitungan Metode Streeter-Phelps

Titik	DO awal	BOD	Suhu	h Rata-rata	V Rata-rata		Kd	Kd <sub>T</sub>	D <sub>LT</sub>	Kr	Kr <sub>T</sub>	Lo	Lt	DO <sub>s</sub>	D	Laju Deoksigenasi (rd)	Laju Reaerasi (rr)	Waktu Kritis (tc)	Jarak Kritis (Xc)	Defisit Oksigen Kritis (Dc)
	mg/L	mg/L	( <sup>0</sup> C)	m	m/detik	km/jam	hari <sup>-1</sup>	hari <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> .hari <sup>-1</sup>	hari <sup>-1</sup>	hari <sup>-1</sup>	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L.hari	mg/L.hari	hari	km	mg/L
1	6.97	1.25	28.78	0.80	0.90	3.258	0.816	1.232	0.00024	6.116	7.532	6.405	5.155	7.721	0.7557	6.350	5.691	0.141	10.995	0.881
2	6.87	1.14	29.00	1.11	0.77	2.769	0.708	1.080	0.00024	3.462	4.286	5.850	4.708	7.691	0.8245	5.083	3.534	0.261	17.340	1.112
3	6.83	1.24	29.67	1.00	0.63	2.281	0.740	1.164	0.00025	3.706	4.661	6.370	5.126	7.603	0.7686	5.969	3.583	0.268	14.671	1.165
4	6.94	1.37	29.11	1.17	0.38	1.382	0.690	1.058	0.00025	2.244	2.785	6.997	5.631	7.676	0.7314	5.957	2.037	0.452	15.000	1.648

Lampiran 15. Peta Tata Guna Lahan Desa Balung Kulon



**Lampiran 16. PERMEN LH No. 1 Tahun 2010**

Lampiran II  
Peraturan Menteri Negara  
Lingkungan Hidup  
Nomor : 01 Tahun 2010  
Tanggal : 14 Januari 2010

**PEDOMAN PENERAPAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN PADA SUMBER AIR****LATAR BELAKANG**

Daya tampung beban pencemaran (DTBP) yang juga sering disebut dengan beban harian maksimum total (*total maximum daily loads*) merupakan kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar. Penetapan DTBP merupakan pelaksanaan pengendalian pencemaran air yang menggunakan pendekatan kualitas air (*water quality-based control*). Pendekatan ini bertujuan mengendalikan zat pencemar yang berasal dari berbagai sumber pencemar yang masuk ke dalam sumber air dengan mempertimbangkan kondisi intrinsik sumber air dan baku mutu air yang ditetapkan.

Hasil penetapan DTBP dapat dipergunakan sebagai bahan pertimbangan dan kebijakan sebagai berikut :

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

Berkaitan dengan pemberian izin, perhitungan DTBP dipergunakan untuk menetapkan mutu air limbah dan lokasi usaha dan/atau kegiatan sebagai salah satu persyaratan pemberian izin. Sementara itu hasil perhitungan DTBP dapat digunakan sebagai dasar pengalokasian beban (*waste load allocation*) yang diperbolehkan masuk ke sumber air dari berbagai sumber pencemar supaya tindakan pengendalian yang tepat dapat dilaksanakan yang pada akhirnya baku mutu air yang telah ditetapkan dapat dipenuhi atau mutu air sasaran dimasa yang akan datang dapat dicapai.

## I. TUJUAN

Pedoman ini dimaksudkan untuk memberikan panduan dalam penerapan nilai daya tampung beban pencemar pada sumber air (sungai, muara, situ, danau dan waduk) terkait dengan pemberian izin lingkungan yang berkaitan dengan pembuangan air limbah ke sumber air dan penyusunan kebijakan pengendalian pencemaran air. Dengan demikian pemerintah kabupaten/kota memiliki kemampuan dalam pengendalian pencemaran air dengan mempergunakan kombinasi pendekatan kualitas air, penerapan teknologi serta penggunaan tindakan tepat guna (*best practices*).

Pedoman ini tidak dimaksudkan untuk memberikan panduan teknis dalam metode perhitungan DTBP, karena panduan dimaksud ditetapkan dalam peraturan perundangan yang lain.

## II. TATA CARA PENERAPAN PERHITUNGAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN DALAM PENETAPAN IZIN

Faktor-faktor yang menentukan daya tampung beban pencemar sumber air (sungai, muara, situ, danau dan waduk) secara umum adalah sebagai berikut:

- a. Kondisi hidrologi, dan morfologi sumber air termasuk kualitas air sumber air yang ditetapkan DTBP-nya
- b. Kondisi klimatologi sumber air seperti suhu udara, kecepatan angin dan kelembaban udara
- c. Baku mutu air atau kelas air untuk sungai dan muara atau baku mutu air dan kriteria status tropik air bagi situ, danau dan waduk.
- d. Beban pencemar sumber tertentu / *point source*
- e. Beban pencemar sumber tak tentu / *non-point source*
- f. Karakteristik dan perilaku zat pencemar yang dihasilkan sumber pencemar
- g. Pemanfaatan atau penggunaan sumber air
- h. Faktor pengaman (*margin of safety*) yang merupakan nilai ketidakpastian dalam perhitungan. Ketidakpastian tersebut bersumber dari tidak memadainya data dan informasi tentang hidrolika dan morfologi sumber air, selain kurangnya pengetahuan mengenai karakteristik dan perilaku zat pencemar.

Berikut ini merupakan tahapan yang dilakukan dalam perhitungan DTBP dan penerapan DTBP di dalam perizinan serta penyusunan program pengendalian pencemaran air:

### A. Tahapan Pelaksanaan Perhitungan DTBP

1. Menetapkan prioritas sumber air yang akan ditentukan DTBP-nya yang didasarkan pada:



- a. Hasil kajian status mutu air dan status tropik air, yaitu:
    - 1). Sungai dan muara yang memiliki status mutu air paling tercemar.
    - 2). Danau, waduk dan situ yang memiliki status mutu air paling tercemar dan kadar unsur hara paling tinggi.
  - b. Sumber air yang dimanfaatkan sebagai air baku untuk air minum.
  - c. Tingkat potensi sumber pencemar yang berpotensi menerima jumlah beban pencemar yang terbesar.
2. Melakukan inventarisasi dan identifikasi kondisi hidrologi, morfologi dan faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap kondisi sumber air yang akan ditentukan DTBP-nya yang meliputi paling sedikit:
- a. Peta dasar (peta rupa bumi atau peta topografi).
  - b. Data klimatologi dan meteorologi, antara lain: radiasi sinar matahari, curah hujan, suhu udara, kecepatan angin dan kelembaban udara.
  - c. Data hidrolis sumber air yang meliputi: debit, volume, panjang, lebar, kedalaman, kemiringan hidrolis, kecepatan air.
  - d. Data kualitas air sumber air
3. Melakukan identifikasi baku mutu air untuk sungai dan muara atau baku mutu air dan kriteria status tropik air bagi situ, danau dan waduk yang akan ditentukan DTBP-nya. Apabila baku mutu air atau kriteria tropik air belum ditetapkan, dapat digunakan kualitas air kelas II sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
4. Melakukan inventarisasi dan identifikasi jenis, jumlah beban (debit dan konsentrasi) dan karakteristik sumber pencemar yang meliputi:
- a. Sumber pencemar tertentu (*point source*): saluran irigasi, drainase, anak sungai, outlet limbah industri atau domestik (IPAL rumah tangga terpadu, hotel, dan rumah sakit)
  - b. Sumber pencemar tak tentu (*non-point/diffuse source*): rumah tangga tanpa IPAL, pertanian, peternakan dan pertambangan.
5. Melakukan identifikasi pemanfaatan sumber air.
6. Melakukan perhitungan DTBP sumber air dengan menggunakan berbagai metode sebagai berikut:
- a. Perhitungan kesetimbangan (neraca) masa.
  - b. Pemodelan analitis menggunakan persamaan matematika yang secara ilmiah telah teruji misalnya: metode *streeter-phelps*.



Lampiran 17. Dokumentasi Penelitian

