



**ANALISIS DAYA TAMPUNG SUNGAI GLADAKSIKUR
DAN SUNGAI KRAMAT KECAMATAN KALISAT
KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

Oleh

**Mohammad Ridwan
NIM 131710201071**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**ANALISIS DAYA TAMPUNG SUNGAI GLADAKSIKUR
DAN SUNGAI KRAMAT KECAMATAN KALISAT
KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

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

Oleh

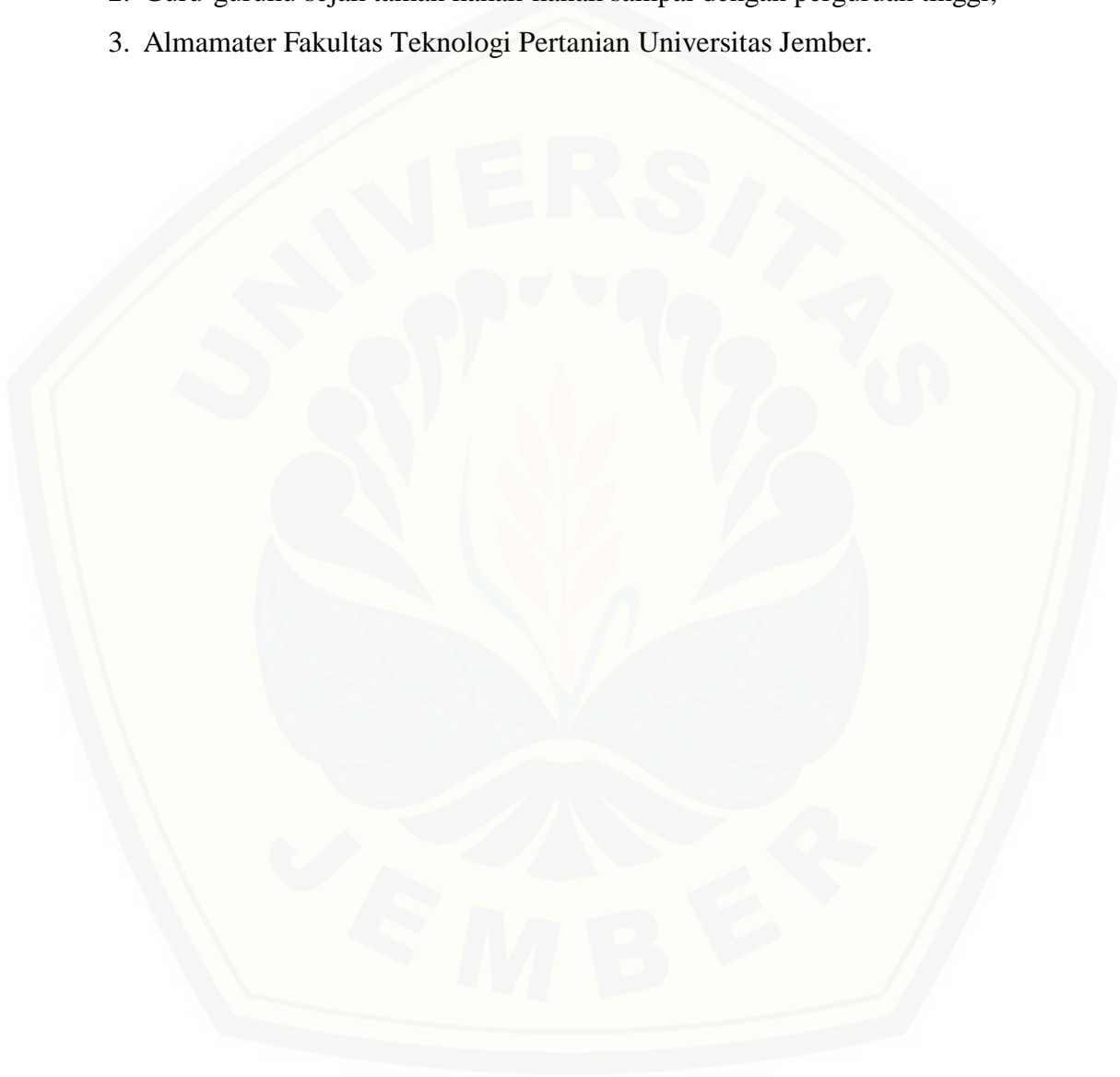
**Mohammad Ridwan
NIM 131710201071**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Sukarti dan Ayahanda Muisam yang tercinta;
2. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



MOTTO

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.
(terjemahan Surat Al-Mujadilah ayat 11)^{*)}



^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. Al-Qur'an dan Terjemahannya. Semarang: PT kumo

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Mohammad Ridwan

NIM : 131710201071

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Daya Tampung Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Adapun data yang terdapat di dalam tulisan ini dan hak publikasi adalah milik Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

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

Jember, 31 Agustus 2017
Yang menyatakan,



(Mohammad Ridwan)
NIM 131710201071

SKRIPSI

**ANALISIS DAYA TAMPUNG SUNGAI GLADAKSIKUR
DAN SUNGAI KRAMAT KECAMATAN KALISAT
KABUPATEN JEMBER**

Oleh

Mohammad Ridwan
NIM 131710201071

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama	: Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T.
Dosen Pembimbing Anggota	: Dr. Elida Novita S.TP., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Daya Tampung Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember” karya Mohammad Ridwan telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Senin, 31 Juli 2017

tempat : Ruang Sidang II Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama



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

Dosen Pembimbing Anggota,



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

Tim Penguji:

Ketia,



Prof. Dr. Indarto S.TP., DEA.
NIP. 19700101 199512 1 001

Anggota I,



Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T.
NIP. 19730127 199903 2 002

Mengesahkan
Dekan,



Dr. Siswono Soekarno, S.TP., M.Eng.
NIP. 19680923 199403 1 009

RINGKASAN

Analisis Daya Tampung Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember; Mohammad Ridwan, 131710201071; 2017: 38 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung atau pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama. Salah satu DAS di Kabupaten Jember adalah DAS Bedadung. DAS Bedadung memiliki banyak anak sungai, beberapa diantaranya yaitu Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat. Anak sungai ini berperan penting dalam memenuhi kebutuhan air masyarakat sekitar. Aktivitas masyarakat sekitar akan menghasilkan limbah baik limbah domestik ataupun limpasan dari daerah pertanian. Oleh karena itu, pengukuran daya tampung sungai perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan sungai dalam menerima beban pencemaran. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kondisi kualitas air pada sungai berdasarkan parameter DO dan BOD, menghitung beban pencemaran, dan daya tampung Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat. Pengukuran daya tampung sungai dapat dilakukan dengan permodelan menggunakan metode Streeter-Phelps. Beberapa data yang dibutuhkan untuk permodelan Streeter-Phelps yaitu debit aliran, *dissolved oxygen* (DO), dan *biological oxygen demand* (BOD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sungai Gladaksikur memiliki DO terbesar yaitu 7,07 mg/l dan BOD sebesar 0,785 mg/l, sedangkan pada Sungai Kramat memiliki DO terbesar yaitu 7,48 mg/l dan BOD 1,021 mg/l. Hasil pengukuran debit dan BOD dapat dihitung beban pencemaran pada sungai. Hasil perhitungan menunjukkan beban pencemaran terbesar pada Sungai Gladaksikur berada pada titik kelima sebesar 110,92 kg/hari sedangkan pada Sungai Kramat berada pada titik keenam sebesar 100,50 kg/hari. Beban pencemaran pada Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat masih di bawah batas toleransi. Sungai Gladaksikur memiliki BOD rerata, laju deoksigenasi, laju reaerasi, titik kritis, jarak kritis, dan defisit oksigen kritis secara berurutan yaitu 0,602 mg/l, 0,056 mg/l.hari, 6,351 mg/l.hari, 0,451 hari, 8,406 km, dan 0,040 mg/l. Sungai Kramat memiliki BOD rerata, laju deoksigenasi, laju reaerasi, titik kritis, jarak kritis, dan defisit oksigen kritis secara berurutan yaitu 0,85 mg/l, 0,131 mg/l.hari, 8,361 mg/l.hari, 0,265 hari, 5,801 km, dan 0,020 mg/l. Hasil pemodelan menggunakan persamaan Streeter-Phelps menunjukkan bahwa Sungai Gladaksikur mempunyai daya tampung sebesar 92,4 mg/l dan pada Sungai Kramat sebesar 439,15 mg/l.

SUMMARY

Analysis of Pollution Load Capacity at Gladaksikur and Kramat River in Kalisat Region, Jember District; Mohammad Ridwan, 131710201071; 2017: 38 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

Watershed is area that confined by mountain or mountain ridges where rainwater in that area will flow into the main river. One of the watersheds in Jember Distric is Bedadung Watershed. Bedadung River has many tributaries, some of which are Gladaksikur and Kramat River. These tributaries have an important role to supply the water requirement. The human activity will produce domestic waste and agricultural runoff. Therefore, it is necessary to measure pollution load capacity to determine the ability of the river to receive pollution load. The aim of this research was to examine the condition of water quality in rivers based on dissolved oxygen and biological oxygen demand parameters, calculate the pollution load, and pollution load capacity of Gladaksikur and Kramat River. Measurement of pollution load capacity can be solved by using Streeter-Phelps method. Data for Streeter-Phelps modelling are discharge, dissolved oxygen (DO), and biological oxygen demand (BOD). The results of the research showed that Gladaksikur River had the biggest DO of 7.07 mg/l and BOD of 0.785 mg/l, whereas in Kramat River had the biggest DO of 7.48 mg/l and BOD of 1,021 mg/l. The measurement of discharge and BOD can be calculated to determine pollution load on the river. The calculation result showed that the biggest pollution load on the Gladaksikur River was at the fifth point of 110.92 kg/day while on the Kramat River was at the sixth point of 100.50 kg/day. The pollution load of the Gladaksikur and Kramat River was below maximum tolerated. The Gladaksikur River have an average BOD, deoxygenation rate, reaeration rate, critical point, critical distance and critical oxygen defisit, for all of parameters above are 0.602 mg/l, 0.056 mg/l.day, 6.351 mg/l.day, 0.451 day, 8,406 km, and 0,040 mg/l respectively. The Kramat River have an average BOD, deoxygenation rate, reaeration rate, critical point, critical distance and critical oxygen defisit, for all of parameters above are 0,85 mg/l, 0,131 mg/l.day, 8.361 mg/l.day, 0.265 day, 5.801 km, and 0,020 mg/l respectively. From the Streeter-Phelps modelling it can be stated that the Gladaksikur River have pollution load capacity of 92.4 mg/l and on the Kramat River of 439.15 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 Gladaksikur dan Sungai Kramat Kecamatan Kalisat 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:

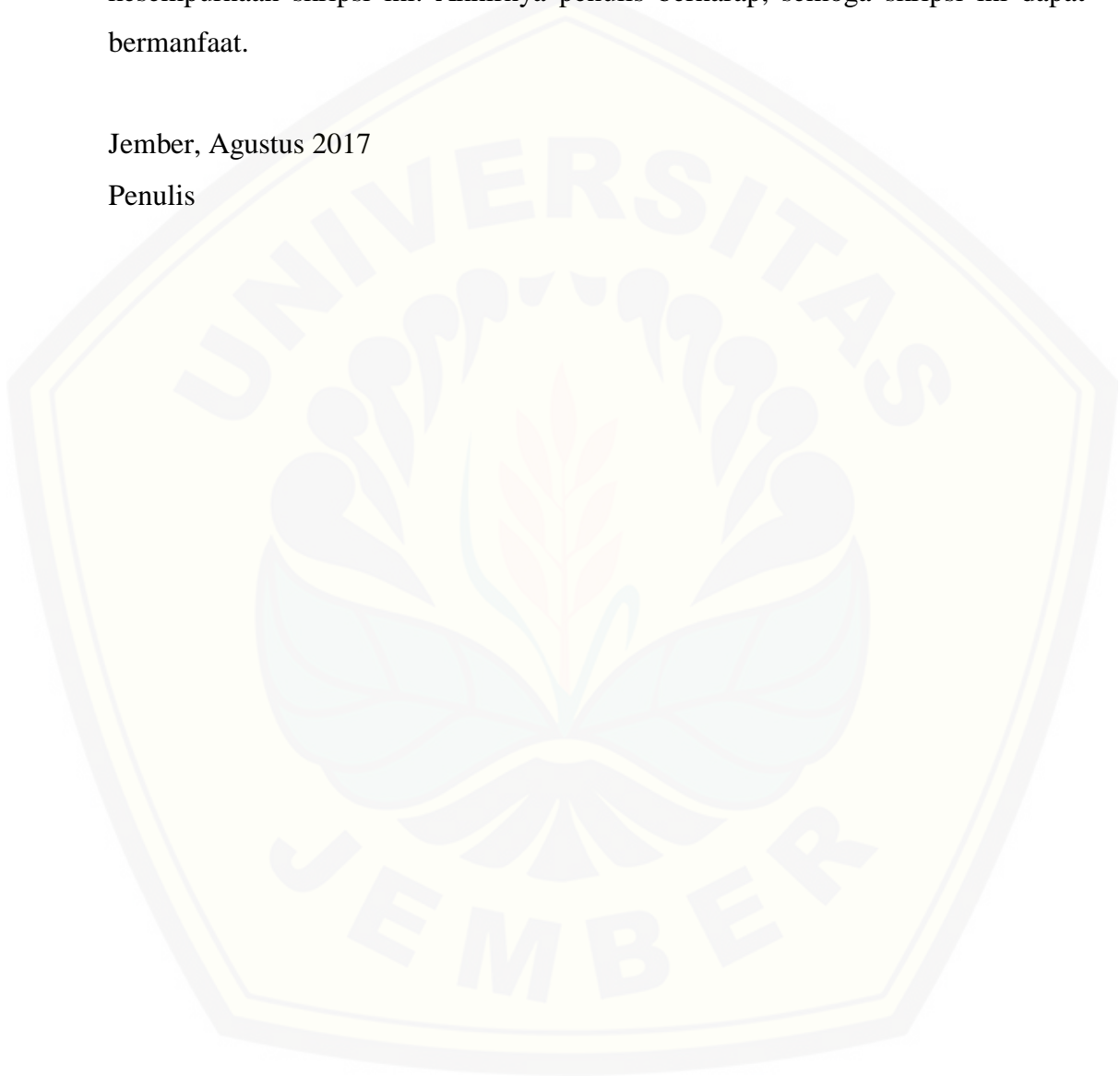
1. Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M. Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
2. Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T., selaku Dosen Dosen Pembimbing Utama dan Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulisan skripsi ini;
3. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota dan Ketua Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan yang telah membimbing dan membantu proses perizinan di laboratorium;
4. Prof. Dr. Indarto, S.TP., DEA., selaku Wakil Dekan I dan Ketua Tim Penguji, yang telah memberikan kemudahan dalam perizinan ujian skripsi dan evaluasi dalam ujian skripsi;
5. Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T., selaku Anggota Penguji yang telah meluangkan waktu dan melakukan evaluasi dalam ujian skripsi;
6. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si., selaku Ketua Komisi Bimbingan yang telah memberikan saran dan kritik selama proses penyusunan skripsi ini;
7. Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Jember, yang telah memberikan izin penelitian;
8. seluruh teknisi laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Universitas Jember atas kerjasamanya selama melaksanakan penelitian;
9. teman satu tim kualitas air yang telah membantu proses penelitian;

10. UKM-KI KOSINUS TETA yang telah memberikan motivasi dan pengalaman organisasi yang sangat berharga dalam setiap prosesnya;
11. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, Agustus 2017

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)	3
2.2 Pencemaran Air	3
2.3 Daya Tampung Beban Pencemaran	4
2.3.1 Proses Penurunan Oksigen Terlarut (Deoksigenasi)	5
2.3.2 Proses Peningkatan Oksigen Terlarut (Reaerasi)	6

2.3.3 Perhitungan Daya tampung berdasarkan Metode Streeter Phelps	7
2.4 Debit Aliran	9
2.5 Pengambilan Sampel Air	11
2.6 Parameter Kualitas Air	12
2.6.1 Suhu	13
2.6.2 <i>Dissolved Oxygen (DO)</i>	13
2.6.3 <i>Biological Oxygen Demand (BOD)</i>	14
BAB 3. METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.1.1 Waktu Penelitian	15
3.1.2 Tempat Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	15
3.2.1 Alat Penelitian	15
3.2.2 Bahan Penelitian	15
3.3 Pelaksanaan Penelitian	18
3.3.1 Metode Pengumpulan Data	18
3.3.2 Analisis Data	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Kualitas Air Sungai Gladaksikur	22
4.2 Beban Pencemaran Sungai Gladaksikur	23
4.3 Daya Tampung Sungai Gladaksikur	25
4.4 Kualitas Air Sungai Kramat	28
4.5 Beban Pencemaran Sungai Kramat	30
4.6 Daya Tampung Sungai Kramat	31
BAB 5. PENUTUP	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	39

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Konstanta Current Meter berdasarkan Jumlah Putaran	11
2.2 Posisi Titik Ketinggian Pengukuran Kecepatan Aliran	11
2.3 Kelarutan Oksigen dalam Air	13
4.1 Hasil Pengukuran DO dan BOD Sungai Gladaksikur	22
4.2 Debit, BOD, dan Beban Pencemaran Sungai Gladaksikur	24
4.3 Parameter Penentuan Daya Tampung Sungai Gladaksikur	25
4.4 Hasil Pengukuran DO dan BOD Sungai Kramat	29
4.5 Debit, BOD, dan Beban Pencemaran Sungai Kramat	30
4.6 Parameter Penentuan Daya Tampung Sungai Kramat	32

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Kurva Karakteristik Defisit Oksigen	8
2.2 Metode Tampang Rerata	10
2.3 Pengambilan Sampel Air	12
3.1 Lokasi Penelitian pada Peta Kabupaten Jember.....	16
3.2 Tempat Penelitian di Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat	17
3.3 Diagram Alir Tahapan Penelitian	18
3.4 Pembagian Titik dan Segmen pada Masing-masing Sungai	19
4.1 Hubungan Laju Reaerasi, Laju Deoksigenasi, DO, dan BOD Sungai Gladaksikur	22
4.2 Hubungan Debit Aliran, BOD, dan Beban Pencemaran Sungai Gladaksikur	24
4.3 Lokasi Penelitian pada Titik Kesatu dan Titik Kelima Sungai Gladaksikur	26
4.4 <i>Oxygen Sag Curve</i> dan <i>Deficit Oxygen Sag Curve</i> Setiap Titik pada Sungai Gladaksikur	26
4.5 <i>Oxygen Sag Curve</i> dan <i>Deficit Oxygen Sag Curve</i> secara Keseluruhan Pada Sungai Gladaksikur	27
4.6 Kurva Penurunan Oksigen dengan Beban Maksimum yang Diizinkan pada Sungai Gladaksikur	28
4.7 Hubungan Laju Reaerasi, Laju Deoksigenasi, DO, dan BOD Sungai Kramat	29
4.8 Hubungan Debit Aliran, BOD, dan Beban Pencemaran Sungai Kramat	31
4.9 Lokasi Penelitian pada Titik Kesatu dan Keempat Sungai Kramat	33
4.10 <i>Oxygen Sag Curve</i> dan <i>Deficit Oxygen Sag Curve</i> Setiap Titik pada Sungai Gladaksikur	33
4.11 <i>Oxygen Sag Curve</i> dan <i>Deficit Oxygen Sag Curve</i> secara Keseluruhan pada Sungai Kramat	34
4.12 Kurva Penurunan Oksigen dengan Beban Maksimum yang Diizinkan pada Sungai Kramat	35

DAFTAR SINGKATAN

BOD = *biological oxygen demand*

Dc = *critical deficit*

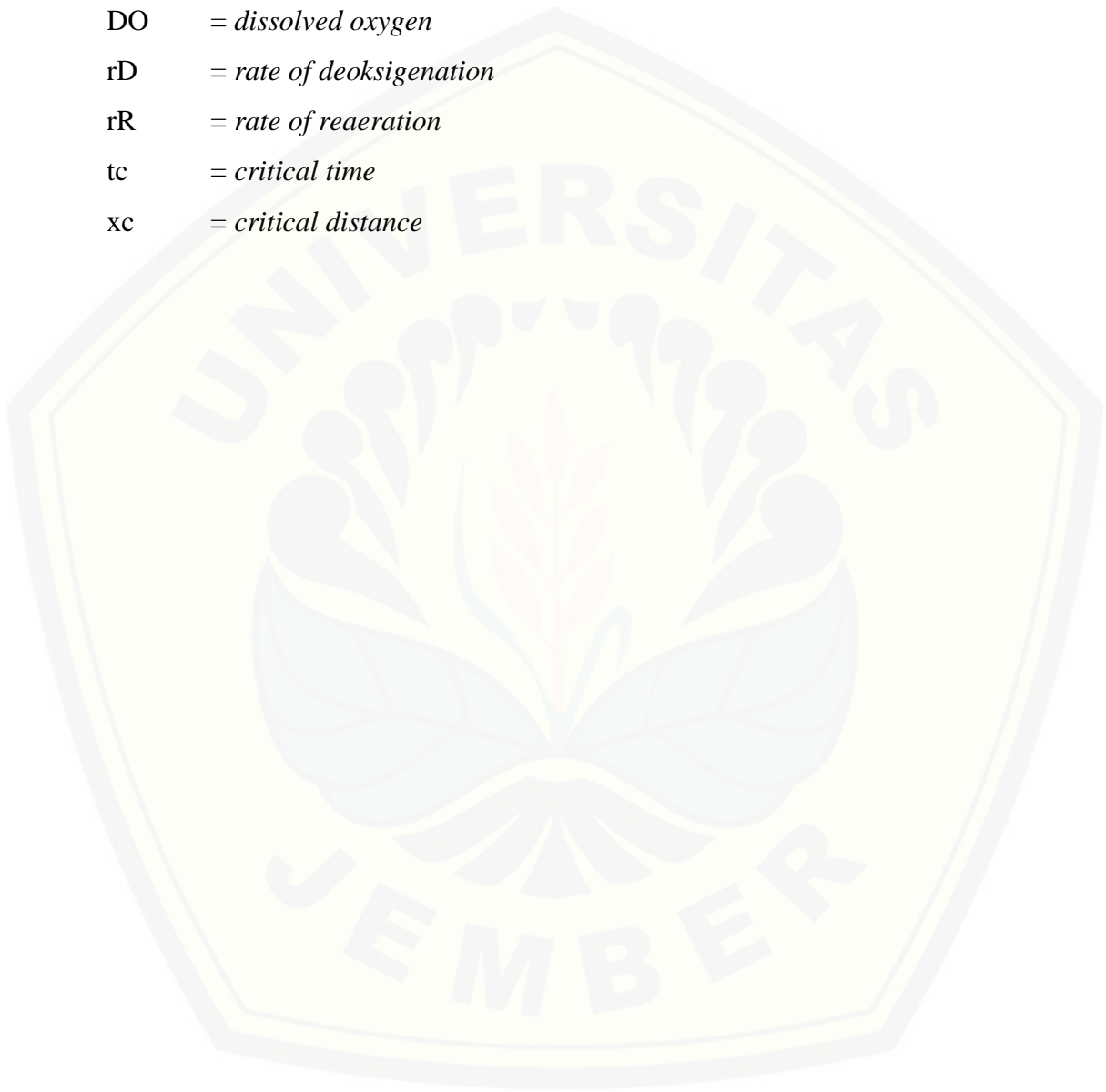
DO = *dissolved oxygen*

rD = *rate of deoksigenation*

rR = *rate of reaeration*

tc = *critical time*

xc = *critical distance*



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Penampang Melintang Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat	39
B. Data Pengukuran Debit	43
C. Data Pengukuran Suhu	49
D. Streeter-Phelps Model	50
E. Data Perhitungan	68
F. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 110 Tahun 2003 .	75
G. Lampiran Peraturan Pemerinta No. 82 Tahun 2001	88

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung atau pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada satu titik. Aliran pada DAS terjadi dalam beberapa bentuk seperti aliran limpasan pada permukaan tanah, aliran melalui parit atau selokan, aliran melalui sungai-sungai kecil, dan aliran melalui sungai utama (Triatmodjo, 2013:7).

Salah satu DAS di Kabupaten Jember adalah DAS Bedadung. DAS Bedadung memiliki banyak anak sungai yang memiliki *outlet* di sungai Bedadung, beberapa diantaranya yaitu Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat. Anak sungai ini berperan penting dalam memenuhi kebutuhan air masyarakat sekitar diantaranya yaitu sebagai sumber air untuk keperluan sehari-hari seperti MCK dan kebutuhan irigasi. Zat pencemar yang masuk ke Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat merupakan sumber pencemar yang menyebar (*non-point source*) yang berasal dari limpasan daerah pemukiman (domestik) dan limpasan dari daerah pertanian. Oleh karena itu perlu dilakukan penentuan daya tampung sungai untuk mengetahui kemampuan sungai dalam menerima beban pencemaran.

Penentuan daya tampung sungai dapat dilakukan dengan pemodelan. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 (2003:122) pertimbangan yang dipakai pada pemodelan tersebut adalah kebutuhan oksigen pada kehidupan air untuk mengukur terjadinya pencemaran di badan air. Salah satu metode yang digunakan dalam pemodelan kualitas air adalah metode Streeter-Phelps. Pada persamaan Streeter-Phelps hanya terbatas pada dua fenomena yaitu deoksigenasi dan reaerasi dengan parameter kualitas air *Dissolved Oxygen* (DO) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD).

1.2 Rumusan Masalah

Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk keperluan sehari-hari seperti MCK dan keperluan irigasi yang akan menghasilkan limbah domestik dan limpasan dari daerah pertanian. Oleh karena itu perlu dilakukan pengukuran kualitas air sungai, beban pencemaran yang masuk ke dalam sungai, dan daya tampung sungai untuk mengetahui kemampuan sungai dalam menerima beban pencemaran menggunakan persamaan Streeter-Phelps.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Lokasi awal pembagian titik di masing-masing sungai dimulai dari percabangan pertama sebelum masuk ke Sungai Bedadung Hulu.
2. Parameter pengukuran kualitas air sesuai dengan kebutuhan pemodelan Streeter-Phelps yaitu parameter DO dan BOD.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengetahui kondisi kualitas air Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat berdasarkan parameter DO dan BOD.
2. Mengetahui beban pencemaran Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat berdasarkan parameter BOD.
3. Mengetahui daya tampung Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat berdasarkan persamaan Streeter-Phelps.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Untuk instansi terkait, dapat dijadikan sebagai sumber inventarisasi data tentang beban pencemaran dan daya tampung Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat.
2. Untuk masyarakat sekitar Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat dapat dijadikan acuan dalam pengelolaan lingkungan di daerah sekitar sungai.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung atau pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada satu titik. Aliran pada DAS terjadi dalam beberapa bentuk seperti aliran limpasan pada permukaan tanah, aliran melalui parit atau selokan, aliran melalui sungai-sungai kecil, dan aliran melalui sungai utama. Beberapa aliran tersebut akan membentuk sebuah jaringan sungai yang mempunyai bentuk seperti percabangan pohon (Triatmodjo, 2013:5-7).

Sebagian besar hujan yang turun ke permukaan tanah mengalir ke tempat yang lebih rendah dan melimpah ke danau atau ke laut. Suatu alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan disebut alur sungai. Bagian yang tersentuh aliran air ini disebut alur sungai dan perpaduan antara alur sungai dan aliran air di dalamnya disebut sungai (Sosrodarsono dan Tominaga, 1984:1).

Mulai dari mata air di hulu pegunungan dalam perjalanannya ke hilir di daerah dataran, aliran sungai secara berangsur-angsur berpadu dengan banyak sungai lainnya. Sungai yang bermuara di danau atau di laut dapat terdiri atas beberapa cabang. Apabila terdapat sungai yang melebihi dua cabang, maka sungai yang pengaliran, panjang, dan volumenya yang paling besar disebut sungai utama, sedangkan cabang-cabang lainnya disebut anak sungai. Jika sungai membentuk beberapa buah cabang sebelum sampai di *oulet* sungai maka disebut cabang sungai (Sosrodarsono dan Tominaga, 1984:1).

2.2 Pencemaran Air

Pencemaran air diakibatkan oleh masuknya zat pencemar (polutan) yang dapat berupa gas, bahan-bahan terlarut, dan partikulat. Zat pencemar memasuki badan air dengan berbagai cara, misalnya melalui atmosfer, tanah, limpasan (*run*

off) pertanian, limbah domestik dan perkotaan, pembuangan limbah industri dan lain-lain (Effendi, 2003:195).

Sumber pencemar (polutan) dapat berupa di lokasi tertentu (*point source*) dan tak tentu/tersebar (*non-point/diffuse source*). Sumber pencemar *point source* misalnya saluran limbah industri. Sedangkan sumber pencemar *non-point source* misalnya limpasan dari daerah pertanian yang mengandung pestisida dan pupuk, limpasan dari daerah pemukiman (domestik), dan limpasan dari daerah perkotaan (Effendi, 2003:195).

Banyaknya zat pencemar yang masuk ke dalam perairan disebut beban pencemaran. Beban pencemaran merupakan jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82, 2001:2). Kemampuan air dalam menerima beban pencemaran berbeda-beda bergantung pada kondisi lingkungan dan kualitas air itu sendiri. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 122 (2004:4) beban pencemaran dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Beban air limbah} = \text{konsentrasi parameter} \times \text{debit air limbah} \dots\dots\dots (2.1)$$

2.3 Daya Tampung Beban Pencemaran

Daya tampung beban pencemaran merupakan kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82, 2001:2). Perhitungan daya tampung dapat dilakukan dengan pemodelan. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 (2003:122) pertimbangan yang dipakai pada pemodelan tersebut adalah kebutuhan oksigen pada kehidupan air untuk mengukur terjadinya pencemaran di badan air. Pemodelan sungai diperkenalkan oleh Streeter dan Phelps pada tahun 1925 menggunakan persamaan kurva penurunan oksigen (*oxygen sag curve*) dengan metode pengelolaan kualitas air ditentukan berdasarkan defisit oksigen kritik D_c .

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

oksigen terlarut (reaerasi) yang disebabkan turbulensi yang terjadi pada aliran sungai (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110, 2003:122).

2.3.1 Proses Penurunan Oksigen Terlarut (Deoksigenasi)

Kandungan oksigen dalam air akan mengalami penurunan akibat masuknya zat pencemar ke dalam air. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 (2003:122) persamaan yang digunakan untuk menghitung proses pengurangan oksigen terlarut sebagai berikut.

$$dL/dt = -K' \times L \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

dL/dt = jumlah kebutuhan oksigen setelah waktu t

L = konsentrasi senyawa organik (mg/l)

t = waktu (hari)

K' = konstanta reaksi orde satu (hari^{-1})

Jika konsentrasi awal senyawa organik sebagai BOD adalah L_0 yang dinyatakan sebagai BOD ultimate dan L_t adalah BOD pada saat t , maka hasil integrasi persamaan (2.2) dinyatakan sebagai berikut.

$$L_t = L_0 \cdot e^{-k't} \dots \dots \dots (2.3)$$

Laju deoksigenasi akibat senyawa organik dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$r_D = -K' \times L \dots \dots \dots (2.4)$$

Jika L diganti dengan $L_0 \cdot e^{-k't}$, persamaan (2.4) menjadi:

$$r_D = -K' \times L_0 \cdot e^{-k't} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

r_D = laju deoksigenasi (mg/l hari)

L_0 = BOD ultimat pada titik pencampuran (mg/l)

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

$$L_0 = BOD_{20}^5 / (1 - e^{-5k'}) \dots \dots \dots (2.6)$$

2.3.2 Proses Peningkatan Oksigen Terlarut (Reaerasi)

Kandungan oksigen dalam air akan mengalami peningkatan akibat turbulensi, sehingga berlangsung perpindahan oksigen dari udara ke air. Proses ini disebut dengan proses reaerasi (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110, 2003:122).

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 (2003:122-123) persamaan yang digunakan untuk menghitung proses peningkatan oksigen terlarut sebagai berikut.

$$r_R = K^2 (C_s - C) \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

r_R = laju reaerasi (mg/l hari)

K^2 = konstanta reaerasi (hari⁻¹)

C_s = konsentrasi oksigen terlarut jenuh (mg/l)

C = konsentrasi oksigen terlarut (mg/l)

Konstanta reaerasi dapat diperkirakan dengan menentukan karakteristik aliran dan menggunakan salah satu persamaan empirik. Persamaan O'Conner dan Dobbins adalah persamaan yang umum digunakan untuk menghitung konstanta reaerasi (K^2).

$$K^2 = \frac{294 (D_L U^{0.5})}{H^{3/2}} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

D_L = koefisien difusi molekular untuk oksigen (m²/hari)

U = kecepatan aliran rata-rata (m/detik)

H = kedalaman rata-rata (m)

Variasi koefisien difusi molekular terhadap temperatur dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$D_{LT} = 1.760 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{d} \times 1.037^{T-20} \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

D_{LT} = koefisien difusi molekular oksigen pada temperatur T (m²/hari)

1.760×10^{-4} = koefisien difusi molekular oksigen pada 20 °C

T = temperatur (°C)

2.3.3 Perhitungan Daya Tampung berdasarkan Metode Streeter-Phelps

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 (2003:125), dalam pemodelan Streeter-Phelps, nilai K' dan K_2' merupakan fungsi temperatur yang nilai konstantanya bergantung pada temperatur sungai, sehingga persamaan yang digunakan sebagai berikut.

$$K'_T = K'_{20} (1,047)^{T-20} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$K'_{2T} = K'_{2(20)} (1,016)^{T-20} \dots\dots\dots (2.11)$$

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 (2003:124-125) suatu metode pengelolaan air dapat dilakukan atas dasar defisit oksigen kritik DC, yaitu kondisi deficit DO terendah yang dicapai akibat beban yang diberikan pada aliran. Persamaan yang digunakan sebagai berikut.

$$D_c = \frac{K'}{K'2} L_o e^{-K' \times t_c} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan:

T_c = waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik kritis

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

$$t_c = \frac{1}{K'2-K'} \log \left\{ \frac{K'2}{K'} \left[1 - \frac{D_o(K'2-K')}{K'-L_o} \right] \right\} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$X_c = t_c \times v \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan:

t_c = waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik kritis

X_c = letak kondisi kritis

L_o = BOD₅ (mg/l)

v = Kecepatan Aliran (m/s)

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

K' = Konstanta deoksigenasi (hari^{-1})

K'_2 = Konstanta reaerasi (hari^{-1})

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

$$D = C_s - C \dots\dots\dots (2.15)$$

Perhitungan BOD, DO, dan D pada waktu tertentu menggunakan persamaan berikut.

$$BOD_t = BOD - dt \times kd \times BOD \dots\dots\dots (2.16)$$

$$D_t = D + dt \times kd \times BOD - dt \times kr \times D \dots\dots\dots (2.17)$$

$$DO_t = DO_s - D_t \dots\dots\dots (2.18)$$

$$rR_t = -kr \times D_t \dots\dots\dots (2.19)$$

$$rD_t = kd \times BOD_t \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan:

D = defisit oksigen (mg/l)

D_t = defisit oksigen pada waktu t (mg/l)

C_s = konsentrasi oksigen terlarut jenuh (mg/l)

C = konsentrasi oksigen terlarut (mg/l)

BOD_t = BOD pada waktu t (mg/l)

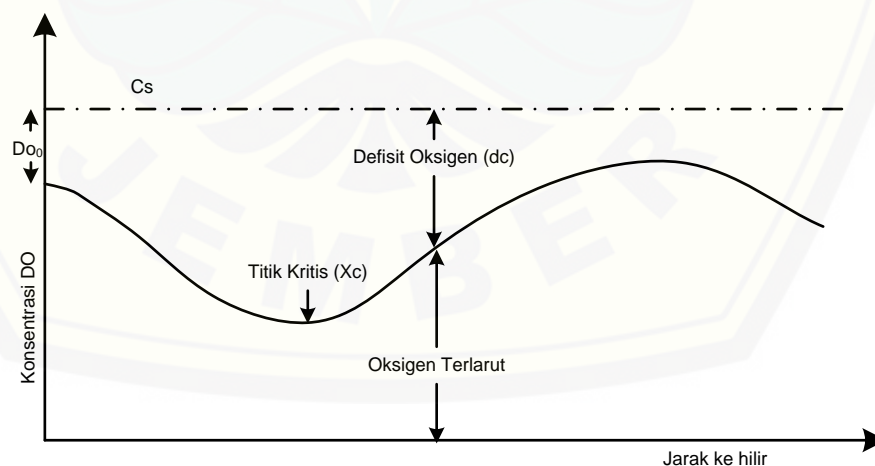
D_t = defisit oksigen pada waktu t (mg/l)

DO_t = DO pada waktu t (mg/l)

rR_t = laju reaerasi pada waktu t (mg/l.hari)

rD_t = laju deoksigenasi pada waktu t (mg/l.hari)

Hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan Streeter-Phels dapat dibuat *oxygen sag curve* seperti pada Gambar 2.1.



Sumber: Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 (2003:124)

Gambar 2.1 Kurva Karakteristik Defisit Oksigen

Berdasarkan kurva karakteristik defisit oksigen dapat diketahui beberapa zona *self purification*. Berikut zona *self purification* menurut Das *et al.* (2016: 598).

- a. Zona Degradasi: zona degradasi terjadi tepat pada lokasi pembuangan limbah ke dalam sungai. Zona ini ditandai dengan berubahnya warna air menjadi lebih keruh dan terbentuknya endapan di dasar saluran.
- b. Zona Dekomposisi Aktif: zona dekomposisi dimulai pada daerah sumber pencemar. Limbah yang mengalir akan dioksidasi oleh bakteri aerobik. Zona ini ditandai dengan berkurangnya kandungan oksigen terlarut.
- c. Zona Pemulihan: zona pemulihan dicirikan dengan meningkatnya kandungan oksigen terlarut pada sungai. Pada zona ini air menjadi lebih jernih.
- d. Zona Air Bersih: zona air bersih dicirikan dengan air yang bersih dan memiliki kandungan oksigen terlarut yang bagus. Pada zona ini air dapat dimanfaatkan sebagai air minum.

Beban pencemar didapatkan dari hasil pemodelan kualitas air sesuai dengan persamaan Streeter-Phelps. Beban kondisi awal merupakan beban yang dimiliki sungai secara alamiah. Beban pencemar maksimum merupakan baku mutu air sungai berdasarkan PP. No. 82 tahun 2001. Persamaan yang digunakan sebagai berikut.

Daya Tampung = Beban pencemar maksimum – Beban kondisi awal(2.21)

2.4 Debit Aliran

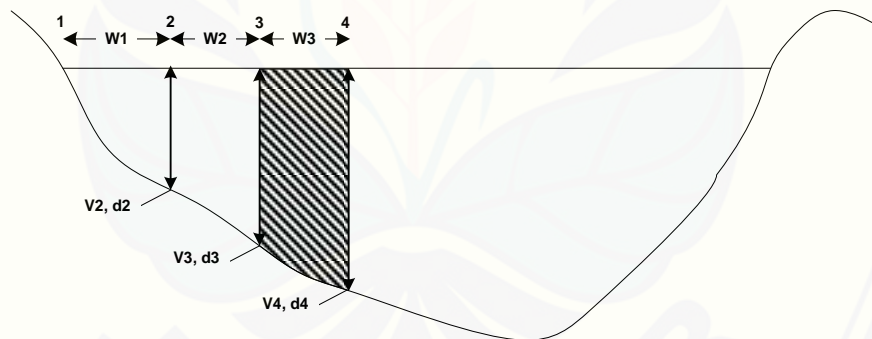
Pengukuran debit merupakan proses pengukuran dan perhitungan kecepatan, kedalaman, dan lebar aliran serta perhitungan luas penampang basah untuk menghitung debit sungai atau saluran terbuka. Pengukuran debit dilakukan dengan maksud untuk mendapatkan debit sesaat. Ada beberapa metode pengukuran debit yang digunakan baik pengukuran langsung maupun tidak langsung. Pelaksanaan pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka merupakan cara langsung menggunakan alat ukur arus dan pelampung (Standar Nasional Indonesia, 2015:iv-3).

Sebelum melakukan pengukuran debit, terlebih dahulu dilakukan pembuatan profil sungai. Pembuatan profil sungai dapat dilakukan dengan

mengukur lebar sungai, membagi sungai menjadi 10-20 bagian atau pias dengan interval jarak yang sama, dan mengukur kedalaman setiap interval dengan menggunakan tongkat (Rahayu *et al.*, 2009:26).

Menurut Rahayu *et al.* (2009:25) bahwa metode yang umum diterapkan untuk menetapkan debit sungai adalah metode profil sungai (*cross section*). Pada metode ini debit merupakan hasil perkalian antara luas penampang vertikal sungai dengan kecepatan aliran air. Luas penampang diukur dengan menggunakan meteran dan piskal (tongkat bambu atau kayu) dan kecepatan aliran diukur dengan menggunakan *current meter*.

Menurut Triatmodjo (2013:127) salah satu metode untuk mengukur luas penampang dan debit aliran yaitu dengan metode tampang rerata. Tampang lintang sungai tersusun dari sejumlah pias yang dibatasi oleh dua vertikal yang berdampingan. Dalam Gambar 2.1, jika V3 dan V4 adalah kecepatan rerata pada vertikal ketiga dan keempat, d3 dan d4 adalah kedalaman air di kedua vertikal, serta W3 adalah lebar antara kedua vertikal, maka:



Gambar 2.2 Metode Tampang Rerata (Sumber:Triatmodjo, 2013:127)

luas pias 3

$$A_3 = \frac{d_3+d_4}{2} W_3 \dots\dots\dots (2.22)$$

debit pias 3

$$Q_3 = A_3 \times \left(\frac{V_3+V_4}{2}\right) \dots\dots\dots (2.23)$$

keterangan:

Q = debit aliran (m³/detik)

A = luas penampang vertikal (m²)

V = kecepatan aliran sungai (m/s)

Menurut Triatmodjo (2013:123) perhitungan kecepatan aliran disesuaikan dengan current meter yang digunakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$V = a + b n \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran air (m/detik)

a dan b = konstanta current meter menurut tipe alat

n = jumlah putaran baling-baling (putaran/detik)

Konstanta current meter yang digunakan bergantung pada banyaknya putaran baling-baling. Baling-baling yang digunakan yaitu dengan diameter 125 mm. Berikut konstanta current meter berdasarkan jumlah putaran dengan diameter baling-baling 125 mm.

Tabel 2.1 Konstanta Current Meter berdasarkan Jumlah Putaran

N (putaran)	Persamaan Kecepatan Aliran (m/detik)
N < 0,74	V = 0,1322 N + 0,0141 m/s
0,74 < N < 11,53	V = 0,1277 N + 0,0175 m/s
N > 11,53	V = 0,1284 N + 0,0095 m/s

Sumber: Standar Nasional Indonesia (2015:23)

Pengukuran kecepatan aliran dilakukan pada masing-masing pias (Gambar 2.1). Pengukuran dilakukan pada posisi tertentu berdasarkan kedalaman aliran seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Posisi Titik Ketinggian Pengukuran Kecepatan Aliran

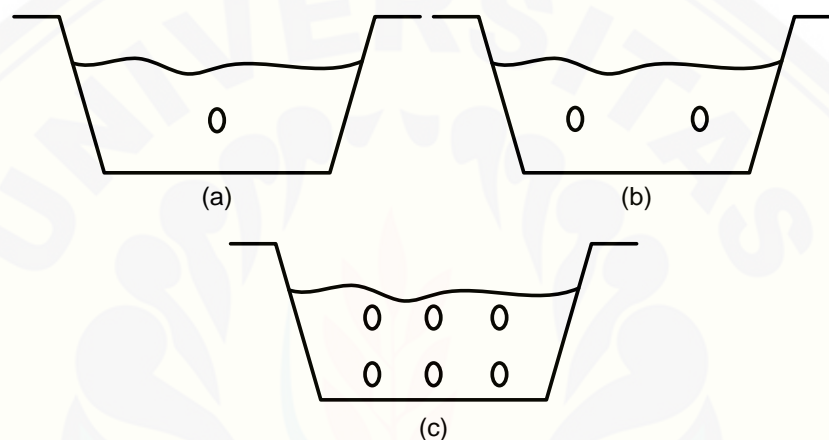
Tipe	Kedalaman Air (d) m	Kedalaman Pengukuran	V rata-rata (m/detik)
1	0 - 0,6	0,6 d	V _{0,6}
2	0,6 - 3,0	0,2 d dan 0,8 d	0,5(V _{0,2d} + V _{0,8d})
3	3,0 - 6,0	0,2 d, 0,6 d dan 0,8 d	0,25(V _{0,2d} + V _{0,6d} + V _{0,8d})
4	> 6	S. 0,2 d, 0,6 d, 0,8 d dan B	0,1(V _S + 3V _{0,2} + 2V _{0,6} + 3V _{0,8} + V _B)

Sumber: Rahayu *et al.* (2009:30)

2.5 Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air dilakukan di beberapa titik sungai yang dianggap mewakili kualitas air di sungai yang akan diuji. Menurut Effendi (2003:19) bahwa titik pengambilan sampel pada air permukaan ditetapkan sebagai berikut.

1. Pada sungai dengan debit kurang dari $5 \text{ m}^3/\text{detik}$, sampel air diambil pada satu titik di tengah sungai pada $0,5 \times$ kedalaman sungai.
2. Pada sungai dengan debit antara $5\text{-}150 \text{ m}^3/\text{detik}$, sampel air diambil pada dua titik, masing-masing pada jarak $1/3$ dan $2/3$ lebar sungai pada $0,5 \times$ kedalaman sungai.
3. Pada sungai dengan debit lebih dari $150 \text{ m}^3/\text{detik}$, sampel air diambil minimum pada enam titik, masing-masing pada jarak $1/4$, $1/2$, dan $3/4$ lebar sungai, pada $0,2 \times$ kedalaman sungai dan $0,8 \times$ kedalaman sungai.



(a) debit kurang dari $5 \text{ m}^3/\text{detik}$; (b) debit antara $5\text{-}150 \text{ m}^3/\text{detik}$; (c) debit lebih dari $150 \text{ m}^3/\text{detik}$

Gambar 2.3 Pengambilan Sampel Air

Sampel yang telah diambil harus diuji paling lama 2 jam setelah pengambilan sampel. Apabila tidak dimungkinkan, sampel harus disimpan pada suhu $\pm 4^{\circ} \text{C}$ selama paling lama 24 jam. Sampel dapat disimpan lebih lama sebagai es di dalam freezer, tetapi ketelitian analisis semakin buruk sehingga tidak dianjurkan (Alaerts dan Santika, 1987:165).

2.6 Parameter Kualitas Air

Kualitas air atau mutu air merupakan kondisi kualitas air yang diukur dan diuji berdasarkan parameter dan metode tertentu (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82, 2001:2). Beberapa contoh parameter kualitas air yaitu suhu, *dissolved oxygen* (DO), dan *Biological Oxygen Demand* (BOD).

2.6.1 Suhu

Suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme organisme, karena itu penyebaran organisme di perairan dibatasi oleh suhu perairan tersebut. Suhu sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air. Perubahan suhu yang ekstrim dapat menyebabkan kematian pada biota air tertentu. Selain itu, suhu erat kaitannya dengan konsentrasi oksigen terlarut. Suhu berbanding terbalik dengan konsentrasi jenuh oksigen terlarut dan berbanding lurus dengan konsumsi oksigen biota air (Kordi dan Tancung, 2007:58).

2.6.2 Dissolved Oxygen (DO)

Dissolved oxygen (DO) merupakan jumlah miligram oksigen yang terlarut dalam air atau air limbah yang dinyatakan dengan mg O₂/l (Standar Nasional Indonesia 2004:1). Oksigen terlarut di dalam air berasal dari udara dan dari proses fotosintesis tumbuhan air. Terlarutnya oksigen di dalam air bergantung pada temperatur, tekanan barometrik udara, dan kadar mineral di dalam air (Alaerts dan Santika, 1987:171-172). Kelarutan oksigen dalam air pada suhu tertentu disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kelarutan Oksigen dalam Air

Suhu		Oksigen Terlarut mg/l	Suhu		Oksigen Terlarut mg/l
°C	°F		°C	°F	
0	32,0	14,6	16	60,8	10,0
2	35,6	13,8	18	64,4	9,5
4	39,2	13,1	20	68,0	9,2
6	42,8	12,5	22	71,6	8,8
8	46,4	11,9	24	75,2	8,5
10	50,0	11,3	26	78,8	8,2
12	53,6	10,8	28	82,4	7,9
14	57,2	10,3	30	86,0	7,6

Sumber: Linsley dan Franzini (1979:264)

Menurut Alaerts dan Santika (1987:171-172) nilai DO dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$DO = \frac{a \times N \times 8000}{V-4} \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan:

DO : oksigen terlarut (mg/l)

a : volume titran yang terpakai (ml)

N : normalitas titran (ek/l)

A : kapasitas volume botol winkler (ml)

2.6.3 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air. Pengukuran BOD didasarkan atas reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen di dalam air. Proses oksidasi tersebut membutuhkan dua hari untuk mengoksidasi zat organik sebesar 50%, lima hari sebesar 75%, dan 20 hari sebesar 100% dengan temperatur inkubasi 20°C (Alaerts dan Santika, 1987:159-160).

Pengukuran BOD dilakukan di dalam botol yang tertutup, maka jumlah oksigen yang telah terpakai adalah perbedaan antara kadar oksigen di dalam larutan pada saat $t = 0$ (biasanya baru ditambah oksigen dengan aerasi hingga = 9 mg O₂/l, yaitu konsentrasi kejenuhan) dan kadarnya pada $t = 5$ hari (konsentrasi sisa harus ≥ 2 mg O₂/l agar hasil cukup teliti. Oleh karena itu semua sampel yang mengandung BOD > 6 mg/l harus diencerkan agar syarat tersebut terpenuhi (Alaerts dan Santika, 1987:160-161). Menurut Alaerts dan Santika (1987:171) persamaan yang digunakan dalam perhitungan BOD₅ sebagai berikut.

$$BOD_5^{20} = \frac{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)(1 - P)}{P} \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan:

BOD₅ : Kebutuhan Oksigen Biologis (mg/l)

X₀ : DO sampel pada $t = 0$ (mg O₂/l)

X₅ : DO sampel pada $t = 5$ (mg O₂/l)

B₀ : DO blanko pada $t = 0$ (mg O₂/l)

B₅ : DO blanko pada $t = 5$ (mg O₂/l)

P : derajat pengenceran

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Pengambilan data dilaksanakan pada musim hujan yaitu bulan Januari hingga Mei 2017.

3.1.2 Tempat Penelitian

Tempat penelitian dibagi menjadi dua yaitu sebagai berikut.

- a. Pengukuran suhu, debit, dan pengambilan sampel dilakukan di setiap segmen Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat Desa Sukoreno, Kecamatan Kalisat, Kabupaten Jember. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 3.1.
- b. Pengukuran DO dan BOD₅ dilakukan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL) Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

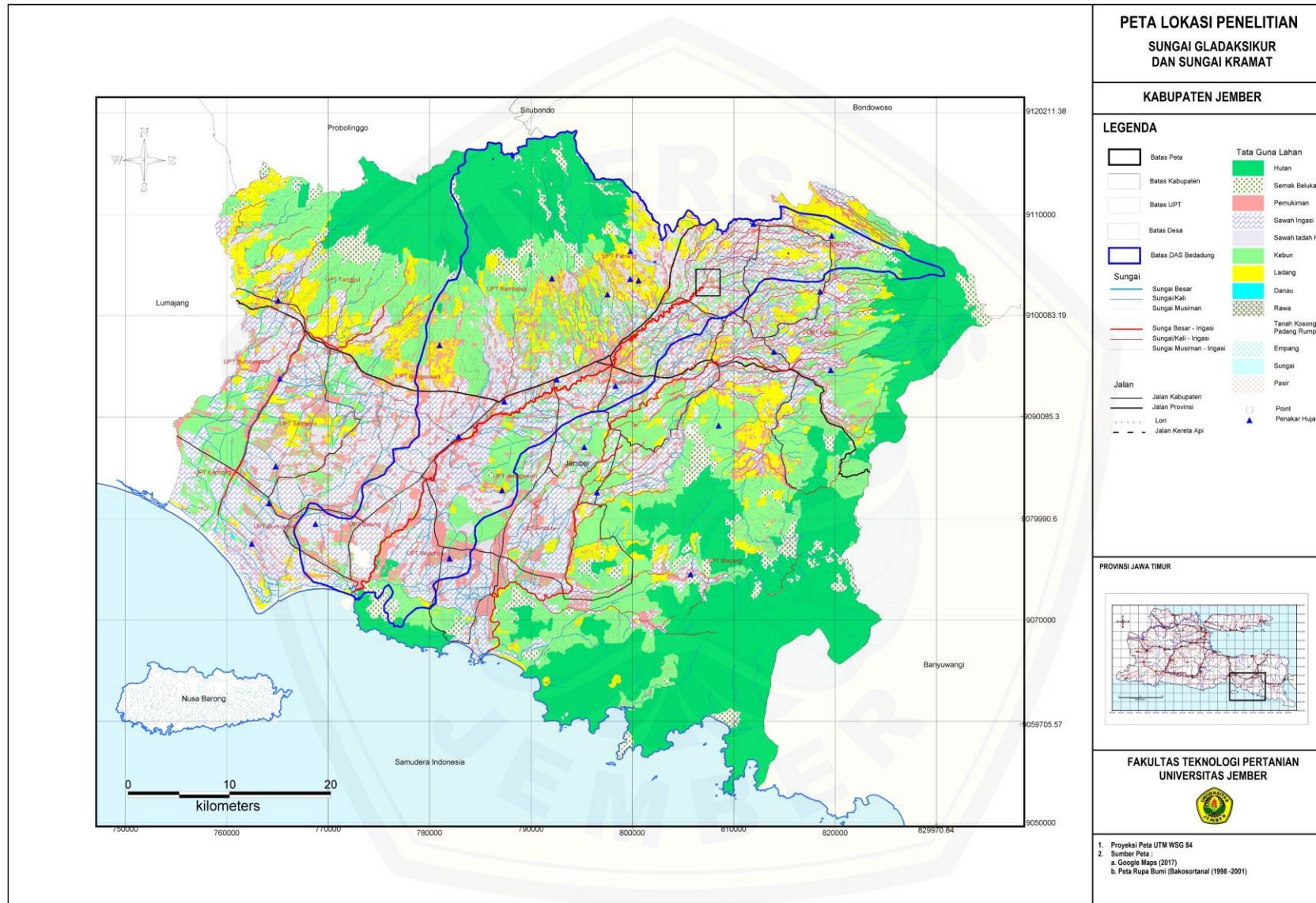
3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

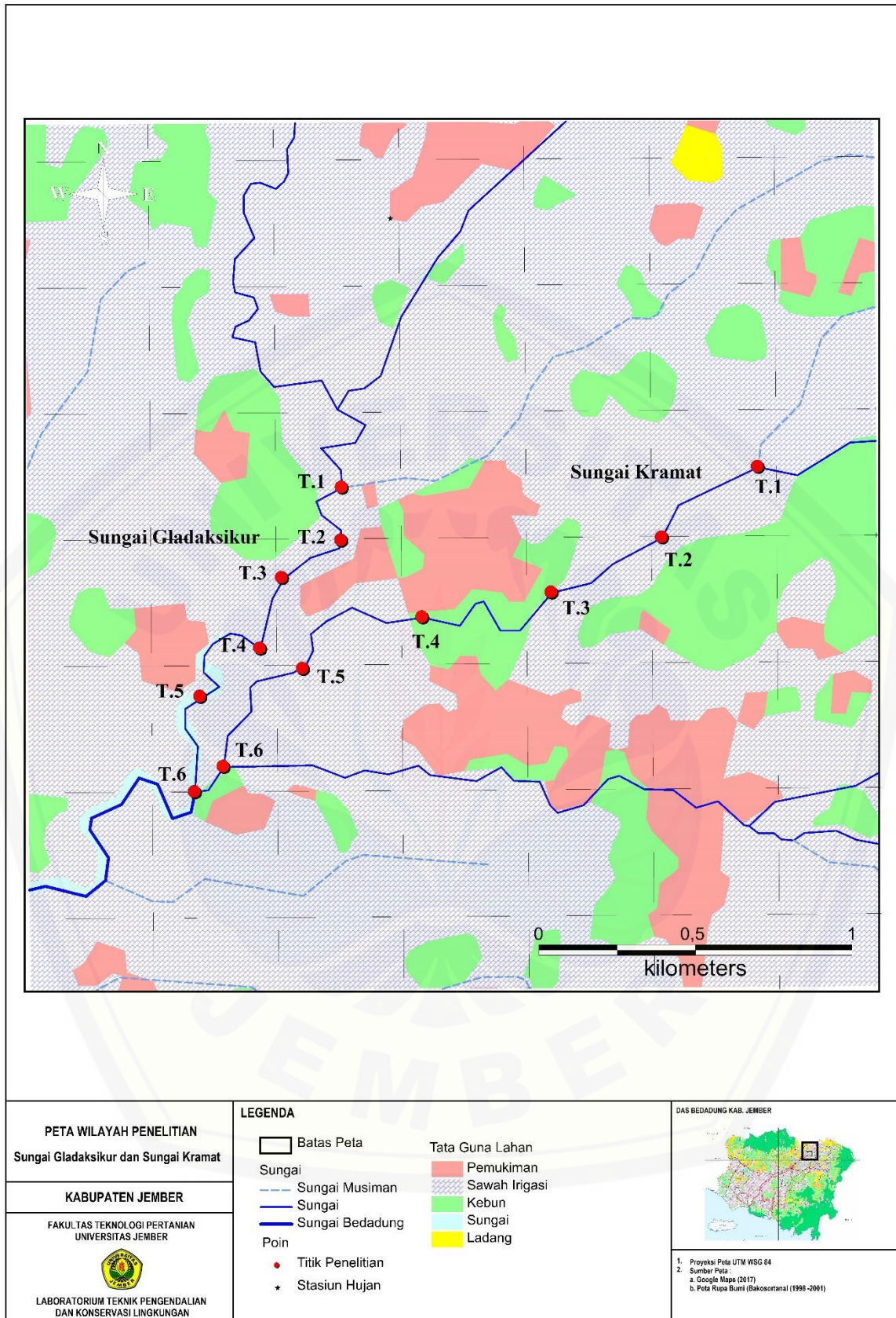
Alat penelitian yang digunakan meliputi alat untuk mengukur debit aliran, DO, dan BOD. Alat yang digunakan untuk mengukur debit aliran yaitu current meter, roll meter, pasak, tali rafia, dan stopwatch. Alat yang digunakan untuk pengukuran DO dan BOD yaitu botol winkler, buret, pipet volumetrik, bola hisap, pipet suntik, dan tabung erlenmeyer.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sampel air sungai, Aquades, larutan Mangan Sulfat (MnSO₄) 36,4%, Alkali-iodida Azida 66%, Asam Sulfat pekat (H₂SO₄) 98%, Natrium Tiosulfat 0,025 N, dan Indikator Kanji.



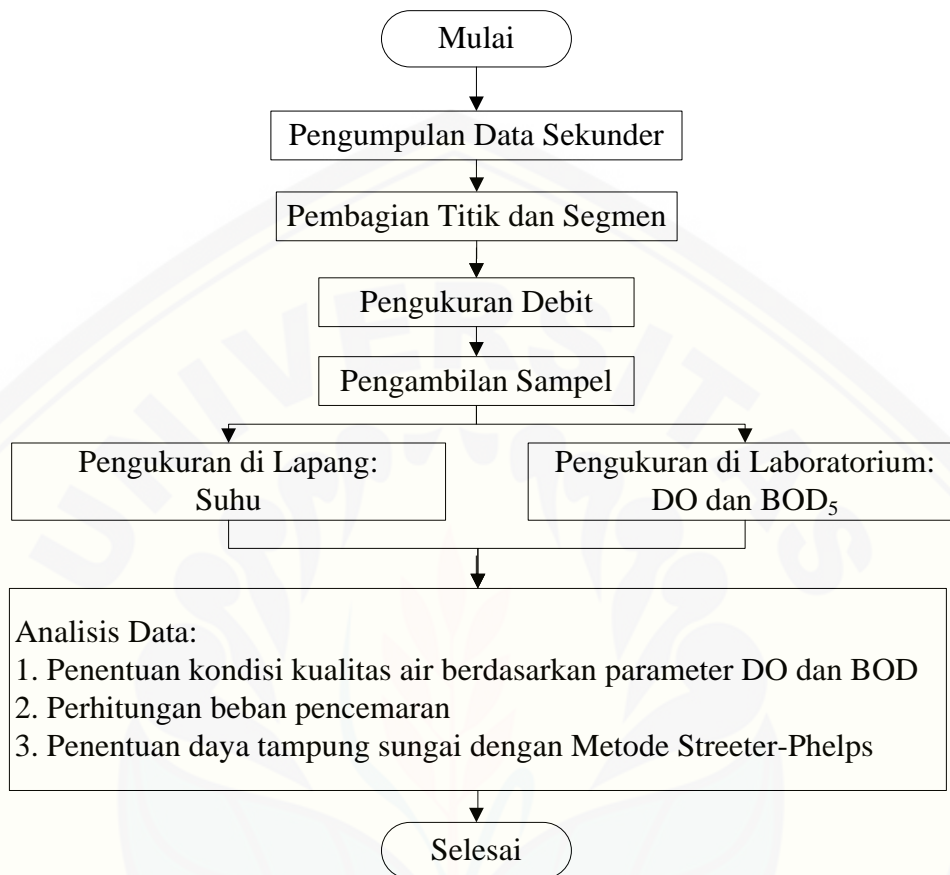
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian pada Peta Kabupaten Jember



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian di Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian disajikan dalam Gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.3 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.3.1 Metode Pengumpulan Data

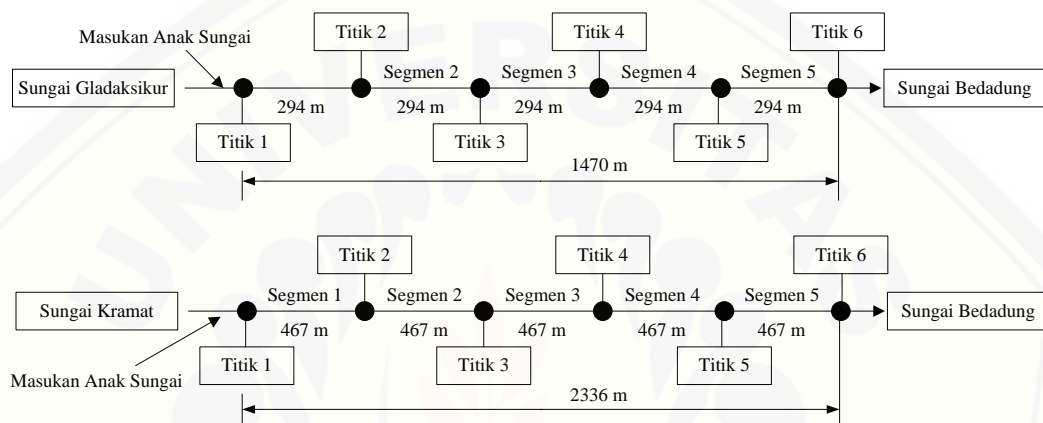
Metode pengumpulan data meliputi pengumpulan data sekunder, pembagian titik dan segmen, pengukuran debit, pengambilan sampel, serta pengukuran parameter DO, perhitungan BOD, dan suhu.

a. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder meliputi data tata guna lahan dan data sumber pencemar pada wilayah penelitian. Data tata guna lahan diperoleh dari google maps sedangkan data sumber pencemar diperoleh dari survei dan wawancara di lokasi penelitian.

b. Pembagian Titik dan Segmen

Lokasi penelitian dipilih berdasarkan pertimbangan kemudahan akses dan pengambilan sampel penelitian. Pembagian titik di setiap sungai dibagi menjadi enam titik dan lima segmen dengan jarak yang sama. Penentuan jarak yang sama dikarenakan sumber pencemar pada lokasi penelitian berasal dari sumber pencemar yang menyebar (*non-point source*). Pembagian titik dan segmen disajikan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Pembagian Titik dan Segmen pada Masing-masing Sungai

c. Pengukuran Debit

Pengukuran debit dilakukan dengan metode profil sungai (*cross section*). Data yang diperoleh dari metode ini yaitu luas penampang basah dan kecepatan aliran di masing-masing pias. Pembagian pias pada masing-masing segmen sebanyak sepuluh pias.

d. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan metode sampel sesaat (*grab sample*) di beberapa titik sesuai dengan debit yang telah diukur seperti pada poin 2.5 dengan menggunakan botol sampel. Pada sampel yang diambil tidak boleh terdapat udara dalam botol agar tidak terjadi aerasi. Sampel yang diambil diletakkan dalam *coolbox* yang telah diisi es.

e. Pengukuran Parameter DO, Perhitungan BOD₅, dan Suhu

1) *Dissolved Oxygen* (DO)

Metode yang digunakan untuk analisis DO yaitu dengan metode titrasi dengan cara winkler. Setiap segmen akan dilakukan tiga kali pengulangan untuk memperoleh hasil yang baik.

2) *Biological Oxygen Demand* (BOD)

BOD dapat diketahui setelah melakukan pengukuran DO hari ke-0 dan hari ke-5. Berdasarkan data tersebut dimasukkan ke dalam persamaan 2.25 hingga diperoleh data BOD₅ dari masing-masing titik.

3) Suhu

Pengukuran suhu dilakukan di setiap titik dan langsung dilakukan di lapang. Pengukuran suhu dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.

3.3.2 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan meliputi penentuan kondisi kualitas air berdasarkan parameter DO dan BOD, perhitungan beban pencemaran, dan penentuan daya tampung sungai.

a. Penentuan Kondisi Kualitas Air berdasarkan parameter DO dan BOD

Penentuan kondisi kualitas air yaitu untuk mengetahui DO dan BOD terbesar pada masing-masing sungai.

b. Perhitungan Beban Pencemaran

Perhitungan beban pencemaran dilakukan untuk mengetahui besarnya zat pencemar yang masuk ke dalam Sungai Gladaksikur dan Sungai Kramat. Perhitungan dilakukan dengan persamaan 2.1.

c. Penentuan Daya Tampung Sungai dengan Metode Streeter-Phelps

Penentuan daya tampung sungai dilakukan untuk mengetahui kemampuan sungai untuk menerima beban pencemaran. Kemampuan sungai dapat diketahui dengan menghitung laju deoksigenasi, laju reaerasi, defisit oksigen kritis, letak kondisi kritis, dan waktu yang diperlukan untuk mencapai titik kritis. Persamaan yang digunakan seperti disajikan pada Persamaan 2.2 hingga 2.20.

Penentuan daya tampung beban pencemaran pada masing-masing sungai disesuaikan dengan kelas mutu air menurut PP. No. 82 tahun 2001. Sesuai peruntukan sungai yang dimanfaatkan untuk aktifitas sehari-hari seperti mandi, mencuci, dan irigasi, maka batas DO minimum yang diizinkan yaitu sesuai dengan baku mutu air kelas dua dengan DO minimum 4 mg/l.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Sungai Gladaksikur memiliki DO terbesar pada titik ketiga yaitu 6,56 mg/l dan BOD terbesar pada titik kelima yaitu 0,785 mg/l sedangkan pada Sungai Kramat DO terbesar berada pada titik kedua yaitu 7,58 mg/l dan BOD terbesar pada titik kelima sebesar 1,02 mg/l.
2. Beban pencemaran terbesar pada Sungai Gladaksikur terjadi pada titik kelima yaitu sebesar 110,9189 kg/hari sedangkan pada Sungai Kramat yaitu pada titik keenam sebesar 100,5015 kg/hari.
3. Pada Sungai Gladaksikur dengan rerata laju reaerasi 6,351 mg/l.hari dan laju deoksigenasi 0,056 mg/l.hari, daya tampung sungai masih mampu menerima beban pencemaran BOD. Beban pencemaran BOD maksimum yang diizinkan pada Sungai Gladaksikur yaitu sebesar 92,4 mg/l. Pada Sungai Kramat dengan rerata laju reaerasi 8,361 mg/l.hari dan laju deoksigenasi 0,131 mg/l.hari, daya tampung sungai masih mampu menerima beban pencemaran BOD. Beban pencemaran BOD maksimum yang diizinkan pada Sungai Kramat yaitu sebesar 439,14 mg/l.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, saran yang dapat diberikan sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian di bulan kemarau.
2. Pada sumber pencemar *non-point source* perlu dilakukan pengukuran konstanta deoksigenasi pada masing-masing titik pengambilan sampel.

DAFTAR PUSTAKA

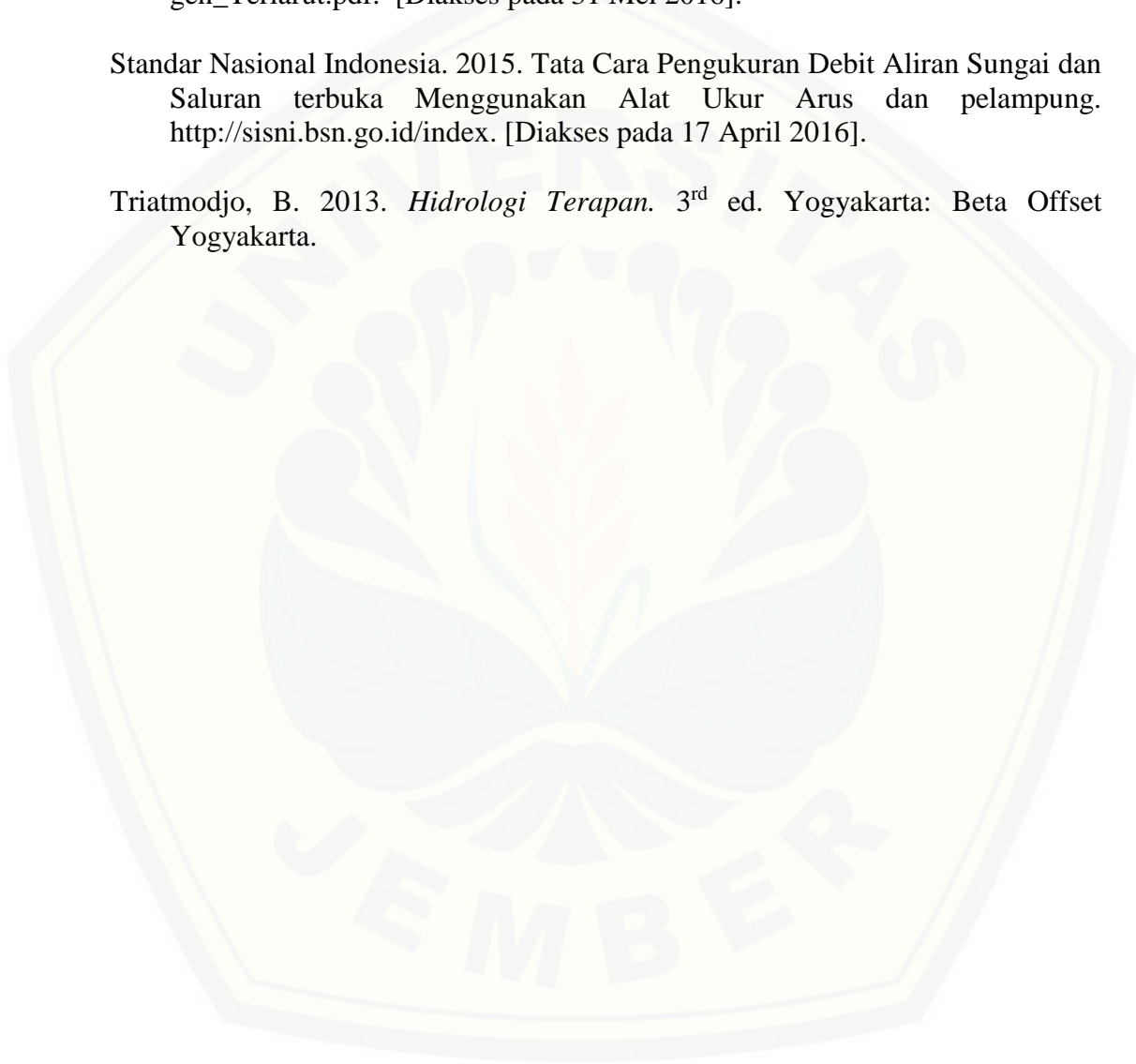
- Alaerts, G. dan S. S. Santika. 1987. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Das, N., C. J. Saikia., J. Sarma., D. Deka., dan C. Deka. 2016. *Study of Self Purification Phenomenon of Bahini-Bharalu River. International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology (IJLTET)*. 6: 598.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hera, A., Winardi, D. N., dan Endro, S. 2012. Simulasi Tata Guna Lahan terhadap Kualitas Air Sungai dengan Metode ndeks Pencemaran. *Doctoral dissertation*. Universitas Diponegoro.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110. 2003. Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air pada Sumber Air. <http://jdih.menlh.go.id/pdf/ind/IND-PUU-7-2003-KepmenNomor110Th2003> (PedPenetpDayaTampPencAir.pdf. [Diakses pada 21 April 2016].
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 122. 2004. Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Industri. http://ciptakarya.pu.go.id/plp/upload/peraturan/Kepmen_LH_No_122_Tahun_2004_-_Baku_Mutu_Industri_pupuk.pdf. [Diakses pada 21 April 2016].
- Kordi, M. G. H. dan A. B. Tancung. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Linsley, R. K. dan J. B. Franzini. 1979. *Water Resources Engineering*. 3rd ed. Blacklick-Ohio: McGraw-Hill. Terjemahan oleh D. Sasongko. 1991. *Teknik Sumber Daya Air*. 2rd ed. Jakarta: Erlangga.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82. 2001. Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. https://www.minerba.esdm.go.id/library/sijh/PP8201_KualitasAir.pdf. [Diakses pada 05 April 2016].
- Rahayu, S., R. H. Widodo, M. V. Noordwijk, I. Suryadi, dan B. Verbist. 2009. Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai. www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/B16396.pdf. [Diakses pada 18 April 2016].
- Samudro, G., dan Sarwoko, M. 2010. *Review on BOD, COD and BOD/COD Ratio: a Triangle Zone for Toxic, Biodegradable and Stable Levels. Academic Research*. 2(4): 237.

Sosrodarsono, S. dan M. Tominaga. 1984. *River Improvement Works*. Terjemah oleh M. Y. Gayo, Mestika, M. Djihad, D. Legowo, dan Santoso. 1994. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. 2nd ed. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

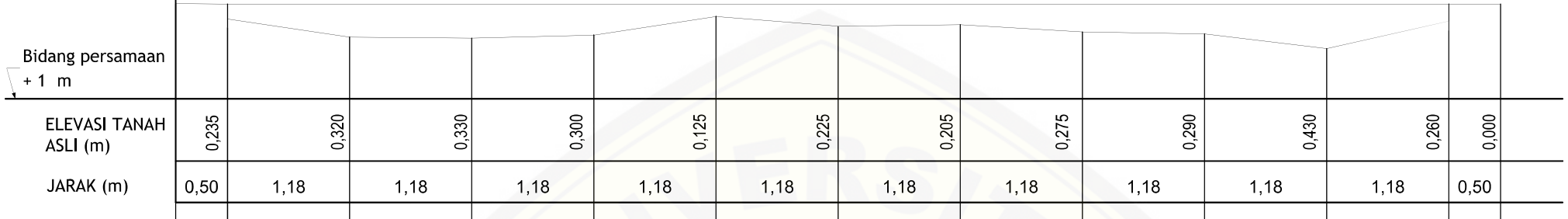
Standar Nasional Indonesia. 2004. Air dan Air Limbah – Bagian 14: Cara Uji Oksigen Terlarut secara Yodometri (Modifikasi Azida). http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33674381/SNI_06-6989.142004_Oksigen_Terlarut.pdf. [Diakses pada 31 Mei 2016].

Standar Nasional Indonesia. 2015. Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan pelampung. <http://sisni.bsn.go.id/index>. [Diakses pada 17 April 2016].

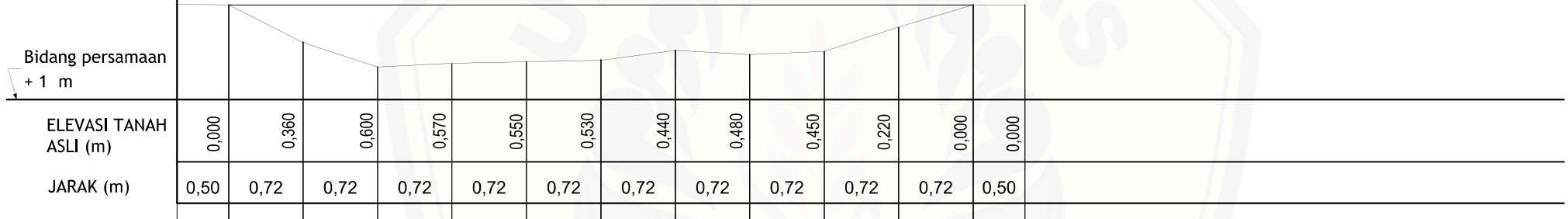
Triatmodjo, B. 2013. *Hidrologi Terapan*. 3rd ed. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.



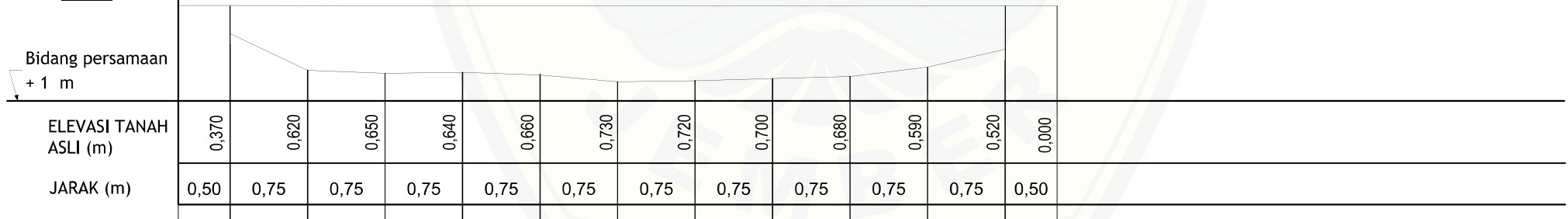
**Sungai Kramat:
Titik 1**



**Sungai Kramat:
Titik 2**



**Sungai Kramat:
Titik 3**



Sungai Kramat: Titik 1




Sungai Kramat: Titik 2

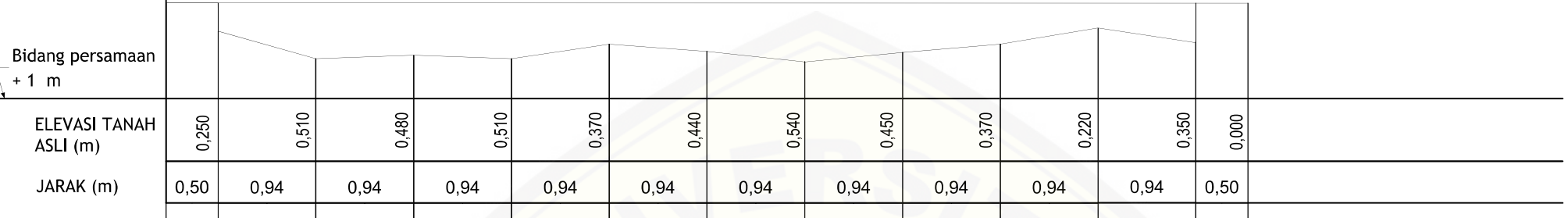


Sungai Kramat: Titik 3

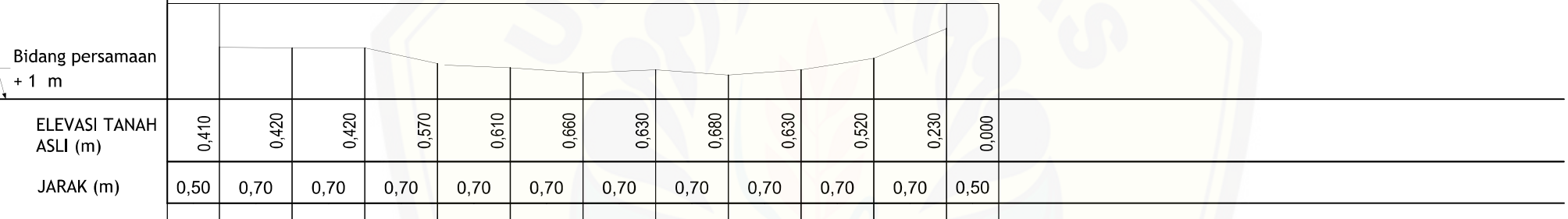


	LAB. TEKNIK PENGENDALIAN DAN KONSERVASI LINGKUNGAN JURUSAN TEKNIK PERTANIAN FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER	Propinsi : JAWA TIMUR Proyek Irigasi :
	POTONGAN MELINTANG SUNGAI KRAMAT (T1 - T3)	Kabupaten : JEMBER No. Register : No. Lembar :
DIREKTOR DISETUJUI	Disiapkan Diperiksa	Tanggal : No. Kontrak :

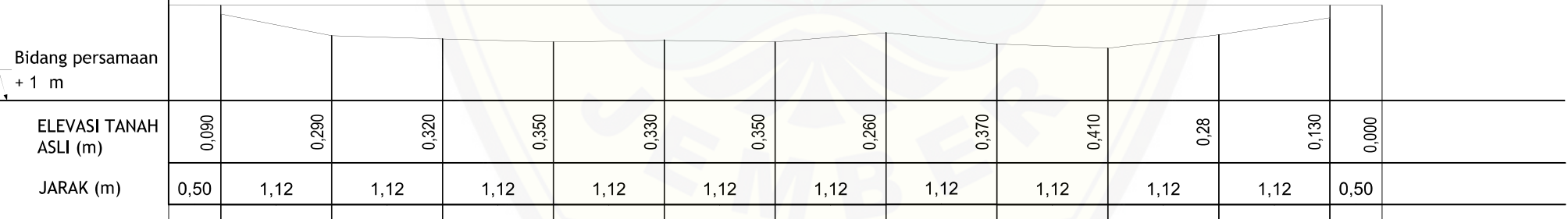
**Sungai Kramat:
Titik 4**



**Sungai Kramat:
Titik 5**



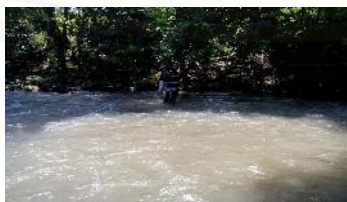
**Sungai Kramat:
Titik 6**



Sungai Kramat: Titik 4




Sungai Kramat: Titik 5

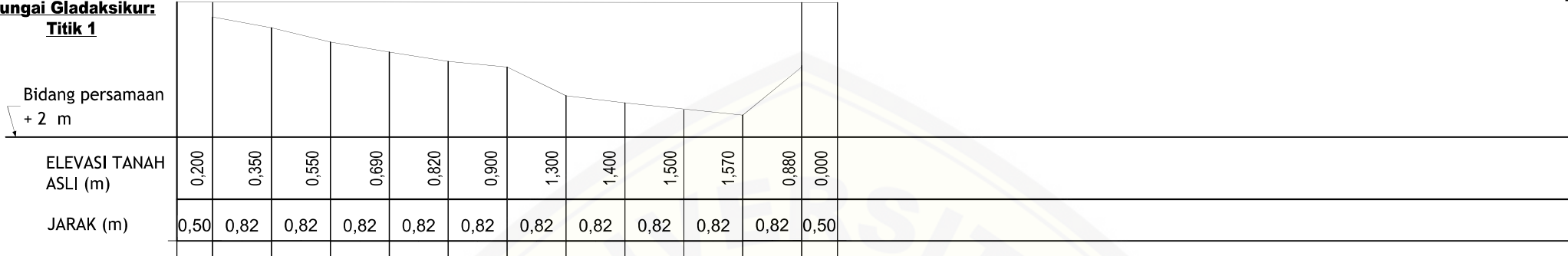


Sungai Kramat: Titik 6

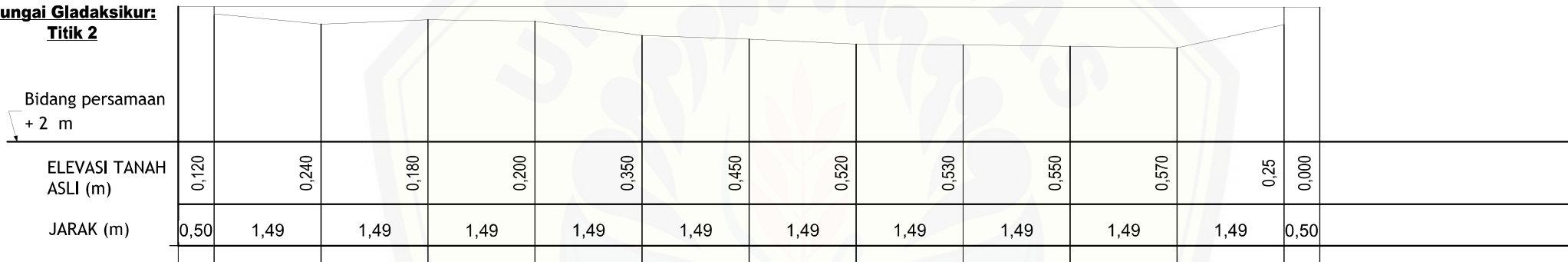


	LAB. TEKNIK PENGENDALIAN DAN KONSERVASI LINGKUNGAN JURUSAN TEKNIK PERTANIAN FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER		Propinsi : JAWA TIMUR
			Proyek: Irigasi
POTONGAN MELINTANG SUNGAI KRAMAT (T4 - T6)			Kabupaten : JEMBER
			No. Register :
			No. Lembar :
		Direncana	Tanggal
		Diperiksa	No. Kontrak
DISETUJUI	Ks. Staf Teknik :		

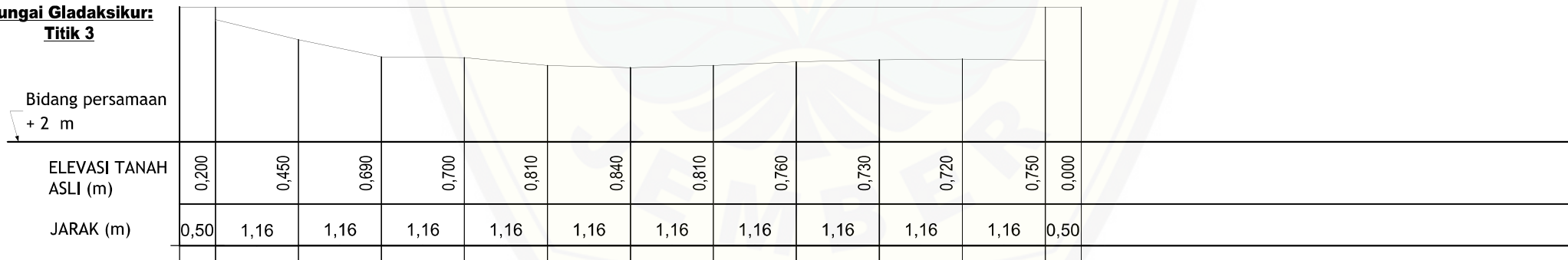
**Sungai Gladaksikur:
Titik 1**



**Sungai Gladaksikur:
Titik 2**



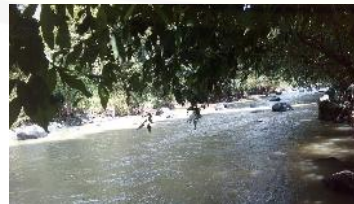
**Sungai Gladaksikur:
Titik 3**



Sungai Gladaksikur: Titik 1




Sungai Gladaksikur: Titik 2



Sungai Gladaksikur: Titik 3



SKALA 1 : 28,5

 LAB. TEKNIK PENGENDALIAN DAN KONSERVASI LINGKUNGAN JURUSAN TEKNIK PERTANIAN FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER	Proproinsi : JAWA TIMUR Proyek Kritis
	Kabupaten : JEMBER No. Register : No. Lembar :
POTONGAN MELINTANG SUNGAI GLADAKSIKUR (T1 - T3)	
Disetujui Diteliti	Tanggal No. Kontrak
DiSETUJUI Ks. Staf Teknik	

**Sungai Gladaksikur:
Titik 4**

Bidang persamaan
+ 2 m

ELEVASI TANAH ASLI (m)	0,100	0,150	0,200	0,300	0,380	0,520	0,900	0,950	0,660	0,440	0,300	0,000
JARAK (m)	0,50	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,50

**Sungai Gladaksikur:
Titik 5**

Bidang persamaan
+ 2 m

ELEVASI TANAH ASLI (m)	0,320	0,540	0,550	0,690	1,000	0,900	0,660	0,680	0,580	0,550	0,050	0,000
JARAK (m)	0,50	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	0,50

**Sungai Gladaksikur:
Titik 6**

Bidang persamaan
+ 2 m

ELEVASI TANAH ASLI (m)	0,200	0,570	0,550	0,570	0,560	0,570	0,600	0,550	0,520	0,330	0,140	0,000
JARAK (m)	0,50	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	0,50



Sungai Gladaksikur: Titik 4




Sungai Gladaksikur: Titik 5



Sungai Gladaksikur: Titik 6



SKALA 1 : 28,5

 LAB. TEKNIK PENGENDALIAN DAN KONSERVASI LINGKUNGAN JURUSAN TEKNIK PERTANIAN FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER	Progresi : JAWA TIMUR Proyek Irigasi
	Kabupaten : JEMBER No. Register : No. Lembar :
POTONGAN MELINTANG SUNGAI GLADAKSIKUR (T4 - T6)	Tanggal No. Kontrak
Direncana Diperiksa	DiSETUJUI Ks. Staf Teknik

Lampiran B

DATA PENGUKURAN DEBIT

Lokasi : Sungai Gladaksikur
 Tanggal : 01 Maret 2017
 Lebar Sungai : 8,25 m
 Waktu : Mulai 07.32 WIB
 Selesai 08.16 WIB

Titik : 1
 Koordinat X : 113,78922
 Y : -8,098472

Nomor Pengukuran : 1
 Nama Pengukur : Mohammad Ridwan
 Kecepatan Rata-rata : 0,15 m/detik
 Debit : 1,2283 m³/detik
 Luas Penampang : 7,9365 m²

No. Pias	Penampang Sungai					Putaran Baling (N)										Kecepatan (V)	Debit (Q)					
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)	(N/detik)											N rata-rata	(m/detik)	(m ³ /detik)	(liter/detik)		
	d	d	d rata-rata			0,2 d			0,6 d			0,8 d										
						Pengulangan			Pengulangan			Pengulangan										
1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata											
1	0,200	0,350	0,275	0,8250	0,2269										0,8	0,12	0,0264	26,4309				
2	0,350	0,550	0,450	0,8250	0,3713										1,0	0,14	0,0512	51,1954				
3	0,550	0,690	0,620	0,8250	0,5115	0,9	0,9	0,9	0,9					1,2	0,9	1,1	1,1	1,0	0,14	0,0694	69,4412	
4	0,690	0,820	0,755	0,8250	0,6229	1,1	1	1	1,0					1,1	1	0,9	1,0	1,0	0,14	0,0872	87,2274	
5	0,820	0,900	0,860	0,8250	0,7095	1,1	1	1	1,0					1,1	1	1	1,0	1,0	0,14	0,1009	100,8767	
6	0,900	1,300	1,100	0,8250	0,9075	1,2	1	1	1,1					1,1	1,1	0,9	1,0	1,1	0,14	0,1310	130,9704	
7	1,300	1,400	1,350	0,8250	1,1138	1,1	1,1	1,1	1,1					1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,15	0,1679	167,8867	
8	1,400	1,500	1,450	0,8250	1,1963	1,2	1,2	1,3	1,2					1,3	1,1	1	1,1	1,2	0,16	0,1931	193,1226	
9	1,500	1,570	1,535	0,8250	1,2664	1,3	1,4	1,2	1,3					1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	0,17	0,2207	220,7038	
10	1,570	0,880	1,225	0,8250	1,0106	1,3	1,2	1,4	1,3					1,4	1,2	1,4	1,3	1,3	0,18	0,1805	180,4572	
Total				8,2500	7,9365																1,2283	1228,3124
Rata-Rata			0,962												1,08	0,15						

DATA PENGUKURAN DEBIT

Lokasi : Sungai Gladaksikur
 Tanggal : 01 Maret 2017
 Lebar Sungai : 14,9 m
 Waktu : Mulai 08.29 WIB
 Selesai 09.00 WIB

Titik : 2
 Koordinat X : 113,78920
 Y : -8,099990

Nomor Pengukuran : 2
 Nama Pengukur : Mohammad Ridwan
 Kecepatan Rata-rata : 0,25 m/detik
 Debit : 1,5319 m³/detik
 Luas Penampang : 5,6248 m²

No. Pias	Penampang Sungai					Putaran Baling (N)										Kecepatan (V)	Debit (Q)						
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)	(N/detik)											N rata-rata	(m/detik)	(m ³ /detik)	(liter/detik)			
	d	d	d rata-rata			0,2 d			0,6 d			0,8 d											
						Pengulangan			Pengulangan			Pengulangan											
1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata												
1	0,120	0,240	0,180	1,4900	0,2682					1,6	1,6	1,7	1,6						1,6	0,22	0,0588	58,7948	
2	0,240	0,180	0,210	1,4900	0,3129					1,1	1,1	1,1	1,1						1,1	0,15	0,0472	47,1665	
3	0,180	0,200	0,190	1,4900	0,2831					0,9	0,9	1	0,9						0,9	0,13	0,0366	36,6162	
4	0,200	0,350	0,275	1,4900	0,4098					2,4	2,3	2,2	2,3						2,3	0,30	0,1249	124,9000	
5	0,350	0,450	0,400	1,4900	0,5960					2	0,6	2,8	1,8						1,8	0,24	0,1434	143,4095	
6	0,450	0,520	0,485	1,4900	0,7227					2,3	2,7	2,3	2,4						2,4	0,32	0,2326	232,6499	
7	0,520	0,530	0,525	1,4900	0,7823					3,1	2,8	3,1	3,0						3,0	0,39	0,3088	308,7541	
8	0,530	0,550	0,540	1,4900	0,8046					1,8	2	2,1	2,0						2,0	0,26	0,2108	210,8213	
9	0,550	0,570	0,560	1,4900	0,8344					2,3	2,8	2,5	2,5						2,5	0,33	0,2793	279,3404	
10	0,570	0,250	0,410	1,4900	0,6109					1	1	1,2	1,1						1,1	0,15	0,0895	89,4724	
Total				14,9000	5,6248																	1,5319	1531,9252
Rata-Rata			0,3775												1,9	0,25							

DATA PENGUKURAN DEBIT

Lokasi : Sungai Gladaksikur
 Tanggal : 01 Maret 2017
 Lebar Sungai : 11,6 m
 Waktu : Mulai 09.15 WIB
 Selesai 09.48 WIB

Titik : 3
 Koordinat X : 113,78748
 Y : -8,10106

Nomor Pengukuran : 3
 Nama Pengukur : Mohammad Ridwan
 Kecepatan Rata-rata : 0,19 m/detik
 Debit : 1,6006 m³/detik
 Luas Penampang : 8,1026 m²

No. Pias	Penampang Sungai					Putaran Baling (N) (N/detik)													Kecepatan (V) (m/detik)	Debit (Q)						
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)	0,2 d				0,6 d				0,8 d				N rata-rata		(m ³ /detik)	(liter/detik)					
	d	d	d rata-rata			Pengulangan				Pengulangan				Pengulangan												
						1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata									
1	0,200	0,450	0,325	1,1600	0,3770					1,1	0,9	1	1,0					0,5	0,7	0,6	0,6	1,0	0,14	0,0520	51,9883	
2	0,450	0,690	0,570	1,1600	0,6612					1,3	1,4	1,3	1,3					1,3	1,2	1	1,2	1,3	0,18	0,1195	119,4788	
3	0,690	0,700	0,695	1,1600	0,8062	0,9	0,9	0,8	0,9									0,5	0,7	0,6	0,6	0,7	0,11	0,0895	89,5258	
4	0,700	0,810	0,755	1,1600	0,8758	2,2	2	1,8	2,0									1,3	1,2	1	1,2	1,6	0,21	0,1864	186,3702	
5	0,810	0,840	0,825	1,1600	0,9570	2,3	1,9	2,6	2,3									1,7	1,7	1,9	1,8	2,0	0,27	0,2569	256,8971	
6	0,840	0,810	0,825	1,1600	0,9570	1,4	1,6	1,4	1,5									1,3	1	1,5	1,3	1,4	0,18	0,1770	177,0259	
7	0,810	0,760	0,785	1,1600	0,9106	1,4	1,3	1,5	1,4									1,7	1,3	1,3	1,4	1,4	0,19	0,1743	174,2888	
8	0,760	0,730	0,745	1,1600	0,8642	0,9	0,6	0,5	0,7									1,6	0,6	0,6	0,9	0,8	0,11	0,0970	96,9805	
9	0,730	0,720	0,725	1,1600	0,8410	2,8	1,9	1	1,9									1,2	1,2	1	1,1	1,5	0,20	0,1718	171,7658	
10	0,720	0,750	0,735	1,1600	0,8526	2,4	2,1	2	2,2									3,2	1,8	3,2	2,7	2,5	0,32	0,2763	276,3106	
Total				11,6000	8,1026																				1,6006	1600,6320
Rata-Rata			0,699																			1,4	0,19			

DATA PENGUKURAN DEBIT

Lokasi : Sungai Gladaksikur
 Tanggal : 01 Maret 2017
 Lebar Sungai : 8,9 m
 Waktu : Mulai 09.58 WIB
 Selesai 10.34 WIB

Titik : 4
 Koordinat X : 113,78685
 Y : -8,103089

Nomor Pengukuran : 4
 Nama Pengukur : Mohammad Ridwan
 Kecepatan Rata-rata : 0,35 m/detik
 Debit : 1,6455 m³/detik
 Luas Penampang : 4,1830 m²

No. Pias	Penampang Sungai					Putaran Baling (N) (N/detik)													Kecepatan (V) (m/detik)	Debit (Q)							
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)	0,2 d				0,6 d				0,8 d				N rata-rata		(m ³ /detik)	(liter/detik)						
	d	d	d rata-rata			Pengulangan				Pengulangan				Pengulangan													
						1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata										
1	0,100	0,150	0,125	0,8900	0,1113					2,7	2,6	3	2,8											2,8	0,36	0,0406	40,5773
2	0,150	0,200	0,175	0,8900	0,1558					1,9	1,6	2	1,8											1,8	0,24	0,0381	38,1432
3	0,200	0,300	0,250	0,8900	0,2225					2,4	2,7	2,5	2,5											2,5	0,33	0,0745	74,4886
4	0,300	0,380	0,340	0,8900	0,3026					1,3	1,1	1,4	1,3											1,3	0,17	0,0521	52,0896
5	0,380	0,520	0,450	0,8900	0,4005					2	1,7	2	1,9											1,9	0,25	0,1015	101,5107
6	0,520	0,900	0,710	0,8900	0,6319	3,5	3,3	2,5	3,1									3,3	3,6	3,6	3,5	3,3	0,43	0,2738	273,7517		
7	0,900	0,950	0,925	0,8900	0,8233	3,5	3	4	3,5									3	3,4	3,3	3,2	3,4	0,44	0,3637	363,6954		
8	0,950	0,660	0,805	0,8900	0,7165	3,8	4	3,5	3,8									4	3,7	4	3,9	3,8	0,50	0,3594	359,4430		
9	0,660	0,440	0,550	0,8900	0,4895					3,3	4	3,8	3,7											3,7	0,48	0,2372	237,2019
10	0,440	0,300	0,370	0,8900	0,3293					2	2,4	2,8	2,4											2,4	0,32	0,1046	104,6054
Total				8,9000	4,1830																					1,6455	1645,5068
Rata-Rata			0,470																					2,7	0,35		

DATA PENGUKURAN DEBIT

Lokasi : Sungai Gladaksikur
 Tanggal : 01 Maret 2017
 Lebar Sungai : 16,6 m
 Waktu : Mulai 10.57 WIB
 Selesai 11.25 WIB

Titik : 5
 Koordinat X : 113,78512
 Y : -8,104468

Nomor Pengukuran : 5
 Nama Pengukur : Mohammad Ridwan
 Kecepatan Rata-rata : 0,15 m/detik
 Debit : 1,6348 m³/detik
 Luas Penampang : 10,5161 m²

No. Pias	Penampang Sungai					Putaran Baling (N) (N/detik)													Kecepatan (V) (m/detik)	Debit (Q)		
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)	0,2 d				0,6 d				0,8 d				N rata-rata		(m ³ /detik)	(liter/detik)	
	d	d	d rata-rata			Pengulangan				Pengulangan				Pengulangan								
						1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata					
1	0,320	0,540	0,430	1,6600	0,7138					0,7	0,7	0,6	0,7					0,7	0,10	0,0730	72,9742	
2	0,540	0,550	0,545	1,6600	0,9047					0,9	0,9	0,9	0,9					0,9	0,13	0,1131	113,1418	
3	0,550	0,690	0,620	1,6600	1,0292	1	1,4	1,4	1,3					1,1	1,3	1,4	1,3	1,3	0,17	0,1772	177,1665	
4	0,690	1,000	0,845	1,6600	1,4027	1,2	1,3	1	1,2					0,5	1,5	1,4	1,1	1,2	0,16	0,2204	220,4483	
5	1,000	0,900	0,950	1,6600	1,5770	1,8	1,2	1,7	1,6					1,4	1,7	1,3	1,5	1,5	0,20	0,3221	322,0865	
6	0,900	0,660	0,780	1,6600	1,2948	1,4	1,5	1,4	1,4					0,9	1,5	1,4	1,3	1,4	0,18	0,2367	236,7412	
7	0,660	0,680	0,670	1,6600	1,1122	0,9	1,5	1,3	1,2					0,8	1,1	1,2	1,0	1,1	0,16	0,1724	172,4132	
8	0,680	0,580	0,630	1,6600	1,0458	0,9	0,9	0,7	0,8					0,9	0,9	0,7	0,8	0,8	0,12	0,1218	121,8357	
9	0,580	0,550	0,565	1,6600	0,9379					1,1	1,3	0,6	1,0					1,0	0,14	0,1293	129,3364	
10	0,550	0,050	0,300	1,6600	0,4980					1	1	1	1,0					1,0	0,14	0,0687	68,6742	
Total				16,6000	10,5161																1,6348	1634,8180
Rata-Rata			0,634															1,1	0,15			

DATA PENGUKURAN DEBIT

Lokasi : Sungai Gladaksikur
 Tanggal : 01 Maret 2017
 Lebar Sungai : 16,7 m
 Waktu : Mulai 11.34 WIB
 Selesai 11.50 WIB

Titik : 6
 Koordinat X : 113,78496
 Y : -8,107196

Nomor Pengukuran : 6
 Nama Pengukur : Mohammad Ridwan
 Kecepatan Rata-rata : 0,20 m/detik
 Debit : 1,7062 m³/detik
 Luas Penampang : 8,3333 m²

No. Pias	Penampang Sungai					Putaran Baling (N) (N/detik)													Kecepatan (V) (m/detik)	Debit (Q)		
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)	0,2 d				0,6 d				0,8 d				N rata-rata		(m ³ /detik)	(liter/detik)	
	d	d	d rata-rata			Pengulangan				Pengulangan				Pengulangan								
						1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata					
1	0,200	0,570	0,385	1,6700	0,6430					1,2	1	1,1	1,1					1,1	0,15	0,0969	96,9183	
2	0,570	0,550	0,560	1,6700	0,9352					1,3	1,2	1,3	1,3					1,3	0,17	0,1610	160,9853	
3	0,550	0,570	0,560	1,6700	0,9352					1,4	1,3	1,5	1,4					1,4	0,19	0,1770	176,9960	
4	0,570	0,560	0,565	1,6700	0,9436					1,4	1,3	1,2	1,3					1,3	0,18	0,1665	166,4611	
5	0,560	0,570	0,565	1,6700	0,9436					1,9	1,6	1,9	1,8					1,8	0,24	0,2270	227,0370	
6	0,570	0,600	0,585	1,6700	0,9770					2,2	1,5	2	1,9					1,9	0,25	0,2476	247,6177	
7	0,600	0,550	0,575	1,6700	0,9603					1,5	1,6	1,5	1,5					1,5	0,21	0,1982	198,1764	
8	0,550	0,520	0,535	1,6700	0,8935					1,3	1,9	1,5	1,6					1,6	0,21	0,1882	188,2142	
9	0,520	0,330	0,425	1,6700	0,7098					2,3	2	2	2,1					2,1	0,28	0,1981	198,1196	
10	0,330	0,140	0,235	1,6700	0,3925					0,9	0,8	0,8	0,8					0,8	0,12	0,0457	45,7204	
Total				16,7000	8,3333																1,7062	1706,2460
Rata-Rata			0,499															1,5	0,20			

DATA PENGUKURAN DEBIT

Lokasi : Sungai Kramat
 Tanggal : 08 Maret 2017
 Lebar Sungai : 11,8 m
 Waktu : Mulai 07.21 WIB
 : Selesai 07.57 WIB

Titik : 1
 Koordinat X : 113,80126
 Y : -8,097881

Nomor Pengukuran : 1
 Nama Pengukur : Mohammad Ridwan
 Kecepatan Rata-rata : 0,27 m/detik
 Debit : 0,8982 m³/detik
 Luas Penampang : 3,2421 m²

No. Pias	Penampang Sungai					Putaran Baling (N) (N/detik)												Kecepatan (V) (m/detik)	Debit (Q)			
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)	0,2 d				0,6 d				0,8 d					N rata-rata	(m ³ /detik)	(liter/detik)	
	d	d	d rata-rata			Pengulangan				Pengulangan				Pengulangan								
						1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata					
1	0,235	0,320	0,278	1,1800	0,3275					0,4	0,5	0,4	0,4					0,4	0,07	0,0234	23,3756	
2	0,320	0,330	0,325	1,1800	0,3835					1,5	1,6	1,7	1,6					1,6	0,21	0,0824	82,4295	
3	0,330	0,300	0,315	1,1800	0,3717					2,3	2,4	2,3	2,3					2,3	0,31	0,1149	114,8925	
4	0,300	0,125	0,213	1,1800	0,2508					1,8	1,7	1,8	1,8					1,8	0,24	0,0593	59,2623	
5	0,125	0,225	0,175	1,1800	0,2065					2,1	2,3	2,3	2,2					2,2	0,30	0,0612	61,1777	
6	0,225	0,205	0,215	1,1800	0,2537					2,4	2,3	2,3	2,3					2,3	0,31	0,0784	78,4187	
7	0,205	0,275	0,240	1,1800	0,2832					1,8	1,9	1,9	1,9					1,9	0,25	0,0706	70,5678	
8	0,275	0,290	0,283	1,1800	0,3334					2,2	2,2	2	2,1					2,1	0,28	0,0945	94,4781	
9	0,290	0,430	0,360	1,1800	0,4248					2,5	2,6	2,8	2,6					2,6	0,35	0,1477	147,6690	
10	0,430	0,260	0,345	1,1800	0,4071					3,1	3,2	3	3,1					3,1	0,41	0,1659	165,9095	
Total				11,8000	3,2421																0,8982	898,1805
Rata-Rata			0,275															2,0	0,27			

DATA PENGUKURAN DEBIT

Lokasi : Sungai Kramat
 Tanggal : 08 Maret 2017
 Lebar Sungai : 7,2 m
 Waktu : Mulai 08.11 WIB
 : Selesai 08.43 WIB

Titik : 2
 Koordinat X : 113,79849
 Y : -8,099902

Nomor Pengukuran : 2
 Nama Pengukur : Mohammad Ridwan
 Kecepatan Rata-rata : 0,29 m/detik
 Debit : 1,0061 m³/detik
 Luas Penampang : 3,0240 m²

No. Pias	Penampang Sungai					Putaran Baling (N) (N/detik)												Kecepatan (V) (m/detik)	Debit (Q)			
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)	0,2 d				0,6 d				0,8 d					N rata-rata	(m ³ /detik)	(liter/detik)	
	d	d	d rata-rata			Pengulangan				Pengulangan				Pengulangan								
						1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata					
1	0,000	0,360	0,180	0,7200	0,1296					0,4	0,4	0,6	0,5					0,5	0,08	0,0098	9,8228	
2	0,360	0,600	0,480	0,7200	0,3456					1	1,3	1	1,1					1,1	0,15	0,0521	52,0957	
3	0,600	0,570	0,585	0,7200	0,4212					2,8	2,9	2,8	2,8					2,8	0,37	0,1572	157,2340	
4	0,570	0,550	0,560	0,7200	0,4032					3,9	3,8	3,5	3,7					3,7	0,49	0,1971	197,1084	
5	0,550	0,530	0,540	0,7200	0,3888					3,1	3	3,2	3,1					3,1	0,41	0,1585	158,4516	
6	0,530	0,440	0,485	0,7200	0,3492					3	3	3	3,0					3,0	0,39	0,1378	137,8292	
7	0,440	0,480	0,460	0,7200	0,3312					2,8	3	2,8	2,9					2,9	0,38	0,1251	125,0545	
8	0,480	0,450	0,465	0,7200	0,3348					2	2,1	2,5	2,2					2,2	0,29	0,0978	97,7549	
9	0,450	0,220	0,335	0,7200	0,2412					2,1	1	2,7	1,9					1,9	0,26	0,0622	62,1669	
10	0,220	0,000	0,110	0,7200	0,0792					0,7	0,9	0,7	0,8					0,8	0,11	0,0085	8,5488	
Total				7,2000	3,0240																1,0061	1006,0668
Rata-Rata			0,42															2,2	0,29			

DATA PENGUKURAN DEBIT

Lokasi : Sungai Kramat
 Tanggal : 08 Maret 2017
 Lebar Sungai : 7,5 m
 Waktu : Mulai 09.11 WIB
 : Selesai 09.44 WIB

Titik : 3
 Koordinat X : 113,79529
 Y : -8,101478

Nomor Pengukuran : 3
 Nama Pengukur : Mohammad Ridwan
 Kecepatan Rata-rata : 0,21
 Debit : 1,0393 m³/detik
 Luas Penampang : 4,8263 m²

No. Pias	Penampang Sungai					Putaran Baling (N) (N/detik)												Kecepatan (V) (m/detik)	Debit (Q)			
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)	0,2 d				0,6 d				0,8 d					N rata-rata	(m ³ /detik)	(liter/detik)	
	d	d	d rata-rata			Pengulangan				Pengulangan				Pengulangan								
						1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata					
1	0,370	0,620	0,495	0,7500	0,3713					0,7	0,9	0,9	0,8					0,8	0,12	0,0433	43,2506	
2	0,620	0,650	0,635	0,7500	0,4763					1,1	1,3	1	1,1					1,1	0,16	0,0738	73,8283	
3	0,650	0,640	0,645	0,7500	0,4838					1,9	1,6	1,7	1,7					1,7	0,23	0,1123	112,2590	
4	0,640	0,660	0,650	0,7500	0,4875					1,5	1,8	1,6	1,6					1,6	0,22	0,1069	106,8698	
5	0,660	0,730	0,695	0,7500	0,5213					2,1	1,9	2	2,0					2,0	0,27	0,1388	138,8089	
6	0,730	0,720	0,725	0,7500	0,5438					2,1	1,8	2,3	2,1					2,1	0,27	0,1495	149,4551	
7	0,720	0,700	0,710	0,7500	0,5325					1,5	1,9	1,3	1,6					1,6	0,21	0,1122	112,1765	
8	0,700	0,680	0,690	0,7500	0,5175					1,8	1,4	1,2	1,5					1,5	0,20	0,1024	102,3719	
9	0,680	0,590	0,635	0,7500	0,4763					2	2,2	1,8	2,0					2,0	0,27	0,1268	126,8254	
10	0,590	0,520	0,555	0,7500	0,4163					1,4	1,3	1,2	1,3					1,3	0,18	0,0734	73,4348	
Total				7,5000	4,8263																1,0393	1039,2802
Rata-Rata			0,644															1,6	0,21			

DATA PENGUKURAN DEBIT

Lokasi : Sungai Kramat
 Tanggal : 08 Maret 2017
 Lebar Sungai : 9,4 m
 Waktu : Mulai 09.57 WIB
 : Selesai 10.23 WIB

Titik : 4
 Koordinat X : 113,79155
 Y : -8,102191

Nomor Pengukuran : 4
 Nama Pengukur : Mohammad Ridwan
 Kecepatan Rata-rata : 0,26
 Debit : 1,0580 m³/detik
 Luas Penampang : 3,9386 m²

No. Pias	Penampang Sungai					Putaran Baling (N) (N/detik)												Kecepatan (V) (m/detik)	Debit (Q)			
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)	0,2 d				0,6 d				0,8 d					N rata-rata	(m ³ /detik)	(liter/detik)	
	d	d	d rata-rata			Pengulangan				Pengulangan				Pengulangan								
						1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata					
1	0,250	0,510	0,380	0,9400	0,3572					1	1,1	1	1,0					1,0	0,14	0,0508	50,7867	
2	0,510	0,480	0,495	0,9400	0,4653					1,6	1,9	1,7	1,7					1,7	0,23	0,1080	107,9775	
3	0,480	0,510	0,495	0,9400	0,4653					1,7	1,6	1,7	1,7					1,7	0,22	0,1040	103,9946	
4	0,510	0,370	0,440	0,9400	0,4136					2,3	2,4	2,5	2,4					2,4	0,32	0,1314	131,3842	
5	0,370	0,440	0,405	0,9400	0,3807					2,6	2,2	2,3	2,4					2,4	0,31	0,1193	119,3038	
6	0,440	0,540	0,490	0,9400	0,4606					2,5	2,1	2,2	2,3					2,3	0,30	0,1384	138,4287	
7	0,540	0,450	0,495	0,9400	0,4653					2,7	2,8	3	2,8					2,8	0,37	0,1737	173,6965	
8	0,450	0,370	0,410	0,9400	0,3854					2,1	1,9	2	2,0					2,0	0,27	0,1026	102,6320	
9	0,370	0,220	0,295	0,9400	0,2773					1,6	1,5	1,7	1,6					1,6	0,21	0,0596	59,6029	
10	0,220	0,350	0,285	0,9400	0,2679					2,1	1,8	2	2,0					2,0	0,26	0,0702	70,1952	
Total				9,4000	3,9386																1,0580	1058,0020
Rata-Rata			0,419															2,0	0,26			

DATA PENGUKURAN DEBIT

Lokasi : Sungai Kramat
 Tanggal : 08 Maret 2017
 Lebar Sungai : 7 m
 Waktu : Mulai 10.39 WIB
 Selesai 11.20 WIB

Titik : 5
 Koordinat X : 113,78809
 Y : -8,103665

Nomor Pengukuran : 5
 Nama Pengukur : Mohammad Ridwan
 Kecepatan Rata-rata : 0,27
 Debit : 1,1205 m³/detik
 Luas Penampang : 3,8220 m²

No. Pias	Penampang Sungai					Putaran Baling (N) (N/detik)												Kecepatan (V) (m/detik)	Debit (Q)		
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)	0,2 d				0,6 d				0,8 d					N rata-rata	(m ³ /detik)	(liter/detik)
	d	d	d rata-rata			Pengulangan				Pengulangan				Pengulangan							
						1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata				
1	0,410	0,420	0,415	0,7000	0,2905				0,5	0,8	0,7	0,7					0,7	0,10	0,0297	29,6988	
2	0,420	0,420	0,420	0,7000	0,2940				1	0,9	0,9	0,9					0,9	0,13	0,0380	38,0260	
3	0,420	0,570	0,495	0,7000	0,3465				3,5	3,2	3	3,2					3,2	0,42	0,1471	147,1447	
4	0,570	0,610	0,590	0,7000	0,4130				3,3	3,2	3,1	3,2					3,2	0,42	0,1736	173,6169	
5	0,610	0,660	0,635	0,7000	0,4445				4,6	3,9	6,7	5,1					5,1	0,66	0,2934	293,3967	
6	0,660	0,630	0,645	0,7000	0,4515				2,8	3,1	2,7	2,9					2,9	0,38	0,1705	170,4774	
7	0,630	0,680	0,655	0,7000	0,4585				1,8	1,9	1,8	1,8					1,8	0,24	0,1123	112,2867	
8	0,680	0,630	0,655	0,7000	0,4585				1,2	1,5	1,5	1,4					1,4	0,19	0,0868	86,7757	
9	0,630	0,520	0,575	0,7000	0,4025				0,9	1	0,8	0,9					0,9	0,13	0,0503	50,3367	
10	0,520	0,230	0,375	0,7000	0,2625				0,5	0,5	0,3	0,4					0,4	0,07	0,0187	18,7390	
Total				7,0000	3,8220																
Rata-Rata			0,546														2,1	0,27			

DATA PENGUKURAN DEBIT

Lokasi : Sungai Kramat
 Tanggal : 08 Maret 2017
 Lebar Sungai : 11,2 m
 Waktu : Mulai 11.45 WIB
 Selesai 12.25 WIB

Titik : 6
 Koordinat X : 113,78579
 Y : -8,106473

Nomor Pengukuran : 6
 Nama Pengukur : Mohammad Ridwan
 Kecepatan Rata-rata : 0,33
 Debit : 1,1850 m³/detik
 Luas Penampang : 3,4384 m²

No. Pias	Penampang Sungai					Putaran Baling (N) (N/detik)												Kecepatan (V) (m/detik)	Debit (Q)		
	Tinggi Muka Air (m)			Lebar (m)	Luas (m ²)	0,2 d				0,6 d				0,8 d					N rata-rata	(m ³ /detik)	(liter/detik)
	d	d	d rata-rata			Pengulangan				Pengulangan				Pengulangan							
						1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata	1	2	3	Rata-rata				
1	0,090	0,290	0,190	1,1200	0,2128				1,2	1,1	0,9	1,1					1,1	0,15	0,0312	31,1667	
2	0,290	0,320	0,305	1,1200	0,3416				2,2	2	1,9	2,0					2,0	0,27	0,0924	92,4301	
3	0,320	0,350	0,335	1,1200	0,3752				3,4	3,1	2,1	2,9					2,9	0,38	0,1417	141,6680	
4	0,350	0,330	0,340	1,1200	0,3808				3,3	3	2,7	3,0					3,0	0,39	0,1503	150,3018	
5	0,330	0,350	0,340	1,1200	0,3808				1,1	8,2	3,4	4,2					4,2	0,55	0,2106	210,6052	
6	0,350	0,260	0,305	1,1200	0,3416				3	2,9	3,2	3,0					3,0	0,40	0,1363	136,2916	
7	0,260	0,370	0,315	1,1200	0,3528				2,6	2,8	2,5	2,6					2,6	0,35	0,1226	122,6403	
8	0,370	0,410	0,390	1,1200	0,4368				2,3	2,1	2,4	2,3					2,3	0,30	0,1313	131,2759	
9	0,410	0,280	0,345	1,1200	0,3864				2	2,3	1,8	2,0					2,0	0,27	0,1046	104,5521	
10	0,280	0,130	0,205	1,1200	0,2296				1,4	2,7	2,2	2,1					2,1	0,28	0,0641	64,0905	
Total				11,2000	3,4384																
Rata-Rata			0,307														2,5	0,33			

Lampiran C

DATA PENGUKURAN SUHU

Pengukuran Menggunakan Multiparameter

Sungai Kramat

Titik	Suhu ($^{\circ}\text{C}$) saat pengambilan sampel			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
1	25,38	25,38	25,38	25,380
2	25,56	25,56	25,55	25,557
3	26,16	26,14	26,16	26,153
4	26,49	26,59	26,47	26,517
5	26,61	26,61	26,61	26,610
6	27,29	27,29	27,29	27,290

Pengukuran Menggunakan Termometer

Sungai Gladaksikur

Titik	Suhu ($^{\circ}\text{C}$) saat pengambilan sampel			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
1	26	26,5	26	26,17
2	27	26,5	26,5	26,67
3	27	26,5	26,5	26,67
4	27	27,5	27,5	27,33
5	27,6	27,4	27,5	27,50
6	28	27,5	27,5	27,67

Sungai Kramat

Titik	Suhu ($^{\circ}\text{C}$) saat pengambilan sampel			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
1	26	26	26	26,00
2	26	26	26	26,00
3	26,5	26,5	26,5	26,50
4	27	27	26,5	26,83
5	27	26,7	27	26,90
6	27,5	27,5	28	27,67

Lampiran D.1 Oksigen sag curve Setiap Titik Sungai Gladaksikur

Streeter-Phelps model

Oksigen sag curve Sungai Gladaksikur Titik 1

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,1	8,18	1,21	0,67	0,27	1,96

waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
0	6,97	1,21	0,67	0,18	-2,37	8,18
0,1	7,19	0,99	0,65	0,17	-1,94	8,18
0,2	7,36	0,81	0,63	0,17	-1,59	8,18
0,3	7,51	0,67	0,62	0,16	-1,31	8,18
0,4	7,62	0,55	0,60	0,16	-1,09	8,18
0,5	7,71	0,46	0,58	0,15	-0,90	8,18
0,6	7,79	0,39	0,57	0,15	-0,76	8,18
0,7	7,85	0,33	0,55	0,15	-0,64	8,18
0,8	7,90	0,28	0,54	0,14	-0,54	8,18
0,9	7,94	0,24	0,52	0,14	-0,46	8,18
1	7,97	0,20	0,51	0,14	-0,40	8,18
1,1	8,00	0,18	0,50	0,13	-0,35	8,18
1,2	8,02	0,16	0,48	0,13	-0,31	8,18
1,3	8,04	0,14	0,47	0,12	-0,27	8,18
1,4	8,05	0,12	0,46	0,12	-0,24	8,18
1,5	8,06	0,11	0,45	0,12	-0,22	8,18
1,6	8,07	0,10	0,43	0,12	-0,20	8,18
1,7	8,08	0,09	0,42	0,11	-0,18	8,18
1,8	8,09	0,09	0,41	0,11	-0,17	8,18
1,9	8,10	0,08	0,40	0,11	-0,16	8,18
2	8,10	0,07	0,39	0,10	-0,15	8,18

Streeter-Phelps model

Oksigen sag curve Sungai Gladaksikur Titik 2

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,05	8,1	1,111042945	0,6282	0,2716	10,56

waktu	DO	O2-deficit	BOD	rD	rR	DOs
0	6,99	1,11	0,63	0,17	-11,73	8,10
0,05	7,57	0,53	0,62	0,17	-5,63	8,10
0,1	7,84	0,26	0,61	0,17	-2,75	8,10
0,15	7,97	0,13	0,60	0,16	-1,38	8,10
0,2	8,03	0,07	0,59	0,16	-0,74	8,10
0,25	8,06	0,04	0,59	0,16	-0,43	8,10
0,3	8,07	0,03	0,58	0,16	-0,29	8,10
0,35	8,08	0,02	0,57	0,16	-0,22	8,10
0,4	8,08	0,02	0,56	0,15	-0,19	8,10
0,45	8,08	0,02	0,56	0,15	-0,17	8,10
0,5	8,08	0,02	0,55	0,15	-0,16	8,10
0,55	8,09	0,01	0,54	0,15	-0,15	8,10
0,6	8,09	0,01	0,53	0,14	-0,15	8,10
0,65	8,09	0,01	0,53	0,14	-0,15	8,10
0,7	8,09	0,01	0,52	0,14	-0,14	8,10
0,75	8,09	0,01	0,51	0,14	-0,14	8,10
0,8	8,09	0,01	0,50	0,14	-0,14	8,10
0,85	8,09	0,01	0,50	0,14	-0,14	8,10
0,9	8,09	0,01	0,49	0,13	-0,14	8,10
0,95	8,09	0,01	0,48	0,13	-0,14	8,10
1	8,09	0,01	0,48	0,13	-0,13	8,10
1,05	8,09	0,01	0,47	0,13	-0,13	8,10

Streeter-Phelps model
Oksigen sag curve Sungai Gladaksikur Titik 3

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,05	8,1	1,032515337	0,5104	0,2716	13,077

waktu	DO	O2-deficit	BOD	rD	rR	DOs
0	7,07	1,03	0,51	0,14	-13,50	8,10
0,05	7,74	0,36	0,50	0,14	-4,76	8,10
0,1	7,97	0,13	0,50	0,13	-1,74	8,10
0,15	8,05	0,05	0,49	0,13	-0,69	8,10
0,2	8,08	0,02	0,48	0,13	-0,33	8,10
0,25	8,08	0,02	0,48	0,13	-0,20	8,10
0,3	8,09	0,01	0,47	0,13	-0,15	8,10
0,35	8,09	0,01	0,46	0,13	-0,14	8,10
0,4	8,09	0,01	0,46	0,12	-0,13	8,10
0,45	8,09	0,01	0,45	0,12	-0,13	8,10
0,5	8,09	0,01	0,45	0,12	-0,12	8,10
0,55	8,09	0,01	0,44	0,12	-0,12	8,10
0,6	8,09	0,01	0,43	0,12	-0,12	8,10
0,65	8,09	0,01	0,43	0,12	-0,12	8,10
0,7	8,09	0,01	0,42	0,11	-0,12	8,10
0,75	8,09	0,01	0,42	0,11	-0,12	8,10
0,8	8,09	0,01	0,41	0,11	-0,11	8,10
0,85	8,09	0,01	0,40	0,11	-0,11	8,10
0,9	8,09	0,01	0,40	0,11	-0,11	8,10
0,95	8,09	0,01	0,39	0,11	-0,11	8,10
1	8,09	0,01	0,39	0,11	-0,11	8,10

Streeter-Phelps model
Oksigen sag curve Sungai Gladaksikur Titik 4

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,05	8	0,952147239	0,5104	0,2801	9,2559

waktu	DO	O2-deficit	BOD	rD	rR	DOs
0	7,05	0,95	0,51	0,14	-8,81	8,00
0,05	7,48	0,52	0,50	0,14	-4,80	8,00
0,1	7,71	0,29	0,50	0,14	-2,64	8,00
0,15	7,84	0,16	0,49	0,14	-1,48	8,00
0,2	7,91	0,09	0,48	0,14	-0,86	8,00
0,25	7,94	0,06	0,48	0,13	-0,53	8,00
0,3	7,96	0,04	0,47	0,13	-0,34	8,00
0,35	7,97	0,03	0,46	0,13	-0,25	8,00
0,4	7,98	0,02	0,46	0,13	-0,19	8,00
0,45	7,98	0,02	0,45	0,13	-0,16	8,00
0,5	7,98	0,02	0,44	0,12	-0,15	8,00
0,55	7,99	0,01	0,44	0,12	-0,14	8,00
0,6	7,99	0,01	0,43	0,12	-0,13	8,00
0,65	7,99	0,01	0,42	0,12	-0,13	8,00
0,7	7,99	0,01	0,42	0,12	-0,12	8,00
0,75	7,99	0,01	0,41	0,12	-0,12	8,00
0,8	7,99	0,01	0,41	0,11	-0,12	8,00
0,85	7,99	0,01	0,40	0,11	-0,12	8,00
0,9	7,99	0,01	0,40	0,11	-0,11	8,00
0,95	7,99	0,01	0,39	0,11	-0,11	8,00
1	7,99	0,01	0,38	0,11	-0,11	8,00

Streeter-Phelps model
Oksigen sag curve Sungai Gladaksikur Titik 5

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,1	7,975	1,201993865	0,7853	0,2822	3,8556

waktu	DO	O2-deficit	BOD	rD	rR	DOs
0	6,77	1,20	0,79	0,22	-4,63	7,98
0,1	7,21	0,76	0,76	0,22	-2,93	7,98
0,2	7,49	0,49	0,74	0,21	-1,89	7,98
0,3	7,65	0,32	0,72	0,20	-1,24	7,98
0,4	7,76	0,22	0,70	0,20	-0,84	7,98
0,5	7,82	0,15	0,68	0,19	-0,59	7,98
0,6	7,86	0,11	0,66	0,19	-0,44	7,98
0,7	7,89	0,09	0,64	0,18	-0,34	7,98
0,8	7,90	0,07	0,62	0,18	-0,28	7,98
0,9	7,91	0,06	0,61	0,17	-0,24	7,98
1	7,92	0,06	0,59	0,17	-0,21	7,98
1,1	7,92	0,05	0,57	0,16	-0,20	7,98
1,2	7,93	0,05	0,56	0,16	-0,18	7,98
1,3	7,93	0,04	0,54	0,15	-0,17	7,98
1,4	7,93	0,04	0,53	0,15	-0,16	7,98
1,5	7,93	0,04	0,51	0,14	-0,16	7,98
1,6	7,94	0,04	0,50	0,14	-0,15	7,98
1,7	7,94	0,04	0,48	0,14	-0,15	7,98
1,8	7,94	0,04	0,47	0,13	-0,14	7,98
1,9	7,94	0,04	0,46	0,13	-0,14	7,98
2	7,94	0,04	0,44	0,13	-0,14	7,98

Streeter-Phelps model
Oksigen sag curve Sungai Gladaksikur Titik 6

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,05	7,95	1,078834356	0,5104	0,2844	6,4165

waktu	DO	O2-deficit	BOD	rD	rR	DOs
0	6,87	1,08	0,51	0,15	-6,92	7,95
0,05	7,21	0,74	0,50	0,14	-4,75	7,95
0,1	7,44	0,51	0,50	0,14	-3,27	7,95
0,15	7,60	0,35	0,49	0,14	-2,27	7,95
0,2	7,70	0,25	0,48	0,14	-1,58	7,95
0,25	7,78	0,17	0,48	0,14	-1,12	7,95
0,3	7,82	0,13	0,47	0,13	-0,80	7,95
0,35	7,86	0,09	0,46	0,13	-0,59	7,95
0,4	7,88	0,07	0,46	0,13	-0,44	7,95
0,45	7,90	0,05	0,45	0,13	-0,34	7,95
0,5	7,91	0,04	0,44	0,13	-0,27	7,95
0,55	7,91	0,04	0,44	0,12	-0,23	7,95
0,6	7,92	0,03	0,43	0,12	-0,19	7,95
0,65	7,92	0,03	0,42	0,12	-0,17	7,95
0,7	7,93	0,02	0,42	0,12	-0,15	7,95
0,75	7,93	0,02	0,41	0,12	-0,14	7,95
0,8	7,93	0,02	0,41	0,12	-0,13	7,95
0,85	7,93	0,02	0,40	0,11	-0,13	7,95
0,9	7,93	0,02	0,39	0,11	-0,12	7,95
0,95	7,93	0,02	0,39	0,11	-0,12	7,95
1	7,93	0,02	0,38	0,11	-0,12	7,95

Lampiran D.2 Oksigen sag curve rerata Sungai Gladaksikur

Streeter-Phelps model

Oksigen sag curve rerata Sungai Gladaksikur

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,1	8,05	1,10	0,60	0,28	5,79

waktu	DO	O2-deficit	BOD	rD	rR	DOs
0	6,95	1,10	0,60	0,17	-6,35	8,05
0,1	7,57	0,48	0,59	0,16	-2,77	8,05
0,2	7,83	0,22	0,57	0,16	-1,26	8,05
0,3	7,94	0,11	0,55	0,15	-0,62	8,05
0,4	7,99	0,06	0,54	0,15	-0,35	8,05
0,5	8,01	0,04	0,52	0,14	-0,23	8,05
0,6	8,02	0,03	0,51	0,14	-0,18	8,05
0,7	8,02	0,03	0,49	0,14	-0,16	8,05
0,8	8,02	0,03	0,48	0,13	-0,15	8,05
0,9	8,03	0,02	0,47	0,13	-0,14	8,05
1	8,03	0,02	0,46	0,13	-0,13	8,05
1,1	8,03	0,02	0,44	0,12	-0,13	8,05
1,2	8,03	0,02	0,43	0,12	-0,12	8,05
1,3	8,03	0,02	0,42	0,12	-0,12	8,05
1,4	8,03	0,02	0,41	0,11	-0,12	8,05
1,5	8,03	0,02	0,40	0,11	-0,11	8,05
1,6	8,03	0,02	0,38	0,11	-0,11	8,05
1,7	8,03	0,02	0,37	0,10	-0,11	8,05
1,8	8,03	0,02	0,36	0,10	-0,11	8,05
1,9	8,03	0,02	0,35	0,10	-0,10	8,05
2	8,03	0,02	0,34	0,09	-0,10	8,05
2,1	8,03	0,02	0,33	0,09	-0,10	8,05
2,2	8,03	0,02	0,33	0,09	-0,09	8,05
2,3	8,03	0,02	0,32	0,09	-0,09	8,05
2,4	8,03	0,02	0,31	0,08	-0,09	8,05
2,5	8,04	0,01	0,30	0,08	-0,09	8,05
2,6	8,04	0,01	0,29	0,08	-0,08	8,05
2,7	8,04	0,01	0,28	0,08	-0,08	8,05
2,8	8,04	0,01	0,28	0,08	-0,08	8,05
2,9	8,04	0,01	0,27	0,07	-0,08	8,05
3	8,04	0,01	0,26	0,07	-0,08	8,05
3,1	8,04	0,01	0,25	0,07	-0,07	8,05
3,2	8,04	0,01	0,25	0,07	-0,07	8,05
3,3	8,04	0,01	0,24	0,07	-0,07	8,05
3,4	8,04	0,01	0,23	0,06	-0,07	8,05
3,5	8,04	0,01	0,23	0,06	-0,07	8,05
3,6	8,04	0,01	0,22	0,06	-0,06	8,05
3,7	8,04	0,01	0,21	0,06	-0,06	8,05
3,8	8,04	0,01	0,21	0,06	-0,06	8,05
3,9	8,04	0,01	0,20	0,06	-0,06	8,05
4	8,04	0,01	0,20	0,05	-0,06	8,05
4,1	8,04	0,01	0,19	0,05	-0,06	8,05
4,2	8,04	0,01	0,19	0,05	-0,05	8,05
4,3	8,04	0,01	0,18	0,05	-0,05	8,05
4,4	8,04	0,01	0,18	0,05	-0,05	8,05
4,5	8,04	0,01	0,17	0,05	-0,05	8,05
4,6	8,04	0,01	0,17	0,05	-0,05	8,05
4,7	8,04	0,01	0,16	0,04	-0,05	8,05
4,8	8,04	0,01	0,16	0,04	-0,05	8,05
4,9	8,04	0,01	0,15	0,04	-0,04	8,05
5	8,04	0,01	0,15	0,04	-0,04	8,05
5,1	8,04	0,01	0,14	0,04	-0,04	8,05
5,2	8,04	0,01	0,14	0,04	-0,04	8,05
5,3	8,04	0,01	0,14	0,04	-0,04	8,05
5,4	8,04	0,01	0,13	0,04	-0,04	8,05
5,5	8,04	0,01	0,13	0,04	-0,04	8,05
5,6	8,04	0,01	0,13	0,03	-0,04	8,05
5,7	8,04	0,01	0,12	0,03	-0,04	8,05
5,8	8,04	0,01	0,12	0,03	-0,03	8,05
5,9	8,04	0,01	0,12	0,03	-0,03	8,05
6	8,04	0,01	0,11	0,03	-0,03	8,05

Lampiran D.3 Oksigen sag curve Sungai Gladaksikur dengan Beban Maksimum

Streeter-Phelps model

Oksigen sag curve Sungai Gladaksikur dengan Beban Maksimum

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,1	8,05	1,10	93,00	0,28	5,79

waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
0,00	6,95	1,10	93,00	25,65	-6,35	8,05
0,10	5,02	3,03	90,43	24,95	-17,53	8,05
0,20	4,28	3,77	87,94	24,26	-21,82	8,05
0,30	4,04	4,01	85,51	23,59	-23,23	8,05
0,40	4,00	4,05	83,16	22,94	-23,44	8,05
0,50	4,05	4,00	80,86	22,30	-23,15	8,05
0,60	4,14	3,91	78,63	21,69	-22,66	8,05
0,70	4,23	3,82	76,46	21,09	-22,10	8,05
0,80	4,33	3,72	74,35	20,51	-21,52	8,05
0,90	4,43	3,62	72,30	19,94	-20,93	8,05
1,00	4,53	3,52	70,31	19,39	-20,36	8,05
1,10	4,63	3,42	68,37	18,86	-19,80	8,05
1,20	4,72	3,33	66,48	18,34	-19,26	8,05
1,30	4,82	3,23	64,65	17,83	-18,72	8,05
1,40	4,90	3,15	62,87	17,34	-18,21	8,05
1,50	4,99	3,06	61,13	16,86	-17,71	8,05
1,60	5,08	2,97	59,45	16,40	-17,22	8,05
1,70	5,16	2,89	57,81	15,95	-16,74	8,05
1,80	5,24	2,81	56,21	15,51	-16,28	8,05
1,90	5,32	2,73	54,66	15,08	-15,83	8,05
2,00	5,39	2,66	53,15	14,66	-15,40	8,05
2,10	5,46	2,59	51,69	14,26	-14,97	8,05
2,20	5,54	2,51	50,26	13,86	-14,56	8,05
2,30	5,60	2,45	48,87	13,48	-14,16	8,05
2,40	5,67	2,38	47,53	13,11	-13,77	8,05
2,50	5,74	2,31	46,22	12,75	-13,39	8,05
2,60	5,80	2,25	44,94	12,40	-13,02	8,05
2,70	5,86	2,19	43,70	12,05	-12,66	8,05
2,80	5,92	2,13	42,50	11,72	-12,31	8,05
2,90	5,98	2,07	41,32	11,40	-11,97	8,05
3,00	6,04	2,01	40,18	11,08	-11,64	8,05
3,10	6,10	1,95	39,07	10,78	-11,32	8,05
3,20	6,15	1,90	38,00	10,48	-11,01	8,05
3,30	6,20	1,85	36,95	10,19	-10,70	8,05
3,40	6,25	1,80	35,93	9,91	-10,41	8,05
3,50	6,30	1,75	34,94	9,64	-10,12	8,05
3,60	6,35	1,70	33,97	9,37	-9,84	8,05
3,70	6,40	1,65	33,04	9,11	-9,57	8,05
3,80	6,44	1,61	32,13	8,86	-9,31	8,05
3,90	6,49	1,56	31,24	8,62	-9,05	8,05
4,00	6,53	1,52	30,38	8,38	-8,80	8,05
4,10	6,57	1,48	29,54	8,15	-8,56	8,05
4,20	6,61	1,44	28,73	7,92	-8,32	8,05
4,30	6,65	1,40	27,93	7,71	-8,09	8,05
4,40	6,69	1,36	27,16	7,49	-7,87	8,05
4,50	6,73	1,32	26,41	7,29	-7,65	8,05
4,60	6,77	1,28	25,69	7,08	-7,44	8,05
4,70	6,80	1,25	24,98	6,89	-7,23	8,05

Streeter-Phelps model

Oksigen sag curve Sungai Gladaksikur dengan Beban Maksimum

waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
4,80	6,83	1,22	24,29	6,70	-7,03	8,05
4,90	6,87	1,18	23,62	6,51	-6,84	8,05
5,00	6,90	1,15	22,97	6,33	-6,65	8,05
5,10	6,93	1,12	22,33	6,16	-6,47	8,05
5,20	6,96	1,09	21,72	5,99	-6,29	8,05
5,30	6,99	1,06	21,12	5,83	-6,12	8,05
5,40	7,02	1,03	20,54	5,66	-5,95	8,05
5,50	7,05	1,00	19,97	5,51	-5,78	8,05
5,60	7,08	0,97	19,42	5,36	-5,62	8,05
5,70	7,11	0,94	18,88	5,21	-5,47	8,05
5,80	7,13	0,92	18,36	5,06	-5,32	8,05
5,90	7,16	0,89	17,85	4,93	-5,17	8,05
6,00	7,18	0,87	17,36	4,79	-5,03	8,05
6,10	7,21	0,84	16,88	4,66	-4,89	8,05
6,20	7,23	0,82	16,42	4,53	-4,76	8,05
6,30	7,25	0,80	15,96	4,40	-4,62	8,05
6,40	7,27	0,78	15,52	4,28	-4,50	8,05
6,50	7,29	0,76	15,10	4,16	-4,37	8,05
6,60	7,32	0,73	14,68	4,05	-4,25	8,05
6,70	7,34	0,71	14,27	3,94	-4,13	8,05
6,80	7,36	0,69	13,88	3,83	-4,02	8,05
6,90	7,37	0,68	13,50	3,72	-3,91	8,05
7,00	7,39	0,66	13,13	3,62	-3,80	8,05
7,10	7,41	0,64	12,76	3,52	-3,70	8,05
7,20	7,43	0,62	12,41	3,42	-3,59	8,05
7,30	7,45	0,60	12,07	3,33	-3,50	8,05
7,40	7,46	0,59	11,74	3,24	-3,40	8,05
7,50	7,48	0,57	11,41	3,15	-3,31	8,05
7,60	7,49	0,56	11,10	3,06	-3,21	8,05
7,70	7,51	0,54	10,79	2,98	-3,13	8,05
7,80	7,52	0,53	10,49	2,89	-3,04	8,05
7,90	7,54	0,51	10,20	2,81	-2,96	8,05
8,00	7,55	0,50	9,92	2,74	-2,87	8,05
8,10	7,57	0,48	9,65	2,66	-2,79	8,05
8,20	7,58	0,47	9,38	2,59	-2,72	8,05
8,30	7,59	0,46	9,12	2,52	-2,64	8,05
8,40	7,61	0,44	8,87	2,45	-2,57	8,05
8,50	7,62	0,43	8,63	2,38	-2,50	8,05
8,60	7,63	0,42	8,39	2,31	-2,43	8,05
8,70	7,64	0,41	8,16	2,25	-2,36	8,05
8,80	7,65	0,40	7,93	2,19	-2,30	8,05
8,90	7,66	0,39	7,71	2,13	-2,23	8,05
9,00	7,67	0,38	7,50	2,07	-2,17	8,05
9,10	7,69	0,36	7,29	2,01	-2,11	8,05
9,20	7,70	0,35	7,09	1,96	-2,05	8,05
9,30	7,70	0,35	6,90	1,90	-2,00	8,05
9,40	7,71	0,34	6,71	1,85	-1,94	8,05
9,50	7,72	0,33	6,52	1,80	-1,89	8,05
9,60	7,73	0,32	6,34	1,75	-1,84	8,05
9,70	7,74	0,31	6,17	1,70	-1,79	8,05
9,80	7,75	0,30	6,00	1,65	-1,74	8,05
9,90	7,76	0,29	5,83	1,61	-1,69	8,05
10,00	7,77	0,28	5,67	1,56	-1,64	8,05
10,10	7,77	0,28	5,52	1,52	-1,60	8,05
10,20	7,78	0,27	5,36	1,48	-1,55	8,05

Streeter-Phelps model

Oksigen sag curve Sungai Gladaksikur dengan Beban Maksimum

waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
10,30	7,79	0,26	5,21	1,44	-1,51	8,05
10,40	7,80	0,25	5,07	1,40	-1,47	8,05
10,50	7,80	0,25	4,93	1,36	-1,43	8,05
10,60	7,81	0,24	4,80	1,32	-1,39	8,05
10,70	7,82	0,23	4,66	1,29	-1,35	8,05
10,80	7,82	0,23	4,53	1,25	-1,31	8,05
10,90	7,83	0,22	4,41	1,22	-1,28	8,05
11,00	7,84	0,21	4,29	1,18	-1,24	8,05
11,10	7,84	0,21	4,17	1,15	-1,21	8,05
11,20	7,85	0,20	4,05	1,12	-1,17	8,05
11,30	7,85	0,20	3,94	1,09	-1,14	8,05
11,40	7,86	0,19	3,83	1,06	-1,11	8,05
11,50	7,86	0,19	3,73	1,03	-1,08	8,05
11,60	7,87	0,18	3,63	1,00	-1,05	8,05
11,70	7,87	0,18	3,53	0,97	-1,02	8,05
11,80	7,88	0,17	3,43	0,95	-0,99	8,05
11,90	7,88	0,17	3,33	0,92	-0,97	8,05
12,00	7,89	0,16	3,24	0,89	-0,94	8,05
12,10	7,89	0,16	3,15	0,87	-0,91	8,05
12,20	7,90	0,15	3,07	0,85	-0,89	8,05
12,30	7,90	0,15	2,98	0,82	-0,86	8,05
12,40	7,91	0,14	2,90	0,80	-0,84	8,05
12,50	7,91	0,14	2,82	0,78	-0,82	8,05
12,60	7,91	0,14	2,74	0,76	-0,79	8,05
12,70	7,92	0,13	2,67	0,74	-0,77	8,05
12,80	7,92	0,13	2,59	0,71	-0,75	8,05
12,90	7,92	0,13	2,52	0,70	-0,73	8,05
13,00	7,93	0,12	2,45	0,68	-0,71	8,05
13,10	7,93	0,12	2,38	0,66	-0,69	8,05
13,20	7,93	0,12	2,32	0,64	-0,67	8,05
13,30	7,94	0,11	2,25	0,62	-0,65	8,05
13,40	7,94	0,11	2,19	0,60	-0,63	8,05
13,50	7,94	0,11	2,13	0,59	-0,62	8,05
13,60	7,95	0,10	2,07	0,57	-0,60	8,05
13,70	7,95	0,10	2,01	0,56	-0,58	8,05
13,80	7,95	0,10	1,96	0,54	-0,57	8,05
13,90	7,95	0,10	1,91	0,53	-0,55	8,05
14,00	7,96	0,09	1,85	0,51	-0,54	8,05
14,10	7,96	0,09	1,80	0,50	-0,52	8,05
14,20	7,96	0,09	1,75	0,48	-0,51	8,05
14,30	7,96	0,09	1,70	0,47	-0,49	8,05
14,40	7,97	0,08	1,66	0,46	-0,48	8,05
14,50	7,97	0,08	1,61	0,44	-0,47	8,05
14,60	7,97	0,08	1,57	0,43	-0,45	8,05
14,70	7,97	0,08	1,52	0,42	-0,44	8,05
14,80	7,98	0,07	1,48	0,41	-0,43	8,05
14,90	7,98	0,07	1,44	0,40	-0,42	8,05
15,00	7,98	0,07	1,40	0,39	-0,41	8,05

Lampiran D.4 Oksigen sag curve Setiap Titik Sungai Kramat

Streeter-Phelps model
 Oksigen sag curve Sungai Kramat Titik 1

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,05	8,29	0,77	0,75	0,10	16,98

waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
0	7,52	0,77	0,75	0,07	-13,14	8,29
0,05	8,17	0,12	0,74	0,07	-2,05	8,29
0,1	8,27	0,02	0,74	0,07	-0,37	8,29
0,15	8,29	0,01	0,74	0,07	-0,12	8,29
0,2	8,29	0,00	0,73	0,07	-0,08	8,29
0,25	8,29	0,00	0,73	0,07	-0,07	8,29
0,3	8,29	0,00	0,72	0,07	-0,07	8,29
0,35	8,29	0,00	0,72	0,07	-0,07	8,29
0,4	8,29	0,00	0,72	0,07	-0,07	8,29
0,45	8,29	0,00	0,71	0,07	-0,07	8,29
0,5	8,29	0,00	0,71	0,07	-0,07	8,29
0,55	8,29	0,00	0,71	0,07	-0,07	8,29
0,6	8,29	0,00	0,70	0,07	-0,07	8,29
0,65	8,29	0,00	0,70	0,07	-0,07	8,29
0,7	8,29	0,00	0,70	0,07	-0,07	8,29
0,75	8,29	0,00	0,69	0,07	-0,07	8,29
0,8	8,29	0,00	0,69	0,07	-0,07	8,29
0,85	8,29	0,00	0,69	0,07	-0,07	8,29
0,9	8,29	0,00	0,68	0,07	-0,07	8,29
0,95	8,29	0,00	0,68	0,07	-0,07	8,29
1	8,29	0,00	0,68	0,07	-0,07	8,29

Streeter-Phelps model
 Oksigen sag curve Sungai Kramat Titik 2

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,05	8,16	0,81	0,85	0,10	10,36

waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
0	7,36	0,81	0,85	0,09	-8,36	8,16
0,05	7,77	0,39	0,85	0,08	-4,07	8,16
0,15	7,97	0,19	0,84	0,08	-2,01	8,16
0,25	8,06	0,10	0,84	0,08	-1,01	8,16
0,35	8,11	0,05	0,83	0,08	-0,53	8,16
0,45	8,13	0,03	0,83	0,08	-0,30	8,16
0,55	8,14	0,02	0,83	0,08	-0,19	8,16
0,65	8,15	0,01	0,82	0,08	-0,13	8,16
0,75	8,15	0,01	0,82	0,08	-0,11	8,16
0,85	8,15	0,01	0,81	0,08	-0,09	8,16
0,95	8,15	0,01	0,81	0,08	-0,09	8,16
1,05	8,15	0,01	0,81	0,08	-0,08	8,16
1,15	8,15	0,01	0,80	0,08	-0,08	8,16
1,25	8,15	0,01	0,80	0,08	-0,08	8,16
1,35	8,15	0,01	0,79	0,08	-0,08	8,16
1,45	8,15	0,01	0,79	0,08	-0,08	8,16
1,55	8,15	0,01	0,79	0,08	-0,08	8,16
1,65	8,15	0,01	0,78	0,08	-0,08	8,16
1,75	8,15	0,01	0,78	0,08	-0,08	8,16
1,85	8,15	0,01	0,77	0,08	-0,08	8,16
1,95	8,15	0,01	0,77	0,08	-0,08	8,16
2,05	8,15	0,01	0,77	0,08	-0,08	8,16

Streeter-Phelps model
Oksigen sag curve Sungai Kramat Titik 3

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,05	8,18	0,66	0,77	0,10	10,46

waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
0	7,52	0,66	0,77	0,08	-6,88	8,18
0,05	7,86	0,32	0,76	0,08	-3,32	8,18
0,1	8,02	0,16	0,76	0,08	-1,63	8,18
0,15	8,10	0,08	0,75	0,08	-0,81	8,18
0,2	8,14	0,04	0,75	0,07	-0,43	8,18
0,25	8,15	0,02	0,75	0,07	-0,24	8,18
0,3	8,16	0,01	0,74	0,07	-0,15	8,18
0,35	8,17	0,01	0,74	0,07	-0,11	8,18
0,4	8,17	0,01	0,74	0,07	-0,09	8,18
0,45	8,17	0,01	0,73	0,07	-0,08	8,18
0,5	8,17	0,01	0,73	0,07	-0,08	8,18
0,55	8,17	0,01	0,72	0,07	-0,07	8,18
0,6	8,17	0,01	0,72	0,07	-0,07	8,18
0,65	8,17	0,01	0,72	0,07	-0,07	8,18
0,7	8,17	0,01	0,71	0,07	-0,07	8,18
0,75	8,17	0,01	0,71	0,07	-0,07	8,18
0,8	8,17	0,01	0,71	0,07	-0,07	8,18
0,85	8,17	0,01	0,70	0,07	-0,07	8,18
0,9	8,17	0,01	0,70	0,07	-0,07	8,18
0,95	8,17	0,01	0,70	0,07	-0,07	8,18
1	8,17	0,01	0,69	0,07	-0,07	8,18

Streeter-Phelps model
Oksigen sag curve Sungai Kramat Titik 4

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,05	8,1225	0,682009202	0,80491	0,10117	9,2343

waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
0	7,44	0,68	0,80	0,08	-6,30	8,12
0,05	7,75	0,37	0,80	0,08	-3,43	8,12
0,1	7,92	0,20	0,80	0,08	-1,88	8,12
0,15	8,01	0,11	0,79	0,08	-1,05	8,12
0,2	8,06	0,07	0,79	0,08	-0,60	8,12
0,25	8,08	0,04	0,78	0,08	-0,36	8,12
0,3	8,10	0,03	0,78	0,08	-0,23	8,12
0,35	8,11	0,02	0,78	0,08	-0,16	8,12
0,4	8,11	0,01	0,77	0,08	-0,12	8,12
0,45	8,11	0,01	0,77	0,08	-0,10	8,12
0,5	8,11	0,01	0,77	0,08	-0,09	8,12
0,55	8,11	0,01	0,76	0,08	-0,08	8,12
0,6	8,11	0,01	0,76	0,08	-0,08	8,12
0,65	8,11	0,01	0,75	0,08	-0,08	8,12
0,7	8,11	0,01	0,75	0,08	-0,08	8,12
0,75	8,11	0,01	0,75	0,08	-0,08	8,12
0,8	8,11	0,01	0,74	0,08	-0,08	8,12
0,85	8,11	0,01	0,74	0,07	-0,08	8,12
0,9	8,11	0,01	0,73	0,07	-0,08	8,12
0,95	8,11	0,01	0,73	0,07	-0,07	8,12
1	8,11	0,01	0,73	0,07	-0,07	8,12

Streeter-Phelps model
Oksigen sag curve Sungai Kramat Titik 5

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,1	8,11	1,14	1,02	0,10	5,53

waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
0	6,97	1,14	1,02	0,10	-6,30	8,11
0,1	7,59	0,52	1,01	0,10	-2,87	8,11
0,2	7,87	0,24	1,00	0,10	-1,34	8,11
0,3	7,99	0,12	0,99	0,10	-0,65	8,11
0,4	8,05	0,06	0,98	0,10	-0,35	8,11
0,5	8,07	0,04	0,97	0,10	-0,21	8,11
0,6	8,08	0,03	0,96	0,10	-0,15	8,11
0,7	8,09	0,02	0,95	0,10	-0,12	8,11
0,8	8,09	0,02	0,94	0,10	-0,11	8,11
0,9	8,09	0,02	0,93	0,09	-0,10	8,11
1	8,09	0,02	0,92	0,09	-0,10	8,11
1,1	8,09	0,02	0,91	0,09	-0,10	8,11
1,2	8,09	0,02	0,90	0,09	-0,09	8,11
1,3	8,09	0,02	0,89	0,09	-0,09	8,11
1,4	8,09	0,02	0,88	0,09	-0,09	8,11
1,5	8,09	0,02	0,88	0,09	-0,09	8,11
1,6	8,09	0,02	0,87	0,09	-0,09	8,11
1,7	8,09	0,02	0,86	0,09	-0,09	8,11
1,8	8,09	0,02	0,85	0,09	-0,09	8,11
1,9	8,09	0,02	0,84	0,09	-0,09	8,11
2	8,09	0,02	0,83	0,08	-0,09	8,11

Streeter-Phelps model
Oksigen sag curve Sungai Kramat Titik 6

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,05	8,01	0,90	0,98	0,10	13,14

waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
0	7,11	0,90	0,98	0,10	-11,83	8,01
0,05	7,69	0,31	0,98	0,10	-4,12	8,01
0,1	7,89	0,11	0,97	0,10	-1,48	8,01
0,15	7,96	0,04	0,97	0,10	-0,57	8,01
0,2	7,99	0,02	0,96	0,10	-0,26	8,01
0,25	7,99	0,01	0,96	0,10	-0,16	8,01
0,3	8,00	0,01	0,95	0,10	-0,12	8,01
0,35	8,00	0,01	0,95	0,10	-0,11	8,01
0,4	8,00	0,01	0,94	0,10	-0,10	8,01
0,45	8,00	0,01	0,94	0,10	-0,10	8,01
0,5	8,00	0,01	0,93	0,10	-0,10	8,01
0,55	8,00	0,01	0,93	0,10	-0,10	8,01
0,6	8,00	0,01	0,92	0,10	-0,10	8,01
0,65	8,00	0,01	0,92	0,10	-0,10	8,01
0,7	8,00	0,01	0,91	0,10	-0,10	8,01
0,75	8,00	0,01	0,91	0,10	-0,10	8,01
0,8	8,00	0,01	0,90	0,09	-0,10	8,01
0,85	8,00	0,01	0,90	0,09	-0,09	8,01
0,9	8,00	0,01	0,89	0,09	-0,09	8,01
0,95	8,00	0,01	0,89	0,09	-0,09	8,01
1	8,00	0,01	0,88	0,09	-0,09	8,01

Lampiran D.5 Oksigen sag curve rerata Sungai Kramat

Streeter-Phelps model

Oksigen sag curve rerata Sungai Kramat

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,05	8,16	0,81	0,85	0,10	10,36

waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
0	7,36	0,81	0,85	0,09	-8,36	8,16
0,05	7,77	0,39	0,85	0,08	-4,07	8,16
0,1	7,97	0,19	0,84	0,08	-2,01	8,16
0,15	8,06	0,10	0,84	0,08	-1,01	8,16
0,2	8,11	0,05	0,83	0,08	-0,53	8,16
0,25	8,13	0,03	0,83	0,08	-0,30	8,16
0,3	8,14	0,02	0,83	0,08	-0,19	8,16
0,35	8,15	0,01	0,82	0,08	-0,13	8,16
0,4	8,15	0,01	0,82	0,08	-0,11	8,16
0,45	8,15	0,01	0,81	0,08	-0,09	8,16
0,5	8,15	0,01	0,81	0,08	-0,09	8,16
0,55	8,15	0,01	0,81	0,08	-0,08	8,16
0,6	8,15	0,01	0,80	0,08	-0,08	8,16
0,65	8,15	0,01	0,80	0,08	-0,08	8,16
0,7	8,15	0,01	0,79	0,08	-0,08	8,16
0,75	8,15	0,01	0,79	0,08	-0,08	8,16
0,8	8,15	0,01	0,79	0,08	-0,08	8,16
0,85	8,15	0,01	0,78	0,08	-0,08	8,16
0,9	8,15	0,01	0,78	0,08	-0,08	8,16
0,95	8,15	0,01	0,77	0,08	-0,08	8,16
1	8,15	0,01	0,77	0,08	-0,08	8,16
1,05	8,15	0,01	0,77	0,08	-0,08	8,16
1,1	8,15	0,01	0,76	0,08	-0,08	8,16
1,15	8,15	0,01	0,76	0,08	-0,08	8,16
1,2	8,15	0,01	0,75	0,08	-0,08	8,16
1,25	8,16	0,01	0,75	0,08	-0,08	8,16
1,3	8,16	0,01	0,75	0,07	-0,08	8,16
1,35	8,16	0,01	0,74	0,07	-0,07	8,16
1,4	8,16	0,01	0,74	0,07	-0,07	8,16
1,45	8,16	0,01	0,74	0,07	-0,07	8,16
1,5	8,16	0,01	0,73	0,07	-0,07	8,16
1,55	8,16	0,01	0,73	0,07	-0,07	8,16
1,6	8,16	0,01	0,72	0,07	-0,07	8,16
1,65	8,16	0,01	0,72	0,07	-0,07	8,16
1,7	8,16	0,01	0,72	0,07	-0,07	8,16
1,75	8,16	0,01	0,71	0,07	-0,07	8,16
1,8	8,16	0,01	0,71	0,07	-0,07	8,16
1,85	8,16	0,01	0,71	0,07	-0,07	8,16
1,9	8,16	0,01	0,70	0,07	-0,07	8,16
1,95	8,16	0,01	0,70	0,07	-0,07	8,16
2	8,16	0,01	0,70	0,07	-0,07	8,16

Lampiran D.6 Oksigen sag curve Sungai Kramat dengan Beban Maksimum

Streeter-Phelps model

Oksigen sag curve Sungai Kramat dengan Beban Maksimum

dt	DO Saturasi	Defisit Oksigen	BOD	kd	kr
0,08	8,16	0,81	440,00	0,10	10,36

Waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
0	7,36	0,81	440,00	43,97	-8,36	8,16
0,08	4,51	3,66	436,48	43,62	-37,88	8,16
0,16	4,05	4,12	432,99	43,27	-42,64	8,16
0,24	4,00	4,17	429,53	42,93	-43,17	8,16
0,32	4,02	4,15	426,10	42,59	-42,97	8,16
0,4	4,05	4,12	422,69	42,24	-42,65	8,16
0,48	4,08	4,08	419,31	41,91	-42,31	8,16
0,56	4,11	4,05	415,96	41,57	-41,98	8,16
0,64	4,14	4,02	412,63	41,24	-41,64	8,16
0,72	4,18	3,99	409,33	40,91	-41,31	8,16
0,8	4,21	3,95	406,06	40,58	-40,98	8,16
0,88	4,24	3,92	402,81	40,26	-40,65	8,16
0,96	4,27	3,89	399,59	39,94	-40,33	8,16
1,04	4,30	3,86	396,40	39,62	-40,00	8,16
1,12	4,33	3,83	393,23	39,30	-39,68	8,16
1,2	4,36	3,80	390,08	38,99	-39,37	8,16
1,28	4,39	3,77	386,96	38,67	-39,05	8,16
1,36	4,42	3,74	383,87	38,37	-38,74	8,16
1,44	4,45	3,71	380,80	38,06	-38,43	8,16
1,52	4,48	3,68	377,76	37,75	-38,12	8,16
1,6	4,51	3,65	374,74	37,45	-37,82	8,16
1,68	4,54	3,62	371,74	37,15	-37,51	8,16
1,76	4,57	3,59	368,77	36,86	-37,21	8,16
1,84	4,60	3,56	365,82	36,56	-36,92	8,16
1,92	4,63	3,53	362,90	36,27	-36,62	8,16
2	4,66	3,51	359,99	35,98	-36,33	8,16
2,08	4,68	3,48	357,12	35,69	-36,04	8,16
2,16	4,71	3,45	354,26	35,41	-35,75	8,16
2,24	4,74	3,42	351,43	35,12	-35,46	8,16
2,32	4,77	3,40	348,62	34,84	-35,18	8,16
2,4	4,79	3,37	345,83	34,56	-34,90	8,16
2,48	4,82	3,34	343,07	34,29	-34,62	8,16
2,56	4,85	3,31	340,32	34,01	-34,34	8,16
2,64	4,87	3,29	337,60	33,74	-34,07	8,16
2,72	4,90	3,26	334,90	33,47	-33,80	8,16
2,8	4,93	3,24	332,22	33,20	-33,53	8,16
2,88	4,95	3,21	329,57	32,94	-33,26	8,16
2,96	4,98	3,18	326,93	32,67	-32,99	8,16
3,04	5,00	3,16	324,32	32,41	-32,73	8,16
3,12	5,03	3,13	321,73	32,15	-32,47	8,16
3,2	5,05	3,11	319,15	31,90	-32,21	8,16
3,28	5,08	3,08	316,60	31,64	-31,95	8,16
3,36	5,10	3,06	314,07	31,39	-31,69	8,16
3,44	5,13	3,03	311,56	31,14	-31,44	8,16
3,52	5,15	3,01	309,07	30,89	-31,19	8,16
3,6	5,18	2,99	306,60	30,64	-30,94	8,16
3,68	5,20	2,96	304,15	30,40	-30,69	8,16
3,76	5,22	2,94	301,71	30,15	-30,45	8,16
3,84	5,25	2,92	299,30	29,91	-30,20	8,16
3,92	5,27	2,89	296,91	29,67	-29,96	8,16
4	5,29	2,87	294,54	29,44	-29,72	8,16
4,08	5,32	2,85	292,18	29,20	-29,49	8,16
4,16	5,34	2,82	289,84	28,97	-29,25	8,16
4,24	5,36	2,80	287,53	28,74	-29,02	8,16
4,32	5,38	2,78	285,23	28,51	-28,78	8,16
4,4	5,41	2,76	282,95	28,28	-28,55	8,16
4,48	5,43	2,73	280,68	28,05	-28,33	8,16
4,56	5,45	2,71	278,44	27,83	-28,10	8,16

Streeter-Phelps model
Oksigen sag curve Sungai Kramat dengan Beban Maksimum

Waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
4,64	5,47	2,69	276,21	27,61	-27,87	8,16
4,72	5,49	2,67	274,01	27,38	-27,65	8,16
4,8	5,52	2,65	271,82	27,17	-27,43	8,16
4,88	5,54	2,63	269,64	26,95	-27,21	8,16
4,96	5,56	2,61	267,49	26,73	-26,99	8,16
5,04	5,58	2,58	265,35	26,52	-26,78	8,16
5,12	5,60	2,56	263,23	26,31	-26,56	8,16
5,2	5,62	2,54	261,12	26,10	-26,35	8,16
5,28	5,64	2,52	259,03	25,89	-26,14	8,16
5,36	5,66	2,50	256,96	25,68	-25,93	8,16
5,44	5,68	2,48	254,91	25,48	-25,72	8,16
5,52	5,70	2,46	252,87	25,27	-25,52	8,16
5,6	5,72	2,44	250,85	25,07	-25,31	8,16
5,68	5,74	2,42	248,84	24,87	-25,11	8,16
5,76	5,76	2,40	246,85	24,67	-24,91	8,16
5,84	5,78	2,38	244,88	24,47	-24,71	8,16
5,92	5,80	2,37	242,92	24,28	-24,51	8,16
6	5,82	2,35	240,98	24,08	-24,32	8,16
6,08	5,83	2,33	239,05	23,89	-24,12	8,16
6,16	5,85	2,31	237,14	23,70	-23,93	8,16
6,24	5,87	2,29	235,24	23,51	-23,74	8,16
6,32	5,89	2,27	233,36	23,32	-23,55	8,16
6,4	5,91	2,25	231,50	23,14	-23,36	8,16
6,48	5,93	2,24	229,65	22,95	-23,18	8,16
6,56	5,94	2,22	227,81	22,77	-22,99	8,16
6,64	5,96	2,20	225,99	22,59	-22,81	8,16
6,72	5,98	2,18	224,18	22,41	-22,62	8,16
6,8	6,00	2,17	222,39	22,23	-22,44	8,16
6,88	6,01	2,15	220,61	22,05	-22,26	8,16
6,96	6,03	2,13	218,85	21,87	-22,09	8,16
7,04	6,05	2,11	217,10	21,70	-21,91	8,16
7,12	6,06	2,10	215,36	21,52	-21,73	8,16
7,2	6,08	2,08	213,64	21,35	-21,56	8,16
7,28	6,10	2,06	211,93	21,18	-21,39	8,16
7,36	6,11	2,05	210,24	21,01	-21,22	8,16
7,44	6,13	2,03	208,56	20,84	-21,05	8,16
7,52	6,15	2,01	206,89	20,68	-20,88	8,16
7,6	6,16	2,00	205,24	20,51	-20,71	8,16
7,68	6,18	1,98	203,59	20,35	-20,55	8,16
7,76	6,20	1,97	201,97	20,19	-20,38	8,16
7,84	6,21	1,95	200,35	20,02	-20,22	8,16
7,92	6,23	1,94	198,75	19,86	-20,06	8,16
8	6,24	1,92	197,16	19,70	-19,90	8,16
8,08	6,26	1,90	195,58	19,55	-19,74	8,16
8,16	6,27	1,89	194,02	19,39	-19,58	8,16
8,24	6,29	1,87	192,47	19,24	-19,42	8,16
8,32	6,30	1,86	190,93	19,08	-19,27	8,16
8,4	6,32	1,84	189,40	18,93	-19,11	8,16
8,48	6,33	1,83	187,89	18,78	-18,96	8,16
8,56	6,35	1,82	186,39	18,63	-18,81	8,16
8,64	6,36	1,80	184,90	18,48	-18,66	8,16
8,72	6,38	1,79	183,42	18,33	-18,51	8,16
8,8	6,39	1,77	181,95	18,18	-18,36	8,16
8,88	6,40	1,76	180,50	18,04	-18,22	8,16
8,96	6,42	1,74	179,05	17,90	-18,07	8,16
9,04	6,43	1,73	177,62	17,75	-17,92	8,16
9,12	6,45	1,72	176,20	17,61	-17,78	8,16
9,2	6,46	1,70	174,79	17,47	-17,64	8,16
9,28	6,47	1,69	173,40	17,33	-17,50	8,16
9,36	6,49	1,68	172,01	17,19	-17,36	8,16
9,44	6,50	1,66	170,63	17,05	-17,22	8,16
9,52	6,51	1,65	169,27	16,92	-17,08	8,16
9,6	6,53	1,64	167,92	16,78	-16,95	8,16
9,68	6,54	1,62	166,57	16,65	-16,81	8,16

Streeter-Phelps model
 Oksigen sag curve Sungai Kramat dengan Beban Maksimum

Waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
9,76	6,55	1,61	165,24	16,51	-16,68	8,16
9,84	6,57	1,60	163,92	16,38	-16,54	8,16
9,92	6,58	1,58	162,61	16,25	-16,41	8,16
10	6,59	1,57	161,31	16,12	-16,28	8,16
10,08	6,60	1,56	160,02	15,99	-16,15	8,16
10,16	6,62	1,55	158,74	15,87	-16,02	8,16
10,24	6,63	1,53	157,47	15,74	-15,89	8,16
10,32	6,64	1,52	156,21	15,61	-15,76	8,16
10,4	6,65	1,51	154,96	15,49	-15,64	8,16
10,48	6,67	1,50	153,73	15,36	-15,51	8,16
10,56	6,68	1,49	152,50	15,24	-15,39	8,16
10,64	6,69	1,47	151,28	15,12	-15,27	8,16
10,72	6,70	1,46	150,07	15,00	-15,14	8,16
10,8	6,71	1,45	148,87	14,88	-15,02	8,16
10,88	6,72	1,44	147,68	14,76	-14,90	8,16
10,96	6,74	1,43	146,50	14,64	-14,78	8,16
11,04	6,75	1,42	145,33	14,52	-14,67	8,16
11,12	6,76	1,40	144,16	14,41	-14,55	8,16
11,2	6,77	1,39	143,01	14,29	-14,43	8,16
11,28	6,78	1,38	141,87	14,18	-14,32	8,16
11,36	6,79	1,37	140,73	14,07	-14,20	8,16
11,44	6,80	1,36	139,61	13,95	-14,09	8,16
11,52	6,81	1,35	138,49	13,84	-13,98	8,16
11,6	6,82	1,34	137,38	13,73	-13,86	8,16
11,68	6,83	1,33	136,29	13,62	-13,75	8,16
11,76	6,85	1,32	135,20	13,51	-13,64	8,16
11,84	6,86	1,31	134,12	13,40	-13,53	8,16
11,92	6,87	1,30	133,04	13,30	-13,43	8,16
12	6,88	1,29	131,98	13,19	-13,32	8,16
12,08	6,89	1,28	130,92	13,08	-13,21	8,16
12,16	6,90	1,26	129,88	12,98	-13,11	8,16
12,24	6,91	1,25	128,84	12,88	-13,00	8,16
12,32	6,92	1,24	127,81	12,77	-12,90	8,16
12,4	6,93	1,23	126,79	12,67	-12,79	8,16
12,48	6,94	1,22	125,77	12,57	-12,69	8,16
12,56	6,95	1,22	124,77	12,47	-12,59	8,16
12,64	6,96	1,21	123,77	12,37	-12,49	8,16
12,72	6,97	1,20	122,78	12,27	-12,39	8,16
12,8	6,98	1,19	121,80	12,17	-12,29	8,16
12,88	6,99	1,18	120,82	12,08	-12,19	8,16
12,96	6,99	1,17	119,86	11,98	-12,10	8,16
13,04	7,00	1,16	118,90	11,88	-12,00	8,16
13,12	7,01	1,15	117,95	11,79	-11,90	8,16
13,2	7,02	1,14	117,01	11,69	-11,81	8,16
13,28	7,03	1,13	116,07	11,60	-11,71	8,16
13,36	7,04	1,12	115,14	11,51	-11,62	8,16
13,44	7,05	1,11	114,22	11,42	-11,53	8,16
13,52	7,06	1,10	113,31	11,32	-11,43	8,16
13,6	7,07	1,09	112,40	11,23	-11,34	8,16
13,68	7,08	1,09	111,50	11,14	-11,25	8,16
13,76	7,09	1,08	110,61	11,05	-11,16	8,16
13,84	7,09	1,07	109,73	10,97	-11,07	8,16
13,92	7,10	1,06	108,85	10,88	-10,98	8,16
14	7,11	1,05	107,98	10,79	-10,90	8,16
14,08	7,12	1,04	107,12	10,71	-10,81	8,16
14,16	7,13	1,03	106,26	10,62	-10,72	8,16
14,24	7,14	1,03	105,41	10,54	-10,64	8,16
14,32	7,14	1,02	104,57	10,45	-10,55	8,16
14,4	7,15	1,01	103,73	10,37	-10,47	8,16
14,48	7,16	1,00	102,90	10,28	-10,38	8,16
14,56	7,17	0,99	102,08	10,20	-10,30	8,16
14,64	7,18	0,99	101,26	10,12	-10,22	8,16
14,72	7,18	0,98	100,45	10,04	-10,14	8,16
14,8	7,19	0,97	99,65	9,96	-10,06	8,16

Streeter-Phelps model
Oksigen sag curve Sungai Kramat dengan Beban Maksimum

Waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
14,88	7,20	0,96	98,85	9,88	-9,98	8,16
14,96	7,21	0,96	98,06	9,80	-9,90	8,16
15,04	7,21	0,95	97,28	9,72	-9,82	8,16
15,12	7,22	0,94	96,50	9,64	-9,74	8,16
15,2	7,23	0,93	95,73	9,57	-9,66	8,16
15,28	7,24	0,92	94,97	9,49	-9,58	8,16
15,36	7,24	0,92	94,21	9,42	-9,51	8,16
15,44	7,25	0,91	93,45	9,34	-9,43	8,16
15,52	7,26	0,90	92,71	9,27	-9,36	8,16
15,6	7,27	0,90	91,96	9,19	-9,28	8,16
15,68	7,27	0,89	91,23	9,12	-9,21	8,16
15,76	7,28	0,88	90,50	9,04	-9,13	8,16
15,84	7,29	0,87	89,78	8,97	-9,06	8,16
15,92	7,29	0,87	89,06	8,90	-8,99	8,16
16	7,30	0,86	88,35	8,83	-8,92	8,16
16,08	7,31	0,85	87,64	8,76	-8,84	8,16
16,16	7,32	0,85	86,94	8,69	-8,77	8,16
16,24	7,32	0,84	86,24	8,62	-8,70	8,16
16,32	7,33	0,83	85,55	8,55	-8,63	8,16
16,4	7,34	0,83	84,87	8,48	-8,56	8,16
16,48	7,34	0,82	84,19	8,41	-8,50	8,16
16,56	7,35	0,81	83,52	8,35	-8,43	8,16
16,64	7,36	0,81	82,85	8,28	-8,36	8,16
16,72	7,36	0,80	82,19	8,21	-8,29	8,16
16,8	7,37	0,79	81,53	8,15	-8,23	8,16
16,88	7,37	0,79	80,88	8,08	-8,16	8,16
16,96	7,38	0,78	80,23	8,02	-8,10	8,16
17,04	7,39	0,78	79,59	7,95	-8,03	8,16
17,12	7,39	0,77	78,96	7,89	-7,97	8,16
17,2	7,40	0,76	78,32	7,83	-7,90	8,16
17,28	7,41	0,76	77,70	7,77	-7,84	8,16
17,36	7,41	0,75	77,08	7,70	-7,78	8,16
17,44	7,42	0,74	76,46	7,64	-7,72	8,16
17,52	7,42	0,74	75,85	7,58	-7,65	8,16
17,6	7,43	0,73	75,24	7,52	-7,59	8,16
17,68	7,44	0,73	74,64	7,46	-7,53	8,16
17,76	7,44	0,72	74,04	7,40	-7,47	8,16
17,84	7,45	0,72	73,45	7,34	-7,41	8,16
17,92	7,45	0,71	72,86	7,28	-7,35	8,16
18	7,46	0,70	72,28	7,22	-7,29	8,16
18,08	7,46	0,70	71,70	7,17	-7,24	8,16
18,16	7,47	0,69	71,13	7,11	-7,18	8,16
18,24	7,48	0,69	70,56	7,05	-7,12	8,16
18,32	7,48	0,68	70,00	7,00	-7,06	8,16
18,4	7,49	0,68	69,44	6,94	-7,01	8,16
18,48	7,49	0,67	68,88	6,88	-6,95	8,16
18,56	7,50	0,67	68,33	6,83	-6,90	8,16
18,64	7,50	0,66	67,79	6,77	-6,84	8,16
18,72	7,51	0,65	67,24	6,72	-6,79	8,16
18,8	7,51	0,65	66,71	6,67	-6,73	8,16
18,88	7,52	0,64	66,17	6,61	-6,68	8,16
18,96	7,52	0,64	65,64	6,56	-6,62	8,16
19,04	7,53	0,63	65,12	6,51	-6,57	8,16
19,12	7,53	0,63	64,60	6,46	-6,52	8,16
19,2	7,54	0,62	64,08	6,40	-6,47	8,16
19,28	7,54	0,62	63,57	6,35	-6,42	8,16
19,36	7,55	0,61	63,06	6,30	-6,36	8,16
19,44	7,55	0,61	62,56	6,25	-6,31	8,16
19,52	7,56	0,60	62,06	6,20	-6,26	8,16
19,6	7,56	0,60	61,56	6,15	-6,21	8,16
19,68	7,57	0,59	61,07	6,10	-6,16	8,16
19,76	7,57	0,59	60,58	6,05	-6,11	8,16
19,84	7,58	0,59	60,10	6,01	-6,06	8,16
19,92	7,58	0,58	59,62	5,96	-6,02	8,16

Streeter-Phelps model
 Oksigen sag curve Sungai Kramat dengan Beban Maksimum

Waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
20	7,59	0,58	59,14	5,91	-5,97	8,16
20,08	7,59	0,57	58,67	5,86	-5,92	8,16
20,16	7,60	0,57	58,20	5,82	-5,87	8,16
20,24	7,60	0,56	57,73	5,77	-5,83	8,16
20,32	7,60	0,56	57,27	5,72	-5,78	8,16
20,4	7,61	0,55	56,81	5,68	-5,73	8,16
20,48	7,61	0,55	56,36	5,63	-5,69	8,16
20,56	7,62	0,54	55,91	5,59	-5,64	8,16
20,64	7,62	0,54	55,46	5,54	-5,60	8,16
20,72	7,63	0,54	55,02	5,50	-5,55	8,16
20,8	7,63	0,53	54,58	5,45	-5,51	8,16
20,88	7,64	0,53	54,14	5,41	-5,46	8,16
20,96	7,64	0,52	53,71	5,37	-5,42	8,16
21,04	7,64	0,52	53,28	5,32	-5,38	8,16
21,12	7,65	0,51	52,85	5,28	-5,33	8,16
21,2	7,65	0,51	52,43	5,24	-5,29	8,16
21,28	7,66	0,51	52,01	5,20	-5,25	8,16
21,36	7,66	0,50	51,59	5,16	-5,21	8,16
21,44	7,66	0,50	51,18	5,12	-5,17	8,16
21,52	7,67	0,49	50,77	5,07	-5,12	8,16
21,6	7,67	0,49	50,37	5,03	-5,08	8,16
21,68	7,68	0,49	49,96	4,99	-5,04	8,16
21,76	7,68	0,48	49,57	4,95	-5,00	8,16
21,84	7,68	0,48	49,17	4,91	-4,96	8,16
21,92	7,69	0,48	48,78	4,87	-4,92	8,16
22	7,69	0,47	48,39	4,84	-4,88	8,16
22,08	7,69	0,47	48,00	4,80	-4,84	8,16
22,16	7,70	0,46	47,61	4,76	-4,81	8,16
22,24	7,70	0,46	47,23	4,72	-4,77	8,16
22,32	7,71	0,46	46,86	4,68	-4,73	8,16
22,4	7,71	0,45	46,48	4,65	-4,69	8,16
22,48	7,71	0,45	46,11	4,61	-4,65	8,16
22,56	7,72	0,45	45,74	4,57	-4,62	8,16
22,64	7,72	0,44	45,38	4,53	-4,58	8,16
22,72	7,72	0,44	45,01	4,50	-4,54	8,16
22,8	7,73	0,43	44,65	4,46	-4,51	8,16
22,88	7,73	0,43	44,30	4,43	-4,47	8,16
22,96	7,73	0,43	43,94	4,39	-4,43	8,16
23,04	7,74	0,42	43,59	4,36	-4,40	8,16
23,12	7,74	0,42	43,24	4,32	-4,36	8,16
23,2	7,74	0,42	42,90	4,29	-4,33	8,16
23,28	7,75	0,41	42,55	4,25	-4,29	8,16
23,36	7,75	0,41	42,21	4,22	-4,26	8,16
23,44	7,75	0,41	41,88	4,19	-4,23	8,16
23,52	7,76	0,40	41,54	4,15	-4,19	8,16
23,6	7,76	0,40	41,21	4,12	-4,16	8,16
23,68	7,76	0,40	40,88	4,09	-4,13	8,16
23,76	7,77	0,39	40,55	4,05	-4,09	8,16
23,84	7,77	0,39	40,23	4,02	-4,06	8,16
23,92	7,77	0,39	39,91	3,99	-4,03	8,16
24	7,78	0,39	39,59	3,96	-4,00	8,16
24,08	7,78	0,38	39,27	3,92	-3,96	8,16
24,16	7,78	0,38	38,96	3,89	-3,93	8,16
24,24	7,79	0,38	38,65	3,86	-3,90	8,16
24,32	7,79	0,37	38,34	3,83	-3,87	8,16
24,4	7,79	0,37	38,03	3,80	-3,84	8,16
24,48	7,79	0,37	37,73	3,77	-3,81	8,16
24,56	7,80	0,36	37,42	3,74	-3,78	8,16
24,64	7,80	0,36	37,13	3,71	-3,75	8,16
24,72	7,80	0,36	36,83	3,68	-3,72	8,16
24,8	7,81	0,36	36,53	3,65	-3,69	8,16
24,88	7,81	0,35	36,24	3,62	-3,66	8,16
24,96	7,81	0,35	35,95	3,59	-3,63	8,16
25,04	7,81	0,35	35,66	3,56	-3,60	8,16

Streeter-Phelps model
Oksigen sag curve Sungai Kramat dengan Beban Maksimum

Waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
25,12	7,82	0,34	35,38	3,54	-3,57	8,16
25,2	7,82	0,34	35,10	3,51	-3,54	8,16
25,28	7,82	0,34	34,82	3,48	-3,51	8,16
25,36	7,83	0,34	34,54	3,45	-3,49	8,16
25,44	7,83	0,33	34,26	3,42	-3,46	8,16
25,52	7,83	0,33	33,99	3,40	-3,43	8,16
25,6	7,83	0,33	33,72	3,37	-3,40	8,16
25,68	7,84	0,33	33,45	3,34	-3,38	8,16
25,76	7,84	0,32	33,18	3,32	-3,35	8,16
25,84	7,84	0,32	32,91	3,29	-3,32	8,16
25,92	7,84	0,32	32,65	3,26	-3,29	8,16
26	7,85	0,32	32,39	3,24	-3,27	8,16
26,08	7,85	0,31	32,13	3,21	-3,24	8,16
26,16	7,85	0,31	31,87	3,19	-3,22	8,16
26,24	7,85	0,31	31,62	3,16	-3,19	8,16
26,32	7,86	0,31	31,37	3,13	-3,17	8,16
26,4	7,86	0,30	31,11	3,11	-3,14	8,16
26,48	7,86	0,30	30,87	3,08	-3,11	8,16
26,56	7,86	0,30	30,62	3,06	-3,09	8,16
26,64	7,87	0,30	30,37	3,04	-3,07	8,16
26,72	7,87	0,29	30,13	3,01	-3,04	8,16
26,8	7,87	0,29	29,89	2,99	-3,02	8,16
26,88	7,87	0,29	29,65	2,96	-2,99	8,16
26,96	7,88	0,29	29,41	2,94	-2,97	8,16
27,04	7,88	0,28	29,18	2,92	-2,94	8,16
27,12	7,88	0,28	28,95	2,89	-2,92	8,16
27,2	7,88	0,28	28,71	2,87	-2,90	8,16
27,28	7,88	0,28	28,49	2,85	-2,87	8,16
27,36	7,89	0,28	28,26	2,82	-2,85	8,16
27,44	7,89	0,27	28,03	2,80	-2,83	8,16
27,52	7,89	0,27	27,81	2,78	-2,81	8,16
27,6	7,89	0,27	27,59	2,76	-2,78	8,16
27,68	7,90	0,27	27,36	2,73	-2,76	8,16
27,76	7,90	0,26	27,15	2,71	-2,74	8,16
27,84	7,90	0,26	26,93	2,69	-2,72	8,16
27,92	7,90	0,26	26,71	2,67	-2,70	8,16
28	7,90	0,26	26,50	2,65	-2,67	8,16
28,08	7,91	0,26	26,29	2,63	-2,65	8,16
28,16	7,91	0,25	26,08	2,61	-2,63	8,16
28,24	7,91	0,25	25,87	2,59	-2,61	8,16
28,32	7,91	0,25	25,66	2,56	-2,59	8,16
28,4	7,91	0,25	25,46	2,54	-2,57	8,16
28,48	7,92	0,25	25,25	2,52	-2,55	8,16
28,56	7,92	0,24	25,05	2,50	-2,53	8,16
28,64	7,92	0,24	24,85	2,48	-2,51	8,16
28,72	7,92	0,24	24,65	2,46	-2,49	8,16
28,8	7,92	0,24	24,46	2,44	-2,47	8,16
28,88	7,93	0,24	24,26	2,42	-2,45	8,16
28,96	7,93	0,23	24,07	2,41	-2,43	8,16
29,04	7,93	0,23	23,87	2,39	-2,41	8,16
29,12	7,93	0,23	23,68	2,37	-2,39	8,16
29,2	7,93	0,23	23,49	2,35	-2,37	8,16
29,28	7,94	0,23	23,31	2,33	-2,35	8,16
29,36	7,94	0,23	23,12	2,31	-2,33	8,16
29,44	7,94	0,22	22,93	2,29	-2,31	8,16
29,52	7,94	0,22	22,75	2,27	-2,30	8,16
29,6	7,94	0,22	22,57	2,26	-2,28	8,16
29,68	7,94	0,22	22,39	2,24	-2,26	8,16
29,76	7,95	0,22	22,21	2,22	-2,24	8,16
29,84	7,95	0,21	22,03	2,20	-2,22	8,16
29,92	7,95	0,21	21,86	2,18	-2,21	8,16
30	7,95	0,21	21,68	2,17	-2,19	8,16
30,08	7,95	0,21	21,51	2,15	-2,17	8,16
30,16	7,95	0,21	21,34	2,13	-2,15	8,16
30,24	7,96	0,21	21,17	2,12	-2,14	8,16
30,32	7,96	0,20	21,00	2,10	-2,12	8,16
30,4	7,96	0,20	20,83	2,08	-2,10	8,16
30,48	7,96	0,20	20,66	2,06	-2,09	8,16
30,56	7,96	0,20	20,50	2,05	-2,07	8,16

Streeter-Phelps model
Oksigen sag curve Sungai Kramat dengan Beban Maksimum

Waktu	DO	Defisit Oksigen	BOD	rD	rR	DOs
30,64	7,96	0,20	20,33	2,03	-2,05	8,16
30,72	7,97	0,20	20,17	2,02	-2,04	8,16
30,8	7,97	0,19	20,01	2,00	-2,02	8,16
30,88	7,97	0,19	19,85	1,98	-2,00	8,16
30,96	7,97	0,19	19,69	1,97	-1,99	8,16
31,04	7,97	0,19	19,53	1,95	-1,97	8,16
31,12	7,97	0,19	19,38	1,94	-1,96	8,16
31,2	7,98	0,19	19,22	1,92	-1,94	8,16
31,28	7,98	0,19	19,07	1,91	-1,92	8,16
31,36	7,98	0,18	18,92	1,89	-1,91	8,16
31,44	7,98	0,18	18,76	1,88	-1,89	8,16
31,52	7,98	0,18	18,61	1,86	-1,88	8,16
31,6	7,98	0,18	18,47	1,85	-1,86	8,16
31,68	7,98	0,18	18,32	1,83	-1,85	8,16
31,76	7,99	0,18	18,17	1,82	-1,83	8,16
31,84	7,99	0,18	18,03	1,80	-1,82	8,16
31,92	7,99	0,17	17,88	1,79	-1,80	8,16
32	7,99	0,17	17,74	1,77	-1,79	8,16
32,08	7,99	0,17	17,60	1,76	-1,78	8,16
32,16	7,99	0,17	17,46	1,74	-1,76	8,16
32,24	7,99	0,17	17,32	1,73	-1,75	8,16
32,32	8,00	0,17	17,18	1,72	-1,73	8,16
32,4	8,00	0,17	17,04	1,70	-1,72	8,16
32,48	8,00	0,16	16,90	1,69	-1,71	8,16
32,56	8,00	0,16	16,77	1,68	-1,69	8,16
32,64	8,00	0,16	16,64	1,66	-1,68	8,16
32,72	8,00	0,16	16,50	1,65	-1,67	8,16
32,8	8,00	0,16	16,37	1,64	-1,65	8,16
32,88	8,00	0,16	16,24	1,62	-1,64	8,16
32,96	8,01	0,16	16,11	1,61	-1,63	8,16
33,04	8,01	0,16	15,98	1,60	-1,61	8,16
33,12	8,01	0,15	15,85	1,58	-1,60	8,16
33,2	8,01	0,15	15,73	1,57	-1,59	8,16
33,28	8,01	0,15	15,60	1,56	-1,57	8,16
33,36	8,01	0,15	15,48	1,55	-1,56	8,16
33,44	8,01	0,15	15,35	1,53	-1,55	8,16
33,52	8,01	0,15	15,23	1,52	-1,54	8,16
33,6	8,02	0,15	15,11	1,51	-1,52	8,16
33,68	8,02	0,15	14,99	1,50	-1,51	8,16
33,76	8,02	0,14	14,87	1,49	-1,50	8,16
33,84	8,02	0,14	14,75	1,47	-1,49	8,16
33,92	8,02	0,14	14,63	1,46	-1,48	8,16
34	8,02	0,14	14,51	1,45	-1,46	8,16
34,08	8,02	0,14	14,40	1,44	-1,45	8,16
34,16	8,02	0,14	14,28	1,43	-1,44	8,16
34,24	8,02	0,14	14,17	1,42	-1,43	8,16
34,32	8,03	0,14	14,05	1,40	-1,42	8,16
34,4	8,03	0,14	13,94	1,39	-1,41	8,16
34,48	8,03	0,13	13,83	1,38	-1,40	8,16
34,56	8,03	0,13	13,72	1,37	-1,38	8,16
34,64	8,03	0,13	13,61	1,36	-1,37	8,16
34,72	8,03	0,13	13,50	1,35	-1,36	8,16
34,8	8,03	0,13	13,39	1,34	-1,35	8,16
34,88	8,03	0,13	13,29	1,33	-1,34	8,16
34,96	8,03	0,13	13,18	1,32	-1,33	8,16
35,04	8,03	0,13	13,08	1,31	-1,32	8,16
35,12	8,04	0,13	12,97	1,30	-1,31	8,16
35,2	8,04	0,13	12,87	1,29	-1,30	8,16
35,28	8,04	0,12	12,76	1,28	-1,29	8,16
35,36	8,04	0,12	12,66	1,27	-1,28	8,16
35,44	8,04	0,12	12,56	1,26	-1,27	8,16
35,52	8,04	0,12	12,46	1,25	-1,26	8,16
35,6	8,04	0,12	12,36	1,24	-1,25	8,16
35,68	8,04	0,12	12,26	1,23	-1,24	8,16
35,76	8,04	0,12	12,16	1,22	-1,23	8,16
35,84	8,04	0,12	12,07	1,21	-1,22	8,16
35,92	8,05	0,12	11,97	1,20	-1,21	8,16
36	8,05	0,12	11,87	1,19	-1,20	8,16
36,08	8,05	0,11	11,78	1,18	-1,19	8,16
36,16	8,05	0,11	11,69	1,17	-1,18	8,16
36,24	8,05	0,11	11,59	1,16	-1,17	8,16
36,32	8,05	0,11	11,50	1,15	-1,16	8,16

Lampiran E

DATA PERHITUNGAN

E.1 Perhitungan DO dan BOD (Contoh Perhitungan Pada Titik 1 pengulangan ke-1)

Sungai Gladaksikur

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{a \times N \times 8000}{V-4} \\ &= \frac{12,1 \times 0,025 \times 8000}{330-4} \\ &= 7,13 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \frac{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)(1 - P)}{P} \\ &= \frac{(6,97 - 6,30) - (0 - 0)(1 - 1)}{1} \\ &= 0,667 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Sungai Kramat

$$\begin{aligned} \text{DO} &= \frac{a \times N \times 8000}{V-4} \\ &= \frac{12,8 \times 0,025 \times 8000}{330-4} \\ &= 7,54 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \frac{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)(1 - P)}{P} \\ &= \frac{(7,52 - 6,77) - (0 - 0)(1 - 1)}{1} \\ &= 0,746 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

E.2 Perhitungan Beban Pencemaran (BP)

a. Sungai Gladaksikur

Titik 1

$$\begin{aligned} \text{BP} &= \text{BOD} \times Q \\ &= 0,667 \text{ mg/l} \times 1228,3124 \text{ L/s} \\ \text{BP} &= 70,8376 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Titik 2

$$\begin{aligned} \text{BP} &= \text{BOD} \times Q \\ &= 0,628 \text{ mg/l} \times 1531,9252 \text{ L/s} \\ \text{BP} &= 83,1503 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Titik 3

$$\begin{aligned} \text{BP} &= \text{BOD} \times Q \\ &= 0,510 \text{ mg/l} \times 1600,6320 \text{ L/s} \\ \text{BP} &= 70,5896 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Titik 4

$$\begin{aligned} \text{BP} &= \text{BOD} \times Q \\ &= 0,510 \text{ mg/l} \times 1645,5068 \text{ L/s} \\ \text{BP} &= 72,5687 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Titik 5

$$\begin{aligned} \text{BP} &= \text{BOD} \times Q \\ &= 0,785 \text{ mg/l} \times 1634,8180 \text{ L/s} \\ \text{BP} &= 110,9189 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Titik 6

$$\begin{aligned}BP &= \text{BOD} \times Q \\ &= 0,510 \text{ mg/l} \times 1706,2460 \text{ L/s} \\ BP &= 75,2473 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

b. Sungai Kramat

Titik 1

$$\begin{aligned}BP &= \text{BOD} \times Q \\ &= 0,746 \text{ mg/l} \times 898,1805 \text{ L/s} \\ BP &= 57,8926 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Titik 2

$$\begin{aligned}BP &= \text{BOD} \times Q \\ &= 0,785 \text{ mg/l} \times 1006,0668 \text{ L/s} \\ BP &= 68,2595 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Titik 3

$$\begin{aligned}BP &= \text{BOD} \times Q \\ &= 0,766 \text{ mg/l} \times 1039,2802 \text{ L/s} \\ BP &= 68,7501 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Titik 4

$$\begin{aligned}BP &= \text{BOD} \times Q \\ &= 0,805 \text{ mg/l} \times 1058,0020 \text{ L/s} \\ BP &= 73,5777 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Titik 5

$$\begin{aligned}BP &= \text{BOD} \times Q \\ &= 1,021 \text{ mg/l} \times 1120,4984 \text{ L/s} \\ BP &= 98,8304 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Titik 6

$$\begin{aligned}BP &= \text{BOD} \times Q \\ &= 0,982 \text{ mg/l} \times 1185,0223 \text{ L/s} \\ BP &= 100,5015 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

E.3 Perhitungan Konstanta Deoksigenasi

a. Konstanta deoksigenasi Sungai Gladaksukur

Hari	Titration (ml)			DO	BOD	y	Y ²	Y'	yy'
	Awal	Akhir	Selisih	(mg/l)	(mg/l)				
0					0				
2	16,6	27,9	11,3	6,66	0,314	0,314	0,099	0,182	0,057
4	19,8	30,4	10,6	6,24	0,726	0,726	0,528	0,162	0,118
6	22,2	32,4	10,2	6,01	0,962	0,962	0,925	0,074	0,071
8	27,5	37,6	10,1	5,95	1,021	1,021	1,042	0,029	0,030
10	22,5	32,5	10	5,89	1,080				
Jumlah						3,023	2,594	0,447	0,276

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

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

$$4a + 3,023b - 0,447 = 0$$

$$3,023a + 2,594b - 0,276 = 0$$

$$4a + 3,023b - 0,447 = 0$$

$$a = \frac{0,447 - 3,023b}{4}$$

$$3,023a + 2,594b - 0,276 = 0$$

$$3,023 \left(\frac{0,447 - 3,023b}{4} \right) + 2,594b - 0,276 = 0$$

$$0,338 - 2,285b + 2,589b - 0,276 = 0$$

$$b = -0,2$$

$$4a + 3,023b - 0,447 = 0$$

$$4a + 3,023(-0,2) - 0,447 = 0$$

$$4a = 0,605 + 0,447$$

$$4a = 1,052$$

$$a = 0,263$$

$$K' = -b$$

$$K' = 0,2$$

$$BOD \text{ Ultimate} = -\frac{a}{b}$$

$$= -\frac{0,263}{-0,2}$$

$$= 1,315 \text{ mg/l}$$

b. Konstanta deoksigenasi Sungai Kramat

Hari	Titirasi (ml)			DO	BOD	y	Y ²	Y'	yy'
	Awal	Akhir	Selisih	(mg/l)	(mg/l)				
0					0				
2	25,7	38	12,3	7,24	0,275	0,275	0,076	0,157	0,043
4	21,3	33	11,7	6,89	0,628	0,628	0,395	0,133	0,083
6	32	43,4	11,4	6,71	0,805	0,805	0,648	0,074	0,059
8	27,2	38,4	11,2	6,60	0,923	0,923	0,851	0,133	0,122
10	20,1	30,6	10,5	6,18	1,335				
Jumlah						2,631	1,969	0,496	0,308

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

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

$$4a + 2,631b - 0,496 = 0$$

$$2,631a + 1,969b - 0,308 = 0$$

$$4a + 2,631b - 0,496 = 0$$

$$a = \frac{0,496 - 2,631b}{4}$$

$$2,631a + 1,969b - 0,308 = 0$$

$$2,631 \left(\frac{0,496 - 2,631b}{4} \right) + 1,969b - 0,308 = 0$$

$$0,326 - 1,731b + 1,969b - 0,308 = 0$$

$$b = -0,075$$

$$4a + 2,631b - 0,496 = 0$$

$$4a + 2,631(-0,075) - 0,496 = 0$$

$$4a = 0,197 + 0,469$$

$$4a = 0,666$$

$$a = 0,166$$

$$K' = -b$$

$$K' = 0,075$$

$$BOD \text{ Ultimate} = -\frac{a}{b}$$

$$= -\frac{0,166}{-0,075}$$

$$= 2,22 \text{ mg/l}$$

E.4 Perhitungan Konstanta Reaerasi (contoh perhitungan titik kelima)

a. Sungai Gladaksikur

$$D_{LT} = 1,760 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{d} \times 1,037^{T-20}$$

$$= 1,760 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{d} \times 1,037^{27,5-20}$$

$$= 2,31 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{d}$$

$$K'2 = \frac{294 (DL \times v)^{1/2}}{H^{3/2}}$$

$$= \frac{294 (0,000231 \times 0,15)^{1/2}}{0,634^{3/2}}$$

$$= 3,423 \text{ hari}^{-1}$$

b. Sungai Kramat

$$\begin{aligned}
 D_{LT} &= 1,760 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{d} \times 1,037^{T-20} \\
 &= 1,760 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{d} \times 1,037^{26,61-20} \\
 &= 2,24 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{d} \\
 K'2 &= \frac{294 (DL \times v)^{1/2}}{H^{3/2}} \\
 &= \frac{294 (0,000224 \times 0,27)^{1/2}}{0,5^{3/2}} \\
 &= 4,983 \text{ hari}^{-1}
 \end{aligned}$$

E.5 Perhitungan Persamaan Streeter-Phelps (contoh perhitungan titik kelima)

a. BOD Ultimate

1) Sungai Gladaksikur

$$\begin{aligned}
 L_0 &= \frac{BOD_{20}^5}{1 - e^{-5K't}} \\
 &= \frac{0,785_{20}^5}{1 - 2,718^{-5 \times 0,2}} \\
 &= 1,039 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

2) Sungai Kramat

$$\begin{aligned}
 L_0 &= \frac{BOD_{20}^5}{1 - e^{-5K't}} \\
 &= \frac{1,021_{20}^5}{1 - 2,718^{-5 \times 0,075}} \\
 &= 2,563 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

b. Laju Deoksigenasi (r_D)

1) Sungai Gladaksikur

$$\begin{aligned}
 r_D &= -K' L_0 e^{-K't} \\
 &= -0,282 \times 1,039 \times 2,718^{-0,282 \times 5} \\
 &= 0,071 \text{ mg/l.hari}
 \end{aligned}$$

2) Sungai Kramat

$$\begin{aligned}
 r_D &= -K' L_0 e^{-K't} \\
 &= -0,102 \times 2,563 \times 2,718^{-0,102 \times 5} \\
 &= 0,157 \text{ mg/l.hari}
 \end{aligned}$$

c. Laju Reaerasi (r_R)

1) Sungai Gladaksikur

$$\begin{aligned}
 r_R &= K'2 (C_s - C) \\
 &= 3,856 (7,975 - 6,77) \\
 &= 4,634 \text{ mg/l.hari}
 \end{aligned}$$

2) Sungai Kramat

$$\begin{aligned}
 r_R &= K'2 (C_s - C) \\
 &= 5,534 (8,109 - 6,97) \\
 &= 6,304 \text{ mg/l.hari}
 \end{aligned}$$

d. Waktu Mencapai Titik Kritis (t_c)

1) Sungai Gladaksikur

$$\begin{aligned}
 t_c &= \frac{1}{K'2 - K'} \log \left(\frac{K'2}{K'} \left(1 - \frac{D_0(K'2 - K')}{K' - L_0} \right) \right) \\
 &= \frac{1}{3,856 - 0,282} \log \left(\frac{3,856}{0,282} \left(1 - \frac{1,202(3,856 - 0,282)}{0,282 - 1,242} \right) \right) \\
 &= 0,549 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

2) Sungai Kramat

$$\begin{aligned}
 t_c &= \frac{1}{K'2 - K'} \log \left(\frac{K'2}{K'} \left(1 - \frac{D_0(K'2 - K')}{K' - L_0} \right) \right) \\
 &= \frac{1}{5,534 - 0,102} \log \left(\frac{5,534}{0,102} \left(1 - \frac{1,139(5,534 - 0,102)}{0,102 - 2,563} \right) \right) \\
 &= 0,420 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

e. Defisit Kritis (Dc)

1) Sungai Gladaksikur

$$\begin{aligned}
 D_c &= \frac{K'}{K'2} L_0 e^{-K' t_c} \\
 &= \frac{0,282}{3,856} \times 1,242 \times 2,718^{-0,282 \times 0,549} \\
 &= 0,065 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

2) Sungai Kramat

$$\begin{aligned}
 D_c &= \frac{K'}{K'2} L_0 e^{-K' t_c} \\
 &= \frac{0,102}{5,534} \times 2,563 \times 2,718^{-0,102 \times 0,420} \\
 &= 0,045 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

f. Letak Titik Kritis (Xc)

1) Sungai Gladaksikur

$$\begin{aligned}
 X_c &= t_c \times v \\
 &= 0,549 \text{ hari} \times 0,15 \text{ m/s} \\
 &= 7,067 \text{ km}
 \end{aligned}$$

2) Sungai Kramat

$$\begin{aligned}
 X_c &= t_c \times v \\
 &= 0,420 \text{ hari} \times 0,27 \text{ m/s} \\
 &= 9,962 \text{ km}
 \end{aligned}$$

E.6 Perhitungan Pemodelan Streeter-Phelps (Contoh Perhitungan Titik Ke-5)

Sungai Gladaksikur

Diketahui:

$$dt = 0,1 \text{ hari}$$

$$DO_s = 7,97 \text{ mg/l}$$

$$D = 1,20 \text{ mg/l}$$

$$BOD = 0,78 \text{ mg/l}$$

$$kd = 0,28 \text{ hari}^{-1}$$

$$kr = 3,86 \text{ hari}^{-1}$$

$$BOD_{0,1} = BOD - dt \times kd \times BOD$$

$$= 0,78 - 0,1 \times 0,28 \times 0,78$$

$$= 0,76 \text{ mg/l}$$

$$D_{0,1} = D + dt \times kd \times BOD - dt \times kr \times D$$

$$= 1,20 + 0,1 \times 0,28 \times 0,76 - 0,1$$

$$\times 3,86 \times 1,20$$

$$= 0,76 \text{ mg/l}$$

$$DO_{0,1} = DO_s - D_t$$

$$= 7,97 - 0,76$$

$$= 7,21 \text{ mg/l}$$

$$rR = -kr \times D_{0,1}$$

$$= -4,86 \times 0,76$$

$$= -2,93 \text{ mg/l.hari}$$

$$\begin{aligned}
 rD &= kd \times BOD_{0,1} \\
 &= 0,28 \times 0,76 \\
 &= 0,22 \text{ mg/l.hari}
 \end{aligned}$$

Sungai Kramat

Diketahui:

$$dt = 0,1 \text{ hari}$$

$$DO_s = 8,11 \text{ mg/l}$$

$$D = 1,14 \text{ mg/l}$$

$$BOD = 1,02 \text{ mg/l}$$

$$kd = 0,10 \text{ hari}^{-1}$$

$$kr = 5,53 \text{ hari}^{-1}$$

$$\begin{aligned}
 BOD_{0,1} &= BOD - dt \times kd \times BOD \\
 &= 1,02 - 0,1 \times 0,10 \times 1,02 \\
 &= 1,01 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_{0,1} &= D + dt \times kd \times BOD - dt \times kr \times D \\
 &= 1,14 + 0,1 \times 0,1 \times 1,01 - 0,1 \\
 &\quad \times 5,53 \times 1,14 \\
 &= 0,52 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DO_{0,1} &= DO_s - D_t \\
 &= 8,11 - 0,52 \\
 &= 7,59 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 rR &= -kr \times D_{0,1} \\
 &= -5,53 \times 0,52 \\
 &= -2,87 \text{ mg/l.hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 rD &= kd \times BOD_{0,1} \\
 &= 0,1 \times 1,01 \\
 &= 0,10 \text{ mg/l.hari}
 \end{aligned}$$

Lampiran F

KEPUTUSAN
MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP
NOMOR 110 TAHUN 2003

TENTANG
PEDOMAN PENETAPAN DAYA TAMPUNG BEBAN
PENCEMARAN AIR PADA SUMBER AIR

MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP,

- Menimbang : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 23 ayat (4) Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air perlu menetapkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air;
- Mengingat : 1. Undang-undang Nomor 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Tahun 1997 Nomor 68, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3699);
2. Undang-undang Nomor 22 Tahun 1999 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Tahun 1999 Nomor 60, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3839);
3. Peraturan Pemerintah Nomor 25 Tahun 2000 tentang Kewenangan Pemerintah dan Kewenangan Provinsi Sebagai Daerah Otonom (Lembaran Negara Tahun 2000 Nomor 54, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3952);
4. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Tahun 2001 Nomor 153, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4161);
5. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2002 tentang Perubahan Atas Keputusan Presiden Nomor 101 Tahun 2001 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Kewenangan, Susunan Organisasi, Dan Tata Kerja Menteri Negara;

M E M U T U S K A N :

Menetapkan : KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP
TENTANG PEDOMAN PENETAPAN DAYA TAMPUNG BEBAN
PENCEMARAN AIR PADA SUMBER AIR.

Pasal 1

Dalam keputusan ini yang dimaksud dengan :

- a. Daya tampung beban pencemaran air adalah kemampuan air pada suatu sumber air, untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar;
- b. Beban pencemaran adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah;
- c. Metoda Neraca Massa adalah metoda penetapan daya tampung beban pencemaran air dengan menggunakan perhitungan neraca massa komponen-komponen sumber pencemaran;
- d. Metoda Streeter-Phelps adalah metoda penetapan daya tampung beban pencemaran air pada sumber air dengan menggunakan model matematik yang dikembangkan oleh Streeter-Phelps;

Pasal 2

- (1) Bupati/Walikota menetapkan daya tampung beban pencemaran air pada sumber air.
- (2) Daya tampung beban pencemaran air pada sumber air sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), ditetapkan berdasarkan debit minimal pada tahun yang bersangkutan atau tahun sebelumnya.
- (3) Dalam menetapkan daya tampung beban pencemaran air pada sumber air sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), digunakan metoda perhitungan yang telah teruji secara ilmiah, yaitu :
 - a. Metoda Neraca Massa;
 - b. Metoda Streeter-Phelps.

Pasal 3

- (1) Cara dan contoh penetapan daya tampung beban pencemaran air pada sumber air dengan metoda neraca massa sebagaimana dimaksud dalam Lampiran I.
- (2) Cara dan contoh penetapan daya tampung beban pencemaran air limbah pada sumber air dengan metoda Streeter-Phelps sebagaimana dimaksud dalam Lampiran II.

Pasal 4

- (1) Apabila timbul kebutuhan untuk menggunakan metoda lain yang juga berdasarkan kaidah ilmu pengetahuan dan teknologi untuk menyesuaikan dengan situasi dan kondisi serta kapasitas daerah, maka dapat digunakan metoda di luar metoda sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2.
- (2) Metoda sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) digunakan setelah mendapat rekomendasi dari instansi yang bertanggung jawab di bidang pengelolaan lingkungan hidup dan pengendalian dampak lingkungan.

Pasal 5

Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di : Jakarta
pada tanggal : 27 Juni 2003

Menteri Negara
Lingkungan Hidup,

ttd.

Nabiel Makarim, MPA, MSM

**Salinan sesuai dengan aslinya
Deputi I MENLH Bidang Kebijakan
dan Kelembagaan Lingkungan Hidup,**

Hoetomo, MPA.

Lampiran II
Keputusan Menteri Negara
Lingkungan Hidup,
Nomor 110 Tahun 2003
Tanggal 27 Juni 2003

Cara Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air pada Sumber Air Metoda Streeter - Phelps

I. Pendahuluan

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

II. Deskripsi

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

Proses Pengurangan Oksigen (Deoksigenasi)

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

$$dL/dt = -K' \cdot L \dots \dots \dots (2-1)$$

dengan L : konsentrasi senyawa organik (mg/L)

t : waktu (hari)

K' : konstanta reaksi orde satu (hari^{-1})

Jika konsentrasi awal senyawa organik sebagai BOD adalah L_0 yang dinyatakan sebagai BOD ultimate dan L_t adalah BOD pada saat t , maka persamaan (2-1) dinyatakan sebagai

$$dL/dt = -K' \cdot L \dots \dots \dots (2-2)$$

Hasil integrasi persamaan (2-2) selama masa deoksigenasi adalah :

$$L_t = L_0 \cdot e^{(K' \cdot t)} \dots \dots \dots (2-3)$$

Penentuan K' dapat dilakukan dengan :

- (1) metoda selisih logaritmatik,
- (2) metoda moment (metoda Moore dkk), dan
- (3) metode Thomas.

Laju deoksigenasi akibat senyawa organik dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$r_D = -K' L \dots \dots \dots (2-4)$$

dengan K' : konstanta laju reaksi orde pertama, hari⁻¹
 L : BOD ultimat pada titik yang diminta, mg/L

Jika L diganti dengan $L_0 e^{-K' t}$, persamaan 2-4 menjadi

$$r_D = -K' L_0 e^{-K' t} \dots \dots \dots (2-5)$$

dengan : L_0 : BOD ultimat pada titik discharge (setelah pencampuran), mg/L

Proses peningkatan oksigen terlarut (reaerasi)

Kandungan oksigen di dalam air akan menerima tambahan akibat turbulensi sehingga berlangsung perpindahan oksigen dari udara ke air dan proses ini adalah proses reaerasi. Peralihan oksigen ini dinyatakan oleh persamaan laju reaerasi :

$$r_R = K_2 (C_s - C) \dots \dots \dots (2-6)$$

dengan K_2 : konstanta reaerasi, hari⁻¹ (basis bilangan natural)
 C_s : konsentrasi oksigen terlarut jenuh, mg/L
 C : konsentrasi oksigen terlarut, mg/L

Konstanta reaerasi dapat diperkirakan dengan menentukan karakteristik aliran dan menggunakan salah satu persamaan empirik. Persamaan O'Conner dan Dobbins adalah persamaan yang umum digunakan untuk menghitung konstanta reaerasi (K_2).

$$K_2 = \frac{294 (D_L U)^{1/2}}{H^{3/2}} \dots \dots \dots (2-7)$$

dengan D_L : koefisien difusi molekular untuk oksigen, m²/hari
 U : kecepatan aliran rata-rata, m/detik
 H : kedalaman aliran rata-rata, m

Variasi koefisiensi difusi molekular terhadap temperatur dapat ditentukan dengan persamaan :

$$D_{LT} = 1.760 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{d} \times 1.037^{T-20} \dots\dots\dots(2-8)$$

dengan D_{LT} : koefisien difusi molekular oksigen pada temperatur T, m² /hari
 1.760×10^{-4} : koefisien difusi molekular oksigen pada 20 °C
 T : temperatur, °C

Harga K_2 telah diestimasi oleh Engineering Board of Review for the Sanitary District of Chicago untuk berbagai macam badan air (tabel 2-1).

Table 2-1 Konstanta Reaerasi

Water Body	K ₂ at 20°C
	(base e) ^a
Small ponds and backwaters	0.10-0.23
Sluggish streams and large lake	0.23-0.35
Large streams of low velocity	0.35-0.46
Large streams of normal velocity	0.46-0.69
Swift streams	0.69-1.15
Rapid and waterfalls	>1.15

$$K_{2T} = K_{2,20} \cdot 1.024^{T-20}$$

$$1.8 (°C) + 32 = °F$$

Kurva Penurunan Oksigen (*Oxygen sag curve*)

Jika kedua proses di atas dialurkan dengan konsentrasi oksigen terlarut sebagai sumbu tegak dan waktu atau jarak sebagai sumbu datar, maka hasil pengaluran kumulatif yang menyatakan antaraksi proses deoksigenasi dan reaerasi adalah kurva kandungan oksigen terlarut dalam badan air. Kurva ini dikenal sebagai kurva penurunan oksigen (*oxygen sag curve*).

Jika diasumsikan bahwa sungai dan limbah tercampur sempurna pada titik buangan, maka konsentrasi konstituen pada campuran air-limbah pada $x = 0$ adalah

$$C_0 = \frac{Q_r C_r + Q_w C_w}{Q_r + Q_w} \dots\dots\dots(2-9)$$

- dengan : C_o = konsentrasi konstituen awal pada titik buangan setelah pencampuran, mg/L
 Q_r = laju alir sungai, m³/detik
 C_r = konsentrasi konstituen dalam sungai sebelum pencampuran, mg/L
 C_w = konsentrasi konstituen dalam air limbah, mg/L

Perubahan kadar oksigen di dalam sungai dapat dimodelkan dengan mengasuksikan sungai sebagai reaktor alir sumbat.

Neraca massa oksigen :

Akumulasi = aliran masuk - aliran keluar + deoksigenasi + reoksigenasi

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} dV = QC - Q \left(C + \frac{\partial C}{\partial x} dx \right) + r_D dV + r_R dV \dots\dots\dots (2-10)$$

Substitusi r_D dan r_R , maka persamaan 2-10 menjadi

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} dV = QC - Q \left(C + \frac{\partial C}{\partial x} dx \right) - K'L dV + K_2 (C_s - \bar{C}) dV \dots\dots\dots (2-11)$$

Jika diasumsikan keadaan tunak, $\partial C / \partial t = 0$, maka

$$0 = -Q \frac{dC}{dx} dx - K'L dV + K_2 (C_s - C) dV \dots\dots\dots (2-12)$$

substitusi dV menjadi $A dx$ dan $A dx / Q$ menjadi dt , maka persamaan 2-12 menjadi

$$\frac{dC}{dt} = -K'L + K_2 (C_s - C) \dots\dots\dots (2-13)$$

Jika defisit oksigen D , didefinisikan sebagai

$$D = (C_s - C) \dots\dots\dots (2-14)$$

Kemudian perubahan defisit terhadap waktu adalah

$$\frac{dD}{dt} = - \frac{dC}{dt} \dots\dots\dots (2-15)$$

maka persamaan 2-13 menjadi

$$\frac{dD}{dt} = K'L + K_2 D \dots\dots\dots (2-16)$$

Substitusi L

$$\frac{dD}{dt} + K_2 D = K_1 L_0 e^{-k_1 t} \dots \dots \dots (2-17)$$

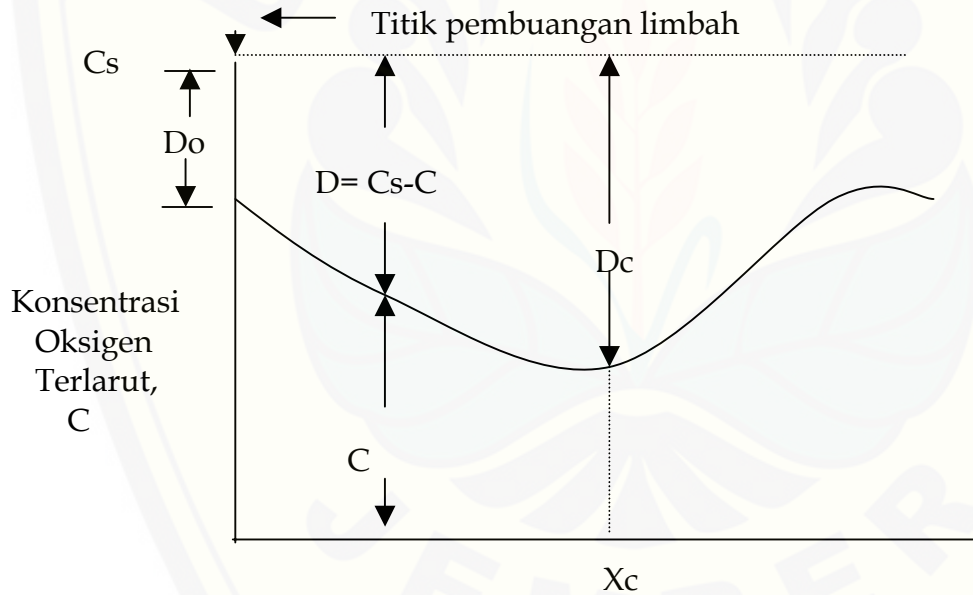
jika pada $t=0, D=D_0$ maka hasil integrasi persamaan 2-17 menjadi

$$D_t = \frac{K_1 L_0}{K_2 - K_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) + D_0 e^{-k_1 t} \dots \dots \dots (2-18)$$

Dengan : D_t = defisit oksigen pada waktu t , mg/L

D_0 = defisit oksigen awal pada titik buangan pada waktu $t=0$, mg/L

Persamaan 2-18 merupakan persamaan Streeter-Phelps *oxygen-sag* yang biasa digunakan pada analisis sungai. Gambar kurva *oxygen-sag* ditunjukkan pada gambar 2-1 berikut ini.



Gambar 2-1 Kurva karakteristik oxygen-sag berdasarkan persamaan Streeter - phelps

Suatu metoda pengelolaan kualitas air dapat dilakukan atas dasar defisit oksigen kritik D_c , yaitu kondisi deficit DO terendah yang dicapai akibat beban yang diberikan pada aliran tersebut. Jika dD/dt pada persamaan 2-17 sama dengan nol, maka

$$D_c = \frac{K_1}{K_2} L_0 e^{-k_1 t_c} \dots \dots \dots (2-19)$$

Dengan t_c = waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik kritik.

L_0 = BOD ultimat pada aliran hulu setelah pencampuran, mg/L

Jika dD/dt pada persamaan 2-17 sama dengan nol, maka

$$t_c = \frac{1}{K_2 - K'} \ln \left[\frac{K_2}{K'} \left(1 - \frac{D_0 (K_2 - K')}{K' L_0} \right) \right] \dots\dots\dots(2-20)$$

$$x_c = t_c v \dots\dots\dots(2-21)$$

Dengan v = kecepatan aliran sungai

Persamaan 2.19 dan 2.20 merupakan persamaan yang penting untuk menyatakan defisit DO yang paling rendah (kritis) dan waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi kritis tersebut. Dari waktu tersebut dapat ditentukan letak (posisi, x_c) kondisi kritis dengan menggunakan persamaan 2.21.

Persamaan lain yang penting adalah menentukan Beban maksimum yang diizinkan. Persamaan tersebut diturunkan dari persamaan 2.18. Persamaan tersebut adalah :

$$\log L_a = \log D_{all} + \left[1 + \frac{K'}{K_2 - K'} \left(1 - \frac{D_0}{D_{all}} \right)^{0,418} \right] \log \frac{K_2}{K'} \dots\dots\dots(2-22)$$

Dengan : D_{all} : defisit DO yang diizinkan, mg/L = $DO_{jenuh} - DO_{baku\ mutu}$

III. Prosedur Penggunaan

Dalam penentuan daya dukung terdapat dua langkah, yang pertama yaitu menentukan apakah beban yang diberikan menyebabkan nilai defisit DO kritis melebihi defisit DO yang diizinkan atau tidak. Untuk hal ini diperlukan persamaan 2.19 dan 2.20. Apabila jawabannya ya, maka diperlukan langkah kedua, yaitu menentukan beban BOD maksimum yang diizinkan agar defisit DO kritis tidak melampaui defisit DO yang diizinkan, untuk hal ini diperlukan persamaan 2.22.

Untuk menggunakan persamaan 2.19, 2.20 dan 2.22 diperlukan data K' dan K_2 dan data BOD ultimat. Penentuan K' dapat menggunakan berbagai metoda yang tersedia, salah satu yang relatif sederhana adalah menggunakan metoda Thomas, yaitu dengan menggunakan data percobaan. Penentuan K_2 dapat menggunakan

persamaan empiris seperti yang diberikan pada persamaan 2.7 dan 2.8 atau yang disajikan pada Tabel 2.1

Perlu dicatat bahwa harga K' , dan K'_{20} merupakan fungsi temperatur. Persamaan yang banyak digunakan untuk memperhatikan fungsi temperatur adalah :

$$K'_T = K'_{20} (1,047)^{T-20} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$K'_{2T} = K'_{2(20)}(1,016)^{T-20} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dengan T = temperatur air, °C dan K'_{20} , $K'_{2(20)}$ menyatakan harga masing-masing pada temperatur 20 °C.

Nilai BOD ultimat pada temperatur dapat ditentukan dari nilai BOD^5_{20} , yaitu BOD yang ditentukan pada temperatur 20 °C selama 5 hari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$La = BOD^5_{20} / (1-e^{-5.K'}) \dots\dots\dots(2.25)$$

Dengan K' menyatakan laju deoksigenasi dan 5 menyatakan hari lamanya penentuan BOD.

1. Tentukan laju deoksigenasi (K') dari air sungai yang diteliti. Penentuan harga K' pada intinya adalah menggunakan persamaan 2.3. Kemudian diperlukan serangkaian percobaan di laboratorium. Sehubungan dengan relatif rumitnya penentuan tersebut, maka dianjurkan untuk mengacu pada buku Metcalf dan Eddy untuk penentuan harga K' tersebut. Menurut Metcalf dan Eddy, nilai K' (basis logaritmit, 20 °C) berkisar antara 0,05 hingga 0,3 hari⁻¹. Pada intinya pengukuran K' melibatkan serangkaian percobaan pengukuran BOD dengan panjang hari pengamatan yang berbeda-beda. Apabila digunakan metoda Thomas, maka data tersebut bisa dimanipulasi untuk mendapatkan nilai K' .

Berikut ini contoh yang diambil dari Metcalf dan Eddy :

T, hari	2	4	6	8	10
Y,mg/L	11	18	22	24	26
(t/y) ^{1/3}	0,57	0,61	0,65	0,69	0,727

Dengan t menyatakan waktu pengamatan dan y nilai BOD (*exerted*)

Metoda Thomas adalah mengalurkan $(t/y)^{1/3}$ terhadap t sesuai dengan persamaan berikut :

$$(t/y)^{1/3} = (2,3 K' La)^{-1/3} + (K')^{-2/3}(t)/(3,43 La)^{1/3} \dots\dots\dots(2.26)$$

K' adalah nilai konstanta deoksigenasi dengan basis logaritmik (basis 10) dan La menyatakan BOD ultimat. Dengan menggunakan metoda Thomas, nilai K' dan La dapat ditentukan. Dari data di atas, nilai K' = 0,228 hari⁻¹ dan La = 29,4 mg/L. Berhubung nilai K' didasarkan pada nilai BOD yang diukur pada temperatur 20 °C, maka nilai K' yang diperoleh adalah data untuk temperatur yang sama.

2. Tentukan laju aerasi (K'2) dengan menggunakan persamaan 2.7 dan 2.8 atau data pada Tabel 3.1
3. Tentukan waktu kritik dengan persamaan 2.20 :

$$t_c = \frac{1}{K'_2 - K'} \ln \left[\frac{K'_2}{K'} \left[1 - \frac{D_0 (K'_2 - K')}{K' L_0} \right] \right] \dots\dots\dots(2-20)$$

Dimana : D₀ = defisit oksigen pada saat t=0
 L₀ = BOD ultimat pada saat t = 0

4. Tentukan defisit oksigen kritik dengan persamaan 2.19 :

$$D_c = \frac{K'}{K'_2} L_0 e^{-k' t_c}$$

5. Apabila nilai D_c lebih besar dari nilai D_{all}, maka perlu dihitung beban BOD maksimum yang diizinkan dengan menggunakan persamaan 2.22.

IV. Contoh Perhitungan

Berikut ini diberikan contoh perhitungan untuk suatu aliran sungai dengan satu sumber pencemar yang tentu (*point source*) :

1. Air limbah dari suatu kawasan industri mempunyai debit rata-rata 115.000 m³/hari (1,33 m³/detik) dibuang ke aliran sungai yang mempunyai debit minimum 8,5 m³/detik.
2. Temperatur rata-rata limbah dan sungai masing-masing adalah 35 dan 23 °C.
3. BOD₅₂₀ air limbah adalah 200 mg/L, sedangkan BOD sungai adalah 2mg/L. Air limbah tidak mengandung DO (DO=0), sedangkan air sungai mengandung DO=6 mg/L sebelum bercampur dengan limbah.
4. Berdasarkan data percobaan di laboratorium, nilai K' pada temperatur 20°C adalah 0,3 hari⁻¹
5. Nilai K'2, dengan menggunakan persamaan 2,7 dan 2,8 pada temperatur 20°C adalah 0,7 hari⁻¹.

Berdasarkan data-data di atas akan dihitung :

1. Harga D_c , t_c dan X_c ,
2. Apabila baku mutu $DO = 2\text{mg/L}$, tentukan beban $BOD_{5_{20}}$ maksimum pada air limbah yang masih diperbolehkan masuk ke sungai tersebut.

Langkah-langkah penyesuaian :

1. Tentukan temperatur, DO dan BOD setelah pencampuran :
 - a. Temperatur campuran = $[(1,33)(35) + (8,5)(23)] / (1,33+8,5) = 24,6 \text{ } ^\circ\text{C}$.
 - b. DO campuran = $[(1,33)(0) + (8,5)(6)] / (1,33 + 8,5) = 5,2 \text{ mg/L}$
 - c. BOD campuran = $[(1,33)(200) + (8,5)(2)] / (1,33+8,5) = 28,8 \text{ mg/L}$
 - d. L_o campuran = $28,8 / [-e^{(0,3)(5)}] = 37,1 \text{ mg/L}$ (pers. 2.25)
2. Tentukan defisit DO setelah pencampuran. Tentukan dahulu DO jenuh pada temperatur campuran dengan menggunakan tabel kejenuhan oksigen. Dari tabel diperoleh nilai DO jenuh = $8,45 \text{ mg/L}$
 Defisit DO pada keadaan awal (D_o) = $8,45 - 5,2 = 3,25 \text{ mg/L}$
3. Koreksi laju reaksi terhadap temperatur $24,6 \text{ } ^\circ\text{C}$
 - a. $K' = 0,3 (1,047)^{24,6-20} = 0,37 \text{ hari}^{-1}$
 - b. $K_2 = 0,7 (1,016)^{24,6-20} = 0,75 \text{ hari}^{-1}$
4. Tentukan t_c dan X_c dengan menggunakan persamaan 2.20 dan 2.21.
 - a. $t_c = \{1 / (0,75 - 0,37)\} \ln [0,75] / (0,37) \{1 - 3,25(0,75 - 0,37) / (0,37) (3,71)\}$
 $= 161 \text{ hari}^{-1}$
 - b. $X_c = (1,61)(3,2)(24) = 123,6 \text{ km}$
5. Tentukan D_c dengan menggunakan persamaan 2.19
 - a. $D_c = (0,37) / (0,75) [37,1e^{(-0,37)(1,61)}] = 10,08 \text{ mg/L}$
 - b. Konsentrasi DO pada $t_c = 8,45 - 10,08 = -1,63 \text{ mg/L}$. Karena nilai DO negatif, hal ini berarti sungai tidak mempunyai DO lagi pada jarak $123,6 \text{ km}$ (X_c) dari titik pencampuran.
6. Tentukan beban BOD maksimum pada air limbah bila DO baku mutu = 2 mg/L .
 - a. $D_{all} = DO \text{ yang diizinkan} = 8,45 - 2 = 6,45 \text{ mg/L}$
 - b. Gunakan persamaan 2.22 untuk menghitung beban BOD ultimat maksimum:
 $\log L_a = \log 6,45 + [1 + \{0,37(0,75 - 0,37)\} \{1 - (3,25) / (6,45)\}]^{0,418} \log (0,75) / (0,37)$
 $L_a = 21,85 \text{ mg/L}$
 - c. Beban BOD maksimum (pers. 2.25) = $21,85 \{1 - e^{(-0,3)(5)}\} = 16,97 \text{ mg/L}$
 - d. Jadi BOD pada limbah yang diizinkan:
 $16,97 = [(1,33)(X) + (8,5)(2)] / (1,33 + 8,5)$
 $1,33 X = 166,81 - 17 = 149,81$
 $X = 112,6 \text{ mg/L}$
 Jadi BOD pada limbah yang masih diizinkan = $112,6 \text{ mg/L}$

Catatan :

1. Dengan demikian BOD pada limbah harus diturunkan menjadi 112,6 mg/L, agar DO air sungai tidak kurang dari 2 mg/L.
 2. Contoh yang diberikan pada perhitungan ini menganggap hanya ada 1 sumber pencemar yang tentu (*point source*).
-

Menteri Negara
Lingkungan Hidup,

ttd.

Nabiel Makarim, MPA, MSM.

Salinan sesuai dengan aslinya
Deputi I MENLH Bidang Kebijakan
dan Kelembagaan Lingkungan Hidup,

Hoetomo, MPA.

Lampiran G



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

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

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

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



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 2 -

PARAMETER	SATUAN	KELAS				Keterangan
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Mangan	mg/L	0.1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/L
Khlorida	mg/L	600	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO ₂ -N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belerang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, S sebagai H ₂ S < 0,1 mg/L
MIKROBIOLOGI						
- Fecal coliform	Jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml/100 mL dan Total coliform ≤ 10000 jml/100 mL
- Total coliform	Jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
RADIOAKTIVITAS						
- Gross- A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
- Gross- B	Bq/L	1	1	1	1	
KIMIA ORGANIK						
Minyak dan Lemak	ug/L	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sebagai MBAS	ug/L	200	200	200	(-)	
Senyawa Fenol sebagai fenol	ug/L	1	1	1	(-)	
BHC	ug/L	210	210	210	(-)	
Aldrin /Dieldrin	ug/L	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	ug/L	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	ug/L	2	2	2	2	



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 3 -

PARAMETER	SATUAN	KELAS				Keterangan
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Heptachlor dan heptachlor epoxide	ug/L	18	(-)	(-)	(-)	
Lindane	ug/L	56	(-)	(-)	(-)	
Methoxychlor	ug/L	35	(-)	(-)	(-)	
Endrin	ug/L	1	4	4	(-)	
Toxaphan	ug/L	5	(-)	(-)	(-)	

Keterangan:

mg = milligram

ug = mikrogram

ml = mililiter

L = Liter

Bq = Bequerel

MBAS = Methylene Blue Active Substance

ABAM = Air Baku untuk Air Minum

Logam berat merupakan logam terlarut

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

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

Nilai DO merupakan batas minimum.

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

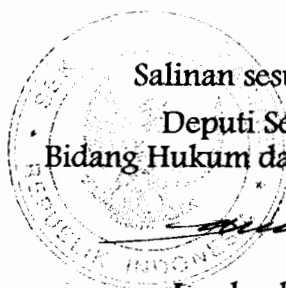
Tanda \leq adalah lebih kecil atau sama dengan

Tanda $<$ adalah lebih kecil

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

ttt

MEGAWATI SOEKARNOPUTRI



Salinan sesuai dengan aslinya

Deputi Sekretaris Kabinet
Bidang Hukum dan Perundang-undangan,

Lambock V. Nahattands