



TUGAS AKHIR - RE 091324

**EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH RSUD DR. M. SOEWANDHIE
SURABAYA**

**Ervin Silviana Agustin
NRP. 3310 100 048**

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

**Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014**



FINAL PROJECT - RE 091324

**PERFORMANCE EVALUATION OF THE
WASTEWATER TREATMENT PLANT OF DR. M.
SOEWANDHIE HOSPITAL SURABAYA**

Ervin Silviana Agustin

NRP. 3310 100 048

Supervisor:

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

**Department of Environmental Engineering
Faculty of Civil Engineering And Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014**

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH RSUD Dr. M. SOEWANDHIE SURABAYA

TUGAS AKHIR

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

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

Oleh :

**ERVIN SILVIANA AGUSTIN
NRP. 3310 100 048**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



**Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc.
NIP. 195501281985032001**



SURABAYA, AGUSTUS 2014

EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH RSUD Dr. M. SOEWANDHIE SURABAYA

Nama Mahasiswa : Ervin Silviana Agustin
NRP : 3310.100.048
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke K, M.Sc

ABSTRAK

RSUD Dr. M. Soewandhie merupakan salah satu rumah sakit milik Pemerintah Surabaya dengan tipe B. Dalam pelaksanaannya menghasilkan limbah yang salah satunya adalah limbah cair yang berasal dari kegiatan klinis dan domestik. Debit air limbah yang masuk ke dalam IPAL dari kegiatan pelayanan RSUD Dr. M. Soewandhie sebesar 131,06 m³/hari. Hasil uji kualitas efluen air limbah pada bulan februari 2014 belum memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Tahun 2013. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja dan mengevaluasi instalasi pengolahan air limbah guna mengetahui seberapa besar efektifitas kinerja unit IPAL dalam mengolah limbah cair.

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampel limbah cair setiap pagi dan sore dengan uji parameter yaitu TSS, BOD, COD, DO dan pH. Titik sampling terletak pada influen dan efluen setiap bangunan pengolahan air limbah meliputi sumur pengumpul, bak ekualisasi dan biofilter aerobik. Selanjutnya sampel air limbah dianalisis di Laboratorium Pemulihan Air Teknik Lingkungan ITS.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair rumah sakit menggunakan biofilter aerobik mempunyai efisiensi menurunkan COD, BOD, dan TSS sebesar 33%, 47% serta 31 %. Efisiensi pada biofilter aerobik ini masih rendah sehingga efluen air limbah masih belum memenuhi baku mutu. Salah satu penyebabnya yaitu

terganggunya metabolisme mikroorganisme (biofilm) dalam menyisihkan polutan organik. Hal ini disebabkan adanya penambahan alum pada operasional IPAL. Alum mempunyai sifat toksik terhadap metabolisme mikroorganisme bahkan bisa menyebabkan kematian. Selain itu kurangnya oksigen terlarut membuat pertumbuhan mikroorganisme menjadi terhambat. Untuk meningkatkan efisiensi kinerja IPAL maka diperlukan penggantian blower sesuai dengan oksigen yang diperlukan serta tidak dilakukan penambahan alum pada proses operasional.

Kata kunci: Biofilter Aerobik, Air Limbah, Alum.

PERFORMANCE EVALUATION OF THE WASTEWATER TREATMENT PLANT OF DR. M. SOEWANDHIE HOSPITAL SURABAYA

Name :Ervin Silviana Agustin
ID No. :3310.100.048
Department :Teknik Lingkungan
Supervisor :Prof. Dr. Ir. Nieke K, M.Sc

ABSTRACT

Dr. M.Soewandhie Hospitalis the one of Surabaya government's hospitals that is categorize as a type B hospital. The hospital generates wastewater from domestic and clinical activities. The wastewater flow rate is about 131.06 m³/day. It is treated in a wastewater treatment plant (WWTP). However, the effluent quality of the WWTP, data February 2014 does not fulfill the standard quality stated by the government regulation. Therefore, this study aims to analyze and evaluate the performance in order to find out the effectiveness of the wastewater unit's performance in treating wastewater.

In this study, wastewater samples were taken every morning and evening. The analyzed parameters are TSS, BOD, DO, and pH. Sampling points are located at the inlet and outlet of each unit include collecting wells, equalization basin and aerobic biofilter. Those samples are analyzed in the Laboratory of Water Quality of the Environmental Engineering Department ITS.

The results show that removal efficiency in the aerobic biofilter for COD, BOD, and TSS parameters are 33%, 47%, and 31%, respectively. These values are categorized as low and do not comply with the standard quality. It is caused by disruption of the metabolism of microorganisms (biofilm) in degradation of organic pollutants. This is due to the addition of alum to the WWTP operation

since alum is known as toxic for the metabolism of microorganisms, even causes death. Moreover, the lack of dissolved oxygen would make the growth of microorganisms obstructed. To improve the efficiency of the WWTP performance, a replacement of the existing blower with the one that has more supply of oxygen is needed and alum addition is not allowed.

Key word: Aerobic Biofilter, Wastewater, Alum

KATA PENGANTAR

Assalamualikum Wr. Wb

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir dengan judul ***“Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Dr. M. Soewandhie”*** dapat terselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan dan kerja sama yang baik dari semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc selaku dosen pembimbing, terima kasih atas kesediaan, kesabaran dan ilmu yang diberikan dalam proses bimbingan.
2. Ir. Didik Bambang S, MT, Ir. Atiek Moesriati, M. Kes dan Ir. Mas Agus Mardyanto M E., Ph D selaku dosen penguji, yang membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir.
3. Kakak, adikku Lupita Setiawan dan Tomy Ady Bharata yang selalu memberikan semangat.
4. Pakde, budeku John Biddiscombe dan Sumiatun Biddiscombe yang telah membantu membiayai kuliah sampai lulus.
5. Sahabat kecilku, Dian Wahyu Dinata dan Dinar Dwi Ningroem yang telah membantu dalam pengambilan data.
6. Sahabat sekontrakan GK 77 pangki, Nul, Dewil, Ulin, dan Icul yang selalu bersama dalam suka dan duka.
7. Teman-teman selaboratorium pemulihan air, yang saling membantu dalam menghadapi kesulitan.
8. Teman-teman angkatan 2010 yang selalu membantu dan memberikan saran dan nasihat.
9. Pemerintah Dikti yang telah memberikan beasiswa “Bidik Misi” selama kuliah kepada penulis.

Terima kasih penulis sampaikan kepada kedua orang tua yang selalu mendoakan, mendukung dan memberi nasihat dari awal masuk kuliah hingga penyusunan tugas akhir ini selesai.

Penyusunan tugas akhir ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, Agustus 2014

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Rumah Sakit	5
2.1.1 Pengertian Rumah Sakit.....	5
2.1.2 Klasifikasi Rumah Sakit.....	5
2.2 Limbah Cair Rumah Sakit.....	6
2.3 Karakteristik Air Limbah	6
2.3.1 Karakteristik Fisik.....	6
2.3.2 Karakteristik Kimia.....	8
2.3.3 Karakteristik Biologi.....	9
2.4 Proses Pengolahan Air Limbah	9
2.5 Sumur Pengumpul.....	10
2.6 Bak Ekualisasi	11
2.6.1 Rumus pada bak ekualisasi.....	12
2.6.2 Tipe Bak ekualisasi.....	13
2.7 Biofilter	14
2.7.1 Biofilter Aerobik dan Anaerobik	15
2.7.2 Proses Pengolahan Biofilter	16
2.7.3 Media Bio-ball Pada Biofilter.....	18
2.7.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Biofilter	19
2.7.5 Rumus-Rumus Perhitungan.....	21
2.8 Desinfeksi.....	23
2.9 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit	24

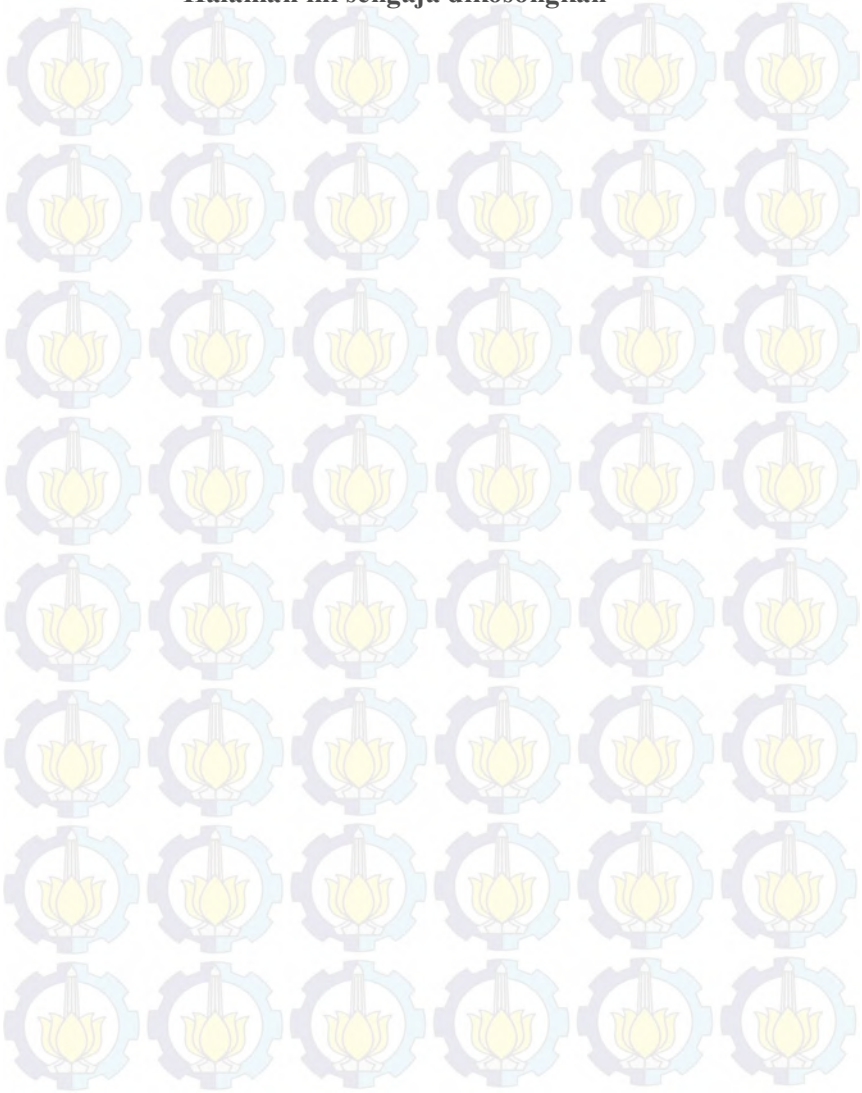
2.10 Perhitungan Kesenjangan Masa	25
BAB III GAMBARAN UMUM IPAL RSUD DR. M.	
SOEWANDHIE SURABAYA.....	27
3.1 Umum.....	27
3.2 Unit-Unit Pengolahan Air Limbah.....	30
3.2.1 Sumur Pengumpul.....	30
3.2.2 Bak Ekualisasi.....	31
3.2.3 Biofilter Aerobik.....	31
3.3 Spesifikasi Unit dan Peralatan IPAL.....	33
BAB IV METODA PENELITIAN	35
3.1 Kerangka Penelitian	35
3.2 Ide Tugas Akhir	35
3.3 Survei Lokasi	35
3.4 Studi Literatur	39
3.5 Pengumpulan Data	39
3.5.1 Data Primer.....	39
3.5.2 Data Sekunder.....	42
3.6 Analisis Dan Pembahasan.....	43
3.7 Kesimpulan Dan Saran.....	44
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	45
5.1 Hasil Analisis Parameter Kinerja Dengan Data Primer.....	45
5.2 Kinerja Bangunan Pengolahan Air Limbah.....	51
5.3 Sumur Pengumpul.....	51
5.3.1 Efisiensi Penyisihan Sumur Pengumpul.....	51
5.3.2 Analisis Kinerja Sumur Pengumpul.....	52
5.4 Bak Ekualisasi.....	53
5.4.1 Efisiensi Penyisihan Bak Ekualisasi.....	53
5.4.2 Analisis Kinerja Bak Ekualisasi.....	54
5.4.3 Hasil Analisis Kinerja Bak Ekualisasi.....	65
5.4.4 Rekomendasi Pemecahan Masalah	67
5.5 Biofilter Aerobik.....	70
5.5.1 Efisiensi Penyisihan Biofilter Aerobik.....	70
5.5.2 Analisis Kinerja Biofilter Aerobik.....	70
5.5.3 Rekomendasi Pemecahan Masalah	80
5.6 Perhitungan Mass Balance.....	82

5.6.1 Sumur Pengumpul	82
5.6.2 Bak Ekualisasi	85
5.6.3 Biofilter Aerobik.....	87
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
6.1 Kesimpulan.....	91
6.2 Saran	91
DAFTAR PUSTAKA.....	93
LAMPIRAN B DOKUMENTASI PENELITIAN	100
LAMPIRAN C PROSEDUR ANALISIS BOD	102
LAMPIRAN D PROSEDUR ANALISIS PV	104
LAMPIRAN E PROSEDUR ANALISIS TSS.....	105
LAMPIRAN F PROSEDUR ANALISIS COD	106
LAMPIRAN G PROSEDUR ANALISIS DO	108
LAMPIRAN H BAKU MUTU LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT PERGUB JATIM NO. 72 TAHUN 2013	109
LAMPIRAN I LAYOUT SALURAN AIR BERSIH DAN AIR LIMBAH RSUD DR. M. SOEWANDHIE SURABAYA	110
LAMPIRAN J LAYOUT INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH RSUD DR. M. SOEWANDHIE SURABAYA	111
LAMPIRAN K POTONGAN A-A DAN B-B LAYOUT	112
LAMPIRAN L DENAH DAN POTONGAN C-C LAYOUT ..	113
LAMPIRAN M DENAH DAN POTONGAN SUMUR PENGUMPUL.....	114
LAMPIRAN N DENAH DAN POTONGAN BAK EKUALISASI	115
LAMPIRAN O DENAH DAN POTONGAN BIOFILTER.....	116

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Fisik Air Limbah	7
Tabel 2. 2 Kriteria Desain Bak Ekualisasi	12
Tabel 2. 3 Kriteria Desain Untuk Biofilter Aerobik	16
Tabel 2. 4 Kriteria Desain Untuk Biofilter Anaerobik.....	16
Tabel 2. 5 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit.....	24
Tabel 3. 1 Kualitas Influen Air Limbah Rumah Sakit	29
Tabel 3. 2 Efluen Air Limbah Rumah Sakit.....	29
Tabel 4. 1 Metode Pengukuran Parameter Penelitian	42
Tabel 5. 1 Hasil Analisis COD	45
Tabel 5. 2 Hasil Analisis BOD	46
Tabel 5. 3 Hasil Analisis TSS.....	47
Tabel 5. 4 Hasil Analisis pH	49
Tabel 5. 5 Hasil Analisis DO.....	50
Tabel 5. 6 Karakteristik Influen Air Limbah Bak Ekualisasi.....	55
Tabel 5. 7 Karakteristik Air Limbah Efluen Bak Ekualisasi.....	60
Tabel 5. 8 Perbandingan Kualitas Influen (Unequalized) dan Efluen Bak Ekualisasi (Equalized).....	63
Tabel 5. 9 Hasil Analisis Kinerja Bak Ekualisasi.....	65
Tabel 5. 10 Hasil Analisis Kinerja Biofilter Aerobik	78

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Bak Ekualisasi Tipe In-Line.....	13
Gambar 2. 2 Skema Bak Ekualisasi Tipe Off-line.....	14
Gambar 2. 3 Beberapa Sistem Aerasi Pada Biofilter Tercelup	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Sumber Air Limbah Rumah Sakit.....	28
Gambar 3. 2 Diagram Air Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit....	28
Gambar 3. 3 Sumur Pengumpul	31
Gambar 3. 4 Bak Ekualisasi	31
Gambar 3. 5 Gambar Biofilter Tampak Samping	32
Gambar 3. 7 Blower	33
Gambar 3. 6 Biofilter Tampak Atas	32
Gambar 4. 1 Kerangka Penelitian.....	37
Gambar 4. 2 Influen Sumur Pengumpul	40
Gambar 4. 3 Titik Sampling Efluen Sumur Pengumpul dan Influen Bak Ekualisasi.....	41
Gambar 4. 4 Efluen Bak Ekualisasi dan Influen Biofilter Aerobik..	41
Gambar 4. 5 Efluen Biofilter Aerobik	42
Gambar 5. 1 Grafik Analisis COD	46
Gambar 5. 2 Grafik Analisis BOD	47
Gambar 5. 3 Grafik Analisis TSS	48
Gambar 5. 4 Grafik Analisis pH.....	49
Gambar 5. 5 Grafik Analisis DO	51
Gambar 5. 6 Grafik Volume Efektif Bak Ekualisasi.....	59
Gambar 5. 7 Grafik Perbandingan Kualitas Air Limbah Sebelum dan Sesudah Masuk Ekualisasi	64
Gambar 5. 8 Roots Blower	82

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah sakit merupakan sarana upaya kesehatan yang menyelenggarakan kegiatan pelayanan kesehatan rujukan serta dapat berfungsi sebagai tempat pendidikan tenaga kesehatan dan penelitian (SK Gubernur Jatim No 61/1999). Rumah sakit dalam melaksanakan fungsinya menghasilkan buangan yang berupa limbah, baik limbah padat, limbah cair dan gas (Arfan, 2012). Limbah cair merupakan limbah yang dihasilkan dari seluruh kegiatan rumah sakit yang mengandung bahan berbahaya sehingga menyebabkan pencemaran jika dibuang ke lingkungan (SK Gubernur Jatim No 61/1999).

Rumah sakit memerlukan air bersih dalam jumlah cukup besar antara 400-1200 L/hari/kamar dan menghasilkan air buangan yang mengandung mikroorganisme, logam berat, dan bahan kimia beracun (Gautam *et al.*, 2007). Air limbah yang dihasilkan dari rumah sakit mengandung bahan kimia, senyawa organik, dan kemungkinan mengandung senyawa patogen yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan pada manusia. Beberapa komponen air limbah rumah sakit mengandung bahan beracun yang diperkirakan bisa menyebabkan penyakit kanker (Jolibois and Guerbet, 2005).

Menurut Liu *et al.* (2010) bahwa air limbah sebelum dibuang ke badan air lebih baik didesinfeksi terlebih dahulu. Pada umumnya metode desinfeksi menggunakan klorin (Cl) lebih sering digunakan pada pengolahan air limbah rumah sakit. Proses desinfeksi ini berfungsi mencegah persebaran mikroorganisme patogen dan mencegah penyakit infeksius. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gautam *et al.* (2007) dibutuhkan dosis optimum sebesar 20 mg/L untuk sampel 200 ml dengan menggunakan kalsium hipoklorit (CaHClO) sebagai desinfektan.

RSUD Dr. M. Soewandhie di Kelurahan Tambakrejo Surabaya mempunyai satu unit instalasi pengolahan air limbah

yang terdiri dari pengolahan primer dan sekunder. Pengolahan primer terbagi atas *screening treatment*, sumur pengumpul dan bak ekualisasi, sedangkan pengolahan sekunder menggunakan pengolahan biologis yaitu biofilter aerobik. Pengolahan primer dilakukan sebelum masuk ke pengolahan sekunder, yang dapat menurunkan kadar COD dan BOD sebesar 20-35%. Selanjutnya air limbah masuk ke dalam pengolahan sekunder yaitu biofilter aerobik, dan sebelum dibuang ke saluran drainase dilakukan desinfeksi untuk menghilangkan mikroorganisme patogen (Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2013).

Selain itu RSUD Dr. M. Soewandhie merupakan salah satu rumah sakit milik Pemerintah Kota Surabaya, dengan tipe B. Dalam pelaksanaannya menghasilkan limbah yang salah satunya adalah limbah cair yang berasal dari kegiatan klinis dan domestik. Limbah klinis akan masuk kedalam pengolahan pendahuluan sebelum masuk kedalam IPAL. Pengolahan pendahuluan berfungsi untuk mengurangi toksisitas dari kandungan limbah klinis. Debit air limbah yang masuk ke dalam IPAL dari kegiatan pelayanan RSUD Dr. M. Soewandhie sebesar 131,06 m³/hari (Hasil Analisis, 2014). Limbah cair tersebut berasal dari rawat inap, rawat jalan, rawat darurat, penunjang medis, dan penunjang non medis. Limbah cair masuk ke saluran air limbah kemudian dialirkan kedalam instalasi pengolahan. Sedangkan limbah cair yang berasal dari penunjang medis masuk ke dalam pretreatment dahulu kemudian masuk kedalam IPAL (Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2013).

Menurut Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Surabaya, (2014) efluen air limbah yang dihasilkan mengandung BOD₅ sebesar 30,31 mg/l, COD sebesar 100,36 mg/l dan TSS sebesar 71 mg/l. Berdasarkan baku mutu Peraturan Gubernur Jatim No 72 Tahun 2013 kandungan BOD = 30 mg/L, COD= 80 mg/L, TSS= 30 mg/L atau berarti kualitas air limbah yang dibuang tersebut belum memenuhi baku mutu.

Sejak IPAL RSUD Dr. M. Soewandhie dioperasikan hingga sekarang belum pernah ada evaluasi untuk mengkaji kinerja proses unit IPAL. Oleh karena itu, dibutuhkan adanya suatu evaluasi yang terkait dengan kinerja instalasi pengolahan air limbah untuk mengetahui seberapa besar efektifitas kinerja unit IPAL dalam mengolah air limbah. Selain itu evaluasi juga berfungsi menganalisis masalah apa saja yang menyebabkan air limbah belum memenuhi syarat baku mutu. Dengan demikian, penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat memberikan saran perbaikan kepada RSUD Dr. M. Soewandhie terhadap peningkatan kinerja proses IPAL.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah kinerja IPAL RSUD Dr. M. Soewandhie Surabaya?
2. Bagaimanakah meningkatkan efektivitas kinerja IPAL RSUD dr. M. Soewandhie Surabaya?

1.3 Tujuan

1. Memperoleh hasil analisis parameter kinerja IPAL RSUD Dr. M. Soewandhie Surabaya.
2. Mengevaluasi kinerja IPAL RSUD Dr. M. Soewandhie Surabaya.

1.4 Manfaat

1. Memberikan kontribusi ilmiah terhadap peningkatan kinerja sistem IPAL RSUD Dr. M. Soewandhie agar efluen yang dihasilkan sesuai dengan baku mutu.
2. Memberikan saran perbaikan setiap unit dan proses pada IPAL untuk meningkatkan kinerja unit-unit IPAL RSUD Dr. M. Soewandhie.
3. Memberikan informasi hasil evaluasi tentang efektifitas kinerja dari tiap unit IPAL RSUD Dr. M. Soewandhie kepada Badan Lingkungan Hidup.

1.5 Ruang Lingkup

1. Lokasi instalasi pengolahan air limbah disesuaikan dengan tata letak IPAL Di RSUD Dr. M. Soewandhie.
2. Data sekunder meliputi: data laporan kuantitas dan kualitas air limbah RSUD Dr. M. Soewandhie Surabaya.
3. Data primer meliputi uji parameter TSS, BOD, COD, DO dan pH.
4. Objek yang dikaji adalah kinerja pada tiap unit IPAL RSUD Dr. M. Soewandhie Surabaya dan sistem yang diterapkan pada IPAL RSUD Dr. M. Soewandhie Surabaya, meliputi sumur pengumpul bak equalisasi dan biofilter aerobik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rumah Sakit

2.1.1 Pengertian Rumah Sakit

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 340/Menkes/Per/III/2010 rumah sakit merupakan institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat, jalan dan gawat darurat.

2.1.2 Klasifikasi Rumah Sakit

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 340/Menkes/Per/III/2010 Klasifikasi rumah sakit berdasarkan fasilitas dan kemampuan pelayanan, rumah sakit umum diklasifikasikan menjadi:

1. Rumah Sakit Umum Kelas A

Rumah sakit umum kelas A harus mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medik paling sedikit 4 (empat) pelayanan medik spesialis dasar, 5 pelayanan spesialis penunjang medik, 12 (dua belas) pelayanan medik spesialis lain dan 13 (tiga belas) pelayanan medik sub spesialis. Beberapa contoh rumah sakit tipe A yaitu RS Cipto Mangunkusumo Jakarta, RSU Dr. Sutomo Surabaya, RSUP Adam Malik Medan dan RSUP Dr. Wahidin Sudiro Husodo di Ujung Pandang.

2. Rumah Sakit Umum Kelas B

Rumah sakit umum kelas B harus mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medik paling sedikit 4 (empat) pelayanan medik spesialis dasar, 4 (empat) pelayanan spesialis penunjang medik, 8 (delapan) pelayanan medik spesialis lain dan 2 (dua) pelayanan medik sub spesialis

3. Rumah Sakit Umum Kelas C

Rumah sakit umum kelas C harus mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medik paling sedikit 4 (empat)

pelayanan medik spesialis dasar, dan 4 (empat) pelayanan spesialis penunjang medik

4. Rumah Sakit Umum Kelas D

Rumah sakit umum kelas D harus mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medik paling sedikit 2 (dua) pelayanan medik spesialis dasar.

2.2 Limbah Cair Rumah Sakit

Limbah Cair Rumah Sakit merupakan air limbah yang dihasilkan dari pelaksanaan kegiatan klinis seperti hasil pencucian alat medis maupun nonmedis serta kegiatan lainnya. Limbah cair yang dihasilkan terdiri atas limbah cair infeksius dan limbah cair non infeksius. Limbah cair rumah sakit banyak mengandung BOD dan COD yang menjadi parameter pencemar (Nurdijanto *et al*, 2011). Selain limbah klinis, rumah sakit juga menghasilkan limbah domestik (Said dan Wahjono, 1999).

2.3 Karakteristik Air Limbah

Menurut Qasim (1985) limbah domestik mengandung 99,9% air dan sisanya mengandung bahan organik tersuspensi dan terlarut serta anorganik terlarut. Karakteristik air limbah domestik terdiri dari komponen fisik, kimia dan biologi.

2.3.1 Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik pada air limbah domestik meliputi temperatur, warna, bau dan kekeruhan. Adapun karakteristik fisik dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Karakteristik Fisik Air Limbah

Parameter	Deskripsi	Sumber
Temperatur	Temperatur air buangan sedikit lebih tinggi dibandingkan temperatur air biasa. Temperatur air buangan dipengaruhi adanya aktivitas mikroba, kelarutan gas dan viskositas.	Limbah domestik dan industri
Warna	Warna pada air limbah yang baru umumnya berwarna abu-abu, sedangkan air limbah yang sudah lama yang tersimpan pada tangki septik akan bersifat beracun dan warnanya abu-abu pekat atau hitam.	Limbah domestik dan industri, hasil penguraian bahan organik
Bau	Bau pada air limbah biasanya disebabkan oleh gas yang dihasilkan dari penguraian bahan organik. Air limbah memiliki bau yang tidak jauh berbeda dengan air limbah tangki septik. Bau berasal dari gas H_2S yang diproduksi oleh bakteri anaerobik yang mereduksi sulfat menjadi sulfid. Limbah industri dapat mengandung senyawa yang dapat menghasilkan bau selama proses pengolahan air limbah.	Limbah yang sudah mengalami proses perombakan biologis dan limbah industri
Kekeruhan	Kekeruhan pada air limbah disebabkan oleh kandungan suspended solids.	Limbah domestik dan industri

Lanjutan Tabel 2. 1 Karakteristik Fisik Air Limbah

Parameter	Deskripsi	Sumber
Padatan Tersuspensi (TSS)	TSS merupakan berat kering lumpur yang ada pada air limbah setelah mengalami penyaringan. Zat tersuspensi dalam air biasanya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, lumpur, serta kotoran. Padatan tersuspensi dapat mempengaruhi kekeruhan dan warna air.	Limbah domestik dan industri

Sumber: Qasim, 1985

2.3.2 Karakteristik Kimia

➤ *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

BOD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Kandungan BOD dalam air limbah dapat diturunkan dengan menggunakan teknologi aerasi bertingkat. Hasilnya terjadi penurunan yang cukup signifikan pada kondisi waktu aerasi yang lama dan banyaknya kompartemen yang dilewati (Mirwan *et al.*, 2010 dalam Anwari, 2011). Menurut Arsawan (2007 dalam Anwari 2011) kandungan BOD pada air limbah mengalami penurunan menggunakan metode aerasi secara gravitasi dengan variasi waktu sebesar 12,24,48 dan 72 jam dan laju aliran udara sebesar 0,6 m/s. Penurunan terbesar yang terjadi pada waktu aerasi sebesar 72 jam.

➤ *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik menggunakan kalium bikromat sebagai oksidator. Analisis COD yang sering digunakan yaitu menggunakan metode refluks menurut SNI 6989.73-2009. Uji COD digunakan untuk

mengukur jumlah organik yang ada didalam limbah cair domestik.

➤ *Dissolved Oxygen (DO)*

DO berasal dari udara maupun proses fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan air (Setiarini dan Mangkoediharjo, 2013). Limbah organik yang masuk ke dalam air dapat menurunkan kandungan oksigen terlarut (Lestari, 2008).

➤ *Derajat Keasaman (pH)*

pH merupakan derajat keasaman limbah (ion H^+) dalam air yang membentuk suasana dalam reaksi kimiawi (Sawyer *et al.*, 2003). Nilai pH normal yaitu ± 7 , dibawah 7 merupakan pH asam dan diatas 7 termasuk pH basa. pH pada air limbah berbeda-beda tergantung jenis air limbahnya. Perubahan pH pada perairan akan menyebabkan terganggunya ekosistem perairan (Nasution, 2008).

2.3.3 Karakteristik Biologi

Karakteristik biologis pada air limbah berperan penting dalam pengontrolan terhadap mikroorganisme patogen karena dasar pengolahan dipengaruhi oleh mikroorganisme atau bakteri dalam proses dekomposisi dan stabilisasi bahan organik. Organisme tidak hanya berada pada air limbah tetapi juga pada air permukaan seperti bakteri, jamur, alga, protozoa dan virus yang hanya bisa dilihat menggunakan mikroskop. Organisme yang bersifat patogen dibedakan menjadi 4 jenis yaitu bakteri, protozoa, cacing dan virus (Metcalf and Eddy, 2003)

2.4 Proses Pengolahan Air Limbah

Tujuan utama dalam pengolahan air limbah yaitu untuk mengolah bahan organik terlarut, partikel tercampur, serta membunuh mikroorganisme patogen. Pada dasarnya pemilihan proses atau kombinasi proses pengolahan limbah tergantung pada beberapa pertimbangan, seperti karakteristik air limbah yang akan diolah, kualitas effluen yang diperlukan serta biaya dan lahan yang tersedia. Berdasarkan unit operasi dan proses pengolahan air

limbah terdiri dari, pengolahan secara fisik, kimia, dan biologis (Metcalf and Eddy, 2003).

Ditinjau dari urutannya proses pengolahan air limbah dapat dibagi menjadi pengolahan primer (*primary treatment*), pengolahan sekunder (*secondary treatment*) dan pengolahan lanjut (*advanced treatment*).

1. Pengolahan primer : proses pengolahan pendahuluan untuk menghilangkan padatan tersuspensi, koloid serta penetralan dengan metode fisika atau kimia.
2. Pengolahan sekunder : proses untuk menghilangkan senyawa polutan organik terlarut yang bisa dilakukan dengan proses biologis.
3. Pengolahan lanjut : untuk menghasilkan air olahan dengan kualitas yang lebih baik dan sesuai dengan baku mutu.

2.5 Sumur Pengumpul

Sumur pengumpul merupakan suatu unit berbentuk bak yang digunakan untuk mengumpulkan sementara air limbah yang masuk dari saluran air limbah. Sehingga pada dasarnya dalam sumur pengumpul tidak terjadi pengolahan apapun. Pengumpulan sementara ini bertujuan untuk menyediakan air limbah secara kontinyu untuk masuk ke unit setelahnya.

Sumur pengumpul pada pengolahan pendahuuan (*primary treatment*) digunakan untuk:

- Menampung air limbah dari saluran pembawa sebelum air limbah tersebut dialirkan ke pengolahan air limbah selanjutnya. Sumur pengumpul umumnya digunakan untuk instalasi pengolahan yang memiliki hilir saluran pembawa (*sewer*) yang dalam.
- Mengatasi masalah operasional yang disebabkan oleh variasi debit dan konsentrasi air limbah.
- Menstabilkan variasi debit dan konsentrasi air limbah yang akan masuk ke unit bangunan pengolahan air limbah, sehingga tidak terjadi *shock loading* yang konstan.

Beberapa keuntungan dari sumur pengumpul antara lain:

- Pengolahan biologis dapat ditingkatkan, karena *shock loading* dapat diperkecil, inhibitor dapat diencerkan dan pH dapat distabilkan.
- Kualitas dari efluen, kinerja *thickening* dan sedimentasi II setelah pengolahan biologis dapat ditinggalkan melalui *solid loading* yang konstan.
- *Mass loading* yang konstan dapat meningkatkan kontrol pembubuhan bahan kimia pada pengolahan kimiawi.
 - Kriteria desain untuk sumur pengumpul $t_d \leq 10$ menit (Qasim, 1985) (2.1)

2.6 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi digunakan untuk mengatasi debit yang tidak sama (fluktuatif) dan dijadikan debit yang mendekati konstan. Bak ini dapat digunakan bila pipa ujung saluran air limbah tidak terlalu dalam, namun jika terlalu dalam maka harus Keuntungan dari pemakaian bak ekualisasi adalah:

- Kinerja pengolahan biologis dapat diminimalisasi karena beban organik telah tereduksi, inhibitor dapat diarturkan dan pH sudah stabil.
- Kualitas efluen cenderung stabil dan beban solid berkurang.
- Komposisi air limbah setelah bak ekualisasi menjadi lebih baik.
- Proses pengolahan biologis akan semakin baik karena kemungkinan terjadinya *shock loading* dapat diminimalkan.
- Kualitas efluen dan kemampuan pemadatan (*thickening*) pada akhir bak pengendap II meningkat disebabkan adanya beban padatan yg konstan.
- Bak ekualisasi membuat air limbah bercampur sempurna sehingga menghasilkan larutan air limbah yang homogen.
- Jika terjadi perubahan beban secara mendadak dapat dihindari, dan diatur hingga menjadi konstan.

Kerugian dari pemakaian bak ekualisasi adalah:

- Membutuhkan lahan yang lebih luas dalam satu instalasi pengolahan.

- Biaya meningkat dari segi operasional dan pemeliharaan.
- Menjaga bau yang disebabkan dari pengolahan agar tidak sampai ke area pemukiman.

Penempatan bak ekualisasi:

- Bak ekualisasi ditempatkan di hilir (*downstream*) setelah pengolahan pendahuluan yaitu *bar screen*, *comminutor*, *grit chamber*.
- Bak ekualisasi ditempatkan sebelum pengolahan biologis yaitu sebelum bak pengendap I, agar tidak menimbulkan akumulasi lumpur (Metcalf and Eddy, 2003).

Untuk mengetahui parameter kinerja bak ekualisasi secara keseluruhan, maka dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Tabel 2. 2 Kriteria Desain Bak Ekualisasi

No.	Parameter Kerja	Kriteria Desain
1	Kedalaman	1,5 m - 2 m
2	Waktu detensi	<10 menit
3	Jangkauan mixer	1/2 - 2/3 kedalaman
4	Kecepatan gradien rata-rata (G)	25 - 250 (s^{-1})
5	Dynamic viscosity pada suhu 30°C	$0,798 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$

Sumber: Metcalf and Eddy, 2003

2.6.1 Rumus pada bak ekualisasi

1. Penentuan beban air limbah setelah ekualisasi menurut Metcalf and Eddy (2003), bahwa volume cadangan dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$V_{sc} = V_{sp} + V_{ic} - V_{oc} \quad (2.2)$$

Dimana:

V_{sc} = Volume cadangan hari x

V_{sp} = Volume cadangan hari x sebelumnya

V_{ic} = Volume aliran hari x

V_{oc} = Volume rata-rata

2. Menurut Metcalf and Eddy (2003), bahwa untuk menentukan beban air limbah setelah ekualisasi dapat menggunakan rumus berikut:

$$X_{oc} = \frac{(V_{ic})(X_{ic}) + (V_{sp})(X_{sp})}{V_{ic} + V_{sp}} \quad (2.3)$$

Dimana:

X_{oc} = Konsentrasi COD di bak ekualisasi

V_{ic} = Volume aliran (m^3)

X_{ic} = Konsentrasi COD rata-rata (mg/L)

V_{sp} = Volume cadangan hari sebelumnya (m^3)

X_{sp} = Konsentrasi COD rata-rata sebelumnya (mg/L)

3. Konsentrasi COD di bak ekualisasi menurut Metcalf and Eddy (2003) bahwa:

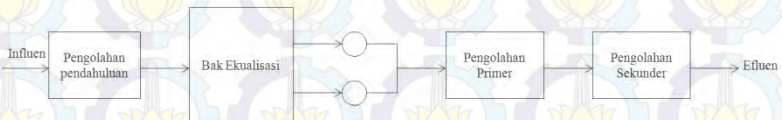
$$\text{mass loading rate hari ke } x = \frac{(X_{oc})(q_i)}{10000g/kg} \quad (2.4)$$

X_o = Konsentrasi COD di bak ekualisasi

q_i = Debit rata-rata (m^3/hari)

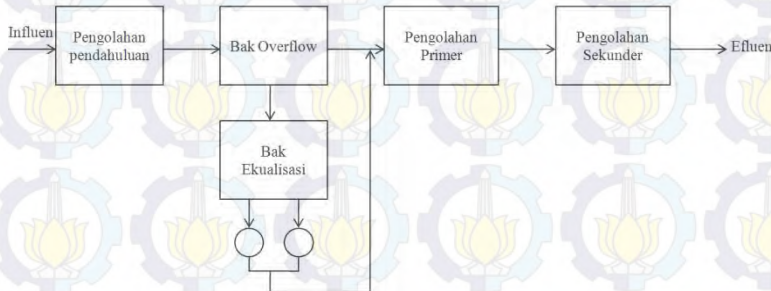
2.6.2 Tipe Bak ekualisasi

Terdapat dua jenis bak ekualisasi, yaitu *In-Line Equalization* dan *Off-Line Equalization*. Pada *In-Line Equalization* seluruh air buangan yang akan diolah, dipompa dengan aliran konstan menuju ke bagian selanjutnya dari proses pengolahan, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2. 1 Skema Bak Ekualisasi Tipe In-Line (Sumber: Metcalf and Eddy, 2003)



Gambar 2. 1 Skema Bak Ekualisasi Tipe In-Line
(Sumber: Metcalf and Eddy, 2003)

Pada tipe kedua aliran air buangan (rata-rata) berasal dari *overflow* pada saat jam puncak. Selanjutnya air buangan dari bak ekualisasi akan dipompakan menuju bagian pengolahan IPAL. Tipe *Off-Line Equalization* ini digunakan ketika terjadi aliran minimum. Lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Skema Bak Ekualisasi Tipe Off-line

(Sumber: Metcalf and Eddy, 2003)

2.7 Biofilter

Biofilter merupakan pengolahan biologis menggunakan sistem biakan terlekat. Sistem ini digunakan untuk mendegradasi zat pencemar yang masuk kedalam lapisan biofilm yang terbentuk pada permukaan media. Pengolahan menggunakan biofilter merupakan pengolahan yang sangat mudah dan sangat murah dari segi operasional. Biofilter dapat digunakan untuk air limbah dengan beban BOD yang cukup besar dan dapat menghilangkan padatan tersuspensi (SS) dengan baik (Wijeyekoon *et al*, 2000)

Keuntungan Biofilter:

- Biaya Operasional dan pemeliharaan rendah
- Pengoperasian dan startup mudah
- Tidak membutuhkan resirkulasi
- Lumpur yang dihasilkan sedikit
- Dapat digunakan pada pengolahan air limbah dengan konsentrasi rendah maupun tinggi

- Tahan terhadap fluktuasi jumlah air limbah maupun konsentrasi
(Said, 2000)

Kerugian Biofilter:

- Perlu dilakukan proses kontroling
- Sensitif terhadap kondisi lingkungan, karena kondisi bak terbuka
- Kurang dapat menyesuaikan terhadap konsentrasi air limbah yang fluktuatif
(Cabrera, 2011)

2.7.1 Biofilter Aerobik dan Anaerobik

Biofilter merupakan salah satu pengolahan limbah secara biologis dengan menggunakan berbagai macam media filter seperti kerikil, pasir maupun plastik. Media filter ini merupakan tempat pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menguraikan air limbah.

Biofilter dapat dibedakan menjadi biofilter aerobik dan anaerobik. Pada biofilter aerobik terdapat suplai oksigen untuk proses aerasi yang dapat diperoleh dengan mengalirkan udara melalui pipa yang dapat diperoleh melalui pipa yang berasal dari *blower*. Proses aerasi disini dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi dari biofilter itu sendiri.

Menurut penelitian Sugito (2007) proses pengolahan air limbah menggunakan biofilter aerobik dengan menggunakan media kerikil dapat menurunkan parameter BOD rata-rata sebesar 51,17%, COD sebesar 43,5% dan TSS sebesar 49,54%.

Pada biofilter anaerobik bangunan instalasi pengolahan air limbah dalam keadaan tertutup untuk mencegah masuknya udara kedalam biofilter. Dalam biofilter anaerobik ini dihasilkan gas yang akan dikeluarkan melalui pipa vent. Dalam perhitungan biofilter ini digunakan beberapa kriteria desain. Kriteria desain dapat dilihat pada Tabel 2.3. dan Tabel 2.4.

Tabel 2. 3 Kriteria Desain Untuk Biofilter Aerobik

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Organik loading rate (OLR)	COD/m ³ .hari	10-12
2	Hydraulic loading rate (HLR)	m ³ /m ² .jam	<2
3	Waktu tinggal (td)	jam	12-24

Sumber: Sasse, 1998

Tabel 2. 4 Kriteria Desain Untuk Biofilter Anaerobik

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Organik loading rate (OLR)	COD/m ³ .hari	5-10
2	Hydraulic loading rate (HLR)	m ³ /m ² .jam	<2
3	Waktu tinggal (td)	jam	24-48

Sumber: Sasse, 1998

2.7.2 Proses Pengolahan Biofilter

Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang telah diisi dengan media penyangga. untuk pengembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Untuk proses anaerobik dilakukan tanpa pemberian udara atau oksigen.

Biofilter yang baik adalah menggunakan prinsip biofiltrasi yang memiliki struktur menyerupai saringan dan tersusun dari tumpukan media penyangga yang disusun baik secara teratur maupun acak di dalam suatu biofilter. Adapun fungsi dari media penyangga yaitu sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya bakteri yang akan melapisi permukaan media membentuk lapisan massa yang tipis (biofilm) (Herlambang dan Marsidi, 2003)

Pada proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter tercelup aerobik sistem suplai udara dapat dilakukan dengan berbagai cara, tetapi yang sering digunakan antara lain aerasi samping, aerasi tengah (pusat), aerasi merata seluruh

permukaan, aerasi eksternal, aerasi dengan *air lift pump* dan aerasi dengan sistem mekanik. Berikut gambar sistem aerasi menggunakan beberapa cara yang sering digunakan, dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Beberapa Sistem Aerasi Pada Biofilter Tercelup
(Sumber: Said, 2005)

Setiap sistem aerasi mempunyai kekurangan dan keuntungan tergantung pada media yang digunakan. Keuntungan menggunakan aerasi merata yaitu kemampuan untuk menyerap oksigen cukup besar hampir sama dengan sistem aerasi menggunakan difuser dan dapat mengolah air limbah dengan beban organik yang besar. Sedangkan kerugiannya yaitu mudah terlepasnya lapisan mikroorganisme yang melekat pada permukaan media dan perlu kontroling dan pencucian yang teratur untuk menghindari penyumbatan (Said, 2000).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Said (2000) efisiensi pengolahan air limbah menggunakan biofilter kombinasi

anaerob-aerob dengan media kerikil untuk parameter COD sebesar 92,8 % dari influen yang masuk 728,97 mg/L dengan waktu tinggal selama 1 hari atau 24 jam. Efisiensi penyisihan BOD cukup tinggi yaitu 96% dari konsentrasi 419 mg/L dengan waktu tinggal 1 hari atau 24 jam. Efisiensi penyisihan pada nitrogen ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) sebesar 53% dari 31,6 mg/L, sebesar 53,2% untuk parameter detergen dengan konsentrasi influen 31,6 mg/L serta 98,5 % pada parameter padatan tersuspensi (SS) dengan konsentrasi influens sebesar 825 mg/L.

2.7.3 Media Bio-ball Pada Biofilter

Media bio-ball mempunyai keuntungan antara lain mempunyai luas spesifik yang cukup besar, pemasangannya mudah (*random*), tidak memerlukan *manhole* yang besar sehingga sangat cocok untuk pengolahan air limbah skala kecil (Said, 2005). Keuntungan dari media bioball yaitu karena ringan, mudah dicuci ulang, dan memiliki luas permukaan spesifik yang paling besar di bandingkan dengan jenis media biofilter lainnya, yaitu sebesar 200 – 240 m^2/m^3 . Jenis media bioball memiliki diameter bermacam-macam salah satunya bediameter 3 cm. Jenis ini merupakan diameter paling kecil dengan bentuknya yang seperti bola dimana pemasangannya (*random packing*) dapat meminimalkan terjadinya *clogging* (tersumbat). Bioball ini berfungsi sebagai tempat hidup bakteri – bakteri yang diperlukan untuk menjaga kualitas air (Said, 2005).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Filliazati *et al.* (2013), pengolahan air limbah dengan menggunakan media bioball dapat menurunkan kandungan BOD sebesar 68,98%, minyak dan lemak sebesar 96,60%. Waktu detensi untuk BOD 48 jam serta dibutuhkan waktu detensi sebesar 36 jam untuk mencapai efisiensi maksimal dalam mendegradasi minyak dan lemak sebesar 96,60 %.

2.7.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Biofilter

- Temperatur

Temperatur memberikan efek pada proses biofilter. Laju difusi nutrient dan oksigen akan naik seiring dengan kenaikan temperatur, namun laju kelarutan oksigen menurun. Menurut Slamet dan Masduki dalam Harianto (2000) hubungan antara efisiensi penyisihan dan perubahan temperatur dirumuskan sebagai berikut.

$$E_T = E_{20} \times A_T^{(T-20)} \quad (2.5)$$

Keterangan:

E_T = Efisiensi removal BOD pada suhu T

E_{20} = Efisiensi removal BOD pada suhu 20°C

A_T = Koefisien temperatur 1,035 – 1,047

Temperatur memberikan pengaruh pada proses pertumbuhan biofilm. Pengaruh temperatur terhadap proses nitrifikasi pada biakan terlekat dapat mencapai laju nitrifikasi >70% pada range temperatur 25° - 30° C. Pada proses degradasi polutan organik dapat mencapai 60-70% (Gaudy dalam Harianto, 1980)

- Oksigen Terlarut

Konsentrasi oksigen terlarut mempengaruhi laju pertumbuhan bakteri terhadap pengolahan biologis secara aerobik. Diperlukan minimal konsentrasi oksigen terlarut sebesar 2 mg/L untuk dapat menyisihkan polutan organik dengan efisiensi lebih dari 70% (Mutairi, 2006). Nitrifikasi akan berjalan baik jika oksigen terlarut lebih besar dari 1 mg/L (Benefield dalam Harianto, 1980) serta secara umum oksigen terlarut pada proses pengolahan secara aerobik minimal 2 mg/L.

- pH

pH merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kinerja pada sistem biofilter. pH optimum untuk pertumbuhan bakteri berkisar antara 6-8 (Cheng, 2012). Namun

sebagian bakteri rentang pH untuk pertumbuhan berkisar antara 4–9.

- **Beban Hidraulik**

Beban hidrolis merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi efisiensi oksidasi. Beban hidraulik akan berpengaruh secara langsung pada waktu tinggal air limbah secara keseluruhan didalam reaktor. Waktu tinggal yang pendek tidak akan mengoptimalkan proses pada bakteri penyusun biofilm, terutama pada bakteri jenis *authothrop*. Waktu tinggal akan bertambah dengan jumlah biofilm didalam bed (Slamet dan Masduki, 2000).

- **Beban Organik**

Laju pengurangan zat organik dalam sistem pengolahan limbah secara biologis dikategorikan berdasarkan konsentrasi BOD₅ yang ada didalam air limbah. Laju pengurangan dibagi menjadi dua macam, yaitu pengolahan dengan laju rendah (*Low Rate Treatment*) dan pengolahan dengan laju cepat (*Hight Rate Treatment*).

1. *Low rate treatment*

Laju beban nutrien untuk biofilter tunggal umumnya berada dalam range 0,06-0,12 kg BOD/m³.hari dengan efisiensi pengolahan dapat mencapai 50–80% (Benefield dalam Harianto, 1980)

2. *Hight rate treatment*

Pengolahan dengan laju cepat dirancang untuk beroperasi sebagai roughing filter. High treatment dapat menyisihkan nutrien cukup tinggi per satuan volume media filter. Konsekuensi dari beban organik tinggi yaitu waktu tinggal semakin rendah, untuk itu diusahakan biofilm (akumulasi slime) sebanyak mungkin yang dapat mencapai 3 kg/m³ (Slamet dan Masduki, 2000). Kinerja proses sangat tergantung terhadap jenis air limbah. Pada umumnya efisiensi penyisihan beban 1 kg BOD/ m³.hari dapat mencapai 80-90%.

2.7.5 Rumus-Rumus Perhitungan

- *Organik Loading Rate*

Menurut Metcalf and Eddy (2003) penentuan *organic loading rate* pada air limbah dapat dihitung berdasarkan rumus berikut.

$$OL = \frac{Q \times S_o}{V} kg \frac{BOD_5}{m^3} \cdot hari \quad (2.6)$$

Dimana:

OL :Organik loading rate (kg/m³ .hari)

Q :Debit influen (m³/hari)

So :BOD₅ influen (mg/L)

V :Volume media biofilter (m³)

- Waktu Detensi

Waktu detensi merupakan waktu tinggal air limbah didalam reaktor dengan satuan waktu. Pada pengolahan air limbah menurut Metcalf and Eddy (2003), dapat dihitung berdasarkan rumus berikut.

$$td = \frac{V}{Q} \quad (2.7)$$

Dimana:

td :waktu detensi (hari)

Q :debit influen (m³/hari)

V :volume biofliter (m³)

- *Hydraulic Loading Rate*

Merupakan jumlah air limbah m³ per luas permukaan reaktor m² perhari. Menurut Metcalf and Eddy (2003) penentuan *Hydraulic Loading Rate* dihitung berdasarkan rumus berikut.

$$HL = \frac{Q}{A} \quad (2.8)$$

Dimana:

HL :hydraulic Loading Rate (m³/m² .hari)

Q :debit influen (m³/hari)
 A :luas permukaan reaktor biologis (m²)

- Produksi Lumpur

Menurut Metcalf and Eddy (2003) penentuan produksi lumpur pada pengolahan air limbah dapat dihitung berdasarkan rumus berikut.

$$Px = \frac{Y_{obs} \times Q \times (S_o - S_e)}{1000} \quad (2.9)$$

Dimana:

Y_{obs} :koefisien yield observasi
 S_o :konsentrasi BOD₅ influen (mg/L)
 S_e :konsentrasi BOD₅ efluen (mg/L)
 Q :debit air limbah (m³/hari)
 Px :produksi lumpur (kg/hari)

- Kebutuhan Oksigen

Merupakan kebutuhan oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk proses degradasi polutan air limbah. Berdasarkan Metcalf and Eddy (2003) penentuan kebutuhan oksigen dapat dihitung berdasarkan rumus berikut.

$$\frac{kgO_2}{hari} = \frac{Q \times (S_o - S_e)}{1000 f} - 1,42 \cdot Px \quad (2.10)$$

Dimana:

f :faktor konversi BOD₅ ke BOD ultimate (0,68)
 S_o :konsentrasi BOD influen (mg/L)
 S_e :konsentrasi BOD efluen (mg/L)
 Q :debit air limbah (m³/hari)

- Standar Oksigen Requirement (SOR)

$$SOR \text{ kg/hari} = \frac{N}{\left[\left(C_{watt} \cdot \beta \cdot Fa - \frac{C_t}{C_{st}} \right) \cdot (1,024^{(T-20)}) \right]} \quad (2.11)$$

Dimana:

N :kebutuhan oksigen teoritis (kg/hari)

C_{walt} :kelarutan oksigen ditangki aerasi (mg/L)

C_t :konsentrasi oksigen terlarut minimum yang dipertahankan dalam tangki aerasi (mg/L)

β :koreksi faktor kadar garam

F_a :koreksi faktor kelarutan oksigen terhadap ketinggian tempat

SOR :kebutuhan oksigen lapangan

$T^{\circ}C$:suhu operasi dalam derajat celsius

α :faktor koreksi transfer oksigen

- Kebutuhan Debit Udara

Menurut Metcalf and Eddy (2003) penentuan kebutuhan debit udara pada proses pengolahan air limbah dapat dihitung berdasarkan rumus berikut.

$$Q_{udara} = \frac{SOR}{density\ udara \times \%O_2} \quad (2.12)$$

Dimana diasumsikan udara mengandung 21% O_2 , dan density udara= 1,3 kg/m³.

$$Q_{udara\ teoritis} = \frac{Q_{udara}}{\%efisiensi\ udara} \quad (2.13)$$

Dimana diasumsikan efisinesi udara sebesar 8%.

2.8 Desinfeksi

Desinfeksi merupakan salah satu proses dalam pengolahan air minum maupun air limbah. Salah satu metode yang banyak digunakan sebagai desinfektan yaitu klorinasi karena harganya terjangkau (Sururi *et al.*, 2008). Klorinasi bertujuan untuk mengurangi dan membunuh mikroorganisme patogen yang ada di dalam air limbah. Sumber klor yang biasa digunakan adalah kaporit $Ca(OCl_2)$. Kaporit dapat membunuh mikroorganisme patogen seperti *Escherichia Coli*, *Legionella*, *Pneumophila*, *Streptococcus*, *Facalis*, *Bacillus*, *Clostridium*,

Amoeba, *Giardia*, *Cryptosporidium*. Selain dapat membunuh mikroorganisme patogen, klor dapat mengoksidasi Fe^{2+} , Mn^{2+} menjadi Fe^{3+} dan memecah molekul organik seperti warna. Selama proses tersebut kaporit direduksi sampai menjadi klorida (Cl^-) yang tidak mempunyai daya desinfeksi (Nurdjannah dan Moesriati, 2005).

Kaporit cukup efektif sebagai desinfektan dan terjangkau dari segi ekonomi. Menurut Sururi *et al.* (2008) desinfeksi dengan menggunakan klor berpotensi menghasilkan Trihalometan (THMs) yang disebabkan oleh adanya reaksi antara senyawa-senyawa organik berhalogen dalam air baku dengan klor.

Senyawa klor atau klorin yang berfungsi sebagai biosida pengoksidasi dapat berasal dari gas Cl_2 atau dari garam-garam NaOCl dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ (kaporit) (Lestari *et al.*, 2008).

2.9 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit

Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 mengatur tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya. Pada peraturan ini terdapat baku mutu air limbah kegiatan rumah sakit. Besarnya baku mutu untuk kegiatan rumah sakit dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 5 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit

Baku Mutu Limbah Cair untuk Kegiatan Rumah Sakit Volume limbah Cair Maksimum 500 L/(orang.hari)	
Parameter	Kadar Maksimum
Suhu	30°C
pH	6-9
BOD ₅	30 mg/L
COD	80 mg/L
TSS	30 mg/L
NH ₃ -N bebas	0,1 mg/L

Tabel Lanjutan 2. 5 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit

Baku Mutu Limbah Cair untuk Kegiatan Rumah Sakit Volume limbah Cair Maksimum 500 L/(orang.hari)	
Parameter	Kadar Maksimum
PO ₄	2 mg/L
MPN-kuman golongan coli/100 mL	10.000

Sumber: Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Tahun 2013

2.10 Perhitungan Kesetimbangan Masa

Mass balance atau kesetimbangan massa digunakan untuk mempelajari karakteristik aliran hidrolis reaktor dan menggambarkan perubahan yang terjadi didalam reaktor. Konsep dasar dalam perhitungan kesetimbangan masa menggunakan konsep kekelan energi yaitu energi tidak dapat diciptakan atau dihancurkan tetapi bisa berubah wujud. Prinsip dari kesetimbangan massa pada proses pengolahan air limbah yaitu influen yang masuk kepengolahan akan sama dengan total efluennya. Berikut rumus kesetimbangan massa.

$$dC_1V = QC_0dt - Vrdt - QC_1dt \quad 2.14$$

Akumulasi = (input) – (penurunan karena reaksi) – (out)

Dimana:

dC_1V :Akumulasi

C_0 :Konsentrasi masuk (mg/L)

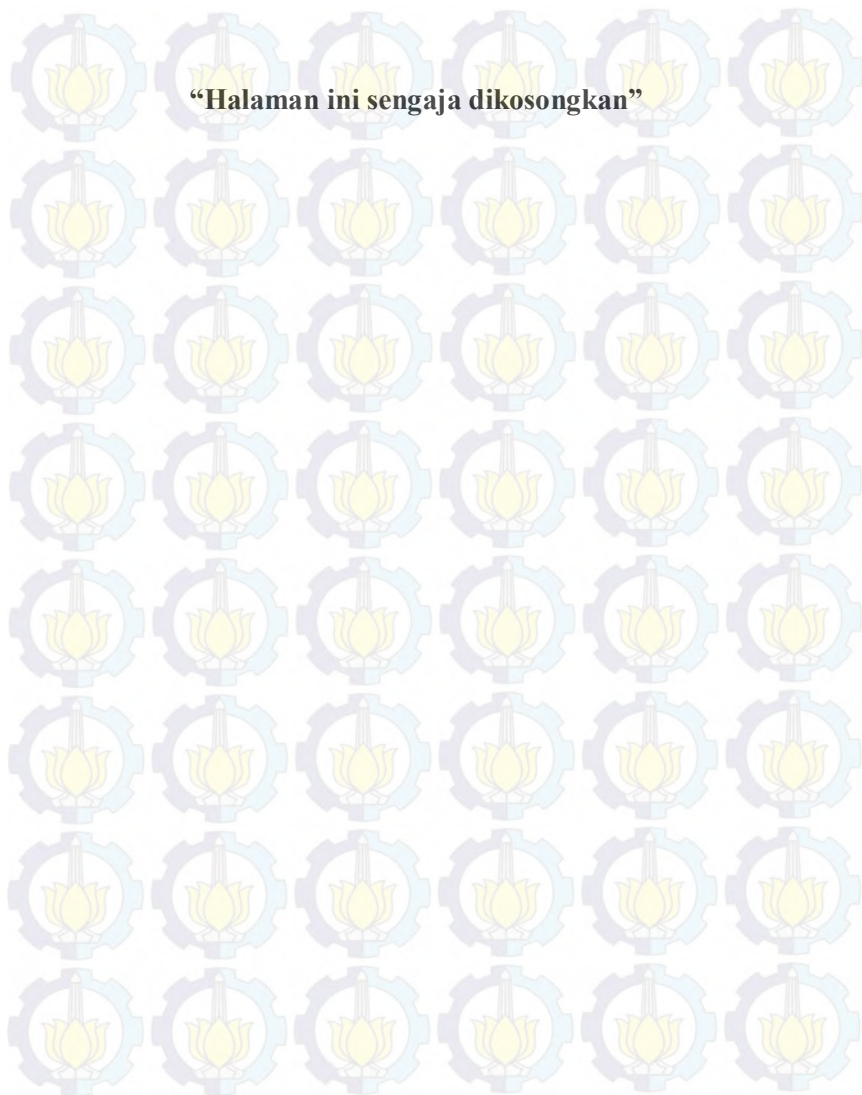
Q :Debit (m³/s)

$Vrdt$: Penurunan karena reaksi/ beban teremoval (mg/L)

C_1 :Konsentrasi keluar (mg/L)

(Metcalf and Eddy, 2003)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



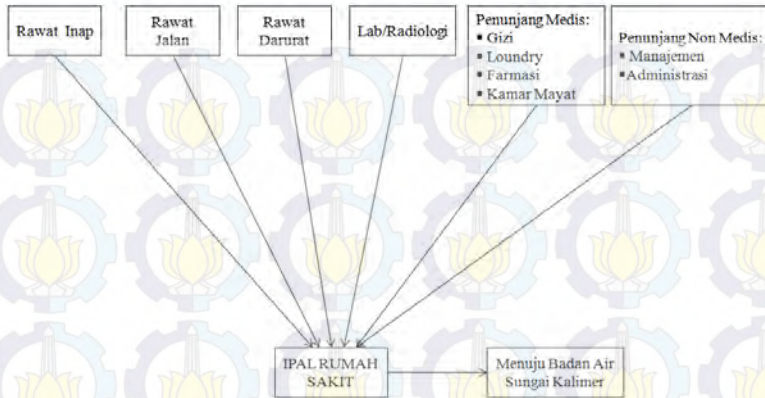
BAB III

GAMBARAN UMUM IPAL RSUD DR. M. SOEWANDHIE SURABAYA

3.1 Umum

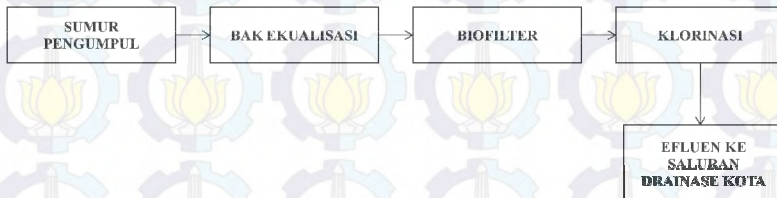
RSUD Dr. M. Soewandhie dalam pelaksanaannya menghasilkan limbah yang salah satunya adalah limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan berasal dari rawat inap, rawat jalan, rawat darurat, laboratorium/radiologi, penunjang medis dan penunjang non medis. Instalasi pengolahan air limbah terdiri dari screen, bak pengumpul, bak ekualisasi, biofilter aerobik dan desinfeksi. Pengolahan limbah cair RSUD Dr. M. Soewandhie menggunakan metode biofilter tercelup. Proses pengolahan air limbah menggunakan biofilter aerobik dengan cara pengembangbiakan mikroorganisme kedalam reaktor yang diisi dengan media penyangga berupa bio-ball dengan diameter 3 cm. Suplai oksigen pada reaktor menggunakan blower udara. Air limbah sebelum masuk ke badan air di desinfeksi dahulu menggunakan klorin tablet untuk menghilangkan atau mengurangi mikroorganisme patogen. Diagram alir sumber air limbah rumah sakit dapat dilihat pada Gambar 3.1. (Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2013).

Instalasi pengolahan air limbah terdiri dari screen, bak pengumpul, bak ekualisasi, biofilter aerobik dan desinfeksi. Pengolahan limbah cair RSUD Dr. M. Soewandhie menggunakan metode biofilter tercelup. Diagram alir pengolahan air limbah rumah sakit dapat dilihat pada Gambar 3.2. (Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2013).



Gambar 3. 1 Diagram Alir Sumber Air Limbah Rumah Sakit

(RSUD Dr. M Soewandhie Surabaya, 2014)



Gambar 3. 2 Diagram Air Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit

Berdasarkan hasil pengukuran dilapangan, debit rata-rata yang dihasilkan sebesar 131,06 m³/hari. Kualitas influen dan efluen air limbah sesuai pengukuran yang dilakukan Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Surabaya pada Bulan Februari Tahun 2014 dapat dilihat pada Tabel 3.1. dan 3.2.

Tabel 3. 1 Kualitas Influen Air Limbah Rumah Sakit

No	Parameter	Satuan	Kadar	Baku Mutu Pergub Jatim No. 71 Tahun 2013
1	pH	-	7,45	6-7
2	Suhu	°C	28,7	30
3	BOD ₅	mg/L	53,96	30
4	COD	mg/L	224,74	80
5	TSS	mg/L	83	30
6	NH ₃ -Bebas	mg/L	1,57	0,1
7	Phosphat (ortho)	mg/L	5,44	2
8	MPN-kuman golongan coli/100 mL	MPN/ 100 ml	110.10 ²	10.000

Sumber: BBTCLPP Surabaya, 2014

Berdasarkan tabel diatas parameter COD, BOD₅, TSS, NH₃, Phosphat dan MPN Golongan Coli belum memenuhi baku mutu jika langsung dibuang ke badan air. Oleh karena itu air limbah perlu diolah terlebih dahulu agar kualitasnya memenuhi baku mutu sehingga aman bagi lingkungan. Kualitas efluen air limbah rumah sakit setelah melalui pengolahan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Efluen Air Limbah Rumah Sakit

No	Parameter	Satuan	Kadar	Baku Mutu Pergub Jatim No. 71 Tahun 2103
1	pH	-	7,11	6-7
2	Suhu	°C	28,5	30
3	BOD ₅	mg/L	30,31	30
4	COD	mg/L	100,36	80
5	TSS	mg/L	71	30

Lanjutan Tabel 3.2 Efluen Air Limbah Rumah Sakit

No	Parameter	Satuan	Kadar	Baku Mutu Pergub Jatim No. 71 Tahun 2103
6	NH ₃ -Bebas	mg/L	0,63	0,1
8	Phosphat (ortho)	mg/L	1,77	2
9	MPN-kuman golongan coli/100 mL	MPN/ 100 ml	4.700	10.000

Sumber: BBTCLPP Surabaya, 2014

Menurut Tabel diatas, beberapa parameter masih belum memenuhi baku mutu antara lain COD, BOD, TSS, dan NH₃ sehingga diperlukan evaluasi kinerja instalasi pengolahan air limbah untuk meningkatkan efektivitas unit pengolahan.

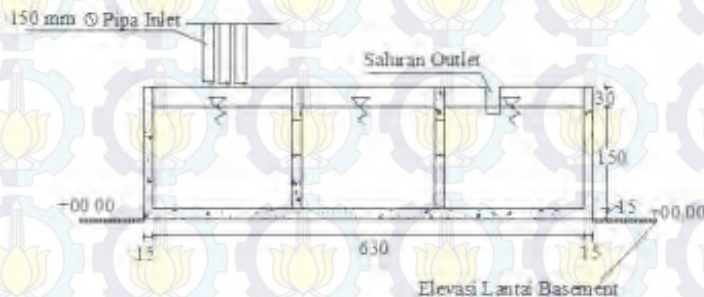
3.2 Unit-Unit Pengolahan Air Limbah

Unit-unit pengolahan air limbah rumah sakit meliputi:

3.2.1 Sumur Pengumpul

Merupakan bangunan penampung air limbah sementara sebelum masuk kedalam pengolahan utama.

Gambar sumur pengumpul dapat dilihat pada Gambar 3.3.

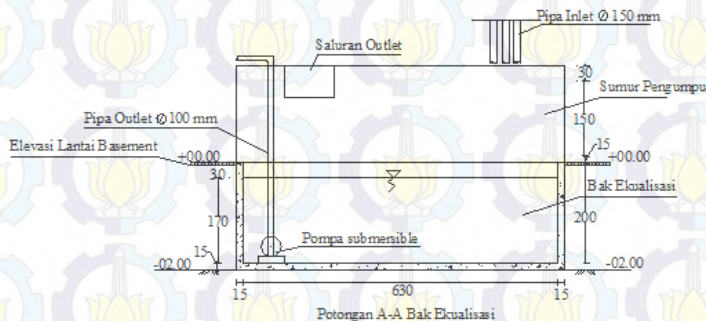


Gambar 3. 3 Sumur Pengumpul

(Sumber: Hasil survei lapangan, 2014)

3.2.2 Bak Ekualisasi

Merupakan bangunan penampung air limbah yang berfungsi untuk menghomogenkan konsentrasi, dan debit air limbah agar tidak terjadi fluktuatif debit, pH, dan sifat fisik maupun kimia. Air limbah akan melewati screen sebelum masuk kedalam bak ekualisasi yang berfungsi untuk menyaring padatan/sampah yang terbawa dalam limbah cair, sehingga proses pengolahan tidak terganggu dan meminimalkan terjadinya penyumbatan pada pompa dan pipa air limbah. Gambar bak ekualisasi dapat dilihat pada Gambar 3.4.

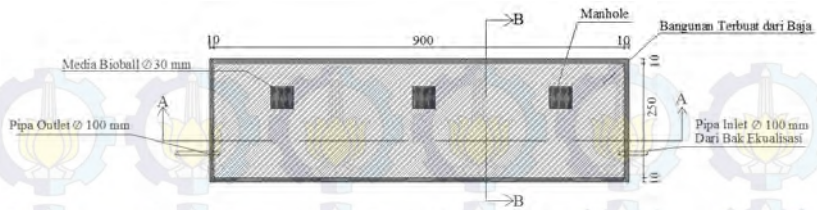


Gambar 3. 4 Bak Ekualisasi

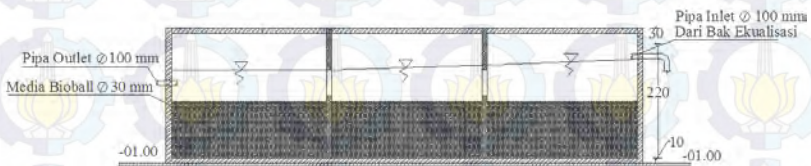
(Sumber: Hasil survei lapangan, 2014)

3.2.3 Biofilter Aerobik

Merupakan suatu bioreaktor yang menggunakan prinsip biakan terlekat dengan cara pengembangbiakan mikroorganisme kedalam reaktor yang diisi dengan media. Pada kondisi eksiting, air limbah dari bak ekualisasi selanjutnya dipompa menuju ke pengolahan biologis yaitu biofilter aerobik. Biofilter aerobik ini berisi media bio-ball dengan diameter 3 cm. Untuk menciptakan suasana aerobik, dalam reaktor dilengkapi dengan blower. Suplai oksigen pada reaktor menggunakan blower tipe RL-65, Showfou. Biofilter aerobik dapat dilihat pada Gambar 3.5. dan 3.6.



Gambar 3. 5 Gambar Denah Biofilter
(Sumber: Hasil survei lapangan, 2014)



Gambar 3. 6 Potongan A-A Biofilter
(Sumber: Hasil survei lapangan, 2014)



Gambar 3. 7 Blower
(Sumber: Hasil survei lapangan, 2014)

3.3 Spesifikasi Unit dan Peralatan IPAL

Spesifikasi dan peralatan bangunan instalasi pengolahan air limbah sebagai berikut.

1. Sumur Pengumpul

Material	:Beton
Dimensi	:Panjang :6,3 m
	:Lebar :1,3 m
	:Kedalaman :1,8 m
Peralatan	:Alat pencacah communitor

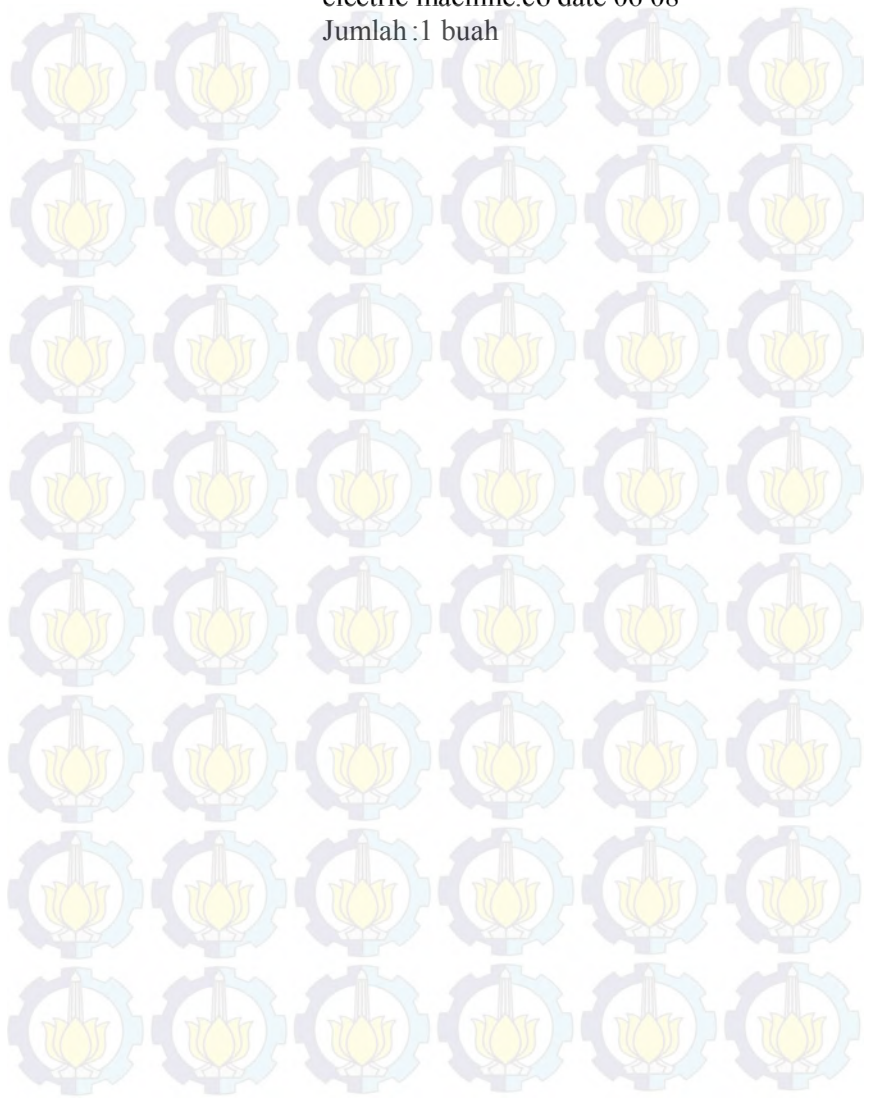
2. Bak Ekualisasi

Material	:Beton
Dimensi	:Panjang :6,3 m
	:Lebar :4,0 m
	:Kedalaman :2,0 m
Peralatan	: Screen dan Pompa,
spesifikasi	Pompa :Daya :0,78 Kw/1Hp
	Kapasitas :10 m ³ /h
	Head statis :15 m
	Kecepatan :2850 rpm
	Tegangan :220/50 Hz
	Arus :6,5 Ampere
	Isolasi :B
	Diameter :2 inch 5 cm
	Tipe :SKD-750-SA, Kyodo
	pump industry co.,LTD.SNI

3. Biofilter Aerobik

Material	:Kontainer
Dimensi	:Panjang :9 m
	:Lebar :2,5 m
	:Kedalaman :2,5 m
Peralatan	:Blower
Spesifikasi Blower	:Berat :75 kg
	Diameter :65 mm
	RPM :1200
	Kapasitas :2,8 m ³ /menit

Tipe :RL-65, Showfou
electric machine.co date 06 08
Jumlah :1 buah



BAB IV

METODA PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Penyusunan kerangka penelitian diperlukan sebagai acuan dalam melaksanakan tugas akhir. Ide penelitian berasal dari kondisi eksisting efluen IPAL yang masih melampaui baku mutu. Sedangkan kondisi idealnya efluen air limbah harus memenuhi baku mutu sesuai dengan Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013. Selanjutnya dari kondisi eksisting dan kondisi ideal tersebut dibandingkan sehingga muncul ide penelitian. Dari ide penelitian muncul latar belakang yang menjadi dasar penelitian dilakukan. Pada latar belakang tersebut didapatkan rumusan masalah yang kemudian diambil tujuan yang sesuai. Pada penelitian ini diperlukan studi literatur untuk membahas data primer dan sekunder yang telah diperoleh yang kemudian akan diambil kesimpulan dan saran. Susunan kerangka penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.1.

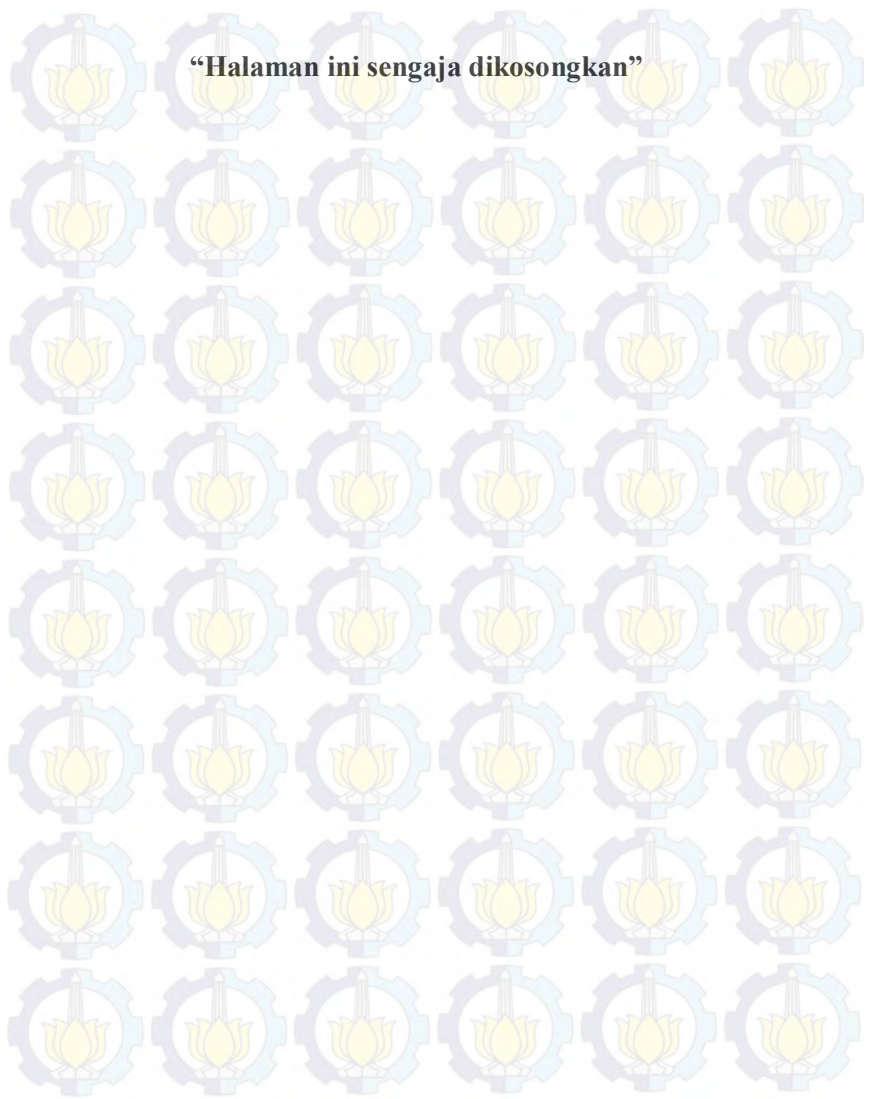
3.2 Ide Tugas Akhir

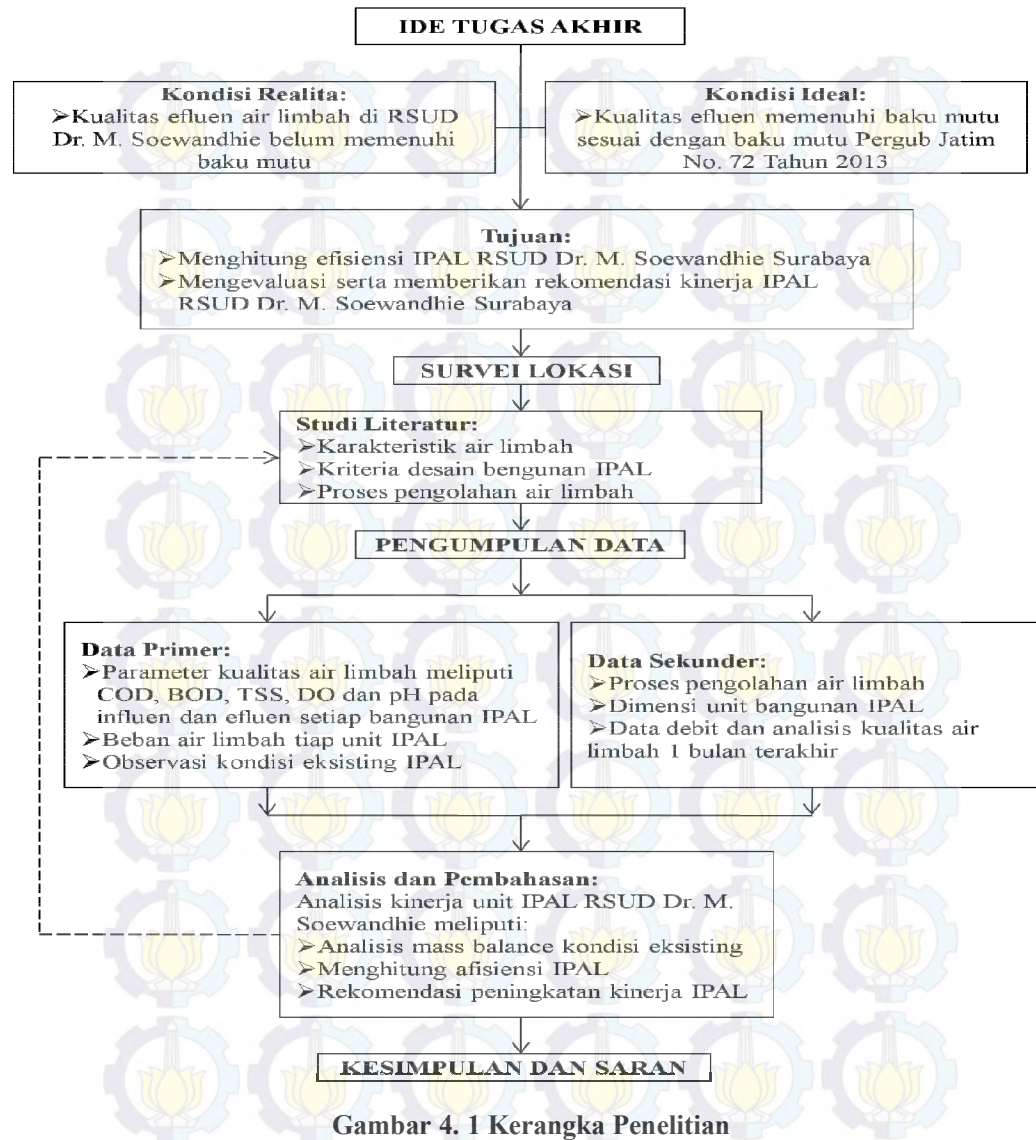
Ide tugas akhir ini yaitu Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Dr. M. Soewandhie. Efektivitas kinerja unit IPAL ditinjau dari perbandingan eksisting IPAL secara keseluruhan dan kondisi awal perencanaan. Dilakukan analisis kesesuaian kriteria desain unit bangunan IPAL secara teori dengan kondisi eksisting IPAL.

3.3 Survei Lokasi

Survei lokasi ini bertujuan untuk mengetahui kondisi fisik bangunan IPAL secara langsung, sumber limbah yang masuk ke IPAL serta kondisi influen dan efluen yang ada.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”





Gambar 4. 1 Kerangka Penelitian



3.4 Studi Literatur

Studi literatur ini bertujuan untuk mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan teori, pengertian, kriteria desain dan rumus-rumus yang mendukung tugas akhir ini. Studi literatur dapat diperoleh dari pustaka ataupun literatur lainnya yang berkaitan dengan tugas akhir, sehingga dapat digunakan sebagai dasar penulisan tugas akhir. Sumber-sumber literatur yang diperlukan berkaitan dengan:

1. Sistem pengolahan air limbah
Untuk mengetahui sistem pengolahan air limbah yang digunakan, sesuai tidaknya dengan kondisi lapangan.
2. Unit-unit bangunan pengolahan air limbah
Menjelaskan tentang unit bangunan pengolahan air limbah yang sesuai dengan karakteristik air limbah yang ada, serta menjelaskan mengenai keuntungan dan kerugian dari masing-masing bangunan pengolahan air limbah. Sehingga studi literatur ini dapat digunakan sebagai acuan dalam mengevaluasi kinerja bangunan pengolahan air limbah
3. Standar baku mutu air limbah rumah sakit
Digunakan untuk mengetahui kualitas efluen air limbah rumah sakit, berdasarkan peraturan baku mutu yang berlaku, efluen sehingga aman bagi lingkungan.
4. Laporan penelitian terdahulu
Digunakan hasil-hasil penelitian yang sesuai dengan pembahasan tugas akhir sebagai referensi dalam penulisan tugas akhir ini.

3.5 Pengumpulan Data

3.5.1 Data Primer

Data primer diperoleh dari hasil survei lapangan dan penelitian laboratorium yang dilakukan oleh pelaksana tugas akhir sendiri. Pengumpulan data primer ini meliputi 2 tahapan, yaitu pengambilan sampel dan penelitian laboratorium. Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

- Data kondisi eksisting IPAL Dr. M. Soewandhie meliputi:

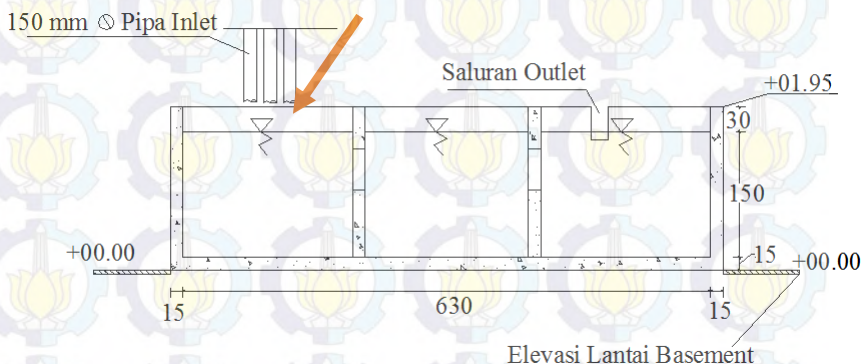
- Kondisi fisik unit bangunan IPAL.
- Material bangunan unit IPAL.

➤ Pengambilan Sampel

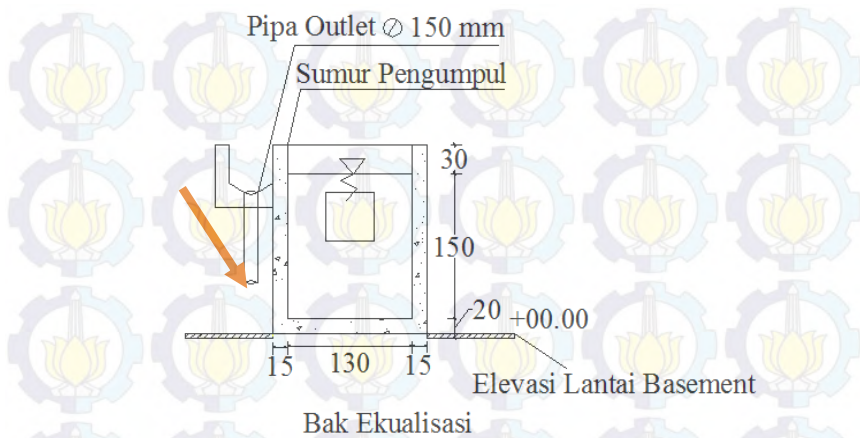
Pengambilan sampel satu hari dua kali setiap seminggu sekali selama satu bulan. Sampling dilakukan satu hari dua kali karena diperkirakan perbedaan beban organik yang masuk ke IPAL berbeda. Menurut Badan Lingkungan Hidup data kualitas efluen air limbah setiap bulannya berfluktuatif. Oleh karena itu diperlukan sampling 2 hari sekali selama 10 hari, yang selanjutnya dirata-rata untuk mendapatkan data rata-rata kualitas efluen. Pengambilan sampel berada di IPAL RSUD. Dr. M. Soewandhie Surabaya. Sampel diambil di beberapa titik bangunan pengolahan air limbah meliputi:

- Influen dan efluen bak pengumpul
- Influen dan efluen bak ekualisasi
- Influen dan efluen Biofilter Aerobik

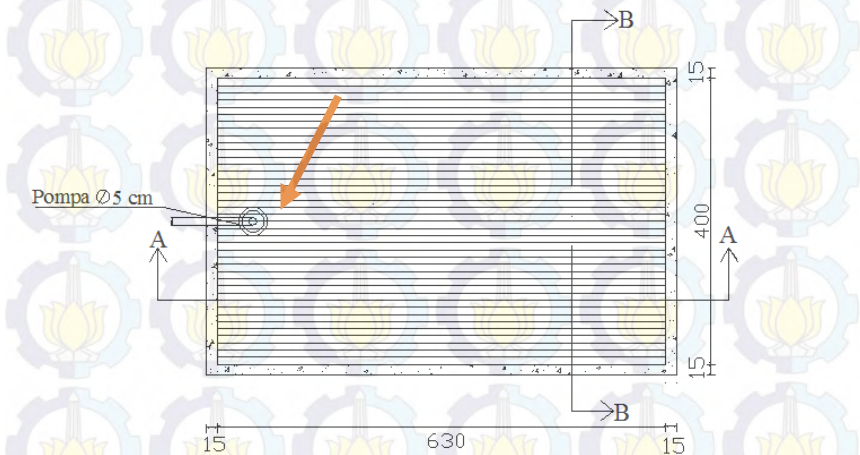
Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada tanda panah seperti gambar dibawah ini.



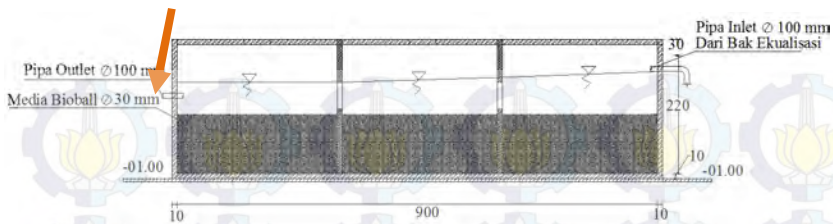
Gambar 4. 2 Influen Sumur Pengumpul



Gambar 4. 3 Titik Sampling Efluen Sumur Pengumpul dan Influen Bak Ekualisasi



Gambar 4. 4 Efluen Bak Ekualisasi dan Influen Biofilter Aerobik



Gambar 4. 5 Efluen Biofilter Aerobik

- **Penelitian Laboratorium**
 Penelitian laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lingkungan, FTSP, ITS. Dilakukan analisis menggunakan 5 parameter yaitu TSS, COD, BOD, pH dan DO. Metode untuk proses analisis TSS, COD dan BOD dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Metode Pengukuran Parameter Penelitian

No.	Parameter	Metode	Instrumen	Sumber
1	BOD	Winkler	Winkler	SNI 6989.72-2009
2	COD	Open Refluks	Buret, alat refluks	APHA 2005 5520 B
3	TSS	Gravimetri	Neraca	SNI 06-6989.3-2004
4	pH	Elektrometri	pHmeter	SNI 06-6989.11-2004
5	DO	Iodometri	Winkler	SNI 06-6989.14-2004

3.5.2 Data Sekunder

Data yang diperlukan berupa data sekunder yaitu data-data yang sudah ada sebelumnya tanpa dilakukan penelitian langsung di lapangan. Data sekunder yang diperlukan dalam penulisan tugas akhir ini meliputi:

Kondisi eksisting IPAL.

- Data proses pengolahan air limbah meliputi:

- Sumber air limbah.
 - Karakteristik air limbah.
 - Prinsip pengolahan air limbah.
- Dimensi unit bangunan pengolahan air limbah → jika tidak diperoleh data sekunder, maka dilakukan pengukuran secara langsung dilapangan. Pengukuran dimensi bangunan IPAL menggunakan meteran.
- Data debit dan analisis kualitas air limbah 3 bulan terakhir → sebagai bahan referensi dalam pengambilan dan analisis sampel.

3.6 Analisis Dan Pembahasan

Melakukan analisis data yang diperoleh dari pengumpulan data primer dan sekunder secara keseluruhan, kemudian hasilnya dibandingkan dengan kriteria desain pada literatur. Analisis data dan pembahasan dilakukan agar hasil dari pengolahan air limbah IPAL rumah sakit dapat dibandingkan dengan teori-teori yang mendasari ruang lingkup. Debit yang digunakan untuk analisis yaitu Qrata-rata. Dalam analisis dan pembahasan dilakukan beberapa hal sebagai berikut:

- Analisis kinerja setiap unit bangunan IPAL RSUD. Dr. M. Soewandhie
- Parameter kinerja sumur pengumpul, meliputi:
 - Beban air limbah yang masuk dan keluar sumur pengumpul
 - Waktu detensi
 - Parameter kinerja bak ekualisasi, meliputi:
 - Volume efektif bak ekualisasi
 - Kedalaman bak ekualisasi
 - Beban air limbah yang masuk dan keluar bak ekualisasi
 - Waktu detensi
 - Parameter kinerja *aerobic biofilter* meliputi:
 - Efisiensi penyisihan

- Beban air limbah yang masuk dan keluar *aerobic biofilter*
- Kapasitas pengolahan
- Analisis *mass balance*, meliputi:
 - Analisis kondisi eksisting untuk mengetahui kesetimbangan masa yang terjadi pada pengolahan air limbah rumah sakit.

3.7 Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan dituliskan sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan merupakan hasil akhir dari analisis data atau evaluasi yang telah dilakukan terhadap kinerja bangunan instalasi pengolahan air limbah RSUD. Dr. M. Soewandhie.

Selanjutnya hasil dari kesimpulan dapat digunakan sebagai saran yang meliputi alternatif pemecahan masalah terkait dengan kinerja unit bangunan pengolahan air limbah. Saran yang diberikan dapat dijadikan hasil pertimbangan dan masukan kepada penanggungjawab IPAL RSUD Dr. M. Soewandhie Surabaya.

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Analisis Parameter Kinerja Dengan Data Primer

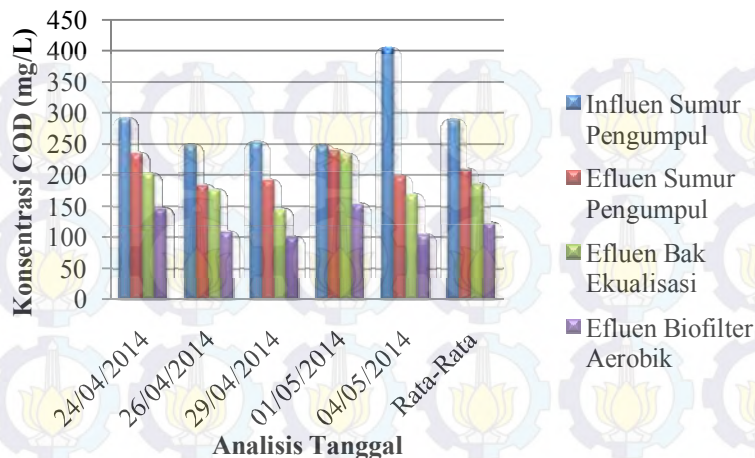
Data primer merupakan data sampling setiap tiga hari sekali pada pagi dan sore hari yang dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan. Analisis data primer meliputi parameter yaitu COD, BOD, TSS, pH dan DO. Rincian Analisis sampling dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. 1 Hasil Analisis COD

Sampel	Konsentrasi COD (mg/L) Pada Tanggal					Rata-Rata
	24/04	26/04	29/04	01/05	04/05	
Influen Sumur Pengumpul	291	248	252	247	404	288
Efluen Sumur Pengumpul	235	184	192	240	198	210
Efluen Bak Ekualisasi	203	176	146	233	169	185
Efluen Biofilter Aerobik	146	108	100	154	105	123

Sumber : Hasil Analisis, 2014

Dari Tabel 5.1. hasil analisis COD dapat dibuat grafik dengan tujuan untuk mempermudah dalam mengetahui trend karakteristik dari konsentrasi air limbah pada unit bangunan pengolahan air limbah. Trend karakteristik COD dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Grafik Analisis COD

Dari Gambar 5.1. dapat dilihat karakteristik influen dan efluen air limbah dengan parameter COD tidak terlalu berfluktuatif. Kenaikan konsentrasi terjadi pada tanggal 04-05-2014.

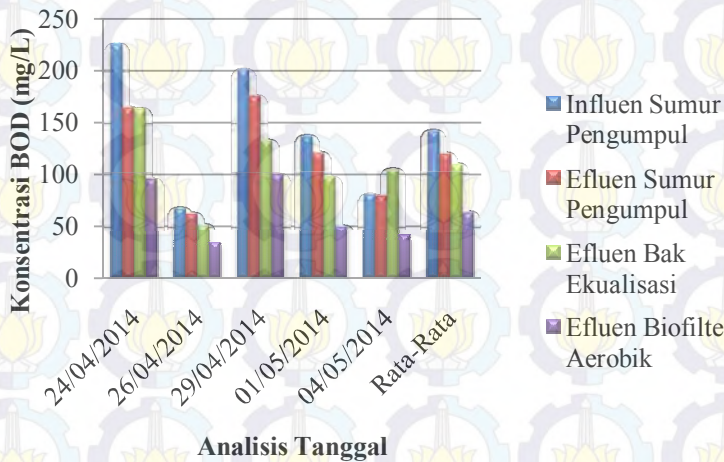
Tabel 5. 2 Hasil Analisis BOD

Sampel	Konsentrasi BOD (mg/L) Pada Tanggal					Rata-Rata
	24/04	26/04	29/04	01/05	04/05	
Influen Sumur Pengumpul	225	67	201	137	81	142
Efluen Sumur Pengumpul	164	63	176	121	79	120
Efluen Bak Ekualisasi	163	52	133	97	105	110
Efluen Biofilter Aerobik	95	34	99	50	41	64

Sumber : Hasil Analisis, 2014

Dari Tabel 5.2. hasil analisis BOD dapat dibuat grafik dengan tujuan untuk mempermudah dalam mengetahui trend karakteristik dari konsentrasi air limbah pada unit bangunan

pengolahan air limbah. Trend karakteristik BOD dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5. 2 Grafik Analisis BOD

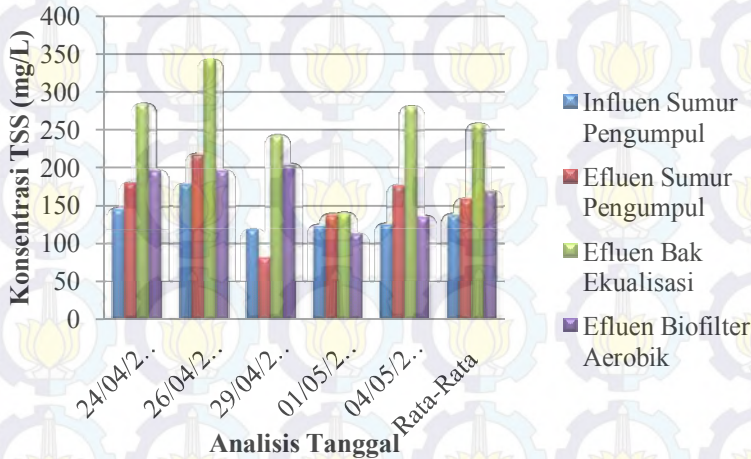
Pada Gambar 5.2. terlihat konsentrasi BOD pada influen dan efluen setiap unit bangunan mengalami fluktuatif. Penyisihan terbesar terjadi pada bangunan pengolahan biologis yaitu biofilter aerobik.

Tabel 5. 3 Hasil Analisis TSS

Sampel	Konsentrasi TSS (mg/L) Pada Tanggal					Rata-Rata
	24/04	26/04	29/04	01/05	04/05	
Influen Sumur Pengumpul	146	178	118	124	126	138
Efluen Sumur Pengumpul	180	218	82	138	176	159
Efluen Bak Ekualisasi	284	342	242	140	280	258
Efluen Biofilter Aerobik	196	196	204	112	136	178

Sumber : Hasil Analisis, 2014

Dari Tabel 5.3. hasil analisis TSS dapat dibuat grafik dengan tujuan untuk mempermudah dalam mengetahui trend karakteristik dari konsentrasi air limbah pada unit bangunan pengolahan air limbah. Trend karakteristik TSS dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Grafik Analisis TSS

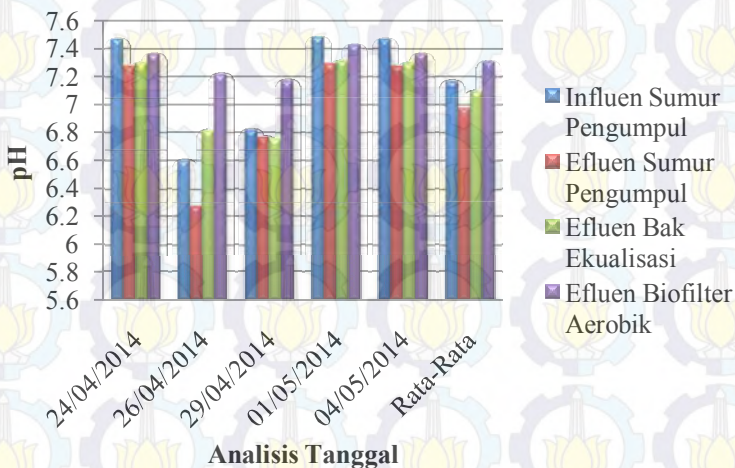
Pada Gambar 5.2. terlihat konsentrasi TSS pada influen dan efluen setiap unit bangunan mengalami fluktuatif. Penyisihan terbesar terjadi bangunan pengolahan biologis yaitu biofilter aerobik. Pada efluen sumur pengumpul sekaligus influen bak ekualisasi terjadi kenaikan TSS. Hal ini disebabkan adanya penambahan alum pada pipa efluen sumur pengumpul. Kondisi aliran yang turbulen menyebabkan flok-flok yang terbentuk menjadi terlarut kembali, sehingga TSS menjadi besar.

Tabel 5. 4 Hasil Analisis pH

Sampel	Konsentrasi pH (mg/L) Pada Tanggal					Rata-Rata
	24/04	26/04	29/04	01/05	04/05	
Influen Sumur Pengumpul	7,465	6,6	6,82	7,48	7,465	7
Efluen Sumur Pengumpul	7,275	6,27	6,77	7,29	7,275	7
Efluen Bak Ekualisasi	7,295	6,815	6,755	7,31	7,295	7
Efluen Biofilter Aerobik	7,36	7,22	7,17	7,425	7,36	7

Sumber : Hasil Analisis, 2014

Dari Tabel 5.4. hasil analisis pH dapat dibuat grafik dengan tujuan untuk mempermudah dalam mengetahui trend karakteristik dari konsentrasi air limbah pada unit bangunan pengolahan air limbah. Trend karakteristik pH dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5. 4 Grafik Analisis pH

Pada Gambar 5.4. terlihat kondisi nilai pH pada unit bangunan pengolahan air limbah berfluktuatif. Namun rata-rata nilai pH berada diatas 6, artinya pH air limbah ini masih berada pada kondisi pH optimum untuk pertumbuhan bakteri. Pada proses aerobik pH optimum yaitu antara 6-8.

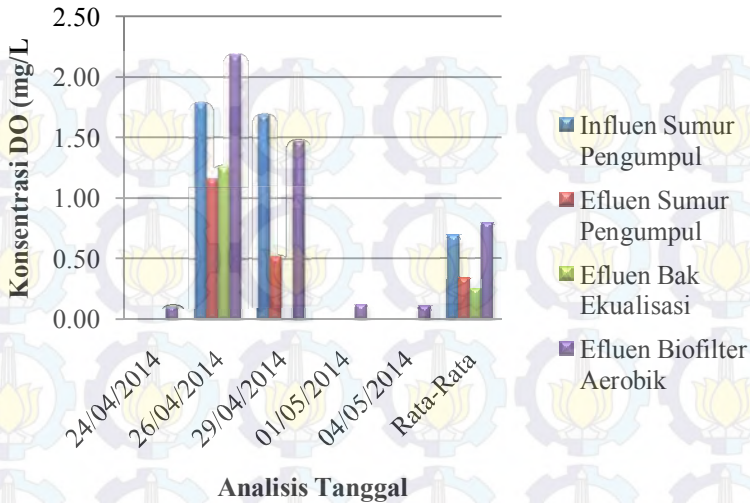
Tabel 5. 5 Hasil Analisis DO

Sampel	Konsentrasi DO (mg/L) Pada Tanggal					Rata-Rata
	24/04	26/04	29/04	01/05	04/05	
Influen Sumur Pengumpul	0,00	1,79	1,69	0,00	0,00	1
Efluen Sumur Pengumpul	0,00	1,17	0,52	0,00	0,00	0
Efluen Bak Ekualisasi	0,00	1,26	0,00	0,00	0,00	0
Efluen Biofilter Aerobik	0,11	2,18	1,48	0,13	0,11	1

Sumber : Hasil Analisis, 2014

Dari Tabel 5.5. hasil analisis DO dapat dibuat grafik dengan tujuan untuk mempermudah dalam mengetahui trend karakteristik dari konsentrasi air limbah pada unit bangunan pengolahan air limbah. Pada baku mutu air limbah tidak dicantumkan parameter DO, tetapi oksigen terlarut perlu dianalisis karena mempengaruhi kandungan COD dan BOD. Trend karakteristik DO dapat dilihat pada Gambar 5.5.

Menurut Benefield dalam Harianto (1980) secara umum oksigen terlarut pada proses pengolahan secara aerobik minimal harus 2 mg/L. Pada Gambar 5.5. terlihat rata-rata nilai konsentrasi oksigen terlarut masih dibawah 1 mg/L. Hal ini menyebabkan kurang maksimumnya kinerja mikroorganisme dalam mendegradasi polutan air limbah (Liu et al., 2008).



Gambar 5. 5 Grafik Analisis DO

5.2 Kinerja Bangunan Pengolahan Air Limbah

Untuk memperoleh kinerja masing-masing unit instalasi pengolahan air limbah, maka dihitung efisiensi pengolahan, selanjutnya akan dibandingkan dengan kriteria desain. Hasil yang diperoleh berasal dari influen dan efluen masing-masing bangunan pengolahan air limbah yang terdiri dari sumur pengumpul, bak ekualisasi dan biofilter aerobik.

5.3 Sumur Pengumpul

5.3.1 Efisiensi Penyisihan Sumur Pengumpul

Dari hasil analisis laboratorium yang telah dilakukan, dapat diketahui efisiensi penyisihan COD, BOD, dan TSS sebagai berikut.

- Chemical Oxygen Demand (COD)**
 Influen SP : 288 mg/L
 Efluen SP : 210 mg/L

$$\text{Efisiensi} = \frac{288-210}{288} \times 100 \% \\ :27 \%$$

- *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

$$\text{Influen SP} :142 \text{ mg/L}$$

$$\text{Efluen SP} :120 \text{ mg/L}$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{142-120}{142} \times 100 \% \\ :15 \%$$

- *Padatan Tersuspensi (TSS)*

$$\text{Influen SP} :138 \text{ mg/L}$$

$$\text{Efluen SP} :159 \text{ mg/L}$$

$$\text{Efisiensi} :0$$

5.3.2 Analisis Kinerja Sumur Pengumpul

Diketahui:

$$\text{Panjang} :6,3 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} :1,3 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman+ Freeboard} :1,8 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} :1,5 \text{ m}$$

$$\text{Qpeak} :4,52 \text{ L/s}$$

$$V :P \times L \times h$$

$$:6,3 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$$

$$:12,29 \text{ m}^3$$

$$V :Q \times \text{td}$$

$$12,29 :4,52 \text{ L/s} \times \text{td}$$

$$\text{td} :12,29 \text{ m}^3 / (4,52 \times 3600/1000 \text{ m}^3/\text{jam})$$

$$:0,75 \text{ jam}$$

$$:45 \text{ menit (Tidak memenuhi, td} \leq 10 \text{ menit)}$$

Pada sumur pengumpul terjadi proses penyisihan polutan organik. Pada dasarnya fungsi sumur pengumpul yaitu untuk mengumpulkan sementara air limbah yang masuk sebelum dialirkan ke pengolahan selanjutnya. Sehingga dengan kriteria

desain $t_d \leq 10$ menit, dimana waktu kontak air limbah sangat pendek sehingga pada umumnya belum terjadi penyisihan. Namun pada kondisi lapangan, terjadi penyisihan BOD dan COD sebesar 15% dan 27%. Penyisihan ini dipengaruhi oleh waktu detensi yang lebih lama.

Waktu detensi pada sumur pengumpul tidak memenuhi kriteria desain. Hasil analisis diketahui waktu detensi lebih dari 10 menit. Lamanya waktu detensi menyebabkan waktu kontak air limbah lebih lama sehingga terjadi penyisihan pada polutan organik. Sedangkan pada parameter TSS tidak terjadi penyisihan, namun konsentrasi semakin besar. Penambahan konsentrasi ini disebabkan karena penambahan alum pada pipa efluen sumur pengumpul, sehingga terjadi flok-flok yang kemudian tersuspensi kembali karena alirannya turbulen. Lamanya waktu detensi bisa menyebabkan bau, atau air limbah berada pada kondisi anaerobik.

5.4 Bak Ekualisasi

5.4.1 Efisiensi Penyisihan Bak Ekualisasi

- *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Influen BE :210 mg/L

Efluen BE :185 mg/L

Efisiensi : $\frac{210-185}{210} \times 100 \%$
:12 %

- *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Influen BE :120 mg/L

Efluen BE :110 mg/L

Efisiensi : $\frac{120-110}{120} \times 100 \%$
:9 %

- *Padatan Tersuspensi (TSS)*

Influen BE :159 mg/L

Efluen BE :258 mg/L

Efisiensi :0

Hasil perhitungan diatas, dapat diketahui terjadi penyisihan beban organik yaitu COD dan BOD. Fungsi bak ekualisasi yaitu untuk menghomogenkan debit serta kualitas air limbah. Sehingga dengan kriteria desain waktu detensi kurang 10 menit, pada umumnya belum terjadi proses penyisihan polutan organik. Pada bak ekualisasi untuk parameter TSS tidak mengalami penurunan, namun mengalami penambahan konsentrasi. Peningkatan TSS ini sama seperti pada efluen sumur pengumpul. Konsentrasi TSS menjadi lebih besar karena disebabkan penambahan alum pada pipa efluen sumur pengumpul yang masuk ke bak ekualisasi sehingga menyebabkan terbentuknya flok-flok yang kemudian tersuspensi kembali karena aliran yang terjadi adalah aliran turbulen. Hal ini yang mengakibatkan TSS menjadi bertambah besar.

5.4.2 Analisis Kinerja Bak Ekualisasi

Unit bak ekualisasi pada IPAL RSUD Dr. M. Soewandhie merupakan jenis *in-line equalization* dimana air limbah yang masuk akan melalui sumur pengumpul selanjutnya dialirkan ke bak ekualisasi sebelum diproses ke pengolahan selanjutnya. Parameter kinerja yang akan dikaji untuk mengetahui efektifitas kinerja bak ekualisasi antara lain.

1. Penentuan volume efektif bak ekualisasi
2. Beban air limbah yang masuk dan keluar
3. Waktu detensi

Penjelasan tentang parameter kinerja bak ekualisasi dapat dilihat pada uraian dibawah ini.

1. Penentuan Volume Efektif Bak Ekualisasi

Diperlukan data kuantitas air limbah untuk mengetahui volume efektif saat proses berlangsung. Hal tersebut bertujuan untuk mengontrol debit dan beban air limbah yang masuk ke bak ekualisasi. Debit air limbah yang masuk ke unit pengolahan terjadi secara fluktuatif, sehingga bak ekualisasi ini berfungsi

untuk menstabilkan atau meratakan debit dan beban air limbah yang masuk.

Penentuan volume efektifitas bak ekualisasi memerlukan data influen air limbah antara lain, debit rata-rata per jam (m^3/jam) dan konsentrasi BOD atau COD rata-rata (mg/L). Dari data tersebut dapat diketahui volume komulatif yang masuk di bak ekualisasi selama 24 jam serta beban air limbah (kg/jam). Beban air limbah dalam penelitian ini menggunakan parameter COD.

Berdasarkan data variasi debit influen bak ekualisasi yang diperoleh dari pengukuran dilapangan, maka dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan volume efektif bak ekualisasi seperti pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 6 Karakteristik Influen Air Limbah Bak Ekualisasi

Waktu	Data Hasil Pengukuran di Lapangan			Data Perhitungan dari Hasil Pengukuran di Lapangan		
	Debit (m^3/s)	Debit (m^3/jam)	Konsentrasi COD rata-rata (mg/L)	Kumulatif Debit (m^3/jam)	Kumulatif debit rata-rata (m^3/jam)	Beban COD (Kg/jam)
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
00.00-01.00	0,00044	1,57	150	1,57	5,46	0,24
01.00-02.00	0,00025	0,88	179	2,45	10,92	0,16
02.00-03.00	0,00021	0,74	193	3,19	16,38	0,14
03.00-04.00	0,00194	6,98	236	10,17	21,84	1,65
04.00-05.00	0,00043	1,55	265	11,72	27,30	0,41
05.00-06.00	0,00025	0,89	403	12,61	32,76	0,36
06.00-07.00	0,00219	7,88	434	20,49	38,22	3,42
07.00-08.00	0,00019	0,68	348	21,17	43,69	0,24
08.00-09.00	0,00452	16,27	225	37,44	49,15	3,65
09.00-10.00	0,00172	6,19	240	43,63	54,61	1,49

**Lanjutan Tabel 5.6 Karakteristik Influen Air Limbah Bak
Ekualisasi**

Waktu	Data Hasil Pengukuran di Lapangan			Data Perhitungan dari Hasil Pengukuran di Lapangan		
	Debit (m ³ /s)	Debit (m ³ /jam)	Konsentrasi COD rata-rata (mg/L)	Kumulatif Debit (m ³ /jam)	Kumulatif debit rata-rata (m ³ /jam)	Beban COD (Kg/jam)
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
10.00-11.00	0,00264	9,50	322	53,13	60,07	3,06
11.00-12.00	0,00058	2,09	387	55,22	65,53	0,81
12.00-13.00	0,00390	14,04	258	69,26	70,99	3,62
13.00-14.00	0,00247	8,89	236	78,15	76,45	2,10
14.00-15.00	0,00090	3,24	351	81,39	81,91	1,14
15.00-16.00	0,00364	13,10	279	94,50	87,37	3,66
16.00-17.00	0,00155	5,58	258	100,08	92,83	1,44
17.00-18.00	0,00244	8,78	244	108,86	98,29	2,14
18.00-19.00	0,00079	2,83	330	111,69	103,75	0,93
19.00-20.00	0,00243	8,75	315	120,44	109,21	2,76
20.00-21.00	0,00132	4,75	235	125,19	114,67	1,12
21.00-22.00	0,00116	4,16	494	129,35	120,14	2,06
22.00-23.00	0,00028	1,01	301	130,35	125,60	0,30
23.00-00.00	0,00020	0,70	236	131,06	131,06	0,17
Average	0,00152	5,46	288			1,54
Peak	0,00452	16,27	494			3,66
Minimum	0,00019	0,68	150			0,14

Sumber : Hasil Analisis, 2014

Keterangan Tabel 5.6.

A. Waktu dalam satuan jam

B. Debit (m³/s) merupakan hasil pengukuran langsung dilanganan (pada sumber air limbah) selama 24 jam menggunakan

stopwatch dan gelas ukur. Hal ini dilakukan karena kondisi flowmeter sedang rusak, maka pengukuran dilakukan secara manual.

- C. Debit (m^3/jam) merupakan konversi debit dari (m^3/s), menjadi (m^3/jam).

Contoh perhitungan:

$$\text{Jam Ke: } 00.00-01.00 = 0,00044 \times 3600 = 1,58 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Jam Ke: } 01.00-02.00 = 0,00025 \times 3600 = 0,88 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- D. Konsentrasi COD rata-rata (mg/L) merupakan hasil sampling pada saat pengukuran debit dan hasil analisis influen bak ekualisasi. Analisis COD dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan.

- E. Kumulatif debit merupakan banyaknya debit air limbah (m^3/jam) yang dihasilkan per jam pertama lalu dikumulatifkan pada jam berikutnya hingga jam 00.00

Contoh perhitungan:

$$\text{Jam Ke } 00.00-01.00 : 1,57 + 0 = 1,57 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Jam Ke } 01.00-02.00 : 1,57 + 0,88 = 2,45 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Jam Ke } 02.00-03.00 : 2,45 + 0,74 = 3,19 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Jam Ke } 03.00-04.00 : 3,19 + 6,98 = 10,17 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dan seterusnya seperti contoh perhitungan hingga jam 23.00-00.00

- F. Kumulatif debit rata-rata merupakan banyaknya debit rata-rata air limbah (m^3/jam)

Contoh perhitungan:

$$\text{Jam Ke } 00.00-01.00 : 5,46 + 0 = 5,46 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Jam Ke } 01.00-02.00 : 5,46 + 5,46 = 10,92 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Jam Ke } 02.00-03.00 : 10,92 + 5,46 = 16,38 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dan seterusnya seperti contoh perhitungan hingga jam 23.00-00.00

- G. Beban COD (kg/jam) merupakan beban air limbah setiap jam. Beban COD dihitung dengan cara mengalikan debit dengan konsentrasi COD rata-rata (mg/L) lalu dikonversi ke satuan (kg/jam).

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned}\text{Beban COD jam 00.00-01.00} &= 1,57 \text{ m}^3/\text{jam} \times 150 \text{ mg/L} \\ &= 1,57 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,150 \text{ kg/jam} \\ &= 0,24 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

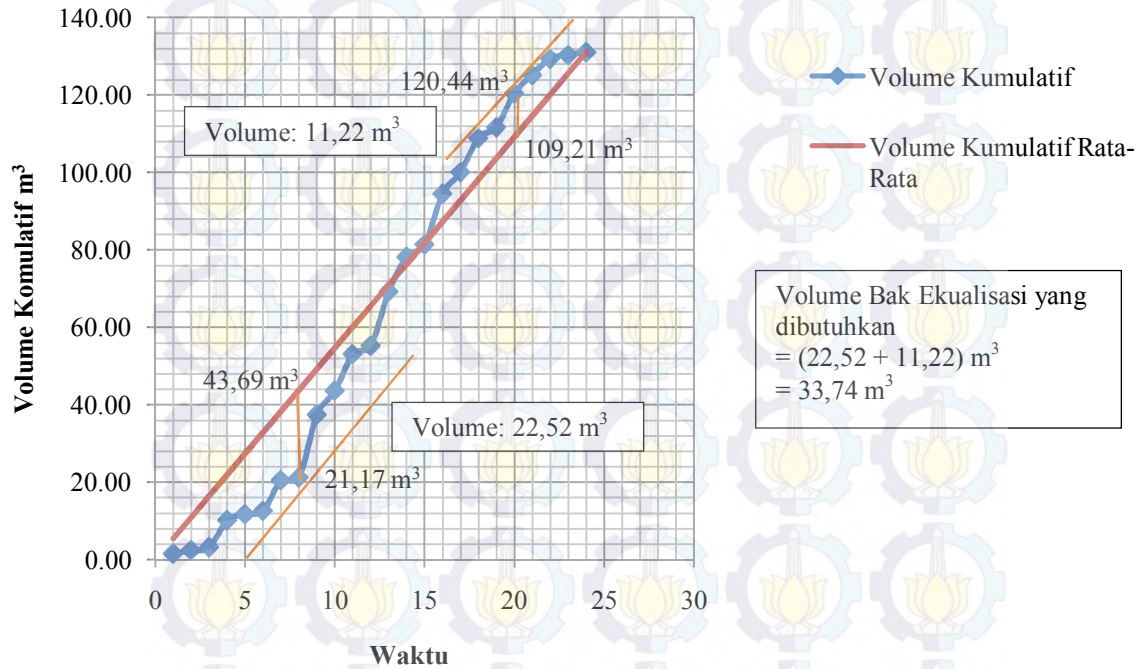
$$\begin{aligned}\text{Beban COD jam 01.00-02.00} &= 0,88 \text{ m}^3/\text{jam} \times 179 \text{ mg/L} \\ &= 0,88 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,179 \text{ kg/jam} \\ &= 0,16 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban COD jam 02.00-03.00} &= 0,74 \text{ m}^3/\text{jam} \times 193 \text{ mg/L} \\ &= 0,74 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,193 \text{ kg/jam} \\ &= 0,14 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Dan seterusnya seperti contoh perhitungan hingga jam 23.00-00.00

Berdasarkan kriteria desain yang ada, volume bak yang diperlukan dapat dihitung melalui grafik dengan menghubungkan volume kumulatif dan volume kumulatif rata-rata dengan periode waktu. Selanjutnya ditarik garis sejajar dengan kurva pada lengkung terbesar. Dihitung jarak vertikal antara dua garis sejajar tersebut sebagai volume bak ekualisasi. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 5.6.

Pada Gambar 5.6. diperoleh volume bak ekualisasi sebesar $33,74 \text{ m}^3$, sedangkan volume bak ekualisasi yang terdapat pada IPAL RSUD Dr. M. Soewandhie sebesar 50 m^3 . Volume bak ekualisasi yang diperoleh masih lebih kecil atau jauh dibawah volume bak ekualisasi yang ada, sehingga bak ekualisasi masih cukup untuk menampung debit fluktuatif yang masuk.



Gambar 5. 6 Grafik Volume Efektif Bak Ekualisasi

1. Beban Air Limbah yang Masuk dan Keluar Bak Ekualisasi

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, maka dapat ditentukan kualitas dan kuantitas air limbah setelah melalui bak ekualisasi. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5. 7 Karakteristik Air Limbah Efluen Bak Ekualisasi

Waktu	Volume Aliran m ³	Volume rata-rata m ³	Volume Cadangan m ³	COD rata-rata (mg/L)	Konsentrasi COD di Bak Ekualisasi (mg/L)	Beban COD di Bak Ekualisasi (Kg/jam)
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
08.00-09.00	16,27	5,46	10,81	225	225	1,23
09.00-10.00	6,19	5,46	11,54	240	230	1,26
10.00-11.00	9,50	5,46	15,59	322	272	1,48
11.00-12.00	2,09	5,46	12,21	387	285	1,56
12.00-13.00	14,04	5,46	20,79	258	271	1,48
13.00-14.00	8,89	5,46	24,22	236	260	1,42
14.00-15.00	3,24	5,46	22,00	351	271	1,48
15.00-16.00	13,10	5,46	29,65	279	274	1,50
16.00-17.00	5,58	5,46	29,77	258	272	1,48
17.00-18.00	8,78	5,46	33,09	244	265	1,45
18.00-19.00	2,83	5,46	30,45	330	270	1,48
19.00-20.00	8,75	5,46	33,74	315	280	1,53
20.00-21.00	4,75	5,46	33,03	235	275	1,50
21.00-22.00	4,16	5,46	31,73	494	299	1,63
22.00-23.00	1,01	5,46	27,28	301	299	1,63
23.00-00.00	0,70	5,46	22,52	236	298	1,63
00.00-01.00	1,57	5,46	18,62	150	288	1,57
01.00-02.00	0,88	5,46	14,05	179	283	1,55

$$= 11,54 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume cadangan jam 10.00-11.00} = 11,54 + 9,5 - 5,46$$

$$= 15,59 \text{ m}^3$$

E. COD rata-rata merupakan hasil sampling pada saat pengukuran debit dan hasil analisis influen bak ekualisasi. Konsentrasi COD sebelumnya sudah dihitung pada Tabel 5.6. sehingga pada Tabel 5.7. tinggal menyesuaikan saja.

F. Konsentrasi COD di bak ekualisasi (Rumus 2.3)

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{X jam ke 08.00-09.00} &= \frac{(16,27 \times 225) + (0 \times 0)}{16,27 + 0} \\ &= 225 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{X jam ke 09.00-10.00} &= \frac{(6,19 \times 240) + (10,81 \times 225)}{6,27 + 10,81} \\ &= 230 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{X jam ke 10.00-11.00} &= \frac{(9,50 \times 322) + (11,54 \times 230)}{9,50 + 11,54} \\ &= 272 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Dan seterusnya seperti contoh perhitungan hingga jam 07.00-08.00

G. Beban COD di Bak Ekualisasi (Rumus 2.4)

$$\begin{aligned} \text{Beban COD jam 08.00-09.00} &= \frac{\left(225 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 5,46 \text{ m}^3 / \text{jam} \right)}{1000 \text{ g/kg}} \\ &= 1,23 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban COD jam 09.00-10.00} &= \frac{\left(230 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 5,46 \text{ m}^3 / \text{jam} \right)}{1000 \text{ g/kg}} \\ &= 1,26 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

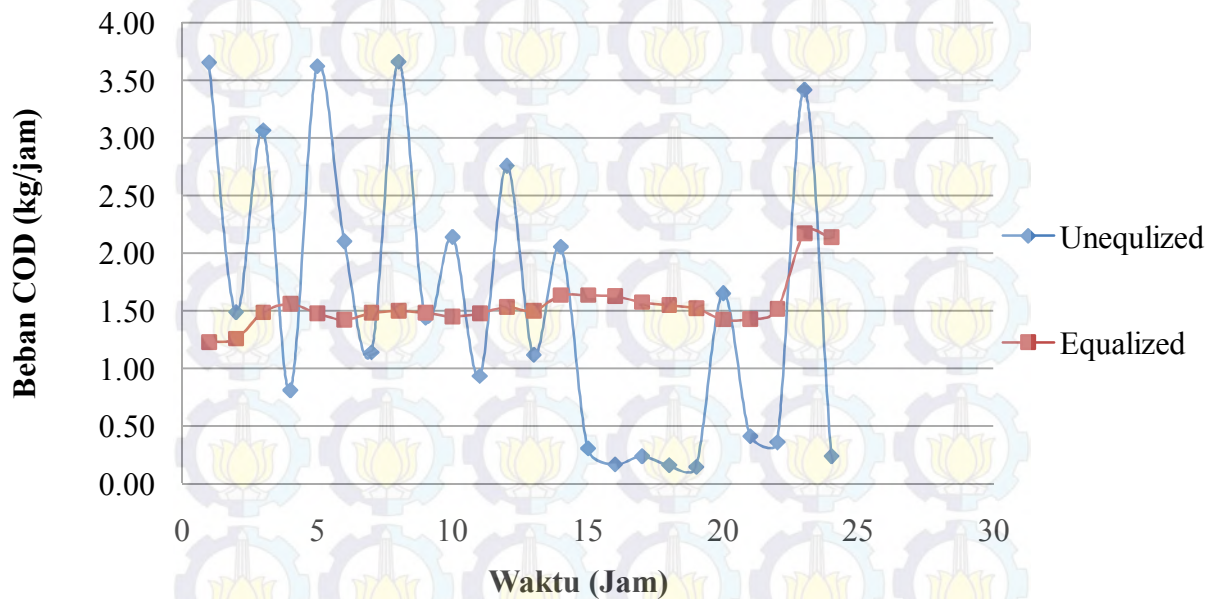
Dan seterusnya seperti contoh perhitungan hingga jam 07.00-08.00

Perbandingan kondisi kualitas air limbah sebelum masuk dan setelah masuk bak ekualisasi pada saat beban peak, minimum dan average dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5. 8 Perbandingan Kualitas Influen (Unequalized) dan Efluen Bak Ekualisasi (Equalized)

Rasio	Beban COD (kg/jam)	
	Sebelum masuk bak ekualisasi (Unequalized)	Sesduah masuk bak ekualisasi (Equalized)
Peak/average	$3,66/1,54 = 2,38$	$2,17/1,54 = 1,41$
Minimum/average	$0,14/1,54 = 0,09$	$1,23/1,54 = 0,80$
Peak/Minimum	$3,66/0,14 = 26,14$	$2,17/1,23 = 1,76$

Pada Tabel 5.8. dapat diketahui perbandingan beban air limbah sebelum dan sesudah masuk bak ekualisasi. Pada influen air limbah terlihat berfluktuatif, sedangkan setelah masuk bak ekualisasi mengalami proses pemerataan sehingga kualitas air limbah menjadi lebih stabil. Kondisi tersebut ditunjukkan dengan nilai rasio peak dan minimum tidak terlalu jauh. Perbandingan kondisi sebelum dan sesudah masuk bak ekualisasi dapat dilihat pada Gambar 5.7. Gambar grafik perbandingan kualitas air limbah yang bermanfaat untuk mempermudah dalam memperoleh kondisi sebelum ekualisasi (*unequalized*) dan setelah ekualisasi (*equalized*).



Gambar 5. 7 Grafik Perbandingan Kualitas Air Limbah Sebelum dan Sesudah Masuk Ekualisasi

Pada Gambar grafik 5.7. menunjukkan kualitas air limbah sebelum masuk bak ekualisasi yang ditunjukkan dengan garis warna biru. Terlihat pada garis warna biru terjadi fluktuatif kualitas air limbah. Kondisi kualitas air limbah menjadi lebih stabil dan konstan setelah masuk bak ekualisasi. Kualitas air limbah setelah masuk bak ekualisasi ditunjukkan dengan garis warna merah. Aliran dan Kondisi kualitas air limbah yang berfluktuatif akan menyebabkan proses pengolahan selanjutnya tidak stabil atau tidak maksimum.

2. Waktu Detensi

Diketahui:

Debit rata-rata = $5,46 \text{ m}^3/\text{jam}$

Panjang = $6,3 \text{ m}$

Lebar = 4 m

Kedalaman = 2 m

td = Volume : Q

= $50,4 \text{ m}^3 : 5,46 \text{ m}^3/\text{jam}$

= $9,2 \text{ jam}$

= $9,2 \text{ jam} \times 60 \text{ menit}$

= 552 menit

(Tidak memenuhi, $td < 10 \text{ menit}$)

5.4.3 Hasil Analisis Kinerja Bak Ekualisasi

Hasil analisis dari keseluruhan yang telah dihitung dapat disimpulkan beberapa hal sesuai dengan kriteria desain bak ekualisasi seperti terlihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5. 9 Hasil Analisis Kinerja Bak Ekualisasi

No.	Parameter Kerja	Kondisi Eksisting	Kriteria Desain	Keterangan
1	Volume Efektif	50 m^3	$13,3 \text{ m}^3$	memenuhi
2	Waktu detensi	552 menit	<10 menit	Tidak Memenuhi

Tabel Lanjutan 5.9 Hasil Analisis Kinerja Bak Ekualisasi

3	Kedalaman	2 m	1,5 m - 2 m	Memenuhi
4	Jangkauan mixer	Tidak Ada Mixer	1/2 - 2/3 kedalaman	Tidak Memenuhi
5	Beban Air Limbah (rasio peak/min)	1,76	<1	Tidak Memenuhi

Pada Tabel 5.9. dapat dijelaskan kinerja bak ekualisasi sebagai berikut:

1. Volume Efektif

Berdasarkan hasil perhitungan, volume bak ekualisasi yang dibutuhkan berdasarkan debit air limbah yang masuk sebesar 13,3 m³. Sedangkan kondisi eksisting volume bak ekualisasi sebesar 50 m³. Volume yang dibutuhkan masih berada dibawah volume kondisi eksisting, sehingga dapat disimpulkan bahwa volume bak ekualisasi masih mampu menampung debit air limbah.

2. Waktu Detensi

Berdasarkan Tabel 5.9. diperoleh waktu detensi pada kondisi eksisting sebesar 552 menit. Menurut Metcalf and Eddy (2003) kriteria desain waktu detensi pada bak ekualisasi yaitu <10 menit, sehingga waktu detensi tidak memenuhi kriteria desain. Lamanya waktu detensi ini menyebabkan waktu kontak air limbah lebih lama, sehingga polutan organik dapat terdegradasi atau terjadi penyisihan. Selain itu waktu detensi yang lama menyebabkan adanya endapan pada dasar bak ekualisasi yang dapat mengganggu kinerja pompa. Waktu detensi yang cukup lama yaitu menyebabkan dibagian dalam bak ekualisasi terjadi proses biologis anaerobik. Terjadinya proses anaerobik dapat menimbulkan bau. Oleh sebab itu diperlukan waktu detensi kurang 10 menit agar mencegah kondisi anaerobik.

3. Kedalaman Bak Ekualisasi

Menurut Metcalf and Eddy (2003) kriteria desain kedalaman bak ekualisasi antara 1,5 – 2 m. Pada kondisi eksisting

kedalaman bak ekualisasi sudah memenuhi kriteria desain yaitu 2 m.

4. Jangkauan Mixer

Pada bak ekualisasi tidak ada mixer sebagai alat pemerataan air limbah, sehingga efluen air limbah masih belum rata sepenuhnya. Oleh karena itu diperlukan mixer yang mempunyai jangkauan sekitar $1/2 - 1/3$ dari kedalaman bak, sesuai dengan kriteria desain.

5. Beban Air Limbah (Rasio Peak/Min)

Hasil analisis data menunjukkan rasio peak/min melebihi kriteria desain. Hal ini berarti beban yang masuk masih fluktuatif, sehingga dapat mengganggu kinerja pengolahan selanjutnya. Sedangkan fungsi dari bak ekualisasi sendiri yaitu meratakan fluktuasi dari beban organik maupun debit. Namun kenyataannya kinerja bak ekualisasi masih kurang, maka diperlukan penambahan mixer guna membantu meratakan beban maupun debit air limbah.

5.4.4 Rekomendasi Pemecahan Masalah

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diketahui beberapa masalah yang disebabkan banyaknya faktor yang mempengaruhi. Hasil dari analisis tersebut selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam menetapkan pemecahan masalah yang terjadi. Berikut ini adalah rekomendasi dalam menyelesaikan permasalahan yang ada, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kinerja bak ekualisasi.

1. Penambahan Mixer

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan diperlukan mixer jenis axial flow impeller karena mixer jenis ini memiliki jangkauan yang lebih luas. Fungsi penggunaan mixer tersebut adalah:

- a. Mendapatkan pemerataan yang cukup.
- b. Menghindari padatan yang terendap didalam bak ekualisasi.
- c. Mencegah kondisi septik dan bau pada bak ekualisasi.

2. Perhitungan Mixer

Diketahui:

Volume bak : 50 m³
 Panjang : 6,3 m
 Lebar : 4 m
 Kedalaman : 2 m
 Suhu air limbah : 30°C
 Viskositas absolut μ : $0,85 \times 10^{-3}$ N detik/m²
 Densitas air (ρ) : 996,26 kg/m³

Direncanakan:

Menggunakan impeller

Waktu detensi : 24 jam = 86400 detik

Gradien kecepatan pengaduk (G) = 150 rpm = 1,667 rps

Bilangan reynolds (Nre) > 10.000 (aliran turbulen)

Perbandingan diameter/tebal (D/W) = 8

- Tenaga motor (P)

$P : G^2 \times \mu \times V$

Dimana:

P : Tenaga motor (gr.cm/detik)

G : Gradien kecepatan (1/detik)

V : Volume (m³)

μ : Viskositas

P : $G^2 \times \mu \times V$

: $(0,85 \times 10^{-3} \text{ N detik/m}^2) \times (150/\text{detik})^2 \times 50 \text{ m}^3$

: 956,3 N m/detik

- $D : \frac{P^{\frac{1}{5}}}{K_T n^3 \rho}$

Dimana:

D : Diameter impeller (m)

K_T : Konstanta impeller untuk aliran turbulen

: 1,70

N : Kecepatan putaran (rpm)

ρ : Densitas air (Kg/m³)

$$D = \frac{1}{K_T n^3 \rho} \sqrt[5]{956,3}$$

$$D = \frac{1}{1,15 \times 1,667^3 \times 996,26} \sqrt[5]{956,3}$$

$$D = 0,7 \text{ m}$$

Ketebalan impeller (W) dihitung dengan perbandingan D/W:

$$D/W : 8$$

$$W : D/8$$

$$W : 0,7 \text{ m} / 8$$

$$W : 0,09 \text{ m} = 9 \text{ cm}$$

- Cek Nre apakah telah terjadi aliran turbulen

$$Nre = \frac{D^2 n \rho}{\mu}$$

$$Nre = \frac{0,7^2 \times 1,667 \times 996,26}{0,85 \times 10^{-3}}$$

$$Nre = 9,5 \times 10^5 \text{ (memenuhi)}$$

- Kebutuhan energi

$$\begin{aligned} \text{Asumsi kebutuhan energi} &= 0,5 \text{ KW/m}^3 \\ \text{Volume Bak Ekualisasi} &= 50 \text{ m}^3 \\ \text{Kebutuhan energi} &= 0,5 \text{ KW/m}^3 \times 50 \text{ m}^3 \\ &= 25 \text{ KW} \end{aligned}$$

Apabila harga listrik per Kwh = Rp 540,- / Kwh , maka biaya operasional untuk energi listrik per hari:

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Rp } 540,- / \text{Kwh} \times 25 \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= \text{Rp } 324.000/\text{hari} \end{aligned}$$

5.5 Biofilter Aerobik

5.5.1 Efisiensi Penyisihan Biofilter Aerobik

- *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Influen BA :185 mg/L

Efluen BA :123 mg/L

Efisiensi : $\frac{185-123}{185} \times 100 \%$
:33 %

- *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Influen BA :75 mg/L

Efluen BA :40 mg/L

Efisiensi : $\frac{75-40}{75} \times 100 \%$
:47 %

- *Padatan Tersuspensi (TSS)*

Influen BA :258 mg/L

Efluen BA :178 mg/L

Efisiensi : $\frac{258-178}{258} \times 100 \%$
:31 %

5.5.2 Analisis Kinerja Biofilter Aerobik

Unit biofilter aerobik pada IPAL RSUD Dr. M. Soewandhie merupakan bioreaktor yang berisi bio-ball sebagai media untuk pertumbuhan mikroorganisme (biofilm). Reaktor ini mempunyai 3 sekat dengan ukuran bangunan masing-masing sama. Parameter kinerja yang akan dikaji untuk mengetahui efektifitas kinerja biofilter antara lain.

1. Kapasitas pengolahan
2. Organik Loading (OL)
3. Hidrolik Loading (HL)
4. Waktu detensi
5. Kebutuhan Oksigen (O_2)

Penjelasan tentang parameter kinerja biofilter aerobik dapat dilihat pada uraian dibawah ini.

5.5.2.1 Kapasitas Pengolahan

Diketahui:

Panjang:	:9 m	
Lebar	:2,5 m	
Kedalaman	:2,5 m	
Qpompa	:10 m ³ /jam	=240 m ³ /hari
Media	:Bioball	
Diameter	:3cm	

V (kondisi eksisting)	:P x L x h
	:9 m x 2,5 m x 2,5 m
	:56,25 m ³
Qpompa (ke biofilter)	:V : td
240 m ³ /hari	:56,25 m ³ : td
td	: 56,25 m ³ : 240 m ³ /hari
	:0,23 hari = 5,6 jam
V yang dibutuhkan	:Q x td
	:240 m ³ /hari x 0,23 hari
	:55,2 m ³

Air limbah dari bak ekualisasi dialirkan ke dalam biofilter aerobik. Jenis bak ekualisasi pada IPAL yaitu tipe *in-line Equalization* yang berarti seluruh air buangan yang akan dikelola dipompa dengan aliran konstan menuju ke biofilter aerobik. Pada kondisi lapangan debit air limbah yang masuk ke biofilter sebesar 10 m³/jam.

Hasil analisis data, dengan Q pompa sebesar 10 m³/jam dibutuhkan volume biofilter sebesar 55,2 m³. Sedangkan pada kondisi lapangan volume biofilter adalah 56,25 m³. Sehingga kapasitas biofilter masih mampu menampung dan mengolah air limbah yang masuk meskipun kondisinya berada pada ambang batas (kondisi tangki penuh).

5.5.2.2 Organik Loading Rate (OLR)

Diketahui data lapangan.

Debit (Q) pompa	: 10 m ³ /jam = 240 m ³ /hari
BOD ₅ influen (S _o)	: 110 mg/L : 1000 kg/m ³ = 0,110 kg/m ³
BOD ₅ efluen (S _e)	: 64 mg/L
Volume biofilter	: 56,25 m ³

- Organik Loading Rate

$$OLR = \frac{Q \times S_o}{V} = \frac{240 \frac{m^3}{hari} \times 110 \text{ mg/L}}{56,25 m^3}$$

$$= 0,5 \text{ kg/m}^3 \cdot d$$

Kriteria desain : 10-12 kg/m³.d (Sumber: Sasse, 1998)

(Tidak memenuhi kriteria desain)

Berdasarkan perhitungan diatas nilai OLR tidak memenuhi kriteria desain. Nilai organik loading menunjukkan massa BOD dalam setiap m³ air limbah yang akan diolah oleh mikroorganisme pada biofilter. Beban organik merupakan nutrisi bagi metabolisme biofilm. Hasil analisis data nilai OLR rendah atau sangat kecil dibandingkan dengan kriteria desain. Hal ini berpengaruh terhadap kinerja mikroorganisme dalam mendegradasi polutan organik.

5.5.2.3 Hidroulic Loading Rate (HLR)

Diketahui data lapangan.

Debit (Q) pompa	: 10 m ³ /jam = 240 m ³ /hari
Luas area biofilter (A) : P x L	: 9 m x 2,5 m
	: 22,5 m ²

- Hidroulic Loading Rate

$$HLR = \frac{Q}{A} = \frac{240 \frac{m^3}{hari}}{22,5 m^2}$$

$$= 10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$$

$$= 0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$$

Kriteria desain $= < 2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ (Sumber: Sasse, 1998)
(memenuhi kriteria desain)

Hidroulik loading rate memberikan kecepatan daya gerus biofilm yang pada akhirnya akan mendorong biofilm terlepas dari media untuk keluar dari tangki. Hasil perhitungan diperoleh bahwa nilai HLR sudah memenuhi kriteria desain literatur, sehingga laju penggerusan tidak terjadi pada biofilm tersebut.

5.5.2.4 Waktu Tinggal (Retention Time)

Waktu tinggal merupakan lamanya air limbah tinggal dalam biofilter dengan perhitungan sebagai berikut.

$$td = \frac{V}{Q} = \frac{56,25 \text{ m}^3}{240 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}$$

$$= 0,23 \text{ hari}$$

$$= 5,5 \text{ jam}$$

Kriteria desain $td = 12 - 24 \text{ jam}$ (Sumber: Sasse, 1998)
(Tidak memenuhi kriteria desain)

Pendeknya waktu detensi menyebabkan polutan organik tidak benar-benar terdegradasi karena tidak cukupnya waktu kontak. Hasil analisis data nilai td tidak memenuhi kriteria desain yaitu 5,5 jam. Menurut Cheng (2012) pengaruh pendeknya waktu detensi yaitu pendistribusian substrat pada lapisan terdalam biofilm menjadi berkurang sehingga tidak merata. Sementara pada lapisan terluar biofilm mengalami kelebihan nutrisi untuk pekembangbiakan, akibatnya kinerja biofilter berkurang. Oleh karena itu diperlukan optimalisasi waktu detensi sesuai dengan kriteria desain yaitu 12-24 jam (Sasse, 1998).

5.5.2.5 Kebutuhan Oksigen

- Perhitungan Volume Udara yang Dibutuhkan
Diketahui.

Y	:0,5
Debit (Q) lapangan	:240 m ³ /hari
BOD ₅ influen (S _o)	:110 mg/L
BOD ₅ efluen (S _e)	:30 mg/L (Baku Mutu)
θ _c	:12 jam = 0,5 hari

- Perhitungan Lumpur yang Dihasilkan

$$Px = \frac{Y_{obs} \times Q \times (S_o - S_e)}{1000}$$

$$Px = \frac{0,5 \times 240 \frac{m^3}{hari} \times (110 - 30) mg/L}{1000}$$

$$= 9,6 \text{ kg/hari}$$

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + kd \times \theta_c}$$

$$Y_{obs} = \frac{0,5}{1 + 0,06 \times 0,5}$$

$$Y_{obs} = 0,48 = 0,5$$

- Kebutuhan Oksigen Teoritis (O₂ kg/hari)

$$\frac{O_2 \text{ kg}}{\text{hari}} = \frac{Q \times \frac{(S_o - S_e) mg}{L}}{BOD_5 / BOD_L} - 1,42 Px$$

$$\frac{O_2 \text{ kg}}{\text{hari}} = \frac{240 \frac{m^3}{hari} \times (110 - 30) mg/L}{0,68 \times 1000} - 1,42 \times 9,6$$

$$= 2,6 \text{ kg/hari}$$

- Standar oksigen requirement (SOR) pada kondisi lapangan

$$SOR \text{ kg/hari} = \frac{N}{\left[\frac{\beta \times C_{\text{walt}} \times F_a - C_t}{C_s} \right] \times 1,024^{T-20} \times \alpha}$$

Ditentukan:

Temperatur dilapangan :30°C

α :0,98

β :1

C_{walt} :7,95

C_t :2 mg/L

C_s :9,08 mg/L

F_a :0,98

(Sumber: Metcalf & Eddy, 1991)

$$SOR = \frac{2,6}{\left[\frac{1 \times 7,95 \times 0,98 - 2 \text{ mg/L}}{9,08 \text{ mg/L}} \right] \times 1,024^{30-20} \times 0,98}$$

$$= 3,3 \text{ kg/hari}$$

- Kebutuhan tenaga untuk blower

Jika kemampuan blower terhadap transfer oksigen sebesar 2 kg/O₂ Kwh dan konsentrasi oksigen jenuh pada 20°C sebesar 7,95 mg/L, maka oksigen transfer pada kondisi lapangan:

$$N = No \left[\frac{\beta \times C_{\text{walt}} - C_l}{9,17} \right] \times 1,024^{T-20} \times \alpha$$

Direncanakan:

Temperatur dilapangan :30°C

α :0,98

β :1

C_{walt} :7,95

C_l :2 mg/L

Maka,

$$N = 2 \left[\frac{1 \times 7,95 - 2}{9,17} \right] \times 1,024^{30-20} \times 0,98$$

$$= 1,6 \text{ Kg O}_2 / \text{Kwh}$$

- Jumlah Oksigen yang harus ditransfer per hari
 $= 1,6 \text{ Kg O}_2 / \text{Kwh jam} \times 24 \text{ jam/hari}$
 $= 38,4 \text{ Kg O}_2 / \text{Kwh . hari}$

- Kebutuhan Power (KW)

$$P = \frac{2,6 \text{ kg o}_2 / \text{hari}}{1,6 \text{ kg O}_2 / \text{hari}} = 1,6 \text{ KW}$$

- Kebutuhan energi

$$\text{Asumsi kebutuhan energi} = 0,5 \text{ KW/m}^3$$

$$\text{Volume Biofilter} = 56,25 \text{ m}^3$$

$$\text{Kebutuhan energi} = 0,5 \text{ KW/m}^3 \times 56,25 \text{ m}^3$$

$$= 28 \text{ KW}$$

Apabila harga listrik per Kwh = Rp 1.081,- / Kwh , maka biaya operasional untuk energi listrik per hari:

$$\text{Biaya} = \text{Rp } 540,- / \text{Kwh} \times 28 \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$= \text{Rp } 362.800 / \text{hari}$$

Hasil analisis data dan pembahasan dibutuhkan oksigen lapangan adalah 3,3 kg/hari untuk mereduksi beban BOD dari 110 mg/L menjadi 30 mg/L. Sehingga dibutuhkan blower yang dapat mensuplai udara sebesar 151,6 m³/hari. Namun pada kondisi lapangan, diketahui rata-rata oksigen terlarut sebesar 1 mg/L sama dengan 0,24 kg/hari. Oksigen yang dibutuhkan jauh lebih besar dibandingkan dengan kondisi lapangan. Menurut Liu *et al*, (2008) kurangnya oksigen terlarut menyebabkan mikroorganisme tidak aktif. Sehingga kinerja mikroorganisme dalam mendegradasi polutan organik tidak bekerja dengan baik.

Disisi lain tingginya konsentrasi oksigen terlarut menyebabkan metabolisme mikroorganisme lebih cepat dan dapat

memperpendek siklus hidup sel (Liu *et al.*, 2002). Dari alasan tersebut menyebabkan hilangnya biomassa sehingga mengurangi kinerja biofilter untuk mendegradasi polutan organik.

Oleh karena itu dibutuhkan oksigen optimum yaitu sebesar 3,3 kg/hari yang dapat membuat kinerja bakteri dalam mendegradasi polutan organik dapat maksimal.

5.5.2.6 Pengaruh Penambahan Alum terhadap Mikroorganisme (Biofilm)

Pada operasional IPAL terdapat penambahan alum pada pipa effluen sumur pengumpul atau pipa influen bak ekualisasi. Alum merupakan polimer yang biasa digunakan sebagai koagulan dalam proses pengolahan air limbah secara kimia. Menurut Mutairi (2006) penggunaan polimer atau koagulan alum berpengaruh terhadap metabolisme bakteri. Semakin besarnya konsentrasi alum mempunyai pengaruh besar terhadap toksisitas mikroorganisme (biofilm). Banyaknya konsentrasi alum menjadi inhibitor pada sistem mikroorganisme. Sehingga menyebabkan kinerja mikroorganisme tidak stabil, yang berakibat terhadap pengolahan biofilter berkurang. Selain itu, peningkatan konsentrasi tawas menyebabkan penurunan pH air limbah. Penurunan pH bersamaan dengan hilangnya padatan dalam proses pengolahan yang mengakibatkan kematian bakteri. Alum dapat menyisihkan polutan organik dan padatan, namun juga bersifat toksik terhadap mikroorganisme.

Menurut EPA (1974) penggunaan koagulan alum pada pengolahan air limbah dapat meningkatkan produksi lumpur. Beberapa penelitian telah menunjukkan lumpur yang dihasilkan dari koagulan alum bersifat toksik.

5.5.2.7 Pengaruh Terganggunya Bakteri (Biofilm) terhadap Kinerja Biofilter

Penambahan alum bersifat toksik terhadap mikroorganisme (biofilm) bahkan dapat menyebabkan kematian. Biofilter merupakan pengolahan biologis yang menggunakan

media sebagai tempat pertumbuhan mikroorganisme (biofilm). Jika mikroorganisme (biofilm) terganggu, maka kinerja pengolahan biofilterpun juga terganggu. Karena fungsi dari biofilm yaitu untuk menyisihkan polutan organik, sehingga dengan terganggunya mikroorganisme, maka proses penyisihan polutan organik menjadi tidak maksimal.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Gossett *et al.* (1978) penambahan koagulan alum dapat berpengaruh terhadap penyisihan COD. Penambahan koagulan kimia dapat menurunkan koefisien yield pada mikroorganisme sehingga mikroorganisme dapat terganggu. Selain itu penambahan alum dapat menghasilkan flok-flok yang dihasilkan dari proses koagulasi. Flok-flok ini berpengaruh secara signifikan terhadap mikroorganisme dan enzim. Gaya tarik menarik antara substrat dengan flok-flok menyebabkan substrat berada dalam flok, hal ini menyebabkan terhambatnya enzim yang akan masuk kedalam substrat (Goodson *et al.*, 1973).

5.5.2.8 Hasil Analisis Kinerja Biofilter Aerobik

Hasil analisis dari keseluruhan yang telah dihitung dapat disimpulkan beberapa hal sesuai dengan kriteria desain biofilter aerobik seperti terlihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5. 10 Hasil Analisis Kinerja Biofilter Aerobik

No.	Parameter Kerja	Kondisi Eksisting	Kriteria Desain	Keterangan
1	Kapasitas Pengolahan	56, 25 m ³	55,2 m ³	memenuhi
2	Organik Loading Rate	0,5 kg/m ³ .d	10-12 kg/m ³ .d	Tidak Memenuhi
3	Hidroulik Loading Rate	0,4m ³ /m ² .hari	<2m ³ /m ² .jam	Memenuhi
4	Waktu Detensi	5,5 jam	12 – 24 jam	Tidak Memenuhi

Lanjutan Tabel 5. 10 Hasil Analisis Kinerja Biofilter Aerobik

No.	Parameter Kerja	Kondisi Eksisting	Kriteria Desain	Keterangan
5	Kebutuhan Oksigen	0,24 kg/hari	3,3 kg/hari	Tidak Memenuhi

Pada Tabel 5.10. dapat dijelaskan kinerja biofilter aerobik sebagai berikut:

1. Kapasitas pengolahan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, diketahui debit air limbah yang masuk kedalam biofilter aerobik berada pada ambang batas kapasitas yang tersedia. Artinya, kondisi eksisting biofilter aerobik masih mampu menampung debit air limbah yang masuk, meskipun keadaan tangki terisi penuh tanpa ada freeboard. Oleh karena itu diperlukan kajian ulang terhadap desain biofilter aerobik agar mampu mengolah debit air limbah sesuai dengan kondisi eksisting. Debit pada awal IPAL beroperasi masih kecil yaitu sebesar 75 m^3 , sedangkan pada tahun 2014 menjadi $131,06 \text{ m}^3/\text{hari}$, artinya terdapat penambahan pada debit air limbah. Kondisi ini menyebabkan kinerja biofilter kurang maksimal karena waktu detensi masih berada dibawah kriteria desain yang ada. kapasitas biofilter aerobik pada kondisi eksisting berada pada keadaan maksimum.

2. Organik Loading Rate

OLR merupakan beban organik atau nutrisi yang dibutuhkan mikroroganisme dalam proses perkembangbiakan. Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan nilai OLR tidak memenuhi kriteria desain yang ada. Hal ini menyebabkan nutrisi yang diperlukan mikroorganisme tidak cukup sehingga menyebabkan terganggunya proses degradasi polutan organik. Pada proses pengolahan air limbah diperlukan nilai OLR yang optimum karena tinggi rendah nilai OLR berpengaruh terhadap penyisihan beban organik.

3. Hidraulik Loading Rate

HLR merupakan kapasitas pengolahan per satuan volume atau per satuan luas permukaan reaktor. Beban hidraulik berpengaruh terhadap efisiensi oksidasi. Efisiensi oksidasi dipengaruhi oleh banyaknya jumlah biofilm yang tumbuh pada media. Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan nilai OLR sudah memenuhi baku mutu. Hal ini berarti biofilm yang terdapat pada media tidak mengalami pengelupasan atau penggerusan.

4. Waktu Detensi

Waktu detensi merupakan lamanya air limbah berada dalam tangki biofilter. Dari hasil analisis data dan pembahasan diketahui waktu detensi masih belum memenuhi kriteria desain. Rendahnya waktu detensi mempengaruhi terhadap proses penyisihan polutan organik.

5. Kebutuhan Oksigen

Oksigen dibutuhkan mikroorganisme dalam proses penyisihan polutan organik. Menurut Mutairi (1980), diperlukan minimal konsentrasi oksigen terlarut sebesar 2 mg/L untuk dapat menyisihkan polutan organik dan memiliki efisiensi lebih dari 70%. Sedangkan menurut Benefield dalam Harianto (1980) proses nitrifikasi akan berjalan apabila konsentrasi oksigen terlarut lebih dari 1 mg/l. Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan konsentrasi oksigen terlarut masih berada dibawah 1 mg/l sama dengan 0,24 kg/hari. Sedangkan hasil perhitungan oksigen terlarut yang dibutuhkan sebesar 3,3 kg/hari, oleh karena itu nilai oksigen terlarut pada kondisi eksisting masih sangat kecil dibandingkan dengan kebutuhan oksigen yang diperlukan.

5.5.3 Rekomendasi Pemecahan Masalah

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diketahui beberapa masalah yang disebabkan banyaknya faktor yang mempengaruhi. Hasil dari analisis tersebut selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam menetapkan pemecahan masalah yang terjadi. Berikut ini adalah rekomendasi

dalam menyelesaikan permasalahan yang ada, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kinerja biofilter aerobik.

1. Kapasitas Pengolahan

Hasil analisis data dan pembahasan menunjukkan kapasitas biofilter berada pada kondisi maksimum, sehingga perlu dilakukan kajian ulang terhadap desain bangunan.

2. *Hidroulic Loading Rate* (HLR)

Nilai HLR pada hasil pembahasan sudah memenuhi kriteria desain. Artinya pada proses pengolahan air limbah, laju penggerusan tidak terjadi. Sehingga biofilm yang terdapat pada tangki tidak terjadi penggerusan atau tidak terlepas dari media.

3. Waktu Detensi

Waktu detensi yang pendek berpengaruh terhadap kinerja biofilter. Hal ini menyebabkan waktu kontak air limbah dengan biofilm rendah sehingga proses penyisihan polutan organik tidak maksimal. Oleh karena itu dibutuhkan kajian ulang terhadap desain bangunan agar waktu detensi dapat terpenuhi. Waktu detensi berhubungan dengan kapasitas pengolahan, karena waktu detensi berpengaruh terhadap dimensi bangunan.

4. Kebutuhan Oksigen (O_2)

Pada kondisi lapangan konsentrasi oksigen terlarut masih sangat rendah yaitu rata-rata dibawah 1 mg/L. Oleh karena itu dibutuhkan tambahan blower atau pergantian blower dengan transfer oksigen sesuai dengan kebutuhan yaitu 3,3 kg/hari atau 151,6 m³/hari. Maka blower yang dapat digunakan untuk biofilter ini adalah jenis roots blower dengan spesifikasi dengan kapasitas debit udara 0,5 m³/menit. Keunggulannya yaitu efisiensi jumlah panas yang dihasilkan dari turbin angin berkurang. Lebih jelasnya blower dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. 8 Roots Blower

5.6 Perhitungan Mass Balance

5.6.1 Sumur Pengumpul

Diketahui data konsentrasi influen air limbah sebagai berikut:

BOD₅ :142 mg/L

:142 : 1000 kg/m³

:0,142 kg/m³

COD :288 mg/L

:288 : 1000 kg/m³

:0,288 kg/m³

TSS :139 mg/L

:139 : 1000 kg/m³

:0,139 kg/m³

Qaverage :1,52 L/s

:0,0015 m³/s x 86400 m³/hari

:131,06 m³/hari

Qmin :0,19 L/s

Qpeak :4,52 L/s

Beban Organik Influen Sumur Pengumpul

$$M_{BOD} = Q_{ave} \times BOD$$

$$= 131,06 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,142 \text{ kg/m}^3$$

$$= 19 \text{ kg/hari}$$

$$M_{COD} = Q_{ave} \times COD$$

$$= 131,06 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,288 \text{ kg/m}^3$$

$$= 38 \text{ kg/hari}$$

$$M_{TSS} = Q_{ave} \times TSS$$

$$= 131,06 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,139 \text{ kg/m}^3$$

$$= 18 \text{ kg/hari}$$

Beban Organik yang tersisihkan di sumur pengumpul

Diketahui:

$$\% \text{ penyisihan COD} : 27\%$$

$$\% \text{ penyisihan BOD} : 15\%$$

$$\% \text{ penyisihan TSS} : 0\%$$

$$M_{COD} : 27\% \times M_{COD}$$

$$: 27\% \times 37,8 \text{ kg/hari}$$

$$: 10 \text{ kg/hari}$$

$$M_{BOD} : 15\% \times M_{BOD}$$

$$: 15\% \times 18,6 \text{ kg/hari}$$

$$: 3 \text{ kg/hari}$$

$$M_{TSS} : 0$$

Pada kondisi lapangan, terdapat penambahan alum pada pipa efluen sumur pengumpul. Hal ini yang menyebabkan konsentrasi TSS menjadi besar, sehingga tidak ada penyisihan. Namun fungsi dari sumur pengumpul sendiri yaitu untuk mengumpulkan sementara air limbah yang masuk sebelum dialirkan ke pengolahan selanjutnya. Sehingga seharusnya tidak terjadi penyisihan polutan organik.

Beban Organik Efluen sumur pengumpul

Diketahui:

COD :210 mg/L
 :210 : 1000 kg/m³
 :0,210 kg/m³

BOD₅ :120 mg/L
 :120 : 1000 kg/m³
 :0,120 kg/m³

TSS :159 mg/L
 :159 : 1000 kg/m³
 :0,159 kg/m³

M COD :Qave x M COD
 :131,06 m³/hari x 0,210 kg/hari
 :28 kg/hari

M BOD :Qave x M BOD
 :131,06 m³/hari x 0,120 kg/hari
 :16 kg/hari

M TSS :Qave x M TSS
 : 31,06 m³/hari x 0,159 kg/hari
 :21 kg/hari

Fungsi dari perhitungan *mass balance* atau kesetimbangan massa yaitu agar dapat digunakan untuk menentukan kesesuaian hasil pengolahan. Prinsip dari kesetimbangan massa yaitu pada proses pengolahan air limbah, influen yang masuk kepengolahan akan sama dengan total influennya. Berikut rumus kesetimbangan massa.

$$dC_1V = QC_0dt - Vr dt - QC_1dt$$

Dimana:

dC_1V :Akumulasi

QC_0dt :Influen

$Vr dt$:Penurunan karena reaksi

QC_1dt :Efluen

Akumulasi dapat dihitung dengan cara influen-efluen.

Perhitungan kesetimbangan massa:

$$\begin{aligned} dC_1 V(\text{BOD}) &= QC_0 dt - V_r dt - QC_1 dt \\ &= 19 \text{ kg/hari} - 3 \text{ kg/hari} - 16 \text{ kg/hari} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dC_1 V(\text{COD}) &= QC_0 dt - V_r dt - QC_1 dt \\ &= 38 \text{ kg/hari} - 10 \text{ kg/hari} - 28 \text{ kg/hari} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dC_1 V(\text{TSS}) &= QC_0 dt - V_r dt - QC_1 dt \\ &= 18 \text{ kg/hari} - 0 - 21 \text{ kg/hari} \\ &= -3 \text{ kg/hari (Tidak setimbang)} \end{aligned}$$

5.6.2 Bak Ekualisasi

Diketahui data influen air limbah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{BOD}_5 &: 120 \text{ mg/L} \\ &: 120 : 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &: 0,120 \text{ kg/m}^3 \\ \text{COD} &: 210 \text{ mg/L} \\ &: 210 : 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &: 0,210 \text{ kg/m}^3 \\ \text{TSS} &: 159 \text{ mg/L} \\ &: 159 : 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &: 0,159 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Qave} &: 1,52 \text{ L/s} \\ &: 0,0015 \text{ m}^3/\text{s} \times 86400 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &: 131,06 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Qmin} &: 0,19 \text{ L/s} \\ \text{Qpeak} &: 4,52 \text{ L/s} \end{aligned}$$

Pada kondisi lapangan, terdapat penambahan alum pada pipa efluen sumur pengumpul. Efluen sumur pengumpul ini menjadi influen bak ekualisasi. Hal ini yang menyebabkan konsentrasi TSS menjadi besar, sehingga tidak ada penyisihan pada bak ekualisasi.

Beban Organik Influen Bak Ekualisasi

$$M_{BOD} = Q_{ave} \times BOD$$

$$= 131,06 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,120 \text{ kg/m}^3$$

$$= 15,8 \text{ kg/hari}$$

$$M_{COD} = Q_{ave} \times COD$$

$$= 131,06 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,210 \text{ kg/m}^3$$

$$= 27,5 \text{ kg/hari}$$

$$M_{TSS} = Q_{ave} \times TSS$$

$$= 131,06 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,159 \text{ kg/m}^3$$

$$= 21 \text{ kg/hari}$$

Beban Organik yang tersisihkan di bak ekualisasi

Diketahui:

% penyisihan COD :12%

% penyisihan BOD :9%

% penyisihan TSS :0%

M COD :12% x M COD

:12% x 27,5 kg/hari

:3,3 kg/hari

M BOD :9% x M BOD

:9% x 15,7 kg/hari

:1,4 kg/hari

M TSS :0

(Efuen TSS besar, tidak ada penyisihan)

Beban Organik Efluen Bak Ekualisasi

Diketahui:

COD :185 mg/L

:185 : 1000 kg/m³

$$\begin{aligned}
 &: 0,185 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{BOD}_5 &: 110 \text{ mg/L} \\
 &: 110 : 1000 \text{ kg/m}^3 \\
 &: 0,110 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{TSS} &: 258 \text{ mg/L} \\
 &: 258 : 1000 \text{ kg/m}^3 \\
 &: 0,258 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{M COD} &: Q_{\text{ave}} \times \text{M COD} \\
 &: 131,06 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,185 \text{ kg/hari} \\
 &: 24,2 \text{ kg/hari} \\
 \text{M BOD} &: Q_{\text{ave}} \times \text{M BOD} \\
 &: 131,06 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,110 \text{ kg/hari} \\
 &: 14,4 \text{ kg/hari} \\
 \text{M TSS} &: Q_{\text{ave}} \times \text{M TSS} \\
 &: 131,06 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,258 \text{ kg/hari} \\
 &: 34 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kesetimbangan massa:

$$\begin{aligned}
 dC_1 V(\text{BOD}) &= QC_0 dt - V r dt - QC_1 dt \\
 &= 15,8 \text{ kg/hari} - 1,4 \text{ kg/hari} - 14,4 \text{ kg/hari} \\
 &= 0 \text{ kg/hari} \\
 dC_1 V(\text{COD}) &= QC_0 dt - V r dt - QC_1 dt \\
 &= 27,5 \text{ kg/hari} - 3,3 \text{ kg/hari} - 24,2 \text{ kg/hari} \\
 &= 0 \text{ kg/hari} \\
 dC_1 V(\text{TSS}) &= QC_0 dt - V r dt - QC_1 dt \\
 &= 21 \text{ kg/hari} - 0 - 34 \text{ kg/hari} \\
 &= -13 \text{ kg/hari} \quad (\text{Tidak setimbang terjadi penambahan konsentrasi TSS}).
 \end{aligned}$$

5.6.3 Biofilter Aerobik

Diketahui data influen air limbah sebagai berikut:

$$\text{BOD}_5 : 75 \text{ mg/L}$$

$:75 : 1000 \text{ kg/m}^3$
 $:0,075 \text{ kg/m}^3$
 COD $:185 \text{ mg/L}$
 $:185 : 1000 \text{ kg/m}^3$
 $:0,185 \text{ kg/m}^3$
 TSS $:258 \text{ mg/L}$
 $:258 : 1000 \text{ kg/m}^3$
 $:0,258 \text{ kg/m}^3$
 Qave $:10 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $:10 \text{ m}^3/\text{hari} \times 24 \text{ jam}$
 $:240 \text{ m}^3/\text{hari}$

Beban Organik Influen Biofilter Aerobik

$$\begin{aligned}
 M_{BOD} &= Q_{ave} \times BOD \\
 &= 240 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,075 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 18 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{COD} &= Q_{ave} \times COD \\
 &= 240 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,185 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 44,4 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{TSS} &= Q_{ave} \times TSS \\
 &= 240 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,258 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 61,9 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Beban Organik yang tersisihkan di Biofilter Aerobik

Diketahui:

% penyisihan COD $:33\%$
 % penyisihan BOD $:47\%$
 % penyisihan TSS $:31\%$

$$\begin{aligned}
 M_{COD} &:33\% \times M_{COD} \\
 &:33\% \times 44 \text{ kg/hari} \\
 &:14,65 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$M_{BOD} :47\% \times M_{BOD}$$

:47% x 18 kg/hari

:8,46 kg/hari

M TSS :31% x M TSS
:31% x 62 kg/hari
:19,2 kg/hari

Beban Organik Efluen Biofilter Aerobik

Diketahui:

COD :123 mg/L
:123 : 1000 kg/m³
:0,123 kg/m³

BOD₅ :40 mg/L
:40 : 1000 kg/m³
:0,04 kg/m³

TSS :178 mg/L
:178 : 1000 kg/m³
:0,178 kg/m³

M COD :Qave x M COD
:240 m³/hari x 0,123 kg/hari
:29,75 kg/hari

M BOD :Qave x M BOD
:240 m³/hari x 0,04 kg/hari
:9,54 kg/hari

M TSS :Qave x M TSS
:240 m³/hari x 0,178 kg/hari
:42,7 kg/hari

Perhitungan kesetimbangan massa:

$dC_1 V(\text{BOD}) = Q C_0 dt - V r dt - Q C_1 dt$
= 18 kg/hari – 8,46 kg/hari – 9,54 kg/hari
= 0 kg/hari

$dC_1 V(\text{COD}) = Q C_0 dt - V r dt - Q C_1 dt$

$$= 44,4 \text{ kg/hari} - 14,65 \text{ kg/hari} - 29,75 \text{ kg/hari}$$

$$= 0 \text{ kg/hari}$$

$$dC_1V(\text{TSS}) = QC_0dt - Vrdt - QC_1dt$$

$$= 61,9 \text{ kg/hari} - 19,2 \text{ kg/hari} - 42,7 \text{ kg/hari}$$

$$= 0 \text{ kg/hari}$$

Pengaruh tidak setimbangnya beban yang masuk dan beban yang keluar, akan berdampak pada sistem kinerja pengolahan air limbah. Berdasarkan hasil perhitungan *mass balance* diatas, diketahui beban yang masuk sama dengan beban yang keluar. Artinya, proses yang masuk dan yang keluar masih dalam keadaan steady state (tetap).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian kinerja yang telah dilakukan di RSUD Dr. M. Soewandhie Surabaya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Kinerja IPAL RSUD Dr. M. Soewandhie Surabaya, kurang efektif karena efluen yang dihasilkan belum memenuhi baku mutu sesuai dengan Pergub Jatim No 72 Tahun 2013.
2. Berdasarkan hasil evaluasi bangunan IPAL, diperoleh hasil sebagai berikut:
 - a. Karakteristik air limbah menunjukkan pH yang masih berada pada kisaran pH optimum bagi pertumbuhan bakteri yaitu 6-8.
 - b. Kinerja bak ekualisasi kurang maksimal, terlihat dari kurang homogennya kualitas air limbah setelah masuk bak ekualisasi.
 - c. Penambahan alum (tawas) dan kondisi aliran yang turbulen menyebabkan flok-flok yang terbentuk menyebabkan kandungan TSS lebih besar.
 - d. Penambahan alum bersifat toksik terhadap mikroorganisme (biofilm) bahkan konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan kematian, sehingga dapat mengganggu kinerja biofilter.
 - e. Kondisi eksisting bangunan biofilter berada pada kondisi maksimum.

6.2 Saran

1. Perlu ditambahkan mixer pada bak ekualisasi yang memiliki panjang kedalaman 1/2-2/3 dari kedalaman sebagai pemerataan beban air limbah, sehingga kualitas efluen lebih stabil dan konstan (homogen). Mixer jenis

axial flow impeller baik digunakan karena memiliki jangkauan lebih luas.

2. Perlu dilakukan penggantian blower dengan kapasitas transfer oksigen 3,3 kg/hari. Jenis blower ini yaitu Roots Blower.
3. Menghentikan penambahan alum agar kinerja pengolahan biologis dapat maksimal.
4. Perlu ditambahkan Standar Operasional Perusahaan (SOP).
5. Diperlukan penambahan bangunan pengolahan lanjutan jika rekomendasi saran penggantian blower dan penambahan mixer sudah dilakukan, namun kondisi efluen masih belum memenuhi baku mutu. Penambahan menggunakan biofilter aerobik dengan media kerikil. Biofilter ini mempunyai efisiensi pengolahan sebesar 90%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2013. Badan Lingkungan Hidup. Surabaya.
- Anonim. 2013. Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur Nomor 61 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit di Jawa Timur.
- Anonim. 2013. Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit di Jawa Timur.
- Anonim. 2010. Peraturan Menteri Kesehatan RI tentang Klasifikasi rumah sakit. Jakarta.
- Anonim. 2004. Air dan Air Limbah. SNI 06-6989.14-2004. Badan Standar Nasional, Jakarta.
- Anonim. 2004. Air dan Air Limbah. SNI 06-6989.11-2004. Badan Standar Nasional, Jakarta.
- Anonim. 2004. Air dan Air Limbah. SNI 06-6989.3-2004. Badan Standar Nasional, Jakarta.
- Anonim. 2009. Air dan Air Limbah. SNI 06-6989.72-2004. Badan Standar Nasional, Jakarta.
- Anonim. 2009. Air dan Air Limbah. SNI 06-6989.73-2004. Badan Standar Nasional, Jakarta.
- Anwari, F., Muslim, R, G., Hadi, A., Mirwan, A. 2011. Studi Penurunan Kadar BOD, COD TSS dan pH Limbah Pabrik Tahu Menggunakan Metode Aerasi Bertingkat. *Prestasi*. Vol. 1 No.1

- Arfan, H.H., Zubair, A., Alpryono. 2012. Studi Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUP. Dr. Wahidin Sudirohusodo. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil*.
- Cabrera, G., Ramirez, M., Cantero, D. 2011. Biofilter. Spain: University of Cadiz
- Cheng, H., Lin, H., Huo, H., Dong, Yingbo., Xue, Q., Cao, Lixia. 2012. *Continuous removal of ore floatation reagents by an anaerobic-aerobic biological filter. Jurnal of Bioresource Technology*. 255–261
- Eddy and Metcalf. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. China: McGraw-Hill Companies Inc.
- EPA (1974a) *Process design manual for sludge treatment and disposal*. U.S. Environmental Protection Agency Technology Transfer Series EPA 625/1-71-006.
- Filliazati, M., Apriani, I., Zaha, A.T. 2013. Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bio-Ball dan Tanaman Kiambang. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura: Pontianak.
- Gautam, A.K., Kumar, S., Sabumon, P.C., 2007. *Preliminary Study Of Physico-Chemical Treatment Options For Hospital Wastewater. Journal of Environmental Management*. 83, 298–306.
- Gossett J. M., Wilson, J. C., Evans, D.S., McCarty, P.L. 1978. *Anaerobic digestion of sludge from chemical treatment*. Control Fed. Vol: 50. 533-542.
- Goodson, L. H., Jacobs, W. B. D., Davis, A. W. 1973. *An immobilized cholinesterase product for use in the rapid*

detection of enzym inhibitors in air or water. Jurnal of Analyt Biochemical. Vo. 51. 362-367.

Herlambang, A dan R. Marsidi. 2003. Proses Denitrifikasi dengan Sistem Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Nitrat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*; Vol. 4 No. 1: 46-55

Jolibois, B., Guerbet, M., 2005. *Hospital Wastewater Genotoxicity. Annals of Occupational Hygiene Advance. Annals of Occupational Hygiene.* 10,1093.

Lestari, D. E. Utomo, S.B., Sunarko, V. 2008. Pengaruh Penambahan Biosida Pengoksidasi Terhadap Kandungan Klorin untuk Pengendalian Pertumbuhan Mikroorganisme pada Air Pendingin Sekunder RSG-GAS. Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN. Kawasan Puspitek Serpong. Tangerang, Banten.

Lestari, W. P. 2008. Perbedaan EM-4 dan Starbio dalam Menurunkan Kadar TSS dan TDS Limbah Cair Batik Brotojoyo di Desa Karangpilang, Kecamatan Masaran Kabupaten Sragen. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Liu, F., Zhao, C.C., Zhao, D.F., Liu, G.H., 2008. *Tertiary treatment of textile wastewater with combined media biological aerated filter (CMBAF) at different hydraulic loadings and dissolved oxygen concentrations. Jurnal of Hazard Mater.* Vol. 160, 161–167.

Liu, Q., Zhou, Y., Chen, L., Zheng, X. 2010. *Application of MBR for Hospital Wastewater Treatment in China. Jurnal of Desalination.* 250: 605-608.

- Liu, X.D., Yang, Z.S., Zhang, J., 2002. *A study on sewage treatment with anoxic-aerobic aerated integrative biological filter. Jurnal of Environmental*. Vol. 28: p. 14–17.
- Mutairi, A. N.Z. 2006. *Coagulant toxicity and effectiveness in a slaughterhouse wastewater treatment plant. Jurnal of Ecotoxicology and Environmental Safety*. 74 – 83
- Nasution, M. I. 2008. Penentuan Jumlah Amoniak dan Total Padatan Tersuspensi pada Pengolahan Air Limbah PT. Bridgestone Sumatera Rubber Estate Dolok Merangir. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Nurdijanto, S. A., Purwanto., dan Sasongko, S.B, 2011. Rancang Bangun dan Rekayasa Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit. *Jurnal Ilmu Lingkungan* Vol. 9 No.1.
- Nurdjannah, S., Moesritasi, A. 2005. Optimalisasi Pembubuhna Gas Klor di Instalasi Penjernih Ngagel II PDAM Kota Surabaya. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi I. Program Studi Magister Manajemen Teknologi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Qasim, Syed. R. 1985. *Wastewater treatment plants*. Canada: CBS College publishing.
- Said, N. 2005. Aplikasi Bioball Untuk Media Biofilter Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jeans. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT). Jurnal: Vol 1 No.1
- Said, N dan Wahjono, H.D, 1999. Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob. Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan

Limbah Cair. Jakarta: Direktorat Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.

Said, N. 2000. Teknologi Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilm Tercelup. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Vol.1 No.2: 101-113.

Sasse, L. 1998. *Dewats: Decantralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. Delhi: Borda.

Setiarini, W.D., Mangkoedihardjo, S. 2013. Penurunan BOD dan COD pada Air Limbah Katering Menggunakan Konstruksi *Subsurface-Flow Wetland* dan Biofilter dengan Tumbuhan Kana (*Canna indica*). *Jurnal Sains dan Seni POMITS*. Vol. 2 No.1: 2337-3520.

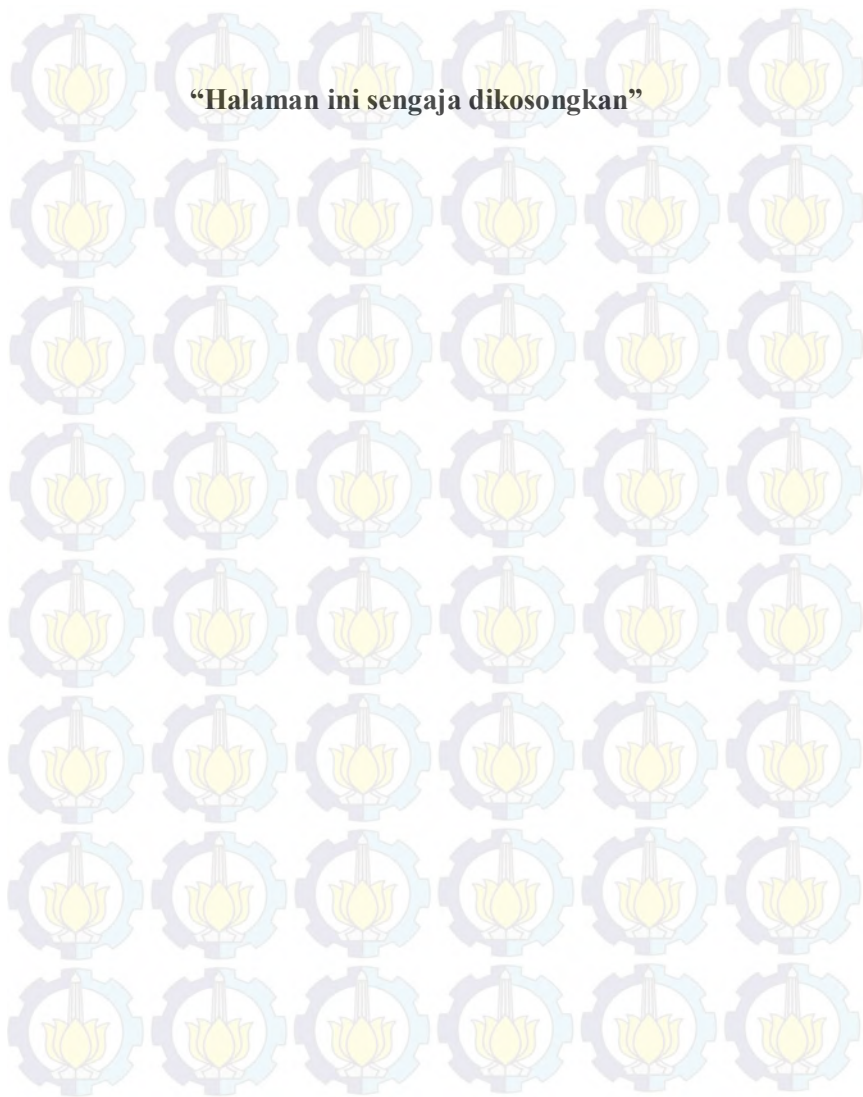
Sugito. 2007. Aplikasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Biofilter untuk Menurunkan Kandungan Pencemar BOD, COD dan TSS di Rumah Sakir Bunda Surabaya. Program Studi Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. ISBN No. 978-070-18342-0-9.

Sururi, R. M., Rachmawati, S.Dj., Sholichah, M. 2008. Perbandingan Efektifitas Klor dan Ozon Sebagai Desinfektan pada Sampel Air dari Unit Filtrasi Instalasi PDAM Kota Bandung. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008 Universitas Lampung*.

Sawyer, C.N., McCarty, P.L., dan Parkin, G.F. 2003. *Chemistry For Enviromental Engineering and Sciences Fifth Edition*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.

Wijeyekoon, S., Mino, T., Satoh, H., dan Matsuo, T. 2000. *Growth and novel structural features of tubular biofilms*. *Journal water science and technology*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN A DATA PENELITIAN

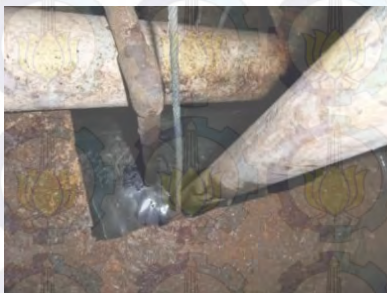
A.1 Kualitas Influen Bak Ekualisasi

Hari	Waktu	Tanggal	COD	BOD
Jumat	11.00	04/04/2014	172	62
Hari	11.00	07/04/2014	148	50
Selasa	11.00	08/04/2014	150	38
Hari	11.00	10/04/2014	284	48
Jumat	11.00	11/04/2014	266	87
Hari	11.00	12/04/2014	233	110
Minggu	11.00	13/04/2014	150	34

A.2 Kualitas Influen Bak Ekualisasi

Hari	Waktu	Tanggal	COD	BOD	TSS	DO
Selasa Pagi	09.00	15/04/2014	251,1	102,9	62,0	3,7
Selasa Siang	13.00		138,2	118,8	266,0	2,2
Selasa Sore	17.00		165,0	199,9	110,0	0,0
Kamis Pagi	09.00	17/04/2014	258,5	12,2	88,0	0,0
Kamis Siang	13.00		201,3	48,0	112,0	0,0
Kamis Sore	17.00		147,7	88,3	140,0	0,0
Minggu Pagi	09.00	20/04/2014	220,5	87,9	160,0	0,0
Minggu Siang	13.00		177,2	24,2	140,0	0,0
Minggu Sore	17.00		189,1	171,5	96,0	0,0

LAMPIRAN B
DOKUMENTASI PENELITIAN





LAMPIRAN C

PROSEDUR ANALISIS BOD

Alat

- Botol winkler 300 ml
- Botol winkler 150 ml
- Inkubator suhu 20°C
- Labu pengencer 500 ml
- Pipet volumetrik 10 ml dan 5 ml
- Gelas ukur 100 ml
- Erlenmeyer 250 ml
- Buret

Pembuatan Air Pengencer untuk 1L

- Ambil air PDAM 1L
- Tambahkan 1 ml larutan buffer fosfat
- Tambahkan 1 ml larutan manganisium sulfat
- Tambahkan 1 ml larutan kalium klorida
- Tambahkan 1 ml larutan feri klorida
- Aerasi larutan pengencer minimal 2 jam

Prosedur Percobaan

- Menentukan Pengenceran KMnO_4
$$P = \frac{\text{Angka KMnO}_4}{3 \text{ atau } 5}$$
- Siapkan 1 buah labu pengencer 500 ml, lalu tuang sampel (ml) sesuai dengan perhitungan pengenceran, tambahkan air pengencer sampai batas labu.
- Siapkan 2 buah botol winkler 300 ml dan 150 ml
- Tuang sampel yang berada pada labu pengencer ke dalam botol winkler 300 ml dan 150 ml.
- Pembuatan blanko, dengan cara menuangkan air pengencer pada botol winkler 300 ml dan 150 ml.
- Masukkan kedua botol winkler 300 ml (sampel dan blanko) ke dalam inkubator 20°C selama 5 hari.

- Kedua botol winkler 150 ml (sampel dan blanko) dinalisis oksigen terlarutnya dengan cara sebagai berikut.
 - Tambahkan 1 ml larutan MnSO_4
 - Tambahkan 1 ml larutan pereaksi oksigen
 - Balik-balikan botol beberapa kali.
 - Biarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit.
 - Tambahlan 1 ml H_2SO_4 pekat, lalu tutup dan balik-balikan botol.
 - Tuangkan 100 ml larutan ke dalam erlenmeyer 250 ml
 - Tambahkan 3-4 tetes indikator amilum, lalu titrasi dengan natrium thiosulfat hingga warna menjadi bening.
- Setelah 5 hari, analisis kedua botol winkler 300 ml (sampel dan blanko) dengan analisis oksigen terlarut.
- Hitung Oksigen Terlarut dan BOD dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{OT (mg O}_2\text{/L)} = \frac{a \times N \times 8000}{100 \text{ ml}}$$

$$\text{BOD}_5^{20} \text{ (mg/L)} = \frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)] \times (1 - P)}{P}$$

$$P = \frac{\text{mL sampel}}{\text{Volume Hasil Pengenceran}}$$

Keterangan:

X_0 :Oksigen terlarut sampel $t = 0$

X_5 :Oksigen terlarut sampel $t = 5$

B_0 :Oksigen terlarut blanko $t = 0$

B_5 :Oksigen terlarut blanko $t = 5$

P :Derajat pengenceran

LAMPIRAN D

PROSEDUR ANALISIS PV

Alat

- Pemanas listrik
- Buret 25 ml
- Erlenmeyer 250 ml
- Gelas ukur
- Pipet volumetrik 10 ml dan 1 ml
- Gelas ukur

Prosedur Percobaan

- Tuang sampel air sebanyak 100 ml dengan gelas ukur
- Tambahkan 2,5 ml asam sulfat bebas organik
- Tambahkan beberapa tetes larutan kalium permanganat (KMnO_4) 0,01 N hingga terjadi warna merah mudah.
- Panaskan selama 1 menit
- Tambahkan 10 ml KMnO_4 , lalu panaskan hingga mendidih selama 10 menit.
- Tambahkan 1 ml asam oksalat.
- Titrasikan dengan KMnO_4 hingga warna merah muda.
- Hitung nilai KMnO_4 dengan rumus berikut.

LAMPIRAN E

PROSEDUR ANALISIS TSS

Alat

- Timbangan analitik
- Vacum filter
- Desikator
- Oven
- Cawan petri
- Kertas saring

Prosedur Percobaan

- Panaskan kertas saring kedalam oven 150°C selama 1 jam.
- Masukkan desikator selama 15 menit, lalu timbang (a gr)
- Ambil sampel 25 ml, lalu tuang ke dalam vacum filter. Selanjutnya masukkan kertas saring yang telah di vacum kedalam oven selama 1 jam.
- Masukkan kertas saring ke dalam desikator selama 15 menit, lalu timbang (b gr).
- Hitung TSS dengan rumus berikut.

$$\text{TSS (mg/L)} : \frac{(b-a) \times 1000.000}{25 \text{ ml}}$$

Keterangan:

- a : berat kertas saring setelah dioven
 b : berat kertas saring + residu setelah dioven

LAMPIRAN F

PROSEDUR ANALISIS COD

Alat

- Pemanas listrik
- Tabung reaksi beserta tutupnya
- Rak tabung reaksi
- Pipet volumetrik
- Erlenmeyer 100 ml
- Buret
- Gelas beker
- Spatula

Prosedur Percobaan

- Masukkan 1 spatula kristal Hg_2SO_4 kedalam tabung reaksi.
 - Tuangkan 2,5 ml sampel, dan 2,5 ml aquades sebagai blanko kedalam tabung reaksi.
 - Tambahkan 1,5 ml larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,1 N
 - Tambahkan 3,5 ml larutan campuran H_2SO_4 dan Ag_2SO_4
 - Dinginkan sampel dan blanko, lalu panaskan dipermukaan pemanas listrik selama 2 jam
 - Dinginkan sampel dan blanko, kemudian tuang kedalam erlenmeyer.
 - Tambahkan 1-2 tetes indikator ferroin
 - Titrasi dengan Larutan standar ferro amonium sulfat (FAS) 0,05 N hingga warna menjadi merah-coklat.
- Hitung konsentrasi COD dengan rumus berikut.

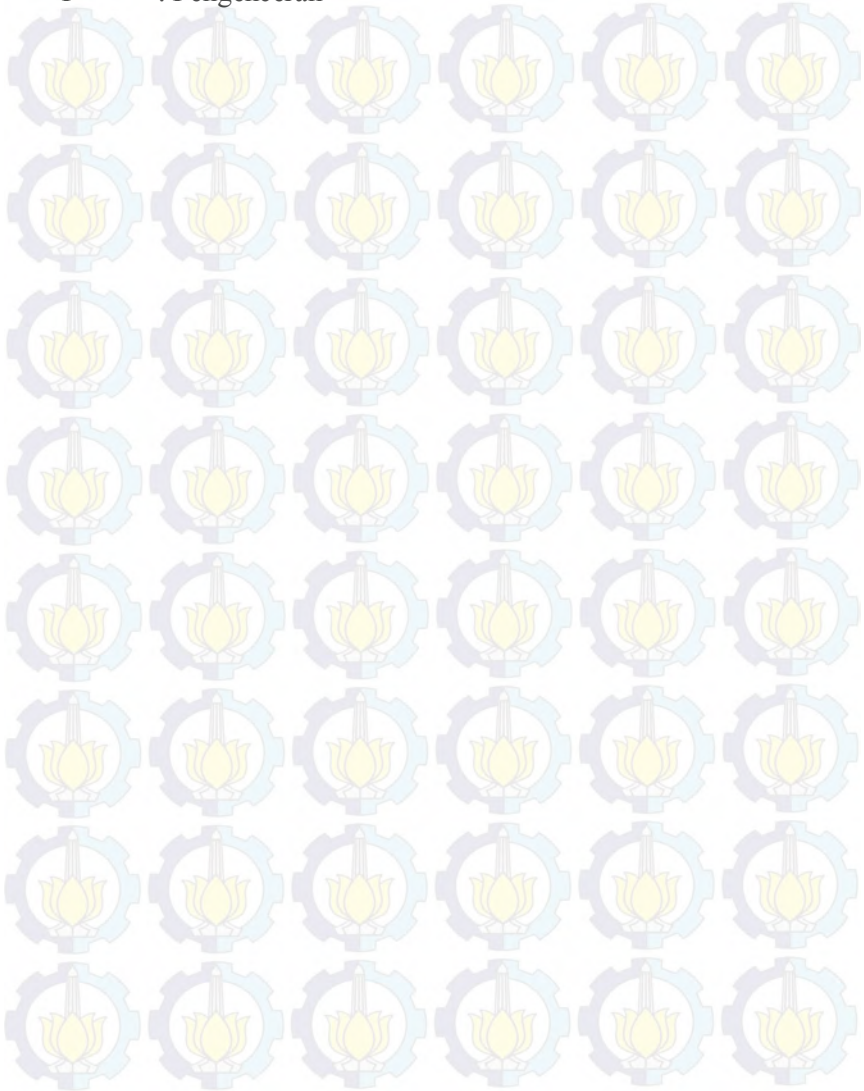
$$\text{COD (mg/L)} = \frac{(a-b) \times N \times 8000}{\text{Volume Sampel}} \times f \times p$$

Keterangan:

- a : ml FAS titrasi blanko
 b : ml FAS titrasi sampel
 n : Normalitas larutan FAS

f : Faktor (3: titran blanko kedua)

P : Pengenceran



LAMPIRAN G

PROSEDUR ANALISIS DO

Alat

- Botol winkler 150 ml
- Pipet volumetrik 10 ml dan 5 ml
- Gelas ukur 100 ml
- Erlenmeyer 250 ml
- Buret

Prosedur Percobaan

- Tuang sampel kedalam botol winkler 150 ml hingga tumpah.
- Tambahkan 1 ml larutan MnSO_4 .
- Tambahkan 1 ml larutan pereaksi oksigen.
- Balik-balikan botol beberapa kali.
- Biarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit.
- Tambahkan 1 ml H_2SO_4 pekat, lalu tutup dan balik-balikan botol.
- Tuangkan 100 ml larutan ke dalam erlenmeyer 250 ml.
- Tambahkan 3-4 tetes indikator amilum, lalu titrasi dengan natrium thiosulfat hingga warna menjadi bening.
- Hitung Oksigen Terlarut dan BOD dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{OT (mg O}_2\text{/L)} = \frac{a \times N \times 8000}{100 \text{ ml}}$$

Keterangan:

- a : ml titrasi sampel
 n : Normalitas larutan natrium thiosulfat

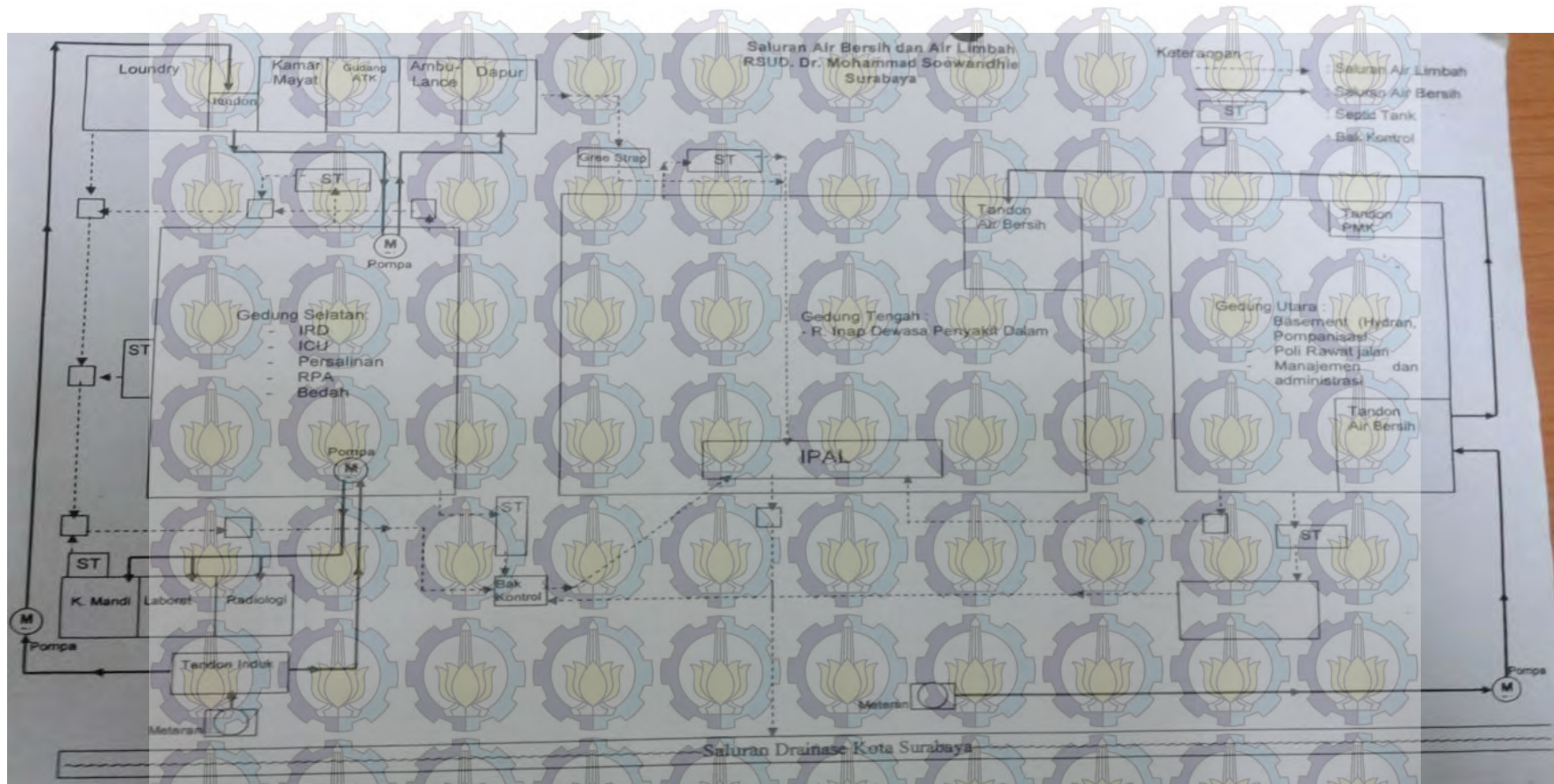
LAMPIRAN H

BAKU MUTU LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT PERGUB JATIM NO. 72 TAHUN 2013

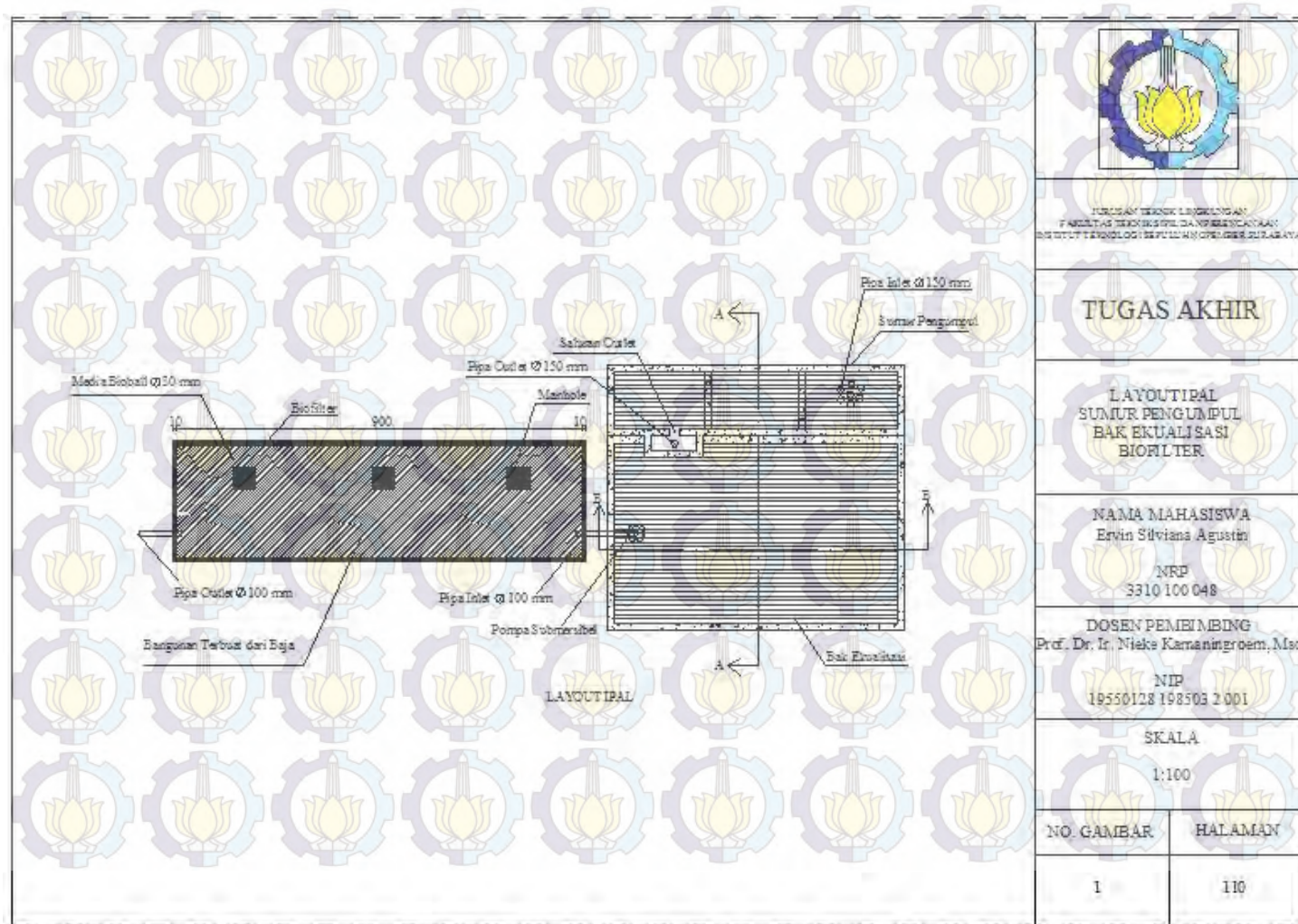
Baku Mutu Limbah Cair untuk Kegiatan Rumah Sakit Volume limbah Cair Maksimum 500 L/(orang.hari)	
Parameter	Kadar Maksimum
Suhu	30 °C
pH	06-Sep
BOD ₅	30 mg/L
COD	80 mg/L
TSS	30 mg/L
NH ₃ -N bebas	0,1 mg/L
PO ₄	2 mg/L
MPN-kuman golongan coli/100 mL	10.000

LAMPIRAN I

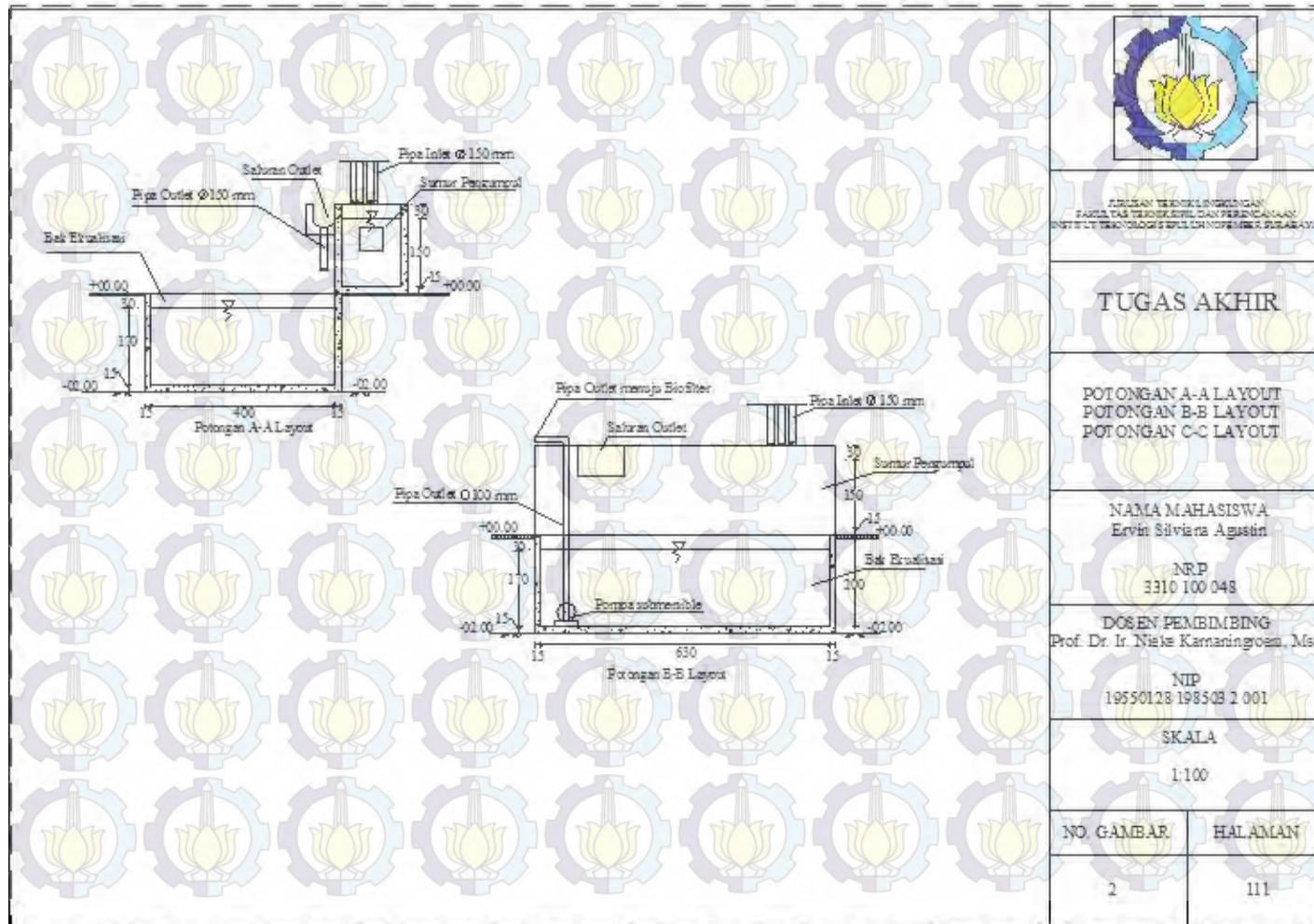
LAYOUT SALURAN AIR BERSIH DAN AIR LIMBAH RSUD DR. M. SOEWANDHIE SURABAYA



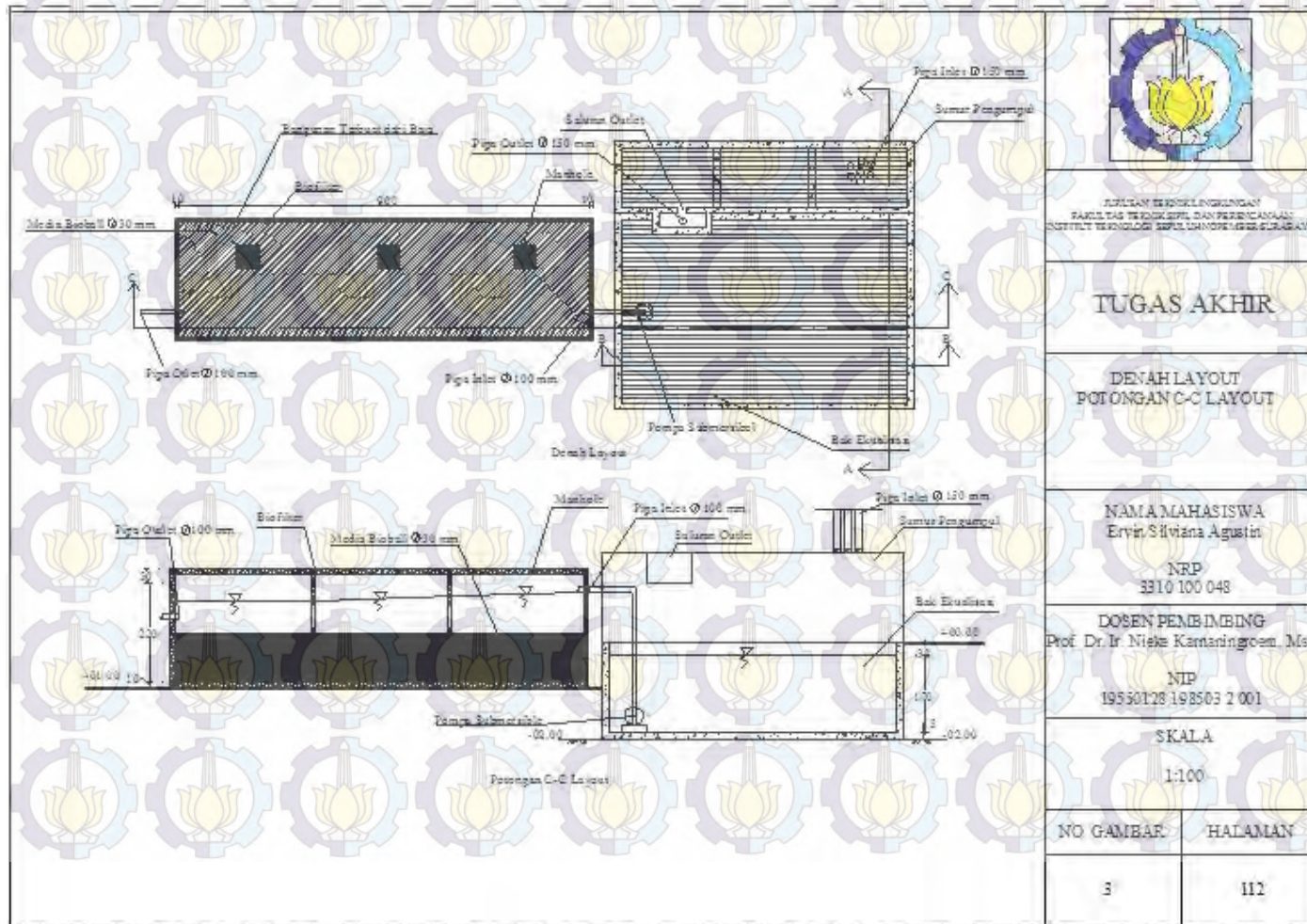
LAMPIRAN J
LAYOUT INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH RSUD DR. M. SOEWANDHIE SURABAYA



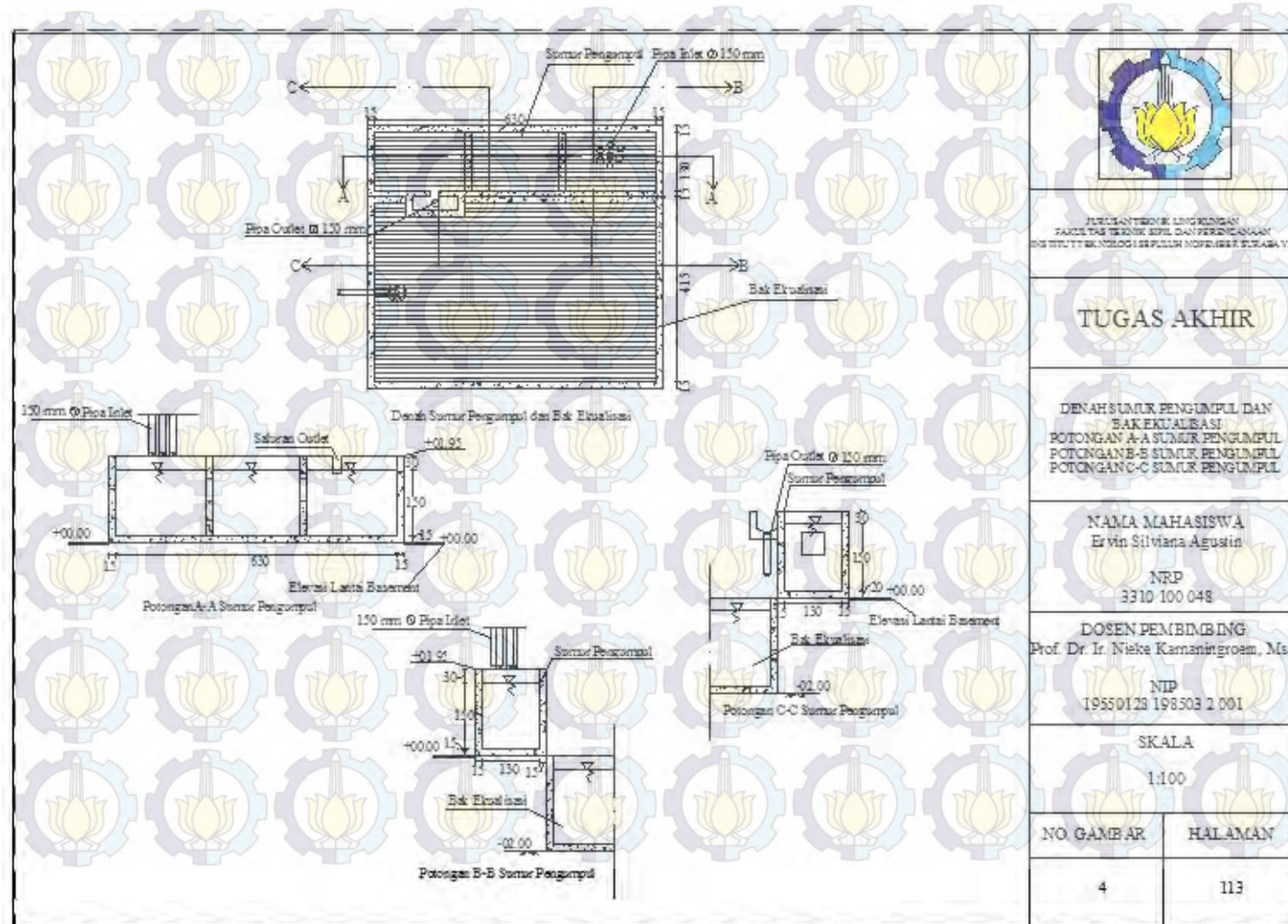
LAMPIRAN K
POTONGAN A-A DAN B-B LAYOUT



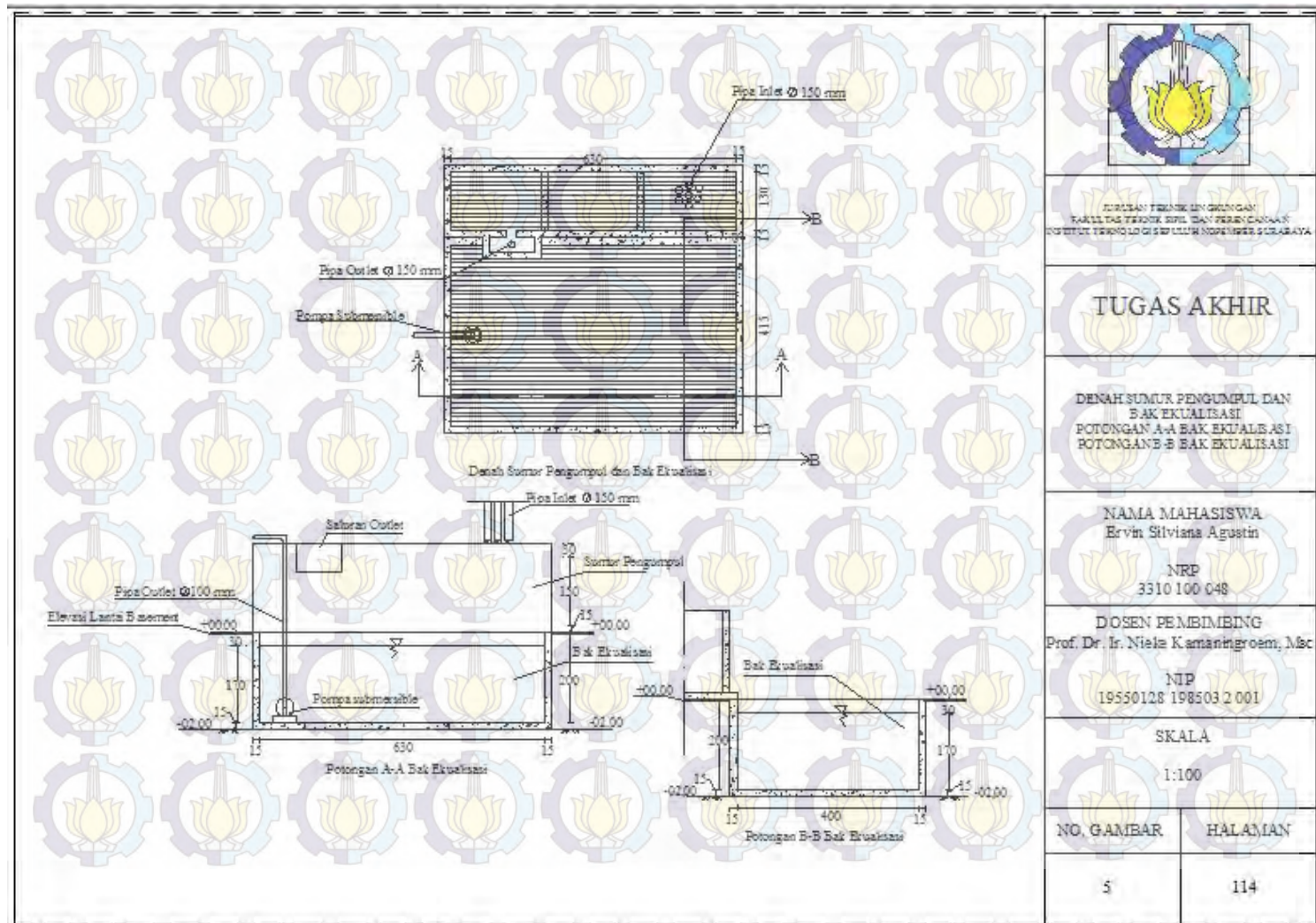
LAMPIRAN L
DENAH DAN POTONGAN C-C LAYOUT



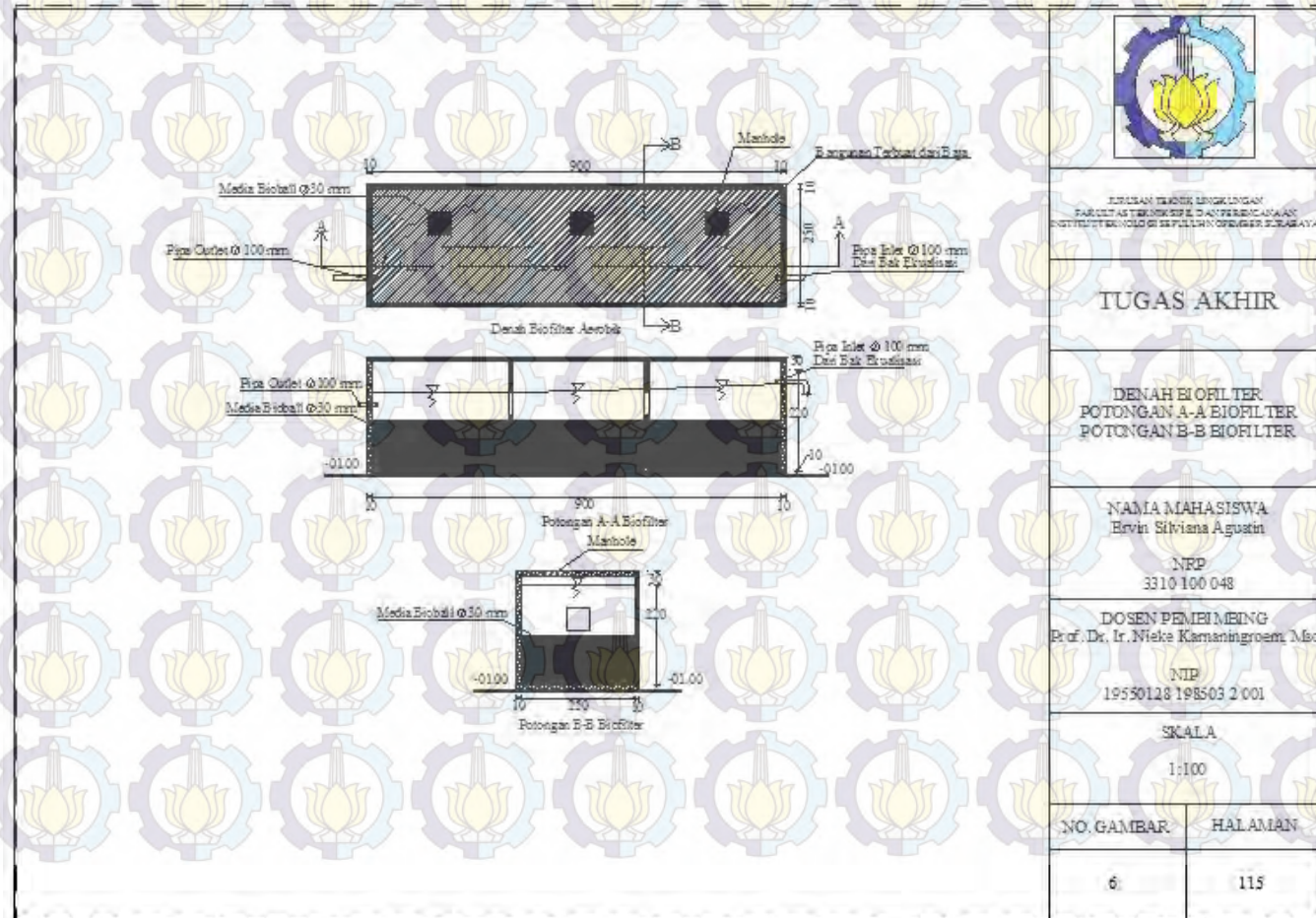
LAMPIRAN M
DENAH DAN POTONGAN SUMUR PENGUMPUL



LAMPIRAN N
DENAH DAN POTONGAN BAK EKUALISASI



LAMPIRAN O
DENAH DAN POTONGAN BIOFILTER



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DENAH BIOFILTER
POTONGAN A-A BIOFILTER
POTONGAN B-B BIOFILTER

NAMA MAHASISWA
Ervin Silviana Agustini

NRP
3310100048

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Niek Kemaningroem, MSc

NIP
195501281985032001

SKALA

1:100

RIWAYAT PENULIS



Penulis dilahirkan di Banyuwangi, 24 Agustus 1991, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Bayangkari Genteng dan melanjutkan di SDN 05 Genteng. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan SMP di SMPN 1 Genteng Serta melanjutkan pendidikan di SMAN 1

Genteng. Pada tahun 2010 penulis lulus SMA dan diterima di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS melalui jalur PMDK beasiswa Bidik Misi dengan NRP 3310100048. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di Pertamina Hulu Energi West Madura Offshore Gresik selama dua bulan. Penulis juga sempat aktif dalam kegiatan organisasi tingkat Jurusan maupun Institut. Penulis pernah menjabat sebagai Ketua Divisi di Komunitas Pecinta dan Pemerhati Lingkungan (KPPL) periode 2012-2013. Penulis juga telah mengikuti pelatihan ISO 14001 dan beberapa kegiatan yang diadakan oleh HMTL. Kritik dan saran dapat dikirim melalui e-mail penulis dengan alamat ervin.silviana@yahoo.com.