



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PENANGGULANGAN RISIKO PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) KAWASAN  
INDUSTRI PIER**

FAUZIAH RAYA SHINTA  
0321154000074

DOSEN PEMBIMBING:  
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019





TUGAS AKHIR – RE 184804

**PENANGGULANGAN RISIKO PENGOLAHAN AIR  
LIMBAH INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)  
KAWASAN INDUSTRI PIER**

FAUZIAH RAYA SHINTA  
0321154000074

DOSEN PEMBIMBING:  
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya, 2019





FINAL PROJECT - RE 184804

## **RISK REDUCTION OF WASTEWATER TREATMENT PLANT IN PIER INDUSTRIAL AREA**

FAUZIAH RAYA SHINTA  
0321154000074

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

Department of Environmental Engineering  
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya, 2019







# **PENANGGULANGAN RISIKO PENGOLAHAN AIR LIMBAH INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) KAWASAN INDUSTRI PIER**

Nama Mahasiswa : Fauziah Raya Shinta  
NRP : 0321154000074  
Departemen : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,  
M.Sc.

## **ABSTRAK**

Provinsi Jawa Timur pada triwulan I tahun 2018 mengalami peningkatan perekonomian sebesar 5,5% dibandingkan dengan triwulan I tahun 2017. Hal ini didukung oleh bertambahnya jumlah industri di Jawa Timur. Salah satu bentuk nyata perkembangan tersebut adalah bertambahnya jumlah perusahaan yang bergabung pada kawasan industri Pasuruan Industrial Estate Rembang (PIER). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi masalah pada pengolahan air limbah IPAL PIER dengan menggunakan metode *fishbone analysis*, menentukan prioritas kegagalan pada pengolahan air limbah IPAL PIER dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dan memberikan rekomendasi penanganan risiko.

Data sekunder yang digunakan adalah data kinerja pengolahan air limbah baik bulanan maupun harian serta debit air limbah yang masuk dan keluar. Data primer berasal dari *sampling* yang dilakukan pada setiap unit pengolahan air limbah dan data hasil kuesioner melalui wawancara langsung dengan pemegang kebijakan serta operator IPAL. Dari kedua data tersebut kemudian dilakukan analisis risiko yang timbul dengan menggunakan diagram *fishbone analysis*.

Dari hasil *fishbone analysis* didapatkan bahwa aspek utama risiko yang ditimbulkan pada pengolahan air limbah IPAL PIER adalah sumber daya manusia, perawatan dan pengoperasian IPAL, dan kinerja unit IPAL. Risiko utama tersebut kemudian digunakan dalam penilaian risiko untuk penentuan prioritas penanganan menggunakan metode FMEA. Berdasarkan hasil penilaian FMEA didapatkan bahwa RPN nilai tertinggi adalah 125. Pada pengolahan air limbah IPAL PIER risiko tertinggi tersebut adalah pencatatan harian yang tidak teratur, evaluasi kinerja air limbah, kerusakan scrapper pada unit *secondary settling tank*, dan aliran turbulen pada bak pengendap pertama. Untuk nilai tertinggi kedua yaitu sebesar 100

terdapat pada risiko pengolahan air limbah yaitu pada tingkat kemudahan akses dan kontrol untuk SOP dan sampah yang sering masuk pada inlet saluran IPAL. Keenam hal tersebut adalah risiko yang harus segera ditangani, sebab dapat mengakibatkan proses yang terjadi pada IPAL bermasalah baik pada proses maupun efluen yang dikeluarkan.

**Kata Kunci : Air Limbah Industri, Analisis Risiko, *Fishbone Analysis*, FMEA, Kawasan Industri**

# **RISK MANAGEMENT OF WASTEWATER TREATMENT IN WASTEWATER TREATMENT PLANT IN PIER INDUSTRIAL AREA**

Student Name : Fauziah Raya Shinta  
NRP : 0321154000074  
Department : Environmental Engineering  
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

## **ABSTRACT**

East Java Province in the first quarter of 2018 experienced an economic increase of 5.5% compared to the first quarter of 2017. This was supported by the increasing number of industries in East Java. One concrete form of this development is the increasing number of companies joining the industrial area of Pasuruan Industrial Estate Rembang (PIER). This study aims to identify problems in IPAL PIER wastewater treatment using the fishbone analysis method, determine the priority of failure in IPAL PIER wastewater treatment using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method, and provide risk management recommendations.

Secondary data used are data on monthly and daily wastewater treatment performance as well as incoming and outgoing wastewater discharge. Primary data comes from sampling carried out at each wastewater treatment unit and questionnaire data through direct interviews with policyholders and operators of WWTPs. From the two data, then a risk analysis is carried out by using a fishbone analysis diagram.

From the results of fishbone analysis, it was found that the main aspects of the risk posed by IPAL PIER wastewater treatment were human resources, maintenance, and operation of WWTPs, and the performance of the WWTP units. The main risk is then used in risk assessment for prioritizing handling using the FMEA method. Based on the results of the FMEA assessment, it was found that the highest RPN was 125. In the IPAL PIER wastewater treatment, the highest risk was irregular daily recording, evaluation of wastewater performance, scrapper damage to the secondary settling tank, and turbulent flow in the first sediment tank. For the second-highest value, which is equal to 100, it is at the risk of wastewater treatment, namely at the level of ease of access and control for SOP and waste that

often enters the inlet of the WWTP channel. These six things are risks that must be dealt with immediately because it can cause the process that occurs in WWTP problems both in the process and the effluent released.

**Keywords: Industrial Wastewater, Risk Analysis, Fishbone Analysis, FMEA, Industrial Estate**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya penyusunan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Penanggulangan Risiko Pengolahan Air ;Limbah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Kawasan Industri PIER.”** ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dalam rangka memenuhi kelengkapan Tugas Akhir. Dalam penulisan laporan ini, ijinakan penulis menyampaikan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada :

- a. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc. selaku dosen pembimbing atas segala ilmu dan bimbingannya dalam penyusunan laporan ini.
- b. Ibu Harmin Sulistyning Titah, S.T., M.T., Ph.D. , Bapak Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D. , dan Ibu Ir. Atiek Moesriati M.Kes. selaku dosen pengarah yang sudah memberikan banyak masukan pada penelitian tugas akhir saya ini
- c. Ibu Harmin Sulistyning Titah, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen wali yang telah memberikan bantuan selama masa perkuliahan maupun pengerjaan tugas akhir/
- d. Rekan yang menemani dalam pengerjaan tugas akhir Khalda, Latonia, Yocek ,Adinda, Azary’, Prita, Atika, Loly, Natasya, Febrianda, dan Nuranisa yang telah membantu banyak dalam diskusi selama proses pengerjaan tugas akhir saya
- e. Pakde, Pak Hadi, dan Pak To yang sudah membantu di ruang baca hingga malam hari untuk mempermudah mencari bahan untuk mengerjakan tugas akhir saya maupun sebagai tempat pengerjaan tugas akhir .
- f. Teman-teman saya selama masa sekolah SMA, aditiya dan Amanda yang telah membantu saya dalam mencari literatur untuk tugas akhir saya maupun berdiskusi.
- g. Teman-teman seperjuangan angkatan 2015 (L-33) yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Telah banyak membantu menemani selama masa studi S1 saya berlangsung. Terimakasih atas *support* yang diberikan selama ini

Utamanya saya ucapkan terimakasih untuk kedua

orang tua saya, bapak dan ibu dirumah atas doa dan dukungan yang diberikan. Tanpa beliau saya tidak akan bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

Apabila dalam penulisan laporan tugas akhir saya ini mungkin masih terdapat kesalahan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Ruang Lingkup .....	4
<b>BAB 2 KAJIAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Air Limbah .....	5
2.1.1 Jenis Air limbah .....	5
2.1.2 Dampak Air Limbah .....	6
2.1.3 Baku Mutu Air Limbah .....	7
2.2 Proses Pengolahan Air Limbah .....	8
2.2.1 Klasifikasi Pengolahan Air Limbah .....	8
2.2.2 Penerapan Proses Air Limbah .....	9
2.3 Pasuruan Industrial Estate Rembang (PIER) .....	10
2.3.1 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) .....	12
2.4 Manajemen Risiko .....	15
2.5 Fishbone Analysis .....	16
2.6 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) .....	18
2.6.1 Traditional FMEA .....	19
2.6.1.2 Occurance .....	22
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b> .....	<b>27</b>
3.1 Deskripsi Umum .....	27
3.2 Kerangka Penelitian .....	27
3.3 Ide Penelitian .....	30
3.4 Studi Pustaka .....	31
3.5 Pengumpulan Data .....	31
3.5.1 Data Primer .....	31
3.5.2 Data Sekunder .....	33
3.6 Pengolahan Data .....	33

3.6.1 Analisis Permasalahan .....	33
3.6.2 Identifikasi Risiko .....	34
3.6.3 Penilaian Risiko .....	35
3.6.4 Penanganan Risiko .....	36
<b>BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
4.1. Pelaksanaan Penelitian .....	37
4.2 Gambaran Unit Pengolahan .....	41
4.2.1 Bak Pengendap Pertama .....	41
4.2.2 Grit Chamber .....	44
4.2.3 Secondary Settling Tank .....	46
4.2.4 Oxidation Ditch .....	48
4.2.4 Final Settling Tank .....	51
4.3 Analisis Uji Parameter .....	53
4.3.1 Uji Parameter Tahun 2018 .....	53
4.3.2 Uji Parameter Primer .....	55
4.4 Identifikasi Risiko Proses Pengolahan Air Limbah .....	56
4.5 Penentuan Pembobotan Kepentingan Risiko .....	64
4.6 Failure Mode and Effect Analysis .....	66
4.6.1 Severity .....	66
4.7 Occurance .....	99
4.8 Detection .....	102
4.7 Risk Priority Number (RPN) .....	105
4.8 Usulan Perbaikan .....	105
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>107</b>
5.1 Kesimpulan .....	107
5.2 Saran .....	107
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>108</b>
<b>LAMPIRAN I .....</b>	<b>114</b>
<b>LAMPIRAN II .....</b>	<b>125</b>
<b>LAMPIRAN III .....</b>	<b>137</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>	<b>149</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Kawasan Industri .....	7
Tabel 2. 2 Volume Setiap Unit IPAL PIER .....	13
Tabel 2. 3 Kriteria evaluasi dan peringkat severity .....	21
Tabel 2. 4 Kriteria evaluasi dan peringkat occurrence .....	22
Tabel 2. 5 Kriteria evaluasi dan peringkat untuk detection ....	24
Tabel 4. 1 Standar kualitas inlet IPAL PIER.....	37
Tabel 4. 2 Debit outlet IPAL PIER 2016-2018.....	39
Tabel 4. 3 Desain bak pengendap .....	42
Tabel 4. 4 Standar unit grit chamber.....	44
Tabel 4. 5 Standar desain secondary settling tank .....	46
Tabel 4. 6 Standar desain oxidation ditch .....	48
Tabel 4. 7 Standar desain final settling tank .....	51
Tabel 4. 8 Hasil uji parameter.....	55
Tabel 4. 9 Pembobotan faktor risiko utama.....	64
Tabel 4. 10 Pembobotan faktor risiko kinerja unit .....	64
Tabel 4. 11 Pembobotan faktor risiko SDM.....	65
Tabel 4. 12 Pembobotan Perawatan dan Operasional IPAL .	65
Tabel 4. 12 Besaran risiko.....	67
Tabel 4. 13 Range Penilaian Severity .....	68
Tabel 4. 14 Risiko Teknologi Pengolahan yang Digunakan...	70
Tabel 4. 15 Severity Peraturan Gubernur Jawa Timur.....	71
Tabel 4. 16 Severity Perawatan dan Pelaksanaan .....	71
Tabel 4. 17 Severity OFR average bak pengendap pertama	73
Tabel 4. 18 Severity OFR peak bak pengendap pertama .....	73
Tabel 4. 19 Severity NRe bak pengendap pertama .....	74
Tabel 4. 20 Severity waktu tinggal bak pengendap pertama .	75
Tabel 4. 21 Severity inlet bak pengendap pertama.....	76
Tabel 4. 22 Severity Pompa Lumpur.....	77
Tabel 4. 23 Severity bak pengendap pertama .....	77
Tabel 4. 24 Severity kecepatan horizontal <i>grit chamber</i> .....	78
Tabel 4. 25 Severity waktu tinggal <i>grit chamber</i> .....	79
Tabel 4. 26 Severity pengurasan lumpur <i>grit chamber</i> .....	79
Tabel 4. 27 <i>Severity grit chamber</i> .....	80
Tabel 4. 28 Severity Waktu Tinggal Secondary Settling Tan.	81
Tabel 4. 29 Severity OFR <i>Average Secondary Settling Tank</i>	81
Tabel 4. 30 Severity OFR <i>Peak Secondary Settling Tank</i> .....	82
Tabel 4. 31 Severity perawatan scrapper secondary settling tank .....	83

Tabel 4. 32 Severity pompa.....	83
Tabel 4. 33 Severity <i>secondary settling tank</i> .....	84
Tabel 4. 34 Severity HRT .....	84
Tabel 4. 35 Severity BOD <i>Loading Rate</i> .....	85
Tabel 4. 36 Severity MLSS.....	86
Tabel 4. 37 Severity F/M rasio .....	86
Tabel 4. 38 Severity DO .....	87
Tabel 4. 39 Severity SRT .....	88
Tabel 4. 40 Severity kontrol rotor .....	89
Tabel 4. 41 Severity <i>oxidation ditch</i> .....	89
Tabel 4. 42 Severity waktu <i>final settling tank</i> .....	91
Tabel 4. 43 Severity OFR <i>average final settling tank</i> .....	91
Tabel 4. 44 Severity OFR <i>peak final settling tank</i> .....	92
Tabel 4. 45 Severity Scrapper <i>Secondary Settling Tank</i> .....	92
Tabel 4. 46 Severity pompa.....	93
Tabel 4. 47 Severity <i>final settling tank</i> .....	93
Tabel 4. 48 Severity waktu pembersihan unit .....	94
Tabel 4. 49 Severity analisis harian air limbah.....	95
Tabel 4. 50 Severity Pencatatan Harian.....	96
Tabel 4. 51 Severity Evaluasi Kinerja Unit .....	97
Tabel 4. 52 Severity Perawatan Peralatan Pelengkap.....	98
Tabel 4. 53 Severity Perawatan dan Operasional IPAL.....	98
Tabel 4. 54 Skala <i>Occurance</i> .....	99
Tabel 4. 55 Occurance Sumber Daya Manusia .....	100
Tabel 4. 56 Occurance unit pengolahan air limbah.....	100
Tabel 4. 57 <i>Occurance</i> Perawatan dan Pengoperasian .....	102
Tabel 4. 58 Rentang Nilai <i>Detection</i> .....	102
Tabel 4. 59 Detection sumber daya manusia.....	103
Tabel 4. 60 <i>Detection</i> Perawatan dan Pengoperasian.....	103
Tabel 4. 60 Detection Kinerja Unit.....	104

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Organisasi PT. SIER.....	12
Gambar 2. 2 Diagram Alir IPAL PIER .....	14
Gambar 2. 3 Diagram fishbone analysis .....	18
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	30
Gambar 3. 2 Titik pengambilan sampel Air Limbah PIER .....	32
Gambar 4. 1 Bak pengendap pertama.....	44
Gambar 4. 2 Grit chamber .....	46
Gambar 4. 3 Secondary Settling Tank .....	48
Gambar 4. 4 Oxidation ditch.....	51
Gambar 4. 5 Final settling tank .....	52
Gambar 4. 6 Grafik BOD influen selama 2018.....	53
Gambar 4. 7 Grafik BOD efluen selama 2018.....	54
Gambar 4. 8 Fishbone pengolahan air limbah IPAL PIER .....	63



# **BAB1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur, pada tahun 2015 hingga triwulan I tahun 2018 Provinsi Jawa Timur cenderung mengalami peningkatan perekonomian. Peningkatan perekonomian Jawa Timur pada triwulan I tahun 2018 bila dibandingkan dengan tahun sebelumnya mengalami peningkatan sebanyak 5,5 %. Peningkatan perekonomian tersebut utamanya disokong oleh pertumbuhan industri di wilayah Jawa Timur yang juga cukup tinggi.

Pertumbuhan industri tentunya selain membawa dampak positif juga membawa dampak yang kurang baik. Hal ini dimungkinkan karena pertumbuhan industri juga diiringi oleh peningkatan kuantitas dari air limbah yang dihasilkan oleh aktivitas tersebut. Menurut data Dinas Lingkungan Hidup yang dirilis pada tahun 2016 saja, dinyatakan bahwa kualitas air sungai di Provinsi Jawa Timur semakin mengalami penurunan. Indeks air provinsi Jawa Timur adalah 50,7. Indeks ini menunjukkan bahwa kualitas sungai Jawa Timur berada dibawah kelas II, dengan kondisi tidak layak konsumsi. Hal ini disebabkan meningkatnya aktivitas manusia, baik dari segi industri maupun domestik atau rumah tangga. Dalam hal ini berarti perlu adanya perbaikan secara signifikan dalam tata kelola air limbah. Sebab air limbah membawa berbagai macam zat di dalamnya yang berpotensi membahayakan kesehatan.

Air limbah haruslah diolah sebelum dibuang ke badan air secara bebas, karena bahan-bahan yang terkandung dalam air limbah dapat menyebabkan penurunan kualitas air. Penurunan kualitas air ini disebabkan oleh ketidakmampuan badan air secara keseluruhan untuk terus menampung limbah yang terus masuk kedalamannya setiap hari (Fatmawati dkk., 2012). Pencemaran menjadi sebuah hal yang sangat lumrah adanya di sekitar kita saat ini, salah satunya disebabkan oleh pertumbuhan industri (Novianto dkk., 2012). Secara keseluruhan sungai tercemar dengan bahan-bahan berbahaya dari air limbah disebabkan aktivitas pembuangan air limbah

yang tidak mendapatkan pengawasan dengan baik. Air limbah sendiri mengandung senyawa-senyawa yang dapat bersifat toksik bagi tubuh manusia (Adam dkk.,2018). Oleh sebab itu sebelum dibuang ke lingkungan limbah cair sisa proses industri haruslah diolah terlebih dahulu. Sehingga dalam menangani permasalahan tersebut Pemerintah Jawa Timur membentuk sebuah kawasan industri, cara ini diharapkan oleh pemerintah dapat mengurangi dampak negative dari peningkatan industri (Anwar, 2008).

PIER telah mengoperasikan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) selama 30 tahun untuk mengelola air limbah industri yang ada di kawasan industri PIER. Kawasan industri PIER sendiri berkomitmen penuh dalam menjaga kualitas lingkungan dengan melakukan pengontrolan pada semua industri yang berada di kawasannya.

Dalam kurun waktu dekat industri PIER akan mengembangkan kawasan industrinya menjadi kawasan industri PIER 2. Peningkatan ini tentunya juga memerlukan perhatian khusus sebab pasti juga akan menimbulkan peningkatan pada jumlah air limbah yang dihasilkan oleh kawasan tersebut.

Dari kondisi yang sudah terjadi serta data terkait kenaikan jumlah industri di PIER dapat ditarik kesimpulan berupa kemungkinan dalam waktu mendatang seiring dengan pertumbuhan industri yang kian meningkat dapat memungkinkan kualitas kinerja IPAL akan mengalami masalah. Sebab seiring penambahan beban yang masuk pada IPAL akan memperberat kinerja IPAL. Hal ini memungkinkan untuk timbulnya risiko pada masa yang akan datang. Oleh sebab itu dibutuhkan suatu sistem yang dapat mencegah permasalahan ini terjadi. Salah satu cara pencegahannya adalah dengan menggunakan sistem manajemen risiko yaitu *Failure Mode Effects and Analysis (FMEA)*.

Menurut Andiyanto (2013) FMEA merupakan salah satu metode analisis risiko yang digunakan untuk mengevaluasi kemungkinan terjadinya suatu kegagalan dari sebuah sistem, proses, desain, ataupun servis. Kegagalan tersebut kemudian dikuantifikasikan untuk ditentukan prioritas penanganannya. Risiko sangat mungkin muncul dalam setiap proses sebab

semua proses pasti menghasilkan buangan atau sisa yang sebenarnya tidak diinginkan. Buangan atau sisa inilah yang dapat mengakibatkan suatu risiko. FMEA merupakan metode yang tepat digunakan karena FMEA mampu menentukan prioritas dalam penanganan masalah, selain itu FMEA juga merupakan metode yang mampu menganalisis permasalahan secara menyeluruh (Isadli dan Vanany, 2013).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan pada latar belakang permasalahan yang telah disampaikan, maka dapat disimpulkan rumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengidentifikasi permasalahan yang dapat terjadi atau akan terjadi dalam pengolahan air limbah pada IPAL PIER?
2. Bagaimana menentukan prioritas kegagalan yang muncul dalam pengolahan air limbah IPAL PIER?
3. Bagaimana cara memperkecil kemungkinan munculnya permasalahan dalam pengolahan air limbah IPAL PIER?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengidentifikasi masalah pada pengolahan air limbah IPAL PIER dengan menggunakan metode fishbone analysis
2. Menentukan prioritas kegagalan yang harus ditangani terlebih dahulu pada pengolahan air limbah IPAL PIER dengan menggunakan metode FMEA
3. Melakukan upaya memperkecil kemungkinan terjadinya permasalahan dalam pengolahan air limbah IPAL PIER.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini memberikan manfaat berupa:

1. Memaksimalkan pengolahan air limbah yang dilakukan pada IPAL PIER
2. Mendeteksi permasalahan yang mungkin timbul dalam pengolahan air limbah IPAL PIER
3. Menanggulangi dengan segera permasalahan yang mungkin muncul pada pengolahan IPAL PIER.

## 1.5 Ruang Lingkup

Pada penelitian ini masalah dibatasi sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian adalah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PIER
2. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah FMEA
3. Data kualitas air limbah kemudian dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013
4. Sampel yang digunakan pada analisis ini berasal dari setiap unit, *inlet*, dan *outlet* IPAL PIER
5. Aspek yang dikaji adalah aspek teknis dan aspek non teknis. Aspek teknis adalah teknologi pengolahan yang digunakan, sistem pengoperasian teknologi yang digunakan, dan sistem *maintanance* teknologi yang digunakan. Sementara aspek non-teknis adalah sumber daya manusia yaitu pengetahuan pengelola atau praktisi tentang peraturan yang berkaitan dengan pengolahan air limbah kawasan industri, teknologi pengolahan yang digunakan, dan pengoperasian teknologi pengolahan.

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Limbah**

Air limbah dapat berasal dari aktivitas *domestic* dan *non-domestic*. Air limbah domestik merupakan air yang berasal dari kegiatan sehari-hari misalnya adalah mandi, air toilet, cuci baju, dll (Damayanti dkk., 2018). Beberapa sumber dari air limbah komersil atau *non domestic* adalah salon, pabrik kayu, atau aktivitas komersial lainnya (Dahruji dkk.,2017). Menurut laman profil *Institute of Agriculture and Natural Resources* yang diakses pada tahun 2018 bulan November, air limbah memiliki kandungan 99% air dan 1% merupakan bahan tambahan yang perlu untuk diperhatikan karena dapat menyebabkan bahaya.

##### **2.1.1 Jenis Air limbah**

Air limbah secara umum dibagi menjadi dua berdasarkan pada asal air limbahnya:

1. Air buangan berasal dari rumah tangga (*domestic wastewater*)

Merupakan air limbah yang berasal dari aktivitas sehari-hari perumahan atau penduduk, berupa mandi, cuci, dan kakus. Umumnya mengandung bahan organik.

2. Air buangan industri (*industrial wastewater*)

Merupakan air limbah yang berasal dari sisa air aktivitas industri yang umumnya mengandung bahan kimia dan logam berat. Limbah ini berbahaya bagi lingkungan, umumnya adalah karena pembuangan limbah industri dilakukan langsung ke sungai, sementara itu sungai merupakan salah satu sumber air yang dimanfaatkan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan airnya sehari-hari.

3. Air buangan kota praja (*municipal wastewater*)

Merupakan air buangan yang berasal dari hotel, restoran, dan tempat umum. Kandungan dari air limbah buangan kota umumnya sejenis dengan air limbah rumah tangga karena secara keseluruhan kegiatan yang dilakukan pada kedua jenis sumber adalah hampir sama namun dengan skala yang berbeda.

Sementara berdasarkan kandungannya sendiri air limbah dibedakan menjadi dua:

1. Limbah organik

Limbah organik merupakan limbah yang memiliki komposisi susunan zat berupa zat organik, sehingga memiliki sifat mudah diuraikan melalui proses alami. Limbah organik memiliki sifat yang stabil sehingga zat tersebut mudah mengendap pada tempat ia berada yang kemudian akan menimbulkan efek kepada lingkungan sekitar tempatnya berada.

2. Limbah anorganik

Contoh dari limbah jenis ini adalah limbah aktivitas industri atau pertambangan. Limbah ini berasal dari sumber yang sulit untuk diuraikan maupun diperbarui. Air limbah anorganik mengandung senyawa anorganik yang salah satu contohnya adalah magnesium sulfat, magnesium klorida, merkuri, dll. Berdasarkan sifatnya limbah anorganik umumnya memiliki bahaya yang cukup tinggi karena tersusun atas logam berat, selain itu limbah anorganik juga memerlukan pengolahan yang lebih khusus lagi (Dahruji dkk., 2017).

### **2.1.2 Dampak Air Limbah**

Air limbah yang dibuang secara langsung ke lingkungan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama ekosistem perairan. Suhu yang tinggi pada air limbah dapat mengakibatkan *Disolved Oxygen* (DO) dalam air limbah menurun secara drastis sehingga dapat menyebabkan kematian organisme perairan. Selain penurunan DO akan terjadi peningkatan nitrogen menjadi senyawa nitrat yang dapat menyebabkan bau busuk (Kurniawan, 2013). Dalam jangka waktu tertentu air limbah akan berubah warna menjadi coklat kehitaman yang menimbulkan bau dan dapat mengganggu kesehatan manusia (Dahruji dkk., 2017). Sehingga sebelum dibuang ke badan air perlu dilakukan pengolahan untuk air limbah sebelum dibuang secara bebas ke badan air karena dapat mengganggu kesehatan masyarakat (Rahmawati & Azizah, 2005).

Menurut salah satu sumber berita media nasional yaitu okenews pada tahun 2016, sungai brantas sudah tercemar cukup parah. Hal tersebut diperkuat oleh penuturan warga.

Menurut dinas kesehatan sendiri air tersebut sudah tidak layak konsumsi, apabila dikonsumsi dapat menyebabkan diare bahkan kanker. Oleh sebab itu air limbah perlu menjadi perhatian kita semua karena air merupakan kebutuhan pokok bagi manusia dalam melangsungkan hidupnya (Anturida, 2018). Sebagian besar penyebab penyakit adalah berasal dari air, menurut data WHO pada tahun 2002 saja sebesar 80% penyakit disebabkan oleh buruknya kualitas air akibat cemaran mikrobiologi (Okonko dkk., 2009).

### 2.1.3 Baku Mutu Air Limbah

Dalam penanganannya air limbah memiliki baku mutu yang telah ditetapkan dan perlu dilakukan pemantauan. Penentuan pemantauan air limbah sendiri ditetapkan berdasarkan jenis usaha yang dilakukan. Berdasarkan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 menjelaskan tentang baku mutu air limbah sebagai berikut:

**Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Kawasan Industri**

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	pH	mg/L	6,0-9,0
2	TSS	mg/L	150
3	BOD	mg/L	50
4	COD	mg/L	100
5	Sulfida (H <sub>2</sub> S)	mg/L	1
6	Amoniak bebas (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	20
7	Fenol	mg/L	1
8	Minyak dan lemak	mg/L	15
9	<i>Detergen an ionic</i> (MBAS)	mg/L	10
10	<i>Cadmium</i>	mg/L	0,1
11	Krom <i>heksavalen</i> (Cr <sup>6+</sup> )	mg/L	0,5
12	Krom total (Cr)	mg/L	1

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
13	Tembaga (Cu)	mg/L	2
14	Timbal (Pb)	mg/L	1
15	Nikel (Ni)	mg/L	0,5
16	Seng (Zn)	mg/L	10
17	Volume air limbah maksimum	0,8 L per detik per Ha lahan kawasan Industri	

Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013

## 2.2 Proses Pengolahan Air Limbah

Kawasan industri di Provinsi Jawa Timur memiliki pengaturan tentang buangan air limbah yang dihasilkan. Pemerintah Provinsi Jawa Timur telah memberikan pengaturan khusus dalam standar buangan air limbah. Untuk memenuhi hal tersebut maka diperlukan pengolahan air limbah. Pengolahan air limbah bertujuan untuk menjaga kondisi lingkungan agar tidak semakin mengalami pencemaran.

### 2.2.1 Klasifikasi Pengolahan Air Limbah

Dalam proses pengolahan air limbah menurut Metcalf dan Eddy tahun 2014 terdapat beberapa jenis proses. Proses penghilangan partikel padat dalam pengolahan air limbah sendiri dapat dihilangkan dengan cara fisika, kimia, dan biologis. Sehingga dalam pengklasifikasian proses pengolahan air limbah maka prosesnya juga dibagi dalam tiga hal tersebut.

#### 1. Pengolahan Fisik

Pengolahan fisik merupakan pengolahan yang menggunakan gaya fisika atau menitik beratkan pada pengaruh gaya gravitasi dalam proses pengolahannya. Gaya gravitasi yang terjadi menyebabkan partikel dengan berat yang lebih besar akan mengendap dengan sendirinya. Pengolahan fisik umumnya dilakukan sebagai pengolahan awal dalam proses pengolahan air limbah. Contoh pengolahan fisik antara lain adalah sedimentasi, *screening*, *floating*, *mixing*, koagulasi, flotasi, dan filtrasi.

## 2. Pengolahan Kimia

Merupakan pengolahan yang menggunakan bahan kimia atau menggunakan proses reaksi kimia sebagai bantuan dalam proses pengolahannya. Contoh pengolahan secara kimia adalah presipitasi kimiawi, gas transfer, dan desinfeksi yang merupakan proses yang umum digunakan.

## 3. Pengolahan Biologis

Pengolahan yang memanfaatkan mikroorganisme atau proses biologis sebagai bahan utama dalam proses pengurangan bahan penyusun air limbah. Proses biologi digunakan untuk menghilangkan koloidal atau substrat biologis terlarut yang terdapat pada air limbah. Proses biologis sendiri juga berfungsi untuk mengurangi nitrogen dan fosfor yang terdapat pada air limbah. Dalam kondisi lingkungan yang dapat dikontrol dengan baik, hampir semua air limbah dapat diolah dengan proses biologis.

### 2.2.2 Penerapan Proses Air Limbah

Dalam proses air limbah tidak hanya menggunakan satu jenis pengolahan saja. Namun proses air limbah terdiri dari sekelompok unit yang bergabung menjadi satu baik secara pengolahan fisik, kimia, maupun biologis. Menurut Metcalf dan Eddy tahun 2014 dalam upaya untuk mengurangi partikel penyusun air limbah maka digunakan rangkaian proses pengolahan yang dikenal dengan penjabaran sebagai berikut:

#### 1. *Preliminary Treatment*

Merupakan proses pengolahan yang digunakan untuk menghilangkan parameter yang dapat mengganggu proses pengolahan air limbah yang akan dilakukan. Antara lain zat penyusun yang harus dihilangkan adalah padatan terapung (sampah), pasir, dan minyak

#### 2. *Primary Treatment*

Pengolahan utama umumnya merupakan proses yang digunakan untuk mengolah air limbah secara pengolahan fisik. Yaitu untuk menghilangkan partikel tersuspensi dan organik dari air limbah.

#### 3. *Advanced Primary Treatment*

Pengolahan utama lanjutan ditujukan untuk memproses lanjut pengolahan utama yang telah dilakukan, umumnya

dilakukan apabila proses pengolahan utama dirasa kurang maksimal. Pengolahan utama lanjutan biasanya menggunakan tambahan bahan kimia atau filtrasi sebagai unit pengolahannya.

#### 4. *Secondary Treatment*

Pengolahan sekunder merupakan proses pengolahan yang digunakan untuk menghilangkan partikel penyusun biologis dan padatan tersuspensi. Desinfeksi juga dikategorikan sebagai pengolahan konvensional sekunder.

#### 5. *Secondary with Nutrient Removal*

Pengolahan sekunder dengan penghilangan *nutrient* merupakan proses pengolahan yang digunakan untuk menghilangkan penyusun biologis, padatan tersuspensi, dan juga *nutrient* (nitrogen, fosfor, atau keduanya).

#### 6. *Advanced Treatment*

Pengolahan lanjutan adalah proses pengolahan yang menggunakan untuk menghilangkan padatan terlarut dan padatan tersuspensi setelah melewati proses pengolahan biologis. umumnya pengolahan lanjutan diperlukan apabila air dari proses pengolahan air limbah digunakan ulang.

#### 7. *Tertiary Treatment*

Pengolahan tersier merupakan proses pengolahan yang menghilangkan padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi yang dihilangkan ini merupakan padatan yang telah melewati proses pengolahan sekunder.

### **2.3 Pasuruan *Industrial Estate* Rembang (PIER)**

Pasuruan *Industrial Estate* Rembang (PIER) merupakan salah satu bagian dari kawasan industri yang dikelola oleh PT. SIER. PT. SIER didirikan oleh pemerintah sebagai Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dengan bentuk Perseroan Terbatas. PT. SIER sendiri didirikan pada tahun 1974. PT. SIER menjadi pendukung berkembangnya industri manufaktur di Jawa Timur, selama 4 dekade PT. SIER telah menjadi pusat berbagai macam industri. Berbagai macam jenis industri menggunakan kawasan milik PT. SIER sebagai tempat bisnisnya, bukan hanya perusahaan milik dalam negeri namun juga terdapat berbagai perusahaan luar negeri.

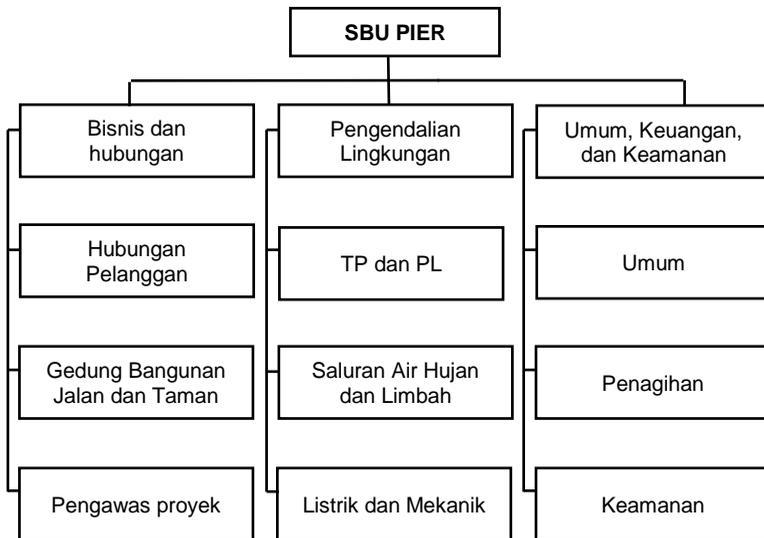
Dalam melakukan usahanya menjadi kawasan industri terbaik PT. SIER membangun beberapa fasilitas penunjang

dalam industri diantaranya adalah Instalasi pengolahan air limbah (IPAL), infrastruktur jalan, telfon, internet, jalan tol, listrik, sambungan air bersih dan sambungan gas. Dalam usahanya bidang usaha utama PT. SIER adalah kawasan indsutri Rungkut di Surabaya (SIER), kawasan Industri Berbek di Sidoarjp, dan kawasan Industri Rembang di Pasuruan (PIER). PT. SIER juga memiliki usaha penunjang yaitu:

1. Menyediakan dan menyewakan ruangan-ruangan pekantoran, restoran / kafetaria, bussiness center. Ruangan peraktoran ini terdapat di perkantoran PT. SIER.
2. Mengadakan, menyewakan, dan menjual fasilitas asrama bagi karyawan pabrik atau industri, perumahan untuk karyawan dan umum (*real estate*) serta membangun dan mengelola bangunan perhotelan atau kondominium
3. Menyediakan dan menyewakan fasilitas olahraga dan rekreasi
4. Menyediakan dan mengelola fasilitas Balai Latihan Kerja (BLK) dan unit poliklinik
5. Melakukan usaha jasa pemborongan (*contracting*) dan jasa konsultasi (*consultant*)
6. Melakukan atau mengelola usaha jasa penyediaan tenaga kerja bagi pabrik-pabrik di kawasan
7. Penyediaan dan pengelolaan fasilitas Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU)
8. Melakukan jasa *manufacturing*
9. Melakukan jasa *logistic*.

PIER merupakan salah satu badan usaha utama yang dimiliki PT. SIER yang terletak di Rembang, Kabupaten Pasuruan. PIER didirikan pada tahun 1995. Dalam menjalankan usahanya tersebut PT. SIER membentuk struktur organisasi untuk menangani kawasan industrinya tersebut secara khusus, bagan organisasi tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1. Bidang usaha dan fasilitas yang dimiliki oleh PIER sendiri kurang lebih sama dengan yang dimiliki oleh SIER. Untuk saat ini akses menuju PIER sendiri telah dipermudah dengan adanya jalan bebas hambatan yang langsung menghubungkan Kota Surabaya dengan kawasan industri PIER.

Pada tahun 2012 kapasitas IPAL PIER ditambah sehingga PIER merupakan pusat pengolahan air limbah terbesar di Jawa Timur. IPAL PIER di desain untuk menampung debit hingga 14000 m<sup>3</sup>/hari, kapasitas besar tersebut ditujukan untuk menampung seluruh air limbah hasil aktivitas industri yang ada pada kawasan industri PIER. Jenis limbah yang diolah pada IPAL PIER adalah limbah industri maupun rumah tangga. Untuk jenis instalasi pengolahan air limbah yang digunakan PT. PIER adalah fisik-biologis, dengan jenis unit yang sama dengan di Kawasan Industri Rungkut (SIER). Kawasan PIER merupakan kawasan yang ditujukan untuk ekspor-impor.



**Gambar 2. 1 Struktur Organisasi PT. SIER**  
 Sumber: Laporan Tahunan PT. PIER tahun 2017

### 2.3.1 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Berdasarkan pada tujuan pembentukannya kawasan industri dibentuk untuk menanggapi air limbah yang dihasilkan dari aktifitas industri. Sehingga salah satu jenis usaha yang dilakukan oleh PIER adalah pengelolaan air limbah. IPAL dari kawasan industri PIER menggunakan jenis pengolahan fisik-

biologis. Prinsip kedua pengolahan tersebut telah dijelaskan secara rinci pada sub bab 2.2.1.

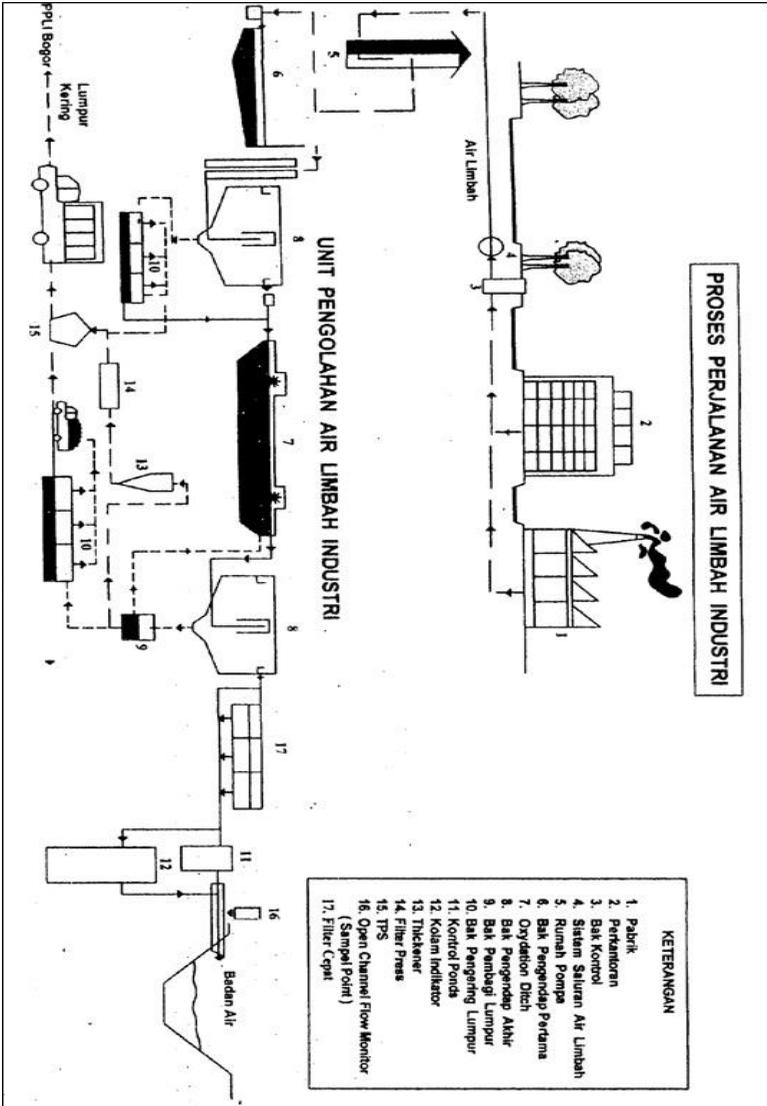
Unit pengolahan fisik yang digunakan pada IPAL adalah bak pengendap pertama, *secondary settling tank*, *grit chamber*, dan *final settling tank*, unit pengolahan fisik yang digunakan pada pengolahan air limbah difungsikan untuk mengurangi pasir atau partikel sejenis yang dapat mengendap dengan bantuan gerakan gravitasi. Sementara untuk pengolahan biologis yang digunakan adalah *oxidation ditch* yang dilengkapi dengan dua rotor pada setiap unitnya. Berdasarkan pada izin operasi yang diberikan ke kawasan industri PIER untuk pengolahan air limbah PIER dapat mengolah air limbah sebanyak 10.000 m<sup>3</sup>/hari. Dengan izin tersebut saat ini untuk unit yang beroperasi pada IPAL PIER sendiri kapasitasnya adalah sebagai yang telah tertera pada tabel 2.2 dibawah. Diagram alir pengolahan air limbah IPAL PIER dapat dilihat pada gambar 2.2 yang menjelaskan diagram pengaliran air limbah dari setiap pabrik menuju ke IPAL PIER.

Pada unit dengan pengolahan fisik setiap unitnya menghasilkan produksi lumpur. Produksi lumpur tersebut akan ditampung di *sludge drying bed* yang lalu kemudia dibawa ke penampungan sementara sebelum dibawa ke pihak ketiga untuk diolah lebih lanjut. Pengolahan lumpur diberikan pada pihak ketiga sebab lumpur yang dihasilkan merupakan jenis lumpur berbau beracun berbahaya. Kondisi lumpur tersebut disebabkan oleh aktivitas kegiatan industri yang bermacam-macam sehingga berdasarkan peraturan yang berlaku hingga saat ini lumpur yang dihasilkan harus diberikan kepada pihak ketiga untuk diolah selanjutnya.

**Tabel 2. 2 Volume Setiap Unit IPAL PIER**

Jenis Unit	Jumlah Unit	Volume tiap unit
Bak pengendap pertama	1	465,6 m <sup>3</sup>
Grit Chamber	2	16,938 m <sup>3</sup>
Secondary Settling Tank	1	658,085 m <sup>3</sup>
Oxidation ditch	4	3274,84 m <sup>3</sup>
Final settling tank	2	1540 m <sup>3</sup>

Sumber : IPAL PIER, 2019



**Gambar 2. 2 Diagram Alir IPAL PIER**

Sumber: Dokumen IPAL PIER

## 2.4 Manajemen Risiko

Risiko adalah suatu keadaan adanya ketidakpastian (Darmawi, 2010). Risiko merupakan suatu hal yang menimbulkan kerugian apabila terjadi. Kerugian yang dialami adalah merupakan suatu proses ketidakpastian yang ditimbulkan akibat dari risiko, sehingga hal tersebut harus dikelola secara efektif agar dapat dikurangi kerugian yang ditimbulkan. Pengelolaan ini ditujukan untuk efisiensi dari proses yang dilakukan untuk mencapai suatu tujuan (Sumajouw dan Sompie, 2014).

Pengelolaan risiko yang dimaksudkan dikenal dengan istilah manajemen risiko. Manajemen risiko merupakan suatu proses yang sangat penting. Manajemen risiko sendiri digunakan untuk pra-analisis, memprediksi, dan mengendalikan risiko. Selain itu manajemen risiko juga berfungsi untuk mengurangi risiko yang mungkin untuk ditimbulkan. Biasanya analisis risiko digunakan dengan cara identifikasi risiko, pengendalian risiko, dan pemindahan risiko. Oleh karena itu manajemen risiko dibutuhkan untuk mengurangi kemungkinan kegagalan dan dapat memberikan kemudahan untuk penanganan risiko yang mungkin untuk muncul (Qing Gui dkk., 2011).

Secara khusus manajemen risiko lingkungan adalah proses sistematis yang digunakan untuk mengetahui bahaya lingkungan, analisis kemungkinan, konsekuensi, dan mengatur hasil tingkat risiko. Menurut Kurniati dan Simamora (2016) manajemen risiko lingkungan dilakukan dalam empat tahapan yaitu:

### 1. *Problem Formulation*

Merupakan tahapan awal dilakukannya proses untuk evaluasi tentang suatu kondisi yang terjadi atau mungkin terjadi dari aktivitas yang dilakukan. Dalam perumusan masalah yang digunakan adalah meliputi: mengidentifikasi dan menggambarkan permasalahan, mengumpulkan dan mengintegrasikan informasi yang tersedia, dan mengembangkan suatu rencana analisis risiko.

Dalam penerapannya setelah mendapatkan data dan informasi yang diperlukan lalu digunakan model konseptual untuk mengolahnya. Model konseptual tersebut meliputi:

a. Hubungan antara aktivitas manusia, risiko, dan sumber

risiko

- b. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemungkinan permasalahan terjadi
- c. Pengaruh pada ekosistem

## 2. *Risk Analysis*

Suatu risiko yang muncul dapat diukur dengan menggunakan konsekuensi (*consequence*) dan kemungkinan (*likelihood*). *Likelihood* merupakan kemungkinan yang dapat terjadi didasarkan pada frekuensi terjadinya. Sementara *consequence* adalah suatu kejadian yang timbul yang mengakibatkan kerugian. Penilaian risiko dinilai berdasarkan pada kondisi yang memicu terjadinya risiko.

## 3. *Risk Characterization*

*Risk characterization* merupakan langkah akhir dimana ditentukan tingkat risiko yang ditimbulkan berdasarkan pada penilaian risiko yang telah dilakukan pada *risk analysis*.

## 4. *Risk Management*

*Risk management* merupakan tahap untuk mempertimbangkan strategi alternatif yang dapat dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan risiko yang mungkin atau sudah timbul. Tahapan ini juga disebut sebagai tahap mitigasi risiko. Mitigasi risiko dilakukan untuk mengeliminasi atau mereduksi kemungkinan terjadinya akibat dari tindakan pengurangan risiko jangka panjang. Pada tahap ini ditentukan identifikasi risiko..

## 2.5 **Fishbone Analysis**

*Fishbone analysis* atau yang juga dikenal dengan diagram sebab-akibat merupakan salah satu dari jenis metode penggunaan *Root Causes Analysis* (RCA). *Fishbone analysis* merupakan metode yang lebih kompleks dibandingkan dengan metode RCA lainnya. Sebab *fishbone analysis* memuat tentang masalah potensial yang mungkin ada dan juga penyebabnya secara rinci (Vorley, 2008). Menurut (Wicaksono, 2018) manfaat dari penggunaan *fishbone analysis* adalah:

1. Memperjelas sebab-sebab suatu masalah atau persoalan.
2. Dapat menggunakan kondisi yang sesungguhnya untuk tujuan perbaikan kualitas produk atau jasa, lebih efisien dalam penggunaan sumber daya, dan dapat mengurangi

biaya.

3. Dapat mengurangi dan menghilangkan kondisi yang menyebabkan ketidaksesuaian produk atau jasa, dan keluhan pelanggan.
4. Dapat membuat suatu standardisasi operasi yang ada maupun yang direncanakan.
5. Dapat memberikan pendidikan dan pelatihan bagi karyawan dalam kegiatan pembuatan keputusan dan melakukan tindakan perbaikan.

Faktor-faktor dalam *fishbone analysis* antara lain adalah:

a. Faktor Manusia

Faktor manusia yang dapat berpengaruh pada pengolahan limbah adalah operator lapangan pengolahan air limbah

b. Metode Kerja

Metode kerja merupakan aturan ataupun kebijakan yang ada pada pengoperasian unit proses pengolahan air limbah

c. Material

Merupakan kondisi air yang masuk pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

d. Mesin

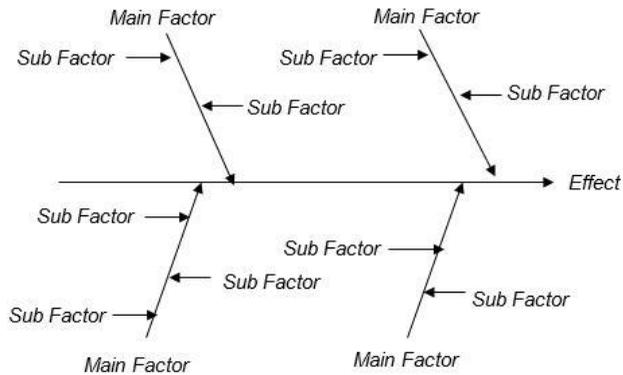
Mesin merupakan teknologi yang digunakan, yaitu unit pengolahan dan proses yang ada pada IPAL

e. Lingkungan

Lingkungan merupakan faktor eksternal yang dapat berpengaruh pada proses pengolahan air limbah

Menurut (Sari, 2018), dalam menyusun *fishbone* dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menggambarkan garis horizontal dengan tanda panah pada ujung sebelah kanan dan kotak di depannya yang berisi masalah yang diteliti
2. Menuliskan penyebab utama yang dihubungkan ke arah garis panah utama
3. Menuliskan penyebab kecil di sekitar penyebab utama dan menghubungkannya dengan penyebab utama
4. Menentukan sebab-sebab potensial dari permasalahan dan menentukan penyebab yang paling dominan dari permasalahan yang terjadi
5. Menentukan tindakan perbaikan untuk memecahkan permasalahan yang ada dalam meningkatkan kualitas produksi



**Gambar 2. 3 Diagram fishbone analysis**

Sumber: (Wicaksono, 2018)

## 2.6 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

*Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) adalah teknik analisis yang mengkombinasikan teknologi dan pengalaman dalam mengidentifikasi kegagalan proses produksi dan merencanakan untuk mencegahnya terulang lagi. Keunggulan metode FMEA adalah memastikan produk akhir sesuai dengan spesifikasi, membantu untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi atau mengendalikan cara kegagalan yang berbahaya, serta meningkatkan reliabilitas (Prasetyo dkk., 2017). Menurut (Agusta,2014) FMEA memiliki tujuan yaitu sebagai berikut:

- a. Mengetahui dan memprediksi potensial kegagalan dari produk atau proses yang dapat terjadi.
- b. Memprediksi dan mengevaluasi pengaruh dari kegagalan pada fungsi dalam sistem yang ada.
- c. Menunjukkan prioritas terhadap perbaikan suatu proses atau subsistem melalui daftar peningkatan proses atau subsistem yang harus diperbaiki.
- d. Mengidentifikasi dan membangun tindakan perbaikan yang bisa diambil untuk mencegah atau mengurangi kesempatan terjadinya potensi kegagalan atau pengaruh pada sistem.

e. Mendokumentasi proses secara keseluruhan

Menurut (Waghmare dkk., 2014) dalam pelaksanaan FMEA mampu untuk proses identifikasi dari kemungkinan kekurangan yang terjadi pada produk, sistem, desain, atau proses. FMEA menganalisis potensi masalah yang muncul pada produk atau mesin, potensi efek yang ditimbulkan dari kegagalan, potensi masalah dari kegagalan, kondisi proses dan manufaktur serta jasa yang dilakukan, menilai proses kontrol yang saat ini ada, dan menentukan tingkat faktor risiko.

Identifikasi FMEA dapat dilakukan berdasarkan kepada lima tahapan sebagai berikut (Wahyuningsih,2018) :

1. Memilih proses
2. Membentuk tim berdasarkan ilmu yang dimiliki
3. Mengumpulkan kegagalan untuk proses analisis
4. Melakukan analisis kegagalan
5. Mengambil tindakan korektif penanggulangan kegagalan

Analisis yang dilakukan adalah identifikasi kegagalan pada setiap tahapan. Dari kegagalan yang didapatkan, lalu diidentifikasi efek potensial yang dapat ditimbulkan akibat kegagalan tersebut. Setelah itu ditentukan tingkat risiko yang ditimbulkan pada setiap kegagalan. Lalu ditentukan nilai risiko tertinggi.

### **2.6.1 Traditional FMEA**

*Traditional* FMEA merupakan metode analisis risiko yang umum digunakan untuk memberikan penilaian atau pembobotan dengan menggunakan skala tertentu terhadap risiko yang terjadi. Penilaian tersebut kemudian dinilai oleh *expert judgment* yang telah ahli dalam bidangnya. Penilaian atau pembobotan tersebut mengacu pada tiga hal yaitu *occurrence* (O), *detection* (D), dan *severity* (S). *Occurance* sendiri berarti frekuensi dari terjadinya suatu kondisi kegagalan, *detection* merupakan terdeteksinya suatu risiko dengan kontrol yang digunakan dengan kontrol yang telah ada, dan *severity* merupakan dampak yang ditimbulkan akibat dari kemunculan risiko (Barends dkk., 2012).

Dalam penggunaannya FMEA digunakan dengan analisis tingkat permasalahan suatu kejadian, frekuensi kejadian yang muncul, dan pengaruh dari kegagalan tersebut. Sehingga dapat dilakukan evaluasi secara menyeluruh

terhadap suatu sistem guna menghindari risiko yang mungkin untuk muncul. FMEA dapat juga dinyatakan sebagai metode analisis kuantitatif sebab menggunakan numerik sebagai pengukuran dalam kegagalan yang dilakukan (Wahyuningsih, 2018).

Pengukuran numerik yang digunakan ini kemudian disebut sebagai *Risk Priority Number* (RPN). Penentuan penilaian RPN adalah dengan perkalian dari *Severity* (S), *Occurance* (O), dan *Detection* (D) dapat dilihat pada persamaan 2.1 (Rachman dkk., 2016). Dalam pengukurannya FMEA menggunakan peringkat dalam ketiga aspek tersebut. Penentuan skala didasarkan pada studi literatur dan *potential failure mode*. Menurut (Sari,2008), RPN merupakan sebuah nilai yang menyatakan risiko paling tinggi dan tindakan korektif yang harus dilakukan, semakin tinggi nilai RPN berarti semakin harus segera dilakukan tindakan korektif untuk mencegah hal tersebut berlangsung.

$$RPN = (S) \times (O) \times (D) \dots\dots\dots(2.1)$$

### **2.6.1.1 Severity**

*Severity* ditujukan untuk mengetahui kegagalan yang muncul berdasarkan pada persyaratan fungsi dan efek mereka. Kegagalan yang dimaksudkan adalah kegagalan yang memungkinkan untuk memicu kegagalan yang lain, sehingga setiap kegagalan yang muncul harus dicatat dalam istilah teknik agar dapat digunakan sebagai data. Setiap efek yang muncul akan diberi angka dari 1-10, angka tersebut mewakili kondisi kegagalan yang muncul dari tidak berbahaya hingga sangat berbahaya (Ambekar dkk., 2013). Penentuan penilaian severity didasarkan pada kondisi yang ada pada lapangan terkait kegagalan yang dapat terjadi pada suatu proses. Sehingga penilaian risiko dan kriteria severity dapat disesuaikan dengan kebutuhannya dan kondisi berdasarkan proses yang sedang dianalisis.

**Tabel 2. 3 Kriteria evaluasi dan peringkat severity**

<b><i>Effect</i></b>	<b><i>Severity of efect for FMEA</i></b>	<b><i>Rating</i></b>
Tidak ada	Tidak memberikan pengaruh. Efek tidak terdeteksi atau tidak berdampak secara signifikan pada produksi dan konsumen.	1
Sangat kecil	Menyebabkan gangguan atau kekecewaan pada beberapa konsumen dan hasil produksi. Menyebabkan kerugian biaya yang rendah.	2
Kecil	Menyebabkan gangguan atau kekecewaan banyak pada konsumen dan hasil produksi. Menyebabkan kerugian waktu dan biaya yang agak rendah.	3
Sangat sedikit	Menyebabkan gangguan atau kekecewaan banyak sekali pada konsumen dan hasil produksi. Menyebabkan kerugian biaya yang rendah.	4
Sedikit	Menyebabkan pengurangan performa dari fungsi sampingan atau membuat cukup tidak nyaman. Menyebabkan kerugian biaya yang cukup tinggi.	5
Sedang	Menyebabkan hilangnya performa dari fungsi sampingan atau membuat ketidaknyamanan yang menonjol. Konsumsi biaya dan waktu yang besar.	6
Besar	Menyebabkan pengurangan performa dari fungsi utama. Konsumsi biaya yang sangat besar menyebabkan kerugian biaya yang besar.	7
Sangat besar	Menyebabkan pengurangan performa dari fungsi utama atau breakdown. Konsumsi biaya dan waktu yang mendekati tidak diterima.	8

<b>Effect</b>	<b>Severity of efect for FMEA</b>	<b>Rating</b>
Berbahaya dengan peringatan	Menyebabkan bahaya dan akan melanggar aturan pemerintah dan nasional. Tetapi masih diutamakan perhatian dan reaksi strategi. Menyebabkan bahaya serta kerugian yang sangat besar.	9
Berbahaya tanpa adanya peringatan	Kegagalan menyebabkan bahaya tanpa peringatan. Menyebabkan kerugian biaya yang tidak dapat diterima.	10

Sumber : Wicaksono, 2018

### 2.6.1.2 Occurance

*Occurance* pada analisis ini menyatakan seberapa sering (frekuensi) dari kejadian kegagalan tersebut muncul. Dalam aspek ini penting sekali untuk mengetahui penyebab dari kegagalan yang muncul. Hal ini dapat dilakukan dengan melihat dokumen lama terkait dengan kejadian sama yang pernah terjadi pada produk atau proses yang menimbulkan kegagalan (Ambekar dkk., 2013).

Frekuensi kemunculan sebuah masalah menjadi salah satu alasan pentingnya sebuah pencatatan secara rinci terhadap permasalahan yang timbul. Pencatatan yang sistematis dan rinci akan mempermudah untuk melakukan penanganan risiko yang diprediksi dapat muncul. Pencatatan juga menjadi kunci dari sebuah evaluasi yang semakin baik, sebab dokumentasi yang lengkap akan mempermudah proses evaluasi yang dijalankan.

**Tabel 2. 4 Kriteria evaluasi dan peringkat occurrence**

<b>Kemungkinan Kegagalan</b>	<b>Kriteria: Sumber Penyebab (Umur Rencana/Keunggulan Barang/Kendaraan)</b>	<b>Kriteria: Sumber Kegagalan (Insiden Tiap Item)</b>	<b>Ranking</b>
Sangat tinggi	Teknologi baru/desain baru yang sebelumnya	≥ 100 per seribu	10

<b>Kemungkinan Kegagalan</b>	<b>Kriteria: Sumber Penyebab (Umur Rencana/Keunggulan Barang/Kendaraan)</b>	<b>Kriteria: Sumber Kegagalan (Insiden Tiap Item)</b>	<b>Ranking</b>
	belum ada.	≥1 dari 10	
Tinggi	Kegagalan bisa dihindari dengan desain baru, aplikasi baru, atau biaya dalam siklus / kondisi pengoperasian.	50 per seribu 1 dari 20	9
	Kegagalan mungkin dengan desain baru, aplikasi baru, atau biaya dalam siklus / kondisi pengoperasian.	20 per seribu 1 dari 50	8
	Kegagalan belum pasti dengan desain baru, aplikasi baru, atau biaya dalam siklus / kondisi pengoperasian.	10 per seribu 1 dari 100	7
Sedang	Kegagalan sering dikaitkan dengan desain yang sama atau dalam simulasi desain dan pengujian.	2 per seribu 1 dari 500	6
	Kegagalan sesekali dikaitkan dengan desain yang sama atau dalam simulasi desain dan pengujian.	0.5 per seribu 1 dari 2000	5
	Kegagalan terisolasi dikaitkan dengan desain yang sama atau dalam simulasi desain dan pengujian.	0.1 per seribu 1 dari 10000	4

Kemungkinan Kegagalan	Kriteria: Sumber Penyebab (Umur Rencana/Keunggulan Barang/Kendaraan)	Kriteria: Sumber Kegagalan (Insiden Tiap Item)	Ranking
Rendah	Hanya kegagalan yang terisolasi yang berhubungan dengan desain yang hampir sama atau dalam simulasi desain dan pengujian.	0.01 per seribu 1 dari 100000	3
	Terdapat kegagalan yang diamati terkait dengan desain yang hampir sama atau simulasi desain dan pengujian.	$\leq 0.001$ per seribu 1 dari 1000000	2
Sangat rendah	Kegagalan dihilangkan melalui pencegahan preventif.	Kegagalan dihilangkan melalui pencegahan preventif	1

Sumber : Wicaksono, 2018

### 2.6.1.3 Detection

*Detection* merupakan pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol suatu kejadian yang terjadi. Nilai *detection* didasarkan pada teknologi yang digunakan dalam penanganan kegagalan yang muncul. Dari kontrol ini, teknisi dapat mengetahui seberapa sering kegagalan teridentifikasi atau terdeteksi. Masing-masing kombinasi dari dua step sebelumnya mendapatkan nomor deteksi (D). Ini meranking kemampuan dari tes yang telah direncanakan dan inspeksi untuk menghilangkan kecacatan dan mendeteksi kegagalan mode pada waktu tertentu.

**Tabel 2. 5 Kriteria evaluasi dan peringkat untuk detection**

Mendeteksi	<i>Detection</i>	Ranking
Hampir tidak mungkin	Kegagalan tidak dapat dideteksi.	10

<b>Mendeteksi</b>	<b>Detection</b>	<b>Ranking</b>
Sangat jarang	Alat kontrol sangat sulit mendeteksi kegagalan.	9
Jarang	Alat kontrol sulit mendeteksi bentuk kegagalan.	8
Sangat rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan sangat rendah.	7
Rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan rendah.	6
Sedang	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan sedang.	5
Agak tinggi	Alat kontrol dapat mendeteksi kegagalan dengan cukup mudah.	4
Tinggi	Alat kontrol dapat mendeteksi kegagalan dengan mudah.	3
Sangat tinggi	Alat ukur dapat mendeteksi kegagalan dengan mudah dan akurat.	2
Hampir pasti	Alat kontrol dengan sangat mudah dan akurat.	1

Sumber : Wicaksono, 2018

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB 3 METODE PENELITIAN**

### **3.1 Deskripsi Umum**

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan akar permasalahan, tingkat risiko permasalahan yang terjadi, dan penanganan terhadap risiko yang mungkin untuk terjadi dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PIER. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Failure Mode Effects and Analysis* (FMEA). Untuk mendapatkan data terkait kualitas pengolahan air limbah PIER maka digunakan analisis parameter sesuai baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013. Penelitian lapangan dilakukan di IPAL PIER.

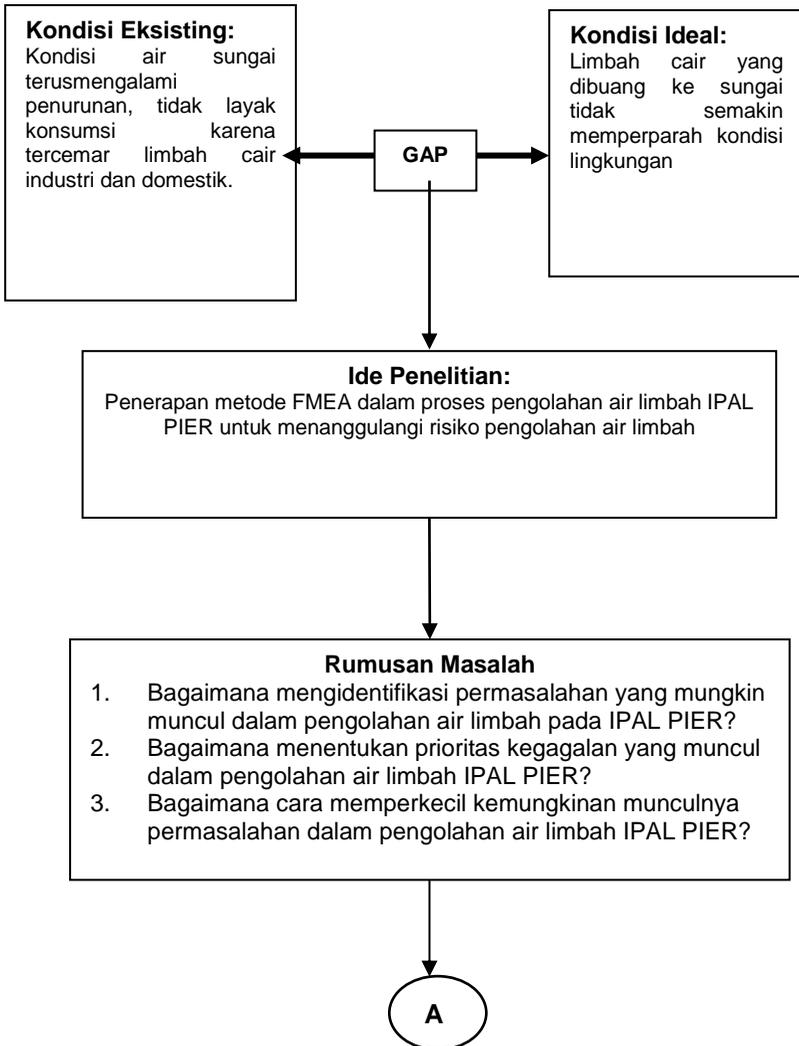
Penelitian ini menggunakan aspek Sumber Daya Manusia (SDM). Dari hasil data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis dengan menggunakan *fishbone analysis* untuk mendapatkan titik permasalahan lalu penentuan prioritas permasalahan dilakukan dengan menggunakan FMEA.

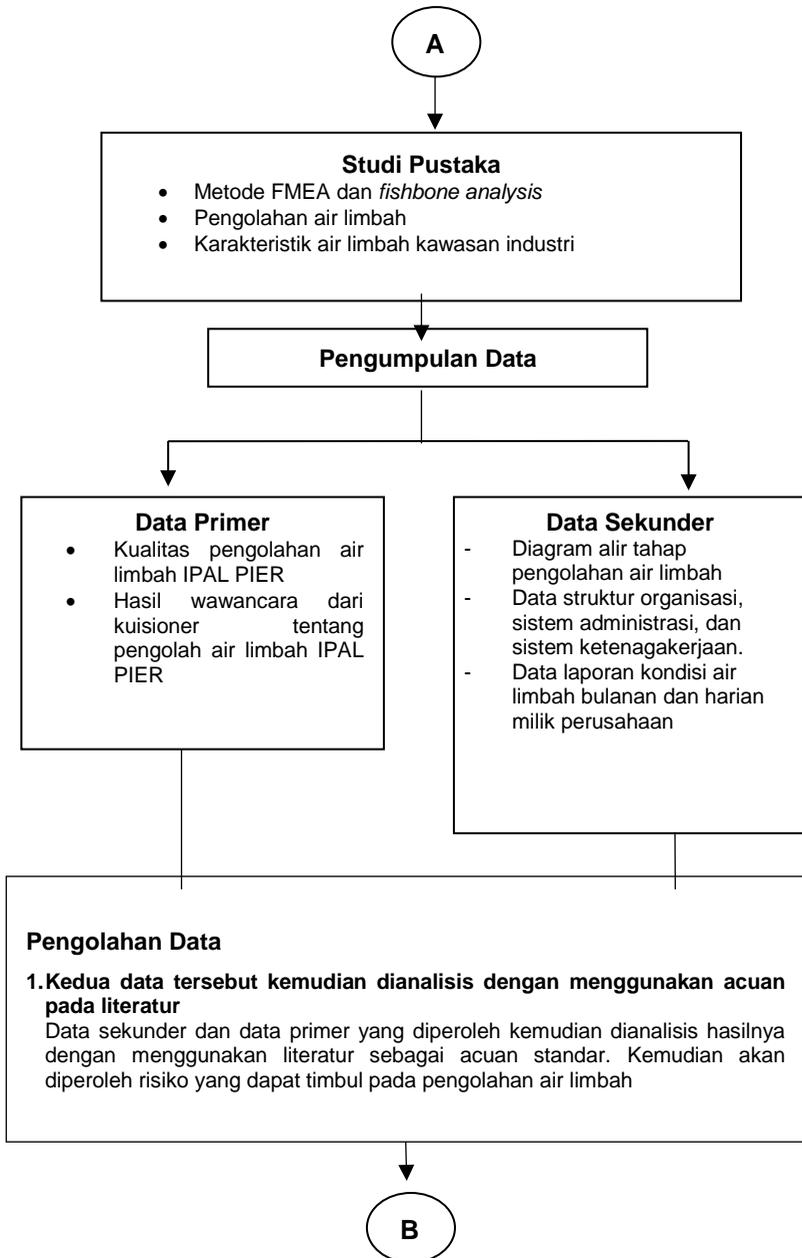
### **3.2 Kerangka Penelitian**

Kerangka penelitian merupakan langkah-langkah dalam penentuan penelitian, dimulai dengan ide penelitian hingga proses penelitian dilakukan. Kerangka penelitian ini digunakan untuk mencapai tujuan penelitian. Merupakan langkah-langkah yang mempermudah penyusunan kerangka berpikir sebelum melakukan penelitian. Hal-hal yang termuat dalam kerangka kajian adalah:

1. Gambaran awal kajian berupa permasalahan dan kondisi ideal
2. Rumusan masalah
3. Tujuan penelitian
4. Pengumpulan data
5. Analisis data
6. Kesimpulan dan saran

Kemudian kerangka penelitian selanjutnya akan dijelaskan melalui gambar diagram 3.1 sebagai berikut:





B

### **Pengolahan Data**

#### **2. Kemudian didapatkan analisis risiko dengan menggunakan *fishbone analysis***

Risiko yang diperoleh dari hasil analisis data kemudian dikelompokkan menjadi risiko berdasarkan sumber daya manusia, kinerja unit, dan pengoperasian unit. Analisis risiko digunakan dengan menganalisis secara unit terlebih dahulu lalu kemudian dibuat kesimpulan dari fishbone tersebut dalam bentuk risiko IPAL secara keseluruhan. Hasil analisis fishbone tersebut dijadikan dasar dari risiko yang akan dianalisis prioritas penanganannya dengan menggunakan metode FMEA.

#### **3. Penentuan pembobotan**

Penentuan pembobotan didasarkan pada hasil analisis tingkat prioritas penanganan berdasarkan pada ketiga aspek dan tingkat keutamaan dari unit pengolahan.

#### **4. Pemberian nilai *severity, occurrence, dan detection***

Pemberian range nilai untuk ketiga hal tersebut didasarkan pada standar FMEA yang disesuaikan dengan kebutuhan IPAL PIER. Kisaran nilai tersebut kemudian disesuaikan dengan standar yang seharusnya dimiliki sebuah unit, sehingga didapatkan rentang penilaian yang sesuai.

#### **5. Penilaian *Risk Priority Number (RPN)***

Penilaian RPN kemudian dilakukan dengan mengalikan ketiga nilai yang didapatkan nilai risiko. Dari nilai risiko tersebut kemudian ditentukan prioritas penanganan risiko berdasarkan nilai RPN tertinggi

#### **6. Menentukan penanganan risiko**

Penentuan penanganan risiko dilakukan berdasarkan dari hasil

**Kesimpulan dan saran**

**Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian**

### **3.3 Ide Penelitian**

Ide penelitian ini berawal dari kondisi terkini yang ada bahwa peningkatan industri di Provinsi Jawa Timur, khususnya kawasan industri PIER. Hal ini memicu penurunan kualitas air sungai karena sungai merupakan muara dari pengolahan air limbah yang dilakukan. Salah satu perusahaan yang terlibat dalam hal ini adalah kawasan industri Pasuruan Industrial Rembang Estate (PIER). PIER merupakan salah satu tempat yang pengolahan limbahnya perlu untuk diamati sebab hampir seluruh perusahaan yang berada pada kawasan tersebut membuang limbahnya ke IPAL PIER. Oleh karena itu

diperlukan manajemen risiko dalam mengatasi permasalahan tersebut.

### **3.4 Studi Pustaka**

Studi pustaka yang dilakukan untuk mendapatkan tambahan data dan masukan terkait penelitian yang dilakukan sesuai dengan teori yang sudah ada. Dalam hal ini studi pustaka dijadikan acuan dasar teori penelitian yang dilakukan. Sumber pustaka yang digunakan adalah *text book*, jurnal, laporan penelitian, tugas akhir terdahulu, serta *website* yang dapat dipercaya keabsahan datanya seperti *website* milik pemerintah.

### **3.5 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk menunjang analisis lanjutan yang akan dilakukan dalam penelitian sehingga penelitian dapat sesuai dengan tujuan yang telah dinyatakan. Data yang diperlukan dalam penelitian dibagi menjadi data primer dan data sekunder.

Data primer dalam penelitian ini adalah data yang secara langsung diperoleh melalui kegiatan yang dilakukan selama penelitian berlangsung. Data primer yang dimaksudkan dalam hal ini adalah data kualitas air limbah yang diolah pada setiap unit pengolahan dan hasil wawancara melalui kuesioner terkait pengolahan air limbah yang dilakukan. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara pengambilan sampel setiap unit, analisis laboratorium, dan kuesioner.

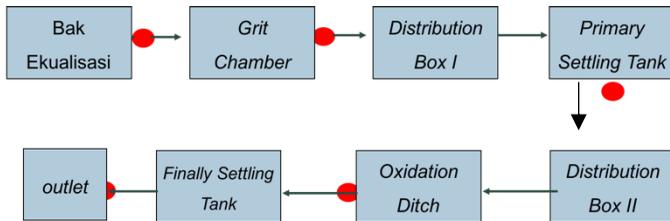
#### **3.5.1 Data Primer**

Data primer yang digunakan merupakan data yang diambil secara langsung di lapangan saat dilakukannya penelitian. Data tersebut diperoleh berdasarkan kondisi yang terjadi saat pengambilan data. Data primer yang digunakan adalah sampel air limbah dan kondisi pengoperasian IPAL yang diperoleh melalui wawancara.

##### **3.5.1.1 Pengambilan Sampel**

Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada setiap unit dengan menggunakan metode *grab sampling*. IPAL PIER

menggunakan unit pengolahan sebanyak 5 unit. Unit pengolahan yang digunakan adalah bak pengendap pertama yang juga berfungsi sebagai bak ekualisasi (bak pengendap pertama) , *grit chamber*, *primary settling tank*, *oxidation ditch*, dan *final clarifier*. Dalam penelitian ini sampel unit yang akan diambil adalah 5 unit yaitu bak pengendap pertama, *grit chamber*, *primary settling tank*, *oxidation ditch*, dan *final clarifier*. Pengambilan sampel tidak dilakukan pada *distribution box I* dan *II* karena tidak terjadi proses pengolahan pada kedua unit tersebut, keduanya berfungsi sebagai pembagi kecepatan ataupun debit sebelum masuk ke unit selanjutnya. Berikut ini adalah gambar diagram pengolahan air limbah serta titik sampling yang akan dilakukan:



**Gambar 3. 2 Titik pengambilan sampel Air Limbah PIER**

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah yang diolah oleh IPAL PIER, air limbah yang diambil sebagai sampel adalah pada influen bak pengendap pertama (bak ekualisasi) dan efluen tiap unit sesuai gambar 3.2. Analisis laboratorium dilakukan dengan menggunakan parameter Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 untuk mengetahui kesesuaian hasil analisis kondisi IPAL dengan peraturan tersebut, sekaligus untuk melihat kecenderungan parameter yang tinggi pada IPAL.

### 3.5.1.2 Kuesioner

Kuesioner yang digunakan dalam hal ini adalah dengan menggunakan metode wawancara langsung kepada pemegang kebijakan terkait pengolahan air limbah dan operator pengolahan air limbah. Kuesioner yang digunakan menanyakan terkait dengan kondisi pengoperasian IPAL.

Dalam pengoperasian IPAL dibutuhkan pengetahuan kondisi dan pengoperasian tiap unit serta pemahaman dan pengetahuan dari sumber daya manusia yang terlibat pada pengolahan IPAL. Daftar pertanyaan untuk kuesioner yang digunakan terdapat pada lampiran I.

Kondisi dan proses pengoperasian IPAL adalah hal-hal yang terjadi selama IPAL selama dioperasikan. Kondisi IPAL meliputi kesesuaian IPAL dengan desain standar yang ada, efluen yang dihasilkan, dan kesesuaian proses pengolahan air limbah dengan rencana. Sementara proses pengoperasian meliputi pengoperasian harian, perawatan IPAL yang selama ini dimiliki, dan permasalahan yang pernah ditemukan selama IPAL beroperasi seputar dengan teknis pengoperasian harian.

### **3.5.2 Data Sekunder**

Data sekunder yang digunakan dari penelitian ini merupakan data yang diperoleh melalui data perusahaan. Data tersebut berupa Diagram alir tahap pengolahan air limbah, data struktur organisasi, data laporan kondisi air limbah harian dan bulanan milik perusahaan, pengukuran debit inlet dan outlet harian, sistem kerja, dan pengelolaan IPAL. Data tersebut nantinya akan digunakan sebagai pembandingan dari data lapangan yang diperoleh.

## **3.6 Pengolahan Data**

Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data-data yang telah diperoleh baik data primer maupun sekunder. Data tersebut kemudian diolah dengan menggunakan metode *fishbone analysis* untuk mendapatkan permasalahan yang telah terjadi atau dapat terjadi dalam proses pengolahan air limbah dan FMEA untuk menentukan prioritas penanganan risiko permasalahan yang timbul berdasarkan hasil *fishbone analysis*.

### **3.6.1 Analisis Permasalahan**

Dalam proses ini digunakan seluruh data baik sekunder maupun primer terkait pengolahan air limbah (wawancara dan hasil analisis kualitas air limbah). Analisis risiko dilakukan dengan pengamatan harian di lapangan terkait dengan teknis perlakuan dalam pengolahan air limbah serta keseluruhan

proses yang terjadi didalamnya. Seluruh risiko yang mungkin muncul atau pernah muncul kemudian ditulis dalam *fishbone chart* sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.3. Berikut adalah langkah yang dapat dilakukan untuk mempermudah dalam melakukan analisis risiko:

1. Memahami proses pengolahan air limbah
2. Menganalisis risiko kegagalan yang mungkin muncul pada pengolahan air limbah
3. Menentukan penyebab utama pada kegagalan pengolahan air limbah
4. Kemudian menentukan efek paling besar yang dapat diakibatkan oleh risiko yang telah diketahui

Identifikasi permasalahan dilakukan menggunakan *fishbone analysis* dengan melihat 3 aspek yaitu sebagai berikut:

1. Sumber daya manusia  
Merupakan faktor yang digunakan untuk mengetahui pengetahuan pengelola atau praktisi. Pengetahuan yang dimaksud adalah seputar peraturan-peraturan yang berkaitan dengan IPAL serta teknologi pengolahan yang digunakan pada IPAL.
2. Kinerja IPAL  
Merupakan jenis unit yang digunakan pada IPAL, permasalahan yang pernah timbul, dan *design* yang digunakan untuk IPAL.
3. Pengoperasian dan Perawatan IPAL  
Perawatan yang dilakukan selama operasional harian dan pelaksanaan IPAL yang dilakukan setiap harinya.

### **3.6.2 Identifikasi Risiko**

Berdasarkan hasil dari *fishbone analysis* yang dilakukan sehingga menghasilkan risiko kemudian dilakukan analisis penyebab risiko tersebut dengan menggunakan metode FMEA. Dalam penggunaannya metode FMEA dilakukan dengan melakukan penilaian melalui tiga hal yaitu severity (S), occurrence (O), dan detect (D). Dalam pelaksanaannya penjabaran dalam perlakuan identifikasi ketiga indikator tersebut adalah sebagai berikut:

- a. *Severity*

*Severity* merupakan hal-hal yang berisi tentang kegagalan yang muncul dari rangkaian proses pengolahan air limbah. Mengetahui kegagalan tersebut didasarkan pada fungsi dan efek yang ditimbulkan. Kegagalan yang dimasukkan dalam *severity* adalah kegagalan yang dapat memicu kegagalan yang lain. Penilaian *severity* dilakukan dengan memberikan *range* skor yang ditentukan untuk setiap risiko yang diperoleh melalui *fishbone analysis*.

*b. Occurance*

Occurance merupakan penilaian terhadap frekuensi terjadi sebuah kondisi. Dalam indikator ini perlu dicatat dengan detail penyebab dari masing-masing kegagalan yang timbul. Penilaian *occurance* dilakukan dengan memberikan *range* skor yang ditentukan untuk setiap aspek.

*c. Detection*

*Detection* merupakan indikator yang menyatakan bentuk penanganan permasalahan yang selama ini telah dilakukan ataupun bentuk pencegahan yang telah diupayakan. Dalam *detection* dibutuhkan data dari hasil kuesioner dan pencatatan perusahaan terkait penanganan permasalahan yang selama ini telah dilakukan pada IPAL. Penilaian *detection* dilakukan dengan memberikan *range* skor yang ditentukan berdasarkan pada kondisi lapangan yang ada.

### **3.6.3 Penilaian Risiko**

Penilaian risiko dilakukan berdasarkan pada nilai yang didapatkan melalui tahap identifikasi risiko, setelah dilakukan identifikasi risiko kemudian dilihat seberapa banyak risiko tersebut terjadi, dan kemudian dianalisis penanganan untuk risiko tersebut selama ini sudah ada atau belum. Penilaian risiko disebut juga sebagai Risk Priority Number (RPN), penilaian tersebut diperoleh dari pembuatan pembobotan berdasarkan nilai *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* seperti pada Tabel 2.2, Tabel 2.3, Dan Tabel 2.4. pembuatan pembobotan penilaian risiko dilakukan berdasarkan hasil dari gambaran awal dari lokasi penelitian. RPN digunakan untuk menyatakan tingkat risiko yang memerlukan penanganan terlebih dahulu, sehingga dapat dikatan juga bahwa RPN digunakan untuk menentukan prioritas penanganan permasalahan.

### **3.6.4 Penanganan Risiko**

Setelah didapatkan nilai RPN kemudian dilakukan penyusunan penanganan oleh peneliti, penanganan yang disusun berdasarkan pada kondisi yang ada dan studi literatur yang bersangkutan dengan permasalahan tersebut. Lalu kemudian strategi penangananan yang telah disusun didiskusikan lebih lanjut bersama pihak pengelola dan pelaksanaan. Hal ini ditujukan untuk memberikan penanganan risiko yang dapat dikakukan oleh pihak terkait.

## BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan mengambil data sekunder dan data primer dari IPAL kawasan industri PIER. Data sekunder yang digunakan adalah diagram alir proses pengolahan air limbah pada IPAL, data tenaga kerja, data struktur perusahaan, dan laporan hasil analisis bulanan IPAL selama tiga tahun terakhir, laporan hasil analisis harian oleh laboratorium internal selama satu tahun terakhir, data desain tiap unit IPAL dan data debit outlet harian selama tiga tahun terakhir. Untuk pengambilan data primer sendiri dilakukan dengan pengujian sampel dianalisis berdasarkan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Selain itu dilakukan wawancara dengan menggunakan kuesioner tentang perawatan IPAL, kinerja IPAL selama satu tahun belakangan, dan juga sistem pelaksanaan IPAL.

Dalam sistem penyaluran air limbah menuju IPAL untuk setiap perusahaan yang menyambungkan air limbahnya pada IPAL PIER terdapat bak kontrol. Air limbah yang masuk pada IPAL PIER sendiri mayoritasnya merupakan air limbah produksi. Dalam proses pengolahan air limbahnya sendiri IPAL PIER menerapkan standar inlet untuk air limbah yang masuk ke PIER, apabila air limbah perusahaan tidak sesuai standar inlet PIER maka diharuskan memiliki pengolahan awal. Standar IPAL PIER dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4. 1 Standar kualitas inlet IPAL PIER**

Parameter	Nilai	Satuan
Suhu	40	°C
Jumlah padatan terlarut	2000	mg/L
Jumlah padatan tersuspensi	400	mg/L
Warna	300	skala Pt.Co
pH	6--9	mg/L
Besi	30	mg/L
Mangan	10	mg/L

<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
Barium	5	mg/L
Tembaga	5	mg/L
Seng	5	mg/L
Krom heksavalen	2	mg/L
Krom total	2	mg/L
Kadmium	1	mg/L
Merkuri/raksa	0,005	mg/L
Timbal	3	mg/L
Timbal putih	2	mg/L
Arsen	1	mg/L
Selenium	1	mg/L
Nikel	2	mg/L
Kobalt	1	mg/L
Sianida	1	mg/L
Sulfida	1	mg/L
Fluorida	30	mg/L
Klorin bebas	1	mg/L
Ammoniak bebas	20	mg/L
Nitrat	50	mg/L
Nitrit	5	mg/L
Phospat	20	mg/L
Sulfat	500	mg/L
COD	3000	mg/L
BOD	1500	mg/L
Deterjen	5	mg/L
Phenol	2	mg/L
Minyak dan lemak	30	mg/L

<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
Ammoniak	15	mg/L
Chlorida	300	mg/L

Sumber : Dokumen IPAL PIER, 2018

Berdasarkan pada dokumen tersebut dapat dilihat bahwa parameter yang mampu diolah IPAL adalah parameter kimia selain bentuk logam berat. Adapun parameter logam berat yang dapat ditampung IPAL adalah dalam jumlah sedikit dan hampir memenuhi baku mutu. Pengolahan yang dilakukan pada IPAL karena menggunakan proses fisik-biologis maka tidak dapat mereduksi logam berat dalam jumlah besar. Sehingga parameter kontrol harian pada IPAL memang tidak menggunakan parameter logam berat sebagai parameter yang dikontrol secara harian.

**Tabel 4. 2 Debit outlet IPAL PIER 2016-2018**

<b>Tanggal</b>	<b>Debit</b>	<b>Satuan</b>	<b>Debit</b>	<b>Satuan</b>
<b>Jul-16</b>	3578,23	m <sup>3</sup> /hari	0,041	m <sup>3</sup> /detik
<b>Aug-16</b>	4183,80	m <sup>3</sup> /hari	0,048	m <sup>3</sup> /detik
<b>Sep-16</b>	3985,13	m <sup>3</sup> /hari	0,046	m <sup>3</sup> /detik
<b>Oct-16</b>	4118,83	m <sup>3</sup> /hari	0,048	m <sup>3</sup> /detik
<b>Nov-16</b>	4064,30	m <sup>3</sup> /hari	0,047	m <sup>3</sup> /detik
<b>Dec-16</b>	4119,93	m <sup>3</sup> /hari	0,048	m <sup>3</sup> /detik
<b>Jan-17</b>	4090,57	m <sup>3</sup> /hari	0,047	m <sup>3</sup> /detik
<b>Feb-17</b>	3935,23	m <sup>3</sup> /hari	0,046	m <sup>3</sup> /detik
<b>Mar-17</b>	4297,40	m <sup>3</sup> /hari	0,050	m <sup>3</sup> /detik
<b>Apr-17</b>	3958,97	m <sup>3</sup> /hari	0,046	m <sup>3</sup> /detik
<b>May-17</b>	4042,43	m <sup>3</sup> /hari	0,047	m <sup>3</sup> /detik
<b>Jun-17</b>	3511,80	m <sup>3</sup> /hari	0,041	m <sup>3</sup> /detik
<b>Jul-17</b>	4038,37	m <sup>3</sup> /hari	0,047	m <sup>3</sup> /detik
<b>Aug-17</b>	3896,27	m <sup>3</sup> /hari	0,045	m <sup>3</sup> /detik

<b>Sep-17</b>	3872,27	m <sup>3</sup> /hari	0,045	m <sup>3</sup> /detik
<b>Oct-17</b>	4099,43	m <sup>3</sup> /hari	0,047	m <sup>3</sup> /detik
<b>Nov-17</b>	3996,07	m <sup>3</sup> /hari	0,046	m <sup>3</sup> /detik
<b>Dec-17</b>	4145,87	m <sup>3</sup> /hari	0,048	m <sup>3</sup> /detik
<b>Jan-18</b>	4059,63	m <sup>3</sup> /hari	0,047	m <sup>3</sup> /detik
<b>Feb-18</b>	3817,80	m <sup>3</sup> /hari	0,044	m <sup>3</sup> /detik
<b>Mar-18</b>	4028,07	m <sup>3</sup> /hari	0,047	m <sup>3</sup> /detik
<b>Apr-18</b>	3716,90	m <sup>3</sup> /hari	0,043	m <sup>3</sup> /detik
<b>Jul-18</b>	3567,23	m <sup>3</sup> /hari	0,041	m <sup>3</sup> /detik
<b>Aug-18</b>	2672,90	m <sup>3</sup> /hari	0,031	m <sup>3</sup> /detik
<b>Sep-18</b>	2722,73	m <sup>3</sup> /hari	0,032	m <sup>3</sup> /detik
<b>Oct-18</b>	3034,80	m <sup>3</sup> /hari	0,035	m <sup>3</sup> /detik
<b>Nov-18</b>	2828,80	m <sup>3</sup> /hari	0,033	m <sup>3</sup> /detik
<b>Dec-18</b>	3519,80	m <sup>3</sup> /hari	0,041	m <sup>3</sup> /detik
<b>Rata-rata</b>			0,041	m <sup>3</sup> /detik

Berdasarkan data perusahaan diketahui bahwa fluktuasi debit selama tiga tahun memiliki rata-rata debit outlet 0,041 m<sup>3</sup>/detik, dengan debit harian 4000-6000 m<sup>3</sup>/hari. Data pembacaan debit dengan menggunakan *flow meter* dapat dilihat pada tabel 4.2. Sementara berdasarkan pada kapasitas IPAL yang didapatkan dari perusahaan IPAL PIER dapat menampung 14.000 m<sup>3</sup>/hari. Hingga saat ini IPAL PIER masih kekurangan debit dari debit rencana awal, sehingga untuk pengoperasian unit yang dilakukan tidak semua unit dioperasikan.

Untuk pengoperasian pada IPAL PIER sendiri dapat dilihat diagram alir prosesnya pada gambar 4.1. pada diagram alir proses tersebut dapat dilihat mulai dari air limbah berasal, penampungan sementara air limbah, dan unit pengolahan air limbah yang digunakan pada IPAL PIER.

Instalasi pengolahan air limbah PIER sendiri memiliki total 5 jenis unit pengolahan yang digunakan. Unit pengolahan beserta total jumlah yang digunakan yaitu : satu bak

ekualisasi, dua *grit chamber*, satu *secondary settling tank*, empat *oxidation ditch*, dan dua *finally settling tank*. Diagram pengolahan air limbah dapat dilihat pada lampiran. Dalam pengontrolan efluen air limbah IPAL PIER menggunakan kolam indikator berisi ikan nila. Berikut ini adalah gambar diagram instalasi pengolahan air limbah PIER dapat dilihat pada gambar 4.1. Sampel air limbah diambil pada 6 titik yang sudah ditetapkan. Pengambilan sampel tersebut mengacu pada waktu tinggal yang ada pada kriteria desain (*Metcalf dan Eddy, 2005*) dalam satu siklus proses membutuhkan waktu kurang lebih 1 hari 3 jam sebelum air limbah masuk ke badan air. Sehingga pelaksanaan penelitian yang dilakukan pengambilan sampel air limbah untuk setiap unit digunakan pengambilan sampel sesuai dengan waktu tinggal dengan range paling besar. Pengambilan range paling besar sebab debit air limbah pada IPAL PIER saat ini sebenarnya masih jauh dari rencana.

Pengambilan data digunakan dengan cara mengambil sampel air limbah pada 6 titik yang sudah ditetapkan sesuai dengan diagram alir yang terdapat pada 3.5.1.1. Pengambilan sampel tersebut mengacu pada waktu tinggal yang ada pada kriteria desain *Metcalf and Eddy, 2005*. Dalam satu siklus proses membutuhkan waktu kurang lebih 1 hari 3 jam sebelum air limbah masuk ke badan air. Sebagai acuan pendukung data tersebut maka digunakan hasil uji bulanan selama 3 tahun sebelumnya, yaitu tahun 2016-2018 dan juga digunakan data uji harian selama periode satu tahun terakhir.

## **4.2 Gambaran Unit Pengolahan**

Berdasarkan diagram alir yang terdapat pada gambar 3.1 dapat diketahui bahwa unit pengolahan air limbah pada IPAL PIER terdapat 5 jenis unit yaitu bak pengendap pertama, *grit chamber*, *secondary settling tank*, *oxidation ditch*, dan final *settling tank*.

### **4.2.1 Bak Pengendap Pertama**

Bak pengendap pertama berfungsi untuk mengendapkan padatan tersuspensi pada air limbah, pengendapan pada bak pengendap pertama menggunakan gravitasi (berat jenis padatan tersuspensi) (*Metcalf & Eddy,*

2014). Bak pengendap pertama pada IPAL PIER menerima air masuk dari rumah pompa. Rumah pompa tersebut berfungsi menyalurkan air limbah dari masing-masing bak kontrol perusahaan menuju ke IPAL. Menurut (Metcalf & Eddy, 2014) standar desain untuk bak pengendap dapat dilihat pada tabel 4.4. Menurut Yulianti, 2012 untuk melihat kondisi bak pengendap pertama dapat bekerja dengan baik atau tidak digunakan parameter nilai Nfr, OFR, NRe, dan kecepatan horizontal.

**Tabel 4. 3 Desain bak pengendap**

<b>Parameter</b>	<b>Range</b>	<b>Satuan</b>
<b>Hydarulic Retention Time (HRT)</b>	1,5-2,5	Jam
<b>Overflow rate average flow</b>	25-30	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari
<b>Overflow rate peak flow</b>	50 -70	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari
<b>NRe</b>	<2000	-
<b>Nfr</b>	>10 <sup>-5</sup>	-

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2014)

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan dari persamaan 1.a diketahui bahwa Hydarulic Retention Time (HRT) untuk unit bak pengendap pertama adalah 3,16 jam, berarti melebihi standar desain. Hal ini disebabkan debit inlet IPAL masih belum memenuhi standar desain IPAL yang telah ditetapkan. Berdasarkan perhitungan dari HRT bak pengendap masih dapat menampung maksimal 7.449 m<sup>3</sup>/hari, sementara debit minimum yang dibutuhkan untuk memenuhi standar desain IPAL adalah 4469,7 m<sup>3</sup>/hari.

$$HRT = \frac{Volume}{Debit} \dots\dots\dots(1.a)$$

$$OFR = \frac{Debit}{As} \dots\dots\dots(1.b)$$

Untuk nilai overflow rate sendiri merupakan sebuah angka yang berpengaruh terhadap kemampuan pengendapan dari bak pengendap. Perhitungan overflow rate dapat dilihat pada persamaan 1.b. Dari perhitungan tersebut didapatkan

bahwa OFR untuk debit puncak maupun rata-rata kurang dari standar desain yang telah ditetapkan. Nilai OFR saat ini berdasarkan pada debit rata-rata harian adalah 17,65 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari, sementara untuk debit puncak nilai OFR adalah 21,487 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari. Kedua parameter tersebut tidak memenuhi standar desain yang telah ada, hal tersebut di sebabkan debit pada unit bak pengendap pertama masih kurang dari standar desain. Nilai OFR dipengaruhi oleh jenis limbah, banyaknya partikel yang akan mengendap, dan konsentrasi solid yang terdapat pada air limbah (Metcalf & Eddy, 2014). Nilai OFR dan HRT saling berpengaruh, apabila nilai OFR dan HRT cukup rendah berarti kondisi dari efisiensi proses pengendapan bagus, namun apabila kedua nilai tersebut terlalu rendah dapat terjadi kondisi septik (Tillman G. , 1992).

$$NRe = Vh \frac{R}{\nu} \dots\dots\dots(1.c)$$

Vh = kecepatan horizontal (m/s)

R = jari-jari hidrolik (m)

ν = viskositas kinematik (m<sup>2</sup>/s)

Untuk parameter selanjutnya dapat dilihat bahwa untuk mencari bilangan reynold digunakan rumus pada persamaan 1.c. Didapatkan hasil perhitungan nilai NRe untuk bak pengendap pertama adalah 6376, nilai NRe pada bak pengendap pertama tidak memenuhi standar desain. Berdasarkan pada besaran nilai NRe, pola aliran pada unit pengendap pertama ini dapat dikategorikan memiliki aliran yang turbulen (Ambat & Prasetyo, 2015). Nilai NRe tersebut menunjukkan bahwa pola aliran pada bak pengendap pertama tidak sesuai kriteria untuk pengendapan. Hal tersebut terjadi karena debit yang kurang, apabila dihitung dengan debit maksimum yang dapat ditampung oleh air limbah nilai NRe adalah 294,7 memenuhi standar desain pola aliran bak pengendap pertama.

$$Nfr = \frac{Vh^2}{g \times R} \dots\dots\dots(1.d)$$

Vh = kecepatan horizontal (m/s)

R = jari-jari hidrolik (m)

g = kecepatan gravitasi (m<sup>2</sup>/s)

Nfr yang ditetapkan untuk unit bak pengendap pertama adalah >10<sup>-5</sup> , perhitungan nilai Nfr unit pengendap menggunakan persamaan 1d. Berdasarkan pada hasil

perhitungan tersebut didapatkan bahwa nilai Nfr untuk kondisi eksisting adalah  $5,042 \times 10^{-8}$ . Nilai Nfr tidak memenuhi standar bak pengendap pertama. Nilai NRe dan Nfr menggambarkan pola aliran dari bak pengendap, sehingga ketika aliran turbulen dan nilai froude number maka pengendapan tidak akan maksimal (Yulianti, 2012).



**Gambar 4. 1** Bak pengendap pertama

#### 4.2.2 Grit Chamber

*Grit chamber* merupakan unit yang berfungsi untuk mengurangi, menghilangkan, atau mengendapkan partikel *grit*, supaya partikel tersebut tidak menyumbat saluran ataupun merusak pompa (Puspasari, 2017). IPAL PIER menggunakan grit chamber tipe *horizontal flow grit chamber* (Metcalf & Eddy, 2014). Untuk melihat kinerja grit chamber maka digunakan standar desain sebagai berikut di tabel 4.5.

**Tabel 4. 4** Standar unit grit chamber

Parameter	Range	Satuan
HRT	45 -90	Detik
Vh	0,8-1,3	m/s

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2014)

Untuk mengetahui kondisi kinerja unit grit chamber digunakan standar seperti pada tabel 4.5 dan waktu pengurasan unit. Untuk menghitung debit maka digunakan persamaan 2.a

$$HRT = \frac{\text{Volume}}{\text{Debit}} \dots\dots\dots(2.a)$$

Berdasarkan pada perhitungan tersebut diketahui bahwa waktu tinggal pada unit grit chamber adalah 14 menit. Oleh karena itu untuk saat ini waktu tinggal unit grit chamber tidak memenuhi standar karena debit yang kurang.

$$Vh = \frac{\text{Debit}}{\text{Lebar} \times \text{Tinggi air}} \dots\dots\dots(2.b)$$

Berdasarkan pada persamaan 2.b didapatkan hasil perhitungan bahwa nilai kecepatan horisontal adalah 0,016 m/s, berarti kecepatan horisontal kurang dari standar desain.

Sementara itu untuk waktu pengurasan lumpur perhitungannya dapat dilihat pada persamaan 2.c sebagai berikut

$$\text{Waktu pengurasan} = \frac{\text{volume ruang lumpur}}{\text{volume lumpur/hari}} \dots\dots\dots(2.c)$$

Berdasarkan pada persamaan 2.c didapatkan bahwa waktu pengurasan lumpur dilakukan setiap 102 hari sekali, sekitar 3,5 bulan sekali. Kondisi lapangan yang terjadi lumpur dikuras setiap 2-3 bulan sekali, sehingga sudah sesuai dengan standar yang dibutuhkan.

Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan-persamaan diatas. Didapatkan bahwa penggunaan satu unit grit chamber masih mampu untuk memenuhi kebutuhan debit saat ini, dengan menggunakan satu unit *grit chamber* pun sebenarnya HRT yang didapatkan masih belum memenuhi kriteria desain



**Gambar 4. 2 Grit chamber**

#### **4.2.3 Secondary Settling Tank**

*Secondary settling tank* yang digunakan pada unit IPAL PIER merupakan tipe bak pengendap *circular*. Bak pengendap kedua pada IPAL PIER ini berfungsi untuk mengurangi partikel terseuspensi pada pengolahan air limbah. *Secondary settling tank* dilengkapi dengan *scraper* yang berfungsi untuk membantu mengumpulkan lumpur ke sludge tank yang terdapat ditengah unit, namun sudah hampir enam bulan terakhir *scraper* tersebut tidak berfungsi.

Untuk mengetahui kinerja *secondary settling tank* selama maka dari itu dilakukan perhitungan dengan mengacu pada standar desain unit *secondary settling tank*. Standar untuk *secondary settling tank* dapat dilihat pada tabel 4.6

**Tabel 4. 5 Standar desain secondary settling tank**

<b>Parameter</b>	<b>Range</b>	<b>Satuan</b>
<b>HRT</b>	1,5-2,5	Jam
<b>Overflow rate average flow</b>	30 - 50	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari
<b>Overflow rate peak flow</b>	80 - 120	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2014)

Untuk mengetahui waktu tinggal dari unit *secondary settling tank* maka digunakan perhitungan dengan persamaan 3.a sebagai berikut:

$$HRT = \frac{Volume}{Debit} \dots\dots\dots(3.a)$$

Hasil perhitungan yang didapatkan dari persamaan 3.a diketahui bahwa HRT untuk unit *secondary settling tank* adalah 4,4 jam, berarti melebihi standar desain. Hal ini disebabkan debit inlet IPAL masih belum memenuhi standar desain IPAL yang telah ditetapkan. Berdasarkan perhitungan dari HRT bak pengendap masih dapat menampung maksimal 10.529 m<sup>3</sup> /hari, sementara debit minimum yang dibutuhkan untuk memenuhi standar desain IPAL adalah 6317,7 m<sup>3</sup>/hari.

$$OFR = \frac{Debit}{As} \dots\dots\dots(3.b)$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan bahwa OFR untuk debit puncak maupun rata-rata kurang dari standar desain yang telah ditetapkan. Nilai OFR sendiri merepresentasikan kecepatan suatu partikel tersuspensi untuk mengendap. Nilai OFR saat ini berdasarkan pada debit rata-rata harian adalah 10,19 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup>.hari, sementara untuk debit puncak nilai OFR adalah 16,13 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup>.hari. Kedua parameter tersebut tidak memenuhi standar desain yang telah ada, hal tersebut di sebabkan debit pada unit *secondary settling tank* masih kurang dari standar desain. Sehingga sampai unit memenuhi minimum debit nilai OFR akan selalu dibawah standar. Nilai OFR dan HRT yang rendah mengindikasikan bahwa *secondary settling tank* masih mampu menampung air limbah.



**Gambar 4. 3 Secondary Settling Tank**

#### 4.2.4 Oxidation Ditch

*Oxidation ditch* merupakan pengembangan dari sistem *activated sludge*. *Oxidation ditch* memanfaatkan mikroorganisme dalam menjalankan prosesnya, air limbah yang berada pada unit *oxidation ditch* kemudian akan mengalami kontak dengan udara dengan bantuan rotor sehingga terjadi proses aerasi pada air limbah tersebut (Hartaja & Setiadi, 2016). Untuk satu unit *oxidation ditch* pada IPAL PIER dilengkapi dengan 4 rotor.

**Tabel 4. 6 Standar desain oxidation ditch**

Parameter	Range	Satuan
HRT	18 -36	Jam
BOD load*	0,1-0,6	Kg BOD /m <sup>3</sup> .hari
MLSS*	3000-6000	mg/L
F/M	0,04-0,1	Kg BOD/kg MLSS. d

Sumber: ( Hartaja dan Setiadi, 2016)\*, (Metcalf & Eddy, 2014)

Untuk mengetahui waktu tinggal dari unit secondary settling tank maka digunakan perhitungan dengan persamaan 4.a sebagai berikut:

$$\text{HRT} = \frac{\text{Volume}}{\text{Debit}} \dots\dots\dots(4.a)$$

Hasil perhitungan yang didapatkan dari persamaan 4.a diketahui bahwa HRT untuk unit *oxidation ditch* adalah 44 jam, berarti melebihi standar desain. Hal ini disebabkan debit inlet IPAL masih belum memenuhi standar desain IPAL yang telah ditetapkan.

$$\text{BOD load} = \frac{\text{Debit} \times \text{So}}{V} \dots\dots\dots(4.b)$$

Berdasarkan pada tabel 4.7 hal lain yang perlu diperhatikan dalam pengolahan dengan unit *oxidation ditch* adalah BOD loading rate merupakan jumlah BOD yang masuk persatuan volume unit, untuk mengetahui jumlah BOD yang masuk apakah sudah sesuai dengan kemampuan *oxidation ditch* untuk mengolah atau belum (Hartaja & Setiadi, 2016). Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa BOD loading rate adalah 0,244 kg BOD/m<sup>3</sup> hari. Berdasarkan pada kondisi tersebut untuk BOD *loading rate* masih memenuhi kriteria desain dan berada pada kondisi yang cenderung aman karena memiliki jarak yang cukup jauh dengan maksimum daya kerja *oxidation ditch*.

*Mixed Liquour Suspended Solida* (MLSS) dalah jumlah total dari padatan tersuspensi yang berupa material organik dan mineral, termasuk di dalamnya adalah mikroorganisme. Kandungan MLSS pada *oxidation ditch* dipengaruhi oleh pencampuran yang terjadi pada unit pengolahan. Berdasarkan pada data yang didapatkan nilai MLSS pada unit pengolahan berkisar antara 4000-5000 mg/L. Nilai MLSS dan F/M rasio akan berbanding lurus (Yanita, 2016)

$$F/M = \frac{\text{Debit} \times (\text{So}-S)}{V \times X} \dots\dots\dots(4.b)$$

- So = konsentrasi BODin (kg/m<sup>3</sup>)
- S = konsentrasi BODout (kg/m<sup>3</sup>)
- X = MLSS (kg/m<sup>3</sup>)
- V = volume reaktor (m<sup>3</sup>)

*Oxidation ditch* menggunakan mikrobiologi sebagai bagian penting dalam kontrol terhadap kinerja *oxidation ditch*.

Sebab F/M rasio digunakan untuk melihat apakah mikrobiologi yang terdapat pada *oxidation ditch* mampu bekerja dengan baik untuk menyerap makanannya atau tidak. Berdasarkan hasil hitungan F/M rasio didapatkan bahwa F/M rasio untuk unit pengolahan ini adalah 0,02/ hari. Dengan angka tersebut berarti dapat diketahui bahwa bakteri yang terbentuk untuk menguraikan limbah yang ada di *oxidation ditch* lebih banyak jumlahnya dibandingkan dengan makanan yang ada. Semakin kecil rasio F/M maka kondisinya semakin bagus karena artinya proses yang terjadi maksimal, namun pada kondisi ini mikroorganisme yang terbentuk pada kondisi lapangan menyebabkan lumpur yang terbentuk bertekstur seperti jeli. Kondisi ini disebabkan oleh terbentuknya exopolysaccharida oleh bakteri, sehingga dalam kondisi ini menyebabkan pengendapan menjadi lebih lama. Pengendapan yang lama ini dibuktikan dengan nilai SVI yang tinggi yaitu melebihi 150 ml/g (Ningtyas, 2015).

Sebenarnya berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan kondisi *oxidation ditch* dapat diketahui bahwa sebenarnya penggunaan satu unit *oxidation ditch* sudah mampu untuk memenuhi debit yang ada saat ini. Namun berdasarkan data uji analisis pada air limbah baik yang dilakukan oleh pihak IPAL maupun sampling sendiri didapatkan bahwa rasio BOD/COD air limbah berkisar pada nilai 0,3 – 0,45. Menurut (Tamyiz, 2015) kondisi ini adalah kondisi dimana tingkat penguraian biologis pada air limbah rendah. Kondisi ini bukan berarti zat biologis dalam air limbah tidak dapat diurai. Zat tersebut tetap dapat diurai namun membutuhkan waktu yang lama dan membutuhkan aklimatisasi dari bakteri yang digunakan sehingga bakteri tersebut dapat cocok dengan proses (Mangkoedihardjo, 2006).



**Gambar 4. 4 Oxidation ditch**

#### **4.2.4 Final Settling Tank**

*Final settling tank* berfungsi untuk mengendapkan flok yang telah terbentuk dari proses *oxidation ditch*. Saat dalam fase endogenous pengendapan akan lebih maksimal sebab energi dan pertumbuhan mikroba terbatas. Faktor yang menyebabkan pengendapan pada final settling tank maksimal apabila rasio F/M rendah.

**Tabel 4. 7 Standar desain final settling tank**

<b>Parameter</b>	<b>Range</b>	<b>Satuan</b>
<b>HRT</b>	1,5-2,5	Jam
<b>Overflow rate average flow</b>	24-32	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari
<b>Overflow rate peak flow</b>	40-64	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2014)

Untuk mengetahui waktu tinggal dari unit *final settling tank* maka digunakan perhitungan dengan persamaan 5.a sebagai berikut:

$$\text{HRT} = \frac{\text{Volume}}{\text{Debit}} \dots\dots\dots(5.a)$$

Hasil perhitungan yang didapatkan dari persamaan 4.a diketahui bahwa HRT untuk *final settling tank* adalah 20 jam, berarti melebihi standar desain. Hal ini disebabkan debit inlet IPAL masih belum memenuhi standar desain IPAL yang telah ditetapkan. Untuk saat ini apabila dalam kondisi debit IPAL berada dalam range rata-rata harian, pengoperasian satu unit clarifier saja sebenarnya masih belum memenuhi standar desain yang ditetapkan.

$$\text{OFR} = \frac{\text{Debit}}{A_s} \dots\dots\dots(3.b)$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan bahwa OFR untuk debit puncak maupun rata-rata kurang dari standar desain yang telah ditetapkan. Nilai OFR saat ini berdasarkan pada debit rata-rata harian adalah 2,86 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup>.hari, sementara untuk debit puncak nilai OFR adalah 9,07 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup>.hari. Kedua parameter tersebut tidak memenuhi standar desain yang telah ada, hal tersebut di sebabkan debit pada unit final settling tank masih kurang dari standar desain. Sehingga sampai unit memenuhi minimum debit nilai OFR akan selalu dibawah standar. Namun sebenarnya semakin kecil nilai OFR semakin baik sebab nilai OFR berbanding terbalik dengan kecepatan pengendapan.



**Gambar 4. 5 Final settling tank**

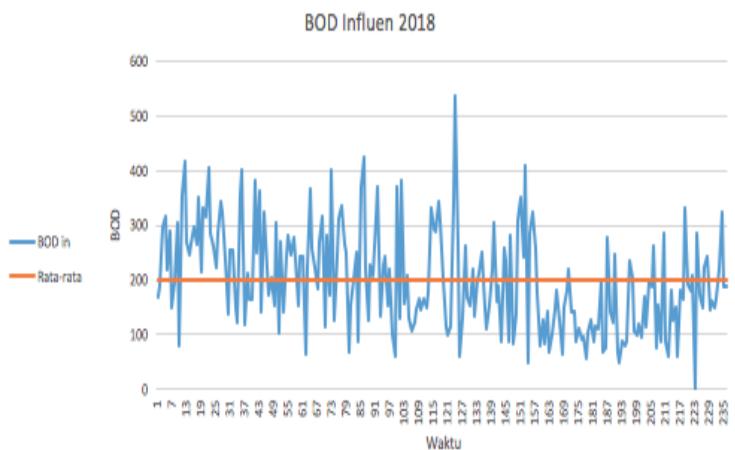
### 4.3 Analisis Uji Parameter

Analisis hasil parameter yang dilakukan adalah analisis guna mendapatkan kondisi inlet, outlet, serta setiap unit pada IPAL PIER. Untuk data inlet dan outlet yang digunakan adalah dua jenis data yaitu data sekunder berdasarkan hasil uji bulanan IPAL PIER selama dua tahun dan data primer berdasarkan hasil uji yang dilakukan secara mandiri.

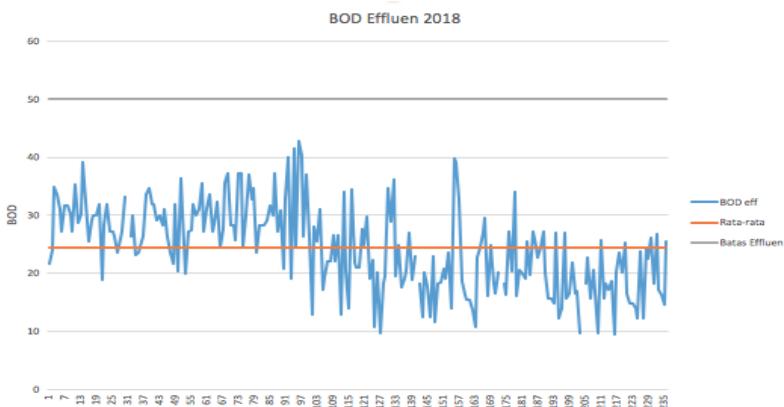
#### 4.3.1 Uji Parameter Tahun 2018

Hasil uji parameter sepanjang tahun 2018 yang dilakukan IPAL PIER dilakukan setiap hari kerja. Sehingga pada hari libur IPAL PIER tidak menguji parameternya selain parameter pH yang dilakukan oleh operator. Pengujian yang dilakukan hanya pada hari kerja disebabkan oleh pengujian seluruh parameter hanya bergantung pada laboratorium saja. Sementara untuk alat otomatis yang dapat memantau kualitas tidak dimiliki oleh IPAL.

Berdasarkan pada hasil pengujian tersebut maka didapatkan bahwa dalam pengujian IPAL ada beberapa data yang didapatkan bahwa kondisi IPAL tidak sesuai baku mutu. Kondisi yang tidak sesuai ini disebabkan pada beberapa hari tertentu IPAL mendapatkan beban pencemar yang cukup tinggi.



Gambar 4. 6 Grafik BOD influen selama 2018



**Gambar 4. 7 Grafik BOD efluen selama 2018**

Berdasarkan pada data tersebut dapat dilihat bahwa persebaran dari BOD influen maupun efluen setiap harinya sangat fluktuatif dan tidak memiliki pola yang dapat dibaca. Sehingga tidak dapat dilihat sebenarnya pada persebaran harian kondisi beban pencemar yang masuk ke IPAL PIER. Kondisi ini tidak hanya terjadi pada parameter BOD saja, pada parameter COD dan TSS juga ditemui hal yang sama.

Analisis uji parameter untuk inlet sendiri didapatkan hasil untuk parameter logam yang masuk ke IPAL memiliki konsentrasi yang cenderung memenuhi baku mutu. Namun untuk parameter logam besi pada beberapa kali laporan harian inlet IPAL tidak memenuhi standar yang ditetapkan oleh IPAL,

Disebabkan oleh tingkat fluktuasi yang terlalu tinggi pada kondisi beban pencemar IPAL sehingga sulit untuk dilihat dikontrol kualitas beban pencemar yang masuk. Kontrol kualitas beban pencemar yang masuk apabila dilakukan akan mempermudah kinerja dari pihak IPAL karena dapat ditentukan tindakan yang harus dilakukan setiap harinya. Berdasarkan hasil uji laboratorium IPAL yang dilakukan secara harian selama satu tahun, didapatkan beberapa kali sedikit melebihi baku mutu. Sehingga proses dapat disesuaikan dengan kondisi beban pencemar.

Fluktuasi dari kondisi beban pencemar yang masuk ini pada akhirnya membuat kinerja IPAL tidak sesuai dengan

desain awal. Utamanya pada parameter BOD dan COD yang beberapa kali sempat melampaui baku mutu. Dengan pertimbangan akan semakin meluasnya kawasan industri maka perlu dilakukan perencanaan pencegahan. Sehingga ketika beban pencemar nantinya bertambah tidak akan menimbulkan kondisi yang tidak diinginkan.

#### 4.3.2 Uji Parameter Primer

Uji parameter primer adalah uji parameter yang dilakukan sendiri. Uji parameter ini dilakukan mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 tahun 2013. Dalam melakukan uji parameter titik sampling yang digunakan adalah titik sampling yang telah disebutkan pada bab 3 penelitian ini. Titik sampling tersebut kemudian dianalisis di laboratorium.

**Tabel 4. 8 Hasil uji parameter**

Parameter	Satuan	Inlet	1	2	3	4
pH		8	8	8	8	8
TSS	mg/l	90	144	160	144	11
BOD5	mg/l	67	160	191	227	9
COD	mg/l	217	483	578	688	44
Sulfida	mg/l	0,99	28	24	21	<0,002
Amonia bebas	mg/l	0,2	2	1	1	<0,01
Fenol	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	1,1	<0,001
Minyak dan lemak	mg/l	<1,8	3	4	2	<1,8
Mbas	mg/l	0,6	0,2	0,1	0,2	<0,01
Kadmium	mg/l	<0,0006	<0,0006	0,002	0,0009	<0,0006
Krom heksavalen	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Krom total	mg/l	7	0,6	0,6	0,1	0,03
Tembaga	mg/l	0,07	0,1	0,1	0,1	0,01
Timbal	mg/l	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009

Parameter	Satuan	Inlet	1	2	3	4
Nikel	mg/l	0,08	0,2	0,2	0,2	0,04
Seng	mg/l	0,3	0,3	0,3	0,2	0,06

Keterangan:

- 1 = *Grit Chamber*
- 2 = *Secondary Settling Tank*
- 3 = *Oxidation Ditch*
- 4 = *Final Settling Tank*

Hasil uji parameter tersebut dilakukan dengan menggunakan waktu tinggal dari desain unit yang ada pada buku (Metcalf & Eddy, 2014). Untuk setiap waktu tinggal telah dibahas pada 4.2. berdasarkan pada data tersebut didapatkan kondisi bahwa untuk parameter BOD, COD, TSS, dan pH cenderung tinggi. Sementara untuk parameter logam lain berdasarkan pada uji parameter tersebut sudah hampir sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Kenaikan pada parameter tersebut disebabkan oleh adanya akumulasi dari konsentrasi beban pencemar sebelumnya. Sebab dalam pelaksanaannya waktu tinggal yang dibutuhkan jauh dari desain awal sebab debit yang masuk pada IPAL masih jauh dari desain yang telah dibuat. Sehingga terjadilah akumulasi tersebut. Namun pada efluen akhir yang menggunakan unit clarifier sudah sesuai baku mutu. Hal tersebut terjadi karena unit clarifier yang digunakan memiliki dimensi yang sangat besar sehingga memungkinkan untuk terjadinya pengendapan lebih lama. Hal ini membantu penurunan pencemar.

#### 4.4 Identifikasi Risiko Proses Pengolahan Air Limbah

Identifikasi risiko merupakan proses analisis yang berisi tentang risiko-risiko yang ditimbulkan dari proses pengolahan air limbah kawasan industri PIER. Identifikasi risiko didapatkan berdasarkan pada analisis data primer dan sekunder yang telah didapatkan selama penelitian dilangsungkan. Analisis risiko pengolahan air limbah menggunakan bantuan metode fishbone sebagai bantuan (Dogget, 2006) untuk mengetahui risiko permasalahan yang terdapat. Risiko permasalahan diketahui dengan menggunakan aspek teknis dan sumber

daya manusia, aspek teknis yang dilihat di sini adalah yang berkaitan dengan operasi unit dan pelaksanaan unit, sementara aspek sumber daya manusia adalah aspek yang berkaitan dengan pemahaman pengelola IPAL tentang teknologi yang digunakan.

Analisis risiko pengolahan air limbah digunakan dengan menganalisis permasalahan setiap unit yang ada pada pengolahan air limbah. Analisis risiko digunakan dengan cara melihat permasalahan berdasarkan pada kondisi ideal yang seharusnya dicapai. Sehingga risiko yang muncul adalah apabila kondisi ideal tersebut tidak dapat dipenuhi..

1. Sumber daya manusia

- Pemahaman perawatan dan pelaksanaan IPAL:  
Pihak yang terlibat pada IPAL mengetahui adanya *HRT* pada bak ekualisasi namun tidak mengetahui angka *HRT* tersebut, sementara pihak operator maupun laboratorium tidak mengetahui adanya waktu tinggal pada bak ekualisasi. Selama beroperasinya IPAL waktu tinggal pada proses tidak pernah dilakukan pemantauan. Sementara pada pengoperasian IPAL sendiri untuk pengoperasian terkait waktu pengurusan lumpur dan pembersihan berjalan sesuai dengan kebiasaan. Namun kebiasaan tersebut tidak diiringi pemahaman dari cara kerja unit sehingga pihak operator sendiri kurang dapat memahami apabila timbul permasalahan. Selain itu apabila ada permasalahan, pendeteksi permasalahan hanya dilakukan dengan visual.
- Pemahaman fungsi unit:  
Pihak manajemen IPAL memahami fungsi bak ekualisasi, namun pihak operator lapangan dan penguji laboratorium tidak bisa menjelaskan secara lancar tentang fungsi bak ekualisasi. Bak ekualisasi yang terdapat pada IPAL ini juga berfungsi sebagai bak pengendap pertama.
- Pemahaman peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013:  
Peraturan gubernur Jawa timur merupakan salah satu peraturan yang mengatur tentang baku mutu air limbah. Sehingga pemahaman terhadap peraturan tersebut haruslah dimiliki oleh setiap orang yang terlibat pada

pengolahan air limbah. Baik pengambil kebijakan maupun operator lapangan sebab pemahaman tersebut berpengaruh terhadap tingkat kesadaran setiap individu terhadap peraturan tersebut dan akan mempengaruhi operasi yang berlangsung.

2. Kinerja unit:

a. Bak pengendap pertama

- Waktu tinggal bak pengendap pertama  
Waktu tinggal pada pengolahan fisik sangat mempengaruhi hasil efluen dari pengolahan tersebut. Sebab proses yang terjadi pada unit fisik bergantung pada besar partikel yang terdapat pada air limbah. Setiap partikel memiliki waktu pengendapan masing-masing. Sehingga bila waktu pengendapan kurang dari waktu yang seharusnya maka pengendapan tidak akan maksimal. Sehingga *removal* yang seharusnya terjadi pada unit bak pengendap pertama tidak dapat berjalan dengan maksimal.
- Pengurasan bak pengendap pertama:  
Pengurasan bak ekualisasi dilakukan setiap 2-3 bulan sekali, namun seringkali pengurasan yang dilakukan lumpur telah memenuhi penampung lumpur sehingga seringkali lumpur bercampur dengan air limbah yang masuk. Berdasarkan hitungan yang dari volume dan beban padatan tersuspensi pada air limbah didapatkan hasil pengurasan harus dilakukan setiap 42 hari.
- Pola Aliran bak pengendap pertama:  
Berdasarkan perhitungan nilai  $N_{re}$ , bak ekualisasi tidak memenuhi standar. Hal tersebut dikarenakan bak ekualisasi memiliki nilai  $N_{re}$  yang  $>2000$ , sementara berdasarkan fungsinya seharusnya aliran bak ekualisasi laminer atau tenang sehingga tidak terjadi perputaran aliran yang tinggi pada bak ekualisasi.
- Terdapat buangan yang tidak sesuai:  
Beberapa kali pada bak ekualisasi terdapat buangan yang tidak seharusnya masuk pada bak ekualisasi, misalnya oli atau sampah. Untuk sampah setiap saat dibersihkan oleh operator yang sedang bertugas, sementara untuk oli aliran air diarahkan menuju bak flotasi sehingga oli dapat direduksi.

- Waktu tinggal bak pengendap pertama:  
Menurut hasil evaluasi hitungan waktu tinggal pengendap pertama lebih dari standar desain hal ini dimungkinkan karena debit IPAL yang kecil.
- b. Grit chamber
  - Pengurasan lumpur:  
Pengurasan lumpur sering menemui kendala karena pengurasan dilakukan dengan cara manual. Berdasarkan hitungan yang dari volume dan beban padatan tersuspensi pada air limbah didapatkan hasil pengurasan harus dilakukan setiap 102 hari atau, 3-4 bulan sekali. Pembersihan lumpur sudah sesuai dengan kebutuhan dari pengurasan yang seharusnya dilakukan sebab pengurasan dilakukan 2-3 bulan sekali.
  - Waktu tinggal *git chamber*:  
Waktu tinggal pada pengolahan fisik sangat mempengaruhi hasil efluen dari pengolahan tersebut. Sebab proses yang terjadi pada unit fisik bergantung pada besar partikel yang terdapat pada air limbah. Setiap partikel memiliki waktu pengendapan masing-masing. Sehingga bila waktu pengendapan kurang dari waktu yang seharusnya maka pengendapan tidak akan maksimal. Sehingga *removal* yang seharusnya terjadi pada unit bak pengendap pertama tidak dapat berjalan dengan maksimal.
  - Pola aliran *grit chamber*:  
Berdasarkan perhitungan dari kecepatan pengendapan yang terjadi pada grit chamber didapatkan bahwa nilai kecepatan pengendapan lebih besar daripada kecepatan horizontal. Sehingga
- c. *Secondary settling tank*
  - Nilai OFR *Secondary settling tank*:  
Berdasarkan hasil perhitungan nilai OFR dari primary settling tank dibawah standar nilai yang ada. Nilai OFR yang kecil tersebut dapat memicu kondisi septik apabila dibiarkan alirannya tidak maksimal karena kecepatan pemerataan penyebaran air yang terlalu lambar. Sehingga kondisi ini dapat menimbulkan kondisi yang septik. Sehingga berisiko akan membuat kondisi air

limbah yang keluar menjadi kurang sesuai standar yang telah ditentukan. (Tillman G. M., 1996)

- Waktu tinggal *Secondary settling tank*:  
Menurut hasil evaluasi hitungan waktu tinggal primary settling tank lebih besar dari standar desain hal ini dimungkinkan karena debit IPAL yang kecil.
- d. *Oxidation ditch*
  - Pengecekan rotor :  
Pengecekan rotor dilakukan dengan rutin dikarenakan rotor sering mengalami suhu yang sangat panas sehingga menyebabkan rotor menjadi mati.
  - Pengecekan F/M rasio:  
Pengecekan F/M rasio dilakukan setiap hari menurut work instruction, pengecekan tersebut dilakukan dengan menggunakan data dari hasil analisis sludge volume indeks. Namun berdasarkan data harian terdapat beberapa hari yang tidak dilakukan pengecekan.
  - Pengecekan MLSS  
Pengecekan nilai MLSS digunakan untuk melihat kondisi dari mikroorganisme yang ada pada pengolahan air limbah. Sehingga dapat dilakukan kontrol dengan baik terhadap kondisi mikroorganisme sebab kondisi mikroorganisme yang kurang baik dapat menghasilkan efluen air limbah yang tidak sesuai.
  - Pengecekan SRT  
Pengecekan *Sludge Retention Time* (SRT) digunakan untuk menentukan waktu pembuangan lumpur dan lamanya mikroorganisme berada pada pengolahan air limbah. Kontrol SRT dibutuhkan untuk memaksimalkan pengolahan air limbah karena efisiensi pengolahannya bagus.
  - Kebutuhan oksigen  
Kebutuhan oksigen merupakan salah satu hal yang penting dalam melakukan kontrol terhadap pengolahan air limbah utamanya unit yang menggunakan aerator. Sebab kebutuhan oksigen yang tidak sesuai dapat menyebabkan hasil dari flok yang terbentuk terganggu.
- e. *Final settling tank*
  - Nilai OFR:

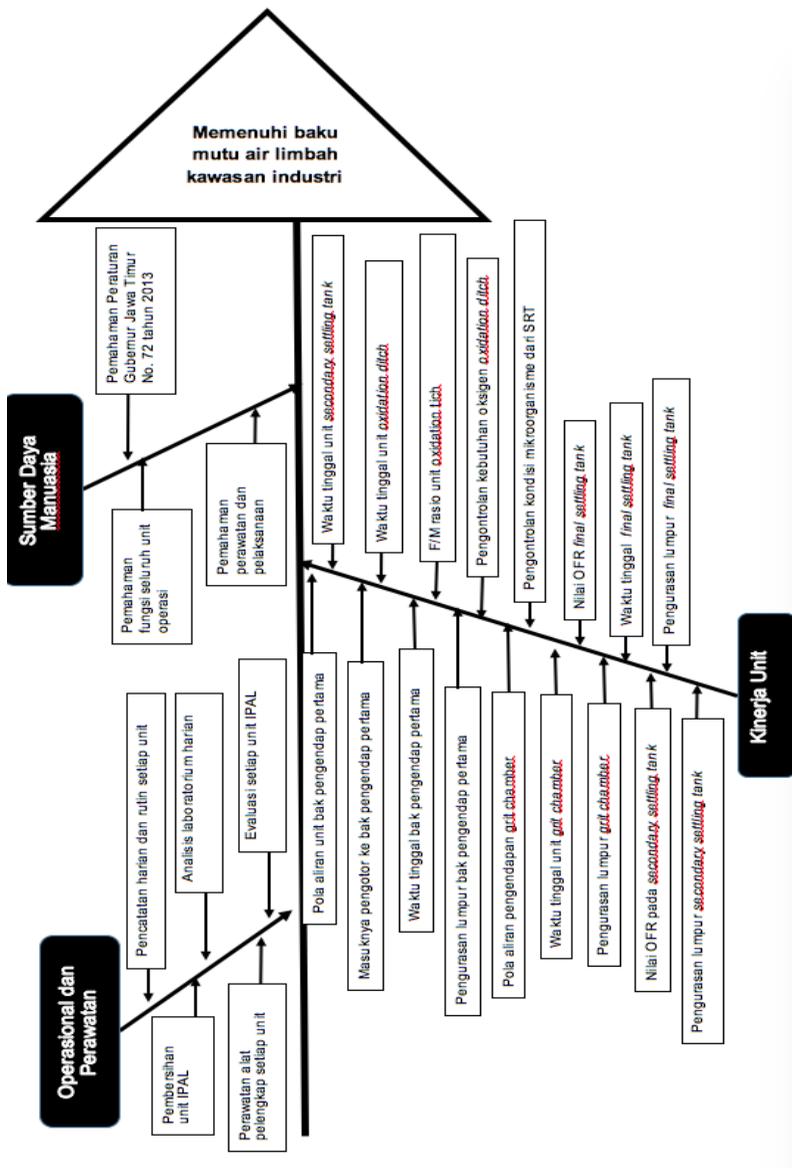
Berdasarkan hasil perhitungan nilai OFR dari *final settling tank* masih memenuhi standar desain yang ada

- Perawatan alat pelengkap :  
Perawatan pelengkap unit menurut work instrusction dilakukan sebanyak satu minggu sekali. Untuk masing-masing unit terdapat satu pompa untuk membuang lumpur.
  - Waktu tinggal *final settling tank*:  
Menurut hasil evaluasi hitungan waktu tinggal *final settling tank* lebih besar dari standar desain hal ini karena debit IPAL yang kecil. Pada kondisi waktu tinggal yang masih sangat jauh dari standar desain, dapat menimbulkan masalah karena munculnya kondisi septik pada pengolahan, sebab air yang ditampung terlalu lama. Masalah ini juga terjadi karena unit operasi unit final settling tank yang dioperasikan sebanyak dua unit, sementara berdasarkan kapasitas dan debit saat ini pengoperasian satu unit sudah cukup untuk memnuhi kebutuhan dari IPAL.
3. Operasional dan perawatan
- Analisa harian kualitas air limbah :  
Hasil analisis harian beberapa kali tidak dilakukan karena sabtu, minggu, dan hari libur tidak dilakukan analisis harian.
  - Evaluasi kinerja:  
Evaluasi kinerja bak ekualisasi belum pernah dilakukan. Evaluasi kinerja yang dimaksud berhubungan dengan efisiensi bak ekualisasi dalam menjalankan fungsinya dan dilihat dengan kondisi yang terjadi saat ini. Evaluasi kinerja dapat dilakukan dengan membandingkan kondisi saat ini yang ada dengan desain yang telah dibuat.
  - Pembersihan unit IPAL:  
Untuk pembersihan *floating* yang terdapat pada setiap unit fisik sudah dilakukan setiap hari dengan cara manual oleh petugas yang bertugas di pagi hari setiap harinya. Pembersihan yang dilakukan hanya bersifat pada permukaan air saja yang terlihat oleh operator.
  - Pencatatan harian operasional dan perawatan IPAL:  
Dalam pelaksanaan sebuah proses operasi sudah seharusnya segala suatu kejadian selalu dilakukan

pencatatan setiap harinya. Pencatatan tersebut berisi tentang pekerjaan rutin yang harus dilakukan sesuai dengan *Standar Operasional Prosedure*, kondisi setiap unit setiap harinya, maupun kondisi efluen dan influen dari air limbah. Sehingga setiap harinya terdapat rekam jejak yang jelas dan terdokumentasi dengan baik. Sehingga bila suatu hari menemui masalah dapat dilihat riwayat dari pengolahan yang selama ini terjadi agar dapat ditemukan akar masalahnya.

- Analisis laboratorium harian  
Analisis laboratorium harian dibutuhkan untuk mengontrol kualitas dari air limbah baik yang masuk maupun keluar. Hal ini digunakan sebagai bentuk kontrol. Analisis laboratorium untuk PIER sendiri sudah dilakukan secara harian pada tiga titik yaitu inlet, *secondary settling tank*, dan outlet.
- Perawatan alat pelengkap  
Perawatan alat pelengkap merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan dalam operasi suatu unit. sebab ketika ada peralatan pelengkap unit yang rusak maka akan mempengaruhi kondisi dari pengolahan air limbah sebab pengolahan air limbah akan terganggu. ddd

Risiko-risiko yang timbul pada analisis diatas kemudian dimasukkan ke dalam diagram *fishbone* untuk mempermudah analisis permasalahan berdasarkan penyebabnya. Pembuatan *fishbone analysis* ini kemudian dijadikan acuan dalam pembuatan FMEA sehingga dapat dihasilkan nilai prioritas penanganan permasalahan. Penanganan prioritas permasalahan dijadikan sebagai inputan dalam penentuan tindakan lanjutan untuk menghindari risiko yang ditimbulkan dari proses tersebut.



Gambar 4. 8 Fishbone pengolahan air limbah IPAL PIER

#### 4.5 Penentuan Pembobotan Kepentingan Risiko

Pembobotan kepentingan risiko didasarkan pada kedua faktor risiko utama permasalahan yang telah didapatkan melalui diagram fishbone. Pembobotan digunakan untuk menentukan penanganan risiko apabila ditemukan nilai yang sama pada hasil RPN FMEA. Menurut (Wahyuningsih, 2018) angka pada pembobotan berdasarkan pada risiko yang memiliki pengaruh paling besar pada pengolahan IPAL, pada IPAL yang mempengaruhi utama adalah sumber daya manusia, peraturan pengolahan, dan unit yang digunakan. Pembobotan faktor risiko tersebut dapat dilihat pada tabel 4.9 dibawah ini

**Tabel 4. 9 Pembobotan faktor risiko utama**

Faktor Risiko	Bobot
Sumber Daya Manusia	0,4
Kinerja unit	0,25
Perawatan dan pengoperasian	0,35

Pembobotan faktor risiko tersebut kemudian dipecah lagi berdasarkan pada faktor risiko masing-masing dan risiko yang akan ditimbulkan. Pembobotan risiko dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4. 10 Pembobotan faktor risiko kinerja unit**

Unit	Bobot	Risiko	Bobot
Bak Pengendap Pertama	0,2	Overflow rate	0,3
		NRe	0,35
		HRT	0,2
Grit Chamber	0,1	Kondisi inlet	0,15
		Vh	0,65
		HRT	0,35
Secondary Settling Tank	0,15	Overflow rate	0,65
		HRT	0,35
Oxidation Ditch	0,3	HRT	0,115
		BOD load	0,15

Unit	Bobot	Risiko	Bobot
		F/M	0,25
		SRT	0,2
		Disolved Oxygen	0,155
		MLSS	0,13
Final Settling Tank	0,25	Overflow rate	0,65
		HRT	0,35

Pembobotan faktor risiko kinerja unit yang telah disusun adalah sebagai di atas, dalam penentuan risiko dilihat faktor yang paling berpengaruh dalam kinerja sebuah unit sehingga faktor tersebut dijadikan sebagai hal yang mengacu dalam pelaksanaan IPAL. Dalam hal ini yang mempengaruhi sebuah kinerja IPAL secara kompleks adalah berjalannya fungsi IPAL sendiri. Sehingga faktor risiko lebih diberatkan pada standar desain dari IPAL yang dibuat.

**Tabel 4. 11 Pembobotan faktor risiko SDM**

Faktor Risiko	Bobot
Teknologi pengolahan yang digunakan	0,5
Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013	0,35
Pengoperasian dan Perawatan IPAL	

Pembobotan faktor risiko sumber daya manusia dilihat dari pemahaman pelaksana IPAL mengenai fungsi dari setiap bagian dari unit IPAL. Sehingga nilai risiko tertinggi berada pada pemahaman mengenai teknologi IPAL yang digunakan. Sebab dalam pelaksanaan lapangan untuk menangani permasalahan maupun mencegah risiko diperlukan pemahaman mengenai teknologi pengolahan yang digunakan

**Tabel 4. 12 Pembobotan Perawatan dan Operasional IPAL**

Risiko	Bobot
Pelaksanaan SOP	0,3

Risiko	Bobot
Pencatatan harian	0,25
Evaluasi kinerja unit	0,35
Analisis air limbah	0,1

Pembobotan faktor risiko perawatan dan operasional dilakukan berdasarkan pada tingkat keutamaan dan kepentingan dari suatu risiko. Dalam perawatan dan operasional didapatkan pembobotan kepentingan seperti yang dijelaskan pada tabel 4.12.

#### 4.6 Failure Mode and Effect Analysis

Failure Mode and Effect Analysis dilakukan untuk mendapatkan hasil perhitungan Risk Priority Number (RPN). Nilai RPN didapatkan melalui perhitungan *severity*, *occurance*, dan *detection* yang dibuat dengan skala yang memiliki indikator untuk menilai risiko. Penentuan skala tersebut didasarkan pada acuan penilaian skala yang telah disesuaikan dengan kondisi yang ada sehingga dalam melakukan penilaian risiko skala dapat sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan.

Dalam penentuan skala *severity*, *occurance*, dan *detection* digunakan (AS/NZS 4360:2004, 2005) dan (Utami, Karnaningroem, & Moesriati, 2016) sebagai acuan. Penentuan skala berdasarkan pada indikator yang telah dibuat dari (AS/NZS 4360:2004, 2005) yang kemudian disesuaikan dengan kondisi. Penyesuaian kondisi ditujukan untuk membuat FMEA dapat sesuai dengan kebutuhan analisis risiko, namun secara dasar tetap mengacu pada panduan FMEA tersebut.

##### 4.6.1 Severity

*Severity* merupakan dampak dari risiko yang ditimbulkan dari sebuah permasalahan. Untuk mempermudah pelaksanaan penilaian risiko maka terlebih dahulu dibuat skala besaran risiko (Fitrianti, 2016). Risiko tersebut kemudian diberi skala 1-5 dengan indikator yang telah ditetapkan. Pemberian penilaian untuk indikator didasarkan pada risiko yang mungkin untuk ditimbulkan, sehingga disebut skala besaran risiko. Skala besaran risiko yang digunakan pada penilaian diambil

berdasarkan pada kondisi ideal yang diharapkan dan kondisi yang tidak diinginkan. Skala besaran risiko yang diberikan ditentukan berdasarkan pada pembagian skala besaran risiko panduan FMEA yang disesuaikan dengan kondisi lapangan.

**Tabel 4. 13 Besaran risiko**

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Risiko yang ditimbulkan tidak berpengaruh terhadap proses	Risiko yang ditimbulkan bisa berpengaruh terhadap sebagian kecil proses (tidak mempengaruhi proses lain)	Risiko yang ditimbulkan berpengaruh terhadap sebagian besar proses (mempengaruhi proses lain)	Risiko yang ditimbulkan berpengaruh terhadap kondisi proses secara keseluruhan dan dapat dicegah	Risiko yang ditimbulkan membahayakan atau berpengaruh terhadap proses namun tidak dapat dicegah
Skala kondisi lingkungan				
5	4	3	2	1
Kondisi ideal yang seharusnya dicapai memenuhi standar yang telah ditetapkan	Memenuhi batas standar minimum. Mempengaruhi proses namun tidak sampai mempengaruhi output akhir. Dapat berpengaruh pada proses	Memenuhi batas standar, namun kurang maksimal. Dapat berpengaruh terhadap proses lainnya secara menyeluruh	Memenuhi batas standar, namun kurang maksimal. Tidak berpengaruh terhadap proses lainnya secara menyeluruh	Tidak memenuhi standar batas minimum. Mempengaruhi seluruh proses hingga output akhir

Misal untuk penggunaan waktu tinggal, waktu tinggal unit sedimentasi pertama adalah antara 1,5 – 2,5 jam. Maka, 1,5 – 2,5 jam berada pada skala kondisi ideal, sementara <1,5 jam masuk skala risiko ke 4 sebab berpengaruh pada proses namun tidak berpengaruh pada output, lalu untuk skala 3 yaitu skala typical aman dari sebuah unit pengendapan pertama yaitu kurang lebih 2jam, sementara skala 4 berada diantara

batas kritis yaitu 2-2,5 jam, sedangkan skala 5 berarti >2,5 jam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Setelah ditentukan skala besaran risiko kemudian dilakukan penilaian untuk masing-masing faktor kegagalan. Kemudian dari penilaian seperti pada persamaan berikut ini :

$$\text{Range nilai Severity} = \frac{\text{Nilai kondisi ideal} - \text{Nilai eksisting}}{\text{Nilai skala ideal}} \times 100\%$$

Keterangan:

Nilai kondisi lingkungan = hasil analisis

Nilai kondisi ideal = kondisi yang seharusnya

Kemudian nilai tersebut disesuaikan dengan penilaian *severity* yang telah dibuat. Indikator penilaian *severity* dibuat berdasarkan besarnya risiko yang ditimbulkan karena berdasarkan persamaan diatas bisa didapatkan risiko timbul yang memiliki dampak paling signifikan (Utami, Karnaningroem, & Moesriati, 2016). Penilaian *severity* dapat dilihat pada tabel 4.4

**Tabel 4. 14 Range Penilaian Severity**

Skala	Kriteria Keseriusan Dampak	Range Nilai
5	Penurunan kinerja berdampak serius pada efluen air limbah	>80%
4	Penurunan kinerja berdampak pada keseluruhan proses di dalam IPAL, namun tidak menyebabkan masalah pasca pengolahan.	60%-79%
3	Penurunan kinerja berdampak pada sebagian proses dan mempengaruhi kinerja unit lain.	40%-59%
2	Dampak berpengaruh pada sebagian proses IPAL, namun mampu ditangani.	20%-39%
1	Dampak tidak berpengaruh terhadap IPAL	<20%

Penilaian yang dihasilkan dari tabel 4.13 kemudian akan dimasukkan rangenya sesuai dengan range nilai yang terdapat pada tabel 4.14. Nilai *severity* didapatkan berdasarkan dari hasil tabel 4.14 yang kemudian akan dimasukkan untuk perhitungan Risk Priority Number (RPN).

#### **4.6.1.1 Severity Sumber Daya Manusia**

Penilaian dan penentuan range penilaian *severity* sumber daya manusia didasarkan pada pemahaman yang harusnya dimiliki oleh pihak yang terlibat pada IPAL. Pemahaman tersebut meliputi teknologi yang digunakan, standar, dan peraturan yang berlaku dalam pengolahan air limbah.

##### **1. Pemahaman teknologi pengolahan yang digunakan**

Teknologi pengolahan yang digunakan merupakan salah satu parameter yang dapat menimbulkan risiko dalam pengolahan air limbah. Teknologi pengolahan yang digunakan dapat berimbas pada kondisi kurang maksimalnya proses. Teknologi pengolahan yang digunakan adalah meliputi jenis unit, fungsi unit, pengoperasian unit, dan alasan dalam memilih unit. Pemahaman tersebut dibutuhkan dalam pelaksanaan pengelola IPAL. Sebab dalam pengelolaan IPAL dapat terjadi berbagai macam hal yang cukup kompleks. Sehingga pemahaman teknologi yang digunakan dibutuhkan untuk memudahkan operator dan pihak yang terlibat dalam IPAL dapat mengambil keputusan ketika terjadi suatu masalah.

Berdasarkan pada hasil wawancara yang dilakukan pada pihak IPAL, didapatkan kesimpulan bahwa untuk pihak pelaksana lapangan IPAL mampu menjelaskan fungsi dari setiap unit namun tidak detail (hanya secara garis besar). Pihak pelaksana lapangan IPAL kurang memahami sistem kerja setiap unit dengan baik. Pemahaman terhadap unit pengolahan sangat dibutuhkan sebab apabila jenis teknologi yang digunakan tidak dipahami dengan baik dapat mempengaruhi sistem kerja yang berjalan di lapangan, utamanya apabila ditemukan permasalahan dari kinerja unit.

Berdasarkan hasil analisis melalui wawancara secara langsung didapatkan hasil bahwa seluruh pihak IPAL mengerti definisi unit secara garis besar namun tidak semua memahami fungsi dan cara kinerja unit. Sehingga berdasarkan kondisi tersebut maka diperoleh nilai 40%.

**Tabel 4. 15 Risiko Teknologi Pengolahan yang Digunakan**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Seluruh pihak yang terlibat pada IPAL mengetahui dan mengerti fungsi tiap unit	Seluruh pihak yang terlibat pada IPAL mengetahui definisi dan sebagian mengerti fungsi tiap unit	Seluruh pihak yang terlibat pada IPAL mengetahui definisi namun tidak mengerti secara rinci fungsi tiap unit	Sebagian pihak yang terlibat pada IPAL mengetahui, sebagian definisi namun tidak mengerti secara rinci fungsi tiap unit	Seluruh pihak yang terlibat pada IPAL tidak mengetahui dan mengerti fungsi tiap unit

Nilai 40% jika mengacu pada severity yang telah dibuat memiliki nilai severity 3, mempengaruhi kinerja unit. Pemahaman terhadap fungsi kinerja unit seharusnya dimiliki oleh seluruh pihak yang terlibat dalam IPAL. Pemahaman fungsi unit dapat mempermudah seluruh pihak dalam menjalankan fungsi IPAL secara efisien.

## 2. Pemahaman Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013

Pemahaman Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 oleh pihak yang terlibat pada pengolahan air limbah kawasan industri sebab hal tersebut yang menjadi standar kualitas IPAL. Pengetahuan tersebut dibutuhkan untuk mempermudah kontrol kualitas IPAL. Berdasarkan pada hal tersebut yang menjadi kondisi ideal adalah seluruh pihak yang terlibat di IPAL memahami peraturan tersebut. Penilaian risiko dapat dilihat pada tabel 4.16

Berdasarkan hasil analisis wawancara langsung yang dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa tidak semua pihak yang terlibat di IPAL memahami Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Peraturan tersebut hanya dipahami oleh pihak manajemen, untuk pihak pelaksana lapangan utamanya operator tidak mengetahui adanya peraturan tersebut. Operator hanya mengetahui kontrol pH saja pada

pengolahan air limbah. Sehingga didapatkan nilai risiko yang ditimbulkan adalah 40%. Dalam skor severity nilai tersebut mendapatkan skala 3.

**Tabel 4. 16 Severity Peraturan Gubernur Jawa Timur**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Seluruh pihak yang terlibat pada IPAL mengetahui Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013	Pihak manajemen mengetahui Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013, namun pelaksana tidak semua mengetahui	Pihak manajemen mengetahui Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013, namun pelaksana tidak mengetahui	Pihak manajemen IPAL mengetahui Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013	Seluruh pihak yang terlibat pada IPAL tidak mengetahui Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013

### 3. Pemahaman perawatan dan pelaksanaan

Pemahaman perawatan dan pelaksanaan unit operasi air limbah seharusnya dipahami oleh seluruh yang terlibat pada pengolahan air limbah. Pemahaman perawatan dan pelaksanaan merupakan pemahaman terkait dengan *Standar Operasional Prosedure (SOP)*.

**Tabel 4. 17 Severity Perawatan dan Pelaksanaan**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Seluruh pihak yang terlibat pada IPAL memahamai dan menjalankan seluruh SOP	Seluruh pihak yang terlibat pada IPAL memahamai dan menjalankan hampir seluruh SOP	Sebagian pihak yang terlibat pada IPAL memahamai dan menjalankan sebagian SOP	Sebagian pihak yang terlibat pada IPAL tidak memahamai dan tidak menjalankan SOP	Seluruh pihak yang terlibat pada IPAL tidak memahamai dan tidak menjalankan SOP

Berdasarkan hasil analisis wawancara langsung yang dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa tidak semua pihak yang terlibat di IPAL mengetahui dan menjalankan hamper seluruh SOP. Hal ini dijalankan berdasarkan pada kebiasaan namun terkait kontrol SOP belum dilakukan secara baik. Sehingga didapatkan nilai risiko yang ditimbulkan adalah 60%. Dalam skor severity nilai tersebut mendapatkan skala 2.

#### **4.6.1.2 Severity Kinerja Unit Pengolahan Air Limbah**

Severity unit pengolahan air limbah ditentukan berdasarkan pada kapasitas desain unit, debit air limbah saat ini, pengoperasian unit, indikator penting pengoperasian unit berdasarkan standar desain yang biasa digunakan dalam perencanaan uni, dan sistem pengoperasian yang dilakukan. Sehingga nilai dari rentang severity didasarkan pada kondisi di lapangan bagaimana sebuah proses pengoperasian IPAL terjadi. Dalam penentuan rentang nilai setiap skor severity didasarkan pada standar pengoperasian IPAL. Standar pengoperasian IPAL berisi tentang cara pengoperasian dan tindakan yang harus dilakukan selama pengoperasian unit IPAL berlangsung (Kementrian kesehatan Republik Indonesia, 2011).

##### **4.6.1.2.1 Bak pengendap pertama**

Berdasarkan pada desain yang dibuat pada unit pengolahan ini terdapat bak penampung lumpur pada unitnya, sementara itu tidak terdapat pompa untuk menyelaraskan debit menuju unit selanjutnya. Sehingga fungsi utama dari unit adalah sebagai bak pengendap pertama setelah air dari inlet masuk ke IPAL. Menurut (Tillman, 1996) kunci utama dari bak pengendap pertama adalah waktu tinggal, pengurusan lumpur dan pola aliran atau bilangan reynold dan froude number.

##### **a. *Overflow Rate* (OFR)**

Dari perhitungan tersebut didapatkan bahwa OFR untuk debit puncak maupun rata-rata kurang dari standar desain yang telah ditetapkan. Nilai OFR saat ini berdasarkan pada debit rata-rata harian adalah  $17,65 \text{ m}^3 / \text{m}^2.\text{hari}$ , sementara

untuk debit puncak nilai OFR adalah 21,487 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup>.hari. Kedua parameter tersebut tidak memenuhi standar desain yang telah ada, hal tersebut di sebabkan debit pada unit bak pengendap pertama masih kurang dari standar desain. Nilai OFR yang terlalu rendah dapat mengakibatkan *dead zone* yang disebabkan oleh tidak meratanya aliran dan kurangnya laju aliran.

Sehingga nilai yang diperoleh untuk range nilai *severity* kondisi lingkungan ini adalah 20%. Dengan range nilai *severity* kondisi tersebut maka nilai besaran risiko yang ditimbulkan adalah 4.

**Tabel 4. 18 Severity OFR average bak pengendap pertama**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
25 – 30 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	< 25 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	35 - 50 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	50 - 65 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	> 65 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari

**Tabel 4. 19 Severity OFR peak bak pengendap pertama**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
50 – 70 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	<50 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	70 – 90 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	90 – 110 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	>110 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari

Sehingga nilai yang diperoleh untuk range nilai *severity* kondisi lingkungan ini adalah 20%. Dengan range nilai *severity* kondisi tersebut maka nilai besaran risiko yang ditimbulkan adalah 4. Skala kondisi 4 diperoleh berdasarkan pada kondisi desain yang sebenarnya memang selama ini belum terpengaruh akibat nilai OFR yang kecil. Namun nilai OFR yang kecil tetap memberikan pengaruh pada kondisi tertentu dalam pengolahan IPAL, pada kondisi pengolahan dengan nilai OFR berisiko menimbulkan *dead zone*, sehingga dapat menyebabkan kondisi yang septik. Kondisi septik ditimbulkan

karena terlalu lamanya air limbah berada pada penampungan. Sehingga perlahan akan terjadi aktivitas pembentukan gas metan. Kondisi ini pada jangka panjang akan menimbulkan bau, pembentukan gas metan juga nantinya akan mempengaruhi pengendapan yang terjadi.

b. Bilangan reynold

Bilangan reynold menyatakan tentang pola aliran yang terdapat pada unit pengolahan. Mengacu pada hasil pembahasan 4.2.4 tentang bak pengendap pertama didapatkan bahwa NRe pada bak pengendap pertama adalah 6376, sehingga menimbulkan aliran turbulen yang membuat pengendapan tidak maksimal. Pemberian skala besaran risiko berdasarkan pada pembagian nilai NRe yaitu aliran laminar, transisi, dan turbulen. Pada kondisi bak pengendap pertama nilai NRe harus laminar atau  $<2000$ , pada kondisi turbulen sehingga masuk pada besaran risiko 1.

**Tabel 4. 20 Severity NRe bak pengendap pertama**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Nilai NRe <2000	Nilai NRe >2500	Nilai NRe >3000	Nilai NRe >3500	Nilai NRe >4000

Dengan kondisi tersebut maka nilai besaran risiko yang ditimbulkan adalah 80%. Dengan nilai severity adalah 5. Kondisi aliran yang turbulen dapat berpengaruh buruk pada proses pengendapan, sebab aliran yang turbulen dapat menyebabkan pengendapan yang tidak maksimal. Dengan kondisi debit yang masih kurang mungkin belum terjadi permasalahan secara signifikan namun apabila nantinya debit telah memenuhi ataupun nyaris berada pada debit maksimum maka akan terjadi permasalahan pada bak pengendap pertama dan hal tersebut dapat berpengaruh pada proses selanjutnya.

c. Waktu tinggal

Waktu tinggal merupakan salah satu faktor yang dapat dilihat pada setiap unit. Pada bak pengendap pertama waktu tinggalnya berkisar antara 1,5 – 2,5 jam. Sehingga pada skala risiko 1 waktu tinggalnya <1,5 jam, pemilihan rentang <1,5 jam dijadikan sebagai parameter risiko tertinggi sebab berdasarkan standar desain (Metcalf & Eddy, 2014) waktu minimum yang dibutuhkan sebuah unit fisik untuk mengendapkan padatnya adalah minimal 1,5 jam. Sehingga kurang dari itu dapat menimbulkan risiko yang tinggi pada efluen dari air limbah unit bak pengendap pertama. Sehingga berdasarkan pada hal tersebut maka nilai severity dijabarkan berdasarkan hal tersebut dapat dilihat pada tabel 4.20 yang menjelaskan tentang nilai severity untuk waktu tinggal pada bak pengendap pertama.

Dari kondisi yang dijelaskan pada tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai besaran risiko yang ditimbulkan dari HRT yang tidak memenuhi standar adalah 20%. Pemberian skala besaran risiko 4 sebab hal tersebut tidak mempengaruhi secara besar pada proses pengendapan. Namun proses pengendapan yang terlalu lama dapat mengakibatkan kondisi septik pada proses pengolahan air limbah. Hal yang berpengaruh adalah efektifitas kinerja unit

**Tabel 4. 21 Severity waktu tinggal bak pengendap pertama**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Td 1,5-2,5 jam	Td 2,5 – 4 jam	Td 4-6 jam	Td >6,jam	Td <1,5 jam

d. Kontaminan bak pengendap pertama

Kondisi inlet bak pengendap pertama merupakan faktor yang juga penting dalam sistem operasi unit pengendap pertama. Sebab keberadaan benda selain air limbah dapat mempengaruhi berjalannya proses pengolahan air limbah.

**Tabel 4. 22 Severity inlet bak pengendap pertama**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Tidak ada kontaminan	Terdapat kontaminan, dapat diatasi sebelum proses	Terdapat kontaminan, dapat diatasi saat proses	Terdapat kontaminan, tidak dapat diatasi, tidak Membahayakan efluen	Terdapat kontaminan, tidak dapat diatasi, membahayakan efluen

Kontaminan pada bak pengendap pertama disebabkan oleh beberapa kali ditemukan sampah padat yang mengapung pada permukaan. Selain itu sempat beberapa kali dijumpai oli yang masuk hingga ke unit bak pengendap pertama. Jenis kontaminan tersebut jelas mengganggu proses berjalannya pengolahan IPAL. Namun dapat ditangani sejauh ini, sehingga mendapatkan persen risiko sebanyak 60% dengan nilai severity 2.

Sehingga nilai severity untuk masing-masing faktor risiko yang dapat muncul pada unit bak pengendap pertama adalah sebagai berikut:

**e. Pompa penguras lumpur**

Dalam mengoperasikan pengurasan lumpur pada bak pengendap dilakukan dengan bantuan pompa pasang. Bak pengendap pertama pada IPAL PIER memiliki pompa yang digunakan untuk membantu pengurasan lumpur. Pada kondisi ideal pompa seharusnya memiliki cadangan, sementara untuk kondisi yang tidak baik atau berisiko adalah hanya memiliki satu pompa dan sering mengalami kerusakan.

Peralatan pelengkap tersebut haruslah dikontrol setiap harinya sehingga dapat meminimalkan kondisi tidak ideal. Peralatan seperti pompa penguras lumpur seharusnya memiliki cadangan. Sehingga apabila ditemukan kerusakan pada pompa tidak akan mengganggu sistem kerja bak pengendap pertama. Sementara untuk saat ini jumlah pompa yang dimiliki khusus untuk unit ini hanyalah satu sehingga sulit untuk mengetahui

**Tabel 4. 23 Severity Pompa Lumpur**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Memiliki 2 pompa, kondisi baik	Memiliki 2 pompa, 1 kadang rusak	Memiliki 2 pompa, sering rusak	Memiliki 1 pompa, jarang rusak	Memiliki 1 rusak

Dari tabel diatas nilai besaran risiko yang ditimbulkan oleh peralatan pelengkap adalah 60%. Pompa merupakan perlengkapan yang penting pada unit bak pengendap sebab untuk menguras lumpur diperlukan sebuah pompa. Pemberian range nilai severity 60% didasarkan pada hal ini dapat mempengaruhi proses lainnya sebab lumpur yang mengendap telah memenuhi ruang lumpur. Sehingga efek yang terjadi dari rusaknya pompa cukup mengganggu aktifitas pada bak pengendap pertama. Untuk nilai severity risiko peralatan pelengkap adalah 4.

**Tabel 4. 24 Severity bak pengendap pertama**

Risiko	Skor
Overflow rate	2
NRe	5
HRT	2
Kondisi air inlet	3
Pompa	4

#### 4.6.1.2.2 Grit Chamber

Grit chamber berfungsi untuk mengendapkan partikel grit baik pasir maupun kerikil. Untuk melihat besaran risiko yang ditimbulkan mengacu pada hasil fishbone dan juga gambaran unit pengolahan. Pada unit grit chamber secara prinsip dasar untuk mengendapkan pasir atau kerikil, sehingga yang menjadi bagian penting dari grit chamber adalah kecepatan mengendap dari partikel tersebut harus lebih cepat daripada kecepatan alirannya.

a.  $V$  horizontal

Berdasarkan pada hasil analisis yang dilakukan pada 4.2.2 didapatkan bahwa  $V$  horizontal sebesar 0,016 m/s, sangat jauh dari kriteria desain. Kriteria desain minimum  $V_h$  adalah 0,8 m/s. Pada kondisi  $V_h$  dibawah dari 0,8 m/s dapat diartikan bahwa pengendapan berjalan dengan baik pada *grit chamber* sebab  $V_h$  lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan pengendapan. Sehingga pengendapan sejauh ini berjalan dengan baik pada unit *grit chamber*. Berdasarkan pada hal tersebut maka besar penilaian risiko untuk  $V$  horizontal pada unit *grit chamber* adalah sebagai berikut

**Tabel 4. 25 Severity kecepatan horizontal *grit chamber***

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
<0,8 - 1,3 m/s	1,3 – 1,5 m/s	1,6 – 2 m/s	>2 m/s	>2 m/s

Besaran nilai risiko dari kondisi ini adalah 0%. Besaran risiko yang digunakan adalah 5 sebab pada proses pengendapan semakin kecil  $v$  horizontal maka pengendapan yang dihasilkan akan semakin bagus. Nilai severity untuk kondisi ini adalah 1 sebab tidak menimbulkan atau berpotensi menjadi masalah pada proses.

b. *Hydarulic Retention Time* (HRT)

Waktu tinggal merupakan parameter yang dapat dilihat pada operasinya unit pengolahan air limbah. Berdasarkan pada hasil hitung pada persamaan 4.2.2 didapatkan hasil bahwa waktu tinggal untuk unit *grit chamber* adalah 13,8 menit. Pada kisaran waktu pengendapan 13,8 menit menurut desain (Metcalf & Eddy, 2014) melebihi batas standar cukup jauh dikarenakan pengoperasian pada IPAL PIER menggunakan dua unit sementara debit yang ada saat ini masih jauh dari kapasitas penampungan *grit chamber*.

**Tabel 4. 26 Severity waktu tinggal grit chamber**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
45 – 90 detik	91- 100 detik	>100 detik	20- 45 detik	<20 detik

Berdasarkan pada kondisi diatas maka dapat diketahui bahwa nilai besaran risiko yang ditimbulkan adalah 60%, sebenarnya apabila waktu tinggal lebih lama maka proses pengendapan lebih baik. Namun penggunaan dua grit chamber dengan kondisi ini jadi kurang efektif, penggunaan satu grit chamber dengan debit saat ini saja waktu tinggalnya lebih dari >100 detik. Sehingga nilai severity adalah 3

c. Pengurasan lumpur

Dalam pelaksanaan pengoperasian grit chamber pengurasan lumpur merupakan elemen penting yang harus diperhatikan untuk menunjang bekerjanya unit grit chamber dengan baik. Berdasarkan pada hasil hitung pengurasan lumpur dilakukan dalam kurun waktu 3-4 bulan sekali. Pengurasan menjadi hal yang penting sebab dapat berdampak yang signifikan pada hasil pengolahan air limbah sebab partikel yang seharusnya mengendap dapat terbawa lagi bila ruang pengendapan telah penuh. Penentuan skala risiko didasarkan pada perhitungan waktu pengurasan untuk lumpur.

**Tabel 4. 27 Severity pengurasan lumpur grit chamber**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
2-3 bulan sekali	3-4 bulan sekali	4-5 bulan sekali	>5bulan sekali	Satu tahun sekali

Dari kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa skala besaran penilaian risiko adalah 60%. Sehingga skala besaran risikonya adalah 4.

Dari hasil pembahasan severity untuk grit chamber didapatkan nilai severity untuk masing-masing risiko pengolahan air limbah. Nilai severity tersebut adalah sebagai tersebut pada tabel 4.36.

**Tabel 4. 28 Severity grit chamber**

Risiko	Skor
Vh	1
HRT	2
Pengurasan lumpur	2

#### 4.6.1.2.3 Secondary Settling Tank

Pada pelaksanaan lapangan secondary settling tank pada unit pengolahan berfungsi untuk mengendapkan partikel tersuspensi yang belum terendapkan secara maksimal pada bak pengendap pertama maupun *grit chamber*. Unit secondary settling tank memiliki bentuk *circular* yang dilengkapi dengan pompa lumpur dan *scraper*. *Scraper* berfungsi untuk membantuk mengendapkan padatan pada ruang lumpur yang terdapat pada *secondary settling tank*.

##### a. Hydarulic Retention Time (HRT)

Waktu tinggal untuk unit Waktu tinggal merupakan salah satu faktor yang dilihat pada setiap unit. Waktu tinggal tiap unit seperti pada pembahasan 4.2.3 berkorelasi dengan volume unit dan debit yang dapat ditampung unit.

Dalam penentuan risiko untuk nilai waktu tinggal yang menjadi faktor kontrol adalah korelasi antara desain dan pelaksanaan lapangan. Pada *secondary settling tank* waktu tinggalnya berkisar antara 1,5 – 2,5 jam. Sehingga pada skala risiko 5 waktu tinggalnya <1,5 jam, sebab apabila waktu pengendapan yang terjadi kurang dari 1,5 jam berarti pengendapan yang terjadi pada unit belum maksimal dilakukan. Sementara skala kondisi ideal berarti memenuhi standar kriteria desain.

Berdasarkan pada penilaian besaran risiko pada tabel diatas maka diperoleh kondisi waktu pengendapan unit *secondary settling tank* adalah 40%. Sehingga nilai severitynya adalah 2. Penilaian severity dapat dilihat pada

tabel 4.37, yang menjelaskan penilaian severity terhadap risiko waktu tinggal *secondary settling tank*.

**Tabel 4. 29 Severity Waktu Tinggal Secondary Settling Tank**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Td 1,5-2,5 jam	Td 4 jam < x < 2,5 jam	Td 4-6 jam	Td >6,jam	Td <1,5 jam

b. *Overflow Rate* (OFR)

Dari perhitungan tersebut didapatkan bahwa OFR untuk debit puncak maupun rata-rata kurang dari standar desain yang telah ditetapkan. Nilai OFR saat ini berdasarkan pada debit rata-rata harian adalah 10,19 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup>.hari, sementara untuk debit puncak nilai OFR adalah 16,13 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup>.hari. Kedua parameter tersebut tidak memenuhi standar desain yang telah ada, hal tersebut di sebabkan debit pada unit bak pengendap pertama masih kurang dari standar desain. Nilai OFR yang terlalu rendah dapat mengakibatkan *dead zone* yang disebabkan oleh tidak meratanya aliran dan kurangnya laju aliran.

**Tabel 4. 30 Severity OFR Average Secondary Settling Tank**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
30 – 50 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	< 30 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	50 - 65 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	65 – 85 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	>85 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari

Sehingga nilai yang diperoleh untuk range nilai *severity* kondisi lingkungan ini adalah 20%. Dengan range nilai *severity* kondisi tersebut maka nilai besaran risiko yang ditimbulkan adalah 4.

**Tabel 4. 31 Severity OFR Peak Secondary Settling Tank**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
80 – 120 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	<50 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	70 – 90 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	90 – 110 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	>110 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari

Sehingga nilai yang diperoleh untuk range nilai *severity* kondisi lingkungan ini adalah 20%. Dengan range nilai *severity* kondisi tersebut maka nilai besaran risiko yang ditimbulkan adalah 4. Skala kondisi 4 diperoleh berdasarkan pada kondisi desain yang sebenarnya memang selama ini belum terpengaruh akibat nilai OFR yang kecil. Namun nilai OFR yang kecil tetap memberikan pengaruh pada kondisi tertentu dalam pengolahan IPAL, pada kondisi pengolahan dengan nilai OFR berisiko menimbulkan dead zone, sehingga dapat menyebabkan kondisi yang septik. Kondisi septik ditimbulkan karena terlalu lamanya air limbah berada pada penampungan. Sehingga perlahan akan terjadi aktivitas pembentukan gas metan. Kondisi ini pada jangka panjang akan menimbulkan bau, pembentukan gas metan juga nantinya akan mempengaruhi pengendapan yang terjadi.

### c. Scrapper

Menurut hasil wawancara dengan operator lapangan didapatkan kondisi bahwa setiap peralatan untuk unit *secondary settling tank* rutin dilakukan pengecekan, utamanya untuk pemberian oli pada motor scrapper bridge. Berdasarkan pada skala perawatan alat pelengkap besaran nilai risikonya tinggi, sebab pelaksanaan lapangan scrapper mengalami rusak sudah selama enam bulan terakhir. Kerusakan pada scrapper ini tentunya memberikan pengaruh yang cukup banyak pada hasil pengolahan yang ada pada *secondary settling tank*, sebab pemberian scapper pada unit secondary settling tank adalah untuk mempermudah mengumpulkan padatan yang akan mengendap ke ruang lumpur.

**Tabel 4. 32 Severity perawatan scrapper secondary settling tank**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Di cek satu minggu sekali	Di cek satu bulan sekali	Di cek setiap tiga bulan	Di cek setiap 6 bulan	Di cek satu tahun sekali, rusak

Berdasarkan pada skala besaran risiko, nilai risiko yang ditimbulkan adalah 80%. Nilai severity untuk perawatan peralatan pelengkap adalah 5, dalam jangka waktu yang panjang apabila tidak segera dilakukan perbaikan maka dapat berakibat fatal pada hasil pengolahan air limbah yang ada pada IPAL. Penilaian risiko tersebut diberikan risiko tinggi sebab apabila pengendapan tidak berjalan maksimal pada unit ini maka unit *oxidation ditch* dapat mengalami permasalahan pada prosesnya.

d. Pompa lumpur

Pompa lumpur merupakan alat pelengkap yang penting untuk beroperasinya *final settling tank*, sebab pompa ini digunakan untuk membuat lumpur yang dihasilkan ke *sludge disposal*.

**Tabel 4. 33 Severity pompa**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Memiliki 2 pompa, kondisi bai	Memiliki 2 pompa, 1 kadang rusak	Memiliki 2 pompa, sering rusak	Memiliki 1 pompa, jarang rusak	Memiliki 1 rusak

Dari tabel diatas nilai besaran risiko yang ditimbulkan oleh peralatan pelengkap adalah 80%. Sehingga nilai *severity* untuk unit *secondary settling tank* dirangkum pada table 4.33.

**Tabel 4. 34 Severity secondary settling tank**

Risiko	Skor
HRT	2
Overflow rate	2
Scrapper	5
Pompa lumpur	4

#### 4.6.1.2.4 Oxidation Ditch

Dalam pelaksanaan pengolahan air limbah untuk IPAL PIER *oxidation ditch* memegang peranan yang penting. Sebab sebagian besar proses reduksi baik parameter kimia maupun biologi terjadi pada unit ini. Dalam pengoperasiannya bagian paling utama dalam berjalannya *oxidation ditch* mikroorganisme yang terlibat. Maka dari itu ditemukan beberapa risiko yang perlu dianalisis.

##### a. Hydraulic Retention Time (HRT)

Waktu tinggal untuk unit Waktu tinggal merupakan salah satu faktor yang dilihat pada setiap unit. Waktu tinggal tiap unit seperti pada pembahasan 4.2.4 berkorelasi dengan volume unit dan debit yang dapat ditampung unit.

Dalam penentuan risiko untuk nilai waktu tinggal yang menjadi faktor kontrol adalah korelasi antara desain dan pelaksanaan lapangan. Pada *oxidation ditch* waktu tinggalnya berkisar antara 18 – 36 jam. Sehingga pada skala risiko 5 waktu tinggalnya <18 jam, sebab apabila waktu pengendapan yang terjadi kurang dari 18 jam berarti pengendapan yang terjadi pada unit belum maksimal dilakukan.

**Tabel 4. 35 Severity HRT**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
18 – 36 jam	36 - 40 jam	41- 45 jam	>45 jam	<18 jam

Berdasarkan pada kondisi tersebut nilai besaran risiko yang ditimbulkan pada unit *oxidation ditch* adalah 60%. Skala besaran severity adalah 3. Pada kondisi ini aerasi yang terjadi

melebihi aerasi yang sebenarnya dibutuhkan sehingga berdasarkan pada kondisi tersebut risiko yang muncul adalah flok yang pecah karena aerasi berlebihan.

b. BOD loading rate

BOD loading rate merupakan salah satu faktor yang digunakan untuk mengetahui daya tampung unit *oxidation ditch* dalam mengolah BOD. Berdasarkan pada perhitungan yang dilakukan nilai BOD loading rate masih masuk pada skala rendah dari BOD loading rate yang mampu ditampung oleh unit pengolahan *oxidation ditch*.

Berdasarkan pada kondisi tersebut nilai besaran risiko yang ditimbulkan pada unit *oxidation ditch* adalah 0%. Sehingga nilai severity adalah 1.

**Tabel 4. 36 Severity BOD Loading Rate**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
0,1-0,6 Kg BOD/kg MLSS. d	0,6 – 0,7 Kg BOD/kg MLSS. d	0,71-0,8 Kg BOD/kg MLSS. d	0,81 – 0,9 Kg BOD/kg MLSS. d	>0,9 Kg BOD/kg MLSS. d

c. MLSS

MLSS adalah salah satu parameter kontrol yang digunakan untuk mengetahui mikroorganisme yang terdapat pada pengolahan unit *oxidation ditch*. Nilai MLSS dan F/M saling berhubungan sesuai dengan perhitungan yang dilakukan. Semakin tinggi nilai MLSS menunjukkan semakin tingginya konsentrasi mikroorganisme yang terdapat pada lumpur. Pada kondisi ini MLSS yang dihasilkan sebenarnya masih masuk rentang kriteria desain namun pada pengoperasian lapangan ternyata didapatkan kondisi dimana lumpur yang terbentuk berbentuk seperti jeli. Menyebabkan lumpur tersebut sulit untuk mengendap. Hal ini disebabkan oleh jumlah mikroorganisme yang ada terlalu banyak sehingga terbentuk *exopolysaccharida* oleh bakteri. Kondisi ini berpengaruh pada kinerja clarifier.

**Tabel 4. 37 Severity MLSS**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
3000-6000 mg/L	6001-7000 mg/l	7001-8000 mg/L	8001-9000 mg/L	>9000 mg/L

Berdasarkan pada tabel diatas nilai besaran risiko MLSS pada unit pengolahan oxidation ditch untuk saat ini masih memenuhi. Sehingga nilai besaran severity adalah 0%, dengan nilai severity 1.

d. F/M

F/M rasio menyatakan besarnya zat organik yang mampu diuraikan melalui proses ( Said & Utomo , 2007). F/M rasio diperlukan untuk mengontrol kondisi, memperhitungkan harus melakukan resirkulasi lumpur. Nilai F/M untuk saat ini menunjukkan kondisi bahwa mikroorganisme yang ada pada pengolahan air limbah lebih banyak daripada jumlah beban pencemar yang masuk. Dalam kondisi ini hasil efluen yang dikeluarkan sesuai dengan yang diharapkan sebab prosesnya efisien.

**Tabel 4. 38 Severity F/M rasio**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
0,04 – 0,1 Kg BOD/kg MLSS. d	0,11 -0,2 Kg BOD/kg MLSS. d	0,21-0,3 Kg BOD/kg MLSS. d	0,31 – 4 Kg BOD/kg MLSS. d	>4 Kg BOD/kg MLSS. d

Besaran nilai risiko yang ditimbulkan oleh F/M rasio hingga saat ini adalah 0%. Hal tersebut dikarenakan debit unit yang masih kecil sehingga proses masih mampu dilakukan dengan baik. Namun karena rasio dari F/M yang nyaris kecil maka perlu diperhatikan resirkulasi lumpur dan juga jumlah nutrient yang masuk pada pengolahan air limbah.

e. *Dissolved oxygen*

*Dissolved oxygen* (DO) merupakan salah satu parameter penting yang harus dikontrol pada pengoperasian *oxidation ditch*. Sebab *Dissolved oxygen* dapat mempengaruhi kualitas efluen dari air limbah setelah proses. DO yang terlalu tinggi dapat menyebabkan flok yang terbentuk *pinfloc*, apabila DO terlalu rendah dapat menyebabkan kondisi *dead zone*.

Pengaturan kadar DO perlu dikontrol setiap waktu untuk memastikan setiap proses dapat berjalan dengan baik. Sebab konsentrasi oksigen adalah parameter yang sangat berpengaruh pada proses ini. Pengontrolan dan pencatatan yang baik perlu dilakukan untuk memastikan pengolahan pada unit ini berjalan sesuai dengan desain yang telah direncanakan.

Nilai persen severity yang diberikan pada evaluasi kinerja unit adalah 20%, penilain tersebut dapat dilihat pada tabel 4.51. Pemberian severity dengan angka 4 tersebut disebabkan oleh evaluasi kinerja unit sebenarnya adalah hal yang penting dilakukan dalam pengoperasian *oxidation ditch*. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui sebenarnya selama *oxidation ditch* tersebut beroperasi sudah sesuai desain yang dibuat atau tidak. Sehingga pengoperasian *oxidation ditch* dapat selalu efektif dan terekam dalam pengarsipan yang rapi.

**Tabel 4. 39 Severity DO**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Dilakukan pengecekan tiap jam pada setiap unit	Dilakukan pengecekan hanya pada satu unit	Dilakukan pengecekan harian	Dilakukan pengecekan seminggu sekali	Tidak dilakukan pengecekan

f. *Sludge Retention Time* (SRT)

*Sludge Retention Time* (SRT) merupakan salah satu parameter penting yang harus dikontrol pada pengoperasian *oxidation ditch*. Sebab SRT berkaitan dengan aktivitas

mikroorganisme pengurai yang terdapat pada pengolahan air limbah. Sepertinya yang terdapat pada lampira II perhitungan SRT dapat dilihat bahwa SRT yang dimiliki harus mampu dikontrol sebab menurut (Tillman G. M., 1996) bahwa SRT akan mempengaruhi hasil dari pengolahan.

Nilai SRT yang tidak sesuai dapat membuat sludge yang dihasilkan banyak namun efisiensi pengolahannya sangat kecil, hal ini disebabkan oleh tidak seimbangnya lumpur yang disirkulasi dan dibuang. Sementara pembuangan dan resirkulasi lumpur haruslah di kontrol setiap hari sehingga hasil dari pengolahan dapat sesuai dengan standar yang sudah dibuat untuk pengolahan air limbah.

Nilai persen severity yang diberikan pada evaluasi kinerja unit adalah 20%, penilain tersebut dapat dilihat pada tabel 4.51. Pemberian severity dengan angka 4 tersebut disebabkan oleh evaluasi kinerja unit sebenarnya adalah hal yang penting dilakukan dalam pengoperasian *oxidation ditch*. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui sebenarnya selama *oxidation ditch* tersebut beroperasi sudah sesuai desain yang dibuat atau tidak.

**Tabel 4. 40 Severity SRT**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Dilakukan pengecekan setiap hari	Dilakukan pengecekan seminggu sekali	Dilakukan pengecekan satu bulan sekali	Dilakukan pengecekan tiga bulan sekali	Tidak dilakukan pengecekan lebih dari tiga bulan sekali

g. Kontrol rotor

Rotor merupakan komponen peralatan yang penting dalam pengolahan dengan unit *oxidation ditch*. Sebab rotor dapat mengontrol jumlah oksigen yang akan ada pada pengolahan air limbah. Rotor berfungsi untuk menyplai oksigen sehingga mikroba yang ada pada pengolahan dapat hidup. Dalam pelaksanaan operasional *oxidation ditch* rotor seringkali mengalami permasalahan berupa tingginya suhu

sehingga seringkali tiba-tiba mati. Sehingga nilai besaran risiko untuk rotor pada unit oxidation ditch adalah sebagaimana tabel 4.39.

**Tabel 4. 41 Severity kontrol rotor**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Setiap hari, > satu kali dalam satu minggu, tidak ada	Setiap hari, > satu kali dalam satu minggu, ada masalah	Seminggu sekali, tidak ada masalah	Seminggu sekali ada masalah	Jarang, ada masalah

Rotor perlu ditambahkan cadangan atau menggunakan pergantian pengoperasian. Sehingga tidak terjadi kerusakan rotor karena kondisi panas. Selain itu rotor yang panas sebenarnya dapat disebabkan oleh berbagai macam hal, terlalu berat beban kerja rotor atau air yang terdapat pada unit terlalu rendah dari batas minimum rotor. Hal tersebut perlu dikontrol dengan rinci sehingga tidak lagi menimbulkan permasalahan.

Besaran nilai risiko yang ditimbulkan oleh rotor adalah 20%. Severity dari kontrol rotor ini adalah 2.

**Tabel 4. 42 Severity oxidation ditch**

Risiko	Skor
HRT	2
BOD load	1
F/M	1
MLSS	1
Disolved oxygen	2
Rotor	2
SRT	2

#### 4.6.1.2.5 Final settling tank

*Final settling tank* pada IPAL PIER berbentuk circular dengan dilengkapi oleh scrapper. *Final settling tank* menjadi unit yang memiliki satu kesatuan dengan oxidation ditch.

Sebab pembentukan flok dilakukan pada unit oxidation ditch sementara pada unit final settling tank flok tersebut diendapkan.

a. *Hidraulic Retention Time (HRT)*

Waktu tinggal untuk unit Waktu tinggal merupakan salah satu faktor yang dapat dilihat pada setiap unit. Korelasi antara desain dan pelaksanaan lapangannya sudah sesuai atau belum. Pada unit *final settling tank* waktu tinggalnya berkisar antara 1,5 – 2,5 jam. Sehingga pada skala risiko 1 waktu tinggalnya <1,5 jam, sebab apabila pengendapan yang terjadi kurang dari 1,5 jam dapat mengakibatkan efluen yang keluar kualitasnya kurang baik. Sementara skala kondisi ideal 5 berarti memenuhi standar kriteria desain.

Pada final settling tank membutuhkan waktu pengendapan hingga lebih dari 24 jam. Hal ini dipicu oleh kondisi debit yang belum memenuhi desain awal dan juga clarifier yang sangat besar, serta kedua clarifier difungsikan pada kasus ini. Pengopersian dua clarifier secara efektifitas didasarkan pada perhitungan menghasilkan kondisi yang tidak efisien, namun kondisi penggunaan dua clarifier sebenarnya didasarkan pada kondisi pengendapan untuk lumpur yang terbentuk pada proses sebelumnya memang membutuhkan waktu yang lebih lama sebab lumpur tersebut bertekstur seperti jeli. Kondisi ini juga sering dikenal dengan *non-filamentous bulking*. Pada kondisi nonfilamentous bulking ini perlu dilakukan evaluasi dan percobaan yang lebih detail lagi untuk menentukan treatment yang tepat. Pada kondisi ini seperti yang telah dibahas pada 4.2.4 bahwa kondisi dipicu oleh jumlah mikroorganisme yang berlebih. Sehingga pembuangan dan resirkulasi lumpur perlu diatur lagi untuk mengefisienkan penggunaan clarifier.

Berdasarkan pada tabel tersebut nilai persen risiko pengolahan air limbah adalah 60%, dengan besaran risiko adalah 4. Hal ini disebabkan karena waktu tinggal untuk unit ini terlalu lama, sehingga sebenarnya dapat berakibat pada kondisi yang septik yang justru akan semakin memperlambat proses pengendapan.

**Tabel 4. 43 Severity waktu *final settling tank***

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Td 1,5-2,5 jam	Td 2,5 -4 jam	Td 4-6 jam	Td >6,jam	Td <1,5 jam

b. *Overflow Rate* (OFR)

Dari perhitungan tersebut didapatkan bahwa OFR untuk debit puncak maupun rata-rata kurang dari standar desain yang telah ditetapkan. Nilai OFR saat ini berdasarkan pada debit rata-rata harian adalah  $17,65 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari}$ , sementara untuk debit puncak nilai OFR adalah  $21,487 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari}$ . Kedua parameter tersebut tidak memenuhi standar desain yang telah ada, hal tersebut di sebabkan debit pada unit bak pengendap pertama masih kurang dari standar desain. Nilai OFR yang terlalu rendah dapat mengakibatkan *dead zone* yang disebabkan oleh tidak meratanya aliran dan kurangnya laju aliran.

**Tabel 4. 44 Severity OFR *average final settling tank***

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
$25 - 30 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari}$	$< 25 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari}$	$35 - 50 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari}$	$50 - 65 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari}$	$> 65 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari}$

Sehingga nilai yang diperoleh untuk range nilai *severity* kondisi lingkungan ini adalah 20%. Dengan range nilai *severity* kondisi tersebut maka nilai besaran risiko yang ditimbulkan adalah 4.

Sehingga nilai yang diperoleh untuk range nilai *severity* kondisi lingkungan OFR peak pada tabel 4.40 adalah 20%. Dengan range nilai *severity* kondisi tersebut maka nilai besaran risiko yang ditimbulkan adalah 4. Skala kondisi 4 diperoleh berdasarkan pada kondisi desain yang sebenarnya memang selama ini belum terpengaruh akibat nilai OFR yang kecil. Namun nilai OFR yang kecil tetap memberikan pengaruh

pada kondisi tertentu dalam pengolahan IPAL, pada kondisi pengolahan dengan nilai OFR berisiko menimbulkan dead zone, sehingga dapat menyebabkan kondisi yang septik. Kondisi septik ditimbulkan karena terlalu lamanya air limbah berada pada penampungan. Sehingga perlahan akan terjadi aktivitas pembentukan gas metan. Kondisi ini pada jangka panjang akan menimbulkan bau, pembentukan gas metan juga nantinya akan mempengaruhi pengendapan yang terjadi.

**Tabel 4. 45 Severity OFR peak final settling tank**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
50 – 70 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	<50 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	70 – 90 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	90 – 110 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	>110 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari

c. Scrapper

Menurut hasil wawancara dengan operator lapangan didapatkan kondisi bahwa setiap peralatan untuk unit *final settling tank* rutin dilakukan pengecekan, utamanya untuk pemberian oli pada motor *scraper bridge*. Berdasarkan pada skala perawatan alat pelengkap besaran nilai risikonya rendah, namun pada pelaksanaan lapangan scrapper mudah untuk rusak dan keropos.

**Tabel 4. 46 Severity Scrapper Secondary Settling Tank**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Di cek satu minggu sekali	Di cek satu bulan sekali	Di cek setiap tiga bulan	Di cek setiap 6 bulan	Di cek satu tahun sekali, jarang

Berdasarkan pada skala besaran risiko, nilai risiko yang ditimbulkan adalah 0.

d. Pompa lumpur

Pompa lumpur merupakan alat pelengkap yang penting untuk beroperasinya *final settling tank*, sebab pompa ini digunakan untuk membuat lumpur yang dihasilkan ke *sludge disposal*.

**Tabel 4. 47 Severity pompa**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Memiliki 2 pompa, kondisi bai	Memiliki 2 pompa, 1 kadang rusak	Memiliki 2 pompa, sering rusak	Memiliki 1 pompa, jarang rusak	Memiliki 1 rusak

Dari tabel diatas nilai besaran risiko yang ditimbulkan oleh peralatan pelengkap adalah 80%.

**Tabel 4. 48 Severity *final settling tank***

Risiko	Skor
OFR	2
HRT	2
Scrapper	1
Pompa	4

#### 4.6.1.3 Severity Perawatan dan Operasional IPAL

Perawatan dan operasional air limbah adalah bagian yang penting dalam pengolahan air limbah. Pengolahan air limbah memerlukan perawatan dan operasional yang baik sebab pada pengolahan biologis sangat memerlukan pemantauan dan pengontrolan pada banyak aspek. Hal tersebut disebabkan oleh pengolahan yang menggunakan mikroorganisme pada prosesnya.

Perawatan dalam hal ini adalah yang seputar pada kebersihan dan kelengkapan dari pendukung proses. Sehingga perawatan untuk setiap unit wajib dilakukan agar proses dapat efektif dan efisien. Sementara operasional unit mempengaruhi kondisi unit berlangsungnya proses untuk

menghasilkan efluen sesuai yang diharapkan. Sehingga kedua hal tersebut perlu untuk dikontrol agar efluen dari pengolahan air limbah dapat sesuai dengan baku mutu dan proses akan maksimal.

a. Pembersihan unit IPAL

Pembersihan unit IPAL dengan rutin merupakan salah satu bentuk perawatan unit untuk menghindari faktor pengotor lain yang tidak diinginkan. Menurut (Nugroho & Satmoko, 2014) untuk perawatan unit IPAL utamanya pembersihan unit pada screen harus dilakukan minimal seminggu sekali. Namun dengan kondisi sering adanya padatan ataupun sampah yang masuk hingga ke IPAL maka seharusnya pembersihan untuk unit dilakukan setidaknya satu hari sekali.

Berdasarkan pada tabel tersebut nilai besaran risiko pengolahan air limbah adalah 0% sebab pembersihan unit telah dilakukan setiap hari oleh operator IPAL. Maka nilai severity dari waktu pembersihan unit adalah 1

**Tabel 4. 49 Severity waktu pembersihan unit**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Setiap hari	Satu minggu sekali	Satu bulan sekali	3 bulan sekali	>6 bulan sekali

b. Analisis harian kondisi air limbah

Analisis harian kondisi air limbah diperlukan sebagai bentuk operasional harian dari IPAL. Selain itu analisis harian juga merupakan bentuk pelaporan terhadap kinerja pengolahan air limbah yang dikelola. PIER telah melakukan analisis air limbahnya secara harian selama ini, namun pengujian tersebut masih sangat bergantung pada laboratorium sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk mengetahui hasil dari pengolahan air limbah.

**Tabel 4. 50 Severity analisis harian air limbah**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Setiap hari	Lebih dari sekali dalam Satu minggu	Seminggu sekali	Satu bulan sekali	>3 bulan sekali

Berdasarkan kondisi tersebut nilai besaran risiko yang dimiliki dari analisis harian air limbah adalah 20% sebab sebenarnya hampir setiap hari dilakukan analisis air limbah, namun sabtu minggu atau ketika kantor libur tidak dilakukan analisis. Sehingga pada hari-hari tersebut tidak dapat diketahui kualitas pengolahan air limbah.

c. Pencatatan harian

Pencatatan harian yang dilakukan dalam pengoperasian IPAL adalah dengan mencatat seluruh kontrol dan pengoperasin IPAL secara harian. Bentuk kontrol yang dicatat pada bak pengendap pertama adalah hasil uji influen yang telah diambil, kondisi pengolahan selama hari itu (ada atau tidaknya sampah yang masuk ke unit). Bentuk pengoperasian unit adalah pengurusan lumpur, perawatan pompa, pembersihan harian, dan hal-hal yang dikerjakan oleh operator setiap harinya.

Pada proses yang terjadi dalam skala harian operator telah mencatat kerjanya dalam bentuk *log sheet* hal tersebut sudah merupakan awal mula yang bagus, namun *log sheet* tersebut hingga saat ini masih dalam bentuk catatan operator saja dan tidak diberikan pencatatan dan arsip yang rapi. Pencatatan merupakan hal yang sangat penting dalam pelaksanaan manajemen lingkungan. Sebab dengan kondisi yang terus fluktuatif dengan adanya pencatatan dapat memudahkan tindakan dan dapat digunakan sebagai bentuk pencegahan terhadap suatu permasalahan yang mungkin akan timbul.

**Tabel 4. 51 Severity Pencatatan Harian**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Memiliki catatan kinerja dan tersampaikan dengan baik. Dilakukan setiap hari	Memiliki catatan kinerja dan tersampaikan dengan baik. Dilakukan seminggu	Memiliki catatan kinerja dan tersampaikan dengan baik. Dilakukan bulanan	Memiliki catatan kinerja dan tidak tersampaikan dengan baik.	Tidak memiliki catatan kinerja

Persen severity yang diberikan pada pencatatan harian adalah 60% dengan nilai severity adalah 4. Pemberian nilai tersebut karena pencatatan harian pada unit bak pengendap pertama dibutuhkan secara rinci untuk mengetahui kondisi pengolahan yang terjadi. Sehingga ketika data tersebut tidak lengkap atau tersip dengan baik riwayat dari unit *oxidation ditch* tidak dapat diketahui.

#### d. Evaluasi kinerja

Evaluasi kinerja unit merupakan salah satu hal yang harus rutin dilakukan berdasarkan pada pedoman pelaksanaan teknis IPAL. Evaluasi kinerja unit digunakan untuk mengetahui sejauh apa unit tersebut bekerja sesuai dengan desain yang telah dibuat sehingga dapat diketahui efektifitas dan efisiensi kerja. Evaluasi paling tidak dilakukan tiap tahun untuk mengetahui kualitas pengolahan air limbah dan kinerja unit berdasarkan pada desain yang telah dibuat.

Evaluasi kinerja unit yang digunakan sebagai data evaluasi adalah kinerja unit sesuai desain, efektifitas unit dalam menurunkan bahan pencemar, dan permasalahan yang pernah muncul di unit. Hal tersebut dibutuhkan dalam pembahasan evaluasi kinerja unit, sebab dalam evaluasi kinerja unit selain dari segi kinerja unit juga perlu dilihat efisiensi dari pengoperasian.

**Tabel 4. 52 Severity Evaluasi Kinerja Unit**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
Rutin dilakukan evaluasi kinerja IPAL secara desain dan kondisi	Pernah dilakukan evaluasi kinerja IPAL secara desain dan kondisi	Rutin dilakukan evaluasi kualitas air limbah efluen	Pernah dilakukan evaluasi kinerja sesuai efluen	Tidak ada evaluasi kinerja IPAL secara desain dan kondisi

Nilai persen severity yang diberikan pada evaluasi kinerja unit adalah 80%. Pemberian severity dengan angka 5 tersebut disebabkan oleh evaluasi kinerja unit sebenarnya adalah hal yang penting dilakukan dalam pengoperasian *oxidation ditch*. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui sebenarnya selama *oxidation ditch* tersebut beroperasi sudah sesuai desain yang dibuat atau tidak. Sehingga pengoperasian *oxidation ditch* dapat selalu efektif dan terekam dalam pengarsipan yang rapih.

#### e. Pelaksanaan IPAL

Menurut hasil wawancara dengan operator lapangan didapatkan kondisi bahwa setiap peralatan untuk rutin dilakukan pengecekan. Perawatan tersebut adalah pemberian oli pada motor scrapper bridge dan monitoring rotor secara rutin tiap hari, sehingga untuk kedua hal tersebut sudah diatur pelaksanaan pekerjaanya. Namun, berdasarkan pada skala perawatan alat pelengkap besaran nilai risikonya tinggi, sebab pelaksanaan lapangan scrapper mengalami rusak sudah selama enam bulan terakhir. Kerusakan pada scrapper ini tentunya memberikan pengaruh yang cukup banyak pada hasil pengolahan yang ada pada *secondary settling tank*, sebab pemberian scapper pada unit *secondary settling tank* adalah untuk mempermudah mengumpulkan padatan yang akan mengendap ke ruang lumpur.

Selain terdapat kerusakan pada scrapper pada setiap unit hanya terdapat satu pompa lumpur dan cadangan untuk seluruhnya hanya satu. Namun cadangan pompa tersebut juga seringkali mengalami kerusakan. Sehingga dalam pemompaan lumpur beberapa kali menemui masalah karena ini. Oleh sebab itu perlu diberikan

Selain itu setiap hari operator membersihkan setiap unit sesuai yang telah dibahas pada point sebelumnya tentang pembersihan unit. operator melaksanakan hal tersebut berdasarkan pada SOP yang dimiliki oleh IPAL. Pembersihan dan perawatan setiap unit merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pengolahan air limbah. Sehingga hal tersebut perlu di perhatikan dan dikontrol dengan baik.

**Tabel 4. 53 Severity Perawatan Peralatan Pelengkap**

Skala kondisi lingkungan				
0	1	2	3	4
Skala besaran risiko				
5	4	3	2	1
SOP dikerjakan dan ada kontrol	SOP dikerjakan sebagian besar	SOP dikerjakan tidak setiap hari	SOP belum terkontrol	SOP tidak dilaksanakan

Berdasarkan pada skala besaran risiko, nilai risiko yang ditimbulkan adalah 60%. Nilai severity untuk perawatan peralatan pelengkap adalah 4, dalam jangka waktu yang panjang apabila tidak segera dilakukan perbaikan maka dapat berakibat fatal pada hasil pengolahan air limbah yang ada pada IPAL. Penilaian risiko tersebut diberikan risiko tinggi sebab apabila pengendapan tidak berjalan maksimal pada setiap unit maka unit *oxidation ditch* dapat mengalami permasalahan pada prosesnya. Selain itu dengan kondisi peralatan pompa yang beberapa kali mengalami kerusakan tentunya akan berdampak pada efluen air limbah sebab pengurasan lumpur menjadi terhambat.

**Tabel 4. 54 Severity Perawatan dan Operasional IPAL**

Risiko	Skor
Pelaksanaan SOP	4

Risiko	Skor
Pencatatan harian	4
Evaluasi kinerja unit	5
Analisis air limbah	2
Pembersihan	1

#### 4.7 Occurance

Penilaian *occurance* didasarkan pada kondisi terjadi suatu risiko. Skala *occurance* dapat disesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya, sebab pada berbagai kondisi kemungkinan terjadinya suatu risiko tidak dapat disamakan. Skor yang digunakan adalah 1-5. Penentuan skala *occurance* berdasarkan pada jumlah kejadian yang terjadi selama pengoperasian unit (1 tahun terakhir). Nilai *occurance* dapat ditentukan apabila terdapat pencatatan yang rapi dalam sistematika penanganan masalah yang terjadi. Sehingga apabila tidak terdapat pencatatan terkait permasalahan yang terjadi maka nilai *occurance*nya adalah 5.

**Tabel 4. 55 Skala Occurance**

Skala	Parameter
5	Terjadi >30 kali dalam satu tahun
4	Terjadi kegagalan < 20 kali dalam satu tahun
3	Terjadi kegagalan <10 kali dalam satu tahun
2	Terjadi kegagalan <5 kali dalam satu tahun
1	Terjadi kegagalan <2 kali dalam satu tahun

Skala nilai *occurance* yang digunakan pada pengolahan air limbah adalah seminimal mungkin kejadian tersebut terjadi. Sebab kesalahan pada pengolahan air limbah dapat berakibat fatal bagi lingkungan, utamanya badan air.

##### 4.7.2.1 Occurance Sumber Daya Manusia

Sumber daya manusia adalah salah satu bagian penting dalam pelaksanaan IPAL. Sebab selain penggunaan unit manusia adalah orang yang terlibat dalam pengoperasiannya.

**Tabel 4. 56 Occurance Sumber Daya Manusia**

Risiko	Jumlah Kejadian	Occurance
<b>Teknologi pengolahan yang digunakan</b>	Sepanjang beroperasi	5
<b>Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013</b>	Sepanjang beroperasi	5
<b>Pemahaman perawatan dan pengoperasian</b>	Sepanjang beroperasi	5

#### 4.7.2.2 Occurance Kinerja Unit

*Occurance* dari unit pengolahan didapatkan dari wawancara yang dilakukan dengan pihak yang terlibat pada IPAL. *Occurance* mengindikasikan sebenarnya seberapa sering masalah terjadi pada unit pengolahan air limbah

Kinerja unit merupakan kondisi dimana performa dari masing-masing unit yang beroperasi pada IPAL. Kinerja unit didasarkan pada masalah ataupun risiko yang muncul dari masing-masing unit. Standar dari perbandingan tersebut adalah berdasarkan pada standar dari unit (Metcalf & Eddy, 2014) .

**Tabel 4. 57 Occurance unit pengolahan air limbah**

Unit	Risiko	Jumlah Kejadian	Occurance
Bak Pengendap Pertama	Overflow rate	Sepanjang operasi	5
	NRe	Sepanjang operasi	5
	HRT	Sepanjang operasi	5
	Pengurasan lumpur	Tidak ada catatan	5
	Pompa lumpur	Sepanjang operasi	5

Unit	Risiko	Jumlah Kejadian	Occurance
	Kondisi inlet	<10	3
Grit Chamber	Vh	Sepanjang operasi	5
	HRT	Sepanjang operasi	5
	Pengurasan lumpur	<20	4
Secondary Settling Tank	Pompa lumpur	Sepanjang operasi	1
	HRT	Sepanjang operasi	5
	OFR	Sepanjang operasi	5
	Pencatatan harian	Sepanjang operasi	5
	Scrapper	Enam Bulan	5
Oxidation Ditch	HRT	Sepanjang operasi	5
	BOD load	Sepanjang operasi	5
	F/M	Sepanjang operasi	5
	Perawatan rotor	Tidak ada catatan	5
	MLSS	Tidak ada	1
	Dissolved oxygen	Sepanjang operasi	5
Final Settling Tank	Pompa	Sepanjang operasi	5
	HRT	Sepanjang operasi	5
	OFFR	Sepanjang operasi	5
	Scrapper	Tidak ada	1
	Pengurasan lumpur	Tidak ada	1

#### 4.7.2.3 Occurance Perawatan dan Pengoperasian

Occurance untuk perawatan dan pengoperasian IPAL adalah dengan mendapatkan data berdasarkan hasil

wawancara. Wawancara. Perawatan yang dilakukan didasarkan pada panduan perawatan dan pengoperasian unit pengolahan air limbah (Nugroho & Satmoko, 2014) .

**Tabel 4. 58 Occurance Perawatan dan Pengoperasian**

Risiko	Skor
Pelaksanaan SOP	2
Pencatatan harian	4
Evaluasi kinerja unit	5
Analisis air limbah	2
Pembersihan	1

#### 4.8 Detection

Detection adalah skala yang memuat tentang penanganan risiko yang timbul. Penanganan risiko yang timbul didasarkan pada identifikasi penanganan yang sudah atau dapat dilakukan (Aisyah, 2011). Dalam penilaian *detection* yang dilakukan nilai *detection* didasarkan pada pembagian skala pada table 4.58 yang kemudian dianalisis dengan kondisi lapangan yang saat ini ada. Sehingga skala yang didapatkan dalam *detection* dapat sesuai.

**Tabel 4. 59 Rentang Nilai *Detection***

Skala	Kriteria	Detection
5	Tidak terdapat proses untuk mengontrol, tidak dapat diprediksi, atau sulit dianalisis. Kemungkinan terjadinya kegagalan sangat tinggi,	Tidak pasti
4	Kegagalan dapat dideteksi secara visual atau menggunakan panca indera oleh operator atau monitor, atau dapat dianalisis namun membutuhkan waktu untuk penanganannya	Rendah
3	Kegagalan dapat dideteksi dengan alat saat proses oleh operator. Pengecekan dapat dilakukan secara menyeluruh dapat selalu dilakukan atau beberapa kali dilakukan	Sedang
2	Kegagalan dapat dideteksi saat proses maupun pasca proses selesai secara langsung oleh operator atau alat otomatis. Proses dapat dihentikan apabila menemui kegagalan.	Tinggi
1	Kegagalan mampu dicegah dengan menggunakan metode-metode yang telah	Hampir pasti

Skala	Kriteria	Detection
	disusun.	

**Tabel 4. 60 Detection sumber daya manusia**

Risiko	Detection
Teknologi pengolahan yang digunakan	5
Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013	5
Pemahaman perawatan dan pengoperasian air limbah	5

Untuk pemahaman terkait ketiga hal tersebut pemberian score detectionnya adalah 5 sebab ketiga hal tersebut sampai saat ini tidak memiliki penanganan dari pihak IPAL.

**Tabel 4. 61 Detection Perawatan dan Pengoperasian**

Risiko	Skor
Pelaksanaan SOP	5
Pencatatan harian	5
Evaluasi kinerja unit	5
Analisis air limbah	2
Pembersihan	1

Nilai *detection* tersebut didapatkan dari hasil pengamatan, wawancara, dan data perusahaan. Berdasarkan hal tersebut pelaksanaan SOP, pencatatan harian, dan evaluasi kinerja unit memiliki risiko yang dapat berpengaruh terhadap hasil pengolahan air limbah sebab hal tersebut berkaitan dengan proses air limbah yang diolah di unit. Nilai 5 diberikan karena sampai saat ini permasalahan yang timbul sebagaimana dijabarkan pada lampiran III belum memiliki penanganan dan pencegahan.

**Tabel 4. 62 Detection Kinerja Unit**

<b>Unit</b>	<b>Risiko</b>	<b>Detecetion</b>
Bak Pengendap Pertama	Overflow rate	5
	NRe	5
	HRT	5
	Pengurasan lumpur	2
	Peralatan Pelengkap	1
	Kondisi inlet	5
Grit Chamber	Vh	5
	HRT	5
	Pengurasan lumpur	4
Secondary Settling Tank	Pompa lumpur	4
	HRT	5
	Scrapper	5
	Pengurasan lumpur	2
	OFR	5
Oxidation Ditch	HRT	5
	BOD load	5
	F/M	1
	Perawatan rotor	5
	MLSS	1
	Dissolved oxygen	3
Final Settling Tank	Pompa	1
	HRT	1
	Scrapper	5
	Pengurasan lumpur	2
	OFR	5

Secara umum penanganan pada kinerja unit tidak dapat dilakukan dengan baik. Sebab faktor permasalahan terjadi pada kriteria desain yang telah direncanakan, sehingga ketika kegagalan tersebut muncul tidak akan menghasilkan peringatan dini adanya sebuah kegagalan. Dengan metode yang saat ini belum tersusun secara rapi untuk penanganan risiko-risiko tersebut.

#### **4.7 Risk Priority Number (RPN)**

Risk Priority Number (RPN) merupakan proses akhir untuk menentukan risiko paling berpengaruh. RPN juga digunakan sebagai penentuan risikonyang mana yang lebih dulu ditangani, sehingga mempermudah manajemen untuk memprioritaskan penanganan masalah, semakin tinggi nilai RPN maka masalah tersebut harus ditangani terlebih dahulu (Firdaus & Widianti, 2015).

Apabila terdapat nilai RPN yang sama pada penilaian, maka penentuan penanganan permasalahan dikembalikan pada pembobotan yang telah dibuat. Pembobotan tersebut yang nantinya akan menjadi pertimbangan tambahan dalam penentuan penanganan sebuah permasalahan (Wahyuningsih, 2018). Penilaian RPN untuk IPAL PIER dapat dilihat pada lampiran III.

#### **4.8 Usulan Perbaikan**

Berdasarkan pada hasil perhitungan nilai RPN yang telah dilampirkan terdapat beberapa usulan perbaikan yang harus dilaksanakan. Usulan perbaikan tersebut digunakan untuk menunjang kebutuhan dari IPAL. Usulan perbaikan yang diusulkan berdasarkan pada 5 penanganan utama yang harus dilakukan terlebih dahulu oleh IPAL untuk perbaikan jangka panjang. Usulan perbaikan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pelatihan pengoperasian dan perawatan IPAL

Pemahaman operator terkait peraturan IPAL maupun fungsi dari masing-masing unit perlu diberikan. Sebab dalam pelaksanaan lapangan pengoperasian IPAL banyak dilakukan oleh operator sehingga operator perlu memahami setiap unit agar dapat menangani masalah yang mungkin terjadi

2. Perbaiki scrapper  
Scrapper merupakan komponen penting dalam pengelolaan air limbah pada IPAL sebab bersinggungan langsung dengan efektifitas efluen. Sehingga scrapper harus segera diperbaiki
3. Penambahan barscreen sebelum inlet  
Dalam pengoperasiannya pada inlet kerap kali ditemukan kontaminan yang tidak seharusnya ada sehingga diperlukan penanganan. Masuknya kontaminan dapat mengganggu efektifitas kinerja unit
4. Evaluasi Kinerja Unit  
Selama IPAL beroperasi belum pernah dilakukan evaluasi kinerja unit. Sehingga sampai saat ini belum dapat diketahui kondisi IPAL dan langkah perbaikannya.
5. Pencatatan harian  
Dalam pelaksanaan pengolahan air limbah perlu sekali dilakukannya sebuah pencatatan sebab dari pencatatan akan dimiliki arsip yang lebih rapi. Arsip tersebut bertujuan untuk memudahkan penanganan risiko bila ditemui permasalahan yang sama atau digunakan sebagai bahan evaluasi. Pencatatan yang dimiliki IPAL PIER sebenarnya sudah ada namun perlu dirapikan dan digunakan sebagai bahan evaluasi.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan dari penelitian dan analisis yang telah dilakukan adalah

- 1) Kegagalan proses pengolahan air limbah berdasarkan *fishbone analysis* dipengaruhi oleh pemahaman operator terkait pengoperasian, penanganan serta perawatan unit, dan kinerja unit.
- 2) Prioritas permasalahan pada IPAL yang didapatkan melalui perhitungan RPN adalah dengan nilai 125 yaitu pencatatan harian yang tidak teratur, evaluasi kinerja air limbah, kerusakan scrapper pada unit *secondary settling tank*, dan aliran turbulen pada bak pengedap pertama. Untuk nilai tertinggi kedua yaitu sebesar 100 terdapat pada risiko pengolahan air limbah yaitu pada tingkat kemudahan akses dan kontrol untuk SOP dan sampah yang sering masuk pada inlet saluran IPAL.
- 3) Risiko dengan nilai terbesar pada pengolahan air limbah IPAL PIER memiliki nilai RPN 125 dan 100 untuk prioritas penanganan satu hingga lima. Sehingga berdasarkan hal tersebut penanganan yang disarankan adalah untuk memperhatikan kondisi tiap unit, pelatihan dan pemantauan guna pengembangan sumber daya manusia, dan juga pencatatan atau perekaman setiap kondisi yang terjadi di IPAL..

#### **5.2 Saran**

Saran yang diberikan oleh penulis untuk peneliti selanjutnya adalah

1. Memperluas lingkup pengamatan hingga ke saluran outlet dari masing-masing sumber air limbah dan saluran pembawa menuju IPAL.
2. Melakukan penelitian lebih dalam untuk memaksimalkan unit oxidation ditch dalam pengolahan air limbah
3. Melakukan analisis perunit dengan metode yang lebih detail risiko permasalahan perunit dapat lebih detail.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

- Adam, Moh. Awaludin., Maftuch, Kilawati, Yuni., Risjani, Yenny. 2018. Analisis Kualitas Lingkungan Sungai Wangi-Beji, Pasuruan Yang Diduga Tercemari Oleh Limbah Pabrik, Pemukiman Dan Pertanian. *Jurnal Ilmu Perikanan* 9 (1): 1-5.
- Admin DLH. 2018 <URL: <http://dlh.jatimprov.go.id/berita-kualitas-air.html>>, Diakses: 29 Desember 2018 18:48.
- Anonim. 2010. <URL: <https://water.unl.edu/article/wastewater/wastewater-what-it>>, diakses 24 November 2018, pukul 22.11>.
- Anturida, Zulfa. 2018. **Kajian Kerusakan Lingkungan Perairan Sungai Akibat Pembuangan Limbah Cair Industri Gula di Sungai Kresek, Kediri, Jawa Timur**. Thesis: UGM, magister pengelolaan lingkungan.
- Aisyah, S. 2011. IMPLEMENTASI FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA) DAN FUZZY LOGIC SEBAGAI PROGRAM PENGENDALIAN KUALITAS. *Journal of Industrial Engineering & Management Systems*, 245-255.
- Alisman. 2014. Analisis Efektivitas dan Efisiensi Manajemen Keuangan di Aceh Barat. *EKONOMI DAN KEBIJAKAN PUBLIK INDONESIA*, 1(2), 48-54.
- Ambat, E., & Prasetyo, R. (2015). Perancangan Bak Prasedimentasi. *Jurnal Potensi*, 17(1).
- AS/NZS 4360:2004. (2005). *Risk management guidelines companion to AS/NZS 4360:2004*. Wellington: Standards Australia International and Standards New Zealand.
- Badan Pusat Statistika Jawa Timur. 2018. *Berita Resmi Statistik Laporan Peningkatan Perekonomian Jawa Timur Triwulan I 2018*. Surabaya: BPS.
- Badan Pusat Statistika Jawa Timur. 2018. *Berita Resmi Statistik Laporan Peningkatan Perekonomian Jawa Timur Triwulan II 2018*. Surabaya: BPS.
- Barends, D. M., Oldenhof, M.T., Vredenburg, M.J., & Nauta, M.J. 2012. Risk analysis of analytical validations by probabilistic modification of FMEA. *Journal Of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*.
- Dahruji, Wilianarti, P.F., Hendarto, T. 2017. Studi Pengolahan Limbah Usaha Mandiri Rumah Tangga dan Dampak Bagi Kesehatan di Wilayah Kenjeran. *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 1, (1): 36-44.
- Damayanti, D., M, Eveline., Wuisan, A. E. 2018. Perencanaan Sistem Jaringan Pengolahan Air Limbah Domestik di Perumnas Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapanget. *Jurnal Sipil Statik* 6 (5): 301-314.
- Darmawi, H. 2010. *Manajemen Risiko*. Jakarta: Bumi Aksara.

- Estikarini,H. Di., Hadiwidodo,M., Luvita,V.2016 Penurunan Kadar Cod Dan Tss Pada Limbah Tekstil Dengan Metode Ozonasi.*Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol 5. No 1 (2016) hal 1-11
- Fatmawati,Reni.,Masrevaniah,Aniek.,Solichin,M.2012.Kajian Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowodengan Menggunakan Paket Program Qual2kw.*Jurnal Teknik Pengairan*,3 (2): 122–131.
- Firdaus, H., & Widiarti, T. (2015). AILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) SEBAGAI TINDAKAN PENCEGAHAN PADA KEGAGALAN PENGUJIAN . *10th Annual Meeting on Testing and Quality 2015*, 1, 132-147.
- Fitrianti, N. (2016). *Analisis Penurunan Kualitas Air Produksi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) X dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Surabaya: Tugas Akhir ITS.
- Hartaja, S.T. , D. R., & Setiadi, I. (2016). Perencanaan Desain Instalasi Pengolahan Limbah Industri Nata De Coco Dengan Proses Lumpur Aktif. *JRL*, 9(2), 97-112.
- Mangkoedihardjo, S. (2006). Biodegradability improvement of industrial wastewater using hyacinth. *Applied Sciences*, 6(6), 1409-1414.
- Metcalf, & Eddy. (2014). *Wastewater Enggining : Treatment adn Resources Recovery 5th edition*. New York: MC Graw Hill.
- Muzakky, A., Karnaningroem, N., & Razif, M. (2016). Evaluasi dan Desain Ulang Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tekstil di Kota Surabaya Menggunakan Biofilter Tercepat Anaerobik-Aerobik. *Simposium I Jaringan Perguruan Tinggi untuk Pembangunan Infrastruktur Indonesia, I(1)*, 75-85.
- Nasmi Herlina Sari, Hari Supriyanto dan Mokh.Suef. 2008. Pengembangan Fmea Menggunakan Konsep *Lean, Root Cause Analysis* Dan Diagram Pareto: Peningkatan Kualitas Konsentrat Tembaga Pada *Santong Water Treatment Plant* PT Newmont Nusa Tenggara – Sumbawa NTB. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VIII*. Surabaya: Program Studi MMT-ITS.
- Okonko,I. O., Adejoye,O. D., Ogun, A. A., Ogunjobi A. A., Nkang, A. O., and Tayo, B. C. Adebayo.2009.Hazards analysis critical control points (HACCP) and microbiology qualities of sea-foods as affected by handler's hygiene in Ibadan and Lagos, Nigeria. *African Journal of Food Science*. 3(2) : 035-050.
- Puspasari, D. D. (2017). *Studi Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Universitas Sebelas Maret Kawasan Jebres Surakarta*.

Surakarta: Tugas Akhir : Universitas Sebelas Maret  
Surekarta.

- Qing-gui, C., Kai, L., Ye-jiao, L., Qi-hua, S., Jian, Z. (2011). Risk management and workers' safety behavior control in coal mine. *Safety Science*, Vol. 50, hal. 909-913.
- Rachman, Ayunisa., Adianto, Hari., Liansari, Gita Permata . 2016. Perbaikan Kualitas Produk Ubin Semen Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis Dan Failure Tree Analysis Di Institusi Keramik. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*. | No.02| Vol.4 ] Ambekar, Swapnil B., Edlabadkar, Ajinkya., Vivek Shrouthy. 2013. A Review: Implementation of Failure Mode and Effect Analysis. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)* . Volume 2
- S.N.Waghmare, Dr.D.N.Raut, Dr.S.K.Mahajan, Dr.S.S.Bhamare. 2014. Failure Mode Effect Analysis and Total Productive Maintenance: A Review. *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE) ISSN: 2349-2163 Volume 1 Issue 6 (July 2014)*
- Safira, Zulfa., Erianik, Dewi. 2018. *Efektivitas Removal COD, BOD dan TSS pada Instalasi Pengolahan Air Limbah PIER*. Laporan Kerja Praktik: Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Said, N. I., & Utomo, K. (2007). Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses Lumpur Aktif Yang Diisi Dengan Media Bioball. *JAI*, 1196-1121.
- Sari, Nur Wakidah Mayang. 2018. *Studi Perubahan Kualitas Pada Operasional Pengolahan Air Minum Isi Ulang Di Kecamatan Wonocolo, Kota Surabaya*. Tugas Akhir: Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Simamora, Y., dan Kurniati, N. 2016. *Analisis Risiko Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. Ajinomoto Berdasarkan Konsep Manajemen Risiko Lingkungan*. Surabaya: Teknik Industri ITS.
- Siswanto, Aries Dwi. 2010. Analisis Sebaran Total Suspended Solid Di Perairan Pantai Kabupaten Bangkalan Pasca Jematan Suramadu. *Jurnal Kelautan*. volume 3 no.2
- Sumajouw, Marthin D. J., Sompie, Bonny F. 2014. Manajemen Risiko Pada Perusahaan Jasa Pelaksana Konstruksi Di Propinsi Papua (Study Kasus Di Kabupaten Sarmi). *Jurnal Ilmiah Media Engineering* Vol.4 No.2, September 2014 (109-118) ISSN: 2087-9334
- Tillman, G. M. (1996). *Wasterwater Treatment Troubleshooting and Problem Solving*. Washington DC: Lewis Publisher.

- Vorley MSc, Geoff. 2008. *Mini guide to root causes analysis. Quality Management And Training*. Guilford surrey: UK
- Wahyuningsih, I. (2018). *Pengurangan Risiko Kegagalan Kualitas Produksi Air Minum Isi Ulang Kecamatan Gubeng Kota Surabaya Menggunakan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)*. Surabaya: Tugas Akhir Teknik Lingkungan ITS
- Utami, E. A., Karaningroem, N., & Moesriati, A. (2016). Risiko Kegagalan pada Kualitas Produksi Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Sukolilo Surabaya Menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 279-283.
- Yanita, Alpha Fahmi. 2016. *Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Pt Surabaya Industrial Estate Rungkut-Management Of Pasuruan Industrial Estate Rembang (PT SIER – PIER)*. Tugas Akhir: Teknik Lingkungan Universitas Brawijaya
- Yetti, Elvi., Soedharma, Dedi., Haryadi, Sigid. Evaluasi Kualitas Air Sungai-Sungai Di Kawasan Das Brantas Hulu Malang Dalam Kaitannya Dengan Tata Guna Lahan Dan Aktivitas Masyarakat Di Sekitarnya. **JPSL** (1) : 10-15.
- Yulianti, P. C. (2012). *Studi Literatur Desain Unit Prasedimentasi Instalasi Pengolahan Air Minum*. Surabaya: Tugas Akhir ITS

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## LAMPIRAN I

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

### Kuisisioner

Kuisisioner ini akan digunakan untuk studi penelitian Tugas Akhir. Studi ini dilaksanakan oleh Mahasiswa S1 Teknik Lingkungan ITS bernama **Fauziah Raya Shinta**

#### 1. Identitas

No	Identitas	Jawaban
1	Nama :	
2	Usia :	tahun
3	Jenis Kelamin :	(1) Laki-laki / (2) Perempuan
4	Jabatan :	
5	Pendidikan terakhir (beserta bidang) :	
6.	Lama pengalaman bekerja :	

#### 2. Pengetahuan

Berilah tanda centang (V) pada kolom penilaian berikut:

Keterangan:

1 = Sangat tidak paham

2 = tidak paham (tidak tahu, namun memiliki keinginan untuk tahu)

3 = sedikit paham (mampu menjawab namun tidak detail, pernah mendengar, sangat umum dan tidak detail)

4 = paham (mampu menjawab dengan jelas dan benar namun tidak lengkap)

5= sangat paham (mampu menjawab dengan lengkap, benar, dan detail)

#### Pertanyaan

No	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
1	Apakah Anda mengetahui Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang peraturan baku mutu air limbah industri dan/atau kegiatan usaha lainnya?					

2	Apakah Anda mengetahui waktu detensi untuk masing-masing unit yang digunakan pada IPAL PIER?					
3	Apakah Anda memahami SOP yang terdapat pada IPAL?					

Berilah tanda centang (V) pada kolom penilaian berikut:

Keterangan:

1 = tidak pernah

2 = jarang (pernah melakukan 5 tahunan sekali atau menunggu rusak)

3 = kadang-kadang (dilakukan setahun sekali atau lebih)

4 = sering (dilakukan setiap satu bulan sekali)

5= selalu (dilakukan setiap minggu atau hitungan 2-3 hari sekali)

### Pertanyaan

#### a. Bak ekualisasi

No	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
1	Apakah pernah terjadi masalah pada unit bak ekualisasi? Sebutkan! ..... ..... ..... .....					
2	Berapa kali dilakukan pembersihan untuk unit bak ekualisasi?					
3	Berapa kali dilakukan kontrol efluen bak ekualisasi?					

3. Apakah yang dilakukan untuk menangani masalah tersebut?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**b. Grit chamber**

No	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
1	Apakah pernah terjadi masalah pada unit <i>grit chamber</i> ? Sebutkan! ..... ..... ..... .....					
2	Berapa kali dilakukan pembersihan untuk unit <i>grit chamber</i> ?					
3	Berapa kali dilakukan kontrol efluen <i>grit chamber</i> ?					

4. Apakah yang dilakukan untuk menangani masalah tersebut?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**c. Primary settling tank**

No	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
1	Apakah pernah terjadi masalah pada unit <i>primary settling tank</i> ? Sebutkan! ..... ..... ..... .....					
2	Berapa kali dilakukan pembersihan untuk unit <i>primary settling tank</i> ?					
3	Berapa kali dilakukan kontrol efluen <i>primary settling tank</i> ?					
4	Berapa kali dilakukan kontrol untuk alat-alat pelengkap yang terdapat pada unit <i>primary settling tank</i> ?					

5. Apakah yang dilakukan untuk menangani masalah tersebut?

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

**d. Oxidation ditch**

No	Pertanyaan	Jawaban Responden
----	------------	-------------------

		1	2	3	4	5
1	Apakah pernah terjadi masalah pada unit <i>oxidation ditch</i> ? Sebutkan! ..... ..... ..... .....					
2	Berapa kali dilakukan pembersihan untuk unit <i>oxidation ditch</i> ?					
3	Berapa kali dilakukan kontrol efluen <i>oxidation ditch</i> ?					
4	Seberapa sering dilakukan pengecekan untuk <i>aerator</i> ?					
5	Seberapa sering dilakukan pengecekan untuk alat-alat pelengkap <i>oxidation ditch</i> ? (pompa, pipa, dll)					

6. Apakah yang dilakukan untuk menangani masalah tersebut?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**e. Finally settling tank**

No	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5

No	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
1	Apakah pernah terjadi masalah pada unit <i>finally settling tank</i> ? Sebutkan! ..... ..... ..... .....					
2	Berapa kali dilakukan pembersihan untuk unit <i>finally settling tank</i> ?					
3	Berapa kali dilakukan kontrol efluen <i>finally settling tank</i> ?					
4	Berapa kali dilakukan kontrol untuk alat-alat pelengkap yang terdapat pada unit <i>finally settling tank</i> ?					

7. Apakah yang dilakukan untuk menangani masalah tersebut?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Berilah tanda centang (V) pada kolom penilaian berikut:

Keterangan:

1 = tidak ada

2 = tidak ada namun melakukan

3 = ada namun tidak dijalankan

4 = ada dan terkadang saja dijalankan

5= ada dan selalu dijalankan

**Pertanyaan**

No	Pertanyaan	Jawaban
----	------------	---------

	Responden				
	1	2	3	4	5
1 Apakah terdapat SOP untuk unit bak ekualisasi? Jelaskan!					
2 Apakah terdapat SOP untuk unit <i>grit chamber</i> ? Jelaskan!					
3 Apakah terdapat SOP untuk unit <i>primary settling tank</i> ? Jelaskan!					
4 Apakah terdapat SOP untuk unit <i>oxidation ditch</i> ? Jelaskan!					
5 Apakah terdapat SOP untuk unit <i>finally settling tank</i> ? Jelaskan!					
6 Apakah ada hasil analisis laboratorium terkait hasil olahan air limbah? Seberapa sering dilakukan?					
7 Bagaimanakah cara untuk menangani permasalahan yang ada pada setiap unit IPAL?					

Berilah tanda centang (V) pada kolom penilaian berikut:

Keterangan:

1 = tidak ada

2 = ada diupdate setahun sekali atau lebih

3 = ada diupdate enam bulan sekali atau lebih

4 = ada diupdate satu bulan sekali atau lebih

5= ada diupdate seminggu sekali bulan sekali atau harian

**Pertanyaan**

No	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
1	Bagaimana kondisi air yang masuk ke IPAL PIER?					
2	Apakah air yang masuk ke PIER selalu sesuai standar yang telah ditetapkan?					

Berilah tanda centang (V) pada kolom penilaian berikut:

Keterangan:

1 = tidak berpengaruh

2 = sedikit berpengaruh (tidak butuh penanganan)

3 = sedikit mengganggu (butuh penanganan namun tidak dilakukan karena masih batas aman)

4=berpengaruh (membutuhkan penanganan, dengan memberikan sedikit tambahan *treatment*)

5= sangat berpengaruh (membutuhkan *treatment* karena berdampak pada *effluent* secara signifikan)

**Pertanyaan**

No	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
1	Apakah pernah terjadi komplain dari masyarakat? Berapa kali?					
2	Apakah dilakukan pengecekan terhadap <i>influent</i> air limbah pada masing-masing bak kontrol perusahaan? Seberapa sering?					

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## LAMPIRAN II

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## 1. Bak pengendap pertama

P	=	20	m
L	=	10	m
h	=	1,6	m
L saluran	=	0,8	m
h saluran	=	0,5	m
parameter	stand ar		
HRT	=	2 - 8	jam
debit ave		147,088287	m <sup>3</sup> /jam
volume bak		465,6	m <sup>3</sup>
HRT	=	volume/debit	
		3,165445797	jam
debit minimum			
	186,24	=	m <sup>3</sup> /jam
	4469,76	=	m <sup>3</sup> /hari
debit maksimal			
	310,4	=	m <sup>3</sup> / jam
	7449,6	=	m <sup>3</sup> /hari
cek nilai Nre			
R	=	$(b \times h)/(2+2h)$	
h	=	3	m
R	=	3,75	m
Vh	=	0,001361929	m <sup>3</sup> /s
Nre	=	6376,070148	
Nfr	=	0,0000000504	
volume ruang	=	456,5	m <sup>3</sup>

lumpur

h	=	1,4	m
penyisihan TSS	=	5%	
TSS	=	0,35	kg/m <sup>3</sup>
Massa tersisihkan volume	=	28201,24	kg/hari
akumulasi waktu	=	10,64	m <sup>3</sup> /hari
pengurasan	=	43	hari
TSS masu	=	0,315	kg/ m <sup>3</sup>
%R TSS			
OFR ave	=	17,65059444	
OFR peak	=	21,487	

cek nilai Nre

debit maksimum

R	=	$(b \times h)/(2+2h)$	
h	=	3	m
R	=	3,75	m
Vh	=	0,0000630	m <sup>3</sup> /s
Nre	=	294,7514341	
		0,0000000001	
Nfr	=	07749	
cek nilai Nre		debit minimum	
R	=	$(b \times h)/(2+2h)$	
h	=	3	m
R	=	3,75	m
Vh	=	0,0000378	m <sup>3</sup> /detik
Nre	=	176,8508605	
Nfr	=	0,0000000000	

38790

## 2. Grit chamber

Debit = 0,04085 m<sup>3</sup>/detik

Volume = 16,938 m<sup>3</sup>

L = 13,66 m

Hair = 0,62 m

W = 2 m

Vh =  $\frac{Q}{(w \cdot H)}$   
= 0,016474  
= 943 m/s

Vsc

$$\sqrt{\frac{8k \times (Sg-1) \times g \times dp}{f}}$$

= 0,056

Vs =  $\frac{(4g (\rho_s - \rho_w) \times d) / 3 C_d}{\rho_w^{0,5}}$

= 0,002651497 m/s

= 0,159089802 m/min

Vs > Vh maka pengendapan dapat terjadi

untuk dua bak

Debit = 0,020428929 m<sup>3</sup>/detik

Volume = 16,938 m<sup>3</sup>

Hrt = Volume/Q

= 829,1183646 detik

= 13,81863941 menit

Volume Ruang Lumpur

= 2,146 m<sup>3</sup>

H = 0,62 m

Penyisihan TSS	=	10%	
Tss	=	0,315	kg/m <sup>3</sup>
Massa Tersisihkan	=	55,599373	kg/hari
Volume Akumulasi	=	0,020981	m <sup>3</sup> /hari
Waktu Pengurasan	=	102	hari
	=	3,409450949	bulan

**untuk satu bak**

Debit	=	0,040857858	m <sup>3</sup> /detik
Volume	=	16,938	m <sup>3</sup>
Hrt	=	Volume/Q	
	=	414,5591823	detik
	=	6,909319705	menit
Volume Ruang Lumpur	=	2,146	m <sup>3</sup>
H	=	13,81863941	m
Penyisihan TSS	=	10%	
Tss	=	0,315	kg/ m <sup>3</sup>
Massa Tersisihkan	=	111,198745	kg/hari
Volume Akumulasi	=	0,041962	m <sup>3</sup> /hari
Waktu Pengurasan	=	51	hari
	=	1,704725474	bulan

**daya tampung**

Debit Maksimum	=	0,3764	m <sup>3</sup> /detik
	=	32520,96	m <sup>3</sup> /hari
Debit Minimum	=	0,1882	m <sup>3</sup> /detik
	=	16260,48	m <sup>3</sup> /hari

### 3. Secondary settling tank

Debit	=	0,040857	m <sup>3</sup> /Detik
	=	3530,1189	m <sup>3</sup> /Hari
H	=	1,9	m
D	=	21	m
Volume	=	658,085	m <sup>3</sup>
Hrt	=	Volume/Q	
	=	16106,79	Detik
	=	268,4448	Menit
	=	4,474009	Jam
A Surface	=	$1/4 \times \pi \times D^2$	
	=	346,185	
Ofr Qave	=	Debit/ A	
	=	10,197349	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> Hari
Ofr Qpeak	=	16,132948	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> Hari

### Daya Tampung

Debit Minimum	=	263,234	m <sup>3</sup> /Jam
	=	6317,616	m <sup>3</sup> /Hari
Debit Minimum	=	438,733333	m <sup>3</sup> /Jam
	=	10529,36	m <sup>3</sup> /Hari

### 4. Oxidation Ditch

Kondisi eksisting			
Debit	=	0,038904021	m <sup>3</sup> /detik

	=	140,0544753	m <sup>3</sup> /jam
	=	3361,307407	m <sup>3</sup> /hari
Volume	=	3274,841	m <sup>3</sup>
MIss	=	3500	
MIvss	=	2625	

### Kondisi eksisting

Debit	=	0,01945201	m <sup>3</sup> /detik
	=	70,02723765	m <sup>3</sup> /jam
Panjang	=	113	m
Jari- jari luar	=	19,7	m
Volume	=	3274,841	m <sup>3</sup>
HRT	=	Volume/Q	
	=	168354,8858	detik
	=	2805,914764	menit
	=	46,76524606	jam
Bod inf	=	$\frac{Q \times S_0}{V}$	227 mg/L
Bod load	=	$\frac{Q \times S_0}{V}$	kg/m <sup>3</sup> .hari
	=	0,232993535	
Cek f/m ratio (u)	=	$(Q \times (S_0 - S)) / (V \times X)$	
	=	0,052772619	
SVI	=	185,8	mL/g
SS	=	950	mL/L
MIss	=	4240	g/L
	=	13885325,84	g/L
SRT	=	$(MLSS \times V) / ((X_{out} \times (Q_{in} - Q_w)) + (X_{in} - Q_w))$	
	=	14,45	hari

Kebutuhan oksigen

$$\begin{aligned} \text{Yobs} &= Y / (1 + (K_d \times t_{\text{eta}} C)) \\ &= 0,321381431 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Px BIO} &= \text{Yobs} \times Q \times (\text{So}-\text{S}) \\ &= 235497,0688 \text{ mg/hari} \\ &= 235,497 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ro} &= Q \times (\text{So}-\text{S}) - 1,42 \text{Px bio} \\ &= 398,3592748 \text{ O}_2/\text{hari} \end{aligned}$$

Untuk HRT 18 jam

$$\begin{aligned} \text{Debit minimum} &= 181,9356111 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 4366,454667 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,05053767 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Untuk HRT 36 jam

$$\begin{aligned} \text{Debit minimum} &= 90,96780556 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 2183,227333 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,025268835 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

beroperasi satu unit

$$\begin{aligned} \text{HRT} &= \text{Volume}/Q \\ &= 84177,44291 \text{ detik} \\ &= 1402,957382 \text{ menit} \\ &= 23,38262303 \text{ jam} \end{aligned}$$

## 5. Final Settling Tank

satu final sett beroperasi

$$\begin{aligned} \text{debit} &= 0,038 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{volume} &= 1540 \text{ m}^3 \\ \text{H} &= 2,5 \text{ M} \end{aligned}$$

D	=	28
<b>satu final settling tank beroperasi</b>		
HRT	=	Volume/Q
	=	39584,5 detik
	=	659,7 menit
	=	10,9 jam
HRT 2,5 jam		
debit minimum	=	1026,6 m <sup>3</sup> /jam
	=	24640 m <sup>3</sup> /hari
HRT 1,5 jam		
debit minimum	=	616 m <sup>3</sup> /jam
	=	14784 m <sup>3</sup> /hari
<b>dua final sett beroperasi</b>		
debit	=	0,01945201 m <sup>3</sup> /detik
	=	70,02 m <sup>3</sup> /jam
volume	=	1540 m <sup>3</sup>
HRT	=	Volume/Q
	=	79169,19 detik
	=	1319,48 menit
	=	21,99 jam
OFR Qave	=	debit/ A
	=	2,73 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> hari
OFR Qpeak	=	9,074 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> hari
<b>daya tampung</b>		
debit minimum	1026,6666	m <sup>3</sup> /jam
	24640	m <sup>3</sup> /hari
debit minimum	616	m <sup>3</sup> /jam
	14784	m <sup>3</sup> /hari
debit ave	770	m <sup>3</sup> /jam

18480 m<sup>3</sup>/hari

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

### **LAMPIRAN III**

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

Aspek	Kegagalan	Efek kegagalan	Severity	Potensi kegagalan / mekanisme penyebab kegagalan	Occurance	Current control	Detection	RPN	Prioritas Penanganan	Rekomendasi Penanganan
sumber daya manusia	Pemahaman Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013	Kontrol terhadap proses berjalannya IPAL berjalan kurang maksimal	3	Kurang adanya pelatihan untuk operator lapangan yang membahas tentang keseluruhan pengoperasian IPAL dari segi regulasi yang berlaku	5	Dokumen peraturan yang dimiliki oleh kantor dan juga kontrol bulanan untuk laporan ke dinas lingkungan hidup	5	75	9	Memberikan pelatihan dan kontrol rutin pemahaman peraturan pemerintah terkait
	Pemahaman Perawatan dan pengoperasian IPAL	Proses pengoperasian dan kontrol IPAL secara keseluruhan	2	Kurang adanya pelatihan untuk operator lapangan yang membahas tentang keseluruhan pengoperasian IPAL dari segi regulasi yang berlaku	5	Work Instruction untuk pengoperasian IPAL pada beberapa unit	5	50	11	Memberikan pelatihan dan kontrol rutin pemahaman peraturan pemerintah terkait
	Wawasan terhadap 'Teknologi pengolahan yang digunakan	Proses pengoperasian dan kontrol IPAL secara keseluruhan	3	Kurang adanya pelatihan untuk operator lapangan yang membahas tentang keseluruhan pengoperasian IPAL	5	Work Instruction untuk pengoperasian IPAL pada beberapa unit	5	75	8	Membuat work instruction pada setiap unit dan memberikan pemahaman terkait fungsi teknologi. Pemberian pelatihan pada operator yang akan mengoperasikan unit sehingga pengoperasian dan

Aspek		Kegagalan	Efek kegagalan	Severity	Potensi kegagalan / mekanisme penyebab kegagalan	Occurance	Current control	Detection	RPN	Prioritas Penanganan	Rekomendasi Penanganan
											pengawasan dapat berjalan secara optimal
Kinerja unit	Bak pengendap pertama	Overflow rate	Pengendapan yang berjalan tidak maksimal	2	Padatan yang seharusnya mengendap dapat terbawa ke proses berikutnya dan dapat membentuk <i>dead zone</i> pada area tertentu	5	Belum ada kontrol yang dilakukan	5	50	17	Menjalankan unit serta rutin melakukan evaluasi kondisi effluen dari unit karena dikhawatirkan terjadi kondisi septik
		Nre turbulen	Pengendapan yang berjalan tidak maksimal	5	Padatan yang seharusnya mengendap dapat terbawa ke proses berikutnya	5	Belum ada kontrol yang dilakukan	5	125	4	Menambahkan pemerata debit pada unit pengendap pertama
		HRT	Proses pengendapan tidak maksimal atau dapat mengakibatkan kondisi septik	2	Debit yang tidak sesuai dengan debit perencanaan, sehingga terjadi <i>idle capacity</i>	5	Belum ada kontrol yang dilakukan	5	50	16	Melakukan pengaturan debit yang masuk pada IPAL, sehingga debit memenuhi kapasitas yang direncanakan
		Pengurasan lumpur	Mengganggu proses pengendapan yang terjadi apabila melebihi ruang lumpur yang	2	Pengurasan dilakukan melebihi batas daya tampung lumpur	4	Pengurasan dilakukan 3 bulan sekali	4	32	19	Pengurasan dilakukan sesuai dengan debit dan beban pencemar untuk parameter Total Solid yang

Aspek		Kegagalan	Efek kegagalan	Severity	Potensi kegagalan / mekanisme penyebab kegagalan	Occurance	Current control	Detection	RPN	Prioritas Penanganan	Rekomendasi Penanganan
			telah ditetapkan								masuk pada air limbah
		Peralatan Pelengkap (pompa)	Adanya hambatan dalam pengurusan lumpur	3	Pengecekan untuk pompa penguras lumpur tidak dilakukan secara teratur	1	Pengecekan dilakukan namun tidak teratur	2	6	29	Dibuat jadwal pengecekan yang teratur untuk pompa lumpur
		Kondisi inlet terdapat sampah atau kontaminan yang tidak diharapkan	Proses pengendapan menjadi tidak maksimal karena terdapat padatan yang <i>floating</i>	4	Tidak adanya saringan diawal sebelum air masuk ke inlet IPAL	5	Dibersihkan rutin setiap dua jam sekali oleh operator air limbah	5	100	7	Menambahkan saringan pada unit pengendap pertama
	Grit Chamber	Vh	Proses pengendapan menjadi tidak maksimal	1	Padatan yang seharusnya mengendap dapat terbawa ke proses berikutnya dan dapat membentuk <i>dead zone</i> pada area tertentu	5	Belum ada kontrol yang dilakukan	5	25	22	Dilakukan pengecekan rutin tentang pola aliran sesuai dengan desain yang telah dibuat
		HRT	Proses pengendapan tidak maksimal	2	Debit yang tidak sesuai dengan debit perencanaan, sehingga terjadi <i>idle capacity</i>	5	Belum ada kontrol yang dilakukan	5	50	18	mengoperasikan satu unit grit chamber saja

Aspek		Kegagalan	Efek kegagalan	Severity	Potensi kegagalan / mekanisme penyebab kegagalan	Occurance	Current control	Detection	RPN	Prioritas Penanganan	Rekomendasi Penanganan
		Pengurasan lumpur	Mengganggu proses pengendapan yang terjadi apabila melebihi ruang lumpur yang telah ditetapkan	1	Pengurasan dilakukan sesuai batas waktu pengurasan yang telah ditetapkan	1	Pengurasan dilakukan 3 bulan sekali	1	1	33	Memastikan pengurasan tetap dilakuakn dalam rentang waktu yang sama dan melakukan evaluasi rutin terhadap beban yang masuk pada unit ini
		Peralatan pelengkap (pintu air)	Adanya hambatan dalam pengontrolan debit air masuk	5	Tidak dapat mengontrol air limbah yang masuk ke grit chamber	2	belum ada kontrol yang dilakukan	3	30	20	Pengontrolan terhadap alat pelengkap dilakukan secara rutin untuk memastikan bahwa alat tersebut dapat berfungsi (minimal satu bulan sekali)
	Secondary Settling Tank	Pompa Lumpur	Adanya hambatan dalam pengurasan lumpur	3	Pengecekan untuk pompa penguras lumpur tidak dilakukan secara teratur	1	Pengecekan dilakukan namun tidak teratur	2	6	28	Dilakukan pengecekan rutin dan penambahan pompa cadangan yang akan digunakan apabila pompa mengalami permasalahan
		Pengurasan lumpur	Penyedotan lumpur akan terhambat apabila pompa lumpur rusak karena tidak	3	Kegagalan proses pengendapan sebab ada lumpur yang terbawa	1	Dilakukan pengurasan tiga bulan sekali	2	6	27	Pengurasan dilakukan sesuai dengan debit dan beban pencemar yang masuk pada air

Aspek		Kegagalan	Efek kegagalan	Severity	Potensi kegagalan / mekanisme penyebab kegagalan	Occurance	Current control	Detection	RPN	Prioritas Penanganan	Rekomendasi Penanganan
			ada cadangan								limbah
		Overflow rate	Pengendapan yang berjalan tidak maksimal	2	Padatan yang seharusnya mengendap dapat terbawa ke proses berikutnya dan dapat membentuk <i>dead zone</i> pada area tertentu	5	Belum ada kontrol yang dilakukan	5	50	14	menjalankan unit serta rutin melakukan evaluasi kondisi effluen dari unit karena dikhawatirkan terjadi kondisi septik
		HRT	Proses pengendapan tidak maksimal	2	Debit yang tidak sesuai dengan debit perencanaan, sehingga terjadi <i>idle capacity</i>	5	Belum ada kontrol yang dilakukan	5	50	15	Melakukan pengaturan debit yang masuk pada IPAL, sehingga debit memenuhi kapasitas yang direncanakan
		Peralatan Pelengkap (scraper)	Pengendapan yang berjalan tidak maksimal	5	Rusaknya scraper pada unit ini	5	Belum ada kontrol yang dilakukan	5	125	3	Memperbaiki dengan segera scraper yang rusak dan memberikan pemeliharaan rutin pada scraper
	Oxidation Ditch	HRT	Pecahnya flok yang telah terbentuk	2	Waktu aerasi yang terlalu lama	5	Belum ada kontrol yang dilakukan	5	50	12	Menggunakan satu unit oxidation ditch

Aspek		Kegagalan	Efek kegagalan	Severity	Potensi kegagalan / mekanisme penyebab kegagalan	Occurance	Current control	Detection	RPN	Prioritas Penanganan	Rekomendasi Penanganan
		BOD load	Proses aerasi tidak maksimal apabila BOD load yang masuk terlalu tinggi	1	Kontrol dari konsentrasi BOD yang masuk	5	Belum ada kontrol yang dilakukan	5	25	21	Nilai BOD tidak diukur secara langsung, minimal tiap satu minggu sekali nilai BOD diukur secara real
		F/M	Hasil efluen tidak memenuhi target yang diinginkan	1	Pengecekan kondisi bakteri	1	Pengecekan telah dilakukan melalui laboratorium setidaknya satu minggu sekali	1	1	32	Tetap melaksanakan pemantauan sesuai yang telah dikerjakan selama ini
		Perawatan rotor	Proses aerasi mengalami kegagalan	2	Pengecekan rotor dilakukan setiap hari	1	Pengecekan dilakukan dengan cara manual oleh operator. Apabila menemui kendala digunakan penambahan aerator dengan floating aerator	5	10	25	Pengecekan rutin untuk level ketinggian air atau memasang sensor untuk ketinggian air.
		Disolved Oxygen	Proses aerasi mengalami kegagalan	4	Alat pengecekan DO dilakukan dengan cara manual, hanya satu unit yang beroperasi yang memiliki DO meter	4	DO meter terdapat pada satu unit saja, selain itu pengecekan manual apabila terlihat bermasalah	4	64	10	Penambahan alat ukur otomatis untuk DO dan menambahkan aerator cadangan apabila aerator yang tersedia mengalami masalah

Aspek	Kegagalan	Efek kegagalan	Severity	Potensi kegagalan / mekanisme penyebab kegagalan	Occurance	Current control	Detection	RPN	Prioritas Penanganan	Rekomendasi Penanganan
Final settling tank	MLSS	Hasil effluen tidak memenuhi target yang diinginkan	1	Pengecekan kondisi air limbah	1	Pengecekan telah dilakukan melalui laboratorium setidaknya satu minggu sekali	1	1	31	Tetap melaksanakan pemantauan sesuai yang telah dikerjakan selama ini
	Pompa Lumpur	Adanya hambatan dalam pengurasan lumpur	3	Pengecekan untuk pompa penguras lumpur tidak dilakukan secara teratur	1	Pengecekan dilakukan namun tidak teratur	2	6	26	Dilakukan pengecekan rutin dan penambahan pompa cadangan yang akan digunakan apabila pompa mengalami permasalahan
	Overflow rate	Pengendapan yang berjalan tidak maksimal	1	Padatan yang seharusnya mengendap dapat terbawa ke proses berikutnya dan dapat membentuk <i>dead zone</i> pada area tertentu	1	Belum ada kontrol yang dilakukan	5	5	30	menjalankan unit serta rutin melakukan evaluasi kondisi effluen dari unit karena dikhawatirkan terjadi kondisi septik
	HRT	Proses pengendapan tidak maksimal	2	debit yang tidak sesuai dengan debit perencanaan, sehingga terjadi idle capacity	5	Belum ada kontrol yang dilakukan	5	50	13	Melakukan pengaturan debit yang masuk pada IPAL, sehingga debit memenuhi kapasitas yang direncanakan

Aspek		Kegagalan	Efek kegagalan	Severity	Potensi kegagalan / mekanisme penyebab kegagalan	Occurance	Current control	Detection	RPN	Prioritas Penanganan	Rekomendasi Penanganan
		Peralatan Pelengkap (scraper)	Pengendapan yang berjalan tidak maksimal	2	Pengecekan dan perawatan rutin dari scraper	3	Dilakukan pengecekan setiap seminggu sekali	3	18	23	Pelaksanaan pemngecekan sesuai yang telah dibuat dan dilakukan pengawasan serta pencatatan
Perawatan dan Pengoperasian		Pembersihan unit	Terjadi kegagalan proses pada unit berikutnya	2	Adanya pengotor pada dinding-dinding unit yang tidak dibersihkan	5	Pengamatan yang dilakukan secara kasatmata oleh operator pada <i>final settling tank</i>	1	10	24	Dilakukan pengecekan kondisi unit secara berkala minimum satu bulan sekali untuk memastikan unit dapat beroperasi dengan baik
		Evaluasi Kinerja unit	Tidak dapat diketahui efektifitas dan efisiensi kinerja unit	5	Evaluasi dari segi standar desain tidak dilakukan	5	Belum ada kontrol yang dilakukan	5	125	2	Dilakukan evaluasi rutin tentang desain maupun kinerja dari unit bak pengendap pertama
		Analisis laboratorium harian	Kontrol terhadap hasil IPAL harian utamanya pada kondisi hasil pengolahan air limbah tidak terpantau secara rutin	4	Pengujian influen dan effluen air limbah tidak dilakukan secara rutin	5	Belum ada kontrol yang dilakukan	5	100	6	Diakukan pencatatan teratur tentang kontrol kualitas serta hasil kontrol tersebut dievaluasi minimal satu minggu sekali

Aspek	Kegagalan	Efek kegagalan	Severity	Potensi kegagalan / mekanisme penyebab kegagalan	Occurance	Current control	Detection	RPN	Prioritas Penanganan	Rekomendasi Penanganan
	Pencatatan harian	Data kontrol dan perlakuan harian untuk setiap unit menjadi tidak lengkap	5	Data terkait permasalahan harian dan efluen yang keluar tidak terarsip dengan baik	5	Data harian terdapat pada laporan kerja harian operator	5	125	1	Dilakukan pencatatan harian tentang semua yang terjadi pada IPAL, baik dari segi kualitas maupun permasalahan yang timbul serta penyelesaian permasalahan. Kemudian hasil tersebut diarsipkan dengan rapi
	Pelaksanaan SOP	Proses pengolahan air limbah tidak akan sesuai dengan baku mutu dan beberapa kali terjadi permasalahan pada pengolahan air limbah	4	Pelaksanaan SOP yang tidak terkontrol	5	Adanya SOP	5	100	5	Dilakukan pengontrolan SOP dan evaluasi SOP setiap satu tahun sekali serta pemberian kemudahan mengakses SOP



### **LAMPIRAN III**

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN-ITS  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

TA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2018/2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02  
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing  
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Tanggal, tanggal : Kamis, 9 Mei 2019  
Waktu : 10.00 - 11.00  
Lokasi : TL-105  
Judul : PENANGGULANGAN RISIKO PENGOLAHAN AIR LIMBAH INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) KAWASAN INDUSTRI PIER  
Nama : Fauziah Raya Shinta  
NRP. : 03211540000074  
Topik : Penelitian

Nilai TQEFLL : 447

Tanda Tangan



No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
1.	Pembuatan Fishbone nya ✓
2.	Lihat pd buku yg saya lipat ✓
3.	Lihat saran bu Hartono & B. Niele ✓

*me Niele 28/05/19*

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Nieke Kamnaningroem M.Sc.

( *Nieke* )



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMAHAN - ITS  
 Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948888, Fax: 031-5923387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR  
 Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE141561 (3/6/0)  
 No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02  
 Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing  
 Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Kamis, 11 Juli 2019

Pukul : 07.30-09.30 WIB

Lokasi : TL-105

Judul : PENANGGULANGAN RISIKO PENGOLAHAN AIR LIMBAH INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (PAL) KAWASAN INDUSTRI PIER

Nilai TOEFL 470

Nama : Fauziah Raye Shinta

NRP. : 0321154000074

Topik : Penelitian

Tanda Tangan

*[Signature]*

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
•	Kata pengantar belum ada
•	Abstrak perlu di lihat kembali
•	Kesimpulan kualitas & kuantitas
•	Urutannya pd abstrak 200-400 kata & 3 alinea
•	bb & besar & jelas, font huruf hrs seragam
•	Fish bone digg dlm 1 hal, sop mengi temuan
•	Tabulasi permasalahan → FMEA nya
•	RPN nya & tngan kembali
	<i>[Signature]</i> 24/07/19

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretaris Program Sarjana

Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing

Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Nama Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Neka Kamenangoem M.E

*[Signature]*



Scanned with  
 CamScanner



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-05

**FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR**

Nama : Fauziah Raya Skinta  
NRP : 0221154000074  
Judul Tugas Akhir : Penanggulangan Risiko Pengolahan Air Limbah IPA2 Kawasan Industri PIER

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Kata Pengantar	sudah
2.	Abstrak ditinjau, 200-400	sudah
3.	Kesimpulan kuantitas dan kualitas	Bab 5, hal 107
4.	Gambar dipersejalar	bab 4
5.	Figure digambar 1 hal	hal 63
6.	RPH ditinjau kembali	Lampiran III

Dosen Pembimbing,

*Mike*

Prof. Dr. Ir. Mieke Karbaningroem, M.Sc  
NIP. 19550128 198502 2001

Mahasiswa Ybs.,

*Fauziah*

Fauziah Raya S.  
NRP. 0221154000074



Scanned with  
CamScanner



## BIOGRAFI PENULIS



Penulis merupakan perempuan kelahiran Banyuwangi 2 Februari 1997. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2007-2010 di Muhammadiyah IX Malang. Kemudian dilanjutkan di SMP N 3 Malang pada tahun 2010-2012. Pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 3 Malang pada tahun 2012-2015. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan di S1 Departemen

Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya pada tahun 2015.

Penulis pernah melakukan magang di PLTU tanjung Jati B unit 1 dan 2 selama satu bulan dan melakukan studi terkait "*Pengolahan Air Limbah IPAL PLTU*". Selama perkuliahan penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan. Penulis merupakan aktifis sebuah organisasi intrakampus diantaranya Kepala Bidang Pengembangan Tingkat Dasar Divisi PSDM Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan Periode 2017/2018, staff PSDM Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan Periode 2016/2017, staff PSDM Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) ITS 2016/2017. Selain itu penulis juga aktif sebagai kepanitiaan dilingkup departemen dan institut, maupun acara internasional. Berbagai pelatihan. Penulis dapat dihubungi via email [rayashinta5@gmail.com](mailto:rayashinta5@gmail.com).