



**DAYA TAMPUNG SUNGAI REMBAGAN TERHADAP BEBAN
PENCEMARAN MENGGUNAKAN METODE
STREETER-PHELPS
(Desa Cangkring Kecamatan Patrang)**

SKRIPSI

Oleh :
Irfan Dwi Satya
NIM 151710201014

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**DAYA TAMPUNG SUNGAI REMBAGAN TERHADAP BEBAN
PENCEMARAN MENGGUNAKAN METODE
STREETER-PHELPS
(Desa Cangkring Kecamatan Patrang)**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Pertanian (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :
Irfan Dwi Satya
NIM 151710201014

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terimakasih saya yang tidak terkira kepada:

1. Kedua orang tua saya, Ibu Marsini dan Bapak Hermanto serta adik saya Ahmad Fahrur Rozi untuk segala doa dan dukungannya dalam penyusunan naskah skripsi.
2. Guru-guru yang sudah mendidik saya sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi.
3. Almamater tercinta Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
4. Sahabat-sahabat pejuang S.T TEP 2015 tercinta untuk setiap kebersamaan dan harapan yang pernah tercipta.
5. Keluarga besar kost jalan Jawa II D No 4 dan kontrakan Brantas VIII No 57 yang sudah menemani saat susah maupun senang selama masa berjuang.

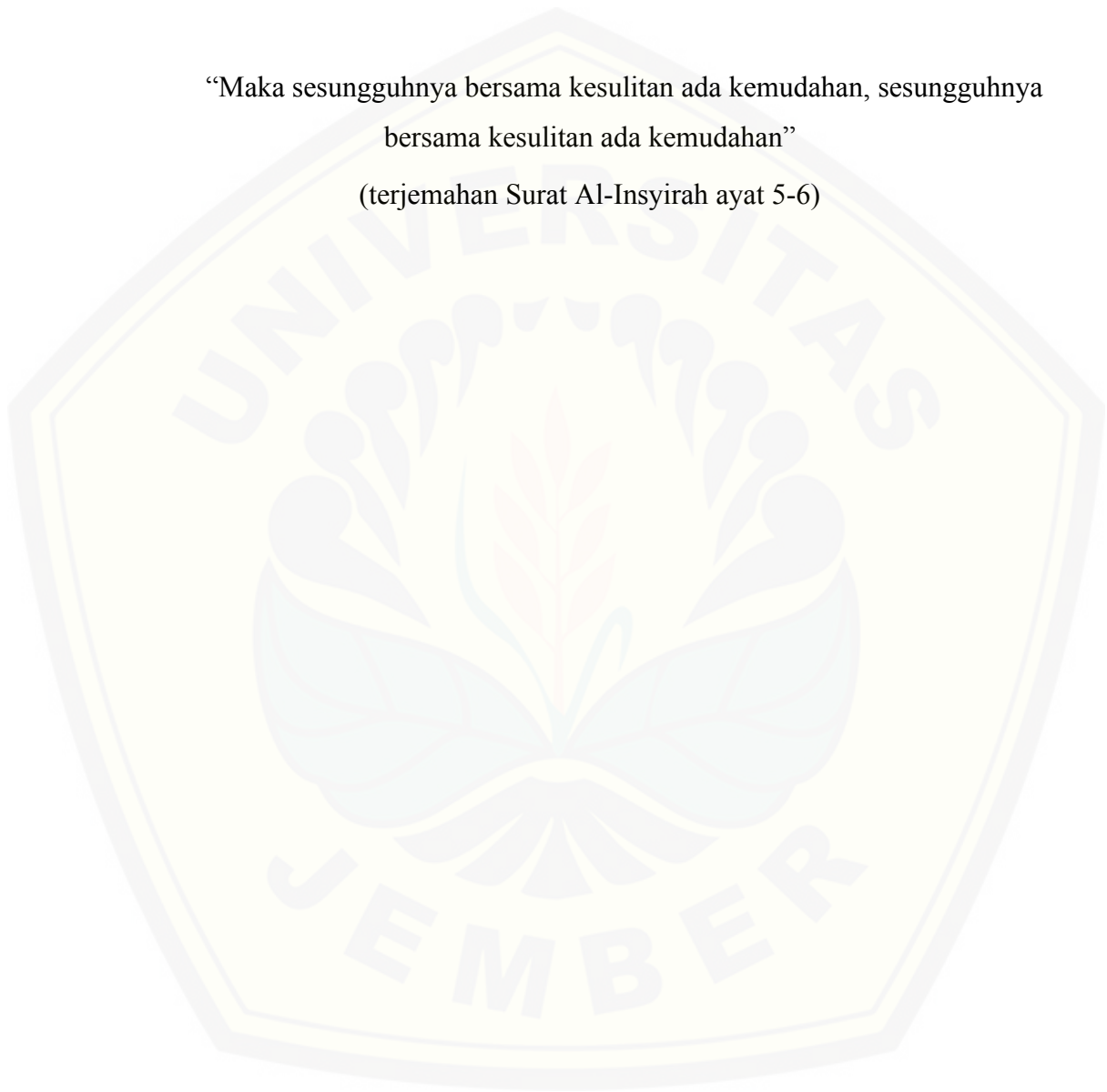
MOTTO

“Allah tidak membebani seorang melainkan sesuai kesanggupannya”

(terjemahan Surat AL-Baqarah ayat 286)¹

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

(terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 5-6)



1. Departemen Agama Republik Indonesia. 2015. Al Qur'an dan Terjemahannya. Bandung: CV. Darus Sunnah

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Irfan Dwi Satya

NIM : 151710201014

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul: “Daya Tampung Sungai Rembagan Kabupaten Jember Terhadap Pencemaran Menggunakan Metode *Streeter Phelps* (Desa Cangkring Kecamatan Patrang)” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 22 Mei 2019
Yang menyatakan,

Irfan Dwi Satya
NIM. 151710201014

SKRIPSI

**DAYA TAMPUNG SUNGAI REMBAGAN TERHADAP BEBAN
PENCEMARAN MENGGUNAKAN METODE
STREETER-PHELPS
(Desa Cangkring Kecamatan Patrang)**

Oleh

Irfan Dwi Satya

NIM 151710201014

Pembimbing:

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Daya Tampung Sungai Rembagan Kabupaten Jember Terhadap Pencemaran Menggunakan Metode Streeter Phelps (Desa Cangkring Kecamatan Patrang)” telah diuji dan disahkan pada:

Hari :

Tanggal :

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

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

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

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Ir. Tasliman, M.Eng.

NIP. 196208051993021002

Dian Purbasari, S.Pi., M.Si.

NIP. 1760016795

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

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

RINGKASAN

Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Rembagan Menggunakan Metode *Streeter-Phelps* (Studi Kasus di Desa Cangkring Kecamatan Patrang Kabupaten Jember); Irfan Dwi Satya, 151710201014; 2019; 41 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Sungai Rembagan merupakan anak sungai utama dari Sungai Bedadung yang berada di Desa Cangkring, Kecamatan Patrang Kabupaten Jember. Berbagai aktifitas masyarakat yang berada di daerah Sungai Rembagan yaitu seperti mandi, mencuci, buang air besar dan air kecil serta kegiatan pertanian akan menghasilkan limbah domestik dan pertanian. Limbah-limbah tersebut dapat menyebabkan pencemaran air sungai terutama penurunan kualitas air, dalam rangka upaya pengendalian pencemaran air ditetapkan daya tampung beban pencemaran pada sungai menggunakan metode *Streeter-Phelps* dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis profil hidraulik, kualitas air, beban pencemaran dan daya tampung beban pencemaran Sungai Rembagan. Analisis daya tampung beban pencemaran ditinjau dari laju deoksigenasi, laju reoksigenasi dan kurva defisit oksigen untuk melihat kemampuan Sungai Rembagan melakukan purifikasi alami. Penelitian dilakukan selama Bulan Maret 2019 sampai Bulan April 2019 di Sungai Rembagan dengan panjang sungai 2200 m yang terbagi menjadi 3 segmen dengan 4 titik pantau (RBGN01, RBGN02, RBGN03, dan RBGN04). Data primer diperoleh melalui pengukuran debit dan parameter kualitas air. Pengukuran di masing-masing titik pantau terdiri atas pengukuran debit, temperatur, pH, dan DO. Pengukuran kekeruhan, TSS, TDS, dan BOD dilakukan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Hasil menunjukkan bahwa profil hidraulik Sungai Rembagan yang ditunjukkan oleh debit sungai memiliki nilai rata-rata 0,996 m³/detik. Nilai rata-rata parameter kualitas air seperti TDS 49,8 mg/L, pH 6,9, DO 6,517 mg/L, dan BOD 0,534 mg/L sesuai dengan kriteria mutu air kelas II, sedangkan TSS 86,22 mg/L menunjukkan di atas kriteria mutu air kelas II yang ditetapkan

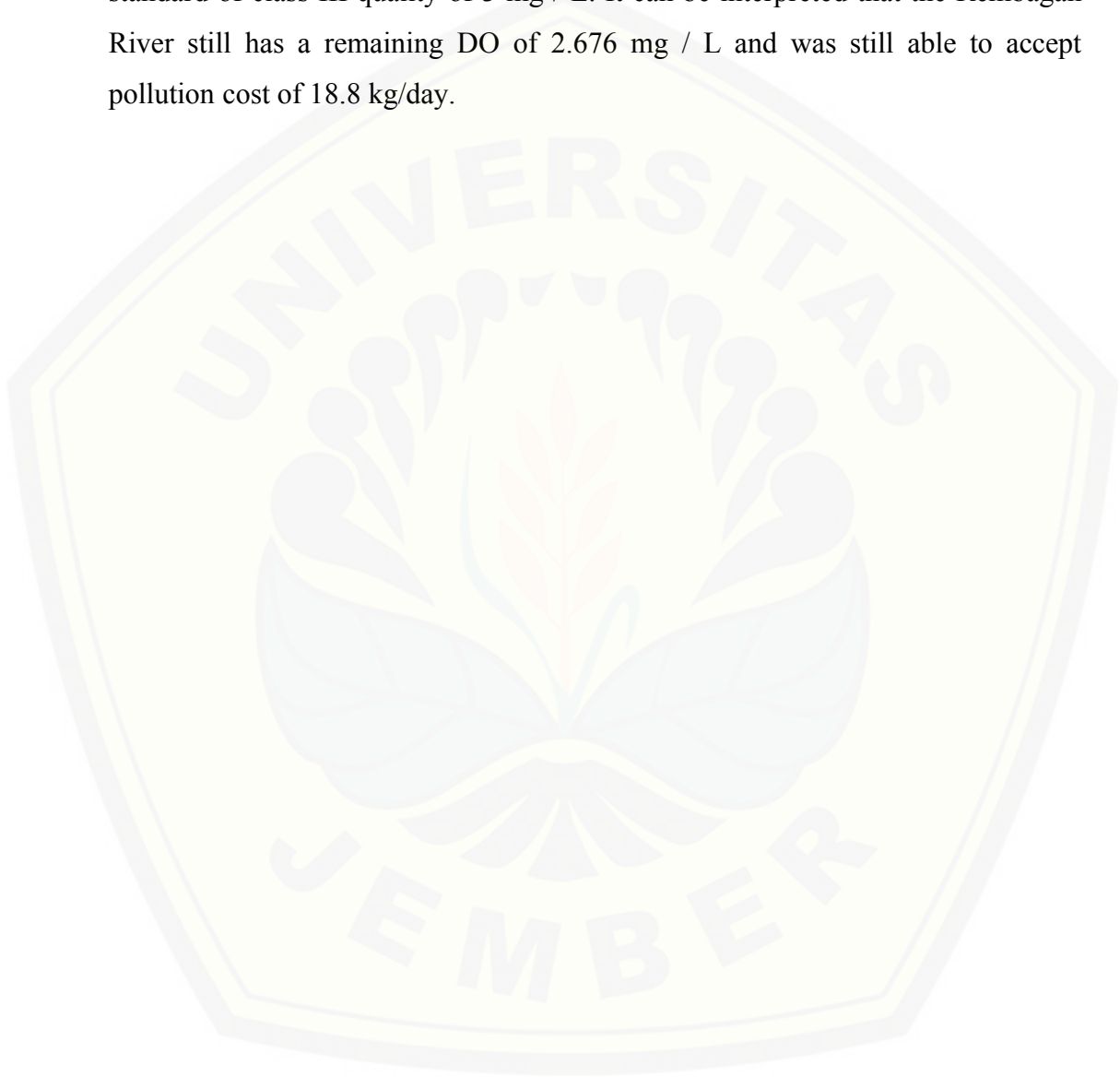
pemerintah dalam Peraturan Pemerintah RI Nomor 82 Tahun 2001. Beban pencemaran organik tertinggi berada pada titik pantau RBGN03 (48,551 kg/hari) dan terendah berada pada titik pantau RBGN01 (42,076 kg/hari). Rata-rata nilai laju deoksigenasi dan laju reoksigenasi masing-masing adalah 1,58931 mg/L/hari dan 10,09982 mg/L/hari. sehingga purifikasi alamiah (*self purification*) dapat berjalan dengan baik yang artinya kualitas air Sungai Rembagan masih tergolong bagus. Hal ini dapat terlihat pada pola DO model yang cenderung naik pada setiap segmen. DO aktual sebesar 5,6760 mg/L lebih besar dari pada DO baku mutu kelas III sebesar 3 mg/L. Sehingga dapat diartikan Sungai Rembagan masih mempunyai DO sisa sebesar 2,676 mg/L dan masih mampu menerima beban pencemaran sebesar 18,8 kg/hari.

SUMMARY

Pollutant Load Capacity of the Rembagan River using Streeter-Phelps Methods (Case Study at Cangkring Villages, Patrang District, Jember Region); Irfan Dwi Satya, 171710201014; 2019; 41 Pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, Jember University.

Rembagan River is the main tributary of the Bedadung River in Cangkring Village, Patrang District, Jember Region. Various community activities in the Rembagan River area such as bathing, washing, defecating and urinating as well as agricultural activities will produce domestic and agricultural waste. These waste can cause river water pollution, especially water quality degradation. In order to maintain water pollutants, ruled a pollutant load capacity of river using Streeter-Phelps method as ruled in Regulation of Indonesian Ministry of Environment no. 01 year 2010. The aim of this research was to analyze hydraulic, water quality, pollutant load, and pollutant load capacity of Rembagan River. The analysis of pollutant load capacity determined as deoxygenation rate, reoxygenation rate and DO sag curve to present the ability of Rembagan for self purification. This research conducted on March 2019 to April 2019 at Rembagan River with 2200 meters of river length which was divided by 3 segments with 4 observed stations (RBGN01, RBGN02, RBGN03, and RBGN04). The primary data were obtained by measuring of river discharge and water quality parameters. Measurements at each station consisted of river discharge, temperature, pH and DO. Water turbidity, TSS, TDS, and BOD measured at Laboratory of Environmental Control and Conservation Technique, Faculty of Agricultural Technology, Jember University. The result shows that Rembagan River hydraulic, which was presented by river discharge, showed the average value of 0,996 m³/s. The average value of water quality parameters such as TDS 49,8 mg/L, pH 6,9, DO 6,517 mg/L, dan BOD 0,534 mg/L were suitable with second class of water quality standard, TSS 86,22 mg/L were above second class of water quality standard approved by the government as ruled in Indonesian Government Regulation no. 82 year 2001. The highest pollutant load was at RBGN03 station

(48,551 kg/day) and the lowest was at RBGN01 station (42,076 kg/day). so that self-purification can run well which means the water quality of the Rembagan River was still relatively good. This can be seen in the DO model pattern that goes up in each segment. The actual DO of 5.6760 mg / L was greater than the DO standard of class III quality of 3 mg / L. It can be interpreted that the Rembagan River still has a remaining DO of 2.676 mg / L and was still able to accept pollution cost of 18.8 kg/day.



PRAKATA

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

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

1. Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T., selaku Ketua Jurusan sekaligus Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. Ir. Tasliman, M.Eng., selaku Ketua Tim Penguji yang telah memberikan arahan dan masukan demi terselesainya skripsi ini;
4. Dian Purbasari, S.Pi., M.Si., selaku Tim Penguji Anggota yang telah memberikan arahan dan masukan demi terselesainya skripsi ini;
5. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si., selaku Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
6. Segenap Dosen pengampu mata kuliah, terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang di berikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
7. Seluruh Staff dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian yang memberikan dukungan sarana dan prasarana dalam penyusunan skripsi;
8. Dwi Astuti Nur Zaenab selaku Pembimbing Lapang yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian selama melakukan kuliah kerja;

9. Segenap Analis dan Staff Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta I yang memberikan dukungan sarana dan prasarana dalam penyusunan laporan kuliah kerja;
10. Kedua orang tua saya, Ibu Marsini dan Bapak Hermanto serta adek saya Ahmad Fahrur Rozi untuk segala doa dan dukungannya dalam penyusunan naskah skripsi;
11. Teman-temanku TEP-C 2015 dan teman seangkatan 2015 yang penuh dengan semangat dan kasih sayang, terimakasih bantuan, nasihat, dan motivasinya;
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu baik tenaga maupun pikiran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan naskah karya tulis ilmiah jauh dari sempurna, namun demikian penulis berharap karya tulis ini dapat bermanfaat bagi pihak terkait.

Jember, September 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|--------------|
| HALAMAN SAMPUL..... | i |
| HALAMAN JUDUL..... | ii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN..... | iii |
| HALAMAN MOTTO..... | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN..... | v |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | vii |
| RINGKASAN..... | viii |
| SUMMARY..... | x |
| PRAKATA..... | xii |
| DAFTAR ISI..... | xiv |
| DAFTAR TABEL..... | xvi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xvii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xviii |
| BAB 1. PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.4 Tujuan..... | 3 |
| 1.5 Manfaat..... | 3 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA..... | 4 |
| 2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)..... | 4 |
| 2.1.1 Sungai..... | 4 |
| 2.1.2 Parameter Kualitas Air..... | 4 |
| 2.1.3 Pengukuran Debit Sungai..... | 8 |
| 2.1.4 Pengambilan Sampel Air..... | 9 |
| 2.2 Mekanime Pencemaran di Sungai..... | 9 |
| 2.3 Penentuan Beban Pencemaran..... | 10 |
| 2.4 Daya Tampung Sungai..... | 11 |
| 2.4.1 Proses Pengurangan Oksigen Terlarut (Deoksigenasi)..... | 11 |
| 2.4.2 Proses Peningkatan Oksigen Terlarut (Rearasi)..... | 11 |
| 2.5 Self Purification..... | 12 |
| 2.6 Perhitungan Metode Streeter-Phelps..... | 12 |
| BAB 3. METODE PENELITIAN..... | 14 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian..... | 14 |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian..... | 14 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3 Tahap Penelitian atau Prosedur Penelitian..... | 16 |
| 3.3.1 Persiapan Penelitian..... | 16 |
| 3.3.2 Survei Lokasi Penelitian..... | 17 |
| 3.3.3 Penentuan Batas Lokasi dan Titik..... | 17 |
| 3.3.4 Pengukuran Debit..... | 18 |
| 3.3.5 Pengambilan Sampel..... | 20 |
| 3.3.6 Pengukuran di lapang..... | 21 |
| 3.3.7 Pengukuran di laboratorium..... | 22 |
| 3.3.8 Analisis Data..... | 23 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 26 |
| 4.1 Profil Melintang cross section Sungai Rembagan..... | 26 |
| 4.2 Debit Air Sungai Rembagan..... | 29 |
| 4.3 Kualitas Air Sungai Rembagan..... | 30 |
| 4.3.1 pH..... | 31 |
| 4.3.2 Total Suspended Solid (TSS)..... | 31 |
| 4.3.3 Kekkeruhan..... | 32 |
| 4.3.4 Total Dissolved Solid (TDS)..... | 33 |
| 4.3.5 Dissolved Oxygen (DO)..... | 34 |
| 4.3.6 Biological Oxygen Demand (BOD)..... | 35 |
| 4.3.7 Kriteria Kelas Mutu Air Sungai Rembagan..... | 36 |
| 4.4 Beban Pencemaran Sungai Rembagan..... | 37 |
| 4.5 Daya Tampung Beban Pencemaran..... | 38 |
| 4.5.1 Perhitungan Nilai Konstanta Deoksigenasi (Kd), Konstanta Reaerasi (Kr), Laju Deoksigenasi (rD) dan laju Reaerasi (rR) | 38 |
| 4.5.2 Kurva Penurunan Oksigen (Oxygen Sag Curve)..... | 41 |
| 4.5.3 Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Rembagan..... | 42 |
| BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN..... | 44 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 44 |
| 5.2 Saran..... | 44 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 46 |
| LAMPIRAN..... | 49 |

DAFTAR TABEL

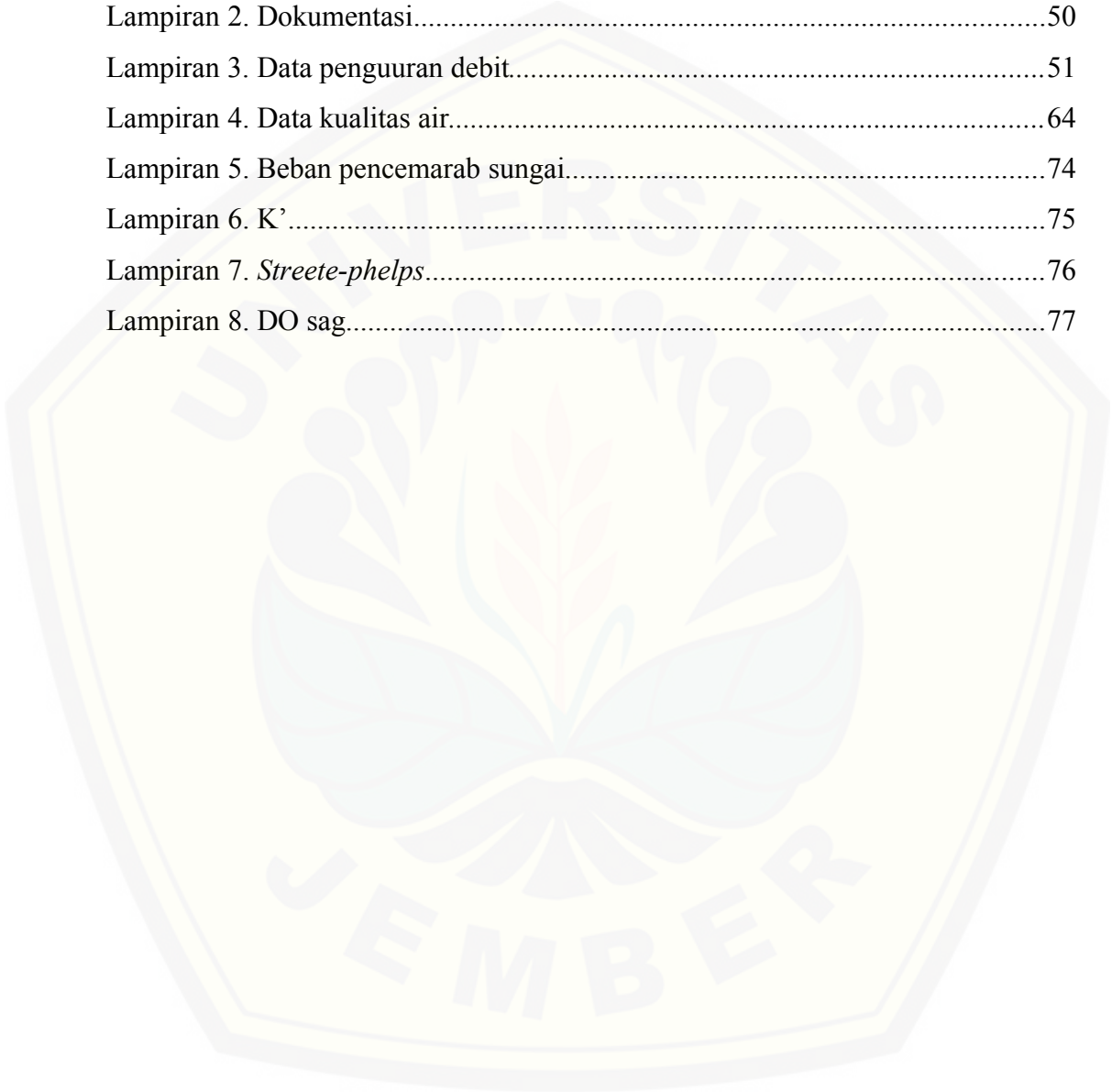
| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Pengaruh pH pada kehidupan di air..... | 6 |
| Tabel 2.2 Baku mutu air berdasarkan pembagian kelas..... | 7 |
| Tabel 3.1 Lokasi penelitian berdasarkan titik kordinat..... | 18 |
| Tabel 3.2 Rumus kecepatan aliran berdasarkan jumlah putaran baling-baling..... | 19 |
| Tabel 3.3 Penentuan kedalaman pengukuran dan perhitungan kecepatan aliran... | 20 |
| Tabel 4.1 Hasil pengukuran kecepatan, kedalaman, dan luas penampang..... | 26 |
| Tabel 4.2 Peruntukan lahan Desa Cangkring, Kecamatan Patrang..... | 27 |
| Tabel 4.3 Hasil pengukuran debit Sungai Rembagan..... | 29 |
| Tabel 4.4 Data hasil pengujian kualitas air Sungai Rembagan..... | 35 |
| Tabel 4.5 Beban Pencemar Sungai Rembagan..... | 36 |
| Tabel 4.6 Perhitungan konstanta deoksigenasi (K_d), konstanta reaerasi (K_r), laju deoksigenasi (r_D), dan laju reaerasi (r_R)..... | 37 |
| Tabel 4.7 Perhitungan DO Aktual, DO Model, dan defisit oksigen kritis..... | 41 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Kurva karakteristik defisit oksigen..... | 13 |
| Gambar 3.1 Lokasi penelitian Sungai Rembagan di Desa Cangkring Kecamatan Patrang..... | 15 |
| Gambar 3.2 Diagram alir penelitian..... | 16 |
| Gambar 3.3 Pembagian titik pada sungai..... | 17 |
| Gambar 3.4 Ilustrasi pembagian pias sungai..... | 19 |
| Gambar 4.1 Data <i>cross section</i> RBGN1, RBGN2, RBGN3, dan RBGN4 Sungai Rembagan..... | 26 |
| Gambar 4.2 Grafik pengukuran pH Sungai Rembagan..... | 30 |
| Gambar 4.3 Grafik pengukuran TSS Sungai Rembagan..... | 30 |
| Gambar 4.4 Grafik pengukuran Kekeruhan Sungai Rembagan..... | 31 |
| Gambar 4.5 Grafik pengukuran TDS Sungai Rembagan..... | 32 |
| Gambar 4.6 Grafik pengukuran DO Sungai Rembagan..... | 33 |
| Gambar 4.7 Grafik pengukuran BOD Sungai Rembagan..... | 34 |
| Gambar 4.8 Grafik beban pencemaran Sungai Rembagan..... | 36 |
| Gambar 4.9 hubungan konstanta deoksigenasi (K_d), konsentrasi bahan organik (L_t), dan laju deoksigenasi (r_D) Sungai Rembagan..... | 38 |
| Gambar 4.10 hubungan konstanta reaerasi (K_r), defisit oksigen(D), dan laju reaerasi (r_R) Sungai Rembagan..... | 39 |
| Gambar 4.11 Kurva penurunan oksigen (oxygen sag curve) Sungai Rembagan...40 | |
| Gambar 4.12 Daya tampung Sungai Rembagan..... | 41 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1. Peraturan pemerintah..... | 49 |
| Lampiran 2. Dokumentasi..... | 50 |
| Lampiran 3. Data pengukuran debit..... | 51 |
| Lampiran 4. Data kualitas air..... | 64 |
| Lampiran 5. Beban pencemaran sungai..... | 74 |
| Lampiran 6. K' | 75 |
| Lampiran 7. <i>Streete-phelps</i> | 76 |
| Lampiran 8. DO sag..... | 77 |



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Badan air memiliki kapasitas dalam menampung masukan beban pencemar serta mampu melakukan proses purifikasi alamiah. Akan tetapi beban pencemar yang masuk ke dalam air terjadi setiap waktu dan dengan jumlah yang banyak. Hal tersebut menyebabkan kadar oksigen dalam air mengalami defisit. Beberapa parameter yang dapat digunakan untuk menilai kemampuan mengelola suatu badan air terhadap bahan buangan adalah temperatur aliran badan air, kekeruhan dan kadar oksigen terlarut di dalam air (*dissolved oxygen*) (Ryadi, 1984).

Sungai Rembagan merupakan anak sungai utama dari Sungai Bedadung yang berada di Desa Cangkring, Kecamatan Patrang Kabupaten Jember. Masyarakat memanfaatkan sungai tersebut sebagai sumber air untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari dan memenuhi kebutuhan irigasi pertanian. Berbagai aktifitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya yang berasal dari kegiatan industri, pemukiman dan pertanian akan menghasilkan limbah yang memberi sumbangan pada penurunan kualitas air sungai (Suriawiria, 2013). Aktifitas masyarakat yang berada di daerah Sungai Rembagan seperti mandi, mencuci, buang air besar dan air kecil serta kegiatan pertanian akan menghasilkan limbah domestik dan pertanian. Limbah tersebut dapat menyebabkan pencemaran air sungai terutama penurunan kualitas air, air Sungai Rembagan dimanfaatkan untuk kebutuhan hidup sehari-hari oleh masyarakat. Untuk mengetahui beban pencemaran suatu sungai, maka perlu dilakukan penelitian analisis daya tampung Sungai Rembagan dalam menerima beban pencemaran yang terjadi agar dapat mengetahui berapa besar kemampuan Sungai Rembagan dalam menerima beban pencemar. Dengan adanya analisis daya tampung Sungai Rembagan di Desa Cangkring, diharapkan dapat menjadi salah satu upaya untuk menjaga kualitas air Sungai Rembagan dan Sungai Bedadung.

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 (2003:122), untuk pengukuran daya tampung perlu menggunakan suatu metode yaitu metode *Streeter-Phelps*. Metode pemodelan *Streeter-Phelps* adalah metode

yang efektif karena hanya mempertimbangkan jumlah oksigen terlarut sebagai indikator banyaknya bahan pencemaran yang terdapat dalam air sungai. Kelebihan pemodelan Streeter-Phelps hanya memperhitungkan dua fenomena yaitu proses pengukuran oksigen terlarut (deoksigenasi) dan proses peningkatan oksigen terlarut (reaerasi). Hasil yang didapatkan dari perhitungan tersebut yaitu kurva penurunan oksigen (*oxygen sag curve*) yang di tentukan atas dasar nilai defisit oksigen. Penggunaan metode pemodelan *Streeter-Phelps* untuk daya tampung sungai terhadap beban pencemaran diharapkan mampu memberikan hasil analisis yang sesuai dengan keadaan lapang yang sesungguhnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana kualitas air Sungai Rembagan pada segmen Desa Cangkring Kecamatan Patrang?
2. Bagaimana beban pencemaran di Sungai Rembagan pada segmen Desa Cangkring Kecamatan Patrang?
3. Bagaimana kemampuan daya tampung Sungai Rembagan terhadap beban pencemaran pada segmen Desa Cangkring Kecamatan Patrang berdasarkan persamaan *Streeter-Phelps*?

1.3 Batasan Masalah

Parameter yang digunakan untuk memantau dan mengetahui kualitas air sungai dibagi menjadi parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi. Parameter fisik terdiri dari kekeruhan, warna, rasa, bau, suhu, dan kandungan bahan padat terlarut (TDS). Sedangkan parameter kimia terdiri dari pH, *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), Nitrat, Nitrit, Sulfat, kesadahan, dan logam terlarut. Sementara parameter biologi terdiri dari Total coliform dan *Escherichia coli*. Akan tetapi penelitian ini hanya dibatasi pada pengukuran debit dan parameter kualitas air pada 4 titik lokasi penelitian

yang sudah ditentukan. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan alat yang digunakan dan waktu yang singkat. Parameter pengukuran meliputi (DO) *dissolved oxygen*, (BOD) *biological oxygen demand* serta parameter kualitas air lainnya yaitu suhu, pH, (TSS) *total suspended solid*, (TDS) *total dissolved solids*. Pemodelan kualitas air menggunakan persamaan *Streeter-Phelps* untuk memodelkan kualitas air sungai yang digunakan untuk menghitung kemampuan daya tampung Sungai Rembagan terhadap beban pencemaran yang terjadi.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Menentukan kualitas air Sungai Rembagan pada segmen Desa Cangkring Kecamatan Patrang berdasarkan parameter kualitas air yang diukur yaitu pH, TSS, TDS, Kekeruhan, BOD, dan DO.
2. Menentukan beban pencemaran di Sungai Rembagan pada segmen Desa Cangkring Kecamatan Patrang.
3. Menentukan daya tampung Sungai Rembagan pada segmen Desa Cangkring Kecamatan Patrang berdasarkan persamaan *Streeter-Phelps*.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi IPTEK, dapat dijadikan sebagai acuan sumber data dan referensi dalam upaya pengembangan penelitian yang lebih baik lagi dengan menggunakan metode yang berbeda.
2. Bagi Instansi, dapat dijadikan bahan pertimbangan kebijakan bagi pemerintah atau instansi setempat, guna menjaga dan melestarikan air sungai.
3. Bagi masyarakat, dapat mengetahui tingkat kelayakan air yang ada di Sungai Rembagan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan wilayah yang dibatasi oleh punggung - punggung gunung dan air yang jatuh di dalam batas tersebut, mengalir dari bagian hulu DAS melalui anak sungai ke sungai utama menuju ke laut. Air sungai memiliki peran penting dalam kegiatan pertanian dan perkebunan. Pada bidang pertanian, air sungai berperan untuk irigasi pertanian. Pada bidang perkebunan, air sungai berperan untuk menyiram tanaman pada perkebunan (Indarto, 2010:57).

2.1.1 Sungai

Definisi sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan (Peraturan Pemerintah Nomor 35, 1991).

Sungai sebagai sumber air merupakan salah satu sumber daya alam yang mempunyai fungsi serbaguna bagi kehidupan dan penghidupan manusia. Menurut Mulyanto (2007) ada dua fungsi utama sungai secara alami yaitu mengalirkan air dan mengangkut sedimen hasil erosi pada Daerah Aliran Sungai. Kedua fungsi ini terjadi bersamaan dan saling mempengaruhi.

2.1.2 Parameter Kualitas Air

Kualitas air atau mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur atau diuji berdasarkan parameter dan metode tertentu (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82, 2001:2). Parameter kualitas air diantaranya sebagai berikut.

a. Suhu

Aktivitas metabolisme organisme dipengaruhi suhu, sehingga penyebaran organisme di perairan dibatasi oleh suhu perairan tersebut. Semakin tinggi suhu maka konsentrasi jenuh oksigen terlarut semakin rendah, sedangkan konsumsi oksigen biota air semakin tinggi (Kordi dan Tancung, 2007:58).

b. *Dissolved Oxygen* (DO)

Dissolved Oxygen (DO) merupakan jumlah oksigen yang terlarut dalam air atau limbah (Standar Nasional Indonesia, 2004:1). Kemampuan air untuk membersihkan pencemaran secara alamiah dipengaruhi cukup tidaknya kadar oksigen terlarut. Berikut merupakan persamaan untuk perhitungan nilai DO (Alaerts dan Santika, 1984:171-175).

$$DO = \frac{a \cdot N \cdot 8000}{v - 4} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

- DO : oksigen terlarut (mgO₂/l)
 a : volume titran Natrium Tiosulfat (ml)
 N : normaliti larutan Natrium Tiosulfat (ek/l)
 V : volume botol Winkler (ml)

c. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Bahan organik yang dijabarkan dengan nilai BOD adalah bahan organik yang hanya dapat didekomposisi secara biologis. Bahan organik ini dapat berupa lemak, protein, glukosa dan sebagainya. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air (Effendi, 2003).

Bahan buangan organik umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganismenya, sehingga bila dibuang ke perairan akan menaikkan BOD (Rahmawati, 2011).

$$BOD_5^{20} = \frac{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)(1 - P)}{P} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

- X₀ : DO (oksigen terlarut) sampel pada saat t=0 (mg/l)
 X₅ : DO sampel pada saat t=5 hari (mg/l)
 B₀ : DO blanko pada saat t=0 hari (mg/l)
 B₅ : DO blanko pada saat t=5 hari (mg/l)
 P : derajat pengenceran

d. pH

pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan melalui konsentrasi (aktivitas) ion hidrogen (H^+). Salah satu faktor yang mempengaruhi kehidupan biologi dan mikrobiologi dalam air yaitu pH (Alaerts dan Santika, 1984:48). Skala pH berkisar antara 0-14, dengan kisaran pH 7: netral, pH <7: asam, dan pH >7: basa. pH 6,5-8,2 merupakan kondisi optimum untuk monitoring air di daerah aliran sungai makhluk hidup. pH yang terlalu asam atau terlalu basa akan mematikan makhluk hidup. Kategori pengaruh kisaran pH dapat di lihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Pengaruh pH pada kehidupan di air

| Kisaran pH | Pengaruh terhadap kehidupan di air |
|-------------|--|
| 3.0 - 3.5 | Sangat kecil kemungkinan ikan dapat bertahan hidup dalam beberapa jam pada kisaran pH ini; hanya beberapa hewan invertebrata dapat ditemukan pada kisaran pH ini |
| 3.5 - 4.0 | Akan menyebabkan kematian beberapa jenis ikan |
| 4.0 - 4.5 | Semua ikan, sebagian besar kodok dan serangga tidak terdapat pada kisaran pH ini |
| 4.5 - 5.0 | Beberapa jenis serangga tidak terdapat pada kisaran pH ini, dan sebagian besar telur ikan tidak bisa menetas |
| 5.0 - 5.5 | Bakteri pengurai tidak dapat hidup. Sampah daun dan batang mulai menumpuk, sehingga menyebabkan siklus kimia terganggu. Plankton mulai hilang, begitu juga dengan siput. Koloni jamur mulai muncul |
| 5.5-6.0 | Pada umumnya bahan metal terperangkap di dalam sedimen dan akan menjadi racun dalam air |
| 6.0 - 6.5 | Udang air tawar tidak terdapat pada kisaran pH ini, akan berbahaya juga bagi ikan kecuali bila kandungan CO_2 bebas dalam air tinggi |
| 6.5 - 8.2 | Kisaran optimal bagi sebagian besar makhluk hidup |
| 8.2 - 9.0 | Bahaya langsung bagi ikan tidak ada, tetapi efek tidak langsungnya adalah perubahan kandungan kimia di dalam air |
| 9.0 - 10.5 | Akan membahayakan beberapa jenis ikan jika berlangsung dalam waktu yang lama |
| 10.5 - 11.0 | Dalam waktu yang lama akan menyebabkan kematian pada jenis ikan gurame dan ikan merah |
| 11.0 - 11.5 | Kematian pada semua jenis ikan |

e. Kekeruhan

Kekeruhan di dalam air disebabkan adanya zat tersuspensi, seperti lumpur, zat organik, dan sebagainya. Kekeruhan merupakan sifat optis dari suatu larutan, yaitu hamburan dan absorpsi cahaya yang melaluinya (Alaerts dan Santika, 1984:96-97).

f. *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid (TSS) atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan dalam air, tidak terlarut, dan tidak dapat langsung mengendap. Kekeruhan terjadi karena adanya penyimpangan sinar nyata saat menembus padatan ini (efek Tyndall). Persamaan untuk perhitungan TDS yaitu sebagai berikut (Alaerts dan Santika, 1984:131-143).

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

Keterangan:

- a : berat filter dan residu sesudah pemanasan 105°C (mg)
- b : berat filter kering (sudah dipanaskan 105°C)(mg)
- c : sampel(ml)

g. *Total Dissolved Solid (TDS)*

Total Dissolved Solid (TDS) atau total padatan terlarut adalah padatan yang memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan dengan padatan tersuspensi. Padatan ini terdiri senyawa organik dan anorganik yang larut dalam air, mineral, dan garam-garamnya (Alaerts dan Santika, 1984:132).

Pembagian kelas kualitas air berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 (2001) disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Baku mutu air berdasarkan pembagian kelas

| Parameter | Satuan | Kelas | | | | Keterangan |
|-----------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| | | I | II | III | IV | |
| Suhu | °C | Devisiasi 3 | devisiasi 3 | devisiasi 3 | devisiasi 5 | Devisiasi temperatur dari keadaan alamiahnya |
| DO | mg/l | 6 | 4 | 3 | 0 | Angka batas minimum |
| BOD | mg/l | 2 | 3 | 6 | 12 | |
| pH | | 6-9 | 6-9 | 6-9 | 6-9 | Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah |
| TSS | mg/l | 50 | 50 | 400 | 400 | Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 500 mg/l |
| TDS | mg/l | 1000 | 1000 | 100 | 2000 | |

Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Berdasarkan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa

Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 tentang baku mutu air di Provinsi DIY berdasarkan klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas:

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

2.1.3 Pengukuran Debit Sungai

Debit merupakan jumlah air yang mengalir pada suatu saluran atau sungai per unit waktu. Pengukuran debit dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung luas penampang sungai dengan membagi penampang tersebut menjadi beberapa pias (*cross section*) (Rahayu et al, 2009:25-26).

Berikut merupakan persamaan perhitungan debit.

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

Keterangan :

- Q = debit aliran (m³/s)
 A = luas penampang (m²)
 V = kecepatan (m/s)

2.1.4 Pengambilan Sampel Air

Salah satu jenis sampel air yaitu sampel sesaat (*grab sampling*). Sampel air diambil dari beberapa titik yang dianggap mewakili kualitas air keseluruhan badan air di lokasi tersebut, sumber pencemar yang mencemari lokasi pun harus diketahui (Effendi, 2003:16-17).

2.2 Mekanisme Pencemaran di Sungai

Pencemaran air dapat terjadi pada air yang semula merupakan air hujan, akan menghanyutkan berbagai macam limbah yang berada dipermukaan tanah maupun yang telah dialirkan oleh air sungai. Limbah tersebut sangat bervariasi, dapat merupakan limbah organik (kotoran manusia, hewan dan sisa tumbuhan), maupun limbah anorganik. Air itu menyerap karbon dan nitrogen yang berasal dari tumbuhan dan tercampur debu. Air tersebut mengalir sepanjang sungai, terakumulasi di danau yang akhirnya mengalir ke laut. Air yang tingkat pencemaran mencapai tingkat yang membahayakan manusia dan kehidupan lain disebut sebagai air yang telah tercemar.

Pencemar yang dapat terurai pada umumnya merupakan bahan organik, berasal dari kotoran manusia, hewan dan sisa tumbuhan yang sudah mati. Penguraian ini dapat dilakukan oleh bakteri baik yang aerobik maupun bakteri anaerobik. Apabila bakteri pengurai tersebut terdapat dalam air, maka sebagian oksigen yang ada dalam air dimanfaatkan oleh bakteri dalam usaha metabolisme. Akibatnya terjadi pengurangan oksigen dalam air. Air ini dapat pulih kembali kadar oksigennya apabila bersentuhan dengan udara. Tetapi apabila jumlah zat pencemar terlalu banyak maka oksigen yang terlarut bisa habis.

Jumlah zat pencemar organik yang dapat terurai dinyatakan oleh jumlah oksigen yang diperlukan untuk proses oksidasi (penguraian) bahan tersebut, baik secara kimiawi maupun secara biologik. Yang pertama dinyatakan dengan COD (*Chemical Oxygen Demand*), kebutuhan oksigen secara kimiawi. Yang kedua dinyatakan dengan BOD (*Biological Oxygen Demand*), kebutuhan oksigen secara biologik. Yang sering dipergunakan sebagai ukuran adalah BOD₅, artinya

pengukuran kebutuhan oksigen oleh bakteri pembusuk dan pengurai selama waktu lima hari pada suhu tertentu 20°C (Sudarmaji, 1995).

2.3 Penentuan Beban Pencemaran

Beban pencemaran merupakan jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82, 2001:2).

Pencemaran air adalah proses masuknya zat pencemar (polutan) berupa gas, bahan-bahan terlarut, dan partikulat ke kedalam perairan. Zat pencemar (polutan) memasuki badan air melalui berbagai cara misalnya melalui atmosfer, tanah, limpasan (*run off*) pertanian, limbah domestik, dan pembuangan limbah industri (Effendi, 2003: 195).

sumber bahan pencemar yang masuk ke perairan dapat berasal dari buangan yang diklasifikasikan :

1. *Point source* discharges (sumber titik), yaitu sumber titik atau sumber pencemar yang dapat diketahui secara pasti dapat berupa suatu lokasi seperti air limbah industri maupun domestik serta saluran drainase. Air limbah adalah sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair (PP No.82 Tahun 2001).
2. *Non point source* (sebaran menyebar), berasal dari sumber yang tidak diketahui secara pasti. Pencemar masuk ke perairan melalui run off (limpasan) dari wilayah pertanian, pemukiman dan perkotaan.

Berikut persamaan perhitungan beban pencemaran.

$$BP = C \times Q \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

- BP : beban pencemaran (kg/hari)
 C : konsentrasi limbah (mg/l)
 Q : debit air sungai (m³/detik)

2.4 Daya Tampung Sungai

Daya tampung adalah kemampuan air dalam sumber air untuk menerima beban pencemaran limbah tanpa mengakibatkan penurunan kualitas air sehingga melewati baku mutu air yang ditetapkan sesuai dengan peruntukannya (Effendi, 2003:13). Pada proses daya tampung sungai, terdapat beberapa proses pemulihan diri sungai ketika menerima beban pencemaran yaitu tahap deoksigenasi dan reaerasi, tahap dekomposisi, tahap pemulihan dan penjernihan.

2.4.1 Proses Pengurangan Oksigen Terlarut (Deoksigenasi)

Proses ini diakibatkan aktivitas bakteri dalam mendegradasikan bahan organik yang ada di dalam air. Laju oksidasi biokimia senyawa organik ditentukan oleh konsentrasi senyawa organik sisa (residu).

$$r_D = -K' \times L_0 \cdot e^{k't} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

- rD : laju deoksigenasi (mg/l)
- K' : konstanta reaksi orde satu (hari-1)
- L₀ : BOD ultimate pada titik pencemaran (mg/l)
- t : waktu (hari)

$$L_0 = BOD_{20}^5 / (1 - e^{-5k}) \dots\dots\dots (2.7)$$

BOD *ultimate* merupakan jumlah total oksigen yang dikonsumsi bakteri dalam mendegradasikan bahan organik yang ada di dalam air. Proses deoksigenasi berjalan lambat dan biodegradasi total membutuhkan waktu yang lama. Inkubasi sampel dalam waktu yang lama untuk mendapatkan konsentrasi BOD ultimate memiliki hasil nilai yang relatif kecil. Oleh karena itu, alternatif yang dipilih yaitu sampel diinkubasi selama 5 hari pada suhu 20°C dengan asumsi sebagian besar biodegradasi telah terjadi (BOD₅₂₀) (Ammary dan Samraie, 2014).

2.4.2 Proses Peningkatan Oksigen Terlarut (Reaerasi)

Proses reaerasi merupakan proses perpindahan oksigen dari udara ke air dimana kandungan oksigen di dalam air akan bertambah dengan adanya turbulensi. Peralihan oksigen dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$r_R = K^2 \times (C_s - C) \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

- rR : laju reaerasi (mg/l)
- K² : konstanta reaerasi (hari-1)
- C_s : konsentrasi oksigen terlarut jenuh (mg/l)
- C : konsentrasi oksigen terlarut (mg/l)

2.5 Self Purification

Lingkungan perairan bereaksi terhadap masuknya bahan pencemar sebagai mekanisme alami untuk kembali pada kualitas air semula. Proses ini disebut *self purification* yang sebenarnya terdiri dari daur ulang material (Vagnetti et al, 2003). Definisi lain dari *self purification* adalah pemulihan oleh proses alami baik secara total ataupun sebagian kembali ke kondisi awal sungai dari bahan asing yang secara kualitas maupun kuantitas menyebabkan perubahan karakteristik fisik, kimia dan atau biologi yang terukur dari sungai (Vagnetti et al, 2003). Proses pemulihan secara alami berlangsung secara fisik, kimiawi dan biologi. Pada saluran atau sungai yang alami, yaitu bukan saluran beton, secara signifikan dapat mendukung alami proses pemurnian diri dan menyebabkan kualitas air yang lebih baik dari kondisi air semula (Vagnetti et al, 2003).

2.6 Perhitungan Metode Streeter-Phelps

Pemodelan sungai diperkenalkan oleh Streeter dan Phelps pada tahun 1925 menggunakan persamaan kurva penurunan oksigen (*oxygen sag curve*) dimana suatu metode pengelolaan air dapat dilakukan atas dasar defisit oksigen kritis DC, yaitu kondisi defisit DO terendah yang dicapai akibat beban yang diberikan pada aliran (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110, 2003:124-125).

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

Fungsi harga K['] dan K² merupakan fungsi temperatur dengan persamaan sebagai berikut (Kepmen LH No.110 Tahun 2003).

$$K'_T = K'_{20} (1.047)^{T-20} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$K^2_T = K^2_{20} (1.016)^{T-20} \dots \dots \dots (2.10)$$

Suatu metode pengelolaan kualitas air dapat dilakukan atas dasar defisit oksigen kritik (Dc), yaitu kondisi defisit oksigen terlarut (DO) terendah yang dicapai akibat beban yang diberikan pada aliran tersebut. Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan dalam perhitungan Dc (Kepmen LH No.110 Tahun 2003).

$$Dt = \frac{K' Lo e^{-k't} - e^{k'2t}}{K_2 - K} + Do e^{-k't} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$D = Cs - C \dots\dots\dots(2.12)$$

$$Dc = \frac{K'}{K'_2} Lo e^{k'.tc} \dots\dots\dots(2.13)$$

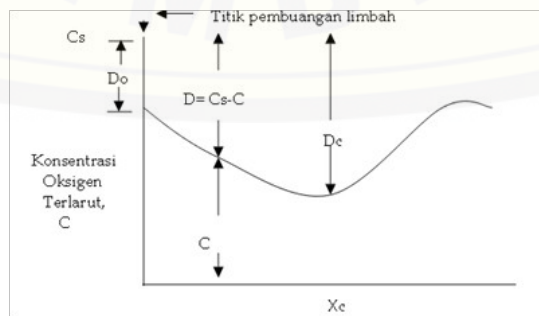
$$tc = \frac{1}{K_2 - K} \left\{ \frac{K'}{K} \left[1 - Do \frac{(K'_2 - K')}{K' Lo} \right] \right\} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$xc = tc . v \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan:

- tc = waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik kritis (hari)
- Lo = BOD ultimate pada aliran hulu setelah pencampuran (mg/l)
- xc = Letak kondisi kritis (km)
- v = kecepatan aliran sungai (m/detik)
- D = defisit oksigen (mg/l)
- Dt = defisit oksigen pada waktu t (mg/l)

Konsentrasi DO perairan terhadap fungsi jarak dan waktu ditentukan dari selisih DO saturasi dan DO defisit, Dt. Kurva penurunan oksigen (DO sag) ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Kurva karakteristik defisit oksigen (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 tahun 2003:124)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada Bulan Agustus 2018 sampai April 2019. Pengambilan sampel dan pengukuran debit serta suhu dilakukan di Sungai Rembagan di Desa Cangkring Kecamatan Patrang seperti yang disajikan pada Gambar 3.1 Pengukuran dan pengujian parameter DO, BOD5, TDS, TSS, pH, dan kekeruhan, dilakukan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL) Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat penelitian yang digunakan yaitu termometer, pasak, tali tambang, kamera, cool box, GPS, roll meter, current meter, botol sampel, botol winkler 250 ml, erlenmeyer 1000 ml, pipet volumetrik 100 ml, bola hisap, pipet suntik, corong, buret, gelas beker, pH meter, oven, desikator, timbangan analitis, corong penyaring, cawan, TDS meter, turbidity meter

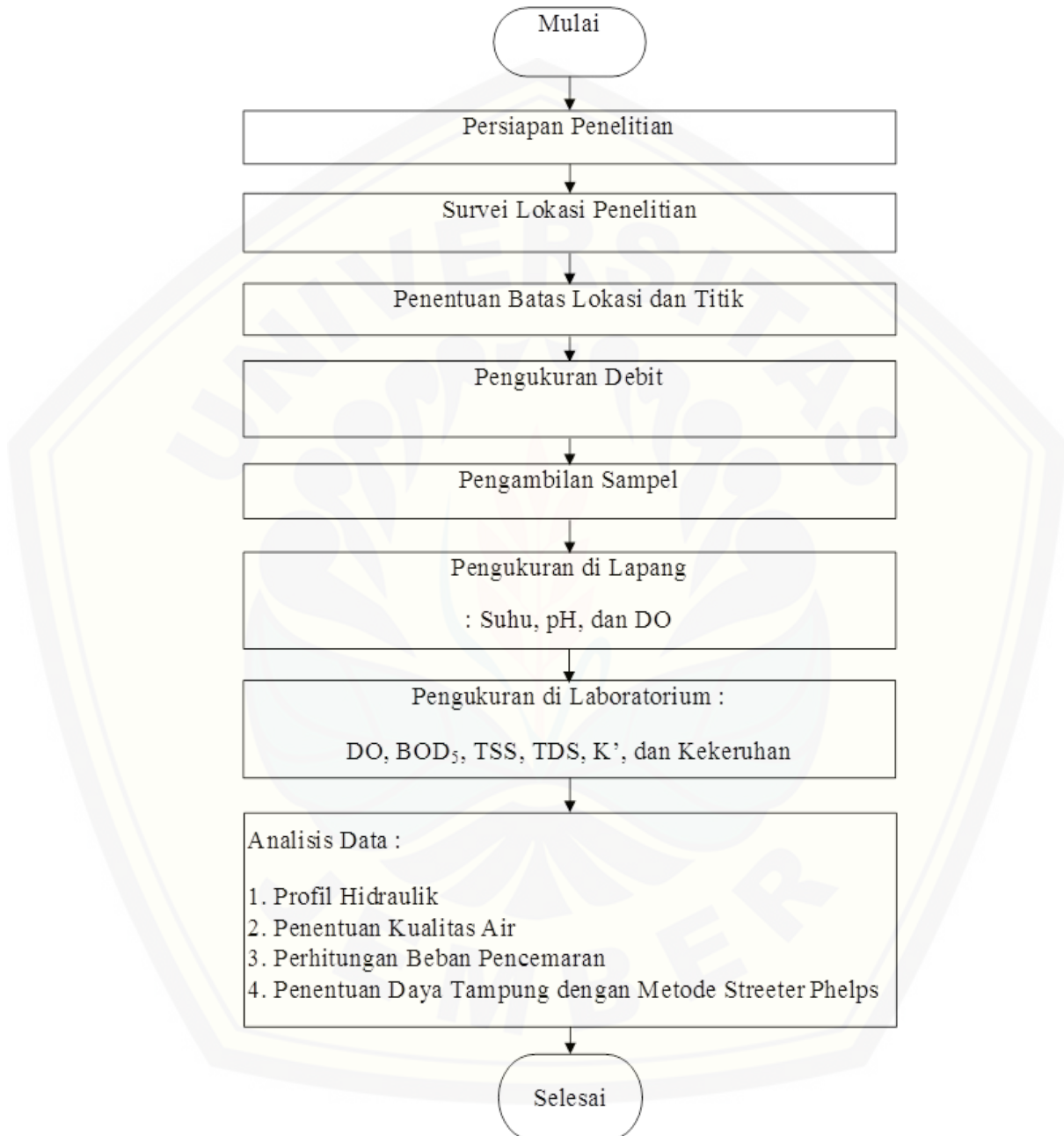
Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Sampel air Sungai Rembagan, aquades, kertas saring, asam sulfat pekat (H_2SO_4 0,1N), larutan tiosulfat ($Na_2S_2O_2$ 0,025N), larutan $MnSO_4$, larutan alkali-iodida-azida, indikator amilum.



Gambar 3.1 Lokasi penelitian Sungai Rembagan di Desa Cangkring Kecamatan Patrang

3.3 Tahap Penelitian atau Prosedur Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian disajikan pada Gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

3.3.1 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian meliputi studi literatur dan persiapan alat dan bahan penelitian. Studi literatur bertujuan untuk mengumpulkan informasi. Informasi

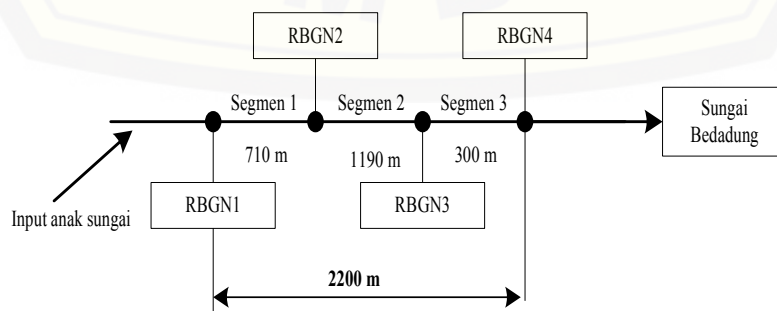
tersebut diperoleh dari buku, jurnal, peraturan daerah atau pemerintah. Persiapan alat dan bahan dilakukan dengan mendata peralatan dan bahan yang dibutuhkan selama pelaksanaan penelitian, termasuk perizinan peminjaman peralatan dan melakukan penelitian di Laboratorium.

3.3.2 Survei Lokasi Penelitian

Survei lokasi dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi daerah sekitar aliran sungai dan menentukan titik pengambilan sampel. Dari kegiatan survei diperoleh data identifikasi tata guna lahan daerah aliran sungai yang dominan yaitu pemukiman karena letak sungai berada di daerah perkotaan yang berpotensi menghasilkan limbah rumah tangga yang masuk ke dalam sungai.

3.3.3 Penentuan Batas Lokasi dan Titik

Penentuan batas awal dimulai dari hulu di Desa Cangkring, Kelurahan Gebang, Kecamatan Patrang setelah aliran masuk atau percabangan sungai hingga ruas kerajan, jemberlor, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember. Titik pengambilan sampel air berada pada lokasi setelah menerima zat pencemar (SNI 6989.57-2008). Penentuan titik pengukuran debit dilakukan pada aliran air yang tidak memutar dan distribusi air merata (SNI 8066-2015). Sungai akan dibagi menjadi tiga segmen dengan empat titik pengambilan dan pengukuran sampel dengan jarak yang berbeda. Penentuan titik dalam pengambilan sampel air berdasarkan metode purposive sampling yaitu penentuan secara sengaja dengan melihat pertimbangan-pertimbangan seperti kemudahan akses, biaya, dan waktu. Pembagian titik dan segmen lokasi penelitian disajikan pada Gambar 3.3,



Gambar 3.3 Pembagian titik pada sungai

Adapun koordinat dan lokasi dari masing-masing titik pengambilan yang disajikan pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Lokasi penelitian berdasarkan titik kordinat

| Keterangan | Titik Koordinat | | Desa |
|------------|-----------------|-------------|-----------|
| | Bujur (X) | Lintang (Y) | |
| RBGN1 | 113.709674 | -8.148835 | Cangkring |
| RBGN2 | 113.710105 | -8.154156 | Cangkring |
| RBGN3 | 113.707438 | -8.160911 | Cangkring |
| RBGN4 | 113.704612 | -8.160197 | Cangkring |

3.3.4 Pengukuran Debit

Pengukuran debit dilakukan sebanyak tiga kali pada tanggal 31 Maret 2019, 2 April 2019, dan 7 April 2019. Pengukuran debit dilakukan dengan membuat profil sungai (cross section) dan dilakukan selama tiga kali pengukuran. Tahapan pengukuran debit sungai yang pertama yaitu mengukur lebar sungai dan membagi menjadi sepuluh pias dengan lebar yang sama lalu mengukur kedalaman sungai pada setiap pias untuk mengetahui luas penampang sungai. Kedua, pengukuran debit menggunakan current meter dengan metode pengukuran berdasarkan kecepatan aliran pada masing - masing kedalaman pengukuran (d) setiap pias. Pengukuran kecepatan aliran dilakukan tiga kali pengulangan pada interval waktu sepuluh detik. Ketiga, diperoleh data yaitu luas penampang dan kecepatan aliran pada masing-masing pias, sehingga dapat menghitung debit pada setiap titik.

Perhitungan debit sungai menggunakan Persamaan 3.1 sebagai berikut.

$$Q_x = V_x \times A_x \dots\dots\dots(3.1)$$

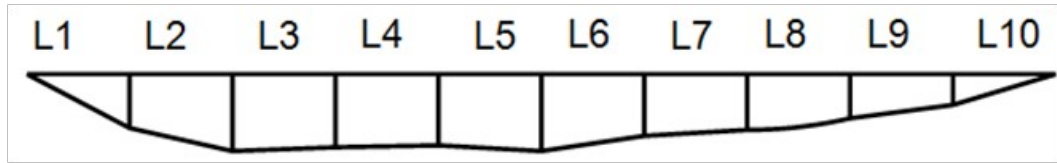
Keterangan:

Q_x = debit air pada bagian x(m³/detik)

V_x = kecepatan aliran rata-rata pada penampang x (m/detik)

A_x = luas penampang bagian x(m²)

Berikut merupakan ilustrasi pembagian pias Sungai Sumber Telak yang disajikan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Ilustrasi pembagian pias sungai

Luas penampang dapat dihitung dengan Persamaan 3.2.\

$$A_x = \frac{b(x+1)^{-b}(x-1)}{2} d_x \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

- Ax = luas penampang pada x (m²)
- b(x+1) = jarak titik vertikal sesudah titik vertikal ke x dari titik tetap (m)
- b(x-1) = jarak titik vertikal sesudah titik vertikal ke x dari titik tetap (m)
- dx = kedalaman pada titik vertikal ke x(m)

Kecepatan aliran sungai dihitung menggunakan Persamaan 3.3.

$$V = aN + b \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

- V = kecepatan aliran(m/detik)
- N = jumlah putaran baling-baling dibagi dengan waktu
- a dan b = konstanta *current meter* menurut tipealat

Konstanta *current meter* berdasarkan jumlah putaran dengan diameter baling- baling 100 mm disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rumus kecepatan aliran berdasarkan jumlah putaran baling-baling

| Jumlah putaran N | Persamaan kecepatan aliran (m/s) v = aN + b |
|---------------------|--|
| 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 berdasarkan kedalaman aliran pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Penentuan kedalaman pengukuran dan perhitungan kecepatan aliran

| Kedalaman sungai (m) | Kedalaman pengukuran | Perhitungan kecepatan rata-rata |
|----------------------|------------------------|--|
| 0 – 0.6 | 0.6d | $V = V_{0.6}$ |
| 0.6 – 3 | 0.2d, 0.8d | $V = 0.5 (V_{0.2} + V_{0.8})$ |
| 3 – 6 | 0.2d, 0.6d, 0.8d | $V = 0.5 (V_{0.2} + V_{0.6} + V_{0.8})$ |
| > 6 | S, 0.2d, 0.6d, 0.8d, B | $V = 0.1 (V_S + 3V_{0.2} + 2V_{0.6} + 3V_{0.8} + V_B)$ |

Sumber: Rahayu et al. (2009: 30)

Keterangan:

d = kedalaman pengukuran (m)

S = permukaan sungai (m)

B = dasar sungai (m)

V = kecepatan (m/detik)

3.3.5 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali waktu pengambilan yang pada setiap titik dilakukan tiga pengambilan sampel. Sebelum dilakukan pengambilan sampel air, botol sampel dan botol *Winkler* dicuci bersih dan dibilas dengan contoh uji air. Metode pengambilan sampel yang digunakan yaitu metode *grab sampling* merupakan pengambilan secara sesaat dan digunakan untuk mengambil sampel secara langsung dari badan air yang sedang dilakukan penelitian (Effendi, 2003). Pengambilan sampel yang akan dilakukan di laboratorium menggunakan botol sampel dengan cara berlawanan dengan arah aliran dan tidak boleh ada gelembung udara. Pengambilan sampel air yang dilakukan pengukuran di lapang yaitu DO lapang menggunakan botol *Winkler* dan pH menggunakan *beaker glass*. Dalam proses memasukkan air ke dalam botol sampel dan *Winkler* harus berlawanan dengan arah aliran dan tidak boleh ada gelembung udara yang dapat mempengaruhi nilai parameter kualitas air. Setiap botol sampel air diberi label dan disimpan di dalam *cool box* yang berisi es batu agar menonaktifkan bakteri. Sampel tersebut kemudian dibawa ke laboratorium

dengan waktu tempuh sekitar 15 menit. Pengukuran parameter kualitas air dapat diuraikan sebagai berikut:

3.3.6 Pengukuran di lapang

1. Pengukuran suhu dengan memasukkan termometer secara langsung ke dalam air selama 1-2 menit dengan tiga kali pengulangan pada setiap titik lokasi penelitian dan diambil nilai rata-rata. Prosedur pengukuran suhu berdasarkan SNI 06-6989.23-2005 yaitu:
 - e. termometer dicelupkan ke dalam sampel air sungai hingga menunjukkan nilai yang stabil;
 - f. pembacaan skala dilakukan tanpa mengangkat termometer dari sampel air.
2. Pengukuran pH menggunakan pH meter dilakukan di lapang dengan tiga kali pengulangan. Prosedur pengukuran pH berdasarkan SNI 06-6989.11-2004 yaitu:
 - a. membilas elektroda dengan air suling dan dikeringkan menggunakan tisu;
 - b. menuangkan sampel air ke dalam *beaker glass* 50 mL dan mencelupkan elektroda ke dalam sampel air hingga pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap;
 - c. mencatat hasil pembacaan sesuai nilai yang tertera pada pH meter.
3. Pengukuran DO dilakukan di lapang dan laboratorium menggunakan analisis metode titrasi dengan botol *Winkler*. BOD dapat diketahui setelah melakukan pengukuran DO hari ke-0 dan hari ke-5. Nilai DO dan BOD dapat dihitung dengan Persamaan 2.1 dan 2.2 Prosedur pengukuran berdasarkan SNI 06-6989.14-2004 yaitu:
 - a. memasukkan sampel air ke dalam botol *Winkler* hingga penuh dan ditutup tanpa ada gelembung udara;

- b. menambahkan MnSO_4 dan alkali iodida azida masing-masing 2 mL pada sampel air, kemudian dikocok hingga homogen dan menunggu hingga muncul endapan warna coklat;
- c. sampel air yang telah diendapkan, dipindahkan ke dalam erlenmeyer 2 mL. Pada sampel air yang berada pada botol *Winkler* ditambahkan H_2SO_4 pekat sebanyak 2 mL kemudian dikocok hingga homogen dan dituang ke dalam erlenmeyer;
- d. melakukan titrasi menggunakan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N hingga berubah warna menjadi kuning pucat;
- e. menambahkan 2 mL amilum dan titrasi hingga warna menjadi bening;
- f. mencatat volume titrasi;
- g. nilai DO_0 dapat dihitung dengan Persamaan 2.1;
- h. menghitung nilai BOD maka diperlukan DO_5 . Prosedur pengukuran DO_5 yaitu memasukkan sampel air ke dalam botol *Winkler* dan dimasukan dalam kulkas selama 5 hari dengan suhu 20°C kemudian dilakukan prosedur a hingga f.

3.3.7 Pengukuran di laboratorium

1. Pengukuran TSS menggunakan kertas saring dengan metode Gravimetri. Berdasarkan SNI 06-6989.3-2004. Sampel air yang homogen disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Selanjutnya zat padat yang tersaring pada filter dipanaskan di dalam oven pada suhu $+105^\circ\text{C}$ selama 1 jam. Pengukuran TSS dapat dihitung dengan Persamaan 2.3.
2. Pengukuran TDS menggunakan TDS meter. Prosedur pengukuran dengan alat tersebut yaitu:
 - a. masing-masing sampel air dimasukan ke dalam *beaker glass* 50 ml;
 - b. TDS meter dicelupkan ke dalam sampel air hingga bagian sensor tercelup semua;

- c. menunggu hingga nilai pada layar display stabil, kemudian dicatat;
3. Pengukuran kekeruhan dengan metode Nefelometrik yaitu perbandingan antara intensitas cahaya yang dihamburkan dari suatu sampel air dengan intensitas cahaya yang dihamburkan oleh suatu larutan keruh standar pada kondisi yang sama. Pengukuran menggunakan alat turbidimeter yang sudah dikalibrasi. Prosedur pengukuran kekeruhan berdasarkan SNI 06-6989.25-2005 yaitu:
 - d. melakukan kalibrasi Nefelometer, misalnya suspensi baku kekeruhan 40 NTU dimasukkan ke dalam tabung Nefelometer dan memasang tutupnya;
 - e. nilai akan dibaca oleh alat dan mengatur alat sehingga menunjukkan angka kekeruhan larutan baku yang di kalibrasi;
 - f. sampel air yang telah dikocok, akan diukur dengan memasukkan ke dalam botol dan dimasukkan ke tabung Nefelometer;
 - g. nilai akan muncul pada layar dan menunggu hingga nilai stabil.
 - h. Pengukuran BOD₅ dan BOD_{2,4,6,8,10}

Pengukuran BOD dilakukan dengan menginkubasi contoh uji pada botol BOD bertemperatur 200C selama 5 hari. BOD₅ ditetapkan berdasarkan selisih konsentrasi DO 0 hari dan konsentrasi DO 5 hari. Sedangkan BOD pada hari ke-2, 4, 6, 8, dan 10 digunakan untuk menentukan konstanta reaksi bahan organik. Pengukuran BOD dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan (triplo) menggunakan metode yodometri (SNI 06-6989.14 2004).

3.3.8 Analisis Data

1. Profil Hidraulik

Profil hidraulik dianalisis bertujuan untuk mengetahui gambaran Sungai Rembagan yang meliputi luas penampang dan debit dengan cara membuat profil sungai. Pengolahan data debit menggunakan Microsoft Excel 2007, sedangkan gambaran profil sungai menggunakan Visio 2007.

2. Penentuan Kualitas Air

Data kualitas air yang diperoleh, dihitung dan diolah menggunakan Microsoft Excel 2007. Data hasil perhitungan tersebut dibandingkan dengan baku mutu air sungai. Penetapan kriteria kelas mutu air sungai berdasarkan PP RI Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

3. Perhitungan Beban Pencemaran

Perhitungan beban pencemaran yaitu jumlah konsentrasi suatu pencemar yang terkandung di dalam air atau air limbah yang dilakukan untuk mengetahui besarnya zat pencemar yang masuk ke dalam sungai. Perhitungan beban pencemaran dengan Persamaan 2.5.

4. Penentuan Daya Tampung Sungai dengan Metode Streeter-Phelps

Perhitungan beban pencemaran dikembangkan oleh Streeter-Phelps (1925) dimana penentuan beban pencemaran air didasarkan pada kurva defisit DO (Dissolved Oxygen) dengan anggapan bahwa kebutuhan oksigen (BOD) di air diperlukan untuk kehidupan perairan sehingga kebutuhan oksigen di air ini dapat digunakan untuk mengukur terjadinya pencemaran. Penentuan daya tampung sungai dalam menerima beban pencemaran yang dapat diketahui dengan menghitung keseimbangan pasokan oksigen terlarut akibat deoksigenasi dan reoksigenasi (Uzoigwe, et al. 2015). Model ini mendifferensiasi proses deoksigenasi dan reoksigenasi sebagai fungsi dari waktu dan jarak (yang berkaitan dengan kecepatan sungai) (Marganingrum, et al. (2018). Persamaan yang digunakan untuk membentuk kurva purifikasi adalah persamaan 2.11 sehingga diperoleh kurva karakteristik defisit oksigen. Pembentukan kurva defisit oksigen didapatkan dari selisih DO saturasi, DO defisit dan model ini mendifferensiasi proses deoksigenasi dan reoksigenasi sebagai fungsi dari waktu dan jarak (yang berkaitan dengan kecepatan sungai), atau di namakan DO model atau DO prediksi. DO saturasi merupakan DO maksimum pada titik pantau penelitian yang didapatkan dari tabel ketetapan temperatur yang dimiliki pada setiap titik, sedangkan untuk DO aktual adalah DO yang didapatkan dari hasil DO lapang

ketika pengambilan sampel. Sehingga DO saturasi akan mempengaruhi pemodelan DO model atau DO prediksi pada setiap segmen atau pada setiap titik pantau.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengukuran kualitas air di Sungai Rembagan parameter pH, kekeruhan, TDS, TSS, DO, dan BOD memenuhi kriteria mutu air kelas III berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001.
2. Data beban pencemaran dari titik RBGN1 sampai dengan RBGN4 menunjukkan data yang fluktuatif yaitu berkisar 31,820 kg/hari - 48,551 kg/hari, Beban pencemaran terbesar yaitu pada RBGN3 yaitu sebesar 48,551 kg/hari dan beban pencemaran terkecil yaitu pada RBGN4 sebesar 31,820 kg/hari.
3. Perhitungan daya tampung menggunakan persamaan matematis streeter-phelps menghasilkan rata-rata nilai laju deoksigenasi sebesar 1,5893 mg/L.hari, rata-rata laju reaerasi sebesar 9,2488 mg/L.hari. Sungai Rembagan tidak memiliki kondisi kritis karena nilai rR lebih besar dari pada rD , Sungai Rembagan tidak memiliki kondisi kritis karena nilai rR lebih besar dari pada rD , hasil dari perbandingan nilai DO aktual dengan DO baku mutu kelas III. Dari perbandingan tersebut didapatkan bahwa DO aktual sebesar 5,6760 mg/L lebih besar dari pada DO baku mutu kelas III sebesar 3 mg/L. Sehingga dapat diartikan Sungai Rembagan masih mempunyai DO sisa sebesar 2,676 mg/L dan masih mampu menerima beban pencemaran sebesar 18,8 kg/hari.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian, saran yang diberikan adalah:

1. Perlu adanya penelitian kualitas air pada musim yang berbeda agar diketahui keadaan kualitas air di masing-masing musim dan dilakukan secara berkala.

2. Perlu adanya penelitian daya tampug sungai pada musim yang berbeda agar diketahui besar beban pencemar di masing-masing musim dan diketahui daya tampungnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Alabaster, JS dan R Lloyd. 1982. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. Second Edition. Food and Agriculture Organization of United Nations. Butterworths. London.
- Alaerts, G. dan S. S. Santika. 1984. Metode Penelitian Air. Surabaya: Usaha Nasional.
- Ali, A. Soemarno dan Purnomo, M. 2013. Kajian Kualitas Air dan Status Mutu Air Sungai Metro di Kecamatan Sukun Kota Malang. Tesis. Universitas Brawijaya. Malang.
- Ammary, B. dan L. A. A., Samrraie. 2014. Evaluation and Comparison of Methods Used for the Determination of BOD First Order Model Coefficients. International Journal of Enviroment and Waste Management. 13(4): 363.
- Arbie, R. R., Nugraha W. D., dan Sudarno. 2015. Studi Kemampuan Self Purifunction Pada Sungai Progo Ditinjau Dari Parameter Organik DO dan BOD (Point Source : Limbah Sentra Tahu Desa Tuksono, Kecamatan Sentelo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi D. I. Yogyakarta). Jurnal Teknik Lingkungan. 4(3): 1-15.
- Astono, W. (2010). Penetapan Nilai Konstanta Dekomposisi Organik (Kd) Dan Nilai Konstanta Reaerasi (Ka) Pada Sungai Ciliwung Hulu – Hilir. Jurnal Ekoksains. 2(1), 40-45
- Ayudina, A. (2017). Penentuan Nilai Koefisien Laju Deoksigenasi Sungai Citarum Segmen Tengah, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan. Diakses dari <http://repository.unpas.ac.id/27824/1/ABSTRAK.docx>.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 06-6989.3-2004 Air dan Air Limbah Cara Uji Kadar Padatan Tersuspensi Total (TSS) secara Gravimetri. Serpong: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 06-6989.11-2004. Cara Uji Drajat Keasaman (pH) Dengan Menggunakan Ph Meter.
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 06-6989.14-2004. Tentang Air dan Air Limbah - Bagian 14: Cara Uji Oksigen Terlarut Secara Iodometri (modifikasi azida).

- Badan Standardisasi Nasional. SNI 06-6989.23-2005. Cara Uji suhu dengan termometer.
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 06-6989.25-2005. Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer.
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 6989.57.2008. Air dan Air Limbah. Bagian 57 : Metode Pengambilan Contoh Permukaan. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Effendi, H. (2003) Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Kanisius.
- Indarto. 2010. Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. Jakarta: Bumi Aksara.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110. 2003. Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 122. 2004. Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Kordi, M. G. H. dan A. B. Tancung. 2007. Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Marganingrum, D., M. R. Djuwansah, dan A. Mulyono. 2018. Penilaian Daya Tampung Sungai Jangkok dan Sungai Ancar terhadap Polutan Organik. Jurnal Teknologi Lingkungan, 19(1): 71 – 80.
- Mulyanto,H.R., 2007.Sungai dan Sifat-Sifatnya. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Parwati, E. 2014. Teknik Pengukuran Nilai Total Suspended Solid (TSS) di Kabupaten Indramayu-Jawa Barat. Jurnal BTL. 13(1), 21-25.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82. 2001. Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. 14 Desember 2001. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara RI.
- Peraturan Pemerintah republik Indonesia Nomor 38. 2011. Sungai. 7 September 2011. Jakarta: Kementerian Pendidikan Nasional.

- Rahayu, S., R. H. Widodo, M. V. Noordwijk, I. Suryadi, dan B. Verbist. 2009. Monitoring Air Di Daerah Aliran Sungai, <http://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/B16396.pdf> [Diakses pada 26 April 2017].
- Rahmawati, D. 2011. Pengaruh Kegiatan Industri Terhadap Kualitas Air Diwak di Bergas Kabupaten Semarang dan Upaya Pengendalian Pencemaran Air Sungai. Tesis. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ryadi, S. 1984. Pencemaran Air. Surabaya: Karya Anda.
- Sudarmaji. 1995. Pencemaran Air dan Proteksi Lingkungan. Handout Program Studi Ilmu Lingkungan. PPS UGM. Yogyakarta.
- Suriawiria, U. 2003. Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Bangunan Secara Biologis. Bandung: Alumni.
- Uzoigwe, C., Burgess, J. G., Ennis, C. J., and Rahman, P. K. S. M. (2015). Bioemulsifiers are not biosurfactants and require different screening approaches. *Front. Microbiol.* 6:245. doi: 10.3389/fmicb.2015.00245.
- Vagnetti, R., Miana, P., Fabris, M., Pavoni, B., 2003. Self-Purification ability of a Resurgence Stream, *Chemosphere Journal* 52 (2003); 1781-1795. Venezia. Italy
- Wahyuningsih, S. Novita, E. dan Ningtias, R. 2019. Laju Deoksigenasi Dan Laju Reaerasi Sungai Bedadung Segmen Desa Rowotamtu Kecamatan Rambipuji Kabupaten Jember. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosiste.*7(1).
- Widigdo, B. 2001. Manajemen Sumberdaya Perairan. Bahan Kuliah. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Wirosoedarmo, R. dan Alexander T. S. H. 2018. Effect on Sedimentation Behavior and Performance of Irrigation Channel at Waru-Turi Kanan Kediri. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan.*
- Yuliastuti, E. 2011. Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. [Tesis]. Universitas Diponegoro. Semarang.

LAMPIRAN

