



TESIS - RE142541

**ANALISIS DAN MITIGASI RISIKO TERHADAP
KINERJA IPAL PELABUHAN PERIKANAN
MENGUNAKAN METODE *FAULT TREE*
ANALYSIS (FTA)**

**DIKI INDRA PERDANA
3313201203**

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

**PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



THESIS - RE142541

**RISK ANALYSIS AND MITIGATION ON THE
PERFORMANCE OF FISHING PORT
WASTEWATER TREATMENT PLANT USING
FAULT TREE ANALYSIS (FTA) METHOD**

**DIKI INDRA PERDANA
3313201203**

**ACADEMIC ADVISOR
Prof.Dr.Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.**

**MASTER PROGRAM
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
SEPULUH NOVEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

Diki Indra Perdana

NRP. 3313 201 203

Tanggal Ujian : 5 Januari 2017

Periode Wisuda : Maret 2017

Disetujui Oleh :

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

(Pembimbing)

NIP : 19550128 198503 2 001

2. Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

(Penguji)

NIP : 19600308 198903 1 001

3. Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D

(Penguji)

NIP : 19620816 199003 1 004

4. Harmin Sulistiyaning Titah, ST., MT., Ph.D

(Penguji)

NIP : 19750523 200212 2 001

an. Direktur Program Pascasarjana

Direktur Program Pascasarjana,



Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng.

NIP. 19611021 198003 1 001

Prof. Ir. Djauhar Manfaat, MSc., PhD

NIP. 19601202 198701 1 001

**ANALISIS DAN MITIGASI RISIKO TERHADAP KINERJA IPAL
PELABUHAN PERIKANAN MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE*
ANALYSIS (FTA)
ABSTRAK**

Nama Mahasiswa: Diki Indra Perdana

NRP: 3313201203

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

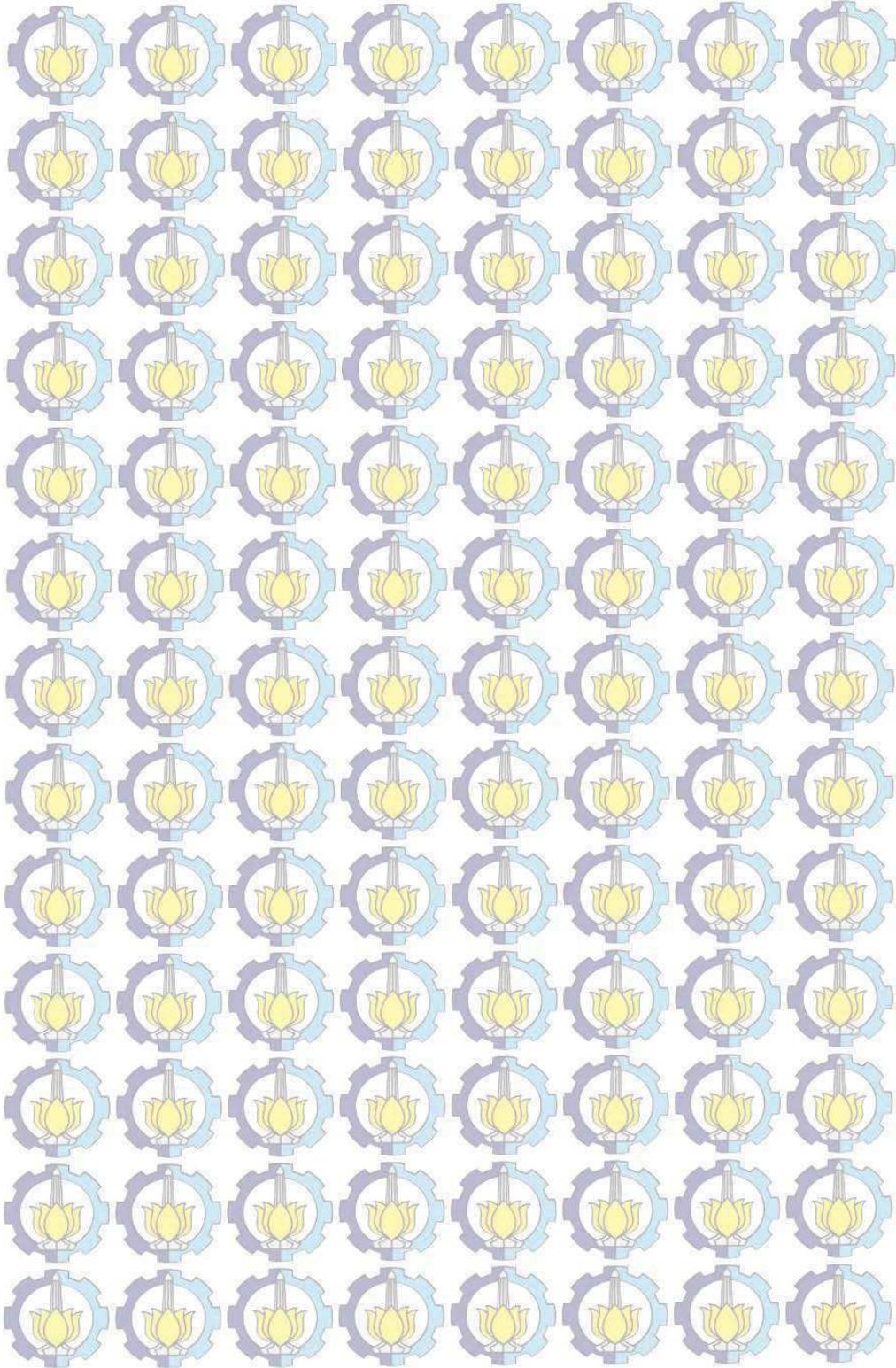
Sumber limbah cair pelabuhan perikanan mayoritas berasal dari pabrik pengolahan ikan dan *cold storage* yang menghasilkan air limbah yang membutuhkan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). IPAL merupakan instrumen utama untuk mengurangi beban pencemaran lingkungan terhadap badan air. Data hasil pengujian berkala kualitas efluen IPAL pada tahun 2013-2015 sebagian besar belum memenuhi baku mutu. Penurunan kinerja IPAL dipengaruhi beberapa faktor antara lain fluktuasi debit dan peningkatan beban organik influen, kualitas dan kinerja SDM pengelola, kegiatan operasional dan pemeliharaan pada mesin dan peralatan serta kinerja efisiensi di unit proses IPAL.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis potensi risiko yang berdampak besar terhadap penurunan kinerja IPAL. Variable yang digunakan meliputi aspek Sumber Daya Manusia, Mesin & Peralatan serta unit Proses IPAL. Setiap kegiatan operasional IPAL akan dianalisis menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) hingga ditemukan faktor risiko yang potensial. Risiko tersebut kemudian dicari akar penyebab masalahnya menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), serta dihitung nilai probabilitas dan konsekuensinya untuk menentukan kategori pada matrik risiko. Berdasarkan matrik risiko selanjutnya disusun strategi mitigasi risiko.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama penurunan kualitas efluen IPAL pada faktor mesin & peralatan yaitu *flowmeter* dan *hydroextractor*, kondisi rusak dan tidak beroperasi. Pada faktor proses IPAL nilai *BOD loading*, rasio resirkulasi, kebutuhan udara dan efisiensi bak aerasi belum memenuhi kriteria proses, selain itu kualitas SDM rendah karena tidak ada pelatihan pengolahan limbah dan operasional IPAL. Tindakan mitigasi diprioritaskan pada risiko dengan kategori *Severe*, *High* dan *Major*, yaitu penggantian *flowmeter*, perbaikan dan mengoperasikan kembali *hydroextractor*, serta pelatihan pada operator & teknisi IPAL. Kebutuhan biaya tindakan mitigasi dihitung berdasarkan ketersediaan anggaran agar dapat secara nyata dilaksanakan. Pemantauan harus terus dilakukan terhadap tindakan mitigasi yang dilaksanakan dan evaluasi berkala diperlukan untuk mengukur tingkat keberhasilan tindakan mitigasi.

Kata Kunci: Analisis Risiko, *Fault Tree Analysis*, IPAL, Mitigasi.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"



**RISK ANALYSIS AND MITIGATION ON THE PERFORMANCE OF
FISHING PORT WASTEWATER TREATMENT PLANT USING FAULT
TREE ANALYSIS (FTA) METHOD
ABSTRACT**

Student Name : Diki Indra Perdana

Student ID No.: 3313201203

Academic Advisor: Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

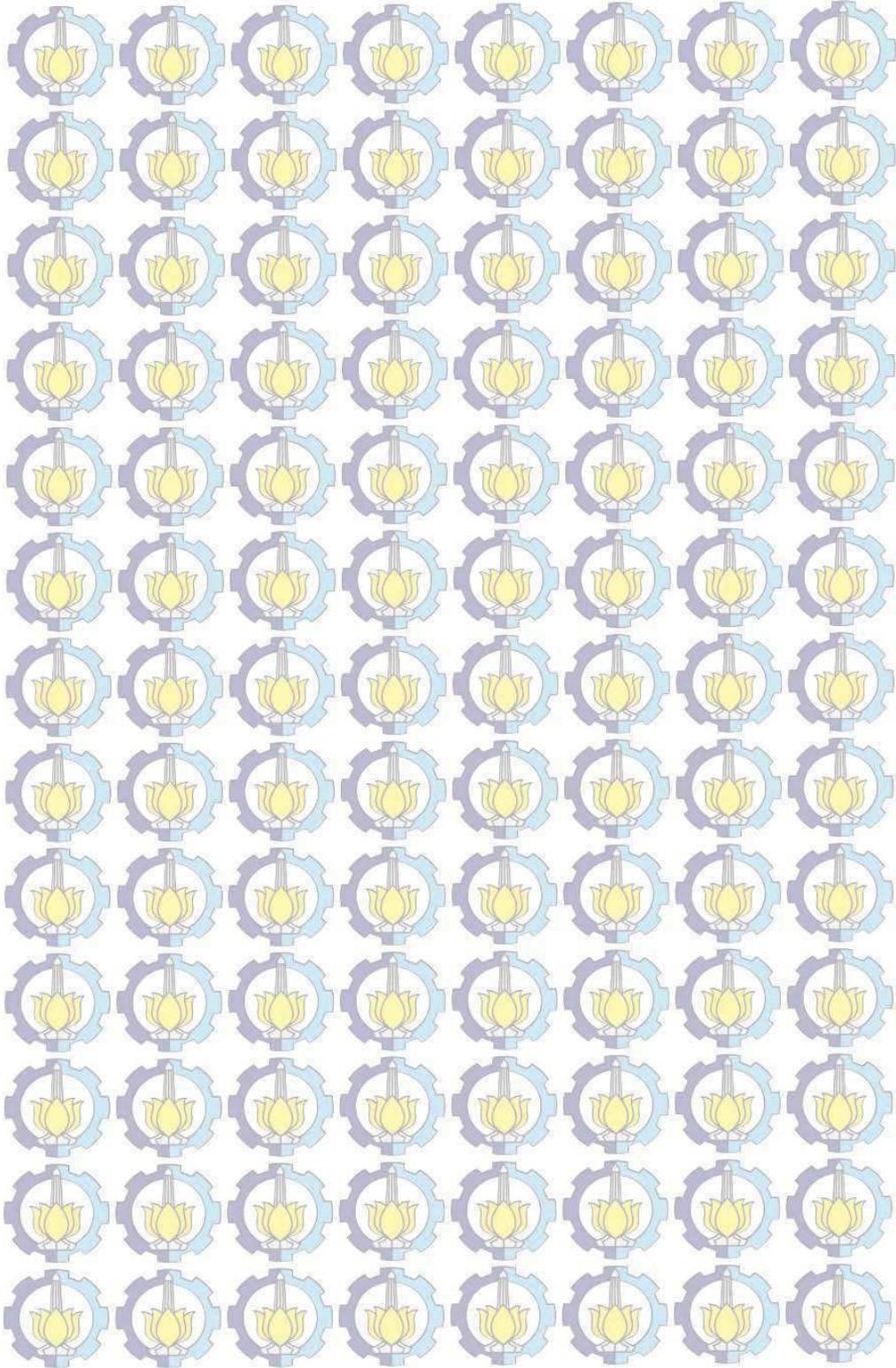
Fish processing plants and cold storages in fishing port are responsible for the major discharge of wastewater which calls for a Wastewater Treatment Plant (WWTP). This facility is the key instrument to abate the discharge load to the receiving waters. Data of periodical inspection on WWTP effluent quality from 2013 to 2015 demonstrates that most of them have not complied with the standard quality. WWTP under performances have been affected by a number of factors, such as discharge fluctuation and increment of influent organic load, substandard quality and performance of the operators, decremental operation and maintenance of the machinery and tools, and inefficient treatment process.

This study is conducted to analyze potential risks that will, to a great extent, jeopardize the WWTP performance. The assessed variables are human resource, machinery and tools, and the treatment process. All items of WWTP operations will be analyzed using Failure Mode Effect Analysis (FMEA) until a potential risk in each of the variables is discovered. The risk will subsequently be scrutinized to discover the true cause using Fault Tree Analysis (FTA) as well as be calculated on the probability value and the consequence to determine into which category in the risk matrix will fall. Based on the risk matrix, a strategy of risk mitigation will be designed.

The result of the study argues that the true cause of the decremental quality of WWTP effluent is the machinery and tools i.e. the flowmeter and the hydroextractor which are defective and not functioning. In the treatment-process variable, the value of BOD loading, sludge circulation ratio, airflow required, and aeration tank have not qualified the process standard criteria. To make matters even worse, the human resource capacity is under-skilled due to absence of training on wastewater treatment and WWTP operation. Mitigation priority will be given to risks with the category of Severe, High, and Major, i.e. flowmeter replacement, hydroextractor repair and refunctioning, and relevant trainings for WWTP operators and technicians. The cost of mitigation is calculated based in availability of budget to ensure its feasibility. On going monitoring will be conducted to the mitigation and periodical evaluation is needed to assess its succes.

Keywords: Risk Analysis, Fault Tree Analysis, Waste Water Treatment Plant (WWTP), Mitigation.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"



KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT dengan berkat dan rahmat-Nya, akhirnya penulis dapat menyelesaikan pengerjaan laporan tesis ini sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Magister Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan Judul ”**Analisis dan Mitigasi Risiko Terhadap Kinerja IPAL Pelabuhan Perikanan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis (FTA)***”. Penulis menyadari bahwa tesis ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis penulis menyampaikan terima kasih kepada :

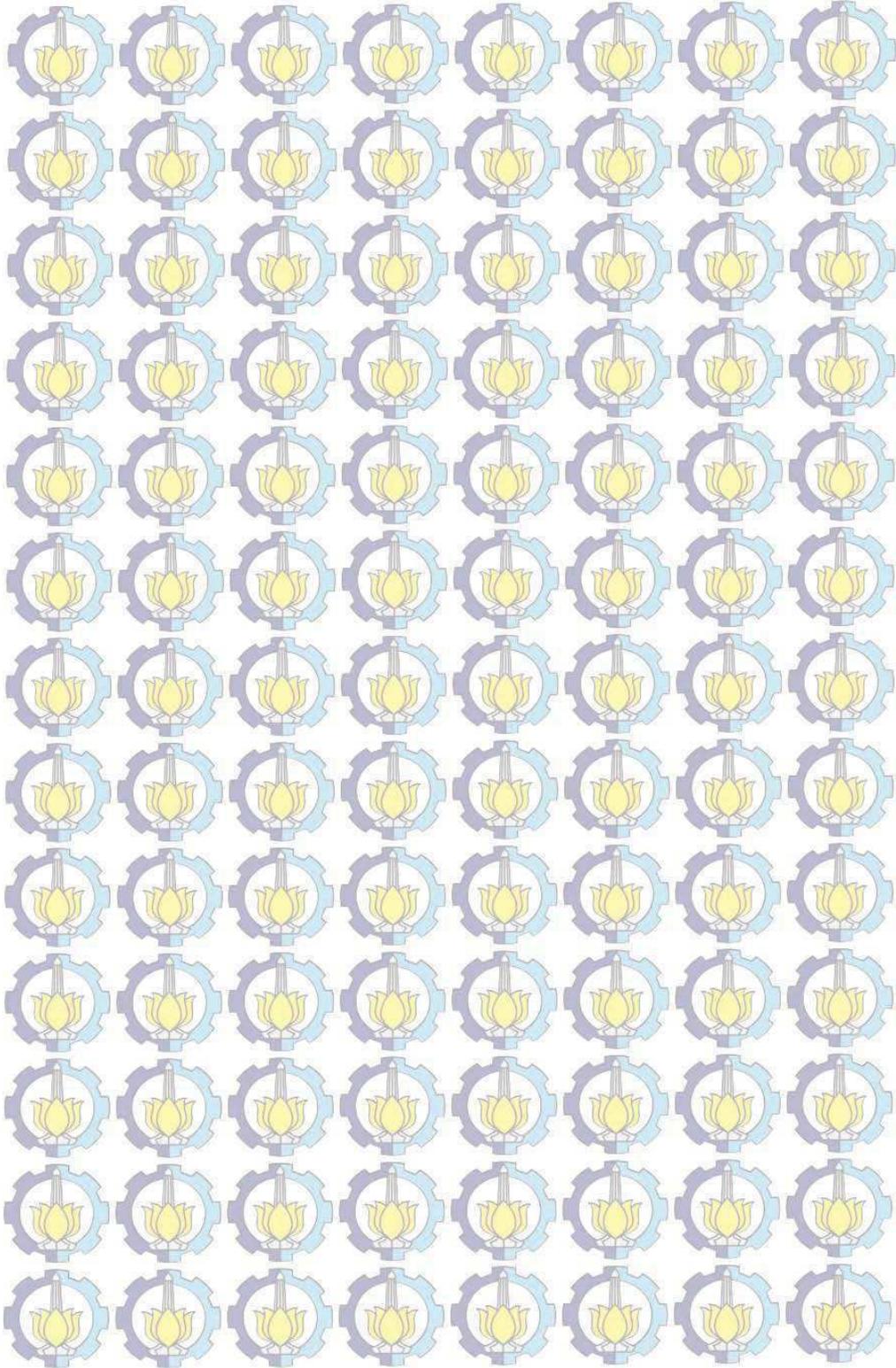
1. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc selaku Dosen Pembimbing.
2. Ibu Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., Ph.D selaku Dosen Wali.
3. Bapak Dr. Ali Masduqi ST., MT selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Lingkungan.
4. Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, Ph.D. selaku Koordinator Tesis.
5. Bapak Dr. Ir. Bustami Mahyuddin dan Bapak Rahmat Irawan A.Pi., MM beserta seluruh jajaran di UPT PPS Nizam Zachman Jakarta.
6. Segenap jajaran pegawai Pusat Pendidikan Kelautan dan Perikanan BPSDM-KP dan Bagian Kepegawaian DJPT Kementerian Kelautan dan Perikanan.
7. Orang tua dan adik kami yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat.
8. Istri dan kedua putriku yang selalu memberikan dukungan, semangat dan motivasi dalam menempuh program studi ini.
9. Teman-teman kuliah program Magister Teknik Lingkungan angkatan 2013, 2014 dan 2015.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan baik dari isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna kemajuan keilmuan bidang teknik lingkungan. Akhir kata, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

Surabaya, 18 Januari 2017

Penulis

"Halaman ini sengaja dikosongkan"



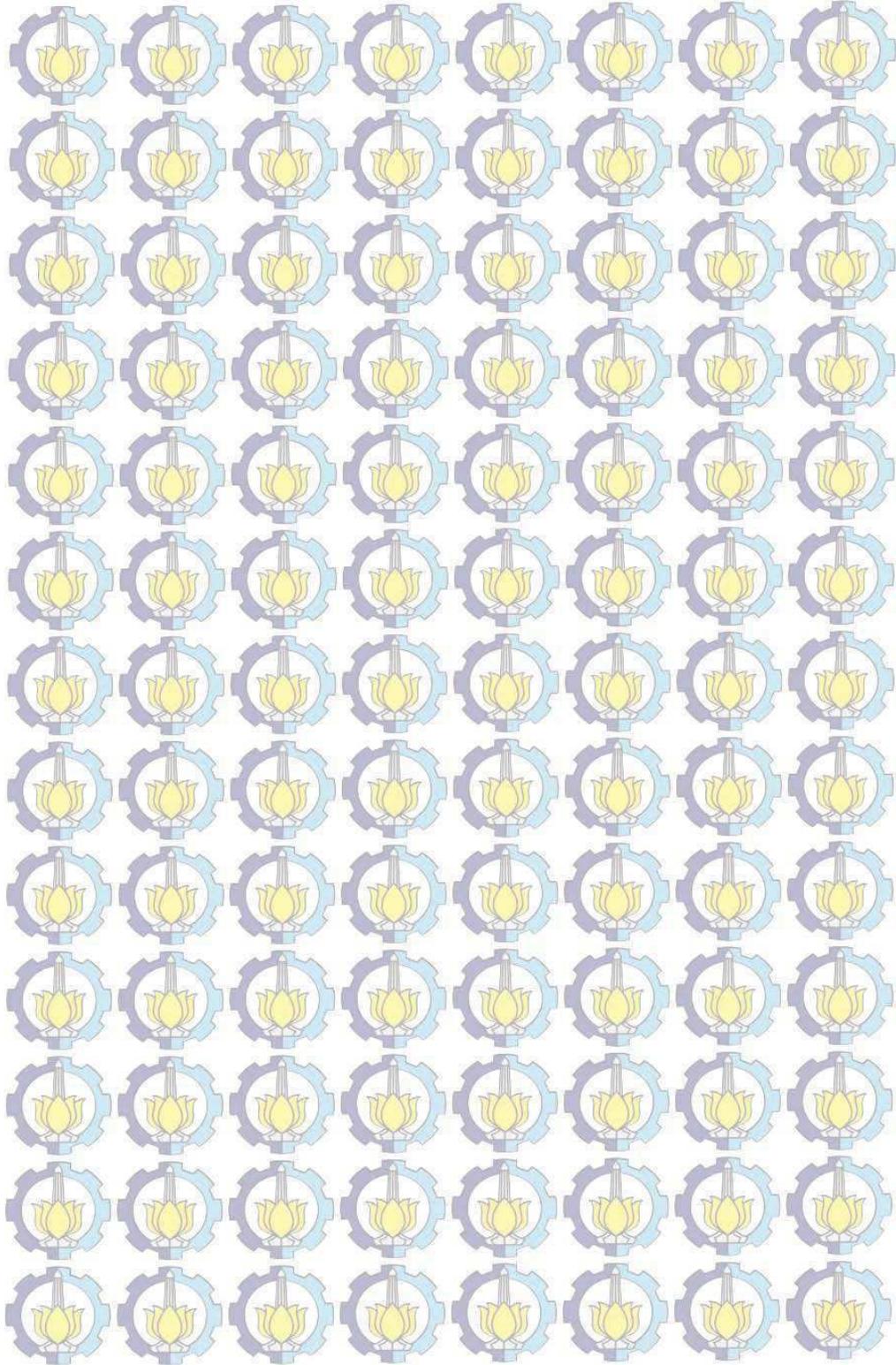
DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Ruang Lingkup	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Limbah Cair Industri Pengolahan Hasil Perikanan	7
2.1.1. Sumber Limbah Cair Industri Pengolahan Hasil Perikanan	7
2.1.2. Karakteristik Limbah Cair Industri Hasil Perikanan	8
2.2. Pengolahan Limbah Cair Industri Pengolahan Hasil Perikanan	11
2.3. Sistem Lumpur Aktif (<i>Activated Sludge</i>)	13
2.4. Pengertian Risiko	17
2.5. Manajemen Risiko Lingkungan	17
2.6. Identifikasi Risiko	19
2.7. Analisis Risiko	20
2.8. <i>Failure Mode Effect Analysis</i> (FMEA)	23
2.9. <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	23
2.9.1. Definisi FTA	24
2.9.2. Tahapan FTA	25
2.9.3. Komponen FTA	26
2.9.4. Analisis FTA	28
2.10. Strategi Mitigasi	30
2.11. Penelitian Terdahulu	31

BAB III	GAMBARAN UMUM WILAYAH STUDI	33
3.1.	Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Nizam Zachman Jakarta	33
3.1.1.	Kondisi Geografis	33
3.1.2.	Data Operasional PPS Nizam Zachman Jakarta	35
3.2.	Pengolahan Limbah Cair di PPS Nizam Zachman Jakarta	37
3.2.1.	Konsep Dasar Waste Water Treatment System PPS Nizam Zachman Jakarta	37
3.2.2.	Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PPS Nizam Zachman Jakarta	39
BAB IV	METODE PENELITIAN	47
4.1.	Umum	47
4.2.	Pelaksanaan Penelitian	47
4.2.1.	Ide Penelitian	47
4.2.2.	Studi Pustaka	49
4.2.3.	Observasi Lapangan	49
4.2.4.	Pengumpulan dan Pengolahan Data	50
4.2.5.	Evaluasi Operasional Sistem IPAL Eksisting	50
4.2.6.	Analisis dan Pembahasan	51
4.2.6.1.	Identifikasi Risiko dengan Metode <i>Failure Mode Effect Analysis</i>	51
4.2.6.2.	Analisis Risiko dengan <i>Fault Tree Analysis</i>	52
4.2.6.3.	Validasi <i>Fault Tree Analysis</i>	54
4.2.7.	Evaluasi Risiko	54
4.2.7.1.	Penentuan Kategori Peringkat Risiko	54
4.2.7.2.	Batasan Kriteria Desain Unit IPAL	56
4.2.7.3.	Penentuan Prioritas Mitigasi Risiko	57
4.2.8.	Strategi Mitigasi	57
4.2.9.	Kesimpulan dan Saran	58
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	59
5.1.	Penentuan Kriteria Risiko	59
5.2.	Identifikasi Risiko	60

5.3.	<i>Fault Tree Analysis (FTA)</i>	69
5.3.1.	Penentuan Frekuensi dan <i>Likelihood</i>	69
5.3.2.	Penentuan Probabilitas	71
5.3.3.	Penentuan <i>Consequence</i>	80
5.3.4.	Pemetaan Risiko	85
5.4.	Strategi Mitigasi	89
5.5.	Rekomendasi	104
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	107
6.1.	Kesimpulan	107
6.2.	Saran	108
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

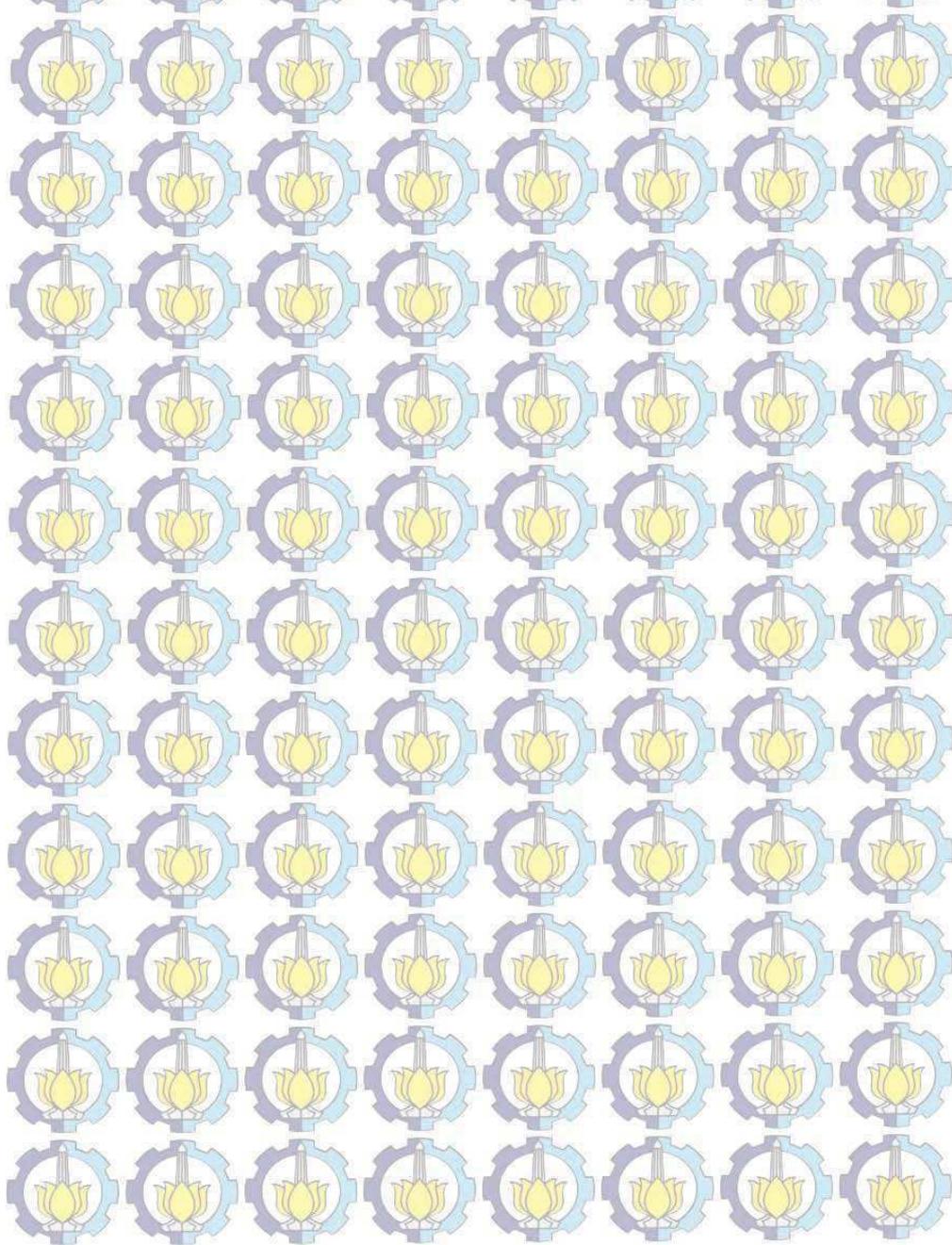
"Halaman ini sengaja dikosongkan"



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beban Limbah Cair dari Beberapa Jenis Kegiatan Industri Pengolahan Ikan	9
Tabel 2.2	Baku Mutu Air Limbah Industri Pengolahan Ikan di DKI Jakarta	10
Tabel 2.3	Kriteria Perencanaan Proses Lumpur Aktif	14
Tabel 2.4	Kategori dan Interval Nilai <i>Likelihood</i>	20
Tabel 2.5	Kategori dan Interval Nilai <i>Consequence</i>	21
Tabel 2.6	Matrik Kategori Tingkatan Risiko	21
Tabel 2.7	Simbol <i>Events</i>	27
Tabel 2.8	Simbol <i>Gates</i>	27
Tabel 2.9	Penelitian Terdahulu	31
Tabel 3.1	Perhitungan Debit Limbah per Area	38
Tabel 3.2	Unit Pengolahan di IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta	44
Tabel 3.3	Hasil Uji Laboratorium Efluen IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta	45
Tabel 4.1	Peta Kategori Tingkatan Risiko	55
Tabel 4.2	Kriteria Nilai <i>Likelihood</i> atau <i>Probability</i>	55
Tabel 4.3	Kriteria Nilai <i>Consequence</i>	56
Tabel 4.4	Kriteria Desain Unit IPAL	56
Tabel 5.1	Efisiensi Kinerja Unit Pengolahan IPAL	65
Tabel 5.2	Hasil Analisis Laboratorium	65
Tabel 5.3	Rasio BOD/COD Influen IPAL	67
Tabel 5.4	Range Penilaian Frekuensi Proses dan Frekuensi Kejadian	69
Tabel 5.5	Kategori dan Interval Nilai <i>Likelihood</i>	71
Tabel 5.6	Hasil Perhitungan Probabilitas Faktor Sumber Daya Manusia	73
Tabel 5.7	Hasil Perhitungan Probabilitas Faktor Mesin atau Peralatan	76
Tabel 5.8	Hasil Perhitungan Probabilitas Faktor Proses	79
Tabel 5.9	Formula dan Sumber Data Dalam Perhitungan <i>Consequence</i>	81
Tabel 5.10	Kategori dan Interval Nilai <i>Consequence</i>	83
Tabel 5.11	Rekapitulasi Penilaian Risiko	84
Tabel 5.12	Matrik Kategori Risiko Pada Faktor SDM	86
Tabel 5.13	Matrik Kategori Risiko Pada Faktor Mesin	87

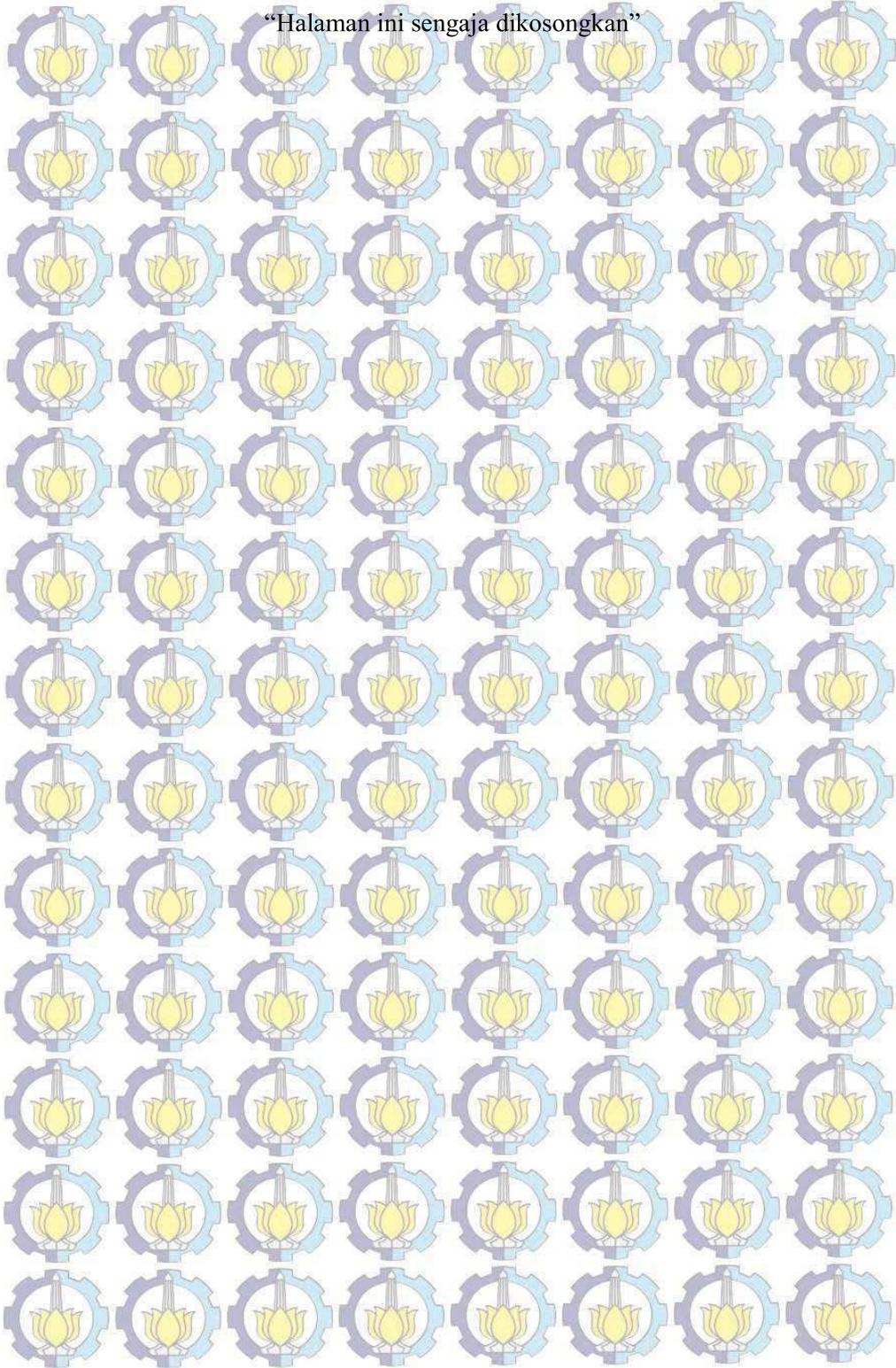
Tabel 5.14	Matrik Kategori Risiko Pada Faktor Proses	88
Tabel 5.15	Rekomendasi Tindakan Mitigasi	97
Tabel 5.16	Rincian Kebutuhan dan Estimasi Biaya Tindakan Mitigasi	100
Tabel 5.17	Rencana Anggaran Operasional IPAL Tahun 2017	104
Tabel 5.18	Biaya Operasional IPAL Hasil Tindakan Mitigasi	105

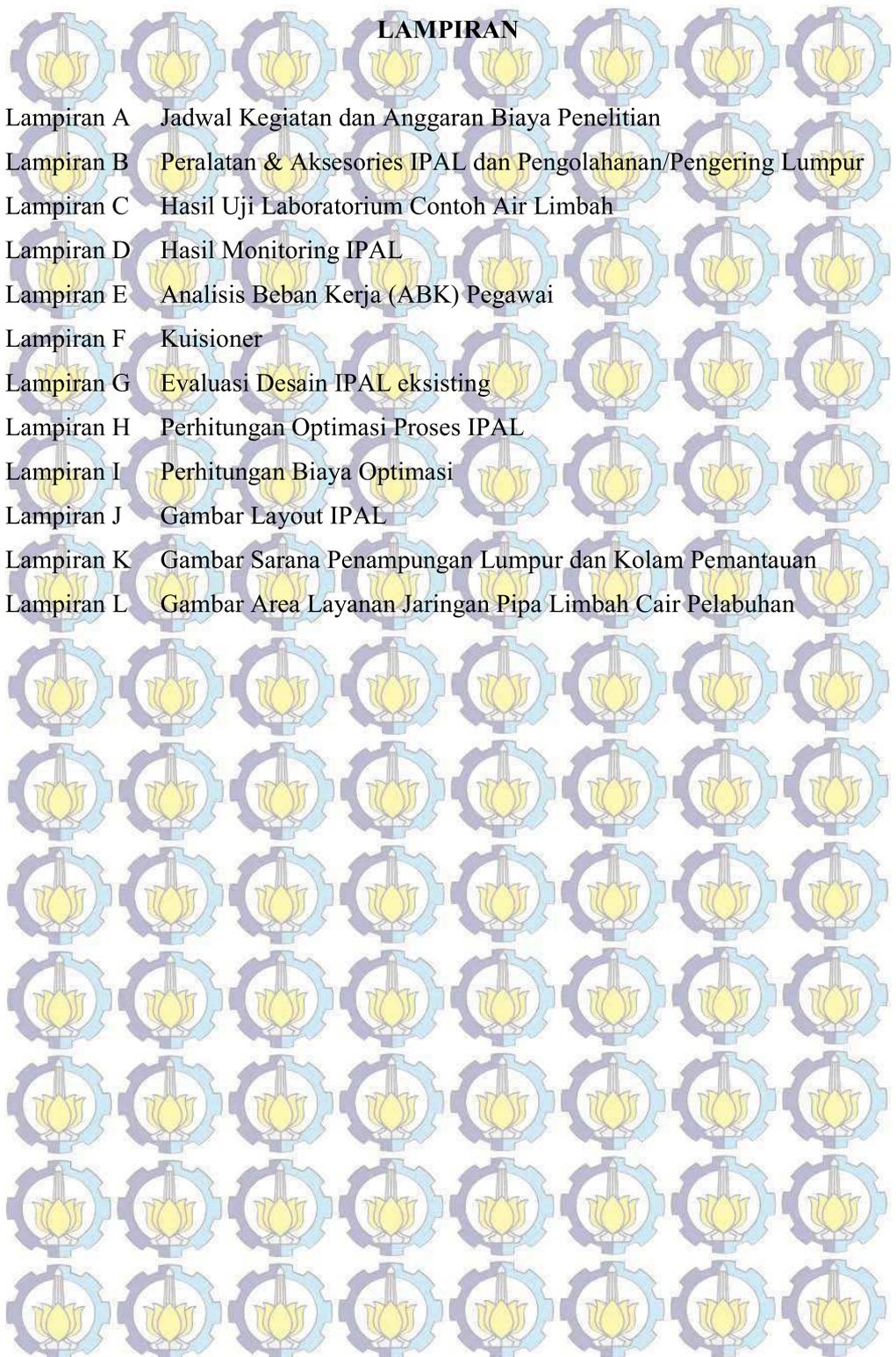


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Proses Lumpur Aktif Konvensional	13
Gambar 2.3	<i>Fishbone Diagram</i> FMEA Kualitas Air Produksi	24
Gambar 2.3	Diagram <i>Fault Tree Analysis</i>	28
Gambar 3.1	Foto Udara PPS Nizam Zachman Jakarta	33
Gambar 3.2	Peta Lokasi PPS Nizam Zachman Jakarta	34
Gambar 3.3	Aktivitas Distribusi dan Pemasaran Ikan di PPS Nizam Zachman Jakarta	36
Gambar 3.4	Konsep Dasar <i>Sewerage Treatment System</i>	38
Gambar 3.5	Jaringan Pipa Limbah Cair Pelabuhan	40
Gambar 3.6	Diagram Proses Pengolahan Air Limbah	41
Gambar 3.7	Instalasi Pengolahan Air Limbah	41
Gambar 3.8	Flow Diagram Instalasi Pengolahan Air Limbah Metode Lumpur Aktif	46
Gambar 4.1	Kerangka Penelitian	48
Gambar 4.2	Tahapan Identifikasi Risiko	53
Gambar 5.1	<i>Fishbone Diagram</i> Penurunan Kualitas Efluen IPAL	61
Gambar 5.2	Hasil Analisis Kualitas Efluen IPAL	66
Gambar 5.3	Diagram FTA Penurunan Kualitas Efluen	74
Gambar 5.4	Potongan <i>Fault Tree Diagram</i> pada faktor Sumber Daya Manusia	75
Gambar 5.5	Potongan <i>Fault Tree Diagram</i> pada faktor Mesin dan Peralatan	77
Gambar 5.6	Potongan <i>Fault Tree Diagram</i> pada faktor Proses	80

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

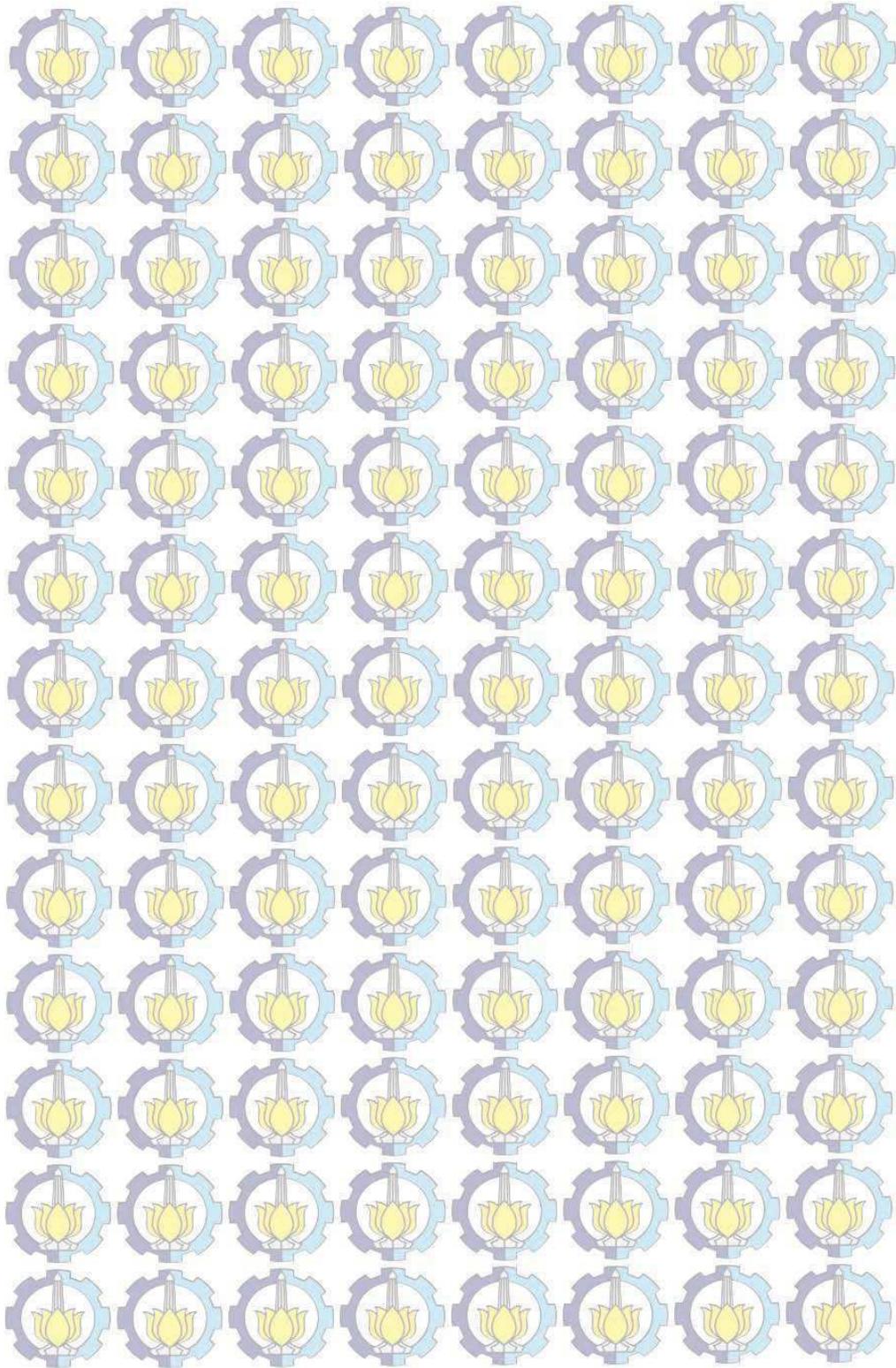




LAMPIRAN

- Lampiran A Jadwal Kegiatan dan Anggaran Biaya Penelitian
- Lampiran B Peralatan & Aksesories IPAL dan Pengolahan/Pengering Lumpur
- Lampiran C Hasil Uji Laboratorium Contoh Air Limbah
- Lampiran D Hasil Monitoring IPAL
- Lampiran E Analisis Beban Kerja (ABK) Pegawai
- Lampiran F Kuisisioner
- Lampiran G Evaluasi Desain IPAL eksisting
- Lampiran H Perhitungan Optimasi Proses IPAL
- Lampiran I Perhitungan Biaya Optimasi
- Lampiran J Gambar Layout IPAL
- Lampiran K Gambar Sarana Penampungan Lumpur dan Kolam Pemantauan
- Lampiran L Gambar Area Layanan Jaringan Pipa Limbah Cair Pelabuhan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pelabuhan perikanan menurut Per.Men. KP. No. 8 Tahun 2012 adalah tempat yang terdiri atas daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan sistem bisnis perikanan yang digunakan sebagai tempat kapal perikanan bersandar, berlabuh, dan/atau bongkar muat ikan yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang perikanan. Pelabuhan perikanan mempunyai 2 (dua) fungsi yaitu fungsi pemerintahan dan fungsi perusahaan. Salah satu bagian dari fungsi pemerintahan adalah pengendalian lingkungan, oleh karena itu pada beberapa pelabuhan perikanan telah dilengkapi fasilitas fungsional untuk pengolahan limbah seperti Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

IPAL merupakan salah satu bagian terpenting dari suatu kegiatan usaha untuk meminimalisasi dampak pencemaran lingkungan. Kinerja IPAL sangat menentukan kualitas air yang akan dibuang ke lingkungan (Kawasaki dkk., 2011). Kurang optimalnya kinerja IPAL berpotensi tidak terpenuhinya baku mutu yang diatur dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, lampiran XIV Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan.

Limbah cair industri perikanan mengandung bahan organik yang tinggi, dan tingkat pencemaran limbah cair industri pengolahan perikanan sangat tergantung pada tipe proses pengolahan dan jenis bahan baku yang diolah (Ibrahim, 2005). Menurut River dkk., (1998) jumlah debit air limbah pada effluent umumnya berasal dari proses pengolahan dan pencucian. Setiap operasi pengolahan ikan akan menghasilkan cairan dari pemotongan, pencucian, dan pengolahan produk. Cairan ini mengandung darah dan potongan-potongan kecil ikan dan kulit, isi perut, kondensat dari operasi pemasakan, dan air pendinginan dari kondensor.

Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Nizam Zachman Jakarta adalah salah satu pelabuhan perikanan tipe A (Samudera) yang terbesar di Indonesia, merupakan

unit pelaksana teknis di bidang pelabuhan perikanan yang berada di bawah dan bertanggung jawab kepada Direktur Jenderal Perikanan Tangkap - Kementerian Kelautan dan Perikanan. Pelabuhan perikanan tersebut memiliki fasilitas pelabuhan yang cukup lengkap dan memadai. Fasilitas tersebut yang terdiri dari fasilitas fungsional dan fasilitas penunjang, berada di dalam kawasan pelabuhan yang mana banyak berdiri kegiatan industri pengolahan hasil perikanan mulai dari skala kecil, menengah dan besar yang berorientasi pada pasar lokal, regional dan ekspor.

Untuk mengurangi dampak pencemaran dan agar dapat memenuhi baku mutu air limbah tersebut, maka PPS Nizam Zachman Jakarta mengolah limbah cair yang dihasilkan dengan menggunakan IPAL dengan lumpur aktif. Kapasitas pengolahan maksimal yang di desain sebesar 1.000 m³/ hari dengan beban BOD maksimal 900 mg/l dan beban TSS maksimal 500 mg/l (*Sewerage Treatment Plan Operation and Maintenance Manual*, 2002). Data hasil pengujian kualitas air limbah berkala (di Laboratorium Lingkungan Hidup Daerah BPLDH Provinsi DKI Jakarta) pada tahun 2013 sampai 2015 menunjukkan bahwa 87% effluent air limbah tidak memenuhi baku mutu. Berdasarkan kegiatan Pengamatan, Pemantauan, Pengendalian Lingkungan dan Evaluasi (P3LE) dalam rangka program Pantai Bersih Laut Lestari yang dilakukan BPLHD DKI Jakarta secara berkala sejak tahun 2011 sampai dengan 2013 PPS Nizam Zachman Jakarta dinilai belum melakukan pengelolaan air limbah sesuai peraturan dan baku mutu yang berlaku (Peraturan Gubernur DKI Jakarta No 69 Tahun 2013).

Baku mutu yang digunakan saat pengujian sample air limbah masih mengacu pada Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 582 Tahun 1995, dan kemudian sejak bulan Oktober 2013 menggunakan Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 69 Tahun 2013. Sedangkan untuk pengolahan air limbah secara terpusat lebih tepat menggunakan baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 6 Tahun 2007 yang selanjutnya diperbarui dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014.

Sistem IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta terdiri dari *screen separator*, *buffer tank*, *flow control tank*, bak aerasi 1, bak aerasi 2, bak sedimentasi/clarifier, bak stok lumpur, *sludge drying unit (hydroextractor)* dan *sludge drying bed* dan kolam pemantauan. IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta dibangun pada tahun 2002, dan

mulai beroperasi secara penuh pada tahun 2004. Berdasarkan pada usia bangunan IPAL tersebut secara teknis belum terlalu tua, namun bangunan IPAL tersebut sudah mengalami penurunan kinerja pada hampir setiap unitnya. Dari identifikasi awal banyak kerusakan pada peralatan mekanikal elektrikal, berfluktuasi dan tingginya beban limbah yang akan diolah, sumber daya manusia pengelola yang kurang kompeten, kegiatan operasional dan pemeliharaan tidak memadai, dukungan finansial dan kelembagaan masih lemah, serta adanya permasalahan teknis pada rangkaian sistem IPAL. Hal ini yang menjadi penyebab kemungkinan menurunnya kualitas effluent air limbah hingga saat ini (Data hasil uji kualitas effluent bulan Mei 2015 konsentrasi untuk parameter TSS 254 mg/L; Sulfida 0,95 mg/L; Amonia 183,5 mg/L; Klor bebas 0,05 mg/L; BOD 91,74 mg/L; COD 345,1 mg/L dan Minyak-lemak <1,13 mg/L). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 bagi kawasan industri perikanan yang melakukan pengolahan air limbah secara terpusat, baku mutu yang diikuti adalah konsentrasi maksimal TSS 100 mg/L, Sulfida 1 mg/L, Amonia 5 mg/L, Klor bebas 1 mg/L, BOD 100 mg/L, COD 200 mg/L dan Minyak-lemak 15 mg/L.

Oleh karena itu, kinerja IPAL tersebut kurang baik dan sampai saat ini pihak pengelola perlu melakukan tindakan yang dapat meningkatkan kinerja proses IPAL sehingga kualitas effluent air limbah yang dibuang dapat memenuhi baku mutu. Peningkatan kinerja IPAL dapat dilakukan apabila akar permasalahan dapat teratasi. Akar permasalahan dapat diatasi dengan melalui proses identifikasi dan menetapkan besaran risiko melalui analisis risiko. Dalam penelitian ini diperlukan metode untuk melakukan identifikasi kegagalan dan analisis risiko terhadap permasalahan operasional IPAL dengan salah satu metode yang sering digunakan yaitu *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Kedua metode tersebut yang dapat dijadikan sebagai alat untuk pengembangan proses, produk, atau jasa (Perdana, 2014). Untuk mencapai kondisi yang optimal, risiko yang teridentifikasi selanjutnya dianalisis untuk menentukan dan mengukur, serta menilai masing-masing elemen faktor penyebab masalah (Apsari, 2014). Sedangkan *Fault Tree Analysis* (Clemens, 1993; OSHA 3071, 2002; Apsari, 2014), berfungsi untuk menganalisa kegagalan sistem serta untuk menentukan faktor penyebab risiko dari elemen yang paling kecil (Wulandari, 2011).

Faktor risiko tersebut dihitung dan dinilai dengan mempertimbangkan probabilitas dan konsekuensinya. Penilaian risiko penting untuk menentukan kategori risiko berdasarkan matrik risiko (*Australia Standard Guidelines*, 1999). Selain itu, penilaian risiko juga digunakan sebagai acuan dalam menentukan. Hal ini berarti bahwa mitigasi dinyatakan sebagai tindakan pencegahan dan penanganan dari prioritas potensi risiko terbesar.

Dari keseluruhan permasalahan dan uraian di atas, maka diperlukan suatu analisis dan mitigasi risiko kinerja IPAL pelabuhan perikanan sebagai penelitian dan sekaligus dapat digunakan dalam penentuan strategi dalam penanganan permasalahan limbah cairnya.

1.2. Rumusan Masalah

IPAL terpusat dengan sistem lumpur aktif di PPS Nizam Zachman tidak mampu mengolah air limbah secara optimal sehingga effluent masih tidak memenuhi baku mutu. Banyak permasalahan yang menyebabkan kegagalan operasional IPAL tersebut, dan telah dilakukan beberapa upaya penanganan yaitu mengoperasikan kembali IPAL pada tahun 2009 (tahun 2007-2008 IPAL berhenti beroperasi karena banjir), rehabilitasi jaringan pipa limbah pada tahun 2009 dan rehabilitasi mesin serta peralatan pada tahun 2012. Namun upaya tersebut ternyata masih belum mampu menyelesaikan permasalahan dan meningkatkan kinerja IPAL sesuai target. Sehingga perlu dilakukan evaluasi operasional IPAL, identifikasi dan analisis risiko terhadap faktor-faktor yang menyebabkan penurunan kinerja IPAL tersebut, untuk menentukan tindakan pencegahan dan penanganan yang tepat sebagai solusi yang efektif dan komprehensif untuk permasalahan kinerja operasional IPAL.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ditetapkan berdasarkan pada permasalahan permasalahan adalah:

1. Melakukan evaluasi terhadap operasional IPAL dan mengidentifikasi faktor-faktor yang berdampak besar terhadap penurunan kinerja IPAL.

2. Melakukan analisis kategori risiko operasional sistem IPAL dan menentukan prioritas tindakan mitigasi risiko untuk meningkatkan kinerja pengolahan dan operasional IPAL.

1.4. Manfaat Penelitian

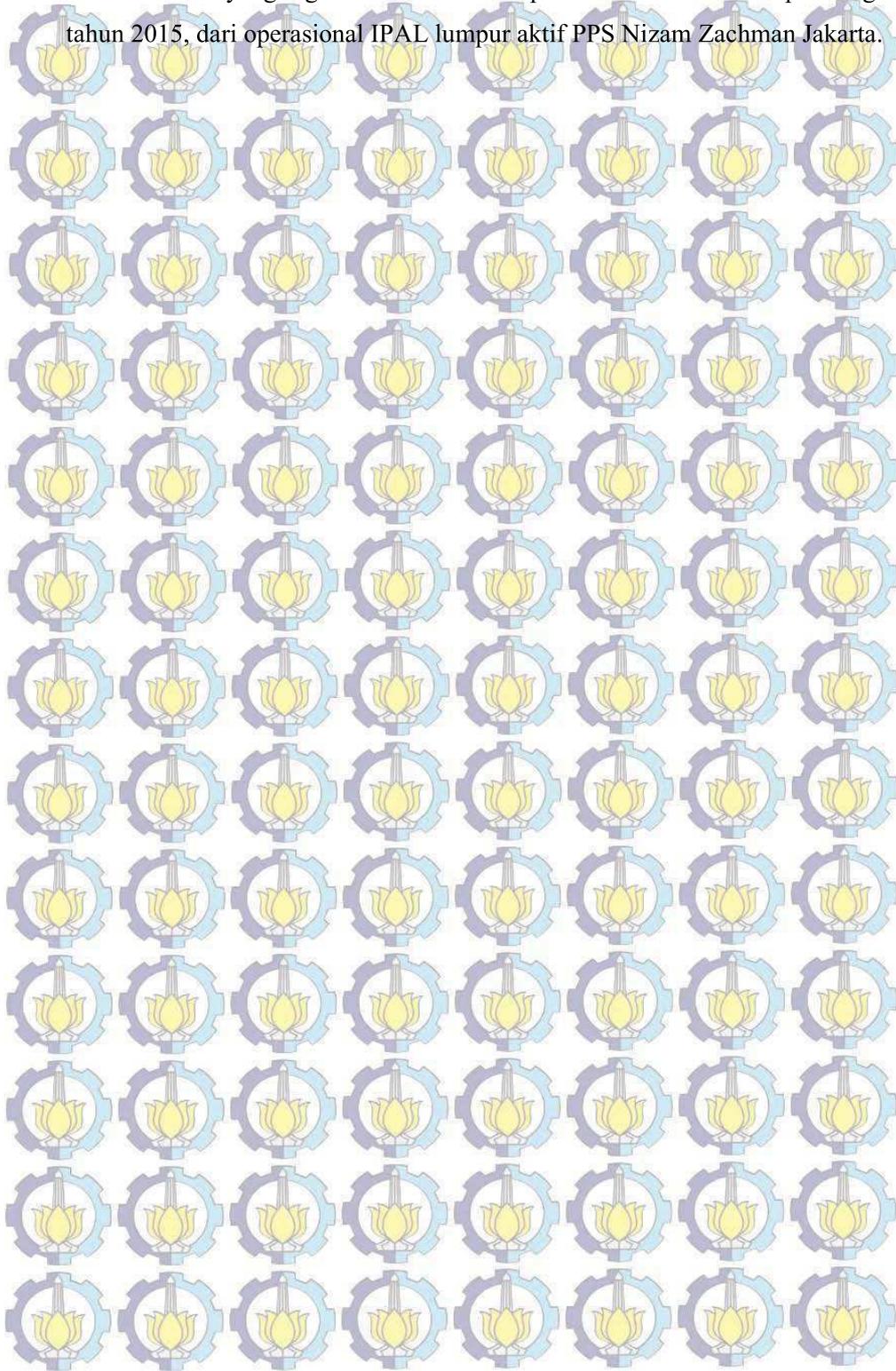
Manfaat penelitian ini adalah sebagai bahan rekomendasi dan saran perbaikan dalam upaya meminimalkan risiko kegagalan operasional IPAL serta mengoptimalkan kinerja IPAL, sehingga menghasilkan kualitas effluent limbah cair yang memenuhi baku mutu. Selain itu juga akan digunakan sebagai usulan teknis kepada jajaran pimpinan pengelola PPS Nizam Zachman Jakarta untuk menentukan kebijakan terkait upaya pengelolaan pelabuhan perikanan yang berwawasan lingkungan.

1.5. Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini bertujuan untuk membatasi lingkup penelitian. Adapun lingkup penelitiannya sebagai berikut:

1. Evaluasi operasional sistem IPAL.
2. Identifikasi risiko menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA).
3. Analisis risiko menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).
4. Variabel penelitian akan ditinjau dari faktor Sumber Daya Manusia, Mesin dan Peralatan, serta Unit Proses IPAL.
5. Strategi mitigasi disusun berdasarkan literatur.
6. Tindakan mitigasi difokuskan pada perbaikan kinerja operasional IPAL dengan tolak ukur peningkatan kualitas effluent limbah cair pada IPAL sesuai baku mutu.
7. Tindakan mitigasi risiko IPAL dilengkapi perhitungan estimasi biaya mitigasi, perbaikan dan biaya operasional serta pemeliharaan.
8. Parameter yang akan diuji meliputi *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Ammonia* (NH₃).

9. Data sekunder yang digunakan adalah data periode tahun 2013 sampai dengan tahun 2015, dari operasional IPAL lumpur aktif PPS Nizam Zachman Jakarta.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Cair Industri Pengolahan Hasil Perikanan

Limbah cair industri pengolahan hasil perikanan merupakan salah satu sumber pencemar kawasan perairan dan pesisir yang secara umum memiliki kandungan bahan organik tinggi dengan volume limbah yang cukup besar (Rizqon, 2013; Sjafei, 2002). Karakteristik limbah cair sangat dipengaruhi bahan baku yang digunakan, proses produksi dan jenis produk yang dihasilkan (Bustami, 2005).

Limbah cair industri perikanan harus segera ditata dan dikelola secara serius agar dapat mengimbangi program pemerintah yang menggiatkan industrilisasi di sektor kelautan dan perikanan. Apabila tidak dilakukan pengolahan dengan baik maka akan menyebabkan pencemaran perairan di kawasan pesisir dan mengancam keberadaan dan keanekaragaman biota di kawasan pesisir, serta mempengaruhi ketersediaan sumber daya perikanan di sekitar pantai.

2.1.1. Sumber Limbah Cair Industri Pengolahan Hasil Perikanan

Setiap operasi pengolahan ikan akan menghasilkan cairan dari pemotongan, pencucian, dan pengolahan produk. Cairan ini mengandung darah dan potongan-potongan kecil ikan dan kulit, isi perut, kondensat dari operasi pemasakan, dan air pendinginan dari kondensor (River dkk., 1998). Menurut Setiyono (2008) pencemaran air yang ditimbulkan dari industri pengolahan ikan berasal dari beberapa sumber, mulai dari transportasi bahan baku, pemindahan bahan baku, pencucian bahan, proses produksi, kegiatan laboratorium (quality control), aktivitas karyawan (limbah domestik) dan aktivitas perdagangan.

Berdasarkan sumbernya, air limbah yang dihasilkan di industri pengolahan ikan dikelompokkan atas 2 jenis, yaitu:

1. Air limbah domestik, yaitu air limbah yang berasal dari kamar mandi, toilet, kantin, wastafel dan tempat ibadah. Sesuai dengan aktivitasnya, maka sumber air limbah domestik ini dihasilkan oleh semua kegiatan industri yang ada.

2. Air limbah produksi, berasal dari aktivitas produksi seperti pencucian komponen-komponen peralatan dan lantai ruang produksi. Sesuai dengan jenis kegiatannya/ industrinya dan aktivitas yang ada di setiap perusahaan, maka air limbah ini dapat dikelompokkan dalam beberapa kelompok dengan karakteristik yang berlainan, yaitu air limbah industri fillet ikan, air limbah industri tepung ikan, air limbah industri minyak ikan, air limbah industri cold storage, dan air limbah industri pengalengan ikan.

Untuk kawasan pelabuhan perikanan air limbah juga berasal dari pencucian di Tempat Pelelangan Ikan, Pasar Ikan, Instalasi Pengolahan Air Laut (*Reverse Osmosis*) dan area dermaga.

Dalam proses produksi, air digunakan mulai dari pencucian/pembersihan bahan baku, pembersihan isi perut/jeroan ikan, pemasakan, dan pembersihan lokasi pabrik. Pendekatan/asumsi pemakaian sumber daya air untuk industri pengolahan ikan skala besar dapat dihitung dari kuantitas air limbah per ton produk berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 adalah sebagai berikut:

- Pembekuan (Cold Storage) Ikan = $10 \text{ m}^3/\text{ton}$
- Pembekuan (Cold Storage) Udang = $30 \text{ m}^3/\text{ton}$
- Pembekuan (Cold Storage) Lain-lain = $15 \text{ m}^3/\text{ton}$
- Pengalengan Ikan = $15 \text{ m}^3/\text{ton}$
- Pengalengan Udang = $30 \text{ m}^3/\text{ton}$
- Pengalengan Lain-lain = $20 \text{ m}^3/\text{ton}$
- Pembuatan Tepung Ikan = $12 \text{ m}^3/\text{ton}$.

Besarnya jumlah pemakaian air untuk kegiatan industri ini, berarti juga akan dihasilkan limbah cair yang besar pula. Pada umumnya perhitungan jumlah limbah adalah 80% dari jumlah pemakaian air bersih yang ada (Setiyono, 2008).

2.1.2. Karakteristik Limbah Cair Industri Pengolahan Hasil Perikanan

Limbah cair industri perikanan mengandung bahan organik yang tinggi dengan parameter BOD, COD, TSS, minyak dan lemak. Apabila keseluruhan parameter tersebut dibuang langsung ke badan penerima, maka akan mengakibatkan

pencemaran air di badan air (Sahubawa, 2011). Limbah cair yang dihasilkan dari industri pengolahan hasil perikanan mengandung banyak protein dan lemak, akibatnya nilai BOD dan TSS-nya cukup tinggi. Kadarnya berbeda tergantung jenis kegiatan industri yang dipengaruhi oleh kapasitas industri, jenis bahan baku, tingkat kesegaran bahan baku dan jenis produk akhir yang dihasilkan (Gonzalez, 1996). Beberapa parameter air limbah yang harus diukur antara lain Chemical Oxygen Demand (COD), Total Solid (TS), nitrat (NO_3^-), fosfat (PO_4^{3-}), minyak dan lemak.

Tabel 2.1 Beban Limbah Cair dari Beberapa Jenis Kegiatan Industri Pengolahan Ikan

Beban Limbah Cair	BOD	COD	Minyak & Lemak	Padatan Tersuspensi
Pengolahan ikan (manual)	332 kg/t	-	0,348 kg/t	1,42 kg/t
Pengolahan ikan (mekanik)	11,9 kg/t	-	2,28 kg/t	8,92 kg/t
Fillet ikan Herring	3482 - 1000 mg/l	-	857 - 6000 mg/l	-
Pengalengan tuna	6,8 - 20 kg/t	11,4 - 64 kg/t	1,7 - 13 kg/t	3,8 - 17 kg/t
Pabrik sarden	9,22 kg/t	-	1,74 kg/t	5,41 kg/t
Pengolahan kepiting	4,85 - 5,5 kg/t	7,2-7,8 kg/t	0,21 - 0,3 kg/t	0,7 - 0,78 kg/t
Pengolahan kerang	18,7 kg/t	-	0,461 kg/t	6,35 kg/t
Cairan darah dari pabrik makanan ikan	23500 - 34000 mg/l	93000 mg/l	0 - 1,92 %	-
Air dari pengerasan daging	13000 - 76000 mg/l	-	60 - 1560 mg/l	-
Udang beku	160 mg/l	1780 mg/l	-	-

Beban Limbah Cair	BOD	COD	Minyak & Lemak	Padatan Tersuspensi
Pengalengan ikan	941,69 mg/l	1401,78 mg/l	-	-
Makanan ikan	245,23 mg/l	949,05 mg/l	6976 mg/l	-

Sumber : Gonzalez (1996).

DKI Jakarta telah mengatur baku mutu air limbah untuk kegiatan/usaha industri pengolahan ikan dalam Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 69 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kegiatan dan/Atau Usaha, lampiran 1 huruf E. Pada peraturan tersebut belum mengatur secara jelas untuk baku mutu bagi kawasan industri perikanan dengan pengolahan air limbah terpusat.

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Industri Pengolahan Ikan di DKI Jakarta

Parameter	Kegiatan Pembekuan				Kegiatan Pengolahan			
	Kadar Maksimum (mg/L)	Beban pencemaran Maksimum (kg/ton)			Kadar Maksimum (mg/L)	Beban pencemaran Maksimum (kg/ton)		
		Ikan	Udang	Lain-lain		Ikan	Udang	Lain-lain
pH	6-9	-	-	-	6-9	-	-	-
TSS	100	1	3	1,5	100	1,5	3	2
Minyak dan Lemak	15	0,15	0,45	0,225	15	0,225	0,45	0,3
Amonia (NH ₃ -N)	10	0,1	0,3	0,15	5	0,075	0,15	0,1
Sulfida	-	-	-	-	1	0,015	0,03	0,02
Klor bebas	1	0,01	0,03	0,015	1	0,015	0,03	0,02
BOD ₅	100	1	3	1,5	75	1,125	2,25	1,5
COD	200	2	6	3	150	2,25	4,5	3
Zat Organik (KMnO ₄)	100	1	3	1,5	100	1,5	3	2
Kuantitas air limbah maksimum : m ³ /ton		10	30	15		15	30	20

Sumber : Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 69 Tahun 2013.

Kuantitas dan kualitas limbah cair yang dihasilkan umumnya berfluktuatif sangat tergantung pada jenis dan kualitas bahan baku yang saat itu digunakan, karena

itu industri pengolahan ikan sangat tergantung pada ketersediaan bahan baku (tergantung musim ikan). Dengan demikian beban limbah yang masuk pada instalasi pengolahan limbah juga berfluktuatif, hal ini sangat mempengaruhi kinerja IPAL.

2.2. Pengolahan Limbah Cair Industri Pengolahan Hasil Perikanan

Gonzales (1996) menyebutkan pada prinsipnya ada empat tahapan pengolahan air limbah untuk industri perikanan, yaitu:

1. *Primary treatment* (pengolahan pendahuluan)
2. *Biological treatment* (pengolahan biologis)
3. *Physio-chemical treatment* (pengolahan fisik dan kimia)
4. *Sludge treatment* (pengolahan lumpur)

, secara biologis pengolahan air limbah dilakukan secara anaerobik dan aerobik.

Pengolahan dengan cara anaerobik telah digunakan sejak lama untuk menurunkan nilai BOD/COD yang tinggi. Metode ini digunakan untuk mengolah limbah cair pengolahan cumi-cumi, dan berhasil menurunkan BOD secara nyata mencapai 80% dengan laju peningkatan lumpur yang tinggi juga (Park et dkk., 2001). Balslev-Olesen dkk. (1990) dan Mendez dkk. (1992) mendapatkan efisiensi penyisihan COD mencapai 75-80% dari limbah pengalengan tuna dan kerang dengan beban limbah organik 4 kg/m³.hari.

Kelebihan dari pengolahan limbah dengan anaerobik: 1) tidak diperlukan penambahan nutrien, 2) ammonia yang diperoleh dari perombakan senyawa kaya protein menyebabkan peningkatan alkalinitas dan membuat sistem menjadi lebih stabil bila terjadi kelebihan beban organik. Berdasarkan hasil studi proses anaerobik yang telah dilakukan, tidak ada yang melaporkan adanya penyisihan nitrogen (Ibrahim, 2005).

Pengolahan dengan anaerobik merupakan hasil dari beberapa reaksi yaitu: beban organik dalam limbah dikonversi menjadi bahan organik terlarut yang kemudian dikonsumsi oleh bakteri penghasil asam, kemudian menghasilkan asam lemak mudah menguap, karbondioksida dan hidrogen. Senyawa yang dihasilkan ini kemudian dikonsumsi oleh bakteri penghasil metana, yang kemudian menghasilkan

produk akhir gas metana dan karbondioksida. Proses-proses ini dianjurkan untuk diterapkan pada limbah yang mengandung beban organik yang tinggi (misalnya *bloodwater* dan *stickwater*) (Gonzales, 1996).

Pengolahan biologis limbah cair perikanan secara aerobik dapat dilakukan dengan sistem sebagai berikut: sistem lumpur aktif, kolam aerasi, dan sistem media pertumbuhan (*trickling filter* dan *rotating disk contactor*). Pada semua sistem lumpur aktif, pengadukan memegang peranan yang penting dalam menjaga keseragaman dan kestabilan kelarutan bahan organik, oksigen dan mencegah pengendapan lumpur aktif. Pada industri perikanan gangguan kestabilan terjadi pada saat puncak konsentrasi organik dan aliran tertinggi dalam influen.

Penyisihan bahan organik pada sistem ini bisa mencapai 85–95% (Gonzales, 1996). Waktu tinggal hidrolis yang dibutuhkan rata-rata 3-6 jam dan waktu tinggal sel berkisar antara 3 dan 15 hari (Gonzales, 1996). Berbagai ragam kondisi yang dihasilkan untuk mencapai hasil yang maksimum disebabkan banyaknya faktor yang mempengaruhi proses dengan lumpur aktif. Penelitian telah banyak dilakukan untuk mencari kondisi optimal dari berbagai faktor yang mempengaruhinya, misalnya kelarutan oksigen, rasio Food/Microorganism (rasio F/M), interaksi kandungan mineral dan lumpur dalam pengendapan lumpur. (Argaman, 1981; Casey dkk., 1992; Piirtola dkk., 1999).

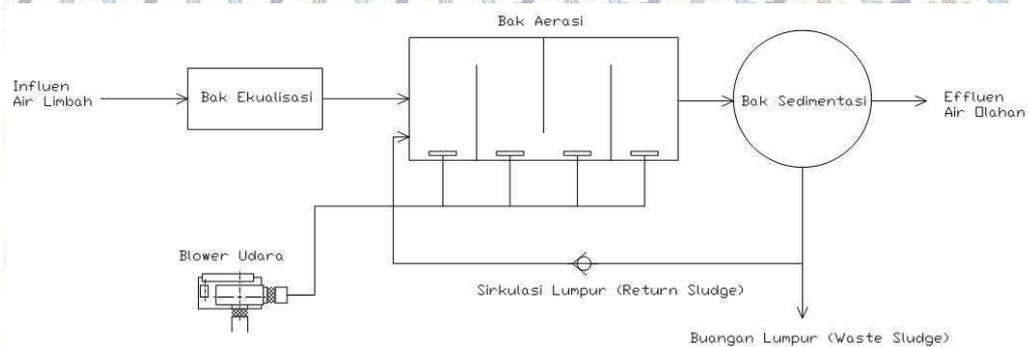
Kolam aerasi saat ini paling banyak diterapkan oleh industri perikanan, karena paling sederhana dan dianggap murah. Akan tetapi kualitas limbah yang dihasilkan tidak menjamin sesuai dengan baku mutu yang ditentukan dan sulit untuk dikendalikan. Shipin dkk. (1999) telah menghasilkan cara yang baik dalam mengintegrasikan antara sistem kolam dan lumpur aktif untuk penyisihan nitrogen melalui peningkatan proses nitrifikasi dengan meningkatkan kemampuan flokulasi dari simbiose antara bakteri nitrifier dan algae.

Dalam memilih teknologi aerobik yang akan digunakan tergantung beberapa aspek, yaitu luas lahan yang tersedia, kemampuan beroperasi berkala (*intermittent*) dengan pertimbangan bahwa industri perikanan beroperasi secara musiman, kemampuan dan ketrampilan SDM, dan biaya (termasuk biaya investasi dan biaya operasi).

2.3. Sistem Lumpur Aktif (*Activated Sludge*)

Proses pengolahan limbah cair secara biologis dengan sistem biakan tersuspensi telah banyak digunakan untuk mengolah limbah cair industri makanan. Proses ini secara prinsip merupakan pengolahan aerobik dimana senyawa organik dioksidasi menjadi CO_2 , H_2O , NH_4 , dan sel baru. Proses pengolahan biologis dengan biakan tersuspensi ini yang telah banyak digunakan secara umum adalah proses lumpur aktif (*Activated Sludge*). Skema proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif konvensional dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Proses pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif secara umum terdiri dari bak equalisasi, pengendap awal, bak lumpur aktif, dan bak pengendap akhir. Air limbah dari buffer tank dipompa ke bak aerasi, di dalam bak ini air limbah diaduk dengan diinjeksikan udara dari blower. Hal ini bertujuan agar bakteri dalam air limbah dapat melakukan metabolisme untuk mengurai bahan organik.



Gambar 2.1 Skema Proses Lumpur Aktif Konvensional

Energi hasil penguraian bahan organik digunakan bakteri untuk proses pertumbuhan dan pembentukan sel baru. Dengan demikian di dalam bak aerasi akan tumbuh biomassa dengan jumlah yang besar, dan biomassa inilah yang akan mengurai bahan organik di dalam air limbah. Dari bak lumpur aktif ini air limbah yang bercampur dengan biomassa dialirkan ke bak pengendap akhir untuk dipisahkan. Biomassa yang mengendap (idealnya) akan dikembalikan sebagian pada bak lumpur aktif sedangkan air yang jernih dibuang ke badan air penerima. Surplus lumpur dari bak pengendap akan ditampung dalam bak pengering lumpur (*drying bed*) dan airnya dikembalikan ke dalam bak equalisasi untuk diproses lagi.

Tabel 2.3 Kriteria Perencanaan Proses Lumpur Aktif

Beban BOD :	
BOD - MLSS Loading	0,2 - 0,4 (kg/kg.hari)
BOD - Volume Loading	0,3 - 0,8 (kg/m ³ .hari)
MLSS	1500 - 2000 mg/l
F/M Rasio	0,04 – 1 Kg/ Kg.Hari
Umur Lumpur	3 - 14 Hari
Kebutuhan Udara (Q udara/Q air)	3 - 7
Waktu Aerasi (t)	6 - 8 Jam
Rasio Sirkulasi Lumpur (Q lumpur/Q air limbah)	20 - 40%
Efisiensi Pengolahan	85 - 95%

Sumber : Metcalf dan Eddy (2003).

Keunggulan dari proses lumpur aktif ini adalah mampu mengolah limbah dengan beban BOD yang besar, sedangkan kelemahannya adalah apabila terjadi *bulking sludge* yaitu kondisi dimana solid yang terbentuk sukar untuk mengendap sehingga proses pemisahan solid dan liquid menjadi sulit. *Bulking Sludge* pada lumpur aktif menyebabkan penurunan kualitas effluent akibat masih tingginya konsentrasi solid di aliran effluent. Kriteria perencanaan proses lumpur aktif dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Dalam proses pengolahan limbah menggunakan lumpur aktif, terdapat parameter operasional yang perlu dipenuhi agar pengolahan limbah berjalan dengan optimal. Variable perencanaan yang umum digunakan dalam proses pengolahan air limbah menggunakan lumpur aktif adalah sebagai berikut (Said, 2008):

1. *BOD Loading Rate* (Beban BOD) adalah jumlah massa BOD dalam air limbah yang akan diolah dalam reaktor lumpur aktif. Beban BOD dapat dihitung dengan persamaan 2.1.

$$BOD\ Loading = \frac{Q \cdot S_0}{V} \text{ (kg/m}^3 \cdot \text{hari)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

Q = Debit Rata-rata air limbah (m^3)

S_o = Konsentrasi BOD dalam air limbah (kg/m^3)

V = Volume Reaktor Lumpur Aktif (m^3)

2. *Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS)* adalah campuran air limbah dengan bakteri atau biomassa serta padatan tersuspensi lainnya yang berada di dalam bak lumpur aktif. MLSS ditentukan dengan cara menyaring 1 liter lumpur aktif pada kertas saring (filter) dan filter tersebut dikeringkan dengan suhu $105^\circ C$, kemudian padatan tersebut ditimbang (mg/l).

3. *Mixed Liquor Volatile Suspended Solids (MLVSS)* merupakan material organik bukan mikroba. MLVSS diukur dengan memanaskan terus sampel filter sampai kering dengan temperatur $600-650^\circ C$ sampai nilainya mendekati 65-75% dari MLSS.

4. *Food to Microorganism Ratio (F/M Rasio)* merupakan perbandingan antara jumlah bahan organik yang akan diurai (BOD) dengan jumlah mikroorganisme pengurai yang ada dalam bak lumpur aktif. Besarnya nilai F/M ditunjukkan dalam satuan kilogram BOD per kilogram MLSS per hari.

Perhitungan F/M dapat dilihat dalam persamaan 2.2.

$$F/M = \frac{Q(S_o - S)}{MLSS \times V} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

Q = Debit Rata-rata air limbah (m^3)

S_o = Konsentrasi BOD dalam air limbah (kg/m^3)

S = Konsentrasi BOD dalam effluent limbah (kg/m^3)

MLSS = Mixed Liquor Suspended Solids (kg/m^3)

V = Volume Reaktor Lumpur Aktif (m^3)

Rasio F/M dikontrol dengan cara mengatur laju resirkulasi lumpur aktif dari bak pengendapan yang dikembalikan ke reaktor lumpur aktif. Semakin tinggi laju resirkulasi lumpur aktif, maka semakin tinggi pula rasio F/M nya. Untuk proses lumpur aktif konvensional, rasio F/M adalah $0,04 - 1 \text{ Kg BOD/Kg MLSS/ Hari}$. Rasio F/M yang rendah menunjukkan bahwa mikroorganisme

dalam bak lumpur aktif dalam kondisi lapar, semakin rendah rasio F/M maka pengolahan limbah semakin efisien.

5. *Hydraulic Retention Time* (HRT) adalah waktu rata-rata air limbah berada dalam bak aerasi untuk proses penguraian bahan organik. Dapat dikatakan waktu air limbah masuk ke dalam bak aerasi sampai keluar ke unit pengolahan selanjutnya. HRT dapat dihitung dengan persamaan 2.3.

$$HRT = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

V = Volume Reaktor Lumpur Aktif (m³)

Q = Debit Rata-rata air limbah (m³)

6. Rasio Sirkulasi Lumpur merupakan perbandingan antara jumlah lumpur yang disirkulasikan dari bak pengendap ke bak aerasi dengan jumlah limbah yang masuk ke bak aerasi.

7. Sludge Age (Umur Lumpur) merupakan waktu tinggal rata-rata lumpur aktif (mikroorganisme) dalam sistem lumpur aktif. Parameter ini berbanding terbalik dengan laju pertumbuhan mikroorganisme. Umur Lumpur dapat dihitung dengan persamaan 2.4.

$$\text{Umur Lumpur} = \frac{MLSS \times V}{(SSE \times Qe) + (SSw \times Qw)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

V = Volume Reaktor Lumpur Aktif (m³)

SSE = Padatan Tersuspensi dalam Effluent (mg/l)

SSw = Padatan Tersuspensi dalam Lumpur Limbah (mg/l)

Qe = Debit Effluent Limbah (m³/hr)

Qw = Debit Influen Limbah (m³/hr)

Parameter yang paling penting dalam sistem lumpur aktif ini adalah beban limbah (*BOD Loading*), suplai oksigen, dan pengendalian bak pengendap akhir (Said, 2008). Campuran air limbah dan lumpur aktif yang telah di aerasi dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak pengendap ini mikroorganisme (lumpur) yang masih aktif dipisahkan dari air limbah yang telah diolah, sebagian lumpur dikembalikan ke bak aerasi dan sebagian lagi

dibuang pada unit pengolah lumpur. Proses pengendapan lumpur tergantung dari rasio F/M, pengendapan terjadi dengan baik pada rasio F/M rendah (konsentrasi MLSS tinggi), dan sebaliknya rasio F/M yang tinggi akan mengakibatkan pengendapan lumpur yang buruk.

2.4. Pengertian Risiko

Menurut Australian Standar Guidelines (1999), risiko adalah suatu kemungkinan atau kejadian yang tidak diinginkan yang akan mempengaruhi suatu tujuan. Risiko dapat diartikan sebagai probabilitas terjadinya suatu kegiatan, yang apabila terjadi akan memiliki dampak atau konsekuensi positif atau negatif terhadap kegiatan tersebut. Risiko tersebut diukur dalam terminologi *Consequences* dan *Likelihood* (Simamora, 2009).

Pada suatu perusahaan, risiko dapat dibedakan menjadi 4 jenis (Apsari, 2014) diantaranya:

1. *Operasional Risk*, adalah risiko-risiko yang berhubungan dengan organisasi perusahaan diantaranya risiko pada sistem organisasi, proses kerja, peralatan atau teknologi, dan sumber daya manusia.
2. *Financial Risk*, adalah risiko terkait masalah keuangan perusahaan.
3. *Hazard Risk*, adalah risiko kecelakaan fisik seperti akibat dari bencana alam, kerusakan, dan berbagai hal yang menimbulkan kerugian asset perusahaan.
4. *Strategic Risk*, merupakan risiko yang berhubungan dengan strategi perusahaan, politik ekonomi, peraturan perundangan, pasar bebas, dan risiko yang terkait reputasi perusahaan.

2.5. Manajemen Risiko Lingkungan

Menurut Stoklosa (1999) manajemen risiko lingkungan merupakan suatu proses secara sistematis untuk mengidentifikasi dampak lingkungan, menganalisa kemungkinan dan konsekuensi, serta mengatur tingkat hasil risiko (Simamora, 2009). Manajemen risiko lingkungan adalah aplikasi sistematis dari kebijakan manajemen, prosedur dan praktek dalam mengkomunikasikan, menetapkan keadaan,

mengidentifikasi, menganalisis, mengevaluasi, memonitor, dan meninjau ulang risiko terhadap lingkungan. Menurut *The Standards Australia/New Zealand* (1999) terdapat empat prosedur dalam melakukan manajemen risiko lingkungan, antara lain:

1. *Problem Formulation*

Merupakan proses untuk mengevaluasi dugaan tentang mengapa suatu dampak terhadap lingkungan sudah terjadi, atau dapat terjadi dari aktivitas manusia. Tahap ini merupakan tahap awal dari keseluruhan penilaian risiko lingkungan. Beberapa hal yang utama dalam perumusan masalah meliputi :

- a. Mengidentifikasi dan menggambarkan permasalahan
- b. Mengumpulkan dan mengintegrasikan informasi yang tersedia
- c. Mengembangkan suatu model konseptual yang menyangkut permasalahan
- d. Mengembangkan suatu rencana analisis risiko

2. *Risk Analysis*

The Standards Australia/New Zealand (AS/NZS 4360:1999) menjelaskan bahwa risiko adalah suatu kemungkinan dari suatu kejadian yang tidak diinginkan yang akan mempengaruhi suatu aktivitas atau obyek. Risiko tersebut diukur dalam *Consequences* (konsekuensi) dan *Likelihood* (kemungkinan/probabilitas). *Consequence* adalah suatu kejadian dari suatu akibat seperti kerugian. *Likelihood* merupakan kemungkinan dalam suatu periode waktu dari suatu risiko tersebut akan muncul. Perhitungan kemungkinan atau peluang yang sering digunakan adalah frekuensi. Perhitungan risiko dapat dirumuskan sebagai perkalian dari *Likelihood* dengan *Consequence*.

$$Risk = Likelihood \times Consequence \dots\dots\dots(2.5)$$

Analisis risiko mencakup pertimbangan mengenai sumber risiko, konsekuensi, dan kemungkinan dari risiko tersebut. Risiko dianalisa dengan mengkombinasikan nilai *Likelihood* (probabilitas atau frekuensi) dan *Consequence* (dampak atau efek).

3. Risk Characterization

Risk Characterization merupakan langkah terakhir dari suatu penilaian risiko, yaitu untuk mengetahui tingkatan risiko dari suatu kejadian. Tingkatan risiko tersebut dapat diketahui dengan mengelompokkan atau menggolongkan nilai Likelihood dan Consequences ke dalam suatu matriks risiko.

4. Risk Management

Risk Management merupakan tahap di mana perusahaan dapat mempertimbangkan strategi alternatif untuk memperkecil atau mengurangi kemungkinan terjadinya risiko dan konsekuensi atau akibat yang ditimbulkan. Tahap ini disebut sebagai tahap mitigasi risiko. Mitigasi adalah aktivitas yang dilakukan untuk mengeliminasi atau mereduksi kemungkinan terjadinya *unexpected event*, atau mereduksi konsekuensi atau akibat yang meliputi tindakan pengurangan risiko jangka panjang.

2.6. Identifikasi Risiko

Tahap identifikasi risiko dimaksudkan untuk mengenali semua potensi risiko yang mungkin terjadi di lingkungan kerja. Identifikasi risiko dimaksudkan untuk menganalisis *potential hazard* dan mengevaluasi kondisi existing yang dapat menyebabkan kerusakan atau kerugian bagi perusahaan, manusia, maupun lingkungan (Apsari, 2014).

Beberapa metode yang dapat digunakan dalam mengidentifikasi risiko diantaranya adalah:

1. Evaluasi dokumentasi atau data rekaman;
2. Pengumpulan informasi melalui interview, *brainstorming*, atau identifikasi akar penyebab masalah.

Proses identifikasi juga dapat digunakan sebagai salah satu teknik dalam pengambilan keputusan.

2.7. Analisis Risiko

Menurut Australia Standard Guidelines (1999), metode untuk analisis risiko dapat menggunakan analisis kualitatif maupun kuantitatif. Masing-masing risiko dinilai secara kualitatif dalam lima kategori masing-masing terhadap *Likelihood* dan *Consequences*. Dari analisis risiko ini menghasilkan lima tingkatan risiko yaitu *Extreme, High, Medium, Low, dan Negligible*.

a. Analisis Kualitatif

Analisis dilakukan dengan klasifikasi penilaian sesuai Tabel 2.4 dan 2.5.

Tabel 2.4 Kategori dan Interval Nilai *Likelihood*

Level	Deskripsi	Contoh Detail Deskripsi	Contoh Frekuensi Kejadian
1	Jarang (<i>Rare</i>)	Hanya terjadi pada kondisi tertentu	Hampir tidak pernah terjadi dalam 5 tahun
2	Kadang-kadang (<i>Unlikely</i>)	Dapat terjadi pada waktu tertentu	5 tahun sekali
3	Cukup sering (<i>Moderate</i>)	Akan terjadi pada waktu tertentu	3 tahun sekali
4	Sering (<i>Likely</i>)	Sangat mungkin terjadi pada waktu tertentu	1 tahun sekali
5	Sangat sering (<i>Very Likely</i>)	Akan terjadi di setiap waktu/kondisi	Lebih dari 1 kali/tahun

Sumber : *Australian Standar Guidelines* (1999)

Analisis risiko dilakukan dengan mengkombinasikan *Likelihood* (frekuensi kejadian) dan *Consequence* (dampak risiko). *Likelihood* menunjukkan frekuensi sering atau tidaknya risiko tersebut terjadi. Sedangkan *Consequence* menunjukkan besar kecilnya risiko akibat suatu kegiatan terhadap lingkungan.

Tabel 2.5 Kategori dan Interval Nilai *Consequence*

Level	Kategori	Contoh Deskripsi Dampak Akibat Kecelakaan, Kerugian Finansial yang Menyertainya, serta Gangguan Kerja
1	<i>Negligible</i>	Konsekuensi risiko yang terjadi tidak perlu dkuatirkan
2	<i>Low</i>	Konsekuensi risiko kecil tetapi perlu adanya usaha penanganan untuk mengurangi risiko yang terjadi seperti penanganan di tempat
3	<i>Medium</i>	Konsekuensi risiko sedang oleh karena itu perlu adanya pengelolaan berdasarkan prosedur normal
4	<i>High</i>	Konsekuensi risiko yang terjadi relatif besar terhadap lingkungan oleh karena itu perlu adanya pengelolaan yang intensif dalam penanganan
5	<i>Extreme</i>	Konsekuensi risiko yang terjadi sangat besar

Sumber : *Australian Standar Guidelines* (1999)

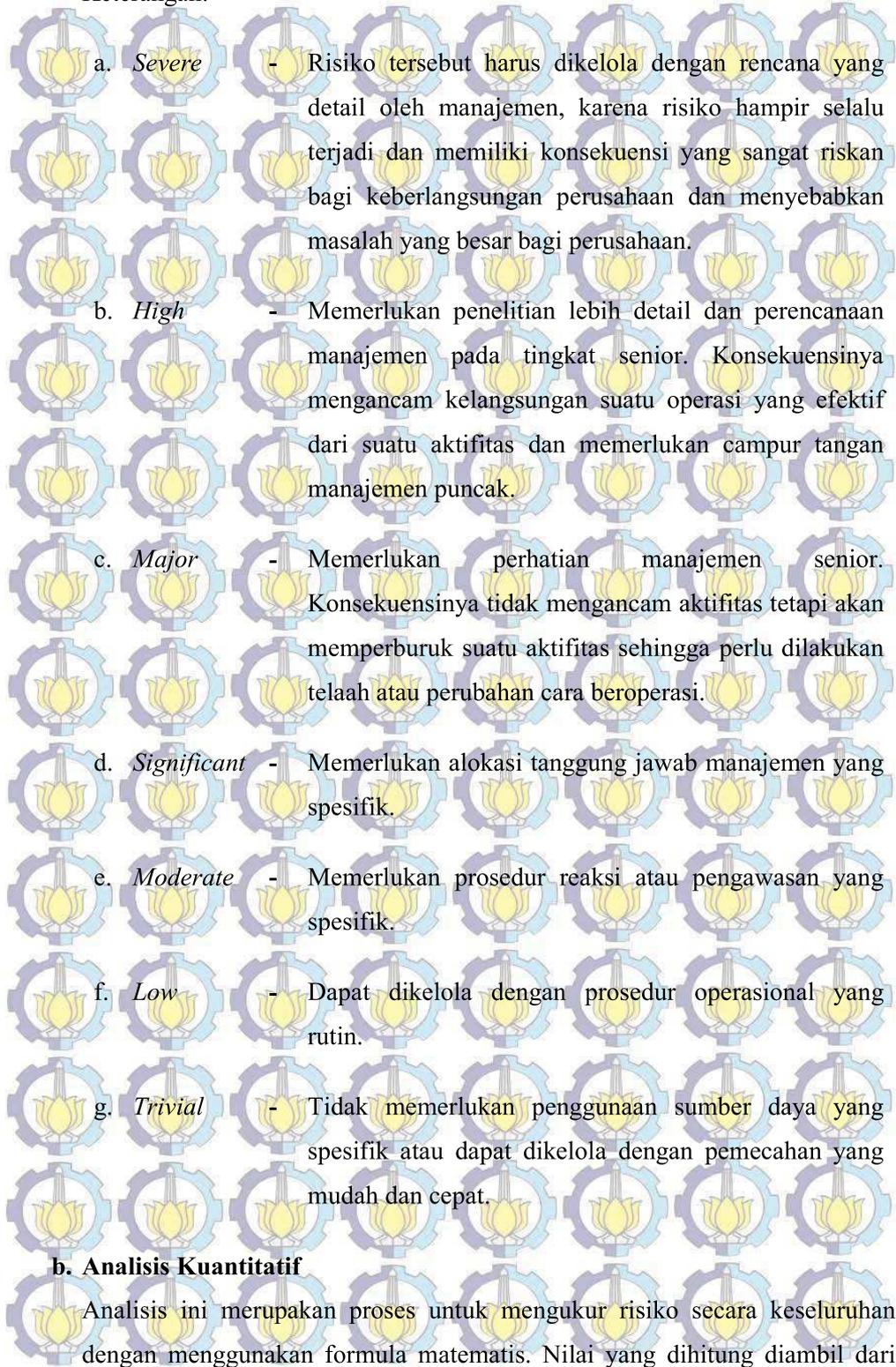
Setelah mendapatkan nilai besaran *Probability* dan *Consequence*, maka kombinasi dari keduanya dimasukkan dalam matrik risiko pada Tabel 2.6 untuk mengetahui karakteristik atau kategori tingkat risiko yang diperoleh.

Tabel 2.6 Matrik Kategori Tingkatan Risiko

		<i>Consequence</i>				
		<i>Extreme</i>	<i>High</i>	<i>Medium</i>	<i>Low</i>	<i>Negligible</i>
<i>Probability</i>	<i>Almost Certain</i>	<i>Severe</i>	<i>Severe</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Trivial</i>
	<i>Likely</i>	<i>Severe</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Trivial</i>
	<i>Moderate</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Moderate</i>	<i>Trivial</i>
	<i>Unlike</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Moderate</i>	<i>Low</i>	<i>Trivial</i>
	<i>Rare</i>	<i>Significant</i>	<i>Moderate</i>	<i>Low</i>	<i>Trivial</i>	<i>Trivial</i>

Sumber : *Australian Standar Guidelines* (1999)

Keterangan:

- 
- a. *Severe* - Risiko tersebut harus dikelola dengan rencana yang detail oleh manajemen, karena risiko hampir selalu terjadi dan memiliki konsekuensi yang sangat riskan bagi keberlangsungan perusahaan dan menyebabkan masalah yang besar bagi perusahaan.
 - b. *High* - Memerlukan penelitian lebih detail dan perencanaan manajemen pada tingkat senior. Konsekuensinya mengancam kelangsungan suatu operasi yang efektif dari suatu aktifitas dan memerlukan campur tangan manajemen puncak.
 - c. *Major* - Memerlukan perhatian manajemen senior. Konsekuensinya tidak mengancam aktifitas tetapi akan memperburuk suatu aktifitas sehingga perlu dilakukan telaah atau perubahan cara beroperasi.
 - d. *Significant* - Memerlukan alokasi tanggung jawab manajemen yang spesifik.
 - e. *Moderate* - Memerlukan prosedur reaksi atau pengawasan yang spesifik.
 - f. *Low* - Dapat dikelola dengan prosedur operasional yang rutin.
 - g. *Trivial* - Tidak memerlukan penggunaan sumber daya yang spesifik atau dapat dikelola dengan pemecahan yang mudah dan cepat.
- b. Analisis Kuantitatif**
- Analisis ini merupakan proses untuk mengukur risiko secara keseluruhan dengan menggunakan formula matematis. Nilai yang dihitung diambil dari

berbagai sumber data rekaman perusahaan. Kualitas analisis ini tergantung dari keakuratan dan kelengkapan data yang akan digunakan.

2.8. *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu metode yang kuat dalam mengidentifikasi risiko. FMEA diimplementasikan untuk mengidentifikasi bentuk-bentuk potensi kegagalan, menentukan dampaknya terhadap produksi dan mengidentifikasi tindakan untuk mengurangi kegagalan. Mode Kegagalan dan Efek Analisis sebagai alat perencanaan pada pengembangan proses, produk, atau layanan (Perdana, 2014). Langkah- langkah membuat FMEA adalah sebagai berikut:

1. Mereview proses
2. Brainstorming risiko
3. Membuat daftar risiko, penyebab dan efek potensial

Daftar risiko dapat dibuat dengan menggunakan diagram tulang ikan (*fishbone*) yang selanjutnya dianalisis secara kualitatif berdasarkan keterangan-keterangan yang diperoleh untuk mengetahui penyebab risiko potensial yang akan dianalisa lebih detail (Apsari, 2014). Penggunaan FMEA mempunyai kelebihan antara lain dapat memasukkan hampir setiap risiko hasil *brainstorming*, dapat mempertimbangkan risiko dalam jumlah besar, dan merupakan bentuk *continuous improvement* karena menggunakan prinsip *Plan, Do, Check, Action* (PDCA).

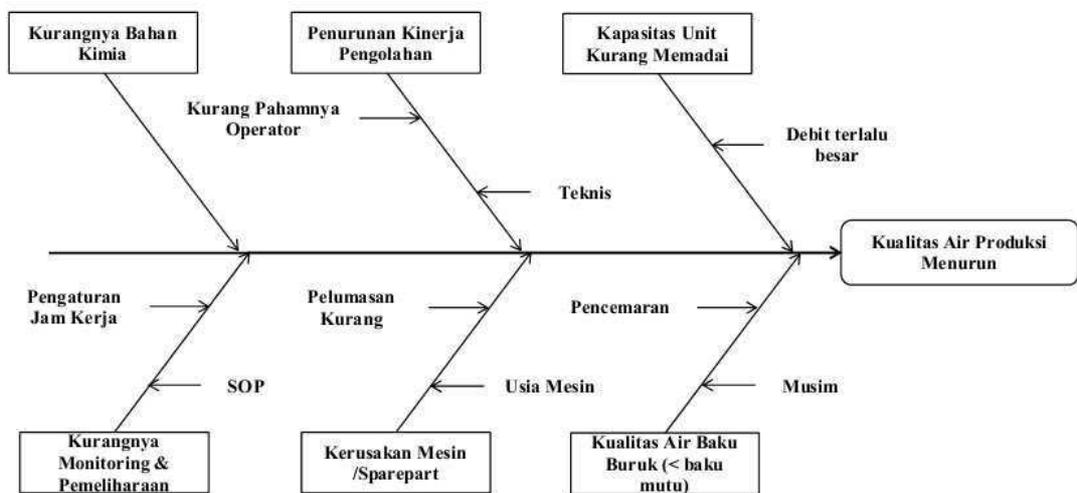
Pada tahapan identifikasi risiko dengan metode FMEA ini akan diketahui penyebab (aspek) risiko yang potensial mengganggu tujuan dari proses. Selanjutnya seluruh aspek potensial tersebut dibuat diagram tulang ikan (*fishbone diagram*) untuk mempermudah identifikasi risiko pada setiap aspek yang akan dikaji, dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi aspek risiko tersebut. Contoh fishbone diagram FMEA dapat dilihat pada Gambar 2.2.

2.9. *Fault Tree Analysis (FTA)*

Fault Tree Analysis merupakan salah satu metode manajemen risiko yang banyak direkomendasikan (Clemens, 1993; OSHA 3071, 2002; Wulandari, 2011;

Apsari, 2014). Berdasarkan *Fault Tree Handbook* dikatakan bahwa *Fault Tree* mempunyai banyak keuntungan dalam penggunaannya yaitu:

1. Mengidentifikasi kemungkinan permasalahan yang terjadi dalam sistem keandalan atau keselamatan pada saat mendesain.
2. Menilai sistem keandalan atau keselamatan selama kegiatan berlangsung.
3. Meningkatkan pemahaman dari sebuah sistem.
4. Mengidentifikasi akar dari penyebab terjadinya kegagalan.



Gambar 2.2. Fishbone Diagram FMEA Kualitas Air Produksi (Apsari, 2014)

Metode FTA memungkinkan memecahkan masalah dengan mencari akar penyebab masalah yang potensial. Dalam *Fault Tree Analysis*, kejadian yang tidak diinginkan dijadikan sebagai kejadian puncak atau *top event*. Setelah itu memecah sistem yang diamati untuk mengetahui penyebab utama atau kombinasi penyebab dari kejadian puncak atau yang biasa disebut sebagai *top event*.

2.9.1. Definisi FTA

Fault Tree Analysis adalah suatu metode untuk memprediksi adanya kemungkinan kegagalan dalam suatu sistem (Wulandari, 2011; Apsari, 2014). Fault

Tree digambarkan dalam diagram logika yang merupakan suatu konsep penyebab-penyebab kegagalan suatu sistem.

Metode ini secara sistematis merunut kejadian umum menuju khusus hingga ke faktor penyebabnya. Selain itu, metode ini digunakan untuk menentukan peluang kegagalan pada penilaian resiko secara kuantitatif (Crowl, 2002). Model kegagalan yang dihasilkan menggunakan *Boolean logic gates* (AND, OR) untuk menjelaskan kombinasi kegagalan mulai dari kegagalan komponen, manusia dan manajemen.

2.9.2. Tahapan FTA

Dalam melakukan *Fault Tree Analysis* terdapat delapan tahapan yang harus dilewati secara berurutan, diantaranya (Vesely, 2002):

1. Penetapan kejadian puncak (*define top event*)

Merupakan kejadian yang memungkinkan terjadinya kegagalan. Kejadian tersebut dapat berupa akhir dari kecelakaan yang mungkin terjadi.

2. Menentukan kemungkinan risiko yang terjadi dalam suatu sistem

Mengelompokkan beberapa risiko yang sama yang akan dipelajari untuk melakukan penilaian.

3. Mengetahui sistem (*know the system*)

Mempelajari dan memahami suatu sistem diperlukan untuk membantu dan menentukan informasi yang diperlukan.

4. Membuat diagram fault tree (*construct fault tree diagram*)

Setelah melakukan identifikasi masalah (risiko), selanjutnya disusun urutan sebab akibat menggunakan diagram pohon (*fault tree*). Tujuan pembuatan diagram ini untuk menyederhanakan prosedur analisis risiko serta mencari akar penyebab masalah yang paling pokok. Gerbang logika digambarkan dengan simbol-simbol sesuai kaidah *fault tree*, atau yang biasa disebut boolean. Konstruksi diagram harus konsisten, seragam, sesuai logika, dan sesuai format pada setiap tingkatannya.

5. Validasi diagram pohon (*validated the fault tree*)

Merupakan kegiatan tinjauan ulang terhadap kelengkapan dan keakuratan diagram *fault tree*. Validasi dapat dilakukan dengan *judgement expert* atau membandingkan dengan data eksisting.

6. Evaluasi diagram pohon (*evaluated the fault tree*)

Tahap ini merupakan koreksi dari semua area dalam diagram untuk menentukan dimana analisis perbaikan dapat dilakukan untuk mengurangi biaya.

7. *Study tradeoffs*

Merupakan tahap evaluasi lebih lanjut apabila terdapat prosedur baru sehingga menimbulkan masalah baru pula.

8. *Consider and recommended action*

Tahap terakhir dimana tindakan koreksi dan perbaikan akan dilakukan.

2.9.3. Komponen FTA

FTA dibuat dengan menentukan *top event* dan *basic cause* yang terkait dengan *top event* dengan sistem penomoran. Diagram yang dihasilkan akan menghasilkan *minimal cut set* yang menjadi penyebab terjadinya *top event*. Komponen FTA terdiri (Vesely, dkk., 1981; Apsari, 2014):

1. Variable Boolean

Variabel kejadian dasar didefinisikan sebagai basic event, basic event dianggap benar jika terjadi, dan dianggap salah apabila tidak terjadi. Setiap persamaan dapat disederhanakan berdasarkan Boolean Algebra. Pada persamaan tersebut “x” menyatakan AND dan “+” menyatakan OR.

2. Simbol Boolean

FTA terdiri dari simbol events dan simbol gates. Simbol- simbol tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.7 dan Tabel 2.8

Simbol events ini digunakan untuk menjelaskan sifat dari setiap kejadian dalam sistem. Simbol ini mempermudah dalam melakukan identifikasi setiap kejadian yang terjadi. *Top events* merupakan kejadian teratas dalam sistem,

kemudian dilanjutkan dengan *intermediate events*, dan dapat ditelusur ke bawah penyebabnya sehingga ditemukan akar penyebab masalah yang utama.

Simbol gates digunakan untuk menunjukkan antar kejadian dalam suatu sistem. Suatu kejadian muncul akibat dari satu satu kejadian atau bersama-sama dengan kejadian lain digambarkan dengan simbol ini.

Tabel 2.7 Simbol *Events*

Simbol	Nama	Keterangan
	OR	Output kesalahan berlaku jika salah satu input terjadi. Yakni ketika input bersifat individually.
	AND	Output kesalahan berlaku jika semua input terjadi. Yakni ketika semua input bersifat collectively.
	Vote	Output kesalahan berlaku jika semua input terjadi. Yakni ketika terdapat mutualisasi antara beberapa input.

Sumber : *Fault Tree Handbook* (1981)

Tabel 2.8 Simbol *Gates*

Simbol	Nama	Keterangan
	Rectangle	Berisi penjelasan suatu kejadian risiko pada pohon kesalahan. Digunakan untuk mendeskripsikan kejadian utama (top event) yang tidak diinginkan dan juga kejadian yang menghasilkan kesalahan (intermediate event). Dibatasi oleh gerbang logika (gates) berupa simbol.
	Circle	Menunjukkan basic event yang merupakan komponen kegagalan tingkat terendah atau akar penyebab masalah.
	Transfer	Menunjukkan bahwa komponen kejadian dipindahkan ke diagram terpisah.

Sumber : *Fault Tree Handbook* (1981)

2.9.4. Analisis FTA

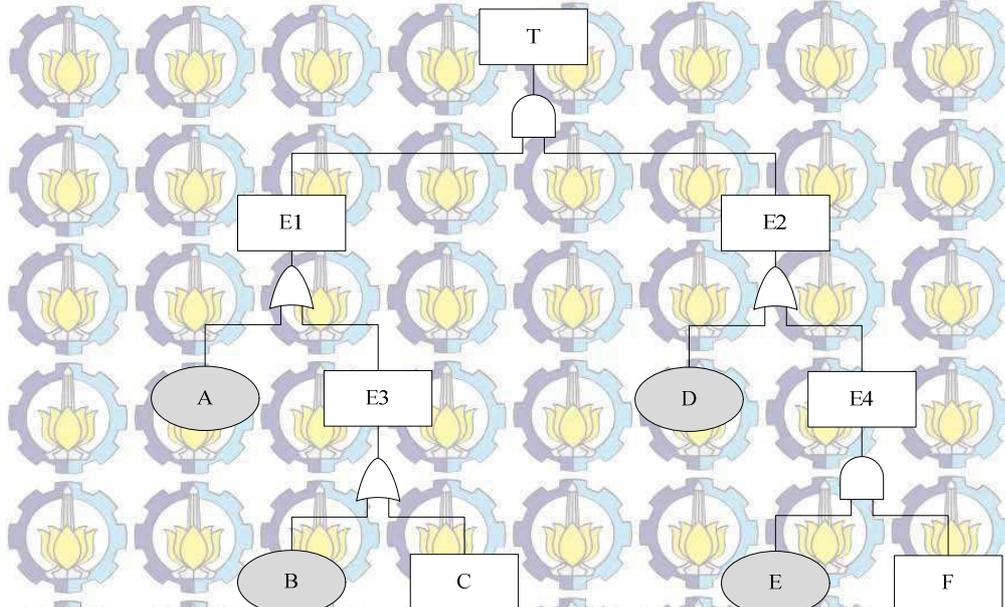
Kelebihan dari metode ini dapat digunakan untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif, sehingga dapat mengurangi tingkat subyektifitas. Metode yang digunakan sebagai berikut:

a. Analisis Kualitatif

Merupakan analisis dalam FTA yang menggunakan ekspresi logika. Analisis ini menggunakan variable dan simbol algebra. Metode yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. *Top to Bottom*

Analisis ini dimulai dari top event atau kejadian puncak yang kemudian bergerak ke bawah menuju intermediate event sampai pada basic event dengan menggunakan simbol gates sebagai pengganti ekspresi logika kualitatif seperti diagram pada Gambar 2.2.



Gambar 2.3. Diagram *Fault Tree Analysis* (Apsari, 2014).

2. *Bottom Up*

Setelah diperoleh ekspresi logika dalam bentuk simbol, maka ekspresi ini akan diterjemahkan dalam bentuk lain. Analisis ini dilakukan dari level

yang paling bawah (basic event) kemudian menuju ke level paling atas (top event).

Berdasarkan Gambar 2.2, diperoleh analisis sebagai berikut :

Untuk level bawah diperoleh :

$$E3 = B \cup C ; E4 = E \cap F \dots\dots\dots(2.6)$$

Untuk level tengah diperoleh :

$$E1 = A \cup E3 ; E2 = D \cup E4 \dots\dots\dots(2.7)$$

Untuk level atas diperoleh :

$$T = E1 \cap E2 \dots\dots\dots(2.8)$$

Kemudian disubstitusikan persamaan 2.6 dengan 2.7, diperoleh :

$$T = (A \cup E3) \cap (D \cup E4) \dots\dots\dots(2.9)$$

Maka didapatkan ekspresi logika untuk Top Event :

$$T = (A \cup (B \cup C)) \cap (D \cup (E \cap F)) \dots\dots\dots(2.10)$$

b. Analisis Kuantitatif

Analisis ini menggunakan nilai-nilai numerik untuk menentukan probabilitas dengan menggunakan data-data yang ada. Kualitas analisis ini tergantung pada kelengkapan dan keakuratan data yang digunakan. Nilai probabilitas dapat dihitung berdasarkan frekuensi proses (Fp) dan frekuensi terjadinya error atau terjadinya kerusakan (Fk). Frekuensi tersebut didapatkan dari catatan atau rekaman kejadian, assessment perusahaan, serta semua informasi yang dapat digunakan untuk memperkirakan semua kemungkinan semua peristiwa yang akan terjadi. Semakin lengkap dan akurat data yang digunakan, maka semakin akurat pula perhitungan probabilitasnya. Probabilitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai 2.11.

$$P = \frac{Fp+Fk}{\Sigma(Fp+Fk)} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana:

P = Probabilitas

Fp = Frekuensi Proses

Fk = Frekuensi Kejadian

Setelah didapatkan nilai prosentase probabilitas, maka dapat ditentukan penanganan risiko yang harus diprioritaskan berdasarkan nilai probabilitas terbesar, sehingga dapat diperoleh tindakan mitigasi yang tepat.

Menurut Frame (2003), risiko merupakan hubungan antara kemungkinan dan dampak suatu risiko, sehingga diperlukan penilaian terhadap dampak (*Consequence*) untuk memperoleh kategori peringkat risiko. Nilai *Consequence* dapat dihitung dengan persamaan 2.12.

$$\frac{\text{Parameter In} - \text{Parameter Out}}{\text{Parameter In}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$

Dalam analisis risiko IPAL, penentuan *Consequence* dihitung dengan menggunakan data hasil analisa limbah yang telah dilakukan secara rutin. Dari hasil perhitungan probabilitas dan *Consequence* dimasukkan ke dalam matriks risiko. Dari matrik ini dapat diketahui kategori risiko yang telah diidentifikasi dan dinilai probabilitas dan konsekuensinya.

2.10. Strategi Mitigasi

Tindakan mitigasi dilakukan setelah mengetahui faktor penyebab masalah berdasarkan kategori peringkat risikonya. Mitigasi risiko, yaitu suatu cara dalam penanganan risiko sebagai strategi untuk mencegah timbulnya risiko lain, mengurangi frekuensi terjadinya risiko, dan strategi menghadapi risiko itu sendiri. Menurut Frame dalam *Managing Risk in Organizations* (2003), terdapat 4 macam bentuk strategi mitigasi risiko yang antara lain adalah:

- a. Menghindari risiko yaitu melakukan langkah agar risiko tidak terjadi.
- b. Mengurangi risiko yaitu berusaha mengalokasikan wilayah kejadian dan atau mengurangi frekuensi kejadian risiko.
- c. Mentransfer risiko yaitu melakukan pemindahan risiko kepada pihak tertentu semisal asuransi atau dikontrakkan ke pihak ketiga.
- d. Menerima risiko yaitu menghadapi segala risiko yang terjadi apa adanya baik risiko yang masih dapat dikendalikan seperti kerusakan pada unit

bangunan dan peralatan ataupun di luar kendali seperti resiko *force majeure* seperti terkena bencana gempa bumi, banjir, kebakaran dan peperangan.

Menurut *Standards Australia's Risk Management: AS/NZS 4360:1999*, membagi dalam dua hal yaitu mengurangi dan membagi strategi penanganan atau mitigasi risiko menjadi dua kategori, yaitu:

1. Tindakan untuk mengurangi atau mengendalikan kemungkinan.
2. Prosedur untuk mengurangi atau mengendalikan konsekuensi.

Termasuk dalam kategori pertama adalah tindakan seperti melakukan audit, penataan kontrak efektif, melakukan review formal persyaratan, spesifikasi, rekayasa dan operasi, pemeliharaan preventif, menerapkan manajemen proyek yang efektif, menerapkan kualitas yang solid jaminan usaha, pelatihan personil, merancang organisasi untuk beroperasi secara efektif, dan melaksanakan pengawasan yang efektif. Termasuk dalam kategori kedua adalah prosedur seperti pelaksanaan kontingensi rencana, menetapkan kontrak yang jelas, pelaksanaan rencana *disaster recovery*, rencana untuk menangani penipuan, dan membangun strategi *public relations*.

2.11. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu dengan topik analisis risiko dan optimasi instalasi pengolahan air limbah yang dijadikan sebagai referensi dan perbandingan dalam proses pengerjaan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul Penelitian	Kesimpulan Penelitian
Apsari, M.N. 2013.	Analisis Risiko dan Optimasi Kualitas Air Produksi Instalasi Pengolahan Air (IPA) Ngagel 1	Penyebab utama buruknya kualitas air bersih produksi IPA Ngagel A disebabkan oleh penurunan kinerja filter. Optimasi yang dilakukan yaitu dengan memperbaiki penetapan dosis koagulan yang optimum agar mencapai efisiensi kinerja filter.

Tabel 2.9 Penelitian Terdahulu (lanjutan)

Penulis	Judul Penelitian	Kesimpulan Penelitian
Nidah, L. 2015.	Analisis Risiko dan Optimasi Kinerja Unit Activated Sludge pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit X Menggunakan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> .	Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan diketahui besaran risiko tertinggi (High Risk) adalah kedalaman diffuser. Tindakan optimasi yang dilakukan dengan merubah kedalaman diffuser yang semula 1 meter dari dasar bak menjadi 20-30 cm dari dasar bak, dengan tujuan untuk mengoptimalkan persebaran oksigen dalam bak.
Simamora, Y., Kurniati, N.	Analisis Risiko pada Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. Ajinimoto berdasarkan konsep Manajemen Risiko Lingkungan	Hasil identifikasi menggunakan metode FMEA didapatkan 6 risiko dan disederhanakan menjadi 4 risiko yaitu limbah cair tumpah, penurunan kualitas effluen, bakteri WWTP mati dan pencemaran lingkungan. Optimasi yang dilakukan dengan inspeksi pada diffuser dan blower, memonitor proses pengolahan biologis dan tangki aerasi, memonitor jumlah lumpur Dewatering Unit dan melakukan pembiakan bakteri dalam inokulan.
Suparmadja, A. 2014	Analisis Risiko dan Optimasi Kinerja IPAL Rumah Sakit Menggunakan Metode Fault Tree Analysis	Penyebab utama tidak optimalnya kinerja IPAL RS terletak pada tidak optimalnya kinerja pada pengolahan biologis yaitu <i>activated sludge</i> . Optimasi yang dilakukan dengan cara menambahkan operator, mengendalikan proses sirkulasi lumpur aktif.

BAB III

GAMBARAN UMUM WILAYAH STUDI

3.1 Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Nizam Zachman Jakarta

3.2.1 Kondisi Geografis

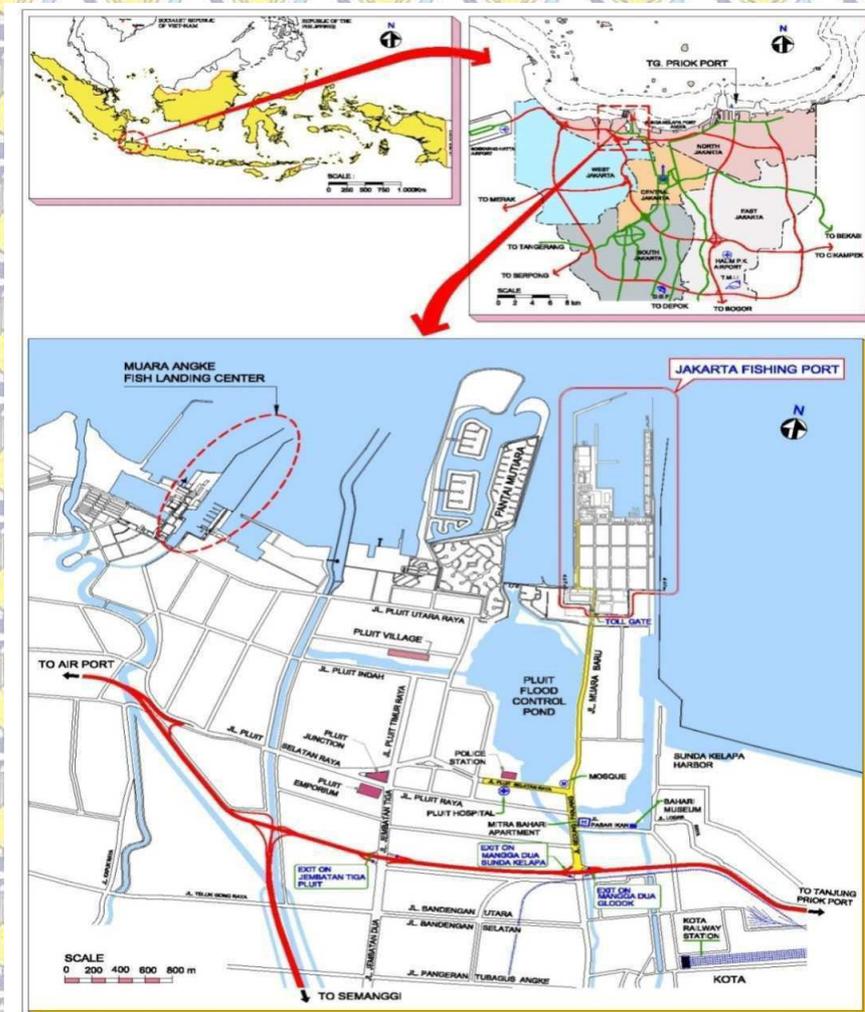


Gambar 3.1 Foto Udara PPS Nizam Zachman Jakarta (PPS Nizam Zachman Jakarta, 2014)

Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Jakarta merupakan Unit Pelaksana Teknis (UPT) Kementerian Kelautan dan Perikanan yang organisasinya berada dibawah Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap (DJPT) serta bertanggung jawab kepada DJPT. Dibangun pada tahun 1980 dan diresmikan pada tanggal 17 Oktober 1984 oleh Presiden Soeharto dengan nama Pelabuhan Perikanan Samudera Jakarta, selanjutnya sejak tahun 2004 berubah menjadi Pelabuhan Perikanan Samudera Nizam Zachman Jakarta. Berikut data umum PPS Nizam Zachman Jakarta:

1. Alamat	- Jl. Muara Baru Ujung, Penjaringan - Jakarta Utara
2. Telepon/Fax	- 021-6617865/021-6617868
3. Kode Pos	- 14440
4. Lokasi	- Teluk Jakarta, Kelurahan Penjaringan, Kecamatan Penjaringan, Jakarta Utara - Provinsi DKI Jakarta
5. Letak Geografis	- 06° 05' – 06° 07' LS, dan 106° 50' - 106° 50' BT

PPS Nizam Zachman Jakarta memiliki luas area sebesar 110 Ha yang terdiri dari 70 Ha daratan dan 40 Ha kolam pelabuhan, dan seluruh area daratan tersebut merupakan hasil reklamasi laut. Karena berada di pesisir laut maka kondisi lahan pelabuhan sangat bergantung pada kondisi oceanografi seperti pasang surut permukaan air laut dan kenaikan permukaan air laut, begitupula karena lahan merupakan hasil reklamasi dan di pantai utara Jakarta eksploitasi air bawah tanah masih terus terjadi maka penurunan tanah/land subsidence mencapai 14,9 cm/tahun (Laporan Tahunan PPS Nizam Zachman Jakarta, 2013) dan merupakan salah satu permasalahan utama di pelabuhan.



Gambar 3.2 Peta Lokasi PPS Nizam Zachman Jakarta (PPS Nizam Zachman Jakarta, 2014)

Benchmark resmi di PPS Nizam Zachman Jakarta berada di depan kantor UPT (+3,370 m). Berdasarkan benchmark ini, kondisi pasang surut air laut adalah sebagai berikut:

HWL: +1,70 m

MSL: +1,10 m

LWL: +0,50 m

DL: +0,00 m

PPS Nizam Zachman memiliki lokasi yang strategis karena terletak di Ibukota Negara, dan khususnya di wilayah Jakarta Utara yang merupakan sentra ekonomi dan perdagangan DKI Jakarta. Jarak pelabuhan ke bandara Internasional Soekarno Hatta 25 km dan jarak ke bandara Halim Perdanakusuma 35 km. Jarak pelabuhan ke pelabuhan Internasional Tanjung Priok 12 km, ke Pelabuhan Muara Angke 6 km dan ke Pelabuhan Sunda Kelapa hanya 3 km. Seluruh area strategis tersebut dapat diakses melalui jalan tol. Hal ini yang membuat PPS Nizam Zachman menjadi salah satu pintu pelabuhan ekspor impor komoditas perikanan terbesar di Indonesia.

3.2.2 Data Operasional PPS Nizam Zachman Jakarta

Berdasarkan data tahunan 2014 PPS Nizam Zachman Jakarta merupakan pelabuhan perikanan terbesar dan tersibuk di Indonesia dengan rata-rata produksi laut dan jumlah ikan masuk pada tahun 2013 sebesar 21.064 ton/bulan atau rata-rata 702 ton/hari, dengan komoditas utama Tuna Tongkol dan Cakalang sebanyak 65% yang berasal dari laut. Dari total produksi ikan tersebut 50% dapat diserap oleh pasar lokal (DKI Jakarta dan sekitarnya), 25% dipasarkan regional ke propinsi lain dan 25% diekspor ke mancanegara.

Aktivitas kapal perikanan pada tahun 2013 yaitu kunjungan kapal 4.396 kali (rata-rata : 12 kali/hari), kapal bongkar ikan 3.911 kali (rata-rata : 10 unit/hari) dan kapal keluar 4.208 kali (rata-rata : 12 unit/hari). Penggunaan perbekalan antara lain penyerapan es balok rata-rata 2.954 ton/bulan, penyerapan solar 5.885 KL/Bulan dan penyerapan air bersih rata-rata 37.017 KL/Bulan. Suplai air bersih berasal dari 2 perusahaan swasta (kapasitas 3000 m³/hari dan 500 m³/hari), 1 Instalasi Sea Water

Reverse Osmosis milik pelabuhan (kapasitas 1000 m³/hari), Palyja Jakarta (debit sangat terbatas) dan truk tangki air bersih dari luar pelabuhan.

Jumlah perusahaan dan industri perikanan yang ada di PPSJ tahun 2013 sebanyak 352 unit, dan 53 unit diantaranya merupakan kegiatan pembekuan/cold storage dengan kapasitas total mencapai 77.250 ton. Penyerapan tenaga kerja pada tahun 2013 terdiri atas non nelayan 20.315 orang dan nelayan 25.826 orang. Untuk laju perputaran uang di PPSJ pada tahun 2013 sebesar Rp. 12,4 Trilyun atau Rp. 34,5 Milyar perhari. Penyerapan tenaga kerja pada tahun 2013 terdiri atas non nelayan 20.468 orang dan nelayan 25.826 orang. Untuk laju perputaran uang di PPS Nizam Zachman Jakarta pada tahun 2013 sebesar Rp. 12,4 Trilyun atau Rp. 34,5 Milyar perhari.



Gambar 3.3 Aktivitas Distribusi dan Pemasaran Ikan di PPS Nizam Zachman Jakarta (PPS Nizam Zachman Jakarta, 2014)

Dalam menyelenggarakan fungsi pelabuhan tersebut maka PPS Nizam Zachman dilengkapi dengan fasilitas pokok, fungsional dan penunjang. Fasilitas yang terkait dengan kebersihan, sanitasi dan lingkungan antara lain drainase dan gorong-gorong (panjang 16.972 m), incinerator (kapasitas 15 m³/hari), unit

pengolahan limbah (kapasitas 1000 m³/hari), tempat penimbunan sampah sementara (luas 1.200 m²), dan sea water cleaning system.

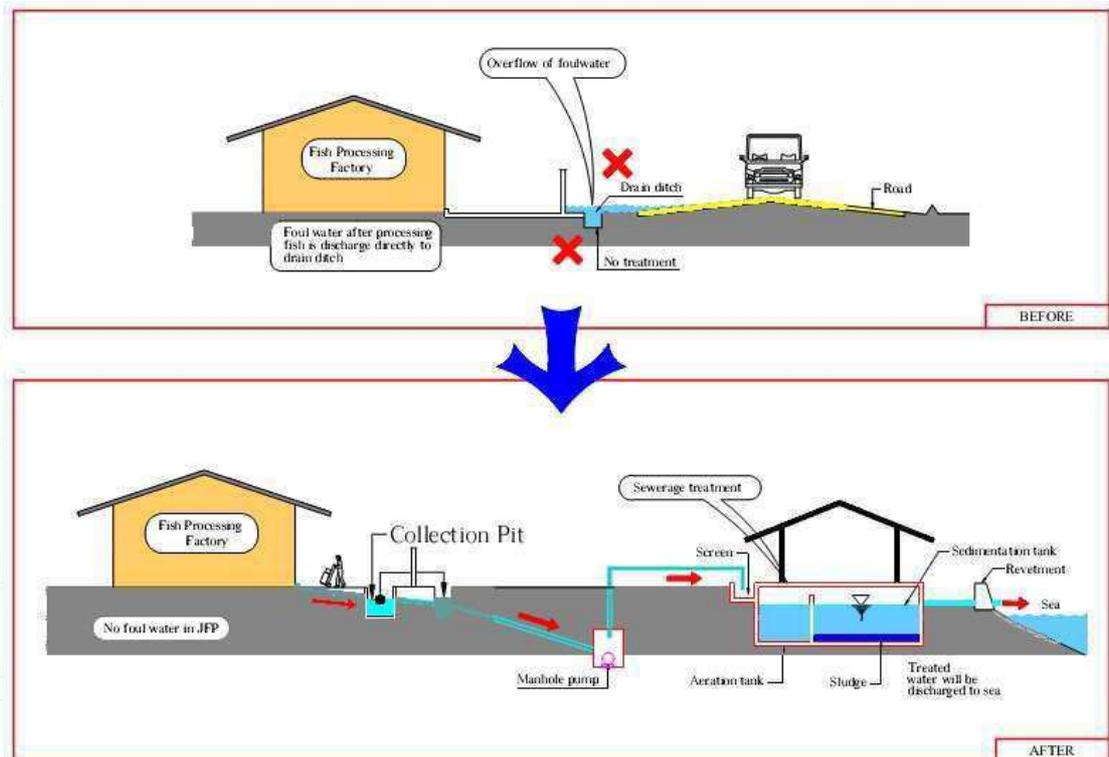
3.2 Pengolahan Limbah Cair di PPS Nizam Zachman Jakarta

3.2.1 Konsep Dasar Sewerage Treatment System PPS Nizam Zachman Jakarta

Pembangunan *Sewerage Treatment System* ini dilakukan pada proyek pembangunan Phase IV pada tahun 2000-2002 dengan tujuan untuk mengolah air limbah yang dihasilkan dari beberapa kegiatan utama di area pelabuhan yang sebelumnya hanya dibuang ke langsung ke saluran drainase dan badan air. Pada awalnya sistem penyaluran air limbah menggunakan pipa pengumpul dan saluran drainase khusus limbah dari setiap sumber, selanjutnya dialirkan secara gravitasi menuju sumur pengumpul/manhole kemudian dipompakan IPAL. Proses selanjutnya di IPAL air limbah akan diolah secara biologis dengan sistem *activated sludge* sehingga effluennya sesuai baku mutu untuk dibuang ke badan air. Proses tersebut juga akan menghasilkan sludge yang selanjutnya akan diproses untuk mengurangi kadar airnya dengan *hydroextractor* (mekanis) dan *sludge drying bed* (manual). Setelah kering lumpur tersebut akan digunakan sebagai pupuk untuk tanaman di area pelabuhan.

Teknologi pengolahan air limbah (*activated sludge*) yang digunakan dalam sistem ini merupakan teknologi yang banyak diaplikasikan di Jepang, hal ini merupakan rekomendasi langsung dari JICA selaku perwakilan dari pemerintah Jepang sebagai negara pemberi pinjaman luar negeri (*Loan*) untuk mayoritas proyek pembangunan dan rehabilitasi PPS Nizam Zachman Jakarta. Kapasitas terpasang IPAL sebesar 1000 m³/hari diperoleh dari perhitungan konsumsi air bersih dan total debit limbah cair dari 4 area, dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Berdasarkan perhitungan tersebut maka area pelayanan penyaluran limbah cair di bagi menjadi 4 area, dimana di tiap area terdapat sumur pengumpul/manhole yang dilengkapi dengan 2 pompa submersible. Pompa manhole dapat bekerja secara otomatis dan manual untuk memompakan air limbah ke IPAL pada periode waktu tertentu dan kedalaman tertentu.



Gambar 3.4 Konsep Dasar *Sewerage Treatment System* (Pacific Consultants International, 2002)

Tabel 3.1 Perhitungan Debit Limbah per Area

No	Area	Debit Air Limbah (m ³ /hari)
1	Cold Storage dan Toilet Umum	108
2	Industri/Pabrik Pengolahan Hasil Perikanan (Swasta)	695
3	Pusat Pemasaran Ikan dan Toilet Umum	44
4	Aktivitas di <i>Tuna Landing Center</i>	120
	TOTAL	967

Sumber : Pacific Consultants International (2002).

Jaringan pipa limbah yang dibangun pada tahun 2002 hanya meliputi area 1, 2 dan 3 namun akibat penurunan permukaan tanah (*land subsidence*) maka posisi pipa di dalam tanah sebagian besar pipa patah, rusak dan tidak dapat berfungsi.

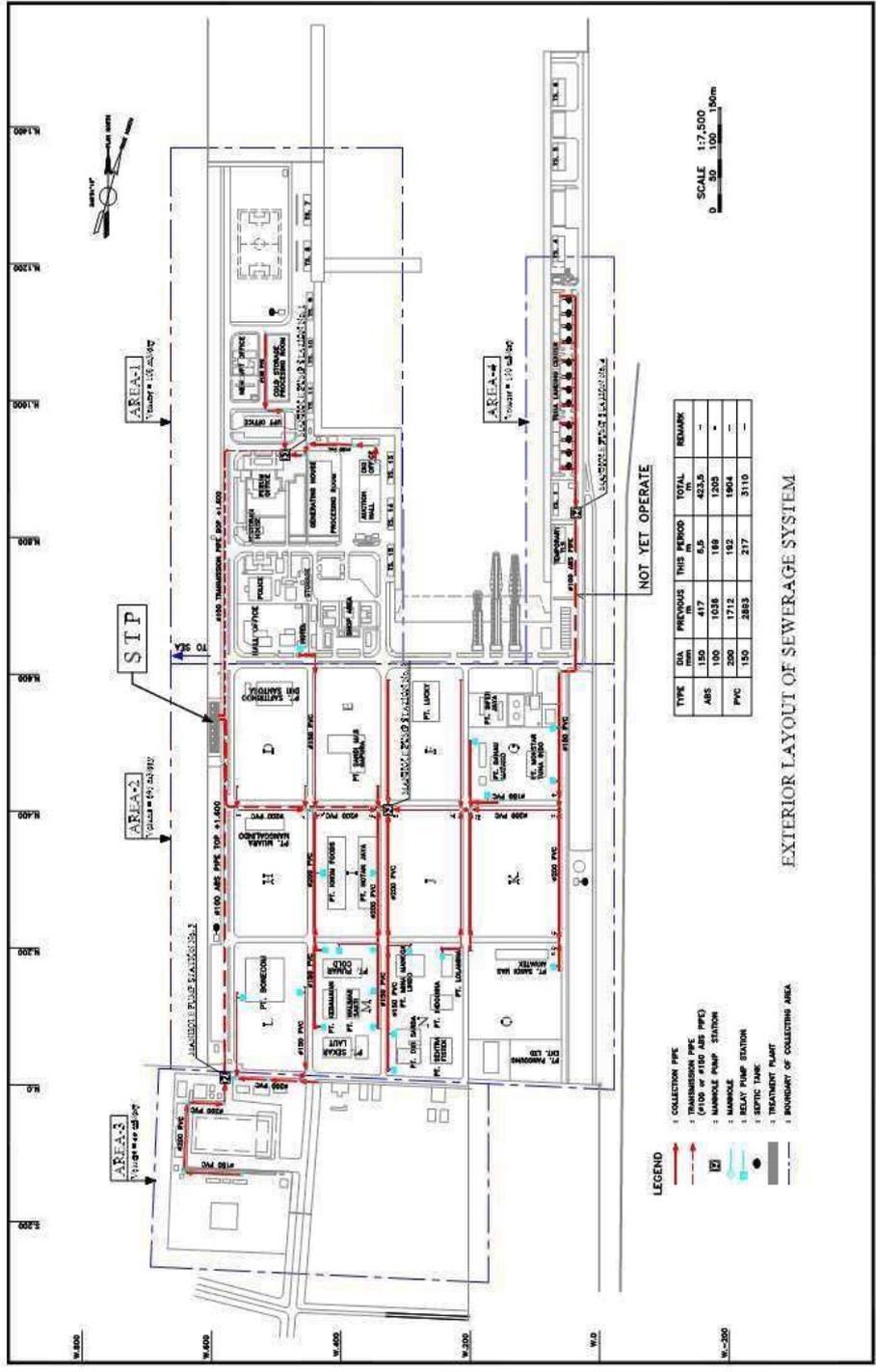
Pemeliharaan pipa juga sulit dilakukan karena dukungan anggaran pemeliharaan kurang, pembangunan dan pengembangan kawasan pelabuhan tidak mengikuti *master plan* serta bencana banjir yang menggenangi pelabuhan selama 1 bulan pada tahun 2007. Pada tahun 2008 dilakukan rehabilitasi jaringan pipa limbah cair namun terbatas pada area 2, dan dilanjutkan kembali pada tahun 2012 untuk area 1 dan 3.

3.2.2 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PPS Nizam Zachman Jakarta

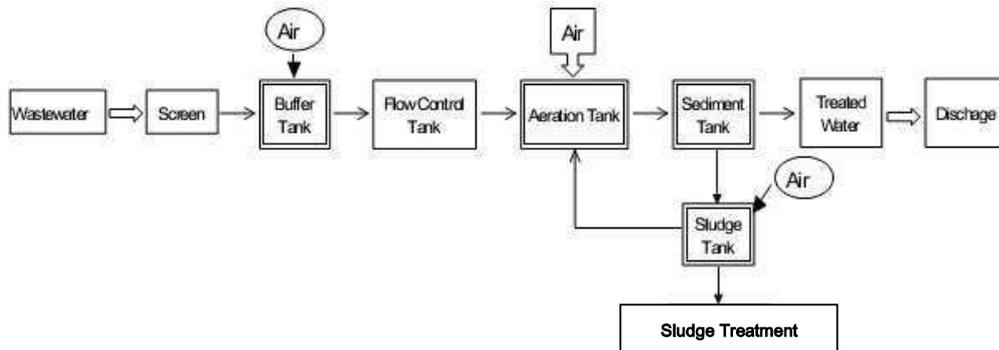
IPAL ini mulai beroperasi secara penuh pada tahun 2004 dan telah mendapatkan surat rekomendasi pembuangan limbah cair dari BPLH DKI Jakarta, serta dinilai dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Diagram proses pengolahan air limbah dapat dilihat pada Gambar 3.6.

Untuk mempermudah kegiatan monitoring terhadap air limbah yang diolah, dalam operasionalnya IPAL ini dilengkapi dengan *Fuzzy Intellegent Tool* (FIT), yang akan memberikan informasi secara real time terkait debit air limbah yang masuk, suhu, pH, konsentrasi DO, kondisi pompa dan blower serta peralatan mekanik elektrikal lainnya. Dengan komputer kontrol sistem tersebut maka diharapkan operator dapat segera melakukan tindakan apabila terjadi kondisi yang tidak normal pada proses pengolahan dan kerusakan teknis pada peralatan. Untuk itu diperlukan operator IPAL yang terampil, terlatih dan disiplin yang akan bertugas 24 jam secara shift dengan setiap shifnya terdiri dari 2 orang.

Air limbah yang dipompa dari sumur pengumpul di setiap area akan masuk ke IPAL dengan melewati *mechanical bar screen*, yang menyaring sampah dalam ukuran besar yang terbawa air limbah. Setelah melalui bar screen kemudian akan masuk ke buffer tank disini air limbah sudah mendapatkan aerasi sebagai pengolahan awal. Air limbah kemudian akan dialirkan menuju bak aerasi 1 dan bak aerasi 2 secara kontinyu yang dikontrol dengan flow control tank. Pada bak aerasi ini suplai oksigen diatur agar mikroorganisme dapat bekerja dengan baik untuk mengurai bahan organik di dalam air limbah, direncanakan 90% dari BOD bisa diolah di bak aerasi.



Gambar 3.5 Jaringan Pipa Limbah Cair Pelabuhan (Pacific Consultants International, 2002)



Gambar 3.6 Diagram Proses Pengolahan Air Limbah (*Pacific Consultants International, 2002*)

Bak sedimentasi (clarifier) adalah unit setelah bak aerasi 2, dimana air yang telah diolah dialirkan secara overflow ke clarifier. Pada bak sedimentasi padatan akan mengendap dan terpisah dari air, air bersih akan masuk ke tangki akhir air olahan. Effluent tersebut selanjutnya akan dialirkan melalui kolam monitoring untuk selanjutnya dibuang ke badan air.



Gambar 3.7 Instalasi Pengolahan Air Limbah (*Pacific Consultants International, 2002*)

Sludge akan masuk ke bak stok lumpur, sebagian sludge akan dikembalikan ke bak aerasi 1, sedangkan sebagian besar akan mengalami proses dehidrasi dengan

menggunakan hydroextractor dan sludge drying bed. Untuk lebih jelas gambaran unit dan lokasi IPAL dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan 3.8. Dimensi dan kapasitas masing-masing unit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 3.2, sedangkan untuk daftar dan spesifikasi peralatan mekanis yang digunakan di IPAL selengkapnya ditampilkan pada lampiran B.

Berdasarkan identifikasi awal saat ini operasional IPAL tidak berjalan dengan baik dan tidak dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah). Beberapa permasalahan yang diidentifikasi antara lain:

1. Unit pengolahan lumpur Hydroextractor dan Sludge Drying Bed tidak dioperasikan karena daya listrik dan bahan kimia yang dibutuhkan untuk operasional cukup besar, sedangkan kinerja hydroexteactor untuk mengolah lumpur menjadi lumpur kering sangat rendah sehingga oleh pengelola dinilai tidak efisien dan pada akhirnya tidak mendapatkan biaya operasional.
2. Kolam pemantauan effluent IPAL saat ini dialih fungsikan menjadi kolam pengendali banjir, dan daya listrik untuk hydroextractor dialihkan untuk operasional pompa banjir.
3. Debit limbah yang dihasilkan sudah melebihi kapasitas IPAL, kualitas air limbah yang masuk juga bervariasi dan tidak dilakukan kontrol.
4. Effluent IPAL mayoritas (87%) tidak memenuhi baku mutu (pengujian berkala tahun 2013-2015) dapat dilihat pada Tabel 3.3.
5. Operasional IPAL sangat tergantung peralatan mekanik elektrikal, dalam kondisi di lapangan peralatan tersebut umur teknisnya sangat pendek karena lokasi IPAL berada di lingkungan dengan tingkat korosi yang tinggi.
6. Peralatan yang rusak sebagian yaitu pompa-pompa, blower, hyper aerator, instalasi listrik, generator, dan panel kontrol listrik.
7. Peralatan yang mengalami kerusakan total yaitu flow meter, auto bar screen, level switch, computer control FIT, sensor (DO, ORP dan pH), scum scrapper, motor reducer dan hydroextractor.

8. Tidak ada koordinator teknis IPAL yang bertugas secara khusus dan memiliki keahlian yang memadai dalam hal proses IPAL dan memahami kinerja peralatan mekanikal elektrikal IPAL.

9. Operator yang bekerja tidak memiliki pengetahuan, kemampuan dan keterampilan yang cukup dalam mengoperasikan IPAL, dan tidak mampu menjalankan SOP yang telah dibuat.

10. Dukungan biaya operasional dan pemeliharaan sangat kurang, karena tergantung pada anggaran pelabuhan (APBN), sedangkan tarif pengolahan limbah (PNBP) yang dikenakan pada pengguna jasa sangat kecil Rp. 1500,-/m³ berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2006 yang selanjutnya diganti dengan Peraturan Pemerintah Nomor 75 Tahun 2015.

11. Proyek rehabilitasi IPAL yang dilakukan pada tahun 2012 tidak didahului dengan kajian dan evaluasi kinerja IPAL, hanya fokus pada penggantian dan perbaikan peralatan yang rusak.

12. Usulan anggaran untuk kegiatan perbaikan dan peningkatan kinerja IPAL sering tidak disetujui karena tidak didukung dengan evaluasi dan kajian yang lengkap.

Berdasarkan identifikasi awal permasalahan di atas maka perlu dilakukan evaluasi dan analisis yang tepat untuk dapat menentukan bobot dan tingkat permasalahan yang akan disusun menjadi peta risiko. Prioritas penanganan permasalahan yang tepat dengan melakukan revitalisasi dan mitigasi risiko kinerja IPAL akan mengacu pada peta risiko yang disusun menggunakan metode *Fault Tree Analysis*.

Tabel 3.2 Unit Pengolahan di IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta

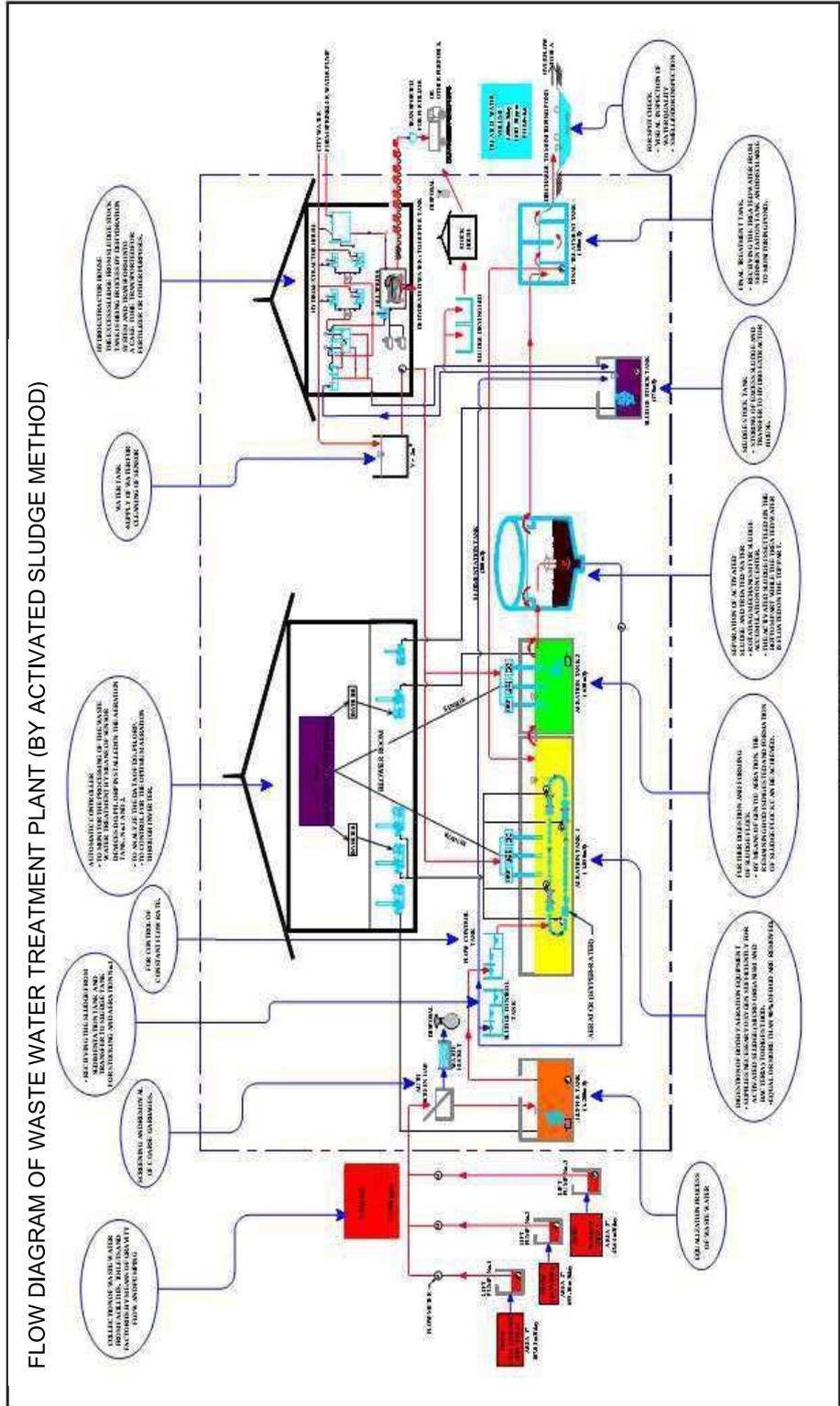
No	Unit Pengolahan	Dimensi/Kapasitas	Fungsi	Keterangan
1	Buffer Tank	800-1220 m ³ /hari Panjang : 18 m Lebar : 12,5 m Tinggi : 3 m	Sebagai bak penampung awal dan ekualisasi air limbah	
2	Flow Control Tank	15-60 m ³ /jam	Mengatur agar debit limbah yang masuk ke bak aerasi 1 tetap konstan	Tidak digunakan
3	Bak Aerasi 1	1095 m ³ Panjang : 22,5 m Lebar : 9,75 m Tinggi : 5 m	Penguraian limbah (BOD) oleh mikroorganisme dengan suplai oksigen dari peralatan aerasi	
4	Bak Aerasi 2	600 m ³ Panjang : 15 m Lebar : 4 m Tinggi : 5 m 2 bak	Penguraian lebih lanjut dan pembentukan flok lumpur	
5	Sedimentasi (Clarifier)	301 m ³ Diameter : 11,3 m Tinggi : 3 m	Pengendapan lumpur atau pemisahan antara padatan lumpur dan air	
6	Bak Penyimpanan Lumpur	162 m ³ Panjang : 4 m Lebar : 9 m Tinggi : 4,5 m	Menampung lumpur dari bak sedimentasi dan mentransfer kembali sebagian ke bak aerasi sebagai RAS	
7	Bak Penampung Air Bersih	140 m ³	Menampung air hasil olahan untuk dibuang atau digunakan sebagai air penyiram busa	
8	Hydroextractor	238 kg dry SS/jam	Pengolahan/pengeringan lumpur	Tidak dioperasikan
9	Kolam Pemantauan	300 m ³	Pengujian visual dan bau air hasil olahan	Bangunan baru (pengganti)

Tabel 3.3 Hasil Uji Laboratorium Effluent IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta

Tahun	Bulan	Parameter (mg/l)								
		pH	TSS	Minyak & Lemak	Ammonia	Sulfida	Klor Bebas	BOD	COD (dichromat)	Organik (KMnO4)
		6-9	100	15	10	1	1	100	200	100
2013	Maret	8	381	<1,13	-	-	-	244,7	628,07	310,43
	April	8	434	<1,13	-	-	-	213,03	402,78	242,08
	Juni	7,8	442	<1,13	-	-	-	179,53	967,49	265,99
	Oktober	6,7	24	<1,13	27,7	0,05	*	27,13	190,48	59,96
2014	Januari	7,6	324	<1,13	0,46	0,06	0,01	70,34	182,52	118
	Mei	6,6	33	5,11	43,5	0,09	*	101,8	357,69	250,23
	Agustus	8,2	204	<1,13	217	3,47	0,03	70,42	270,24	162,79
	Desember	7,7	55	<1,13	7,58	0,1	*	44,64	390,21	161,5
2015	Pebruari	7,9	118	<1,13	90,8	0,28	0,02	32,87	63,47	53,27
	Maret	8	59	<1,13	33,3	0,2	*	34,43	129	97,92
	April	8,3	254	<1,13	183,5	0,95	0,05	91,74	345,1	293,65
	Juli	7,2	9	<1,13	16,35	0,01	*	8,58	46,6	35,67
	Agustus	6,7	4	<1,13	0,52	0,03	*	9,36	62,75	41,67
	September	7,1	9	<1,13	3,6	*	0,01	8,97	<40	28,1
	Oktober	7,2	31	<1,13	17,95	0,04	*	16,74	93,2	29,04

Keterangan:  melebihi baku mutu

Sumber: Laporan Hasil Uji Air Limbah PPS Nizam Zachman Jakarta Tahun 2013-2015, Laboratorium Lingkungan Hidup Daerah BPLHD Provinsi DKI Jakarta.



Gambar 3.8 Flow Diagram Instalasi Pengolahan Air Limbah Metode Lumpur Aktif (*Pacific Consultants International, 2002*)

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Umum

Metode penelitian ini dibuat sebagai acuan dalam melakukan penelitian untuk mengidentifikasi risiko, membuat diagram *Fault Tree*, memperoleh besaran risiko, memetakan risiko, hingga melakukan mitigasi risiko. Setiap tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini dituangkan dalam kerangka penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Tujuan pembuatan kerangka penelitian yaitu:

1. Sebagai gambaran awal mengenai tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian agar dalam pelaksanaan dan pembuatan laporan penelitian menjadi sistematis.
2. Memudahkan dalam pelaksanaan penelitian serta hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian demi tercapainya tujuan penelitian.
3. Memperkecil terjadinya kesalahan selama melakukan penelitian.

4.2. Pelaksanaan penelitian

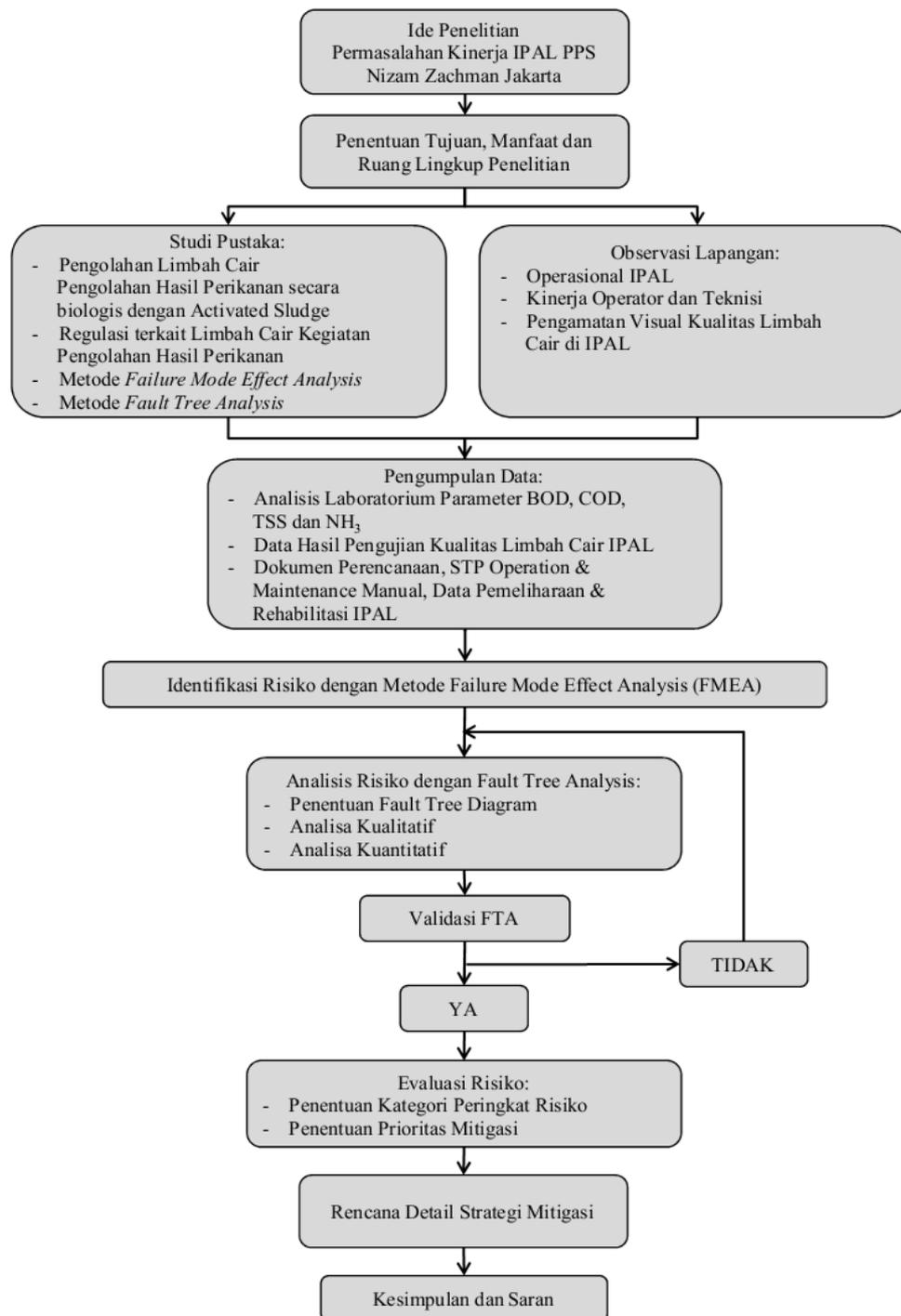
Pelaksanaan penelitian dimulai dari ide penelitian, studi literatur, serta pengumpulan dan pengolahan data primer dan sekunder. Pengumpulan data juga dilakukan dengan observasi lapangan dan wawancara dengan operator, teknisi dan koordinator yang bertanggung jawab terhadap operasional dan pemeliharaan IPAL.

Data hasil wawancara tersebut digunakan untuk mendukung data primer dan sekunder yang didapat. Hasil pengolahan data tersebut akan dianalisa serta ditarik kesimpulan untuk menjawab tujuan penelitian.

4.2.1. Ide Penelitian

Ide penelitian diperoleh dari adanya permasalahan yang tidak pernah tuntas terkait buruknya kinerja IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta yang ditandai dengan sebagian besar hasil pengujian kualitas effluent limbah cair tidak memenuhi baku

mutu. Kondisi seperti ini menimbulkan gap antara keinginan untuk memenuhi baku mutu lingkungan dengan kondisi eksisting di lapangan.



Gambar 4.1 Kerangka Penelitian

4.2.2. Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan dasar dari pelaksanaan penelitian, analisis, maupun penyusunan laporan. Studi pustaka yang dilakukan terkait karakteristik dan sumber-sumber limbah pelabuhan perikanan khususnya industri pengolahan hasil perikanan, regulasi yang mengatur baku mutu limbah cair kegiatan/usaha pengolahan hasil perikanan, unit-unit operasi IPAL, dan metode analisis dan mitigasi risiko menggunakan FMEA dan FTA.

Sumber pustaka yang digunakan dalam penelitian ini meliputi jurnal ilmiah, tesis, tugas akhir, buku, artikel ilmiah, dan informasi lain yang menunjang penelitian ini. Sumber informasi dari media lain seperti surat kabar, peraturan perundangan, blog, serta media elektronik lain juga dapat digunakan untuk mendukung penelitian ini.

4.2.3. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk mengetahui lebih jelas operasional dan pemeliharaan IPAL lumpur aktif, kegiatan ini diantaranya meliputi:

1. Pengamatan operasional IPAL, bertujuan untuk mengetahui apa saja aktifitas operator dalam melakukan kegiatan operasional IPAL.
2. Pengamatan kinerja operator, hal ini bertujuan untuk memastikan konsistensi pelaksanaan *Standar Operasional Prosedur (SOP)* terkait operasional IPAL. Kesesuaian dalam melakukan pengambilan sampel dan pengukuran parameter-parameter air limbah seperti debit air, pH, kandungan oksigen (DO), COD. Selain itu untuk mengetahui respon operator apabila terjadi kerusakan atau failure dalam operasional IPAL.
3. Pengamatan secara visual kualitas limbah cair dilakukan untuk mengetahui apakah proses pengolahan limbah cair berjalan normal. Kegiatan yang dilakukan meliputi pengamatan warna air limbah dalam bak lumpur aktif, pengamatan sludge volume yaitu jumlah mikroorganisme yang terdapat pada bak lumpur aktif, serta pengamatan kekeruhan air pada outlet IPAL.

Dari kegiatan tersebut diharapkan dapat mempertajam penilaian dalam melakukan identifikasi risiko dan menganalisa akar penyebab masalah yang ada di

lapangan. Selain itu diharapkan akan lebih detail dalam pembuatan *Fault Tree Diagram* sehingga memungkinkan untuk mencakup risiko terkecil sekalipun.

4.2.4. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data primer meliputi data kualitas air limbah parameter BOD, COD, TSS dan NH₃. Pengumpulan data primer diperoleh dari hasil analisis laboratorium yang dilakukan selama 4 hari (pada hari kerja dalam periode 1 minggu) yang mewakili waktu *peak* dan *low season*. Analisis ini dilakukan dengan mengambil sampel pada dua titik yaitu influen dan effluen *activated sludge (buffer tank dan clarifier)*.

Pengumpulan data sekunder meliputi kualitas effluent air limbah, debit harian air limbah yang diolah, ceklist perawatan dan perbaikan peralatan mekanik dan bangunan IPAL, serta catatan lainnya terkait operasional IPAL. Data tersebut diambil dalam kurun waktu 3 tahun terakhir (2013 – 2015) untuk mengetahui fluktuasi kualitas effluent yang dihasilkan.

Data tersebut diperoleh dari kepala seksi tata kelola sarana dan prasarana selaku koordinator yang bertanggungjawab langsung atas operasional dan pemeliharaan IPAL. Dalam keterbatasan data yang dimiliki, pengumpulan data sekunder juga dilakukan dengan wawancara dan diskusi dengan operator dan teknisi IPAL, Kepala Seksi Tata Kelola Sarana dan Prasarana serta Kepala Bidang Tata Kelola dan Pelayanan Usaha. Data yang telah terkumpul selanjutnya akan direkapitulasi yang kemudian digunakan sebagai pertimbangan dalam mengidentifikasi risiko, penentuan frekuensi, perhitungan probabilitas *Likelihood* maupun *Consequence*. Data hasil analisa laboratorium dan ceklist harian IPAL terlampir.

4.2.5. Evaluasi Operasional Sistem IPAL Eksisting

Evaluasi operasional sistem IPAL meliputi evaluasi kuantitas dan kualitas air limbah, evaluasi proses pengolahan IPAL, evaluasi unit pengolahan (dimensi), dan evaluasi kegiatan operasional dan pemeliharaan IPAL. Evaluasi kuantitas dan kualitas air limbah, yaitu dengan menghitung debit limbah yang masuk dan keluar

dari IPAL, selanjutnya membandingkan hasil pengujian kualitas air limbah effluen dan bakumutu yang dipersyaratkan, untuk mengetahui parameter mana saja yang tidak memenuhi bakumutu.

Evaluasi proses pengolahan dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian kualitas air limbah influen dan effluen, sehingga akan diketahui berapa prosentase removal untuk masing-masing parameter. Evaluasi unit pengolahan, dilakukan dengan membandingkan faktor yang mempengaruhi efisiensi pengolahan antara lain waktu tinggal dan surface loading, antara data pengamatan di lapangan dan kriteria desain yang ditetapkan. Evaluasi operasional dan pemeliharaan IPAL dengan membandingkan antara pelaksanaan di lapangan dengan SOP yang telah dibuat.

4.2.6. Analisis dan Pembahasan

4.2.6.1. Identifikasi Risiko dengan Metode *Failure Mode Effect Analysis*

Menurut *Australian Standar Guidelines* 1999, identifikasi dalam manajemen risiko meliputi potensi risiko yang mungkin terjadi serta faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya risiko tersebut. Beberapa aspek permasalahan dalam suatu organisasi atau sistem perlu diidentifikasi untuk mendapatkan akar masalah yang akan dikaji lebih lanjut.

Risiko yang diidentifikasi meliputi risiko negatif karena risiko tersebut berpotensi mengganggu tujuan dari proses. Identifikasi risiko terhadap setiap aspek yang diteliti dilakukan dengan penelusuran dan pengamatan pada setiap kejadian yang muncul berdasarkan data atau rekaman dan hasil wawancara dan diskusi. Penelusuran dilakukan mulai dari studi literatur, pengumpulan data, sampai dengan wawancara atau diskusi dengan pengelola IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta. Tahap identifikasi ini menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) untuk mendapatkan penyebab risiko yang potensial.

Tahapan identifikasi risiko pada IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta dilakukan dengan mereview setiap proses pada unit IPAL dengan melakukan *brainstorming* dengan unit yang bertanggungjawab atas operasional IPAL, dan

membuat daftar risiko, penyebab dan dampak potensial yang secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Penjelasan dari setiap tahapan identifikasi risiko adalah sebagai berikut:

1. Mereview setiap unit proses IPAL merupakan kegiatan untuk mengetahui secara detail unit operasi yang digunakan, meliputi fungsi setiap unit, cara kerja, aliran air, sampai pada kriteria perencanaan.
2. Membuat diagram tulang ikan (*Fishbone*) dengan tujuan untuk mengidentifikasi risiko dari setiap aspek yang akan ditinjau, yaitu sumber daya manusia, mesin atau peralatan, dan metode atau proses IPAL.
3. Identifikasi Risiko dengan metode FMEA dengan cara melakukan identifikasi dari setiap proses atau aktifitas pada setiap unit operasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui secara jelas proses yang ada pada IPAL. Identifikasi risiko dilakukan dengan memperhatikan faktor- faktor yang berpengaruh dari setiap variabel yang ditentukan. Dari cara ini akan didapatkan sub faktor risiko yang teridentifikasi.
4. Validasi dilakukan dengan berdiskusi dengan kepala instalasi sanitasi sebagai *judgment expert*, selain itu validasi juga dilakukan dengan menyesuaikan dengan data yang ada. Hasil identifikasi risiko tersebut ditetapkan sebagai *Top Event* untuk dicari akar permasalahannya menggunakan metode FTA.

4.2.6.2. Analisis Risiko dengan *Fault Tree Analysis* (FTA)

Setelah dilakukan identifikasi, tahapan dalam analisis risiko menggunakan *Fault Tree Analysis* untuk tiap bangunan IPAL meliputi (Apsari, 2014):

1. Tahap pertama, Analisis Kualitatif

Yaitu pembuatan *Fault Tree Diagram* dari masing - masing risiko atau *top event* yang telah teridentifikasi (*Fault Tree Diagram* akan dibuat untuk setiap bangunan proses IPAL). Dengan cara ini dapat diketahui dengan pasti akar penyebab terjadinya risiko.

2. Tahap Kedua, Analisis Kuantitatif

Setelah diketahui dengan pasti penyebab terjadinya risiko tersebut, maka dapat ditentukan *Probability*, *Likelihood*, dan *Consequence* sebagai berikut:



Gambar 4.2 Tahapan Identifikasi Risiko

a. Penentuan *Probability* dan *Likelihood*

Penentuan *Probability* dan *Likelihood* diawali dengan mengetahui besarnya frekuensi pada kejadian tersebut. Nilai frekuensi didapat dari data sekunder yang telah dikumpulkan diantaranya ceklist harian IPAL, data rekaman perbaikan peralatan mekanik IPAL dan lainnya. Nilai frekuensi juga dapat diperoleh dari hasil wawancara dan diskusi yang mengacu pada keabsahan data yang telah terkumpul. Perhitungan nilai *Probability* menggunakan rumus :

$$P = \frac{Fp+Fk}{\Sigma(Fp+Fk)} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

P = Probabilitas

Fp = Frekuensi Proses

Fk = Frekuensi Kejadian

b. Penentuan *Consequence*

Nilai *Consequence* ditentukan sesuai dengan kriteria risiko terhadap kualitas effluent IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta. Data hasil analisa limbah yang tidak memenuhi baku mutu diambil dan dihitung untuk menentukan nilai *Consequence*. Berikut perhitungan penentuan nilai konsekuensi :

$$\frac{\text{Parameter IN} - \text{Parameter Out}}{\text{Parameter IN}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

4.2.6.3. Validasi *Fault Tree Analysis*

Validasi dilakukan dengan *judgement expert* dalam hal ini adalah praktisi/tenaga ahli teknik lingkungan yang dinilai kompeten dan paham tentang desain IPAL, mekanisme proses pengolahan air limbah, kinerja operasional pemeliharaan dan sistem kerja IPAL khususnya IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta. Pemahaman akan operasional dan proses kerja IPAL sangat penting dalam menunjang hasil validasi, untuk itu latar belakang bidang ilmu dan riwayat bidang pekerjaan juga akan dipertimbangkan untuk menunjuk *judgement expert* dalam proses validasi.

Selain itu validasi dapat juga dilakukan dengan konsultan perencana pembangunan IPAL dengan didukung data rekaman atau laporan harian IPAL, secara pemahaman teknis tentunya konsultan perencana sangat memahami proses IPAL yang dirancang. Tahap validasi merupakan hal yang penting dalam metode FTA, hal itu dilakukan untuk mengetahui kesesuaian diagram Fault Tree yang telah dibuat.

4.2.7. Evaluasi Risiko

4.2.7.1. Penentuan Kategori Peringkat Risiko

Pada tahap ini nilai risiko yang didapatkan dianalisa dan disesuaikan dengan kategori tingkatan risiko sesuai *Australian Standart Guidelines* (1999). Analisa tersebut dilakukan dengan pembuatan peta risiko seperti pada Tabel 4.1. Dari peta risiko ini dapat dilihat risiko mana yang memerlukan penanganan prioritas untuk meningkatkan kinerja IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta, terutama pada kategori risiko yang paling tinggi.

Tabel 4.1 Peta Kategori Tingkatan Risiko

		<i>Consequence</i>				
		<i>Extreme</i>	<i>High</i>	<i>Medium</i>	<i>Low</i>	<i>Negligible</i>
<i>Probability</i>	<i>Almost Certain</i>	<i>Severe</i>	<i>Severe</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Trivial</i>
	<i>Likely</i>	<i>Severe</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Trivial</i>
	<i>Moderate</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Moderate</i>	<i>Trivial</i>
	<i>Unlike</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Moderate</i>	<i>Low</i>	<i>Trivial</i>
	<i>Rare</i>	<i>Significant</i>	<i>Moderate</i>	<i>Low</i>	<i>Trivial</i>	<i>Trivial</i>

Sumber: *The Government of Western Australian* (1999).

Batasan kriteria dari setiap kategori tingkatan risiko serta range nilainya dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 untuk menentukan atau menilai setiap faktor risiko yang didapat. Kriteria ini merupakan dasar untuk melakukan penilaian terhadap risiko-risiko yang telah teridentifikasi.

Tabel 4.2 Kriteria Nilai *Likelihood* atau *Probability*

Kategori	Penjelasan	Range Nilai
<i>Rare</i>	Kegiatan yang dilakukan jarang dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar	<10%
<i>Unlikely</i>	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan berkemungkinan kecil dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan	11 – 30%
<i>Moderate</i>	Kegiatan yang dilakukan berkemungkinan sedang menimbulkan risiko terhadap lingkungan	31 – 60%
<i>Likely</i>	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan besar berkemungkinan menimbulkan risiko	61 – 80%
<i>Almost Certain</i>	Kegiatan yang dilakukan hampir pasti menimbulkan risiko	>81%

Sumber: *The Government of Western Australian* (1999)

Tabel 4.3 Kriteria Nilai *Consequence*

Kategori	Penjelasan	Range Nilai
<i>Negligible</i>	Konsekuensi risiko yang terjadi tidak perlu dikuatirkan	<10%
<i>Low</i>	Konsekuensi risiko kecil tetapi perlu adanya usaha penanganan untuk mengurangi risiko yang terjadi seperti penanganan di tempat	11 – 30%
<i>Medium</i>	Konsekuensi risiko sedang oleh karena itu perlu adanya pengelolaan berdasarkan prosedur normal	31 – 60%
<i>High</i>	Konsekuensi risiko yang terjadi relatif besar terhadap lingkungan oleh karena itu perlu adanya pengelolaan yang intensif dalam penanganan	61 – 80%
<i>Extreme</i>	Konsekuensi risiko yang terjadi sangat besar	>81%

Sumber: *The Government of Western Australian* (1999)

4.2.7.2. Batasan Kriteria Desain Unit IPAL

Unit bangunan IPAL yang akan diperhitungkan risikonya yaitu buffer tank, bak aerasi, bak sedimentasi dan unit *sludge treatment*. Batasan kriteria desain ditetapkan mengacu pada literatur Metcalf dan Eddy, 2003 dan dokumen perencanaan IPAL sebagai acuan penilaian kategori risiko.

Tabel 4.4 Kriteria Desain Unit IPAL

Unit IPAL	Kriteria Desain
Buffer Tank	<ul style="list-style-type: none"> • Waktu tinggal (td) : 3 jam • Debit Limbah : 1000 m³/hari • Volume bak : 625 m³

Tabel 4.4 Kriteria Desain Unit IPAL

Unit IPAL	Kriteria Desain
Bak Aerasi 1 dan 2	<ul style="list-style-type: none"> • <i>BOD loading</i> : 0,55 kg BOD/m³/hari • MLSS : 3000 mg/l • F/M rasio : 0,4-1 kg BOD/kg MLSS/hari • <i>Sludge age</i> : 5-15 hari • Kebutuhan O₂ : 45-90 m³/kg BOD • Rasio resirkulasi : 50% • Efisiensi : 90% • Waktu detensi : 40,7 jam
Bak Sedimentasi	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Sludge Volume Index</i> : 80-120 • Waktu tinggal : 7,2 jam
Sludge Drying Unit	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Sludge volume</i> : 496 kg.Ds/Hari • Water content : 85% • <i>Density of cake</i> : 450 kg/m³

4.2.7.3. Penentuan Prioritas Mitigasi Risiko

Pada tahap ini peta risiko yang telah dibuat dievaluasi dengan menentukan risiko-risiko manakah yang menjadi prioritas dan memerlukan penanganan lebih lanjut untuk kemudian dibuat langkah-langkah mitigasi.

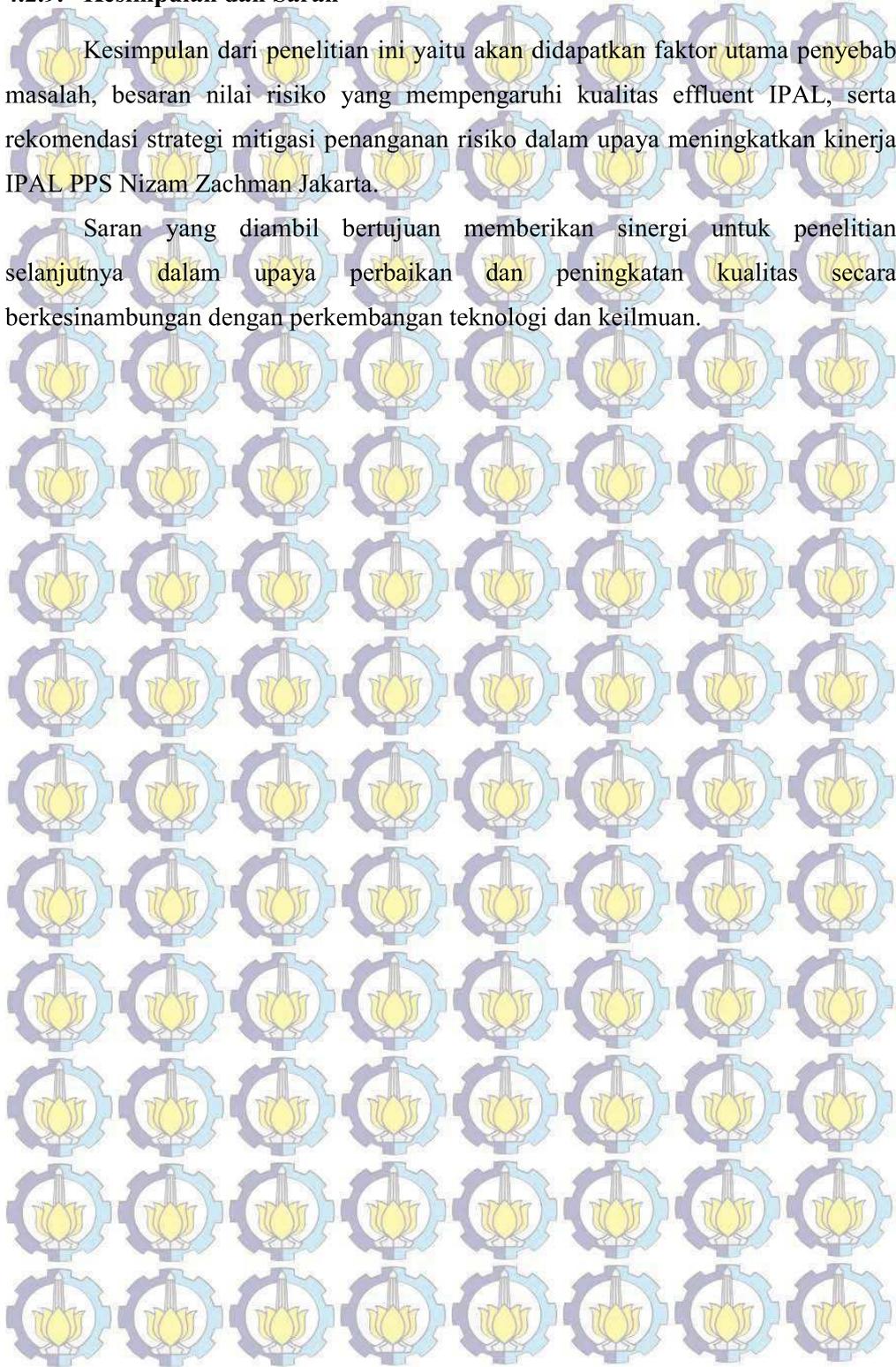
4.2.8. Strategi Mitigasi

Langkah mitigasi dilakukan setelah mengetahui faktor penyebab masalah berdasarkan kategori peringkat risikonya. Mitigasi risiko, yaitu suatu cara dalam penanganan risiko sebagai strategi untuk mencegah timbulnya risiko lain, mengurangi frekuensi terjadinya risiko, dan strategi menghadapi risiko itu sendiri.

4.2.9. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu akan didapatkan faktor utama penyebab masalah, besaran nilai risiko yang mempengaruhi kualitas effluent IPAL, serta rekomendasi strategi mitigasi penanganan risiko dalam upaya meningkatkan kinerja IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta.

Saran yang diambil bertujuan memberikan sinergi untuk penelitian selanjutnya dalam upaya perbaikan dan peningkatan kualitas secara berkesinambungan dengan perkembangan teknologi dan keilmuan.



BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Penentuan Kriteria Risiko

Menurut *Australian Standar Guidelines* (1999), risiko adalah suatu kemungkinan atau kejadian yang tidak diinginkan yang akan mempengaruhi suatu tujuan. Mengacu pada pengertian tersebut, maka kriteria risiko dari penelitian ini adalah kejadian yang menyimpang dari kualitas effluent air limbah yang kurang optimal. Hal ini merupakan kejadian yang tidak diharapkan dalam proses pengolahan air limbah.

Berdasarkan data hasil analisa laboratorium pada Lampiran C, parameter effluent air limbah industri perikanan yang melebihi baku mutu diantaranya TSS, *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), Amonia (NH_3), dan Minyak & Lemak. Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Lampiran XIV.C Baku Mutu Air Limbah bagi Kawasan Industri Perikanan yang Melakukan Pengolahan Air Limbah Secara Terpusat.

Konsentrasi TSS, BOD, COD, NH_3 , dan Minyak & Lemak dapat diturunkan dalam proses pengolahan biologis, salah satunya dengan sistem lumpur aktif, sehingga kualitas effluent air limbah tidak ada yang melebihi baku mutu yang ditetapkan. TSS, BOD, COD, NH_3 , dan Minyak & Lemak merupakan parameter yang pasti ada dalam air limbah industri pengolahan hasil perikanan. TSS, BOD, COD, dan Minyak & Lemak berasal dari sisa bahan baku, pencucian bahan baku, kegiatan produksi dan pembersihan peralatan, sedangkan NH_3 berasal dari proses perombakan/pembusukan bahan organik/senyawa yang kaya protein. Penelitian yang dilakukan Said (2008), proses lumpur aktif dapat menurunkan bahan pencemar organik hingga 90%. Bakteri atau mikroorganisme dapat mengurai senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter pencemar seperti TSS, BOD, COD, NH_3 , dan Minyak & Lemak dapat direduksi secara maksimal apabila kinerja pengolahan biologis atau lumpur aktif berjalan secara baik dan kontinyu.

Proses lumpur aktif dikatakan optimal apabila memenuhi nilai kriteria pengolahan diantaranya *Food/Microorganism (F/M)*, *Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS)*, umur lumpur, dan rasio resirkulasi lumpur. MLSS merupakan salah satu indikator pengolahan dalam sistem lumpur aktif. MLSS menunjukkan kepadatan bakteri atau mikroorganisme yang ada dalam sistem lumpur aktif. Nilai MLSS yang direkomendasikan antara 1500 – 2000 mg/l (Metcalf dan Eddy, 2003). Semakin tinggi nilai MLSS menunjukkan semakin banyaknya bakteri yang melakukan aktifitas penguraian bahan pencemar, sehingga dapat dikatakan efisiensi proses lumpur aktif juga semakin tinggi. Dengan demikian indikator kriteria risiko pada penelitian ini adalah penurunan kualitas effluent limbah cair yang meliputi parameter TSS, BOD, COD, NH₃, dan Minyak & Lemak.

5.2. Identifikasi Risiko

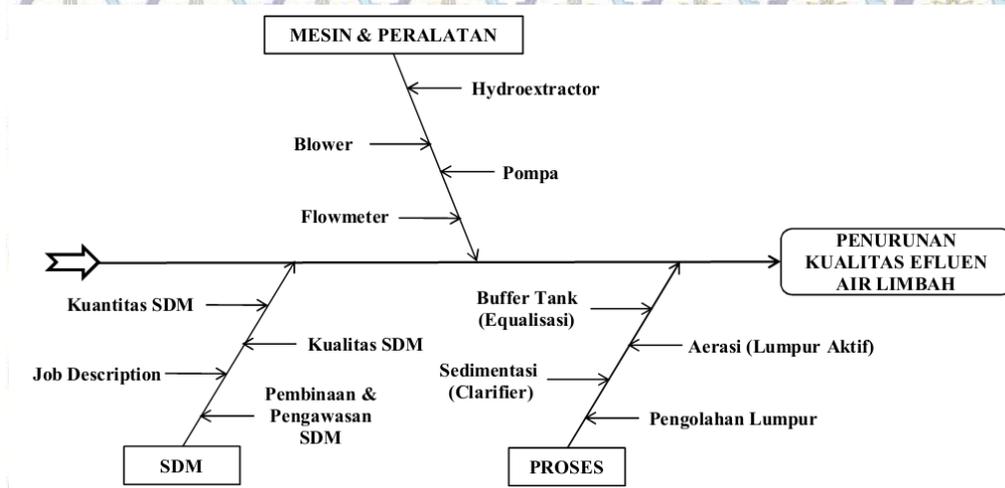
Risiko dapat diartikan sebagai probabilitas terjadinya suatu kegiatan, yang jika terjadi akan memiliki konsekuensi positif atau negatif terhadap suatu kegiatan (Apsari, 2014). Identifikasi risiko merupakan proses dalam menentukan apa, kenapa, dan bagaimana risiko tersebut dapat terjadi. Tujuan dari proses identifikasi risiko ini adalah untuk mengenali risiko apa saja yang dapat terjadi sehingga dapat mengoptimalkan suatu sistem dengan cara mencegah atau meminimalisasi terjadinya risiko tersebut. Hasil identifikasi risiko ini berupa daftar risiko yang akan menjadi prioritas risiko untuk dianalisis lebih detail sebagai langkah mitigasi.

Tahapan yang dilakukan dalam identifikasi risiko diantaranya melakukan wawancara untuk mengetahui informasi terkait kualitas effluent limbah cair, observasi lapangan untuk mengetahui operasional di lapangan, serta data histori tentang kerusakan peralatan mekanik pada sistem operasi, serta permasalahan-permasalahan lain terkait operasional IPAL.

Berdasarkan studi yang telah dilakukan dan kajian berdasarkan pengalaman petugas terkait, diperoleh beberapa komponen faktor penyebab risiko penurunan kualitas effluent limbah cair. Faktor penyebab risiko tersebut diantaranya mulai dari faktor sumber daya manusia sebagai operator yang menjalankan proses IPAL, faktor

peralatan dan mesin sebagai penunjang utama proses IPAL, serta faktor proses pada IPAL itu sendiri.

Penyebab kegagalan dan permasalahan serta faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas effluent IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta disusun dengan menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) yang berbentuk fishbone diagram. Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi efek,odus kegagalan, dan penyebab permasalahan. Pada metode FMEA item kegagalan dan permasalahan yang telah disusun dalam fishbone diagram tersebut dianalisis secara kualitatif pada masing-masing sub penyebab untuk memperoleh faktor risiko kritis. Fishbone diagram untuk risiko penurunan kualitas effluent IPAL dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 *Fishbone Diagram* Penurunan Kualitas Effluent IPAL

Sub faktor risiko penyebab penurunan kualitas effluent IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta adalah sebagai berikut:

1. Sumber Daya Manusia

Sumber daya manusia (SDM) merupakan aset penting dalam pelaksanaan kegiatan sebuah organisasi. Struktur organisasi dibuat untuk menunjukkan hubungan kerja internal suatu organisasi. Adanya SDM yang terampil dan berkualitas sangat mempengaruhi kinerja organisasi. Dalam proses pengolahan limbah di PPS Nizam Zachman Jakarta peran operator

IPAL sangat penting untuk memastikan kinerja IPAL dapat secara optimal dan berkelanjutan. Kinerja operator IPAL yang buruk serta perilaku yang tidak konsisten dalam melaksanakan SOP akan berdampak langsung akan berdampak pada buruknya kualitas effluent IPAL limbah cair. Selain itu faktor kompetensi operator dalam melaksanakan operasional IPAL, beban kerja, *reward and punishment* serta komitmen/dukungan pimpinan juga turut mempengaruhi.

Jumlah SDM yang terlibat dalam operasional IPAL masih belum memadai dengan 4 orang operator yang bertugas shift, yang didukung oleh 3 orang teknisi mesin dan listrik serta 1 orang tenaga *engineer* sebagai pemantau. Penurunan kualitas effluent IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta karena faktor manusia disebabkan oleh beberapa hal, antara lain:

- a. Kurang kompetennya SDM operator IPAL, walaupun secara kuantitas relatif cukup tapi masih belum ideal ditambah dengan keterampilan teknis dan pengetahuan mengetahui operasional IPAL masih rendah.
- b. Pembagian tugas/kerja (*Job Description*) masih belum tepat karena operator IPAL juga bertugas sebagai operator pompa pengendali banjir di sisi barat pelabuhan dengan frekuensi dan beban kerja yang cukup tinggi.
- c. Standar Operasional Prosedur (SOP) IPAL sudah tidak sesuai kondisi aktual sehingga sulit dimengerti khususnya oleh operator baru, sehingga penerapan di lapangan justru tidak mengacu SOP, yang akhirnya mempengaruhi kegagalan operasional IPAL.
- d. Mekanisme pengawasan, *reward and punishment* terhadap kinerja operator tidak berjalan baik, perhatian dan dukungan jajaran pimpinan terhadap peningkatan kapabilitas dan keterampilan operator IPAL juga kurang.

2. Mesin dan Peralatan

IPAL PPS Nizam Zachman mulai dibangun pada tahun 2002 dan mulai beroperasi pada tahun 2004. Pada periode tahun 2007-2008 operasional IPAL berhenti akibat banjir besar yang melumpuhkan mayoritas aktivitas

pelabuan selama beberapa bulan. Pada awal tahun 2009 IPAL mulai dioperasikan kembali, selanjutnya karena mengalami banyak kerusakan dilakukan kegiatan rehabilitasi (perbaikan dan penggantian) peralatan, mesin, pompa dan blower pada tahun 2012.

IPAL PPS Nizam Zachman dibangun dengan kapasitas pengolahan maksimal 1.000 m³/hari dengan mayoritas air limbah yang berasal dari kawasan industri perikanan. Operasional IPAL dengan sistem lumpur aktif ini membutuhkan banyak peralatan mekanik dan elektrik dan agar dapat beroperasi 24 jam/7 hari maka IPAL ini membutuhkan daya listrik yang besar (300 kVA) dan dilengkapi dengan genset sebagai sumber listrik darurat.

Peralatan mekanik dan elektrik yang digunakan berdasarkan peruntukannya dibagi menjadi 3 kelompok yaitu pada jaringan pipa limbah, IPAL dan pengolahan lumpur.

Kinerja mesin, peralatan mekanik dan elektrik yang prima sangat penting dalam menunjang proses pengolahan air limbah secara optimal, sebaliknya apabila kinerja mesin, peralatan mekanik dan elektrik menurun atau terjadi kerusakan maka akan mengganggu proses di IPAL yang pada akhirnya berdampak pada penurunan kualitas effluent bahkan kegagalan sistem operasi IPAL. Berdasarkan informasi yang didapat mulai IPAL aktif dioperasikan telah didukung dengan pembiayaan kegiatan operasional dan pemeliharaan, namun untuk kualitas pelaksanaan pekerjaan dan bagaimana kecukupan pembiayaan tidak dapat diketahui karena tidak terdokumentasi/diarsipkan dengan baik. Kondisi mesin dan peralatan di IPAL saat ini mengalami kerusakan yang cukup serius, antara lain:

- a. Otomatis pompa manhole (*transfer pump*) sudah tidak berfungsi;
- b. Flowmeter tidak berfungsi;
- c. Lift pump di buffer tank sering mengalami kerusakan;
- d. Performa blower sudah menurun dan sering mengalami kerusakan;
- e. Peralatan monitoring kondisi air limbah rusak;
- f. Diffuser dan pipa suplai udara banyak yang rusak dan berkarat;
- g. Instalasi pengolahan lumpur (*hydroextractor*) sudah tidak berfungsi;

- h. Panel kontrol listrik sudah tidak layak, banyak peralatan/instalasi listrik yang performanya sudah kurang baik.

Kondisi mesin dan peralatan tersebut mengakibatkan kualitas effluent IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta tidak mampu memenuhi baku mutu. Penurunan kualitas effluent IPAL karena faktor mesin atau peralatan disebabkan oleh beberapa hal, antara lain:

- a. Kerusakan akibat banjir, rob dan tingkat korosi tinggi hampir selalu terjadi, karena lokasi IPAL di pesisir laut;
- b. Untuk beberapa komponen mesin dan peralatan sudah melebihi usia teknisnya karena IPAL beroperasi secara kontinyu dan tingkat kerusakan yang tinggi;
- c. Kurangnya dukungan pembiayaan pemeliharaan dan perbaikan mesin dan peralatan;
- d. Modifikasi yang tidak sesuai dengan spesifikasi teknis sering dilakukan oleh operator dan teknisi pada saat pemeliharaan dan perbaikan;
- e. Kerusakan berat membutuhkan waktu perbaikan yang cukup lama dan tidak tersedia suku cadang yang memadai.

3. Proses IPAL

Proses IPAL merupakan faktor yang langsung berhubungan dengan risiko penurunan kualitas effluent limbah cair. Data primer yang diambil dengan mengukur beberapa parameter antara lain pH, zat padat tersuspensi (TSS), sulfida (H_2S), amonia (NH_3), klor bebas (Cl_2), BOD_5 , COD, minyak dan lemak, serta salinitas (khusus inlet). Sample air limbah diambil pada inlet, buffer tank, bak aerasi 1, bak aerasi 2, bak sedimentasi dan outlet IPAL. Pengukuran dilakukan pada hari senin sampai kamis (4 hari) yang diharapkan cukup menggambarkan kondisi proses di IPAL beroperasi. Pengujian sample air limbah dilakukan di Laboratorium Lingkungan PT. Unilab Perdana Jakarta.

Hasil analisa pada tiap parameter dan unit pengolahan (Lampiran C) direkapitulasi untuk dihitung, sehingga didapatkan efisiensi kinerja setiap unit

pengolahan. Hasil perhitungan efisiensi kinerja setiap unit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 5.1. Dengan membaca hasil tersebut akan cukup sulit dilakukan analisa, karena hasil pengukuran contoh air limbah ternyata sangat berfluktuasi dan terdapat hasil yang justru kontraproduktif yaitu peningkatan konsentrasi zat pencemar pada unit-unit tertentu untuk beberapa parameter.

Tabel 5.1 Efisiensi Kinerja Unit Pengolahan IPAL

Parameter	Efisiensi Rata-Rata di Unit			
	Buffer Tank	Aerasi 1	Aerasi 2	Sedimentasi
Zat Padat Tersuspensi (TSS)	-627,2%	-379%	11,7%	82,1%
Sulfida (H ₂ S)	-172,7%	396,5%	-448,3%	-963,6%
Amonia (NH ₃)	-759%	343,8%	-483,7%	-87,4%
BOD ₅	10,4%	28,6%	-0,7%	73,8%
COD	12,4%	33,3%	-1,2%	70,6%
Minyak & Lemak	-36,6%	275,4%	-303,1%	69,1%

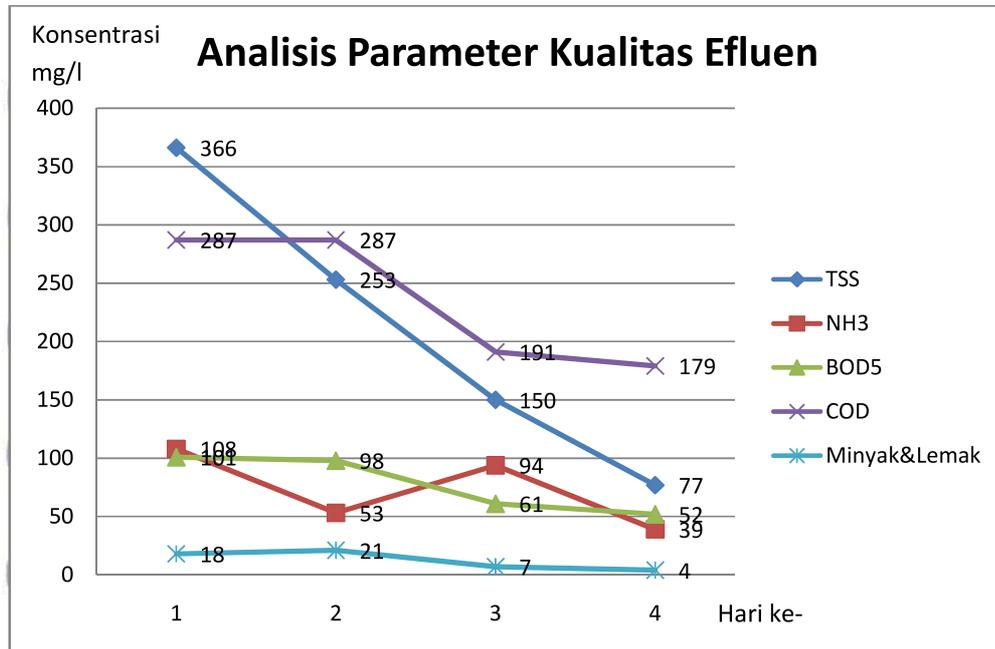
Keterangan : tulisan merah menandakan efisiensi negatif

Namun apabila membandingkan hasil pengukuran di inlet dan outlet maka dapat dilihat ada trend peningkatan (perbaikan) kualitas effluent IPAL. Sehingga dapat ditelusuri apa yang menjadi kendala/permasalahan pada proses IPAL yang harus diperbaiki.

Tabel 5.2 Hasil Analisis Laboratorium

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Pengujian Hari 1			Pengujian Hari 2			Pengujian Hari 3			Pengujian Hari 4		
			Inlet	Outlet	Efisiensi									
pH	-	-	6.8	7.9	-	7	8	-	7	8	-	7	8	-
Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	100	716	366	48.88%	930	253	72.80%	457	150	67.18%	1125	77	93.16%
Sulfida (H ₂ S)	mg/L	1	0.01	<0.002	80.00%	2	0.05	97.50%	29	0.01	99.97%	3	0.020	99.33%
Amonia (NH ₃)	mg/L	5	201	108	46.27%	69	53	23.19%	126	94	25.40%	2	39	-1850%
Klor Bebas (Cl ₂)	mg/L	-	<0.01	<0.01	-	<0.01	<0.01	-	<0.01	<0.01	-	<0.01	<0.01	-
BOD ₅	mg/L	100	807	101	87.48%	1166	98	91.60%	516	61	88.18%	1536	52	96.61%
COD	mg/L	200	1968	287	85.42%	2915	287	90.15%	1474	191	87.04%	3839	179	95.34%
Minyak & Lemak	mg/L	15	153	18	88.24%	222	21	90.54%	53	7	86.79%	57	4	92.98%
Salinitas	‰	-	4	-	-	4	-	-	3	-	-	4	-	-

Keterangan: melebihi baku mutu



Gambar 5.2 Hasil Analisis Kualitas Effluent IPAL

Efisiensi kinerja unit dapat dihitung berdasarkan nilai kandungan organik pada inlet dikurangi kandungan organik pada outlet dibagi dengan kandungan organik pada inlet dikalikan 100% (Metcalf dan Eddy, 2003). Pada sistem proses lumpur aktif dapat menurunkan beban organik dalam air limbah antara 80% s/d 95% (Metcalf dan Eddy, 2003). Bakteri atau mikroroganisme dapat menguraikan/mendegradasi senyawa pencemar organik seperti BOD, COD, TSS dan N dalam jumlah besar apabila kinerja IPAL berjalan optimal.

Penyisihan parameter TSS digunakan sebagai salah satu acuan untuk melihat kinerja bakteri pada proses lumpur aktif. Nilai rata-rata efisiensi penyisihan parameter TSS di IPAL adalah 70,5% jika dibandingkan dengan standart efisiensi berdasarkan Metcalf dan Eddy (2003) sebesar 80-95%, maka kinerja IPAL dalam penyisihan parameter TSS masih belum berjalan optimal. Proses IPAL untuk penyisihan parameter amonia (NH_3) dengan nilai efisiensi rata-rata sebesar 31,62% (anomali data efisiensi tidak diperhitungkan) juga belum optimal, seharusnya efisiensi removal amonia

sebesar 80-95% (Metcalf dan Eddy, 2003). Untuk penyisihan parameter BOD dan COD kinerja IPAL ini sudah baik yaitu dengan nilai rata-rata efisiensi BOD 90,97% dan COD 89,49%.

Untuk mengetahui apakah air limbah yang diolah bersifat biodegradable (dapat diuraikan secara biologi) atau tidak, maka perlu dihitung rasio BOD/COD. Rasio BOD/COD air limbah yang berkisar antara 0,5-0,6 menandakan bahwa air limbah tersebut mudah diolah/biodegradable. Sedangkan rasio BOD/COD antara 0,2-0,4 dapat diolah dengan proses biologis, tetapi proses dekomposisinya lebih lambat karena mikroorganisme pengurai membutuhkan aklimatisasi dengan limbah tersebut. Rasio BOD/COD dibawah 0,2 (mendekati nol) menunjukkan bahwa air limbah tersebut mengandung substansi yang bersifat toksik dan akan mengganggu proses biologis. Sehingga diperlukan kontrol influen yang akan masuk IPAL.

Tabel 5.3 Rasio BOD/COD Influen IPAL

Pengujian Hari ke-	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	Rasio BOD/COD
1	807	1968	0,41
2	1166	2915	0,4
3	516	1474	0,35
4	1536	3839	0,4

Berdasarkan desain maka seharusnya efisiensi kinerja pada unit buffer tank sebesar 10%, bak aerasi (1 & 2) sebesar 90% dan bak sedimentasi sebesar 20%. Pada Tabel 5.1 dapat diketahui terdapat permasalahan di buffer tank dan bak aerasi 2, sehingga efisiensi kinerja unit tersebut tidak sesuai dengan efisiensi desain unit IPAL, dan berdampak pada penurunan kualitas effluent IPAL. Beberapa faktor yang dinilai menyebabkan ketidakefektifan proses lumpur aktif di IPAL adalah sebagai berikut:

- a. Debit limbah yang masuk ke IPAL tidak dapat diukur karena flowmeter tidak berfungsi, dan beban limbah yang masuk dari industri tidak dapat diatur sesuai kapasitas IPAL.

- b. Konsentrasi NH_3 pada influen melebihi kemampuan penyisihan IPAL, sehingga pada effluent konsentrasi NH_3 tetap melebihi baku mutu.
- c. Waktu tinggal di buffer tank (bak equalisasi) selama 9,25 jam terlalu lama, berdasarkan kriteria dalam Metcalf dan Eddy (2003) selama 2-4 jam, walaupun dilengkapi dengan diffuser udara dengan volume udara $9,30 \text{ m}^3/\text{min}$ menggunakan blower 11 kW untuk membantu pengadukan dan mencegah kondisi anaerobik pada air limbah. Berdasarkan kondisi aktual kapasitas blower dinilai masih kurang memadai, karena beban limbah semakin tinggi dan endapan lumpur di buffer tank menumpuk (tidak pernah dikuras), sehingga mengganggu kinerja diffuser hal tersebut diperparah dengan tindakan operator menutup grill ventilasi udara.
- d. Proses pemompaan limbah ke dalam bak lumpur aktif secara intermitten dengan menggunakan pompa submersible yang dilengkapi level switch control. Karena flow control tank juga tidak digunakan maka tidak ada pengaturan debit air limbah yang masuk ke bak aerasi 1. Hal ini menyebabkan beban limbah yang masuk ke dalam bak lumpur aktif seketika sangat besar, sehingga mempengaruhi aktifitas bakteri di dalam bak lumpur aktif (*shock loading*).
- e. Suplai/transfer oksigen pada bak lumpur aktif/aerasi 1 & 2 sering terganggu dan tidak memenuhi suplai oksigen yang dibutuhkan, karena kinerja blower tidak optimal karena kerusakan atau sengaja dimatikan akibat meluapnya busa di bak aerasi (*defoaming nozzle* tidak mampu menyemprot busa secara optimal). Kondisi ini menyebabkan kebutuhan bakteri tidak terpenuhi, selain itu proses aerasi sekaligus pengadukan juga tidak berjalan dengan baik. Akibat kinerja blower tidak sesuai kebutuhan/tidak beroperasi menyebabkan terjadinya pengendapan lumpur pada bak lumpur aktif/aerasi, bakteri banyak yang terdekomposisi di dasar bak dan menyebabkan kondisi anaerob.
- f. Proses pengembalian *Return Activated Sludge* (RAS) tidak didukung dengan SOP yang jelas dan mudah dilaksanakan, sehingga sering kali dilakukan hanya berdasarkan kemauan operator/tidak dilakukan sama sekali. Hal ini menyebabkan MLSS rendah dan tidak stabil karena

sebagian bakteri yang masih hidup tidak dikembalikan ke dalam bak lumpur aktif. Proses pengolahan biologi hanya mengandalkan pertumbuhan bakteri baru pada bak lumpur aktif.

- g. Tidak dilakukan pengolahan lumpur, sehingga lumpur dari bak sedimentasi dibuang langsung ke badan air.

5.3. *Fault Tree Analysis (FTA)*

Penyebab penurunan kualitas effluent IPAL dapat disebabkan beberapa hal yang telah dijelaskan di atas. Namun demikian belum diketahui secara jelas tingkat risiko dan faktor mana yang akan menjadi prioritas perbaikan.

Fault Tree Analysis (FTA) digunakan untuk menentukan penyebab potensial dari sebuah kejadian dalam suatu sistem, serta untuk mengestimasi probabilitas terjadinya sebuah kegagalan (Apsari, 2014). *Fault Tree* digambarkan dalam diagram logika yang merupakan konsep penyebab-penyebab kegagalan dalam suatu sistem. *Diagram Fault Tree Analysis* pada permasalahan ini dapat dilihat pada Gambar 5.3.

5.3.1. Penentuan Frekuensi dan *Likelihood*

Frekuensi merupakan jumlah kemungkinan atau peluang yang telah maupun diperkirakan akan terjadi. Penentuan frekuensi, *Likelihood*, dan *Consequence* berdasarkan pada hasil wawancara, diskusi, kuisisioner, pengamatan lapangan, dan ditunjang dengan data histori untuk mengestimasi kemungkinan tersebut.

Tabel 5.4 Range Penilaian Frekuensi Proses dan Frekuensi Kejadian

Nilai	Frekuensi			Penjelasan
	Proses (Fp)	Kejadian (Fk)	Keterangan	
1	1 tahun	> 5 tahun	sangat jarang	Kegiatan yang dilakukan jarang dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar
2	3 bulan - 1 tahun	1-5 tahun	jarang	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan kemungkinan kecil dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar

Tabel 5.4 Range Penilaian Frekuensi Proses dan Frekuensi Kejadian (lanjutan)

Nilai	Frekuensi			Penjelasan
	Proses (Fp)	Kejadian (Fk)	Keterangan	
3	1-3 bulan	6 bulan - 1 tahun	sedang	Kegiatan yang dilakukan kemungkinan sedang dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar
4	6 hari - 1 bulan	3-6 bulan	sering	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan besar kemungkinan dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar
5	harian	1-3 bulan	selalu	Kegiatan yang dilakukan hampir pasti dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar. Merupakan peringkat tertinggi.

Sumber : Assesment Pengelola IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta

Dalam menentukan frekuensi kejadian dan frekuensi proses dari setiap aspek risiko, ditentukan bersama-sama dengan pengelola IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta. Pihak yang terkait mulai dari pelaksana/operator IPAL, petugas pemeliharaan/teknisi, dan pejabat yang bertanggung jawab terhadap operasional IPAL karena merekalah yang mengetahui kondisi aktual di lapangan terkait operasional IPAL. Tabel 5.4 adalah range penilaian frekuensi proses dan frekuensi kejadian. Hasil penentuan frekuensi proses dan frekuensi kejadian dapat dilihat pada lembar kuisisioner Lampiran F.

Likelihood adalah frekuensi kegagalan untuk suatu risiko (Frame, 2003). Nilai tingkatan *Likelihood* dapat dilihat pada Tabel 5.5. *Likelihood* merupakan kemungkinan risiko yang akan muncul, untuk menentukan *Likelihood* mengacu pada probabilitas yang akan diperoleh nantinya. Penentuan nilai *Likelihood* dimulai dari akar masalah kemudian meningkat menuju *top event* (puncak kejadian) risiko. *Likelihood* kemudian digunakan untuk perhitungan dalam memetakan risiko yang telah teridentifikasi.

Tabel 5.5 Kategori dan Interval Nilai *Likelihood*

Kategori	Penjelasan	Range Nilai
<i>Rare</i>	Kegiatan yang dilakukan jarang dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar	<10%
<i>Unlikely</i>	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan berkemungkinan kecil dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan	11 – 30%
<i>Moderate</i>	Kegiatan yang dilakukan berkemungkinan sedang menimbulkan risiko terhadap lingkungan	31 – 60%
<i>Likely</i>	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan besar berkemungkinan menimbulkan risiko	61 – 80%
<i>Almost Certain</i>	Kegiatan yang dilakukan hampir pasti menimbulkan risiko	>81%

Sumber : *The Government of Western Australian* (1999)

5.3.2. Penentuan Probabilitas

Risiko dapat diartikan sebagai probabilitas terjadinya suatu kegiatan, yang apabila terjadi akan memiliki konsekuensi positif atau negatif terhadap kegiatan tersebut. Perhitungan probabilitas dilakukan dengan mengolah nilai frekuensi kejadian dan frekuensi proses yang telah ditetapkan dari setiap komponen akar kejadian dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{Fp + Fk}{\sum(Fp + Fk)}$$

Dimana:

P: Probabilitas

Fp: Frekuensi Proses

Fk: Frekuensi Kejadian

Nilai frekuensi kejadian dan frekuensi proses didapat dari data sekunder, pada faktor sumber daya manusia (SDM) menggunakan data antara lain:

1. Analisa beban kerja dan analisa jabatan pegawai.
2. Data kepegawaian dan jadwal kerja piket.
3. Daftar kebutuhan standar operasional prosedur (SOP).

Pada faktor mesin atau peralatan, data yang digunakan untuk menentukan frekuensi proses dan frekuensi kejadian antara lain:

1. Buku *operation and maintenance manual* WWTP, untuk peralatan mekanik dan elektrikal (pompa, blower dan panel).
2. Data pemeliharaan dan perbaikan peralatan teknisi IPAL.
3. Laporan harian operator dan pengawasan operasional IPAL.

Pada faktor proses, data yang digunakan berasal dari perhitungan kriteria desain IPAL lumpur aktif, antara lain:

1. Waktu operasi IPAL.
2. Debit air limbah.
3. Beban BOD (*BOD Loading*).
4. Kebutuhan Oksigen.
5. Waktu aerasi.
6. Rasio Resirkulasi Lumpur Aktif (RAS).
7. Serta efisiensi pengolahan itu sendiri.

Selain itu hasil wawancara dan kuisioner juga digunakan untuk menunjang ketepatan nilai yang diperoleh dari data sekunder. Berikut contoh perhitungan probabilitas pada faktor mesin/peralatan untuk sub faktor level 1 lift pump dengan sub faktor level 2 pemeliharaan, diperoleh assesment frekuensi proses 1 – 3 bulan (bobot: 3) dan frekuensi kejadian 6 bulan - 1 tahun (bobot: 3). Total keseluruhan untuk frekuensi proses (Fp) dan frekuensi kejadian (Fk) yaitu 93 dan 62. Sehingga nilai probabilitasnya:

$$P = \frac{3 + 3}{93 + 62} = 3,23\%$$

Hasil penentuan frekuensi dan perhitungan presentase probabilitas setiap faktor dapat dilihat pada Tabel 5.6 untuk aspek sumber daya manusia, Tabel 5.7 untuk aspek mesin atau peralatan, dan Tabel 5.8 untuk aspek proses. Dari hasil probabilitas kemudian dimasukkan dalam formula matematis yang merupakan bentuk ekspresi logika kuantitatif dari analisis kualitatif *Fault Tree* yang dapat dilihat pada Gambar 5.3.

A. Faktor Sumber Daya Manusia (SDM)

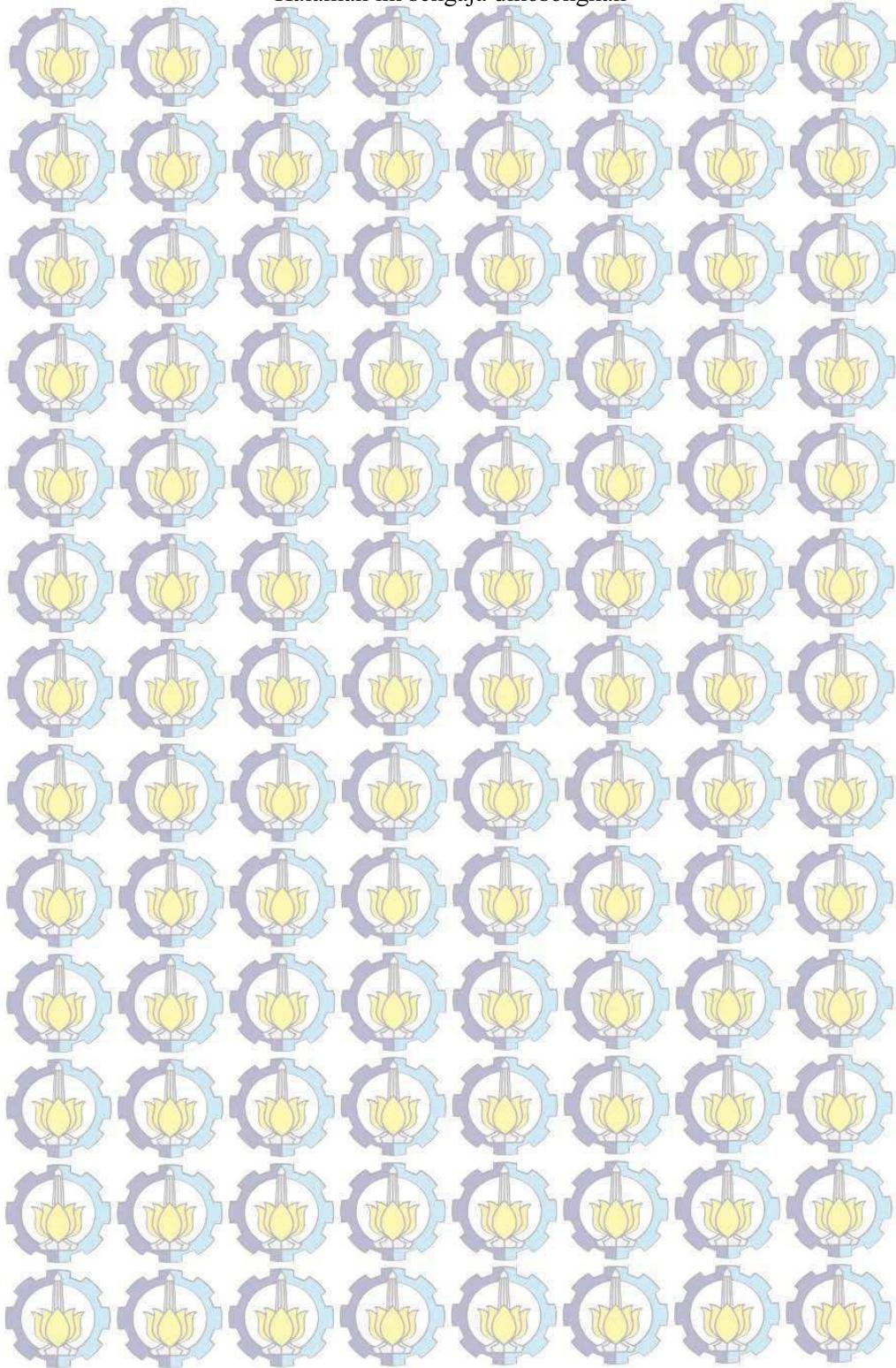
Hasil penilaian frekuensi dan perhitungan probabilitas pada faktor SDM dapat dilihat pada Tabel 5.6.

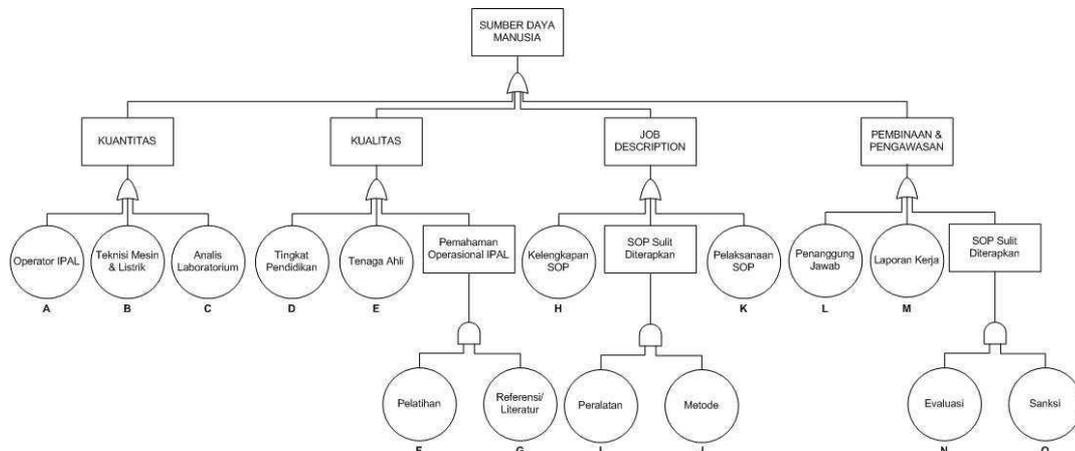
Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Probabilitas Faktor Sumber Daya Manusia

Faktor Risiko	Sub Faktor Level 1	Sub Faktor Level 2	Sub Faktor Level 3	Kode FTA	F _P	F _K	Probabilitas Faktor
SDM	Kuantitas	Operator IPAL		A	5	3	6.78%
		Teknisi Mesin & Listrik		B	5	3	6.78%
		Analisis Laboratorium		C	5	5	8.47%
	Kualitas	Tingkat Pendidikan		D	5	3	6.78%
		Tenaga Ahli		E	2	2	3.39%
		Pemahaman Operasional IPAL	Pelatihan	F	4	4	6.78%
			Referensi/Literatur	G	4	3	5.93%
	Job Description	Kelengkapan SOP		H	5	3	6.78%
		SOP Sulit Diterapkan	Peralatan	I	5	4	7.63%
			Metode	J	5	3	6.78%
		Pelaksanaan SOP		K	5	4	7.63%
	Pembinaan & Pengawasan	Penanggung Jawab		L	5	3	6.78%
		Laporan Kerja		M	5	3	6.78%
		Penilaian Kinerja	Evaluasi	N	4	3	5.93%
			Sanksi	O	4	4	6.78%
JUMLAH					68	50	100.00%

Dari Fault Tree Diagram yang telah ditetapkan, kemudian dibuat sebuah formula matematis yang merupakan ekspresi logika dari analisis kualitatif. Pada Gambar 5.4 berikut merupakan Fault Tree Diagram yang digunakan untuk memperoleh formula matematis dari faktor SDM.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"





Gambar 5.4 Potongan Fault Tree Diagram pada faktor Sumber Daya Manusia

Formula matematis untuk faktor SDM adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{SDM} &= P_{kuantitas} + P_{kualitas} + P_{job\ description} + P_{pembinaan\ \&\ pengawasan} \\
 &= \{P_{operator} + P_{teknisi} + P_{analisis}\} + \{P_{pendidikan} + P_{ahli} + P_{operasional}\} + \{P_{SOP} + \\
 &P_{penerapan\ SOP} + P_{pelaksanaan\ SOP}\} + \{P_{penanggung\ jawab} + P_{pelaporan} + \\
 &P_{nilai\ kinerja}\} \\
 &= \{P_{operator} + P_{teknisi} + P_{analisis}\} + \{P_{pendidikan} + P_{ahli} + (P_{pelatihan} \times P_{literatur})\} \\
 &+ \{P_{SOP} + (P_{alat} \times P_{metode}) + P_{pelaksanaan\ SOP}\} + \{P_{penanggung\ jawab} + P_{laporan} \\
 &+ (P_{evaluasi} + P_{sanksi})\} \\
 &= \{0,068 + 0,068 + 0,085\} + \{0,068 + 0,034 + (0,068 \times 0,059)\} + \{0,068 \\
 &+ (0,076 \times 0,068) + 0,076\} + \{0,068 + 0,068 + (0,059 \times 0,068)\} \\
 &= 0,22 + 0,106 + 0,149 + 0,14 \\
 &= 0,615
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas maka besaran nilai faktor SDM adalah sebesar 0,615 atau 61,5 %. Pada range interval *Likelihood*, maka keseluruhan sub komponen pada faktor SDM termasuk kategori *likely*. Hal itu berarti faktor SDM merupakan faktor yang kemungkinan besar dapat menimbulkan risiko terhadap kualitas effluent limbah cair.

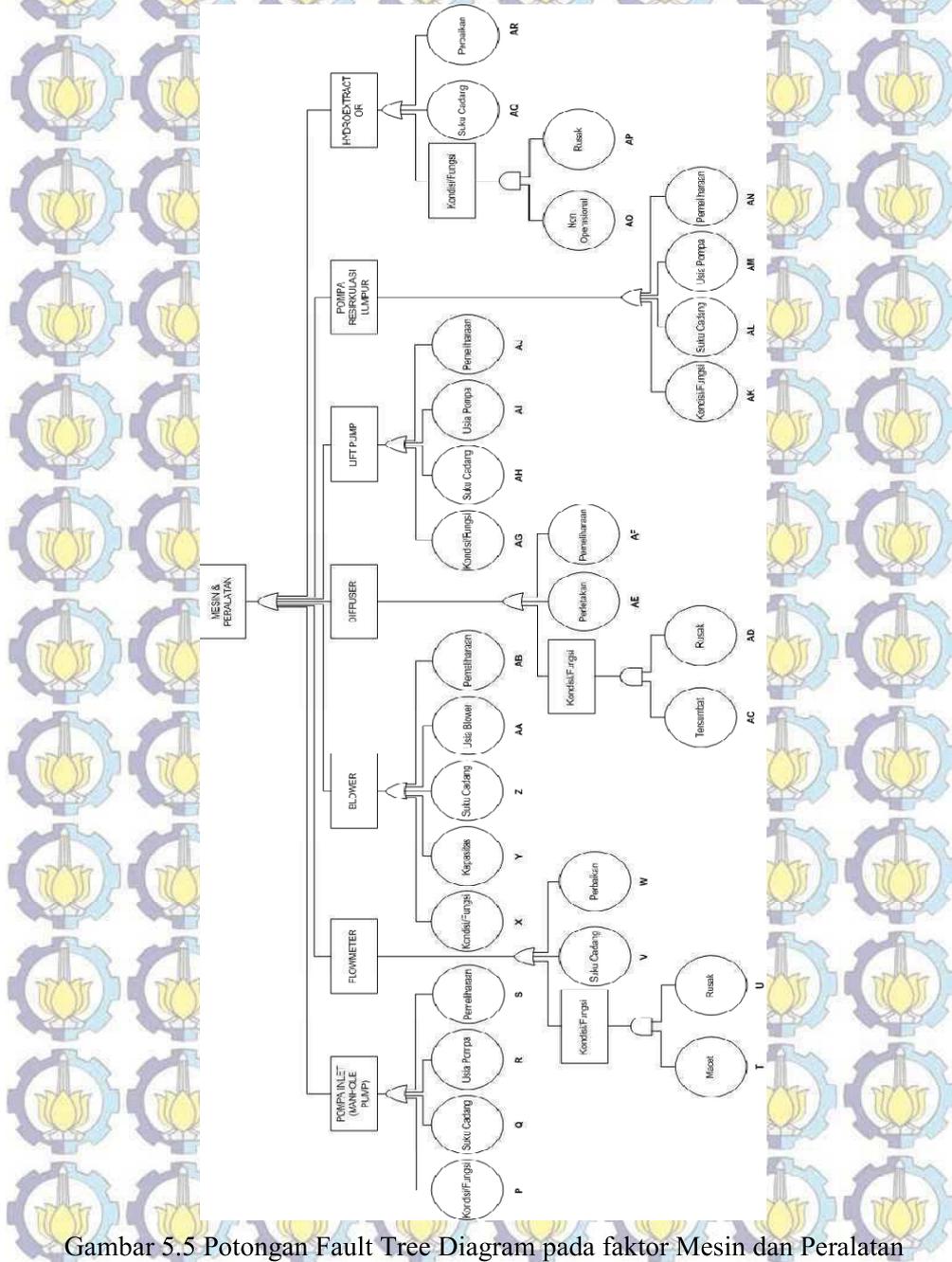
B. Faktor Mesin dan Peralatan

Hasil penilaian frekuensi dan perhitungan probabilitas pada faktor Mesin atau peralatan dapat dilihat pada Tabel 5.7, dan potongan Fault Tree Diagram untuk faktor Mesin atau Peralatan dapat dilihat pada Gambar 5.5.

Tabel 5.7 Hasil Perhitungan Probabilitas Faktor Mesin atau Peralatan

Faktor Risiko	Sub Faktor Level 1	Sub Faktor Level 2	Sub Faktor Level 3	Kode FTA	F _P	F _K	Probabilitas Faktor
Mesin & Peralatan	Pompa Inlet (Manhole Pump)	Kondisi/Fungsi		P	5	3	4.04%
		Suku Cadang		Q	4	3	3.54%
		Usia Pompa		R	3	2	2.53%
		Pemeliharaan		S	4	3	3.54%
	Flowmeter	Kondisi/Fungsi	Macet	T	5	1	3.03%
			Rusak	U	5	4	4.55%
		Suku Cadang		V	4	5	4.55%
	Perbaikan		W	4	5	4.55%	
		Blower	Kondisi/Fungsi		X	5	3
	Kapasitas			Y	5	3	4.04%
	Suku Cadang			Z	4	3	3.54%
	Usia Blower			AA	3	2	2.53%
	Pemeliharaan			AB	4	3	3.54%
	Diffuser	Kondisi/Fungsi	Tersumbat	AC	5	3	4.04%
			Rusak	AD	5	2	3.54%
		Perletakan		AE	4	2	3.03%
	Pemeliharaan		AF	3	2	2.53%	
		Lift Pump	Kondisi/Fungsi		AG	5	3
	Suku Cadang			AH	4	3	3.54%
	Usia Pompa			AI	3	2	2.53%
	Pemeliharaan			AJ	4	3	3.54%
	Pompa Resirkulasi Lumpur	Kondisi/Fungsi		AK	5	2	3.54%
		Suku Cadang		AL	4	2	3.03%
		Usia Pompa		AM	3	2	2.53%
		Pemeliharaan		AN	4	2	3.03%
	Hydroextractor	Kondisi/Fungsi	Non Operasional	AO	5	5	5.05%
			Rusak	AP	5	1	3.03%
		Suku Cadang		AQ	4	5	4.55%
Perbaikan			AR	4	5	4.55%	
JUMLAH					117	81	100.00%

Dari Fault Tree Diagram yang telah ditetapkan, kemudian dibuat sebuah formula matematis yang merupakan ekspresi logika dari analisis kualitatif. Pada Gambar 5.5 berikut merupakan Fault Tree Diagram yang digunakan untuk memperoleh formula matematis dari faktor Mesin dan Peralatan.



Gambar 5.5 Potongan Fault Tree Diagram pada faktor Mesin dan Peralatan

Formula matematis untuk faktor Mesin dan Peralatan adalah sebagai

berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{Mesin \& Peralatan}} &= P_{\text{manhole pump}} + P_{\text{flowmeter}} + P_{\text{blower}} + P_{\text{diffuser}} + P_{\text{lift pump}} \\
 &+ P_{\text{resirkulasi lumpur}} + P_{\text{hydroextractor}} \\
 &= \{P_{\text{kondisi/fungsi}} + P_{\text{suku cadang}} + P_{\text{usia}} + P_{\text{pemeliharaan}}\} + \\
 &\{P_{\text{kondisi/fungsi}} + P_{\text{suku cadang}} + P_{\text{perbaikan}}\} + \{P_{\text{kondisi/fungsi}} + \\
 &P_{\text{kapasitas}} + P_{\text{suku cadang}} + P_{\text{usia}} + P_{\text{pemeliharaan}}\} + \{P_{\text{kondisi/fungsi}} + \\
 &P_{\text{perletakan}} + P_{\text{pemeliharaan}}\} + \{P_{\text{kondisi/fungsi}} + P_{\text{suku cadang}} + P_{\text{usia}} + \\
 &P_{\text{pemeliharaan}}\} + \{P_{\text{kondisi/fungsi}} + P_{\text{suku cadang}} + P_{\text{usia}} + \\
 &P_{\text{pemeliharaan}}\} + \{P_{\text{kondisi/fungsi}} + P_{\text{suku cadang}} + P_{\text{perbaikan}}\} \\
 &= \{P_{\text{kondisi/fungsi}} + P_{\text{suku cadang}} + P_{\text{usia}} + P_{\text{pemeliharaan}}\} + \{(P_{\text{macet}} \times \\
 &P_{\text{rusak}}) + P_{\text{suku cadang}} + P_{\text{perbaikan}}\} + \{P_{\text{kondisi/fungsi}} + P_{\text{kapasitas}} + \\
 &P_{\text{suku cadang}} + P_{\text{usia}} + P_{\text{pemeliharaan}}\} + \{(P_{\text{tersumbat}} \times P_{\text{rusak}}) + \\
 &P_{\text{perletakan}} + P_{\text{pemeliharaan}}\} + \{P_{\text{kondisi/fungsi}} + P_{\text{suku cadang}} + P_{\text{usia}} + \\
 &P_{\text{pemeliharaan}}\} + \{P_{\text{kondisi/fungsi}} + P_{\text{suku cadang}} + P_{\text{usia}} + \\
 &P_{\text{pemeliharaan}}\} + \{(P_{\text{non operasional}} \times P_{\text{rusak}}) + P_{\text{suku cadang}} + \\
 &P_{\text{perbaikan}}\} \\
 &= \{0,04 + 0,035 + 0,025 + 0,035\} + \{(0,03 \times 0,045) + 0,045 + \\
 &0,045\} + \{0,04 + 0,04 + 0,035 + 0,025 + 0,035\} + \{(0,04 \times \\
 &0,035) + 0,03 + 0,025\} + \{0,04 + 0,035 + 0,025 + 0,03\} + \\
 &\{(0,05 \times 0,03) + 0,045 + 0,045\} \\
 &= 0,136 + 0,092 + 0,177 + 0,057 + 0,136 + 0,121 + 0,092 \\
 &= 0,812
 \end{aligned}$$

Besaran nilai faktor Mesin atau Peralatan yaitu mencapai 0,812 atau 81,2 %, dimana tergolong kategori almost certain para range interval *Likelihood*. *Almost certain* merupakan peringkat risiko tertinggi pada *Likelihood*. Hal itu berarti aspek Mesin dan Peralatan hampir pasti menimbulkan risiko terhadap kualitas effluent limbah cair.

C. Faktor Proses

Hasil penilaian frekuensi dan perhitungan probabilitas pada faktor Proses dapat dilihat pada Tabel 5.8, dan potongan *Fault Tree Diagram* untuk faktor Proses dapat dilihat pada Gambar 5.6.

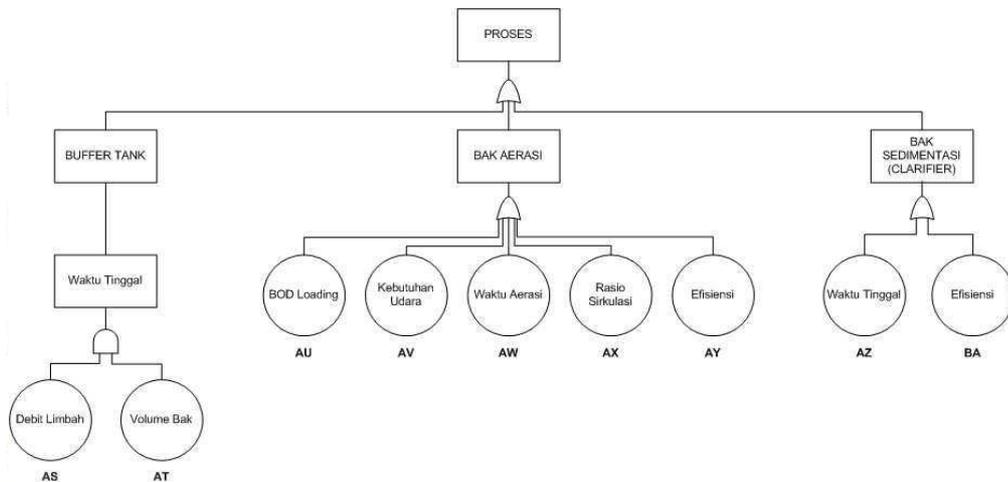
Tabel 5.8 Hasil Perhitungan Probabilitas Faktor Proses

Faktor Risiko	Sub Faktor Level 1	Sub Faktor Level 2	Sub Faktor Level 3	Kode FTA	F _P	F _K	Probabilitas Faktor	
Proses	Buffer Tank	Waktu Tinggal (td)	Debit Limbah	AS	5	2	9.86%	
			Volume Bak	AT	5	1	8.45%	
	Bak Aerasi	BOD Loading	Kebutuhan Udara		AU	5	4	12.68%
					AY	5	3	11.27%
					AZ	5	2	9.86%
					BA	5	4	12.68%
					BB	5	3	11.27%
					BC	5	4	12.68%
	Bak Sedimentasi (Clarifier)	Waktu Tinggal (td)		BD	5	3	11.27%	
JUMLAH					45	26	100.00%	

Dari *Fault Tree Diagram* yang telah ditetapkan, kemudian dibuat sebuah formula matematis yang merupakan ekspresi logika dari analisis kualitatif. Pada Gambar 5.6 berikut merupakan *Fault Tree Diagram* yang digunakan untuk memperoleh formula matematis dari faktor Proses.

Formula matematis untuk faktor Proses adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{proses}} &= P_{\text{buffer tank}} + P_{\text{bak aerasi}} + P_{\text{bak sedimentasi}} \\
 &= \{P_{\text{td}}\} + \{P_{\text{BOD loading}} + P_{\text{kebutuhan udara}} + P_{\text{waktu aerasi}} + P_{\text{RAS}} + P_{\text{efisiensi}}\} \\
 &\quad + \{P_{\text{td}} + P_{\text{efisiensi}}\} \\
 &= \{P_Q \times P_{\text{volume}}\} + \{P_{\text{BOD loading}} + P_{\text{kebutuhan udara}} + P_{\text{waktu aerasi}} + P_{\text{RAS}} \\
 &\quad + P_{\text{efisiensi}}\} + \{P_{\text{td}} + P_{\text{efisiensi}}\} \\
 &= \{0,097 \times 0,085\} + \{0,127 + 0,113 + 0,097 + 0,127 + 0,113\} + \{0,127 \\
 &\quad + 0,113\} \\
 &= 0,825
 \end{aligned}$$



Gambar 5.6 Potongan *Fault Tree Diagram* pada faktor Proses

Besaran nilai faktor Proses yaitu mencapai 0,825 atau 82,5 %, dimana tergolong kategori *almost certain* pada *range interval Likelihood*. *Almost certain* merupakan peringkat risiko tertinggi pada *Likelihood*. Hal itu berarti aspek proses hampir pasti menimbulkan risiko terhadap kualitas effluent limbah cair.

5.3.3. Penentuan *Consequence*

Consequence adalah suatu akibat atau dampak dari suatu kejadian yang biasanya diekspresikan sebagai kerugian dari suatu kejadian. Penentuan *Consequence* mengacu pada data rekaman sasaran organisasi tata kelola sarana dan prasarana (khususnya pengelolaan IPAL) yang meliputi pemenuhan jumlah SDM yang terkait dengan operasional IPAL, hasil analisa laboratorium effluent limbah cair, perhitungan efisiensi kinerja mesin dan peralatan serta efisiensi pengolahan pada unit operasi IPAL lumpur aktif tersebut. Perhitungan nilai *Consequence* diambil dari setiap faktor yang ada pada *Fault Tree Diagram*. Formula dan data yang digunakan dalam perhitungan nilai *Consequence* pada setiap faktor risiko dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Formula dan Sumber Data Dalam Perhitungan *Consequence*

Faktor	Sub Faktor	Formula yang Digunakan	Sumber Data
SDM	Kuantitas	$\frac{\sum \text{SDM yang kurang}}{\sum \text{SDM sesuai ABK}} \times 100\%$	Analisis Beban Kerja dan Jabatan
	Kualitas	$\frac{\sum \text{SDM yang belum ikut pelatihan}}{\sum \text{SDM terkait operasional IPAL}} \times 100\%$	Data Kepegawaian
	Job Description	$\frac{\sum \text{SOP yang belum lengkap}}{\sum \text{SOP ideal yang diperlukan}} \times 100\%$	Daftar SOP IPAL
	Pembinaan & Pengawasan	$\frac{\sum \text{SDM yang belum cukup dibina & diawasi}}{\sum \text{SDM ideal yang dibina & diawasi}} \times 100\%$	Laporan Satuan Kerja Pegawai
Mesin & Peralatan	Pompa Inlet (Manhole Pump)	$\frac{Q \text{ spesifikasi} - Q \text{ eksisting}}{Q \text{ eksisting}} \times 100\%$	Buku Operation dan Maintenance Manual IPAL, data pemeliharaan dan rehabilitasi IPAL
	Flowmeter	$\frac{Q \text{ spesifikasi} - Q \text{ eksisting}}{Q \text{ eksisting}} \times 100\%$	
	Blower	$\frac{Q \text{ spesifikasi} - Q \text{ eksisting}}{Q \text{ eksisting}} \times 100\%$	
	Diffuser	$\frac{\sum \text{diffuser yang rusak}}{\sum \text{total diffuser}} \times 100\%$	
	Lift Pump	$\frac{Q \text{ spesifikasi} - Q \text{ eksisting}}{Q \text{ eksisting}} \times 100\%$	
	Pompa Resirkulasi Lumpur	$\frac{Q \text{ spesifikasi} - Q \text{ eksisting}}{Q \text{ eksisting}} \times 100\%$	
	Hydroextractor	$\frac{Q \text{ spesifikasi} - Q \text{ eksisting}}{Q \text{ eksisting}} \times 100\%$	
Proses	Buffer Tank	$\frac{\text{Efisiensi standar} - \text{Efisiensi eksisting}}{\text{Efisiensi standar}} \times 100\%$	Hasil analisa laboratorium & data desain IPAL
	Bak Aerasi	$\frac{\text{Efisiensi standar} - \text{Efisiensi eksisting}}{\text{Efisiensi standar}} \times 100\%$	
	Bak Sedimentasi (Clarifier)	$\frac{\text{Efisiensi standar} - \text{Efisiensi eksisting}}{\text{Efisiensi standar}} \times 100\%$	

Besaran *Consequence* dari risiko ditentukan berdasarkan banyaknya data yang belum mencapai kondisi ideal. Adapun hasil perhitungan besaran *Consequence* adalah sebagai berikut:

Faktor Sumber Daya Manusia

Consequence Kuantitas = $\frac{4}{12} \times 100\% = 33,33\%$

(Medium)

Consequence Kualitas = $\frac{8}{12} \times 100\% = 66,67\%$

(High)

$$\text{Consequence Job Description} = \frac{3}{7} \times 100\% = 42,86\% \quad (\text{Medium})$$

$$\text{Consequence Pembinaan \& Pengawasan} = \frac{6}{12} \times 100\% = 50\% \quad (\text{Medium})$$

Faktor Mesin dan Peralatan

$$\text{Consequence Pompa Inlet} = \frac{2500-2125}{2500} \times 100\% = 15\% \quad (\text{Low})$$

$$\text{Consequence Flowmeter} = \frac{113,56-0}{113,56} \times 100\% = 100\% \quad (\text{Extreme})$$

$$\text{Consequence Blower} = \frac{39,5-35}{39,5} \times 100\% = 11,39\% \quad (\text{Low})$$

$$\text{Consequence Diffuser} = \frac{16}{138} \times 100\% = 11,59\% \quad (\text{Low})$$

$$\text{Consequence Lift Pump} = \frac{700-590}{700} \times 100\% = 15,71\% \quad (\text{Low})$$

$$\text{Consequence Pompa Resirkulasi Lumpur} = \frac{1-0,8}{1} \times 100\% = 20\% \quad (\text{Low})$$

$$\text{Consequence Hydroextractor} = \frac{49,6-0}{49,6} \times 100\% = 100\% \quad (\text{Extreme})$$

Faktor Proses

$$\text{Consequence Buffer Tank} = \frac{10\% - \left(\frac{1536-985}{1536} \times 100\% \right)}{10\%} \times 100\% = -258,72\% \quad (\text{Negligible})$$

$$\text{Consequence Bak Aerasi} = \frac{90\% - \left(\frac{985-831}{985} \times 100\% \right)}{90\%} \times 100\% = 82,63\% \quad (\text{Extreme})$$

$$\text{Consequence Bak Sedimentasi} = \frac{20\% - \left(\frac{831-29}{831} \times 100\% \right)}{20\%} \times 100\% = -382,55\% \quad (\text{Negligible})$$

Dari hasil perhitungan *Consequence* di atas, nilai yang didapatkan di plot sesuai Tabel 5.10 yaitu kategori dan interval nilai *Consequence*, sehingga didapatkan kategori *Consequence* pada setiap faktor yang dinilai.

Hasil dari perhitungan setelah dikategorikan sesuai dengan range nilai yang diperoleh, nilai *Consequence* atau dampak terbesar dengan kategori *Extreme* terdapat pada faktor Mesin dan Peralatan (komponen Flowmeter dan *Hydroextractor*) dan faktor Proses (komponen Bak Aerasi). Kategori *High* terdapat pada faktor proses SDM untuk komponen kualitas. Kategori *Medium* terdapat pada faktor SDM untuk komponen kuantitas, *job description* dan pembinaan & pengawasan. Kategori *Low* terdapat pada faktor Mesin dan Peralatan untuk komponen pompa inlet, blower,

diffuser, lift pump dan pompa sirkulasi lumpur. Untuk kategori paling rendah yaitu *Negligible* terdapat pada Faktor Proses (Buffer Tank dan Bak Sedimentasi).

Tabel 5.10 Kategori dan Interval Nilai *Consequence*

Kategori	Penjelasan	Range Nilai
<i>Negligible</i>	Konsekuensi risiko yang terjadi tidak perlu dkuatirkan	<10%
<i>Low</i>	Konsekuensi risiko kecil tetapi perlu adanya usaha penanganan untuk mengurangi risiko yang terjadi seperti penanganan di tempat	11 – 30%
<i>Medium</i>	Konsekuensi risiko sedang oleh karena itu perlu adanya pengelolaan berdasarkan prosedur normal	31 – 60%
<i>High</i>	Konsekuensi risiko yang terjadi relatif besar terhadap lingkungan oleh karena itu perlu adanya pengelolaan yang intensif dalam penanganan	61 – 80%
<i>Extreme</i>	Konsekuensi risiko yang terjadi sangat besar	>81%

Sumber : *The Government of Western Australian* (1999)

Likelihood merupakan kemungkinan dalam satu periode waktu dari dari suatu risiko tersebut akan muncul. *Consequence* merupakan suatu dampak atau kejadian dari suatu kegiatan. Perhitungan risiko dapat dirumuskan sebagai perkalian antara nilai *Likelihood* dan *Consequence*. Analisis risiko mencakup pertimbangan mengenai sumber risiko, konsekuensi, dan kemungkinan dari risiko tersebut. Rekapitulasi penilaian risiko secara keseluruhan berdasarkan probabilitas dan konsekuensi dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Penilaian Risiko

Faktor Risiko	Sub Faktor Level 1	Sub Faktor Level 2	Sub Faktor Level 3	Kategori Probability	Kategori Consequence	Kategori Risiko	
SDM	Kuantitas	Operator IPAL		Likely	Medium	Major	
		Teknisi Mesin & Listrik		Likely	Medium	Major	
		Analisis Laboratorium		Almost Certain	Medium	High	
	Kualitas	Tingkat Pendidikan		Likely	High	High	
		Tenaga Ahli		Moderate	High	Major	
		Pemahaman Operasional IPAL	Pelatihan		Almost Certain	High	Severe
			Referensi/Literatur		Likely	High	High
	Job Description	Kelengkapan SOP		Likely	Medium	Major	
		SOP Sulit Diterapkan	Peralatan		Almost Certain	Medium	High
			Metode		Likely	Medium	Major
	Pembinaan & Pengawasan	Pelaksanaan SOP			Almost Certain	Medium	High
					Likely	Medium	Major
		Penanggung Jawab		Likely	Medium	Major	
Laporan Kerja			Likely	Medium	Major		
Penilaian Kinerja	Evaluasi		Likely	Medium	Major		
	Sanksi		Almost Certain	Medium	High		
Mesin & Peralatan	Pompa Inlet (Manhole Pump)	Kondisi/Fungsi		Likely	Low	Significant	
		Suku Cadang		Likely	Low	Significant	
		Usia Pompa		Moderate	Low	Moderate	
		Pemeliharaan		Likely	Low	Significant	
	Flowmeter	Kondisi/Fungsi	Macet		Unlikely	Extreme	Major
			Rusak		Almost Certain	Extreme	Severe
		Suku Cadang		Almost Certain	Extreme	Severe	
	Perbaikan		Almost Certain	Extreme	Severe		
	Blower	Kondisi/Fungsi		Likely	Low	Significant	
		Kapasitas		Likely	Low	Significant	
		Suku Cadang		Likely	Low	Significant	
		Usia Blower		Moderate	Low	Significant	
		Pemeliharaan		Likely	Low	Significant	
	Diffuser	Kondisi/Fungsi	Tersumbat		Likely	Low	Significant
			Rusak		Moderate	Low	Moderate
		Perletakan		Moderate	Low	Moderate	
	Pemeliharaan		Moderate	Low	Moderate		
	Lift Pump	Kondisi/Fungsi		Likely	Low	Significant	
		Suku Cadang		Likely	Low	Significant	
		Usia Pompa		Moderate	Low	Moderate	
Pemeliharaan			Likely	Low	Significant		

Tabel 5.11 Rekapitulasi Penilaian Risiko (lanjutan)

Faktor Risiko	Sub Faktor Level 1	Sub Faktor Level 2	Sub Faktor Level 3	Kategori Probability	Kategori Consequence	Kategori Risiko	
Mesin & Peralatan	Pompa Resirkulasi Lumpur	Kondisi/Fungsi		Moderate	Low	Moderate	
		Suku Cadang		Moderate	Low	Moderate	
		Usia Pompa		Moderate	Low	Moderate	
		Pemeliharaan		Moderate	Low	Moderate	
	Hydroextract or	Kondisi/Fungsi	Non Operasional		Almost Certain	Extreme	Severe
			Rusak		Unlikely	Extreme	Major
		Suku Cadang Perbaikan		Almost Certain	Extreme	Severe	
Proses	Buffer Tank	Waktu Tinggal (td)	Debit Limbah	Moderate	Negligible	Trivial	
			Volume Bak	Unlikely	Negligible	Trivial	
	Bak Aerasi	Kebutuhan Udara	BOD Loading		Almost Certain	Extreme	Severe
			Waktu Aerasi		Moderate	Extreme	High
			Rasio Resirkulasi		Almost Certain	Extreme	Severe
			Efisiensi		Likely	Extreme	Severe
			Waktu Tinggal (td)		Almost Certain	Negligible	Trivial
	Bak Sedimentasi (Clarifier)	Efisiensi			Likely	Negligible	Trivial

Tabel rekapitulasi penilaian risiko di atas menjelaskan kategori risiko pada setiap sub faktor. Pada faktor SDM, sub faktor kualitas tingkat pendidikan kategori probability *likely* dan kategori *consequence high*, apabila di plot pada matrik, maka termasuk kategori risiko *high*. Hal ini dilakukan pada setiap sub faktor yang telah diketahui kategori *probability* dan *consequence* masing-masing.

5.3.4. Pemetaan Risiko

Hasil perhitungan *Likelihood* dan *Consequence* di atas diplot pada matrik kategori tingkatan risiko dengan sumbu X adalah *Consequence* dan sumbu Y adalah *Likelihood*, maka apabila digambarkan pada peta risiko pada aspek atau faktor SDM dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Dari hasil pemetaan di Tabel 5.12 diperoleh bahwa risiko tertinggi pada faktor SDM yaitu kategori *Severe* terdapat pada sub faktor Pelatihan bagi SDM yang

terlibat dalam operasional IPAL . Risiko ini harus dikelola dengan rencana yang detail serta mendapat perhatian dari manajemen. Risiko dengan kategori *High* terdapat pada sub faktor Analisis Laboratorium (tidak adanya tenaga khusus untuk posisi tersebut), Peralatan (dukungan peralatan kerja kurang), Pelaksanaan SOP (operasional tidak sesuai SOP), Sanksi (*reward and punishment* belum berjalan), Tingkat Pendidikan (pendidikan rendah dan kompetensi tidak sesuai) dan Referensi/Literatur (dukungan referensi operasional IPAL kurang).

Tabel 5.12 Matrik Kategori Risiko Pada Faktor SDM

SDM		Consequence				
		<i>Extreme</i>	<i>High</i>	<i>Medium</i>	<i>Low</i>	<i>Negligible</i>
<i>Likelihood</i>	<i>Almost Certain</i>	<i>Severe</i>	<i>Severe</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Trivial</i>
			Pelatihan	Analisis Laboratorium Peralatan Pelaksanaan SOP Sanksi		
	<i>Likely</i>	<i>Severe</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Trivial</i>
			Tingkat Pendidikan Referensi/Literatur	Operator IPAL Teknisi Mesin & Listrik Kelengkapan SOP Metode Penanggung Jawab Laporan Kerja Evaluasi		
	<i>Moderate</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Moderate</i>	<i>Trivial</i>
			Tenaga Ahli			
	<i>Unlike</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Moderate</i>	<i>Low</i>	<i>Trivial</i>
<i>Rare</i>	<i>Significant</i>	<i>Moderate</i>	<i>Low</i>	<i>Trivial</i>	<i>Trivial</i>	

Risiko dengan kategori *Major* terdapat pada sub faktor Operator IPAL (jumlahnya belum memadai), Teknisi Mesin & Listrik (jumlahnya belum memadai), Kelengkapan SOP (masih kurang lengkap), Metode (masih sulit diterapkan), Penanggung Jawab (kinerja terhadap operasional IPAL masih kurang), Laporan Kerja (pelaporan belum dilakukan secara rutin & baik), Evaluasi (evaluasi kinerja masih kurang), Tenaga Ahli (kompetensi kurang mendukung).

Dari hasil pemetaan pada Tabel 5.13 diperoleh bahwa risiko tertinggi pada faktor Mesin yaitu kategori *Severe* terdapat pada sub faktor Flowmeter yaitu dalam

kondisi rusak (tidak berfungsi), tidak ada suku cadang dan tidak ada upaya perbaikan. Risiko dengan kategori *Severe* juga terdapat pada sub faktor *Hydroextractor* (pengolahan lumpur) dimana saat ini tidak dioperasikan (non operasional), sehingga lumpur yang sudah dipisahkan di bak sedimentasi dibuang langsung ke badan air.

Tabel 5.13 Matrik Kategori Risiko Pada Faktor Mesin

MESIN & PERALATAN		Consequence				
		<i>Extreme</i>	<i>High</i>	<i>Medium</i>	<i>Low</i>	<i>Negligible</i>
<i>Likelihood</i>	<i>Almost Certain</i>	<i>Severe</i> Rusak, Suku Cadang & Perbaikan (Flowmeter) Non Operasional (Hydroextractor)	<i>Severe</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Trivial</i>
	<i>Likely</i>	<i>Severe</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i> Kondisi/Fungsi, Suku Cadang & Pemeliharaan (Pompa Inlet) Kondisi/Fungsi, Kapasitas, Suku Cadang & Pemeliharaan (Blower) Tersumbat (Diffuser) Kondisi/Fungsi, Suku Cadang & Pemeliharaan (Lift Pump)	<i>Trivial</i>
	<i>Moderate</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Moderate</i> Usia (Pompa Inlet) Usia (Blower) Rusak, Perletakan & Pemeliharaan (Diffuser) Usia (Lift Pump) Kondisi/Fungsi, Suku Cadang, Usia & Pemeliharaan (Pompa Resirkulasi Lumpur)	<i>Trivial</i>
	<i>Unlike</i>	<i>Major</i> Macet (Flowmeter) Rusak (Hydroextractor)	<i>Significant</i>	<i>Moderate</i>	<i>Low</i>	<i>Trivial</i>
	<i>Rare</i>	<i>Significant</i>	<i>Moderate</i>	<i>Low</i>	<i>Trivial</i>	<i>Trivial</i>

Risiko dengan kategori *Major* terdapat pada sub faktor Flowmeter dalam kondisi macet yang terjadi pada flowmeter di outlet IPAL karena menggunakan flowmeter yang seharusnya untuk air bersih. Dan risiko dengan kategori *Major* juga terdapat pada sub faktor Hydroextractor yang saat ini *Belt Press* dan beberapa peralatan mekanik pendukungnya sudah rusak karena tidak pernah dioperasikan dan tidak dipelihara dengan baik.

Risiko dengan kategori *Significant* terdapat pada sub faktor Pompa Inlet meliputi kondisi/fungsi, suku cadang dan pemeliharaan, sub faktor Blower meliputi kondisi/fungsi, kapasitas, suku cadang dan pemeliharaan, sub faktor Diffuser yang tersumbat karena banyaknya endapan lumpur dan jarang dilakukan pengecekan/pembersihan, serta sub faktor *Lift Pump* meliputi kondisi/fungsi, suku cadang dan pemeliharaan. Kondisi dan kinerja mesin yang kurang optimal, minimnya suku cadang yang tersedia dan dukungan (biaya) pemeliharaan merupakan penyebab utama dari risiko di kategori ini.

Risiko dengan kategori *Moderate* terdapat pada sub faktor Usia Pompa Inlet, Usia Blower dan Usia *Lift Pump* yang relatif baru karena beberapa bagian/seluruh mesinnya telah diganti pada tahun 2012 atau pada saat pemeliharaan tahunan. Untuk sub faktor diffuser meliputi sebagian kecil diffuser rusak, perletakan di bagian ujung pipa sehingga tekanan udara kurang optimal, dan tidak ada jadwal pemeliharaan rutin diffuser. risiko dengan kategori *Moderate* juga terdapat pada sub faktor Pompa Resirkulasi Lumpur yaitu pada kondisi/fungsi yang tidak berjalan optimal, minimnya suku cadang, usia dan dukungan pemeliharaan juga kurang.

Tabel 5.14 Matrik Kategori Risiko Pada Faktor Proses

PROSES		Consequence				
		<i>Extreme</i>	<i>High</i>	<i>Medium</i>	<i>Low</i>	<i>Negligible</i>
Likelihood	<i>Almost Certain</i>	<i>Severe</i>	<i>Severe</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Trivial</i>
		BOD Loading Rasio Resirkulasi				Waktu Tinggal
	<i>Likely</i>	<i>Severe</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Trivial</i>
		Kebutuhan Udara Efisiensi (Bak Aerasi)				Efisiensi (Clarifier)
	<i>Moderate</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Moderate</i>	<i>Trivial</i>
		Waktu Aerasi				Debit Limbah
	<i>Unlike</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Moderate</i>	<i>Low</i>	<i>Trivial</i>
						Volume Bak (Buffer Tank)
	<i>Rare</i>	<i>Significant</i>	<i>Moderate</i>	<i>Low</i>	<i>Trivial</i>	<i>Trivial</i>

Dari hasil pemetaan kategori risiko pada Faktor Proses pada Tabel 5.14 diperoleh bahwa risiko tertinggi pada faktor Proses IPAL yaitu kategori *Severe* terdapat pada sub faktor BOD Loading, Kebutuhan Udara dan Efisiensi kinerja Bak

Aerasi dimana semua kriteria proses tersebut tidak terpenuhi nilainya. Risiko ini memerlukan perencanaan detail pada tingkat manajemen yaitu penanggung jawab kegiatan dan pengelola IPAL, karena konsekuensinya sangat besar yaitu kegagalan operasional IPAL.

Risiko dengan kategori *High* terdapat pada sub faktor Waktu Aerasi. Risiko ini memerlukan perhatian penanggung jawab operasional dan tenaga ahli karena konsekuensinya dapat mengancam kelangsungan kinerja proses IPAL. Selanjutnya risiko terendah yang terjadi dengan kategori *Trivial* terdapat pada sub faktor Debit Limbah & Volume Bak (Buffer Tank) dan Waktu Tinggal & Efisien (Clarifier). Risiko ini dapat ditangani langsung oleh operator IPAL.

Seluruh risiko yang telah dipetakan tersebut selanjutnya akan dilakukan tindakan mitigasi untuk meminimalisasi potensi risiko dan dampak yang akan ditimbulkan. Rencana tindakan mitigasi risiko kinerja IPAL disusun berdasarkan kategori risikonya.

5.4. Strategi Mitigasi

Berdasarkan hasil analisis dan pemetaan kriteria tingkatan risiko, diperoleh risiko dengan kategori *Severe* yaitu faktor yang paling penting dalam pencapaian kualitas effluent IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta adalah pembenahan pada faktor mesin dan peralatan yaitu diperlukan penggantian terhadap Flowmeter yang rusak termasuk dengan penyediaan suku cadangnya dan penggantian/perbaikan *Hydroextractor* & suku cadangnya yang saat ini dalam kondisi tidak beroperasi dan rusak. Untuk faktor proses IPAL, terutama pada unit lumpur aktif beberapa nilai standar kriteria proses belum tercapai, diantaranya *BOD Loading*, Rasio Resirkulasi (RAS), Kebutuhan udara dan Efisiensi sistem lumpur aktif. Untuk. Selain itu juga diperlukan perhatian pada faktor SDM utamanya terkait perlunya pelatihan teknis operasional IPAL yang memadai kepada SDM yang terkait operasional IPAL.

Kegiatan pengendalian proses IPAL masih kurang konsisten dikarenakan petugas/tenaga khusus yang bertugas mengendalikan proses IPAL masih belum memadai dan tidak memiliki pengetahuan/pemahaman yang cukup mengenai proses dan operasional IPAL. Faktor proses IPAL memiliki nilai Likelihood sebesar 0,825

atau 82,5%, Faktor proses Mesin dan Peralatan memiliki nilai Likelihood sebesar 0,812 atau 81,2%, sedangkan faktor SDM memiliki nilai Likelihood sebesar 0,615 atau 61,5% sehingga prioritas mitigasi dilakukan pada 7 (tujuh) sub komponen dari faktor risiko tersebut.

Prioritas komponen faktor risiko dapat ditentukan berdasarkan probabilitas kejadian terbesar agar diperoleh tindakan mitigasi yang tepat. Penentuan nilai presentase probabilitas tertinggi dari masing-masing sub faktor yaitu berdasarkan dari perhitungan presentase probabilitas. *BOD Loading*, Rasio Resirkulasi (RAS), Kebutuhan udara dan Efisiensi sistem lumpur aktif sebesar 100%. Nilai untuk sub faktor Flowmeter (rusak) & Suku Cadang serta Hydroextractor (tidak operasional dan rusak) & Suku Cadang sebesar 98%, sedangkan nilai pada sub faktor Pelatihan SDM terkait operasional IPAL sebesar 74%.

Setelah diketahui faktor penyebab masalah berdasarkan tingkat kategori, peringkat, dan probabilitasnya, maka cara yang akan digunakan sebagai upaya peningkatan kinerja IPAL adalah dengan melakukan mitigasi risiko. Langkah mitigasi risiko merupakan penanganan risiko sebagai strategi untuk mengurangi frekuensi terjadinya risiko serta mencegah timbulnya potensi risiko yang lain. Tindakan mitigasi lebih fokus dilakukan pada sub faktor level terakhir (*minimal cut set*), atau pada akar penyebab masalah yang telah teridentifikasi pada FTA. Prioritas tindakan mitigasi risiko sebagai upaya peningkatan kinerja IPAL yang dapat direkomendasikan diantaranya adalah sebagai berikut:

A. Kategori Severe

1. Tingkat pemahaman SDM (khususnya operator) yang rendah mengenai mekanisme pengolahan limbah, teknis operasional dan pemeliharaan sarana prasana IPAL akan berdampak pada kinerja operator dan secara tidak langsung akan mempengaruhi proses IPAL. Pada pengolahan air limbah secara biologis pemahaman/pengetahuan teknis operator mengenai proses dan operasional IPAL sangat diperlukan untuk menjaga kondisi lumpur aktif agar tetap normal sehingga efisiensi pengolahan tetap baik. Hal tersebut termasuk memiliki pengetahuan dan keterampilan dalam mengoperasikan peralatan mekanik dan elektrik secara otomatis

dan manual, menangani permasalahan fenomena abnormal pengolahan, pemantauan dan pengujian rutin faktor pengolahan (debit, pH, DO, ORP, SVI 30), dan pemeliharaan dasar peralatan mekanis dan elektrik. Tindakan mitigasi yang direkomendasikan adalah mengirimkan seluruh petugas/staf yang terlibat dalam operasional IPAL utamanya operator dan teknisi IPAL untuk mengikuti pelatihan teknis operasional IPAL secara berkala, termasuk program pelatihan keterampilan pemeliharaan dan perbaikan peralatan mesin seperti pompa & blower serta peralatan elektrikal seperti panel kontrol, jaringan listrik, genset dan sensor otomatis. Untuk pejabat penanggung jawab kegiatan operasional IPAL juga perlu mengikuti pelatihan mengenai pengelolaan lingkungan khususnya pengolahan limbah agar memiliki pengetahuan dan pemahaman yang baik mengenai pentingnya pengolahan limbah yang benar secara teknis, memenuhi baku mutu lingkungan dan layak secara ekonomis.

2. Kondisi flowmeter air limbah saat ini rusak, tidak ada suku cadang dan flowmeter cadangan serta tidak diperhatikan (diabaikan) sehingga tidak ada upaya perbaikan/penggantian. Padahal flowmeter ini merupakan salah satu peralatan yang sangat penting untuk mengukur debit air limbah yang masuk ke IPAL dalam rangka mengetahui beban pengolahan dan menghitung efisiensi pengolahan. Flowmeter yang pernah dioperasikan (tahun 2003 dan diganti tahun 2012) tidak dapat berfungsi sesuai spesifikasi dan umur teknisnya sangat pendek. Tindakan mitigasi yang direkomendasikan adalah mengganti flowmeter eksisting (*ultrasonic flowmeter with digital flow rate indicator plus 8 digit totalizer*) Ø 150 mm kapasitas 30 galon/menit (debit limbah kapasitas 267 galon/menit) dengan analog/mekanikal flowmeter (Sewage Hi-Flowmeters) Ø 150 mm kapasitas 660 galon/menit. Dengan analog/mekanikal flowmeter diharapkan kegiatan operasional dan pemeliharaan akan lebih mudah serta suku cadangnya dapat selalu tersedia, sehingga operator dapat rutin mencatat dan memantau debit limbah yang masuk ke IPAL.

3. Hydroextractor saat ini tidak beroperasi sehingga lumpur yang dihasilkan dari proses biologis tetap dibuang ke badan air. Hydroextractor terdiri dari belt press sebagai alat utama pengolahan/pengeringan lumpur, peralatan pembubuhan koagulan dan peralatan pendukung lainnya. Permasalahan operasional Hydroextractor adalah energi listrik yang dibutuhkan cukup besar sedangkan hasil cake yang didapatkan sedikit sehingga dinilai tidak efisien. Selanjutnya adalah tidak ada tenaga operator yang cukup dan mampu mengoperasikan Hydroextractor dengan baik, dan peralatan-peralatan di dalamnya sudah banyak yang rusak namun tidak pernah diperbaiki. Tindakan mitigasi yang direkomendasikan adalah diusulkan pembiayaan untuk mengaktifkan kembali instalasi pengolahan lumpur ini, perbaikan dan penggantian peralatan di dalam Hydroextractor serta penyediaan suku cadang untuk peralatan yang sering mengalami kerusakan.

4. Nilai BOD Loading, kebutuhan udara dan efisiensi sistem lumpur aktif merupakan satu keterkaitan, sangat dipengaruhi oleh rasio resirkulasi lumpur aktif (RAS) dan suplai udara, dimana indikator tersebut sangat menentukan kualitas effluent limbah cair yang diolah dalam IPAL. Untuk menjaga Nilai BOD Loading, kebutuhan udara, rasio sirkulasi dan efisiensi sistem lumpur aktif tetap normal, harus dilakukan kontrol terhadap beban limbah yang masuk, unit lumpur aktif harus selalu memenuhi kriteria rasio resirkulasi lumpur aktif (RAS) yaitu 20 – 40% dan konsentrasi oksigen terlarut (DO) dalam air limbah tidak boleh kurang dari 1-2 mg/l. Tindakan mitigasi yang direkomendasikan yaitu melakukan kontrol kualitas/pengujian beban limbah secara rutin setiap hari dengan penyediaan alat ukur portable (*Portable Total Suspended Solid Monitor* dan *COD Meter Portable*), melakukan pengukuran MLSS, melakukan pengujian influen dan effluent berkala setiap bulan dan melakukan pencatatan/dokumentasi secara teratur dan sistematis. Tindakan selanjutnya adalah melakukan kontrol rutin terhadap operasional pompa resirkulasi lumpur agar debit yang dipompa kembali ke bak aerasi 1 agar tetap stabil pada kapasitas 21,88 m³/jam atau 364,6

liter/menit, untuk memudahkan operator dapat dibantu dengan pemasangan timer otomatis. Tindakan terakhir adalah melakukan kontrol kelarutan oksigen dengan peralatan DO meter, kondisi saat ini rusak diperlukan penggantian namun harus dilengkapi dengan suku cadang yang memadai.

B. Kategori High

1. Pegawai yang bertugas sebagai Analis Laboratorium tidak ada, mayoritas tingkat pendidikan operator dan teknisi adalah SLTA/SMK, dengan uraian pekerjaan yang tidak sesuai kebutuhan dan kemampuan karena tidak/kurang memiliki pengetahuan dan keterampilan teknis, khususnya operasional IPAL. Hal tersebut berdampak pada rendahnya kemampuan operator dalam memahami teknis operasional IPAL dan diperparah dengan minimnya referensi/literatur yang tersedia dan mudah dipahami tentang proses pengolahan air limbah. Pelaksanaan SOP juga mengalami kendala beberapa penyebabnya adalah minimnya peralatan kerja, SOP yang ada tidak praktis penerapannya dilapangan, serta operator dan teknisi yang sering kali bekerja tidak sesuai/mengacu pada SOP yang ada. Kinerja SDM yang terkait dengan operasional IPAL juga masih tidak baik, salah satunya disebabkan minimnya sanksi tegas dari pimpinan terhadap pegawai yang melakukan pelanggaran/kelalaian dalam tugasnya. Tindakan mitigasi yang direkomendasikan yaitu merekrut tenaga analis laboratorium termasuk menyediakan peralatan kerjanya, melakukan penggantian/mutasi pegawai yang kinerjanya buruk dan kompetensinya tidak sesuai, dan menambah jumlah tenaga operator & teknisi yang kompetensinya sesuai kebutuhan. Tindakan mitigasi selanjutnya adalah menambah referensi/literatur yang lengkap terkait proses dan operasional IPAL dan mewajibkan kepada seluruh pegawai terkait membacanya, melengkapi peralatan kerja yang dibutuhkan untuk melaksanakan SOP operasional dan pemeliharaan IPAL, serta melakukan monitoring dan evaluasi kinerja secara tepat pada operator dan teknisi yang terkait, termasuk menerapkan reward bagi pegawai yang berprestasi/berkinerja

sangat baik dan menjatuhkan punishment/sanksi tegas terhadap pegawai yang berkinerja buruk.

2. Waktu aerasi dipengaruhi oleh debit limbah yang masuk ke bak aerasi dan rasio resirkulasi lumpur aktif (RAS), dimana indikator tersebut ikut menentukan kualitas effluent limbah cair. Untuk menjaga waktu aerasi tetap pada angka normal, maka tindakan mitigasi yang direkomendasikan adalah dengan melakukan kontrol terhadap proses resirkulasi lumpur aktif agar dalam kisaran 20-40% (target RAS 30%). Selanjutnya adalah melakukan kontrol terhadap debit air limbah yang masuk dan pengaturan pembuangan effluent, sehingga fungsi flowmeter sangat penting untuk mengukur debit harian air limbah.

C. Kategori *Major*

1. Kuantitas operator dan teknisi IPAL masih kurang khususnya teknisi mesin untuk pemeliharaan dan perbaikan, hal ini menyebabkan operasional IPAL sering terganggu, terutama apabila terjadi kerusakan atau kegiatan pemeliharaan rutin mesin dan peralatan. Penambahan beban kerja operator (operasional pompa pengendali banjir) diluar operasional IPAL juga menyebabkan kerja operator semakin berat. Berdasarkan perhitungan beban kerja untuk operasional IPAL dibutuhkan 6 orang operator (eksisting 4 orang) dan 2 teknisi mesin & elektrik (eksisting 4 orang untuk seluruh kawasan pelabuhan), termasuk dengan hydroextractor dioperasikan kembali. Tindakan mitigasi yang direkomendasikan yaitu mengusulkan penambahan SDM operator dan teknisi serta mengatur kembali tugas dan tanggung jawab operator dan teknisi agar fokus di operasional IPAL.

Kualitas tenaga ahli yang ditugaskan juga belum memadai karena tidak memiliki kompetensi yang cukup di bidang pengolahan limbah dan waktu kerjanya justru disibukkan dengan kegiatan selain operasional IPAL. Tindakan mitigasi yang direkomendasikan yaitu meningkatkan kompetensi tenaga ahli melalui pendidikan dan pelatihan mengenai pengolahan limbah dan mekanisme operasional IPAL.

Uraian kerja yang tercantum di SOP juga perlu dilengkapi termasuk metode kerja di SOP yang tidak praktis pelaksanaannya dilapangan karena menghambat kinerja operator dan teknisi. Tindakan mitigasi yang direkomendasikan yaitu melengkapi SOP eksisting dan dilakukan peninjauan/revisi SOP berdasarkan literatur/referensi teknis agar metode kerjanya mudah diterapkan dilapangan. Tanggung jawab pimpinan dalam melakukan pembinaan dan pengawasan terhadap operator dan teknisi IPAL dinilai masih kurang, termasuk evaluasi kinerja dan laporan harian pekerjaan operator. Hal ini mengakibatkan kinerja operator menjadi tidak terkontrol dengan baik dan tidak memiliki target kerja yang jelas sehingga mempengaruhi kinerja pengolahan IPAL. Tindakan mitigasi yang direkomendasikan yaitu penanggung jawab kegiatan harus meningkatkan kuantitas dan kualitas pengawasan operator dan teknisi IPAL, melakukan evaluasi terhadap kinerja operator serta mewajibkan pembuatan laporan kerja harian tertulis bagi operator dan teknisi IPAL.

2. Flowmeter air limbah di inlet IPAL saat ini rusak dan tidak berfungsi, namun sebelum flowmeter tersebut rusak beberapa kali mengalami kendala macet dan pembacaan ukurannya tidak sesuai. Karena tidak rutin dilakukan pengecekan dan segera diperbaiki pada akhirnya flowmeter rusak, namun masih terdapat flowmeter di outlet yang juga sering macet. Tindakan mitigasi yang direkomendasikan yaitu setelah dilakukan penggantian flowmeter maka harus difungsikan dengan baik, dilakukan pengecekan kondisi flowmeter dan pencatatan debit setiap hari serta dilakukan perawatan dan pemeliharaan dengan suku cadang yang memadai.

Hydroextractor juga dalam kondisi rusak dan tidak berfungsi, karena sudah lama tidak dioperasikan. Peralatan dan mesin pendukung hydroextractor cukup banyak, namun tidak seluruhnya harus diganti baru. Tindakan mitigasi yang direkomendasikan yaitu melakukan pengecekan kondisi teknis hydroextractor, mengganti mesin dan peralatan yang sudah rusak serta memperbaiki yang masih bisa digunakan.

D. Kategori *Significant*

Kondisi dan kinerja pompa inlet (manhole pump), blower dan lift pump cukup baik, beberapa kali mengalami permasalahan yang diakibatkan terlambatnya kegiatan perawatan dan pemeliharaan karena dukungan biaya dan suku cadang juga kurang. Pompa manhole terkendala di sistem nyala otomatis dan sensor, blower bermasalah pada mesin, dinamo dan fan belt sehingga beberapa blower cepat panas, sedangkan permasalahan pada lift pump yaitu macet akibat banyak lumpur sehingga pompa short. Tindakan mitigasi yang direkomendasikan yaitu pengecekan rutin (harian, mingguan dan bulanan), pengujian berkala kinerja mesin dan pompa, perawatan dan pemeliharaan sesuai dengan SOP atau buku manual, serta menyediakan stok suku cadang yang cukup untuk kegiatan perawatan dan pemeliharaan yang dapat dilakukan oleh operator dan teknisi.

Kondisi diffuser yang tersumbat menyebabkan suplai udara dari blower ke air limbah tidak efektif, sehingga rasio kebutuhan udara bisa tidak terpenuhi. Tindakan mitigasi yang direkomendasikan yaitu melakukan pengecekan dan pembersihan berkala diffuser di unit buffer tank, aerasi dan sludge stock tank.

E. Kategori *Moderate*

Usia pompa inlet, lift pump dan pompa sirkulasi lumpur terus dipantau walaupun jarang terjadi permasalahan karena sub faktor usia. Kondisi, suku cadang dan kegiatan pemeliharaan pada pompa sirkulasi lumpur juga perlu diperhatikan karena fungsi pompa ini penting untuk menjaga proses di bak aerasi dan clarifier. Tindakan mitigasi direkomendasikan yaitu membuat data manifes tanggal pemasangan, penggantian, perbaikan dan pemeliharaan pompa untuk mengetahui umur teknis pompa, memantau efisiensi kinerja dan melakukan perawatan dan pemeliharaan sesuai SOP atau buku manual.

Diffuser rusak akibat tidak dilakukan pengecekan dan perawatan dalam waktu cukup lama. Perletakan diffuser akan mempengaruhi tekanan udara dari blower ke air limbah. Pemeliharaan selain untuk diffuser juga diperlukan untuk jaringan pipa udara, valve dan aksesoris lainnya. Tindakan

mitigasi yang direkomendasikan yaitu penggantian diffuser dan peralatan pendukung yang rusak untuk itu diperlukan stok suku cadang, pengecekan tekanan udara pada diffuser, serta melakukan pemeliharaan berkala.

F. Kategori Trivial

Pada buffer tank untuk debit limbah dan volume bak tindakan mitigasi yang dilakukan adalah pengukuran debit limbah, pemantauan kondisi bak dan pengurasan bak setiap tahun. Untuk bak sedimentasi tindakan mitigasi yang dilakukan untuk waktu tinggal dikendalikan dengan pengaturan pengembalian lumpur aktif ke bak aerasi 1 ($22 \text{ m}^3/\text{jam}$), dan untuk efisiensi dilakukan pengujian dan pencatatan data harian SV30.

Secara menyeluruh, detail tindakan mitigasi yang direkomendasikan dari seluruh faktor risiko dapat dilihat pada Tabel 5.15

Tabel 5.15 Rekomendasi Tindakan Mitigasi

Faktor Risiko	Sub Faktor Level 1	Sub Faktor Level 2	Sub Faktor Level 3	Kategori Risiko	Rekomendasi Tindakan Mitigasi
SDM	Kuantitas	Operator IPAL		Major	Menambah Tenaga Operator IPAL
		Teknisi Mesin & Listrik		Major	Menambah Tenaga Teknisi (khususnya Teknisi Mesin)
		Analisis Laboratorium		High	Menyediakan Tenaga Analisis Laboratorium
	Kualitas	Tingkat Pendidikan		High	Melakukan penggantian dan/atau penambahan Tenaga Operator berdasarkan hasil evaluasi kinerja & kompetensi
		Tenaga Ahli		Major	Meningkatkan kompetensi Tenaga Ahli melalui pendidikan dan pelatihan
		Pemahaman Operasional IPAL	Pelatihan	Severe	Mengirim petugas terkait operasional IPAL secara rutin untuk mengikuti Pelatihan Teknis Operasional IPAL
			Referensi/Literatur	High	Menambah referensi/literatur yang lengkap terkait proses dan operasional IPAL
	Job Description	Kelengkapan SOP		Major	Melengkapi SOP sesuai standar operasional IPAL
		SOP Sulit Diterapkan	Peralatan	High	Melengkapi peralatan yang dibutuhkan sesuai SOP IPAL
			Metode	Major	Meninjau SOP dengan mengacu pada referensi/literatur
	Pelaksanaan SOP		High	Melakukan pemantauan dan pengawasan rutin pada operator IPAL	

Tabel 5.15 Rekomendasi Tindakan Mitigasi (lanjutan)

Faktor Risiko	Sub Faktor Level 1	Sub Faktor Level 2	Sub Faktor Level 3	Kategori Risiko	Rekomendasi Tindakan Mitigasi	
SDM	Pembinaan & Pengawasan	Penanggung Jawab		Major	Penambahan frekuensi pemantauan dan pengawasan operasional IPAL di lapangan	
		Laporan Kerja		Major	Pembuatan laporan tertulis kegiatan harian operator IPAL	
		Penilaian Kinerja	Evaluasi		Major	Evaluasi kinerja operator berdasarkan kinerja dan operasional IPAL
			Sanksi		High	Menerapkan sanksi sesuai dengan peraturan kepegawaian yang berlaku
Mesin & Peralatan	Pompa Inlet (Manhole Pump)	Kondisi/Fungsi		Significant	Pengecekan kondisi fisik dan fungsi pompa secara berkala setiap bulan	
		Suku Cadang		Significant	Menyediakan suku cadang untuk komponen yang sering mengalami kerusakan	
		Usia Pompa		Moderate	Memantau efisiensi kinerja pompa	
		Pemeliharaan		Significant	Melakukan pemeliharaan pompa secara berkala setiap 3 bulan	
	Flowmeter	Kondisi/Fungsi	Macet		Major	Melakukan pengecekan dan perawatan secara berkala
			Rusak		Severe	Mengganti Flowmeter yang sesuai kebutuhan dan kondisi lingkungan IPAL
		Suku Cadang		Severe	Menyediakan suku cadang untuk komponen yang sering mengalami kerusakan	
		Perbaikan		Severe	Melakukan pemeliharaan/perbaikan Flowmeter secara berkala setiap bulan	
	Blower	Kondisi/Fungsi		Significant	Pengecekan kondisi fisik dan fungsi blower secara berkala setiap bulan	
		Kapasitas		Significant	Memantau efisiensi kinerja blower	
		Suku Cadang		Significant	Menyediakan suku cadang untuk komponen yang sering mengalami kerusakan	
		Usia Blower		Significant	Memantau efisiensi kinerja blower	
	Pemeliharaan			Significant	Melakukan pemeliharaan pompa secara berkala setiap 3 bulan	
		Kondisi/Fungsi	Tersumbat		Significant	Melakukan pengecekan dan pembersihan secara berkala setiap 6 bulan
			Rusak		Moderate	Mengganti diffuser dan aksesoris yang rusak
		Perletakan		Moderate	Melakukan pengecekan kondisi pipa suplai udara	
	Pemeliharaan			Moderate	Melakukan pemeliharaan secara berkala setiap 6 bulan	
		Lift Pump	Kondisi/Fungsi		Significant	Pengecekan kondisi fisik dan fungsi pompa secara berkala setiap bulan
			Suku Cadang		Significant	Menyediakan suku cadang untuk komponen yang sering mengalami kerusakan
			Usia Pompa		Moderate	Memantau efisiensi kinerja pompa
Pemeliharaan			Significant	Melakukan pemeliharaan pompa secara berkala setiap 3 bulan		
Pompa Resirkulasi Lumpur	Kondisi/Fungsi			Moderate	Pengecekan kondisi fisik dan fungsi pompa secara berkala setiap bulan	
				Moderate	Menyediakan suku cadang untuk komponen yang sering mengalami kerusakan	
				Moderate	Memantau efisiensi kinerja pompa	
				Moderate	Melakukan pemeliharaan pompa secara berkala setiap 3 bulan	

Tabel 5.15 Rekomendasi Tindakan Mitigasi (lanjutan)

Faktor Risiko	Sub Faktor Level 1	Sub Faktor Level 2	Sub Faktor Level 3	Kategori Risiko	Rekomendasi Tindakan Mitigasi
Mesin & Peralatan	Hydroextractor	Kondisi/Fungsi	Non Operasional	Severe	Mengusulkan program pengaktifan kembali operasional unit <i>hydroextractor</i>
			Rusak	Major	Memperbaiki dan mengganti peralatan/mesin yang rusak di unit <i>hydroextractor</i>
		Suku Cadang		Severe	Menyediakan suku cadang untuk komponen yang sering mengalami kerusakan
		Pemeliharaan		Severe	Melakukan pemeliharaan secara berkala setiap bulan
Proses	Buffer Tank	Waktu Tinggal (td)	Debit Limbah	Trivial	Melakukan pemantauan dan pengukuran debit air limbah
			Volume Bak	Trivial	Melakukan pemantauan kondisi air limbah dan pengurusan endapan secara berkala setiap tahun
	Bak Aerasi	BOD Loading		Severe	Memantau dan menghitung beban BOD yang masuk ke IPAL secara rutin serta menghimbau industri untuk melakukan pengolahan pendahuluan
		Kebutuhan Udara		Severe	Mengganti peralatan monitoring DO meter, ORP & pH meter yang rusak serta memantau kinerja blower & hyper rater
		Waktu Aerasi		High	Memantau dan menghitung debit air limbah yang masuk ke IPAL tidak lebih dari kapasitas IPAL (1000 m ³ /hari) dan membuat pencatatan harian
		Rasio Resirkulasi		Severe	Mengendalikan proses resirkulasi lumpur aktif (20-40%), melakukan pemantauan dan membuat pencatatan harian
		Efisiensi		Severe	Memantau dan menjaga setiap kriteria proses agar tetap sesuai dengan kriteria desain dengan melakukan perhitungan/ pengujian dan pencatatan secara berkala
	Bak Sedimentasi (Clarifier)	Waktu Tinggal (td)		Trivial	Mengatur debit air limbah yang dipompa kembali ke bak aerasi (sekitar 22 m ³ /jam)
			Efisiensi	Trivial	Melakukan pemantauan dan analisa sludge volume indeks (SV30) dan membuat pencatatan harian

Strategi mitigasi dilakukan dengan mempertimbangkan skala prioritas. Rekomendasi dijalankan mulai dari kriteria risiko tertinggi (*Severe*) yang mempunyai potensi terbesar terhadap penurunan kinerja IPAL Pelabuhan Perikanan. Setelah risiko dengan kategori *Severe* dapat diminimalisasi, selanjutnya mitigasi risiko secara bertahap dilakukan pada risiko dengan kriteria *High*, *Major*, *Significant*, *Moderate*, *Low*, dan *Trivial*, tentunya mempertimbangkan anggaran biaya yang ada. Rincian

perkiraan biaya apabila tindakan mitigasi ini dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan detail perhitungannya terdapat pada lampiran I.

Tabel 5.16 Rincian Kebutuhan dan Estimasi Biaya Tindakan Mitigasi

Kategori Risiko	Rekomendasi Tindakan Mitigasi	Kebutuhan/Investasi	Total Biaya	Dampak yang Didapat
Severe	Mengirim petugas terkait operasional IPAL secara rutin untuk mengikuti Pelatihan Teknis Operasional IPAL	- Pelatihan Pengolahan Limbah Cair & Operasional IPAL (6 orang @ 1 kali setahun)	Rp 30,000,000	Keahlian dan keterampilan teknis operator dan teknisi bertambah sehingga kinerja lebih baik
		- Kursus untuk Teknisi Mesin dan Listrik (6 orang @ 1 kali setahun)	Rp 15,000,000	
	Mengganti Flowmeter yang sesuai kebutuhan dan kondisi lingkungan IPAL	- Sewage Hi-Flowmeters (1 unit untuk cadangan)	Rp 30,000,000	Mengetahui debit limbah yang masuk IPAL sehingga beban pengolahan IPAL dapat dihitung
	Menyediakan suku cadang untuk komponen flowmeter yang sering mengalami kerusakan	- Pemeliharaan Flowmeter (setiap 3 bulan)	Rp 600,000	
	Melakukan pemeliharaan & perbaikan Flowmeter secara berkala setiap bulan	- Perbaikan mesin Filter Press	Rp 250,000,000	Hydroextractor dapat mengolah lumpur dari proses biologis yang selama ini dibuang dan mencemari perairan
	Mengusulkan program pengaktifan kembali operasional unit <i>hydroextractor</i>	- Sparepart peralatan mesin dan listrik	Rp 30,000,000	
	Menyediakan suku cadang untuk komponen yang sering mengalami kerusakan	- Pemeliharaan mesin dan peralatan (12 bulan, @ Rp.5.000.000,-)	Rp 60,000,000	
	Melakukan pemeliharaan secara berkala setiap bulan	- COD meter portable	Rp 8,500,000	Mengetahui beban yang masuk ke IPAL untuk mencegah shock loading pada proses
	Memantau dan menghitung beban BOD yang masuk ke IPAL secara rutin serta menghimbau industri untuk melakukan pengolahan pendahuluan	- Peralatan/sensor DO meter, ORP dan pH meter termasuk monitor	Rp 25,000,000	Membantu mengatur kerja blower untuk menjaga transfer oksigen sesuai kebutuhan
	Mengganti peralatan monitoring DO meter, ORP & pH meter yang rusak serta memantau kinerja blower & hyper rater	- Sensor dan timer otomatis pompa sirkulasi lumpur	Rp 500,000	Menjaga jumlah mikroorganisme di aerasi, umur lumpur lebih lama dan efisiensi proses lebih baik
	Mengendalikan proses resirkulasi lumpur aktif (20-40%), melakukan pemantauan dan membuat pencatatan harian			Kinerja pengolahan IPAL sesuai target dan konsisten terjaga kualitas effluennya
	Memantau dan menjaga setiap kriteria proses agar tetap sesuai dengan kriteria desain dengan melakukan perhitungan' pengujian dan pencatatan secara berkala			
	High	Menyediakan Tenaga Analis Laboratorium	- Rekrutment pegawai (1 orang, 13 bulan gaji)	Rp 43,550,000
Melakukan penggantian dan/atau penambahan Tenaga Operator berdasarkan hasil evaluasi kinerja & kompetensi				Mendapatkan SDM yang memiliki kemampuan dan keterampilan yang dibutuhkan
Menambah referensi/literatur yang lengkap terkait proses dan operasional IPAL				Menambah pengetahuan dan pemahaman operator dan teknisi
Melengkapi peralatan yang dibutuhkan sesuai SOP IPAL		- Peralatan kerja mekanik & elektrik	Rp 30,000,000	Pelaksanaan pekerjaan lebih baik sehingga produktivitas kerja operator dan teknisi bertambah
Melakukan pemantauan dan pengawasan rutin pada operator IPAL		- Rapat Koordinasi & Evaluasi Bulanan (konsumsi rapat 15 orang x Rp. 50.000,-)	Rp 9,000,000	Evaluasi kinerja, diskusi dan mencari solusi permasalahan, serta menjaga komunikasi & hubungan antar pegawai
Menerapkan sanksi sesuai dengan peraturan kepegawaian yang berlaku				Disiplin kerja dan kepatuhan operator meningkat
Memantau dan menghitung debit air limbah yang masuk ke IPAL tidak lebih dari kapasitas IPAL (1000 m ³ /hari) dan membuat pencatatan harian				Memiliki data debit harian influen dan dapat diketahui apakah IPAL sudah melebihi kapasitas pengolahannya

Tabel 5.16 Rincian Kebutuhan dan Estimasi Biaya Tindakan Mitigasi (lanjutan)

Kategori Risiko	Rekomendasi Tindakan Mitigasi	Kebutuhan/Investasi	Total Biaya	Dampak yang Didapat
Major	Menambah Tenaga Operator IPAL	- Rekrutment pegawai (2 orang, 13 bulan gaji)	Rp 87,100,000	Kinerja operator lebih baik dan ada tenaga kerja untuk mengoperasikan Hydroextractor
	Menambah Tenaga Teknisi (khususnya Teknisi Mesin)	- Rekrutment pegawai (1 orang, 13 bulan gaji)	Rp 43,550,000	Kerja teknisi fokus di IPAL dan kerusakan dapat segera ditangani
	Meningkatkan kompetensi Tenaga Ahli melalui pendidikan dan pelatihan	- Pendidikan/pelatihan Pengolahan Limbah Cair & Operasional IPAL (1 orang @ 1 kali setahun)	Rp 7,500,000	Kompetensi tenaga ahli meningkat diharapkan mampu memberikan solusi permasalahan IPAL
	Melengkapi SOP sesuai standar operasional IPAL			Prosedur kerja lebih lengkap, efektif, mudah dipahami dan praktis dilaksanakan di lapangan
	Meninjau SOP dengan mengacu pada referensi literatur			
	Penambahan frekuensi pemantauan dan pengawasan operasional IPAL di lapangan			Disiplin kerja operator terjaga dan operasional IPAL lebih baik
	Pembuatan laporan tertulis kegiatan harian operator IPAL			Penilaian kinerja dan dokumentasi operasional IPAL
	Evaluasi kinerja operator berdasarkan kinerja dan operasional IPAL			Target pengolahan IPAL dan kinerja operator akan selaras
	Melakukan pengecekan dan perawatan Flowmeter secara berkala			Memperpanjang usia pakai flowmeter
	Memperbaiki dan mengganti peralatan/mesin yang rusak di unit <i>hydroextractor</i>	- Perbaikan & penggantian peralatan pembubuhan koagulan - Perbaikan & penggantian instalasi & panel listrik	Rp 62,500,000 Rp 40,000,000	Hydroextractor dapat beroperasi kembali untuk mengolah lumpur
Significant	Pengecekan kondisi fisik dan fungsi pompa manhole secara berkala setiap bulan			Mendeteksi permasalahan atau kerusakan untuk meminimalkan kerusakan
	Menyediakan suku cadang untuk komponen pompa manhole yang sering mengalami kerusakan	- Pompa Submersible Sewage Vortex kapasitas 2.5 m ³ /menit, 11 kW (cadangan)	Rp 65,000,000	Operasional pompa tidak terganggu lama pada saat ada kerusakan atau pemeliharaan
	Melakukan pemeliharaan pompa manhole secara berkala setiap 3 bulan	- Pemeliharaan pompa & kelengkapannya (setiap 3 bulan)	Rp 30,000,000	
	Pengecekan kondisi fisik dan fungsi blower secara berkala setiap bulan			Mendeteksi permasalahan atau kerusakan untuk meminimalkan kerusakan
	Memantau efisiensi kinerja blower			Menjaga suplai udara sesuai kebutuhan
	Menyediakan suku cadang untuk komponen blower yang sering mengalami kerusakan	- Mesin blower kapasitas 14.8 m ³ /min x 0.6 kg/m ² , 22 kW (cadangan)	Rp 35,000,000	Kinerja blower terjaga baik dan setiap kerusakan dapat segera ditangani
	Memantau efisiensi kinerja blower			
	Melakukan pemeliharaan blower secara berkala setiap 3 bulan	- Pemeliharaan blower & hyper rater serta instalasinya (setiap 3 bulan)	Rp 45,000,000	
	Melakukan pengecekan dan pembersihan diffuser secara berkala setiap 6 bulan			Transfer oksigen lebih merata & usia pakai diffuser lebih lama
	Pengecekan kondisi fisik dan fungsi pompa lift pump secara berkala setiap bulan			Kinerja lift pump optimal dan setiap kerusakan dapat segera ditangani sehingga suplai air limbah ke bak aerasi bisa stabil
Menyediakan suku cadang untuk komponen pompa lift pump yang sering mengalami kerusakan	- Pompa submersible sewage kapasitas 0.7 m ³ /menit, 3.7 kW (cadangan)	Rp 15,000,000		
Melakukan pemeliharaan pompa lift pump secara berkala setiap 3 bulan	- Pemeliharaan pompa & kelengkapannya (setiap 3 bulan)	Rp 7,500,000		
Moderate	Memantau efisiensi kinerja pompa manhole			Mendeteksi permasalahan atau kerusakan untuk segera dilakukan pemeliharaan atau perbaikan

Tabel 5.16 Rincian Kebutuhan dan Estimasi Biaya Tindakan Mitigasi (lanjutan)

Kategori Risiko	Rekomendasi Tindakan Mitigasi	Kebutuhan/Investasi	Total Biaya	Dampak yang Didapat
Moderate	Mengganti diffuser dan aksesoris yang rusak	- Diffuser kapasitas 0.2 m ³ /menit, 3,7 kW (untuk penggantian dan cadangan)	Rp 9,800,000	Transfer oksigen lebih merata dan efektif serta usia pakai diffuser lebih lama
	Melakukan pengecekan kondisi pipa suplai udara			
	Melakukan pemeliharaan diffuser secara berkala setiap 6 bulan			
	Memantau efisiensi kinerja pompa lift pump			Mendeteksi permasalahan atau kerusakan untuk segera dilakukan pemeliharaan atau perbaikan
	Pengecekan kondisi fisik dan fungsi pompa sirkulasi lumpur secara berkala setiap bulan			Menjaga rasio F/M di aerasi, umur lumpur lebih lama dan efisiensi proses lumpur aktif lebih tinggi. Kinerja pompa sirkulasi terjaga, kerusakan segera diselesaikan dan usia pakai lebih lama
	Menyediakan suku cadang untuk komponen pompa sirkulasi lumpur yang sering mengalami kerusakan	- Pompa submersible kapasitas 1m ³ /menit, 3,7 kW (cadangan)	Rp 18,000,000	
	Memantau efisiensi kinerja pompa sirkulasi lumpur			
	Melakukan pemeliharaan pompa resirkulasi lumpur secara berkala setiap 3 bulan	- Pemeliharaan pompa & kelengkapannya (setiap 3 bulan)	Rp 7,500,000	
Trivial	Melakukan pemantauan dan pengukuran debit air limbah			Mengetahui kapasitas operasional IPAL, mencegah kelebihan beban pengolahan. Kapasitas tampung buffer tank optimal.
	Melakukan pemantauan kondisi air limbah dan pengurusan endapan secara berkala setiap tahun di buffer tank	- Pengurusan lumpur (30 m ³)	Rp 15,000,000	
	Mengatur debit air limbah yang dipompa kembali dari clarifier ke bak aerasi (sekitar 22 m ³ /jam)			Menjaga rasio F/M di aerasi, umur lumpur lebih lama dan efisiensi proses lumpur aktif lebih tinggi.
	Melakukan pemantauan dan analisa sludge volume indeks (SV30) dan membuat pencatatan harian	- Gelas ukur 1000 ml	Rp 700,000	Mengetahui kemampuan pengendapan solid dan mendeteksi sludge bulking
Total Estimasi Biaya Optimasi			Rp 1,021,300,000	

Berdasarkan rincian di atas dapat dilihat bahwa tindakan mitigasi yang dilakukan pada kategori risiko *Severe* memiliki dampak yang signifikan untuk mengoptimalkan kinerja pengolahan dan operasional IPAL. Mitigasi yang dilakukan lebih fokus kepada peningkatan kapasitas operator di faktor SDM, penggantian dan pemasangan Flowmeter serta perbaikan dan pengoperasian kembali instalasi pengolahan lumpur untuk faktor mesin dan peralatan. Sedangkan untuk faktor proses diperlukan pengaturan BOD loading yang masuk ke IPAL, pemenuhan kebutuhan oksigen di bak aerasi dan meningkatkan rasio sirkulasi lumpur untuk meningkatkan efisiensi pengolahan lumpur aktif. Apabila seluruh tindakan tersebut dilakukan maka efisiensi dan kinerja IPAL akan mengalami peningkatan yang cukup signifikan.

Selanjutnya secara bertahap prioritas langkah mitigasi dilakukan lebih banyak berkenaan dengan faktor sumber daya manusia yang mengelola. Tindakan yang dilakukan pada kategori *High* fokus pada penambahan tenaga analis laboratorium,

pembinaan & pengawasan kinerja SDM, ketersediaan literatur/referensi sebagai media pembelajaran SDM serta terkait dukungan peralatan untuk melaksanakan pekerjaan sesuai SOP. Sedangkan untuk faktor proses mempertahankan waktu aerasi dilakukan dengan pengaturan inflow dan outflow limbah dalam proses.

Prioritas tindakan mitigasi selanjutnya adalah pada kategori major yang memiliki kontribusi cukup penting untuk mengoptimalkan kinerja pengolahan dan operasional IPAL. Tindakan mitigasi lebih banyak fokus pada faktor SDM antara lain dilakukan dengan penambahan personil operator dan teknisi, peningkatan kompetensi ahli, kelengkapan SOP dan evaluasi dan penilaian kinerja SDM. Untuk faktor proses diperlukan perbaikan dan penggantian mesin dan/atau peralatan yang rusak di hydroextractor agar dapat dioperasikan kembali.

Prioritas tindakan mitigasi yang dilakukan pada kategori risiko *Severe, High* dan *Major* dinilai telah dapat memperbaiki dan meningkatkan kinerja pengolahan dan operasional IPAL secara signifikan. Tindakan mitigasi lainnya pada kategori risiko *Significant, Moderate, Low*, dan *Trivial* dapat dilakukan dengan mempertimbangkan anggaran biaya yang tersedia karena sifatnya sebagai penunjang/pendukung dalam operasional IPAL. Dengan perencanaan dan kajian yang lengkap pada setiap aspek yang ditinjau, yaitu SDM, Mesin dan Peralatan serta Proses, tentunya operasional IPAL akan memiliki kinerja optimal yang ditandai dengan peningkatan kualitas efluen limbah cair yang memenuhi baku mutu.

Berdasarkan perhitungan estimasi biaya Tabel 5.16 maka untuk melakukan tindakan mitigasi IPAL dibutuhkan biaya sebesar Rp. 1.021.300.000,-. Selanjutnya dilihat bagaimana rencana kerja dan anggaran PPS Nizam Zachman tahun 2017 untuk melihat tipikal pembiayaan operasional IPAL, untuk memperhitungkan ketersediaan anggaran dalam mendukung pelaksanaan tindakan mitigasi yang telah direkomendasikan. Rencana anggaran operasional IPAL tahun 2017 dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Berdasarkan komposisi rencana anggaran biaya operasional IPAL, 67% porsi anggaran tersebut habis untuk pembayaran biaya tagihan listrik dan gaji pegawai, sedangkan untuk kegiatan operasional dan pemeliharaan hanya 33% saja. Jika sudah dilakukan tindakan mitigasi maka secara otomatis biaya operasional IPAL akan menjadi lebih besar. Hal tersebut disebabkan salah satunya oleh operasional

hydroextractor akan membutuhkan penambahan tenaga kerja, tagihan listrik dan biaya pemeliharaan. Biaya pemeliharaan mesin dan peralatan termasuk suku cadang akan disesuaikan berdasarkan kebutuhan agar frekuensi dan tingkat kerusakan rendah, sehingga kinerja IPAL akan relatif baik dan stabil. Estimasi biaya operasional setelah dilakukan tindakan mitigasi dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.17. Rencana Anggaran Operasional IPAL Tahun 2017

No	Pekerjaan/Kegiatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
A	Operasional & Pemeliharaan				
1	Pemeliharaan Panel dan Instalasi Listrik	1	Paket	Rp 24,501,000	Rp 24,501,000
2	Pemeliharaan Pompa dan Blower	1	Paket	Rp 72,000,000	Rp 72,000,000
3	Pemeliharaan Pompa Manhole	1	Paket	Rp 33,499,000	Rp 33,499,000
4	Biaya Tagihan Listrik	12	Bulan	Rp 20,000,000	Rp 240,000,000
5	BBM Operasional Genset	12	Bulan	Rp 3,200,000	Rp 38,400,000
6	Pemeliharaan Genset	1	Paket	Rp 20,960,000	Rp 20,960,000
7	Uji Kualitas Air Limbah UPL	12	Bulan	Rp 1,500,000	Rp 18,000,000
8	Pemeliharaan Gedung	1	Paket	Rp 30,072,000	Rp 30,072,000
B	Honorarium				
1	Operator (4 orang sebanyak 12 bulan)	48	Bulan	Rp 3,350,000	Rp 160,800,000
2	Teknisi (2 orang sebanyak 12 bulan)	24	Orang	Rp 3,350,000	Rp 80,400,000
				Jumlah	Rp 718,632,000.00

5.5. Rekomendasi

Berdasarkan perhitungan rincian kebutuhan dan anggaran biaya tindakan mitigasi adalah Rp. 1.021.300.000,-. Anggaran biaya operasional IPAL tahun 2017 adalah Rp. 718.632.000,-. Namun setelah dilakukan tindakan mitigasi maka kebutuhan biaya operasional IPAL akan naik cukup drastis menjadi Rp. 1.400.668.000,-.

Sesuai dengan RKA-KL Satuan Kerja UPT PPS Nizam Zachman Jakarta tahun 2017 dukungan anggaran untuk operasional IPAL sangat terbatas, porsi anggaran hanya untuk kegiatan operasional IPAL dengan pekerjaan perbaikan dan pemeliharaan yang bersifat minor, kuratif dan parsial. Pada tahun 2017 terdapat alokasi anggaran pembiayaan pembangunan infrastruktur pelabuhan yang cukup

besar namun saat ini difokuskan untuk kegiatan peningkatan nilai tambah ekonomi dan penguatan daya saing sektor perikanan.

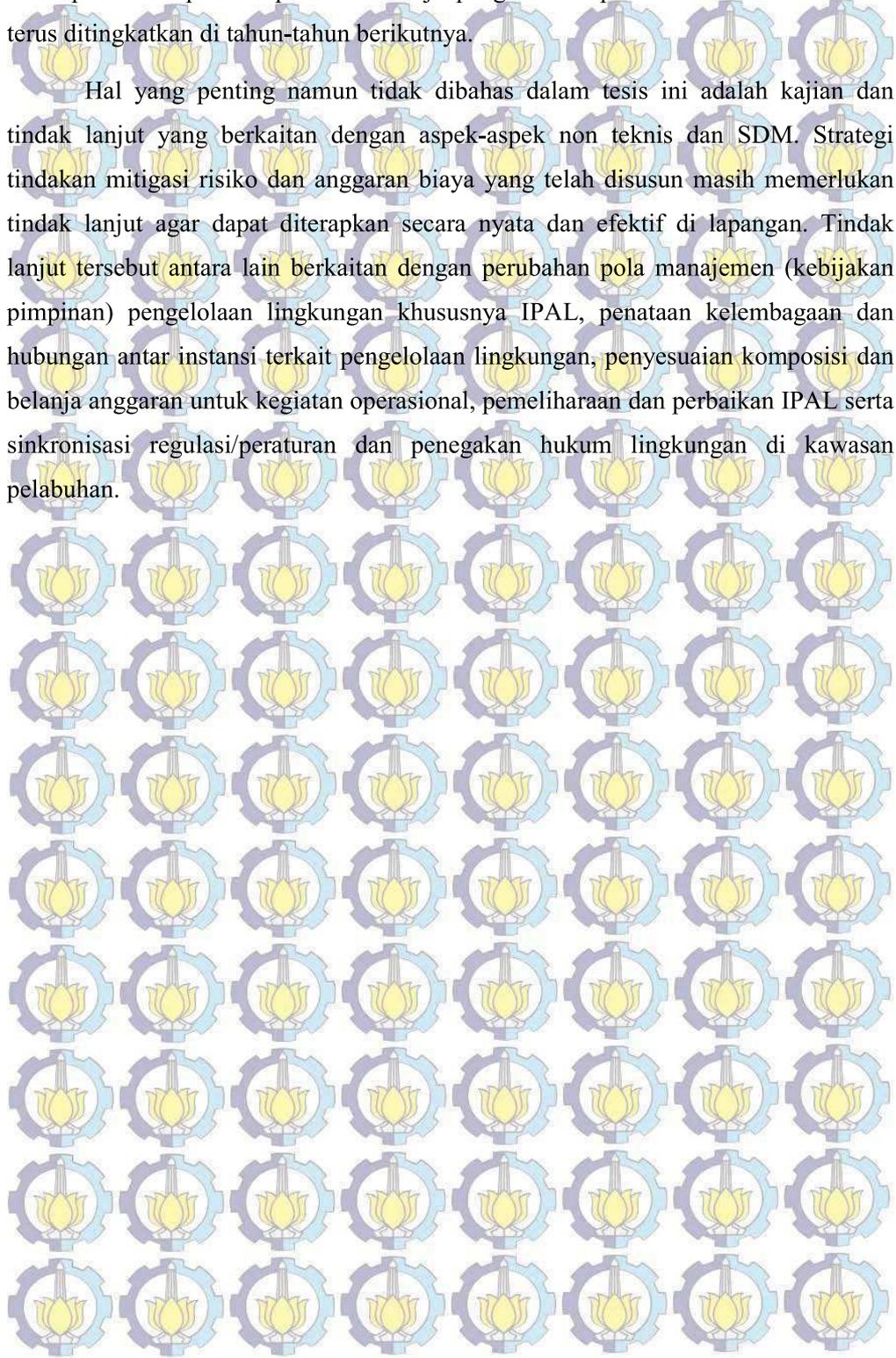
Tabel 5.18. Biaya Operasional IPAL Hasil Tindakan Mitigasi

No	Pekerjaan/Kegiatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
A	Operasional & Pemeliharaan				
1	Pemeliharaan Panel dan Instalasi Listrik	1	Paket	Rp 48,000,000	Rp 48,000,000
2	Pemeliharaan Pompa-Pompa IPAL	1	Paket	Rp 75,000,000	Rp 75,000,000
3	Pemeliharaan Blower & Hyper Rater	1	Paket	Rp 45,000,000	Rp 45,000,000
4	Pemeliharaan Pompa Manhole	1	Paket	Rp 30,000,000	Rp 30,000,000
5	Pemeliharaan Peralatan Sensor Otomatis	1	Paket	Rp 45,000,000	Rp 45,000,000
6	Pemeliharaan Instalasi Perpipa-an, Nozzle & Diffuser	1	Paket	Rp 30,000,000	Rp 30,000,000
7	Pemeliharaan Hydroextractor & Instalasinya	1	Paket	Rp 60,000,000	Rp 60,000,000
8	Pemeliharaan Peralatan Mekanikal & Motor Clarifier	1	Paket	Rp 10,000,000	Rp 10,000,000
9	Bahan Operasional Hydroextractor	1	Paket	Rp 18,000,000	Rp 18,000,000
10	Biaya Tagihan Listrik	12	Bulan	Rp 34,000,000	Rp 408,000,000
11	BBM Operasional Genset	12	Bulan	Rp 3,200,000	Rp 38,400,000
12	Pemeliharaan Genset	1	Paket	Rp 31,440,000	Rp 31,440,000
13	Bahan Kimia	12	Bulan	Rp 14,760,000	Rp 177,120,000
14	Uji Kualitas Air Limbah UPL	12	Bulan	Rp 1,500,000	Rp 18,000,000
15	Pemeliharaan Gedung	1	Paket	Rp 45,108,000	Rp 45,108,000
B	Honorarium				
1	Operator (6 orang sebanyak 12 bulan)	72	Bulan	Rp 3,350,000	Rp 241,200,000
2	Teknisi (2 orang sebanyak 12 bulan)	24	Orang	Rp 3,350,000	Rp 80,400,000
Jumlah					Rp 1,400,668,000.00

Mempertimbangkan ketersediaan dan alokasi anggaran tahun 2017, maka tindakan mitigasi terhadap IPAL baru dapat diusulkan dan diajukan secara bertahap pada tahun 2017 untuk dianggarkan dan dilaksanakan pada tahun anggaran 2018-2019. Untuk mensiasati keterbatasan anggaran operasional dan pemeliharaan IPAL di tahun 2017, maka dapat dilakukan tindakan mitigasi yang biayanya relatif kecil atau tidak perlu biaya, dan anggarannya tersedia di bagian/bidang lain seperti pembinaan dan pengawasan SDM dan peningkatan kualitas SDM. Upaya selanjutnya pelaksanaan kegiatan perbaikan dan pemeliharaan yang dilakukan di tahun 2017 harus sejalan dengan tindakan mitigasi yang direkomendasikan. Meskipun dengan kondisi terbatas dan belum sesuai dengan target yang direncanakan, upaya tersebut

diharapkan mampu memperbaiki kinerja pengolahan operasional IPAL dan harus terus ditingkatkan di tahun-tahun berikutnya.

Hal yang penting namun tidak dibahas dalam tesis ini adalah kajian dan tindak lanjut yang berkaitan dengan aspek-aspek non teknis dan SDM. Strategi tindakan mitigasi risiko dan anggaran biaya yang telah disusun masih memerlukan tindak lanjut agar dapat diterapkan secara nyata dan efektif di lapangan. Tindak lanjut tersebut antara lain berkaitan dengan perubahan pola manajemen (kebijakan pimpinan) pengelolaan lingkungan khususnya IPAL, penataan kelembagaan dan hubungan antar instansi terkait pengelolaan lingkungan, penyesuaian komposisi dan belanja anggaran untuk kegiatan operasional, pemeliharaan dan perbaikan IPAL serta sinkronisasi regulasi/peraturan dan penegakan hukum lingkungan di kawasan pelabuhan.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari tujuan tesis ini adalah:

1. Kegagalan operasional dan penurunan kualitas efluent IPAL PPS Nizam Zachman disebabkan oleh faktor Sumber Daya Manusia (SDM), faktor Mesin dan Peralatan serta Faktor Proses IPAL itu sendiri. Faktor SDM terdiri dari kuantitas SDM belum memadai, kualitas SDM masih rendah, *Job Description* tidak jelas karena SOP terbatas dan tidak dilaksanakan, serta pembinaan dan pengawasan SDM masih lemah sehingga kinerjanya masih jelek. Faktor Mesin dan Peralatan terdiri dari subfaktor Pompa Manhole, Flowmeter dalam kondisi rusak (tidak berfungsi), Blower, Diffuser, Lift Pump, Pompa Sirkulasi Lumpur dan Hydroextractor yang tidak dioperasikan. Sub faktor yang berkontribusi terhadap Faktor proses yaitu Buffer Tank, Bak Aerasi efisiensi masih rendah dan Bak Sedimentasi.
2. Risiko dengan kategori tertinggi Severe terdapat pada tidak adanya pelatihan operator dan teknisi IPAL, Flowmeter dalam kondisi rusak, tidak ada perbaikan dan suku cadang, hydroextractor tidak dioperasikan dan tidak dipelihara, BOD loading melebihi kemampuan IPAL, kebutuhan udara dan rasio sirkulasi lumpur belum memenuhi syarat serta efisiensi pengolahan di bak aerasi masih rendah. Mitigasi risiko yang prioritas dilakukan untuk meningkatkan kinerja IPAL pada kategori risiko terbesar (*Severe*) untuk aspek non teknis antara lain:
 - a. Pelatihan teknis dan operasional IPAL untuk operator dan teknisi IPAL secara rutin.
 - b. Mengoperasikan instalasi pengolah lumpur Hydroextractor, menyediakan tenaga kerja, suku cadang dan melakukan pemeliharaan berkala.

Mitigasi risiko prioritas pada aspek teknis, antara lain:

- a. Mengganti flowmeter, menyediakan suku cadang dan pemeliharaan berkala untuk mengukur debit limbah yang masuk.
- b. Mengukur kualitas dan debit influen secara rutin untuk mengontrol beban yang masuk ke IPAL.
- c. Menyediakan peralatan DO meter, ORP dan pH meter untuk mengontrol konsentrasi oksigen di bak aerasi serta mengendalikan proses sirkulasi lumpur agar volume lumpur kembali ke bak aerasi dari clarifier sekitar 20-40%.

Anggaran biaya operasional IPAL tahun 2017 adalah Rp. 718.632.000,-. Kebutuhan biaya tindakan mitigasi Rp. 1.021.300.000,- setelah mitigasi biaya operasional IPAL menjadi Rp. 1.400.668.000,- per tahun.

3. Untuk memastikan keberhasilan operasional IPAL diperlukan upaya tindak lanjut yaitu: perubahan pola manajemen (kebijakan pimpinan/*good will*) pengelolaan IPAL, penataan kelembagaan dan hubungan antar instansi terkait dan pengguna jasa, penyesuaian komposisi dan belanja anggaran kegiatan operasional, pemeliharaan dan perbaikan IPAL serta sinkronisasi regulasi/peraturan dan penegakan hukum lingkungan di kawasan pelabuhan.

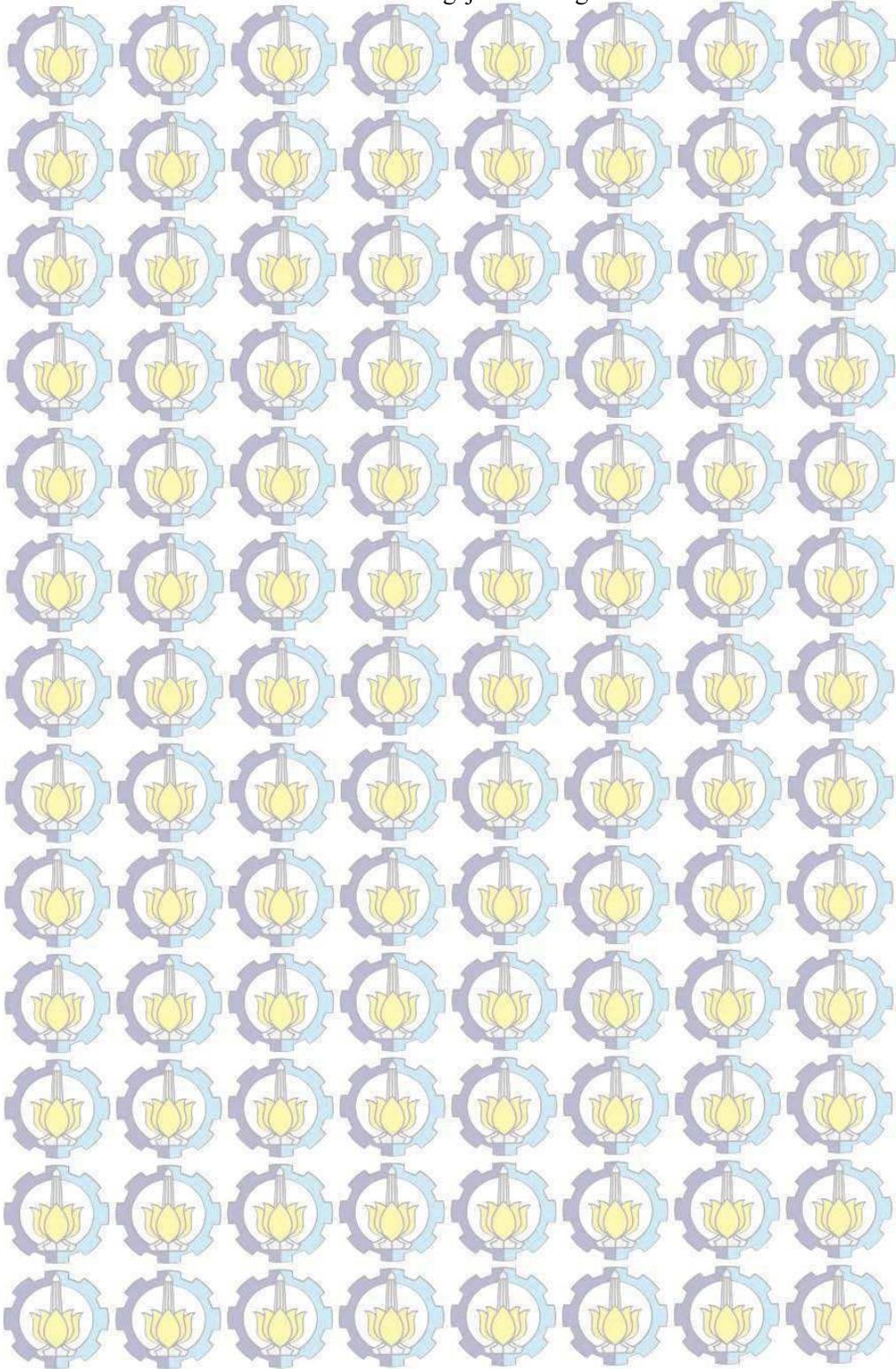
6.2. Saran

Saran yang ditujukan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Menguji MLSS, F/M rasio, umur lumpur dan konsentrasi oksigen di Bak Aerasi untuk mengetahui secara pasti faktor proses yang menyebabkan efisiensi pengolahan masih rendah.
2. Melakukan validasi data analisa laboratorium limbah cair dengan mengambil data primer dengan rentang waktu yang panjang, agar dapat diketahui secara pasti efisiensi setiap unit pengolahan.
3. Melakukan kajian terhadap penyisihan NH_3 (ammonia), agar effluent IPAL memenuhi baku mutu.

4. Menyusun strategi optimasi dengan menyediakan alternatif dan membuat analisis untuk menentukan tindakan yang paling optimal pada setiap risiko.
5. Melakukan kajian terhadap aspek kelembagaan, aspek anggaran/keuangan dan aspek regulasi terkait pengelolaan IPAL.
6. Melakukan evaluasi terhadap peningkatan sistem jaringan pipa limbah cair di kawasan pelabuhan.
7. Melakukan kajian terhadap pemanfaatan efluent IPAL sebagai air baku instalasi pengolahan air bersih SWRO.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"



DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 1990. Event Probability and Failure Frequency Analysis.
- Apsari, M.N. 2014. Analisis Risiko dan Optimasi Kualitas Air Produksi Instalasi Pengolahan Air Ngagel I. Tesis Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS.
- Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta. 2013. Laporan Pelaksanaan Pemantauan Kualitas Teluk Jakarta Tahun 2013.
- Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta. 2013. Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Tahun 2013.
- Clemens, P.L. 1993. Fault Tree Analysis 4th edition.
- Crowl, D.A., dan Louvar, J.F. 2002. Chemical Process Safety Fundamentals with Applications. Prentice Hall International Series in the Physical and Chemical Engineering Science 2nd ed.
- Frame, J.D. 2003. Managing Risk In Organizations. Jossey-Bass, San Francisco CA 94103-1741.
- Ganjar, S., dan Sarwoko, M. 2010. Review on BOD, COD and BOD/COD ratio: A Triangle Zone for Toxic, Biodegradable and Stable Levels. International Journal of Academic Research Vol.2 No.4 July Hal. 235-239.
- Gonzalez. 1996. Wastewater Treatment in Fisheries Industry. FAO Fishery Technical Paper 335. Rome.
- Government of Western Australia. 1999. Guidelines For Managing Risk In The Western Australian Public Sectors.
- Ibrahim, B. 2005. Kaji Ulang Sistem Pengolahan Limbah Cair Industri Hasil Perikanan Secara Biologis Dengan Lumpur Aktif. Buletin Teknologi Hasil Perikanan. Vol. VIII Nomor 1 Tahun 2005 Hal. 31-40.
- Kawasaki, K., Maruoka, S., Katagami, R., Bhatta, C.P., Omori, D., dan Matsuda, A. 2011. "Effect of Initial MLSS on Operation of Submerged Membrane Activated Sludge". Desalination 281 (2011) hal. 334-339.
- Kodavasal, A.S. 2011. The STP Guide Design, Operation and Maintenance, First Edition. Karnataka State Pollution Control Board. Bangalore, India

- Mara, D. 1998. Sewage Treatment in Hot Climates. ELBS and John Wiley & Sons. Chichester. Inggris.
- Mendez, R., Omil, F., Soto, M., dan Lema, J.M. 1992. Pilot Plant Studies on the Anaerobic Treatment of Different Wastewaters from A Fish-Canning Factory. Wat Sci Tech Vol. 25 (1) hal. 37-44.
- Metcalf dan Eddy. 1991. Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse. Third Edition. MzGraw-Hill Companies. New York.
- Metcalf, Eddy. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition. Mc Graw Hill.
- Nidah, L. 2015. Analisis Risiko dan Optimasi Kinerja Unit Activated Sludge Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit X Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA). Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA) 3071. 2002. Job Hazard Analysis. U.S. Department of Labor.
- Pacific Consultants International. 2002. Final Completion Report Jakarta Fishing Port Phase IV. Directorate General of Capture Fisheries. Ministry of Marine Affairs and Fisheries - Government of Indonesia. Jakarta.
- Pacific Consultants International. 2002. Jakarta Fishing Port Sewerage Treatment Plant - Operation and Maintenance Manual. Jakarta.
- Park E., Enander ,R., Barnet, S.M., dan Lee, C. 2001. Pollution Prevention and Biochemical Oxygen Demand Reduction in a Squid Processing Facility. Jour of Cleaner Production vol. 9 hal. 341-349.
- Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 582 Tahun 1995 Tentang Penetapan Peruntukan dan Baku Mutu Air Sungai /Badan Air serta Baku Mutu Limbah Cair di Wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta. BPLHD Provinsi DKI Jakarta.
- Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 69 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kegiatan dan/atau Usaha. BPLHD Provinsi DKI Jakarta.
- Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 8/PERMEN-KP/2012 Tentang Kepelabuhanan Perikanan. Biro Hukum, Kementerian Kelautan dan Perikanan RI.

- Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 20/PERMEN-KP/2014 Tentang Organisasi dan Tata Kerja Unit Pelaksana Teknis Pelabuhan Perikanan. Biro Hukum, Kementerian Kelautan dan Perikanan RI.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2007 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI.
- Perdana R., dan Yuliawati E. 2014. Integrasi Metode FMEA dan Topsis Untuk Menganalisis Risiko Kecelakaan Pada Proses Frame and Fork Welding. *Jurnal Spektrum Industri*. Vol. 12 No. 1 hal. 43-52.
- Piirtola, L., B. Hultman., C. Anderson., dan Y. Lundeberg. 1999. Activated Sludge Ballasting in Batch Tests. *Wat. Res.* 13(8):1799-1804.
- Pelabuhan Perikanan Samudera Nizam Zachman Jakarta. 2014. Profil Pelabuhan Perikanan Samudera Nizam Zachman Jakarta. Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap. Kementerian Kelautan dan Perikanan RI.
- Reynolds, T. D., dan Richards, P. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. Second Edition. PWS Publishing Company. Boston.
- River, L; Aspe, E., Roeckel, M., dan Marti, M.C. 1998. Evaluation of Clean Technology Process in the Marine Product Processing Industry. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. Volume 73 Issue 3 pages 217-226.
- Sahubawa, L. 2011. Analisis dan Prediksi Beban Pencemaran Limbah Cair Pabrik Pengalengan Ikan. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Vol. 18. No. 1 hal. 9-18.
- Said, N. I. 2008. Pengolahan Air limbah dengan Biakan Tersuspensi. Direktorat Teknologi Lingkungan, BPPT.
- Sasse, L. 1998. *Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. Bremen Overseas Research and Development Association. Belgium-Germany.
- Setiyono., dan Yudo, S., 2008. Potensi Pencemaran dari Limbah Cair Industri Pengolahan Ikan di Kecamatan Muncar, Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. Vol. 4 No. 2 hal 136-145.

- Simamora, Y., Kurniati, N. 2009. Analisis Resiko Pada Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. Ajinomoto Berdasarkan Konsep Manajemen Resiko Lingkungan. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS.
- Slamet, A., dan Masduqi, A. 2000. Modul Ajar Satuan Proses. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS. Surabaya.
- Standards Australia. 1999. Risk Management AS/NZS 4360:1999. Standards Association of Australia, Strathfield NSW.
- Stoklosa, R. 1997. Risk Assessment For Environmental management of The Marine Environment. The APPEA Journal, 38 (1), 715-723.
- Suparmadja, A. 2015. Analisis Risiko dan Optimasi Kinerja IPAL Rumah Sakit Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA). Tesis Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS.
- Syafei, A. 2002. Studi Mengenai Karakteristik dan Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Hasil Perikanan. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Perikanan. Institut Pertanian Bogor.
- Vesely, B. 2002. "Fault Tree Analysis Concept and Applications" NASA HQ.
- Vesely, W.E., Goldberg, F.F., Roberts, N.H., dan Haasl, D.F. 1981. Fault Tree Handbook. United States Nuclear Regulatory Commission, Washington DC.
- Vincenzo, Z. 2008. Effluent Treatment in Aquaculture: Science and Practice. Aquagris Workshop Bremen, Pebruari 2008.
- Wulandari, T. 2011. Analisa Kegagalan Sistem dengan Fault Tree. Skripsi Program Studi Sarjana Matematika FMIPA Universitas Indonesia.

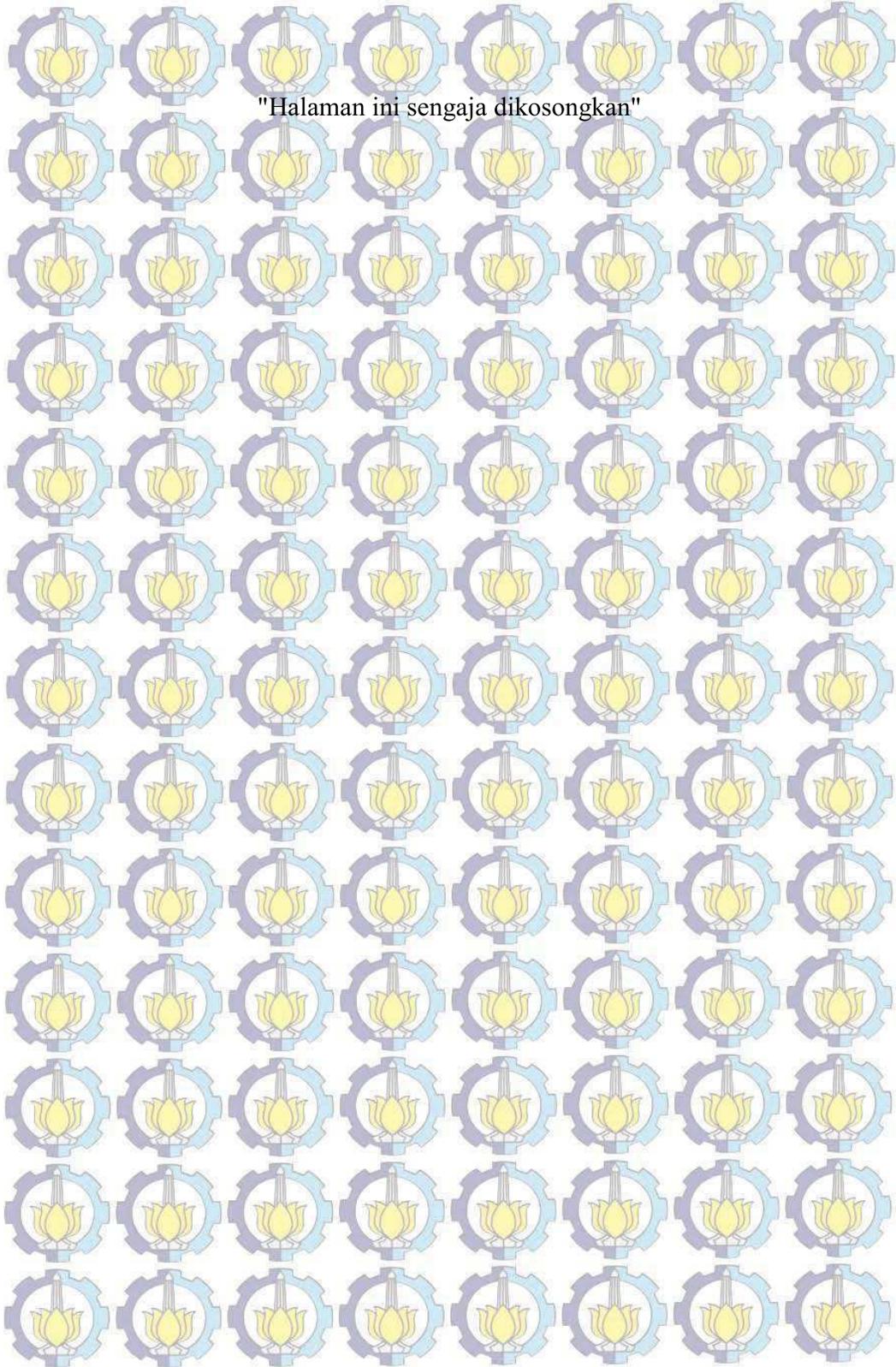
BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Malang-Jawa Timur 16 Mei 1983. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara dari pasangan Gatot Sisworo dan Tatik Andrianingsih. Penulis memulai pendidikan dengan menjalani pendidikan dasar di SDN 01 Asrikaton-Pakis, Malang (1989-1995), dan melanjutkan ke SLTP Negeri 05 Malang (1995-1998), kemudian meneruskan ke SMU Negeri 03 Malang (1998-2001). Setelah lulus dari SMUN 3 Malang, penulis mengikuti Ujian Masuk Perguruan Tinggi Negeri dan diterima di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada Tahun 2001. Penulis pernah aktif dalam kegiatan organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan pada tahun 2001-2005 dan Badan Eksekutif Lembaga Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tahun 2003-2005. Pada tahun 2004 penulis melaksanakan kerja praktek di PDAM Bantul-Daerah Istimewa Yogyakarta. Selama kuliah, penulis pernah menjadi asisten praktikum Kimia Lingkungan 1 dan 2 tahun 2005-2006. Pada tahun 2007 penulis menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Perencanaan IPAL Domestik Komunal Pemukiman Bantaran Kali Surabaya Kelurahan Karah Kecamatan Jambangan".

Setelah lulus dari pendidikan S1 di Teknik Lingkungan ITS, penulis bekerja di konsultan teknik lingkungan untuk proyek AMDAL, Kajian Drainase Kawasan dan ANDALALIN. Pada tahun 2009 penulis diterima sebagai CPNS di Kementerian Kelautan dan Perikanan, dan mulai bekerja pada tahun 2010 sampai sekarang dengan penempatan tugas di UPT Pelabuhan Perikanan Samudera Nizam Zachman Jakarta sebagai Analis Sumber Daya Lingkungan. Dengan beasiswa yang diberikan oleh Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan, pada tahun 2014 penulis kembali melanjutkan kuliah Program Magister (S2) di Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS Surabaya. Bagi pembaca yang memiliki saran dan kritik dapat menghubungi penulis via email dikiindraperdana@gmail.com.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"



Lampiran A: Jadwal Kegiatan dan Anggaran Biaya Penelitian

Jadwal kegiatan ini digunakan sebagai acuan waktu dalam pelaksanaan penelitian agar penelitian berjalan sesuai dengan rencana yang ditetapkan. Penelitian dilakukan secara efektif selama 8 bulan (akibat keterlambatan pencairan biaya penelitian dan kondisi IPAL rusak) dengan berlokasi di Pelabuhan Perikanan Samudera Nizam Zachman Jakarta dan Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Tabel A.1 merupakan jadwal kegiatan dalam pelaksanaan penelitian.

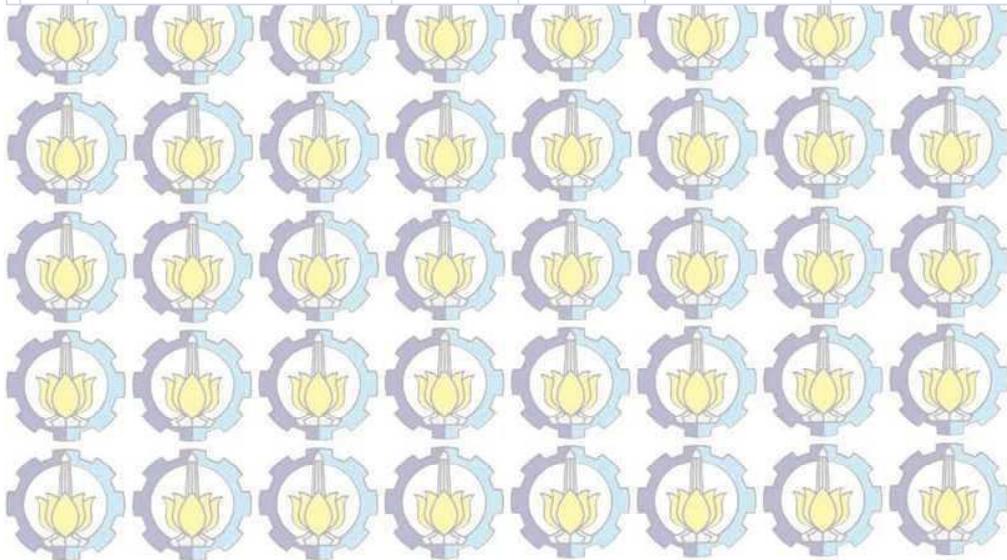
Rencana anggaran biaya untuk pelaksanaan penelitian ini mulai dari studi pustaka, observasi lapangan, pengumpulan dan analisa data, serta penyusunan laporan penelitian dapat dilihat pada Tabel A.2.

Tabel A.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

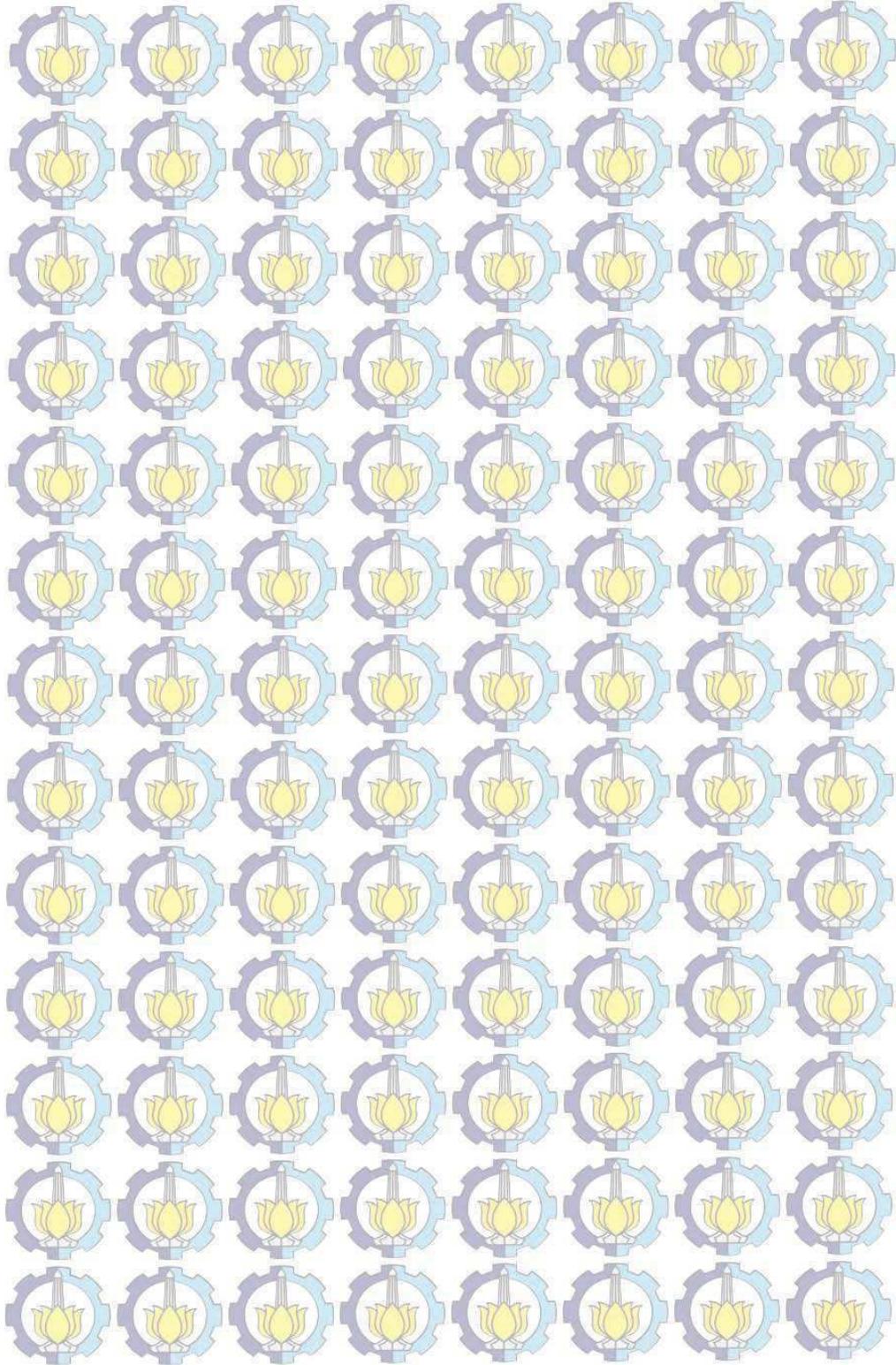
No	Kegiatan	Bulan/Minggu																																															
		Januari 2016				Februari 2016				Maret s/d Mei 2016				Juni 2016				Juli 2016				Agustus 2016				September 2016				Oktober 2016				Nopember 2016				Desember 2016				Januari 2017							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Penyusunan Ide Studi/ Draft Proposal Penelitian																																																
2	Studi Pustaka																																																
3	Seminar & Finalisasi Proposal Tesis																																																
4	Pengajuan Dana Penelitian																																																
5	Observasi Lapangan																																																
6	Pengumpulan dan Analisis Data																																																
7	Evaluasi IPAL																																																
8	Identifikasi dan Analisis Risiko																																																
9	Evaluasi dan Penyusunan Strategi Optimasi & Mitigasi																																																
10	Desain IPAL Aneorobik (BOQ, RAB & Gambar)																																																
11	Penyusunan Draft Laporan dan Seminar Progres Tesis																																																
12	Penyusunan Jurnal Penelitian/Naskah Seminar Internasional																																																
13	Ujian Akhir/Lisan Tesis																																																
14	Finalisasi Laporan Tesis																																																

Tabel A.2 Anggaran Biaya Penelitian

No	Uraian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Total Biaya
A	Studi Pustaka (Buku, Jurnal, Laporan & Internet)	1	Paket	800,000	800,000
B	Biaya Akomodasi, Komunikasi & Transportasi	4	Paket	1,500,000	6,000,000
C	Pengumpulan Data				
1	Biaya Analisis Kualitas Air Limbah (Per. Men. LH. No. 5 Tahun 2014 Lamp. XVI.C)	24	Sampel	400,000	9,600,000
2	Kuesioner Wawancara	12	Set	10,000	120,000
3	Souvenir Responden	12	Orang	50,000	600,000
4	Dokumentasi Lapangan	1	Paket	200,000	200,000
5	Penggandaan Data Sekunder	1	Paket	300,000	300,000
D	Pembuatan Laporan Penelitian				
1	Kertas A4 70/80 gram	4	Rim	45,000	180,000
2	Tinta Printer Black/Colour	2	Paket	200,000	400,000
3	Penggandaan & Penjilidan Laporan	6	Set	150,000	900,000
4	Cetak Gambar Desain	6	Set	50,000	300,000
5	DVD-R	6	Keping	10,000	60,000
Total Biaya					19,460,000



"Halaman ini sengaja dikosongkan"



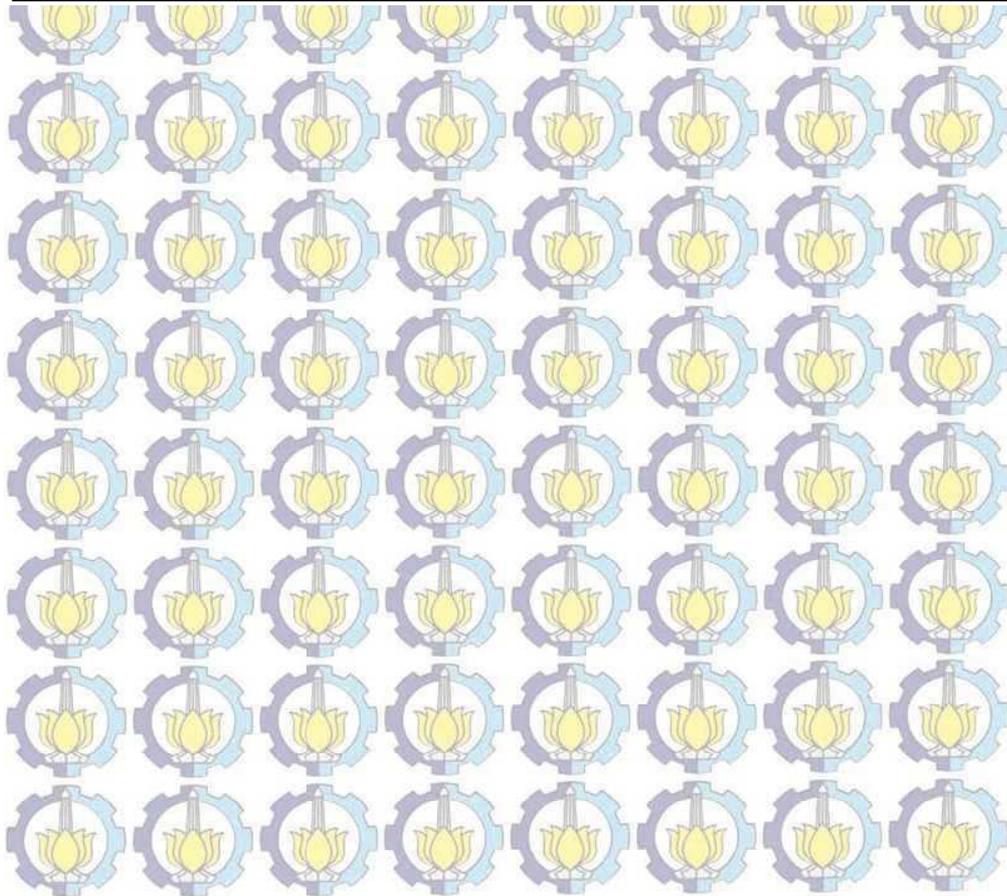
Lampiran B: Peralatan & Aksesories IPAL dan Pengolahan/Pengering Lumpur

Tabel B.1 Peralatan & Aksesories IPAL

Unit & Jenis Peralatan	Jumlah	Spesifikasi Teknis				
		Merk	Tipe	Kapasitas	Head	Motor
I. Jaringan Pipa Air Limbah						
1) Pompa Manhole 1	2 units	Torishima	Submersible	0.720 m ³ /min	10 m	3.7kW/4P/3pH/380V/50Hz
Area 1 dari Cold Storage & toilet		DG 550/4/80T	Vortex			
			Quick discharge coupling			
2) Pompa Manhole 2	2 units	Torishima	Submersible	1.15 m ³ /min	12 m	5.5kW/4P/3pH/380V/50Hz
Area 2 dari Industri		DG 750/4/80T	Vortex			
			Quick discharge coupling			
3) Pompa Manhole 3	2 units	Torishima	Submersible	0.720 m ³ /min	10 m	3.7kW/4P/3pH/380V/50Hz
Area 3 dari Toilet Pasar Ikan		DG 550/4/80T	Vortex			
			Quick discharge coupling			
II. IPAL						
1) Flow meter Ø 100	2 units		Ultrasonic Flow meter,	20 GPM		
			Totalizer and Transmitter			
2) Flow meter Ø 150	1 unit		Ultrasonic Flow meter,	30 GPM		
			Totalizer and Transmitter			
3) Auto Bar Screen						
- Level switch	1 unit	CSI	Automatic	160 ~ 270 m ³ /hr		0.1kW/4P/1pH/110V/50Hz
		BC-300N		2mm opening		
4) Buffer Tank (Vol.=800 m ³)	1 unit					
- Diffuser	40 units	Fuji	Relief Spring Type 1	0.20 m ³ /min		
- Lift Pump	2 units	Ebara 65DN 53.7	Submersible	0.70 m ³ /min	17m	3.7kW/4P/3pH/380V/50Hz
- Level Switch	1 unit		Float type			
- Blower No.1	1 unit	Anlet BS-125		9.30m ³ /min x 0.4kg/m ²		11kW/4P/3pH/380V/50Hz
5) Flow Control Tank	1 unit	Gard	FRP	15-60 m ³ /hr		
6) Aeration Tank No.1 (Vol.=1050 m ³)						
- Hyper Rater	4 units	Nippon Sharyo	SUS 304			
- Hyper Rater Pump/Circulation Pump	4 units	Ebara 200 DL 51-5	Submersible	5.2 m ³ /min	12 m	15kW/4P/3pH/380V/50Hz
- Blower No.2	1 unit	Anlet BS-125		14.8m ³ /min x 0.6kg/m ²		22kW/4P/3pH/380V/50Hz
- Blower No.3	1 unit	Anlet BS-125		9.9m ³ /min x 0.6kg/m ²		18.5kW/4P/3pH/380V/50Hz
7) Aeration Tank No.2 (Vol.=630 m ³)						
- Diffuser	94 units	Fuji	Relief Spring Type 1	0.20 m ³ /min		
- Blower No.4	1 unit	Anlet BS-125		14.8m ³ /min x 0.6kg/m ²		22kW/4P/3pH/380V/50Hz
8) Sedimentation Tank (Vol.=300 m ³)						
- Sludge & Scum Scraper	1 unit	Gard	SS, Painted with tar and epoxy resin			
- Motor Reducer	1 unit	OTOMI		ratio=1/54000		0.75kW/4P/3pH/380V/50Hz
		GDVM-55-36-225				
- Center Well	1 unit	Gard	SS			
- Triangle	1 set	Gard	FRP			
- Trap Plate	1 set	Gard	SS			
9) Sludge Stock Tank (Vol.=170 m ³)						
- Sludge Circulation Pump	2 units	Ebara 100 SQF 53.7	circulation	1.0 m ³ /min	12 m	3.7 kW/4P/3pH/380V/50Hz
- Diffuser	12 units	Fuji ADL-500-R	Relief Spring Type 1	0.20 m ³ /min		
- Blower No.5	1 unit	Anlet BS-65		1.35m ³ /min x 0.5kg/m ²		3.7 kW/4P/3pH/380V/50Hz
- Sludge Pump	2 units	Ebara 65DN 53.7	Submersible	1.0 m ³ /min	10 m	3.7 kW/4P/3pH/380V/50Hz
10) Clean Water Tank (Vol.=140 m ³)						
- Sprinkler Pump	2 units	Ebara 50 DS 53.7	Submersible	0.5 m ³ /min	22 m	3.7 kW/4P/3pH/380V/50Hz
11) Operation Panel	1 unit	NISSHA	FIT-Computer System			
			Self Standing Indoor			
12) Sensor						
- Do Sensor	2 units	YOKOGAWA	DO 4006-0-J-1AU, DO 306	L = 2000 (holder)		
- pH Sensor	2 units	YOKOGAWA	pH 4006, pH8EFP	L = 2000 (holder)		
- ORP Sensor	2 units	YOKOGAWA	OR400 6-1-JU, OREF6	L = 2000 (holder)		
13) Defoaming Nozzle	33 units	Envoriquip	QF2N / Bronze	8 litre/min		
14) Motor Control Panel	1 unit	NISSHA	Self Standing Indoor	Total Motor Power		
				200 kW		
				Inverter 22kW x 2 Am.m		

Tabel B.2: Peralatan Pengolahan/Pengeringan Lumpur

No.	Peralatan	Merk	Tipe	Kapasitas	Elektrikal	Jumlah
1	Washing Pump	Grundfos	CR4-160/14	0.12m ³ /min.5.5 bar	2.2kW/380V/3Phase	1 unit
2	Cleaning Tank PRP	Ex Local (Penguin)	TB-200	2 m ³	-	1 unit
3	Screw Conveyor	GARD	TMT-GARD-08-005	0.025 m ³ /min.	0.5kW/380V/3Phase	1 unit
4	Chemical Feed Pump	N-Feeder	EX DI-24-VE6-FWS	0.22 m ³ /min.	1.5kW/380V/3Phase	4 units
5	Chemical Mixing Tank	Ex Local (Penguin)	TM-100	1 m ³	-	4 units
6	Agitator	Tolhkemy	NTA4-002-4-C	300 rpm	0.2kW/380V/3Phase	4 units
7	Rapid Mixing Tank	Ex Local (Penguin)	BT-25	200 litre	-	1 unit
8	Mixer (adjustable type)	N-Feeder	SV4-0.2.	31 - 120 rpm	0.2kW/380V/3Phase	2 units
9	Sludge Flow Control Tank	Ex Local (Penguin)	BT-25	200 litre	-	1 unit
10	Air Compressor	Swan	SDU-205	0.285 m ³ /min.x8 bar	2.2kW/380V/3Phase	2 units
11	Control Panel	Nobi	Free Standing	-	-	1 unit
12	Float Switch	Atmi	ECHY-932	-	-	3 units
13	Level Switch	Tolhkemy	TL-1	-	100V, 0.3A	4 units
14	Plat form Mixing & Sludge Tank	Ex Local	-	-	-	1 ls
15	Pipe, Fitting & Cable	Bakrie, Pralon & Kabelindo	-	-	-	1 lot
16	Sludge Pump	Ebara	65DN 53.7	1.0m ³ /min x 10mH	3.7kW/380V/3Phase	2 units
17	Drain Pump	Shinmaywa	AH-501	0.5m ³ /min x 22mH	0.75kW/380V/3Phase	1 unit
18	Flocculator	Diemme	Built in Hydro Extractor	-	0.25kW/380V/3Phase	1 unit
19	Belt Press	Diemme	1200 N	238 Kg - Dryss/ht	1.1kW/380V/3Phase	1 unit
20	Booster Pump	Grundfos	CR4-40	4.5m ³ /hr x 30mH	0.75kW/380V/3Phase	2 units



Lampiran C: Hasil Uji Laboratorium Contoh Air Limbah

- Tanggal Pengambilan Contoh Air Limbah: 22, 23, 24 dan 25 Agustus 2016
- Lokasi Pengambilan Contoh Air Limbah: IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta
- Titik Pengambilan Contoh Air Limbah: Inlet, Buffer Tank, Bak Aerasi 1, Bak Aerasi 2, Sedimentasi dan Outlet (6 titik)
- Peraturan Baku Mutu yang Digunakan: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Lampiran XIV.C (Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri Perikanan yang melakukan Pengolahan Air Limbah secara Terpusat)
- Tempat Pengujian: Laboratorium Lingkungan Hidup PT. Unilab Perdana - Jakarta
- Laporan Hasil Pengujian:

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian Hari ke-1					
			Inlet	Buffer Tank	Aerasi 1	Aerasi 2	Sedimentasi	Outlet
pH	-	-	6.8	7.5	7.6	8.2	8	7.9
Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	100	716	1110	2000	296	173	366
Sulfida (H ₂ S)	mg/L	1	0.01	0.08	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Amonia (NH ₃)	mg/L	5	201	195	32	118	174	108
Klor Bebas (Cl ₂)	mg/L	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
BOD ₅	mg/L	100	807	871	924	115	95	101
COD	mg/L	200	1968	2128	2200	346	309	287
Minyak & Lemak	mg/L	15	153	168	2	20	19	18
Salinitas	‰	-	4					

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian Hari ke-2					
			Inlet	Buffer Tank	Aerasi 1	Aerasi 2	Sedimentasi	Outlet
pH	-	-	7	7	8	8	8	8
Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	100	930	870	1730	2300	181	253
Sulfida (H ₂ S)	mg/L	1	2	4	<0.002	0.04	0.06	0.05
Amonia (NH ₃)	mg/L	5	69	142	7	92	155	53
Klor Bebas (Cl ₂)	mg/L	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
BOD ₅	mg/L	100	1166	807	510	889	97	98
COD	mg/L	200	2915	2013	1242	2159	304	287
Minyak & Lemak	mg/L	15	222	43	20	73	11	21
Salinitas	‰	-	4					

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian Hari ke-3					
			Inlet	Buffer Tank	Aerasi 1	Aerasi 2	Sedimentasi	Outlet
pH	-	-	7	7	7	8	8	8
Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	100	457	800	2356	2700	139	150
Sulfida (H ₂ S)	mg/L	1	29	7	0.03	<0.002	0.08	0.01
Amonia (NH ₃)	mg/L	5	126	231	10	57	101	94
Klor Bebas (Cl ₂)	mg/L	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
BOD ₅	mg/L	100	516	604	660	826	64	61
COD	mg/L	200	1474	1632	1735	2234	201	191
Minyak & Lemak	mg/L	15	53	143	35	58	5	7
Salinitas	‰	-	3					

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian Hari ke-4					
			Inlet	Buffer Tank	Aerasi 1	Aerasi 2	Sedimentasi	Outlet
pH	-	-	7	7	7	7	8	8
Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	100	1125	27960	29490	23190	57	77
Sulfida (H ₂ S)	mg/L	1	3	2	0.01	0.07	0.003	0.020
Amonia (NH ₃)	mg/L	5	2	59	18	23	59	39
Klor Bebas (Cl ₂)	mg/L	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
BOD ₅	mg/L	100	1536	985	915	831	29	52
COD	mg/L	200	3839	2402	2289	1978	107	179
Minyak & Lemak	mg/L	15	57	84	44	36	<1.8	4
Salinitas	‰	-	4					

Keterangan: parameter melebihi baku mutu



Dokumentasi Pengambilan Contoh Air Limbah di Bak Sedimentasi

Hasil Analisa Laboratorium Lingkungan Hidup Daerah BPLHD DKI Jakarta



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
 BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651-5209653 Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 6003-6004/LAB. 1E1 - LC/2015
 Contoh Dari : PELABUHAN PERIKANAN SAMUDERA NIZAM ZACHMAN
 Alamat : Jalan Muara Baru Ujung, Jakarta Utara
 Jenis Industri / Kegiatan : Industri Perikanan
 Tanggal Penerimaan Contoh : 13 Oktober 2015
 Tanggal Pengujian : 13 Oktober 2015 - 22 Oktober 2015
 Badan Air Penerima : Laut Jawa
 Jenis Contoh : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet / Outlet

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Kadar Maksimum		Metoda
			6003	6004	Kegiatan Pembekuan	Kegiatan Pengolahan	
1	pH		8,0	√ 7,2	6 - 9	6 - 9	SNI 06-6989.11-2004
2	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	384,0	√ 31,0	100	100	Spektrofotometer
3	Minyak dan Lemak	mg/L	< 1,13	√ < 1,13	15	15	Spektrofotometer
4	Amonia	mg/L	233,00	√ 17,95	10	5	SNI 06-6989.30-2005
5	Sulfida	mg/L	22,35	√ 0,04	-	1	SNI 6989.70:2009
6	Klor Bebas	mg/L	0,02	√ -	1	1	Sid.Met. 4500 Cl.G.(21st)2005
7	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	115,40	√ 16,74	100	75	SNI 6989.72:2009
8	COD (dichromat)	mg/L	1.631,07	√ 93,20	200	150	SNI 6989.73:2009
9	Organik (KMnO ₄)	mg/L	578,05	√ 29,04	100	100	SNI 06-6989.22-2004

Keterangan:

* Tidak beresensi

6003 = Inlet

6004 = Outlet

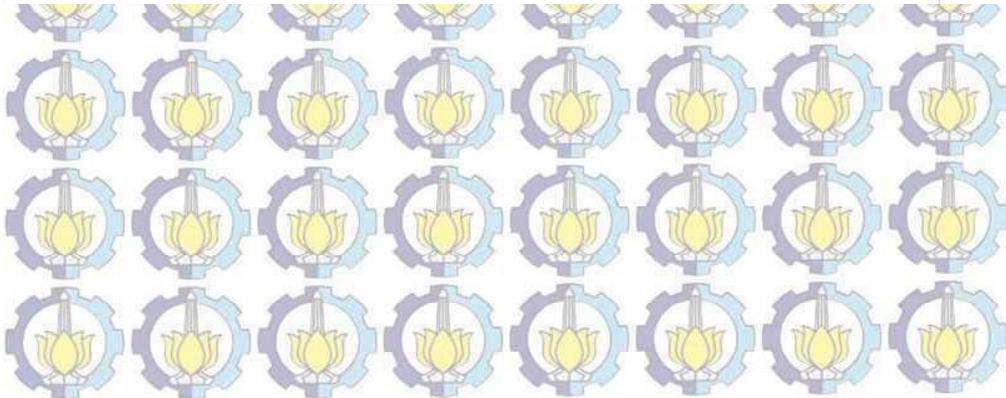
Kadar Maksimum sesuai Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 09 Tahun 2013.

Parameter yang beresensi telah diakreditasi oleh KAN

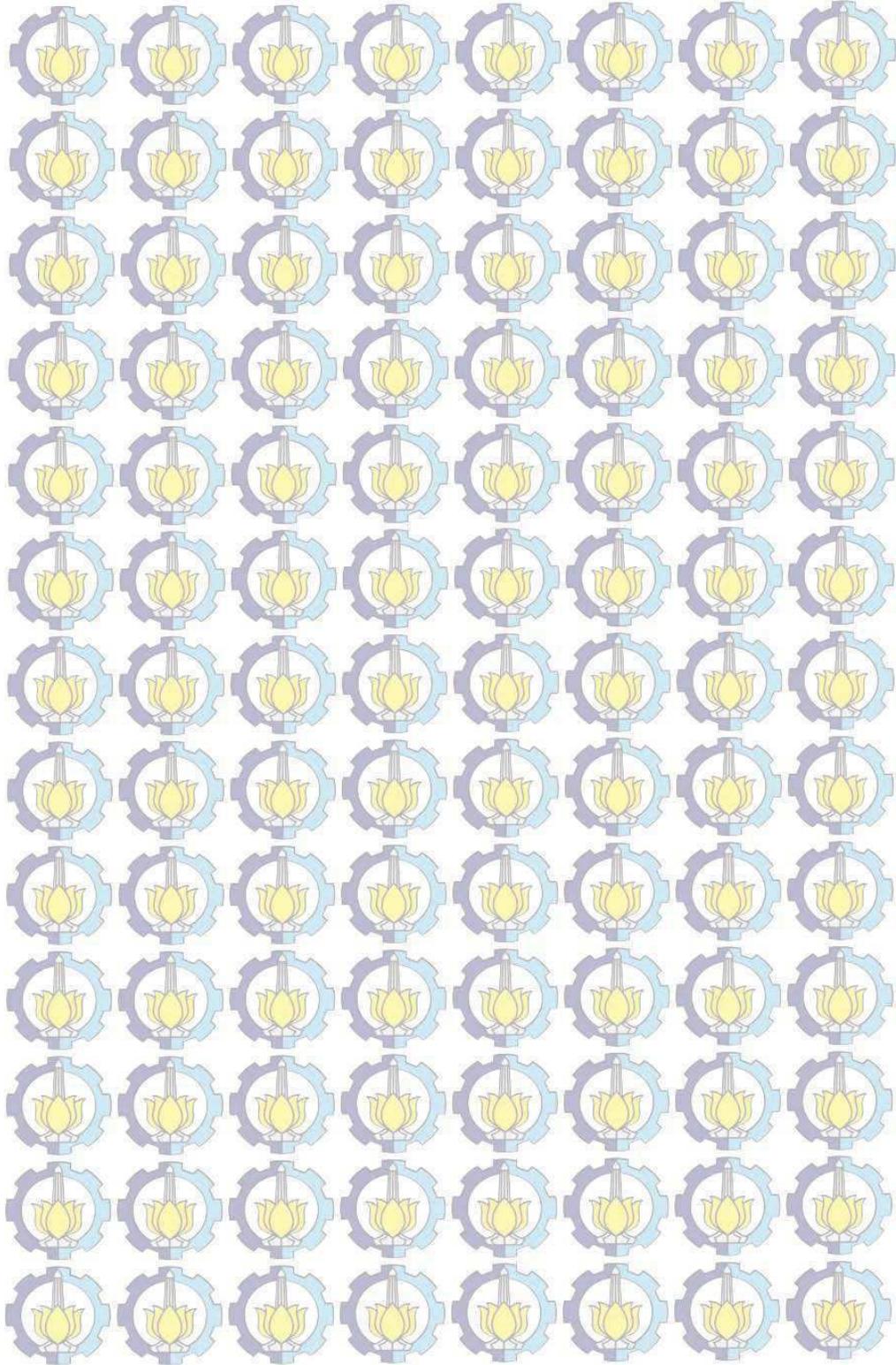
Saat diambil sampel ada yg mati, dan bisa dilihat oleh operator

Jakarta, 3 November 2015
 KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD, PROVINSI DKI JAKARTA
 (Manajer Puncak)

 Ir. DIAH RATNA AMBARWATI, M.Si
 NIP 196611291995032001



"Halaman ini sengaja dikosongkan"



Lampiran D: Hasil Monitoring IPAL

Pemantauan kondisi operasional IPAL pada saat pengambilan sample air limbah

Kondisi Operasional IPAL Saat Pengambilan Sample Air Limbah Hari 1	Upaya yang Dilakukan
<p>1. Air limbah yang masuk mayoritas dari area manhole 2 saja, namun switch otomatis level pompa kadang mati, dalam satu hari pompa menyala/dinyalakan setiap jam mulai pukul 06.00-20.00.</p>	<p>1. pompa dinyalakan secara manual oleh operator di manhole, pengecekan dilakukan di lokasi setiap 2-3 jam, pada saat pompa nyala amperemeter di panel harus dipantau untuk mengindikasikan air di manhole sudah habis atau belum.</p>
<p>2. Flow meter di inlet rusak tidak berfungsi, flowmeter air di outlet juga tidak berfungsi baik, berdasarkan perkiraan operator pada hari sabtu dan minggu sampai dengan senin pagi air limbah yang masuk hanya sedikit, karena industri banyak yang libur pada hari sabtu dan minggu.</p>	<p>2. untuk mengetahui perkiraan debit yang masuk ke IPAL dihitung berdasarkan periode lama waktu pompa nyala dikalikan dengan kapasitas pompa berdasarkan spesifikasi dikalikan faktor efisiensi operasi pompa. Kapasitas pompa adalah 2500 l/menit dan efisiensi operasi ditetapkan 85%.</p>
<p>3. Lift pump pada buffer tank yang berfungsi memompakan air limbah ke flow control tank macet (panas dan mcb turun), air limbah dari buffer tank ke bak aerasi 1 secara overflow.</p>	<p>3. pompa diangkat dan dibersihkan dilakukan pengujian tanpa beban untuk mendeteksi apakah ada kerusakan pada dinamo atau bagian pompa lainnya.</p>
<p>4. Grill ventilasi udara di atas buffer tank ditutup oleh operator karena tidak tahan dengan bau yang menyengat serta perih di mata.</p>	<p>4. beberapa gril ventilasi sudah dibuka.</p>
<p>5. Flow control tank tidak digunakan, karena lift pump tidak berfungsi dan kondisinya bocor.</p>	<p>5. dilakukan by pass langsung ke bak aerasi 1.</p>
<p>6. Blower 1 untuk suplai udara di buffer tank dapat beroperasi normal, namun sering dimatikan karena bau dari buffer tank makin menyengat jika blower dinyalakan.</p>	<p>6. blower dinyalakan terus sampai bau menyengat berkurang, dan operator sementara pindah lokasi, untuk menghindari bau</p>

<p>7. Blower 2 untuk bak aerasi 1 dimatikan, sedang dilakukan pembersihan dan perbaikan pipa dari blower yang menuju ke bak aerasi 1 dan 2.</p>	<p>7. Operator hanya menyalakan blower pada saat perbaikan pipa suplai udara ke diffuser dihentikan, dan dilakukan bypass suplai udara ke bak aerasi 2 (tidak sesuai SOP), namun selanjutnya diupayakan blower terus dinyalakan dan 100% dialirkan ke bak Aerasi 1.</p>
<p>8. Blower 3 tidak dioperasikan karena cepat sekali panas, dan ternyata kapasitas suplai oksigen kecil tidak sesuai spesifikasinya, ternyata pada saat perbaikan blower 2 beberapa bulan sebelumnya dinamo blower 3 dipindah ke blower 2 oleh operator dan setelah perbaikan tidak dikembalikan seperti semula, padahal spesifikasi dinamo blower 2: 22 kW dan blower 3: 18,5 kW, namun ukuran dinamo dan dudukannya sesuai.</p>	<p>8. dilakukan pengecekan dinamo dan mesin pompa, apabila suplai udara 100% dilakukan ke bak Aerasi 1 mesin cepat sekali panas, namun bila di bypass sekitar 50% ke bak aerasi 1 dan 50% ke bak aerasi 2, blower tidak terlalu cepat panas, hanya saja tetap perlu proses pendinginan sekitar 30 menit setelah dinyalakan selama 2-3 jam.</p>
<p>9. Blower 4 berjalan normal</p>	<p>9. dilakukan bypass sekitar 25% ke bak aerasi 1 dan 75% ke bak aerasi 2 untuk membantu suplai udara bak aerasi 1</p>
<p>10. Blower 5 untuk aerasi bak stok/penyimpanan lumpur dalam kondisi normal namun tidak dioperasikan, karena peralatan pengolahan lumpur lainnya tidak berfungsi</p>	<p>10. -</p>
<p>11. Air limbah di bak aerasi 1 dan 2 berwarna coklat keruh, berbusa coklat dan berbau, peralatan defoaming nozzle di bak aerasi 1 dan 2 dalam kondisi tidak layak (beberapa rusak) namun masih digunakan menyiram busa</p>	<p>11. dilakukan pembersihan pada pipa karena ada penyumbatan namun untuk nozzle tidak diganti karena tidak ada biaya</p>
<p>12. Bak sedimentasi : scum beach dan scum scrapper tidak berfungsi baik, defoaming nozzle tidak mengeluarkan air, dari informasi posisi clarifier sudah miring.</p>	<p>12. defoaming nozzle diupayakan dapat menyembrotkan air untuk mengurangi busa.</p>

13. Bak stok/penyimpanan lumpur dan pompa lumpur dalam keadaan baik namun tidak difungsikan karena peralatan pengolahan lumpur juga tidak dioperasikan	13. untuk merawat kondisi blower 5, pompa lumpur dan diffuser maka secara periodik (satu minggu sekali) dinyalakan selama beberapa jam.
14. Pompa sirkulasi lumpur untuk memompakan return sludge dari bak sedimentasi ke aerasi 1 berfungsi, namun tidak menggunakan sludge control tank	14. pompa sirkulasi lumpur dinyalakan setiap 1 jam sekali selama 20 menit
15. Panel kontrol listrik berfungsi namun tidak seluruhnya dalam kondisi baik, beberapa mcb dan indikator tidak berfungsi	15. -
16. Genset 300 kVA sedang dalam pemeliharaan, penggantian accu, oli dan radiatornya	16. -
17. Instalasi Pengolahan Lumpur hydroextractor seluruhnya tidak beroperasi termasuk sludge drying bed	17. -
18. Kolam pemantauan efluen berfungsi dan dalam kondisi baik	18. -

Kondisi Operasional IPAL Saat Pengambilan Sample Air Limbah Hari 2	Upaya yang Dilakukan
1. Air limbah yang masuk dari area manhole 2 saja, namun switch otomatis level pompa sering mati, dalam satu hari pompa menyala/dinyalakan antara 4-6 kali dengan periode nyala antara 20-30 menit antara pukul 06.00-20.00.	1. pompa dinyalakan secara manual oleh operator di manhole, pengecekan dilakukan setiap 2-3 jam, pada saat pompa nyala amperemeter di panel harus dipantau untuk mengindikasikan air di manhole sudah habis atau belum.
2. Flow meter di inlet rusak tidak berfungsi, flowmeter air di outlet juga tidak berfungsi baik sehingga tidak dapat digunakan sebagai acuan. Berdasarkan perhitungan lama nyala pompa diperkirakan debit limbah yang masuk mencapai 829 m ³ /hari.	2. untuk mengetahui perkiraan debit yang masuk ke IPAL dihitung berdasarkan periode lama waktu pompa nyala dikalikan dengan kapasitas pompa berdasarkan spesifikasi dikalikan faktor efisiensi operasi pompa. Kapasitas pompa adalah 2500 l/menit dan efisiensi operasi ditetapkan 85%.

<p>3. Lift pump pada buffer tank yang berfungsi memompakan air limbah ke flow control tank sudah berfungsi namun tetap di bypass langsung ke bak aerasi 1.</p>	<p>3. -</p>
<p>4. Grill ventilasi udara di atas buffer tank sebagian sudah dibuka dan bau dari buffer tank sudah tidak terlalu menyengat.</p>	<p>4. -</p>
<p>5. Flow control tank tidak digunakan, karena lift pump tidak berfungsi dan kondisinya bocor.</p>	<p>5. dilakukan by pass langsung ke bak aerasi 1.</p>
<p>6. Blower 1 untuk suplai udara di buffer tank beroperasi normal dan dijalankan sesuai saran hari pertama.</p>	<p>6. -</p>
<p>7. Blower 2 untuk bak aerasi 1 dimatikan, sedang dilakukan pembersihan dan perbaikan pipa dari blower yang menuju ke bak aerasi 1 dan 2.</p>	<p>7. Operator hanya menyalakan blower pada saat perbaikan pipa suplai udara ke diffuser dihentikan, dan dilakukan bypass suplai udara ke bak aerasi 2 (tidak sesuai SOP), namun selanjutnya diupayakan blower terus dinyalakan dan 100% dialirkan ke bak Aerasi 1.</p>
<p>8. Blower 3 tidak dioperasikan karena cepat sekali panas, dan ternyata kapasitas suplai oksigen kecil tidak sesuai spesifikasinya, ternyata pada saat perbaikan blower 2 beberapa bulan sebelumnya dinamo blower 3 dipindah ke blower 2 oleh operator dan setelah perbaikan tidak dikembalikan seperti semula, padahal spesifikasi dinamo blower 2: 22 kW dan blower 3: 18,5 kW, namun ukuran dinamo dan dudukannya sesuai.</p>	<p>8. dilakukan pengecekan dinamo dan mesin pompa, apabila suplai udara 100% dilakukan ke bak Aerasi 1 mesin cepat sekali panas, namun bila di bypass sekitar 50% ke bak aerasi 1 dan 50% ke bak aerasi 2, blower tidak terlalu cepat panas, hanya saja tetap perlu proses pendinginan sekitar 30 menit setelah dinyalakan selama 2-3 jam.</p>
<p>9. Blower 4 berjalan normal</p>	<p>9. dilakukan bypass sekitar 25% ke bak aerasi 1 dan 75% ke bak aerasi</p>

	2 untuk membantu suplai udara bak aerasi 1
10. Blower 5 untuk aerasi bak stok/penyimpanan lumpur dalam kondisi normal namun tidak dioperasikan, karena peralatan pengolahan lumpur lainnya tidak berfungsi	10. -
11. Air limbah di bak aerasi 1 dan 2 berwarna coklat keruh, berbusa coklat dan berbau, peralatan defoaming nozzle di bak aerasi 1 dan 2 dalam kondisi tidak layak (beberapa rusak) namun masih digunakan menyiram busa	11. kegiatan pembersihan pada pipa dan nozzle karena ada penyumbatan belum selesai dan terus dilakukan
12. Bak sedimentasi : scum beach dan scum scrapper tidak berfungsi baik, defoaming nozzle tidak mengeluarkan air, dari informasi posisi clarifier sudah miring. Saran perbaikan nozzle belum dilakukan.	12. defoaming nozzle diupayakan dapat menyembrotkan air untuk mengurangi busa.
13. Bak stok/penyimpanan lumpur dan pompa lumpur dalam keadaan baik namun tidak difungsikan karena peralatan pengolahan lumpur juga tidak dioperasikan	13. untuk merawat kondisi blower 5, pompa lumpur dan diffuser maka secara periodik (satu minggu sekali) dinyalakan selama beberapa jam.
14. Pompa sirkulasi lumpur untuk memompakan return sludge dari bak sedimentasi ke aerasi 1 berfungsi, namun tidak menggunakan sludge control tank	14. pompa sirkulasi lumpur dinyalakan setiap 1 jam sekali selama 20 menit
15. Panel kontrol listrik berfungsi namun tidak seluruhnya dalam kondisi baik, beberapa mcb dan indikator tidak berfungsi	15. -
16. Genset 300 kVA sedang dalam pemeliharaan, penggantian accu, oli dan radiatornya	16. -
17. Instalasi Pengolahan Lumpur hydroextractor seluruhnya tidak beroperasi termasuk sludge drying bed	17. -
18. Kolam pemantauan efluen berfungsi dan dalam kondisi baik	18. -

Kondisi Operasional IPAL Saat Pengambilan Sample Air Limbah Hari 3	Upaya yang Dilakukan
<p>1. Air limbah yang masuk dari area manhole 2 saja, namun switch otomatis level pompa sering mati, dalam satu hari pompa menyala/dinyalakan antara 4-6 kali dengan periode nyala antara 20-30 menit antara pukul 06.00-20.00.</p>	<p>1. pompa dinyalakan secara manual oleh operator di manhole, pengecekan dilakukan setiap 2-3 jam, pada saat pompa nyala amperemeter di panel harus dipantau untuk mengindikasikan air di manhole sudah habis atau belum.</p>
<p>2. Flow meter di inlet rusak tidak berfungsi, flowmeter air di outlet juga tidak berfungsi baik sehingga tidak dapat digunakan sebagai acuan. Berdasarkan perhitungan lama nyala pompa diperkirakan debit limbah yang masuk mencapai 808 m³/hari.</p>	<p>2. untuk mengetahui perkiraan debit yang masuk ke IPAL dihitung berdasarkan periode lama waktu pompa nyala dikalikan dengan kapasitas pompa berdasarkan spesifikasi dikalikan faktor efisiensi operasi pompa. Kapasitas pompa adalah 2500 l/menit dan efisiensi operasi ditetapkan 85%.</p>
<p>3. Lift pump pada buffer tank yang berfungsi memompakan air limbah ke flow control tank sudah berfungsi namun tetap di bypass langsung ke bak aerasi 1.</p>	<p>3. -</p>
<p>4. Grill ventilasi udara di atas buffer tank sebagian sudah dibuka dan bau dari buffer tank sudah tidak terlalu menyengat.</p>	<p>4. -</p>
<p>5. Flow control tank tidak digunakan, karena lift pump tidak berfungsi dan kondisinya bocor.</p>	<p>5. dilakukan by pass langsung ke bak aerasi 1.</p>
<p>6. Blower 1 untuk suplai udara di buffer tank beroperasi normal dan dijalankan sesuai saran hari pertama.</p>	<p>6. -</p>
<p>7. Blower 2 untuk bak aerasi 1 dimatikan, sedang dilakukan pembersihan dan perbaikan pipa dari blower yang menuju ke bak aerasi 1 dan 2.</p>	<p>7. Operator hanya menyalakan blower pada saat perbaikan pipa suplai udara ke diffuser dihentikan, dan dilakukan bypass suplai udara ke bak aerasi 2 (tidak sesuai SOP), namun selanjutnya</p>

	<p>diupayakan blower terus dinyalakan dan 100% dialirkan ke bak Aerasi 1.</p>
<p>8. Blower 3 tidak dioperasikan karena cepat sekali panas, dan ternyata kapasitas suplai oksigen kecil tidak sesuai spesifikasinya, ternyata pada saat perbaikan blower 2 beberapa bulan sebelumnya dinamo blower 3 dipindah ke blower 2 oleh operator dan setelah perbaikan tidak dikembalikan seperti semula, padahal spesifikasi dinamo blower 2: 22 kW dan blower 3: 18,5 kW, namun ukuran dinamo dan dudukannya sesuai.</p>	<p>8. dilakukan pengecekan dinamo dan mesin pompa, apabila suplai udara 100% dilakukan ke bak Aerasi 1 mesin cepat sekali panas, namun bila di bypass sekitar 50% ke bak aerasi 1 dan 50% ke bak aerasi 2, blower tidak terlalu cepat panas, hanya saja tetap perlu proses pendinginan sekitar 30 menit setelah dinyalakan selama 2-3 jam.</p>
<p>9. Blower 4 berjalan normal</p>	<p>9. dilakukan bypass sekitar 25% ke bak aerasi 1 dan 75% ke bak aerasi 2 untuk membantu suplai udara bak aerasi 1</p>
<p>10. Blower 5 untuk aerasi bak stok/penyimpanan lumpur dalam kondisi normal namun tidak dioperasikan, karena peralatan pengolahan lumpur lainnya tidak berfungsi</p>	<p>10. -</p>
<p>11. Air limbah di bak aerasi 1 dan 2 berwarna coklat keruh, berbusa coklat dan berbau, peralatan defoaming nozzle di bak aerasi 1 dan 2 dalam kondisi tidak layak (beberapa rusak) namun masih digunakan menyiram busa</p>	<p>11. kegiatan pembersihan pada pipa dan nozzle karena ada penyumbatan belum selesai dan terus dilakukan</p>
<p>12. Bak sedimentasi : scum beach dan scum scrapper tidak berfungsi baik, defoaming nozzle tidak mengeluarkan air, dari informasi posisi clarifier sudah miring. Saran perbaikan nozzle belum dilakukan.</p>	<p>12. defoaming nozzle diupayakan dapat menyemprotkan air untuk mengurangi busa.</p>
<p>13. Bak stok/penyimpanan lumpur dan pompa lumpur dalam keadaan baik namun tidak difungsikan karena peralatan pengolahan lumpur juga</p>	<p>13. untuk merawat kondisi blower 5, pompa lumpur dan diffuser maka secara periodik (satu minggu sekali) dinyalakan selama</p>

tidak dioperasikan	beberapa jam.
14. Pompa sirkulasi lumpur untuk memompakan return sludge dari bak sedimentasi ke aerasi 1 berfungsi, namun tidak menggunakan sludge control tank	14. pompa sirkulasi lumpur dinyalakan setiap 1 jam sekali selama 20 menit
15. Panel kontrol listrik berfungsi namun tidak seluruhnya dalam kondisi baik, beberapa mcb dan indikator tidak berfungsi	15. -
16. Genset 300 kVA sedang dalam pemeliharaan, penggantian accu, oli dan radiatornya	16. -
17. Instalasi Pengolahan Lumpur hydroextractor seluruhnya tidak beroperasi termasuk sludge drying bed	17. -
18. Kolam pemantauan berfungsi dan dalam kondisi baik	18. -

Kondisi Operasional IPAL Saat Pengambilan Sample Air Limbah Hari 4	Upaya yang Dilakukan
1. Air limbah yang masuk dari area manhole 2 saja, namun switch otomatis level pompa sering mati, dalam satu hari pompa menyala/dinyalakan antara 4-6 kali dengan periode nyala antara 20-30 menit antara pukul 06.00-20.00.	1. pompa dinyalakan secara manual oleh operator di manhole, pengecekan dilakukan setiap 2-3 jam, pada saat pompa nyala amperemeter di panel harus dipantau untuk mengindikasikan air di manhole sudah habis atau belum.
2. Flow meter di inlet rusak tidak berfungsi, flowmeter air di outlet juga tidak berfungsi baik sehingga tidak dapat digunakan sebagai acuan. Berdasarkan perhitungan lama nyala pompa diperkirakan debit limbah yang masuk mencapai 871 m ³ /hari.	2. untuk mengetahui perkiraan debit yang masuk ke IPAL dihitung berdasarkan periode lama waktu pompa nyala dikalikan dengan kapasitas pompa berdasarkan spesifikasi dikalikan faktor efisiensi operasi pompa. Kapasitas pompa adalah 2500 l/menit dan efisiensi operasi ditetapkan 85%.
3. Lift pump pada buffer tank yang berfungsi memompakan air limbah ke flow control tank sudah berfungsi namun tetap di bypass langsung ke bak aerasi 1.	3. -

<p>4. Grill ventilasi udara di atas buffer tank sebagian sudah dibuka dan bau dari buffer tank sudah tidak terlalu menyengat.</p>	<p>4. -</p>
<p>5. Flow control tank tidak digunakan, karena lift pump tidak berfungsi dan kondisinya bocor.</p>	<p>5. dilakukan by pass langsung ke bak aerasi 1.</p>
<p>6. Blower 1 untuk suplai udara di buffer tank beroperasi normal dan dijalankan sesuai saran hari pertama.</p>	<p>6. -</p>
<p>7. Blower 2 untuk bak aerasi 1 dimatikan, sedang dilakukan pembersihan dan perbaikan pipa dari blower yang menuju ke bak aerasi 1 dan 2.</p>	<p>7. Operator hanya menyalakan blower pada saat perbaikan pipa suplai udara ke diffuser dihentikan, dan dilakukan bypass suplai udara ke bak aerasi 2 (tidak sesuai SOP), namun selanjutnya diupayakan blower terus dinyalakan dan 100% dialirkan ke bak Aerasi 1.</p>
<p>8. Blower 3 tidak dioperasikan karena cepat sekali panas, dan ternyata kapasitas suplai oksigen kecil tidak sesuai spesifikasinya, ternyata pada saat perbaikan blower 2 beberapa bulan sebelumnya dinamo blower 3 dipindah ke blower 2 oleh operator dan setelah perbaikan tidak dikembalikan seperti semula, padahal spesifikasi dinamo blower 2: 22 kW dan blower 3: 18,5 kW, namun ukuran dinamo dan dudukannya sesuai.</p>	<p>8. dilakukan pengecekan dinamo dan mesin pompa, apabila suplai udara 100% dilakukan ke bak Aerasi 1 mesin cepat sekali panas, namun bila di bypass sekitar 50% ke bak aerasi 1 dan 50% ke bak aerasi 2, blower tidak terlalu cepat panas, hanya saja tetap perlu proses pendinginan sekitar 30 menit setelah dinyalakan selama 2-3 jam.</p>
<p>9. Blower 4 berjalan normal</p>	<p>9. dilakukan bypass sekitar 25% ke bak aerasi 1 dan 75% ke bak aerasi 2 untuk membantu suplai udara bak aerasi 1</p>
<p>10. Blower 5 untuk aerasi bak stok/penyimpanan lumpur dalam kondisi normal namun tidak dioperasikan, karena peralatan pengolahan lumpur lainnya tidak</p>	<p>10. -</p>

berfungsi	
11. Air limbah di bak aerasi 1 dan 2 berwarna coklat keruh, berbusa coklat dan berbau, peralatan defoaming nozzle di bak aerasi 1 dan 2 sudah dibersihkan walaupun belum layak namun lebih baik dari sebelumnya dan sudah digunakan menyiram busa	11. -
12. Bak sedimentasi : scum beach dan scum scrapper tidak berfungsi baik, defoaming nozzle tidak mengeluarkan air, dari informasi posisi clarifier sudah miring. Saran perbaikan nozzle belum dilakukan.	12. defoaming nozzle diupayakan dapat menyembrotkan air untuk mengurangi busa.
13. Bak stok/penyimpanan lumpur dan pompa lumpur dalam keadaan baik namun tidak difungsikan karena peralatan pengolahan lumpur juga tidak dioperasikan	13. untuk merawat kondisi blower 5, pompa lumpur dan diffuser maka secara periodik (satu minggu sekali) dinyalakan selama beberapa jam.
14. Pompa sirkulasi lumpur untuk memompakan return sludge dari bak sedimentasi ke aerasi 1 berfungsi, namun tidak menggunakan sludge control tank	14. pompa sirkulasi lumpur dinyalakan setiap 1 jam sekali selama 20 menit
15. Panel kontrol listrik berfungsi namun tidak seluruhnya dalam kondisi baik, beberapa mcb dan indikator tidak berfungsi	15. -
16. Pemeliharaan Genset 300 kVA sudah selesai	16. -
17. Instalasi Pengolahan Lumpur hydroextractor seluruhnya tidak beroperasi termasuk sludge drying bed	17. -
18. Kolam pemantauan efluen berfungsi dan dalam kondisi baik	18. -



Inlet (Mechanical Bar Screen)



Buffer Tank



Bak Aerasi 1



Bak Aerasi 2



Bak Sedimentasi



Outlet

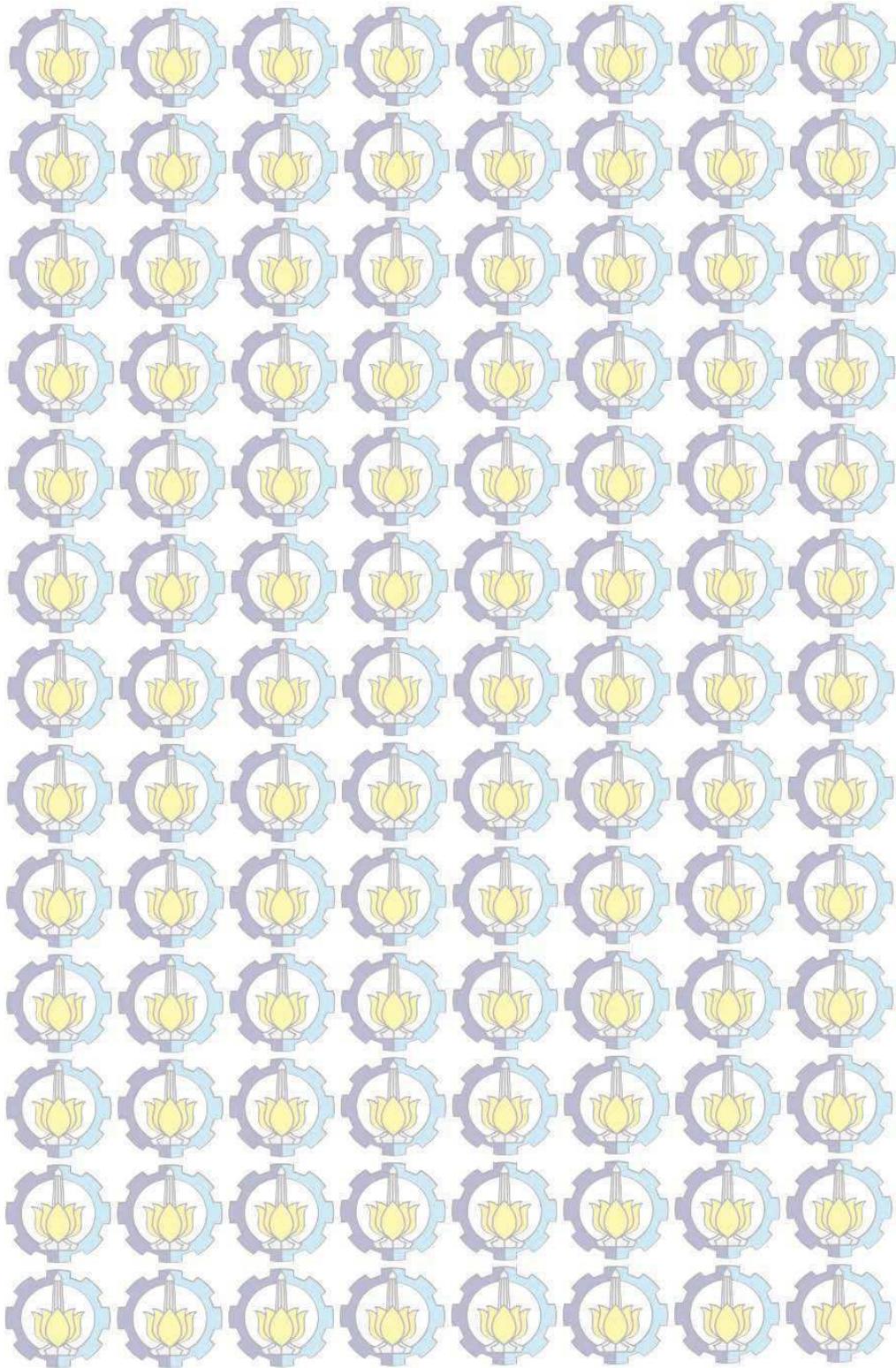


Instalasi Pengolahan Lumpur (*Hydroextractor*)



Bak Pengering Lumpur

"Halaman ini sengaja dikosongkan"



Lampiran E: Analisis Beban Kerja (ABK) Pegawai

Tabel berikut adalah analisis beban kerja pegawai/pejabat di Bidang Tata Kelola dan Pelayanan Usaha, yang membawahi Seksi Tata Kelola Sarana dan Prasarana & Seksi Pelayanan Usaha. Salah satu tugas Seksi Tata Tata Kelola Sarana dan Prasarana terkait operasional IPAL pelabuhan.

FORM C : PENGUMPULAN DATA UJI COBA ANALISIS BEBAN KERJA

INVENTARISASI JUMLAH PEMANGKU JABATAN

UNIT ORGANISASI : BIDANG TATA KELOLA DAN PELAYANAN USAHA
 SATUAN KERJA : PELABUHAN PERIKANAN SAMUDERA NIZAM ZACHMAN JAKARTA
 LOKASI : DKI JAKARTA

No.	Nama Jabatan	Golongan	Jumlah	Keterangan
1	Kepala Bidang Tata Kelola dan Pelayanan Usaha	IV a	1	
2	Kepala Seksi Tata Kelola Sarana dan Prasarana	IV a	1	
3	Petugas Pemeliharaan dan Rehabilitasi Sarana dan Prasarana	III b, III a	8	
4	Petugas Pengawasan dan Pengendalian Sarana dan Prasarana	III b, III a	3	Merangkap Panitia Pengadaan Barang dan Jasa
5	Petugas Pemeliharaan Peralatan dan Mesin		4	
6	Petugas Pemantauan Wilayah Pesisir			
7	Kepala Seksi Pelayanan Usaha	IV a	1	
8	Petugas Pelayanan Jasa dan Fasilitas	III b	15	
9	Penyusun Rencana Pengembangan Usaha Pelabuhan Perikanan			
			33	

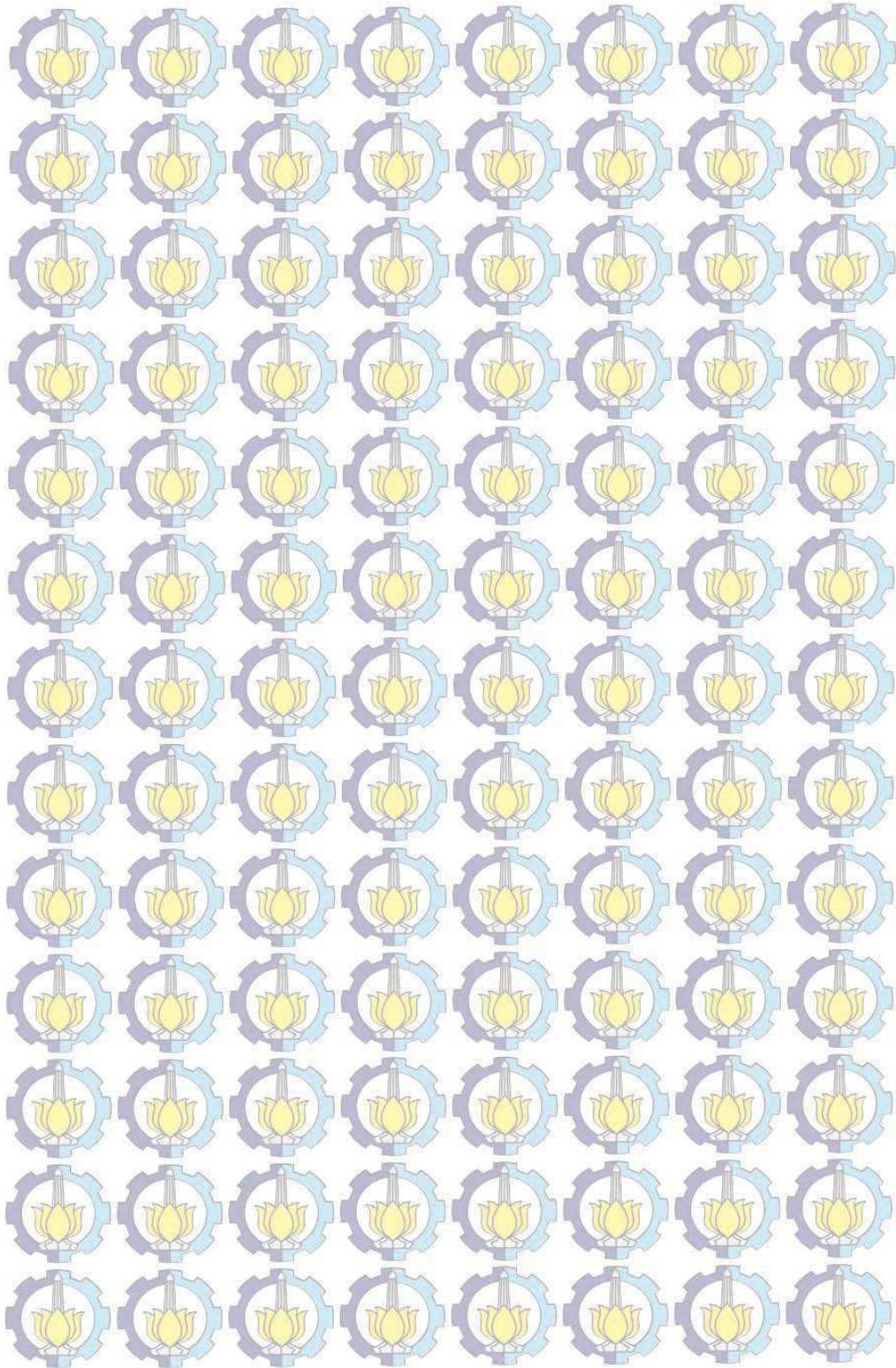
FP.3 : PENGHITUNGAN KEBUTUHAN PEGAWAI/PEJABAT, TINGKAT EFISIENSI JABATAN (EJ) DAN DISTRIBUSI PEGAWAI

Unit Organisasi : Bidang Tata Kelola dan Pelayanan Usaha
 Satuan Kerja : Pelabuhan Perikanan Samudera Nizam Zachman Jakarta

No.	Nama Jabatan	Jumlah Beban Kerja Jabatan (OJ)	Penghitungan Jumlah Kebutuhan Pejabat/ Pegawai	Jumlah Pegawai/ Pejabat yang Ada	+/-	EJ	DP	Ket.
1	Kepala Bidang Tata Kelola dan Pelayanan Usaha	1,150	0.88	1	0.12	0.88	Sedang (D)	
2	Kepala Seksi Tata Kelola Sarana dan Prasarana	1,096	0.84	1	0.16	0.84	Cukup (C)	
3	Petugas Pemeliharaan dan Rehabilitasi Sarana dan Prasarana	10,333	7.95	8	0.05	0.99	Sedang (D)	
4	Petugas Pengawasan dan Pengendalian Sarana dan Prasarana	4,229	3.25	3	(0.25)	1.08	Kurang (E)	
5	Petugas Pemeliharaan Peralatan dan Mesin	7,453	5.73	4	(1.73)	1.43	Kurang (E)	
6	Kepala Seksi Pelayanan Usaha	1,125	0.87	1	0.13	0.87	Sedang (D)	
7	Petugas Pelayanan Jasa dan Fasilitas	16,902	13.00	15	2.00	0.87	Sedang (D)	
	Jumlah	42,287	33	33	0.47	0.99	Sedang (D)	

Pegawai yang terkait operasional IPAL adalah Kepala Bidang Tata Kelola dan Pelayanan Usaha (Penanggungjawab), Kepala Seksi Tata Tata Kelola Sarana dan Prasarana (Pengawas/Atasan Langsung), Petugas Pemeliharaan dan Rehabilitasi Sarana dan Prasarana (operator IPAL 2 orang), Petugas Pengawasan dan Pengendalian Sarana dan Prasarana (Tenaga Ahli 1 orang) dan Petugas Pemeliharaan Peralatan dan Mesin (Teknisi Mesin dan Listrik 2 orang).

"Halaman ini sengaja dikosongkan"



Lampiran F: Kuisisioner

Kuisisioner Penentuan Frekuensi Proses dan Kejadian

ARAHAN PENGISIAN

PENENTUAN FREKUENSI PROSES DAN FREKUENSI KEJADIAN ERROR

Petunjuk:

Mohon bapak/ ibu menjawab pertanyaan yang sama untuk masing-masing sub faktor/komponen pada tabel di belakang dengan memilih jawaban yang tersedia.

Keterangan pilihan jawaban:

Nilai	Frekuensi			Penjelasan
	Proses (Fp)	Kejadian (Fk)	Keterangan	
1	1 tahun	> 5 tahun	sangat jarang	Kegiatan yang dilakukan jarang dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar
2	3 bulan - 1 tahun	1-5 tahun	jarang	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan kemungkinan kecil dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar
3	1-3 bulan	6 bulan - 1 tahun	sedang	Kegiatan yang dilakukan kemungkinan sedang dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar
4	6 hari - 1 bulan	3-6 bulan	sering	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan besar kemungkinan dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar
5	harian	1-3 bulan	selalu	Kegiatan yang dilakukan hampir pasti dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar. Merupakan peringkat tertinggi.

Sumber: Assement IPAL PPS Nizam Zachman Jakarta.

Pertanyaan berlaku pada kejadian-kejadian yang pernah terjadi dalam operasional IPAL Lumpur Aktif PPS Nizam Zachman Jakarta, serta prediksi kejadian yang mungkin atau dapat terjadi menurut pengalaman bapak/ibu dalam menangani permasalahan di lapangan terkait permasalahan kualitas efluen IPAL Lumpur Aktif PPS Nizam Zachman Jakarta.

“Jawaban yang jujur dan obyektif sangat mendukung dalam keefektifan penentuan risiko dan penanganan yang tepat untuk permasalahan Kualitas Efluen IPAL Lumpur Aktif PPS Nizam Zachman Jakarta”.

Pertanyaan untuk faktor Sumber Daya Manusia

Terkait Kuantitas/ jumlah Sumber Daya Manusia yang ada:

1. Apakah ada operator khusus IPAL?
 - a. Apabila ada, berapa jumlahnya?... bagaimana seharusnya periode kerjanya?
 Harian 3 Bulan - 1 Tahun
 6 Hari – 1 Bulan 1 Tahun
 1 - 3 Bulan
 - b. Apabila tidak ada, bagaimana frekuensi kekosongan pada posisi tersebut?
 Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang
2. Apakah ada, teknisi mesin & listrik?
 - a. Apabila ada, berapa jumlahnya?... bagaimana seharusnya periode kerjanya?
 Harian 3 Bulan - 1 Tahun
 6 Hari – 1 Bulan 1 Tahun
 1 - 3 Bulan
 - b. Apabila tidak ada, bagaimana frekuensi kekosongan pada posisi tersebut?
 Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang
3. Apakah ada analis laboratorium?
 - a. Apabila ada, berapa jumlahnya?... bagaimana seharusnya periode kerjanya?
 Harian 3 Bulan - 1 Tahun

6 Hari – 1 Bulan 1 Tahun

1 - 3 Bulan

b. Apabila tidak ada, bagaimana frekuensi kekosongan pada posisi tersebut?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

Terkait Kualitas Sumber Daya Manusia yang ada:

1. Apakah tingkat pendidikan yang dibutuhkan terkait operasional IPAL sudah sesuai dan ideal?

a. Jika belum, berapa frekuensi ketidaksesuaian kondisi seperti itu?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

2. Apakah ada tenaga ahli terkait sistem/teknologi pengolahan limbah cair?

a. Bagaimana periode kerjanya?

b. Apakah pernah terjadi kekosongan pada posisi tersebut? Berapa frekuensinya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

3. Apakah SDM terkait pernah diberi pelatihan tentang operasional IPAL?

a. Berapa frekuensi pelatihan yang diikuti?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

b. Berapa frekuensi kejadian tidak diikutsertakan pelatihan?

1 – 3 Bulan 1 – 5 Tahun

3 – 6 Bulan > 5 Tahun

6 Bulan – 1 Tahun

4. Apakah terdapat referensi/literatur untuk mendukung tugas/pekerjaan?

5. Pernahkan mengalami kesulitan mencari literatur untuk menunjang pekerjaan? Berapa frekuensi kejadiannya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

Terkait Job Description/ Tupoksi:

1. Apakah SOP terkait operasional IPAL sudah tersedia lengkap dan memadai?

a. Apakah SOP selalu digunakan dalam setiap kegiatan operasional IPAL?

b. Apakah pernah terjadi ketidaklengkapan SOP?

c. Bila pernah, berapa frekuensi kejadian SOP tidak lengkap terjadi?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

2. Apakah pelaksanaan SOP ditunjang dengan peralatan yang memadai?

a. Pernahkan faktor peralatan menghambat pelaksanaan SOP?

b. Bila pernah, berapa banyak frekuensi terjadinya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

3. Apakah metode yang digunakan mudah dilakukan?

a. Pernahkan metode dalam SOP menghambat pekerjaan?

b. Bila pernah, berapa sering frekuensi kejadian tersebut?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

4. Apakah konsistensi operator dalam pelaksanaan SOP mempengaruhi proses IPAL?

a. Apakah operator konsisten dalam melaksanakan SOP operasional IPAL?

b. Bila kurang konsisten, berapa sering frekuensi kejadiannya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

Terkait Pembinaan dan Pengawasan SDM:

1. Siapakah yang menjadi penanggung jawab atas operasional IPAL?

a. Apakah penanggung jawab operasional IPAL melakukan kegiatan pemantauan langsung operasional di lapangan?

b. Apabila ya, bagaimana seharusnya periode pemantauan lapangan oleh penanggung jawab IPAL?

Harian 3 Bulan - 1 Tahun

6 Hari - 1 Bulan 1 Tahun

1 - 3 Bulan

c. Apabila tidak, bagaimana frekuensi pemantauan lapangan tidak dilakukan?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

2. Apakah operator melaporkan seluruh hasil pekerjaannya kepada penanggung jawab operasional IPAL?

a. apabila ya, bagaimana seharusnya frekuensi pelaporannya? bagaimana bentuk laporan yang diberikan?

Harian 3 Bulan - 1 Tahun

6 Hari – 1 Bulan 1 Tahun

1 - 3 Bulan

b. Apabila tidak, berapa frekuensi tidak menyusun pelaporan yang seharusnya dilakukan?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

3. Apakah pernah terjadi permasalahan/kerusakan di IPAL yang disebabkan oleh faktor kesalahan operator?

a. Apabila ya, bagaimana frekuensi terjadinya permasalahan/kerusakan tersebut?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

b. Apakah sanksi diberikan terhadap operator yang menyebabkan permasalahan/ kerusakan di IPAL?

c. Apabila ya, siapa yang memberikan sanksi dan bagaimana bentuk sanksi yang diberikan?

d. Apabila tidak, bagaimana seharusnya penanganan permasalahan/ kerusakan di IPAL yang disebabkan oleh faktor kesalahan operator?

4. Apakah pernah dilakukan pertemuan/rapat evaluasi untuk membahas permasalahan operasional IPAL?

a. Apabila ya, bagaimana seharusnya periode pertemuan/rapat evaluasi IPAL tersebut?

Harian 3 Bulan - 1 Tahun

6 Hari – 1 Bulan 1 Tahun

1 - 3 Bulan

b. Apabila tidak, bagaimana frekuensi pertemuan/rapat evaluasi IPAL tersebut tidak dilakukan?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

Pertanyaan untuk faktor Mesin dan Peralatan

1. Pompa Inlet (Manhole)

a. Apakah pompa inlet (manhole) saat ini berfungsi? Jika tidak mengapa ?

b. Apakah tersedia pompa cadangan dan spare partnya?

c. Pernahkan perbaikan pompa terganggu karena tidak adanya spare part?

Berapa frekuensi kejadiannya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

d. Pernahkah terjadi gangguan pada pompa inlet karena faktor usia?

Bagaimana frekuensinya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

e. Apakah ada jadwal pemeliharaan pompa inlet secara berkala? Seharusnya berapa periode pemeliharaan yang dilakukan?

Harian 3 Bulan - 1 Tahun

6 Hari - 1 Bulan 1 Tahun

1 - 3 Bulan

f. Berapa frekuensi pemeliharaan yang dilakukan diluar jadwal/ rencana?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

2. Flowmeter

a. Apakah Flowmeter saat ini berfungsi ? Jika tidak mengapa ?

b. Apakah tersedia Flowmeter cadangan dan spare partnya?

c. Pernahkah ada upaya perbaikan/penggantian Flowmeter? Bagaimana hasilnya??

3. Blower

a. Apakah seluruh blower saat ini berfungsi? Jika tidak mengapa ?

b. Apakah kapasitas blower yang digunakan saat ini mencukupi/sesuai dengan kebutuhan IPAL?

c. Apakah blower pernah mengalami gangguan sehingga tidak dapat bekerja sesuai fungsinya untuk mensuplai udara? Berapa frekuensi terjadinya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

d. Apakah tersedia blower cadangan dan spare partnya?

e. Pernahkah terjadi gangguan pada blower karena faktor usia? Bagaimana frekuensinya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

f. Apakah ada jadwal pemeliharaan blower secara berkala? Seharusnya berapa periode pemeliharaan yang dilakukan?

Harian

3 Bulan - 1 Tahun

6 Hari – 1 Bulan 1 Tahun

1 - 3 Bulan

g. Berapa frekuensi pemeliharaan yang dilakukan diluar jadwal/rencana?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

4. Diffuser

a. Apakah kondisi diffuser saat ini masih normal, tidak mengalami kerusakan?

b. Pernahkah diffuser tersumbat, sehingga mengganggu proses aerasi?

Berapa sering?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

c. Pernahkah diffuser mengalami kerusakan? Berapa frekuensi kejadiannya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

d. Bagaimanakah pengaturan letak diffuser saat ini? Apakah masih sesuai desain awal (terletak pada dasar bak)?

e. Apakah ada jadwal pemeliharaan diffuser secara berkala? Seharusnya berapa periode pemeliharaan yang dilakukan?

Harian 3 Bulan - 1 Tahun

6 Hari – 1 Bulan 1 Tahun

1 - 3 Bulan

5. Lift pump (pompa di buffer tank)

a. Apakah lift pump saat ini berfungsi? Jika tidak mengapa ?

b. Apakah tersedia pompa cadangan dan spare partnya?

c. Pernahkan perbaikan pompa terganggu karena tidak adanya spare part?

Berapa frekuensi kejadiannya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

d. Pernahkah terjadi gangguan pada pompa karena faktor usia? Bagaimana frekuensinya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

e. Apakah ada jadwal pemeliharaan pompa secara berkala? Seharusnya berapa periode pemeliharaan yang dilakukan?

Harian 3 Bulan - 1 Tahun

6 Hari – 1 Bulan 1 Tahun

1 - 3 Bulan

f. Berapa frekuensi pemeliharaan yang dilakukan diluar jadwal/rencana?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

6. Pompa Resirkulasi Lumpur

a. Apakah Pompa Sirkulasi Lumpur saat ini berfungsi? Jika tidak mengapa?

b. Apakah tersedia pompa cadangan dan spare partnya?

c. Pernahkan perbaikan pompa terganggu karena tidak adanya spare part?
Berapa frekuensi kejadiannya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

d. Pernahkah terjadi gangguan pada pompa outlet karena faktor usia?
Bagaimana frekuensinya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

e. Apakah ada jadwal pemeliharaan pompa secara berkala? Seharusnya
berapa periode pemeliharaan yang dilakukan?

Harian 3 Bulan - 1 Tahun

6 Hari - 1 Bulan 1 Tahun

1 - 3 Bulan

f. Berapa frekuensi pemeliharaan yang dilakukan diluar jadwal/rencana?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

7. Hydroextractor (Mesin Pengolah Lumpur)

a. Apakah Hydroextractor saat ini berfungsi? Jika tidak mengapa?

b. Apakah tersedia suku cadang untuk peralatan Hydroextractor?

c. Pernahkah ada upaya perbaikan untuk mengoperasikan Hydroextractor?
Bagaimana hasilnya?

Pertanyaan untuk faktor Proses

1. Buffer Tank/Bak Ekualisasi

a. Apakah Buffer Tank/Bak Ekualisasi dapat menampung semua limbah cair
yang akan diproses?

b. Apakah waktu tinggal (td) limbah cair minimal (3 jam) telah terpenuhi?
Apabila tidak, berapa frekuensi kejadiannya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

2. Bak Lumpur Aktif (Bak Aerasi)

a. Apakah beban BOD yang masuk ke bak lumpur aktif tidak melebihi batas maksimal yaitu 0,55 Kg BOD/ m³.hari? Apabila melebihi, berapa frekuensi kejadiannya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

b. Apakah nilai MLSS telah memenuhi kriteria proses yaitu 3000 mg/l? Apabila tidak memenuhi, berapa frekuensi kejadiannya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

c. Apakah nilai F/M rasio telah memenuhi kriteria proses yaitu 0,04 - 1 Kg BOD/ Kg MLSS/ hari? Apabila tidak memenuhi, berapa frekuensi kejadiannya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

d. Apakah umur lumpur (sludge age) telah memenuhi kriteria proses yaitu 5- 15 hari? Apabila tidak memenuhi, berapa frekuensi kejadiannya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

e. Apakah rasio kebutuhan oksigen telah memenuhi kriteria proses yaitu $Q_{udara} / Q_{air} = 3 - 7$? Apabila tidak memenuhi, berapa frekuensi kejadiannya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

f. Apakah waktu aerasi (t) telah memenuhi kriteria proses yaitu 6 - 8 jam? Apabila tidak memenuhi, berapa frekuensi kejadiannya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

g. Apakah rasio resirkulasi lumpur aktif (RAS) telah memenuhi kriteria proses yaitu $Q_{lumpur} / Q_{air\ limbah} = 25 - 75\%$? Apabila tidak memenuhi, berapa frekuensi kejadiannya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

h. Apakah efisiensi pengolahan dengan sistem lumpur aktif telah memenuhi kriteria proses yaitu 85 - 95%? Apabila tidak memenuhi, berapa frekuensi kejadiannya?

Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

3. Bak Sedimentasi (Clarifier)

a. Apakah nilai Sludge Volume Index (SVI) telah memenuhi kriteria proses yaitu 100 - 150 ml/g? Apabila tidak memenuhi, berapa frekuensi kejadiannya?

- Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

b. Apakah Reynold Number (NRe) telah memenuhi kriteria pengendapan yaitu aliran laminar < 10.000 ? Apabila tidak memenuhi, berapa frekuensi kejadiannya?

- Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

c. Apakah waktu tinggal (td) dalam proses pengendapan telah memenuhi kriteria proses yaitu 7,2 jam? Apabila tidak memenuhi, berapa frekuensi kejadiannya?

- Selalu Sering Sedang Jarang Sangat Jarang

Lampiran G: Evaluasi Desain IPAL eksisting

Perhitungan Kondisi Eksisting Parameter Operasional IPAL

Data Eksisting

Q	=	875 m ³ /hari (inflow : 12 jam)
		73 m ³ /jam
BOD	=	1536 mg/l
		1.536 kg/m ³
BOD _{loading}	=	0.55 kg BOD/m ³ .hari
TSS	=	1125 mg/l
BOD _{eff}	=	52 mg/l
		0.052 kg/m ³
SV ₃₀	=	230 ml/l
TSS _{eff}	=	77 mg/l
TSS _{AS}	=	2700 mg/l
V _{AS}	=	1695 m ³ (Bak Aerasi 1 & 2)

Buffer Tank/Bak Equalisasi

Dimensi (p x l x t)	=	12.5 m x 18 m x 3 m
Volume Bak	=	675 m ³
Waktu tinggal air limbah	=	volume/Q
	=	675 m ³ / 73 m ³ /jam
	=	9.25 jam → (kriteria 2-4 jam)

Kebutuhan udara blower (0,9 m³-udara/m³-volume bak → standart manufaktur)

Suplai udara	=	Q x 0,9 m ³ -udara/m ³ -volume bak
	=	607.5 m ³ /jam
	=	10.125 m ³ /menit → (Q blower eksisting 9,30 m ³ /menit - 11 kW)

Lumpur Aktif (Aerasi)

1. MLSS	=	TSS = 2700 mg/l → (Kriteria desain 3000 mg/l)
2. MLVSS	=	0.75 x MLSS
	=	0.75 x 2700 mg/l
	=	2025 mg/l
	=	2.025 kg/m ³
3. F/M	=	Q(S ₀ - S) / (MLVSS x V)
	=	875 m ³ /hari (1.536 kg/m ³ - 0.052 kg/m ³) / (2.025 kg/m ³ x 1695 m ³)
	=	0.38 mg BOD ₅ /mg MLVSS.hari → (Kriteria 0,2 - 0,6 /hari)
4. SVI	=	SV ₃₀ .1000 / MLSS
	=	(230 ml/l x 1000) / 2700 mg/l
	=	85.19 ml/g → (kriteria 80-120 ml/g)
5. HRT (td)	=	Volume bak lumpur aktif / Q limbah
	=	1695 m ³ / 73 m ³ /jam
	=	23.25 jam → (kriteria 6-8 jam)
6. Umur lumpur (SRT)	=	MLSS.V / [(TSS _{eff} .Q _{eff}) + (TSS _{AS} .Q _{in})]
	=	(2700 mg/l x 1695 m ³) / [(77 mg/l x 875 m ³ /hari) + (2700 mg/l x 875 m ³ /hari)]
	=	(2.7 kg/m ³ x 1695 m ³) / [(0.077 kg/m ³ x 875 m ³ /hari) + (2.7 kg/m ³ x 875 m ³ /hari)]
	=	1.88 hari → (kriteria 5-15 hari)

7. Kebutuhan udara (45-90 m³/kg BOD)

$$\begin{aligned} \text{Suplai udara} &= \text{Kebutuhan udara} \times \text{BOD load} \times V \\ &= 60 \text{ m}^3/\text{kg BOD} \times 0,55 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari} \times 1695 \text{ m}^3 \\ &= 55935 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 38,84 \text{ m}^3/\text{menit} \longrightarrow (\text{Q blower total eksisting aerasi } 39,5 \text{ m}^3/\text{menit}) \end{aligned}$$

$$\text{Q blower eksisting Aerasi 1 : } 14,8 \text{ m}^3/\text{menit} (22 \text{ kW}) \text{ \& } 9,9 \text{ m}^3/\text{menit} (18,5 \text{ kW})$$

$$\text{Q blower eksisting Aerasi 2 : } 14,8 \text{ m}^3/\text{menit} (22 \text{ kW})$$

$$\begin{aligned} \text{Rasio Kebutuhan Udara} &= Q_{\text{udara}} / Q_{\text{air}} \\ &= 55935 \text{ m}^3/\text{hari} : 875 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 63,93 \longrightarrow (\text{kriteria minimal } 3-7) \end{aligned}$$

Bak Sedimentasi

$$\begin{aligned} \text{Diameter Bak} &= 11,3 \text{ m} \\ \text{Tinggi Bak} &= 3 \text{ m} \\ \text{Luas Bak} &= 100,24 \text{ m}^2 \\ \text{Keliling Bak} &= 35,48 \\ \text{Volume bak} &= 300,71 \text{ m}^3 \\ Q_{\text{air}} &= 875 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Surface Load (L}_0\text{)} &= 10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari} \\ \text{Perimeter untuk Overflow (L}_1\text{)} &= 50 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1. \text{ Waktu Tinggal (td)} &= \text{Volume} / Q \\ &= 300,71 \text{ m}^3 / 73 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,34 \text{ jam} \longrightarrow (\text{kriteria } 1-2,5 \text{ jam}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Over Flow Rate} &= Q/\text{Luas} \\ &= 73 \text{ m}^3/\text{jam} : 100,24 \text{ m}^2 \\ &= 8,73 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,00242 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Luas Permukaan Air (A)} &= Q/\text{Surface Load} \\ &= 875 \text{ m}^3/\text{hari} : 10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari} \\ &= 87,5 \text{ m}^2 \longrightarrow (\text{Luas eksisting } 100,24 \text{ m}^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \text{ Kecepatan Mengendap (Vs)} &= T / \text{td} \\ &= 3 \text{ m} / 4,12 \text{ jam} \\ &= 8,73 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,00242 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5. \text{ Perimeter untuk Overflow (L)} &= Q/L_1 \\ &= 875 \text{ m}^3/\text{hari} : 50 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari} \\ &= 17,5 \text{ m} \longrightarrow (\text{Keliling eksisting } 35,48 \text{ m}^2) \end{aligned}$$

Resirkulasi Lumpur Aktif

$$\begin{aligned} Q_0 &= 73 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Rasio } Q_r/Q_0 &= 0,2-0,4 \text{ (yang digunakan } 0,3) \\ \text{Q pompa} &= Q_0 \times \text{Rasio } Q_r/Q_0 \\ &= 73 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,3 \\ &= 21,88 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,36 \text{ m}^3/\text{menit} \longrightarrow (\text{Kapasitas pompa eksisting } 1 \text{ m}^3/\text{menit}) \end{aligned}$$

Lampiran H: Perhitungan Peningkatan Proses IPAL

Perhitungan Optimasi IPAL Lumpur Aktif

Flowmeter

$$\begin{aligned} \text{Debit (Q)} &= 875 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 73 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1215.28 \text{ liter/menit} \\ \text{Diameter} &= 150 \text{ mm} \\ \text{Kapasitas} &= 1215.28 \text{ liter/menit} \\ &= 267.32 \text{ galon/menit} \longrightarrow (\text{kapasitas eksisting } 30 \text{ galon/menit}) \end{aligned}$$

Hydroextractor (Sludge Drying Unit)

Produksi Lumpur

$$\begin{aligned} \text{Transfer Sludge Rate (BOD)} &= 30 \% \\ \text{Excess sludge} &= (\text{Concentration BOD in - out})/1000 \times Q \times \text{Transfer Sludge Rate} \\ &= (1536 - 52)/1000 \times 875 \times 0.3 \\ &= 389.55 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Transfer Sludge Rate (TSS)} &= 50 \% \\ \text{Excess sludge} &= (\text{Concentration SS in - out})/1000 \times Q \times \text{Transfer Sludge Rate} \\ &= (1125 - 77)/1000 \times 875 \times 0.5 \\ &= 458.5 \text{ kg/hari} \\ \text{Total excess sludge} &= 848.05 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Concentration of Sludge} &= 1 \% \\ \text{Volume of Excess Sludge} &= (1107.75/0.01)/1000 \\ &= 84.805 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Sludge drying unit (Belt Press)

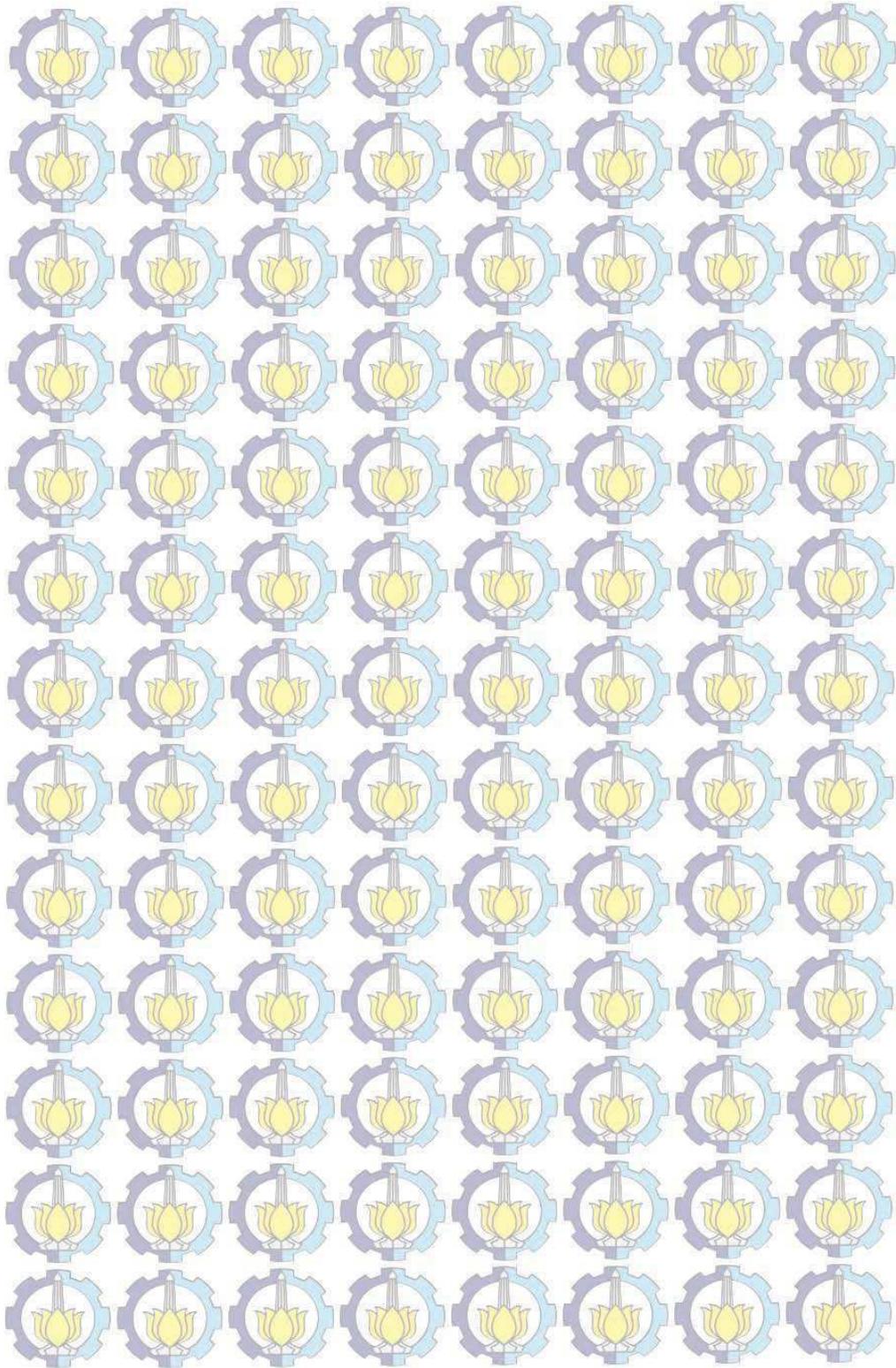
$$\begin{aligned} \text{Operation condition} &= 12 \text{ jam/hari} \\ \text{Sludge volume} &= 848.05 \text{ kg-Ds/hari} \\ \text{Treating capacity} &= 80 \text{ kg-Ds/m/hari} \\ \text{Belt wide} &= 1107.75 \text{ kg-Ds/hari} / (80 \text{ kg-Ds/m/hari} \times 12 \text{ jam}) \\ &= 0.8833854 \text{ m} \longrightarrow (\text{lebar belt yang digunakan } 1.2 \text{ meter}) \end{aligned}$$

De-watered Sludge

$$\begin{aligned} \text{Water content} &= 85\% \\ \text{Volume of cake} &= 1107.75 / (1-0.85) \\ &= 5653.6667 \text{ kg/hari} \\ \text{Densitas of cake} &= 450 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Volume of cake} &= 7385/450 \\ &= 12.56 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$



"Halaman ini sengaja dikosongkan"



Lampiran I: Rincian Anggaran Biaya Tindakan Mitigasi

Kategori Risiko	Rekomendasi Tindakan Mitigasi	Kebutuhan/Investasi	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total Biaya	Dampak yang Didapat	
Severe	Mengirim petugas terkait operasional IPAL secara rutin untuk mengikuti Pelatihan Teknis Operasional IPAL	- Pelatihan Pengolahan Limbah Cair & Operasional IPAL (6 orang @ 1 kali setahun)	-	6	Kegiatan	Rp 5,000,000	Rp 30,000,000	Keahlian dan keterampilan teknis operator dan teknis bertambah sehingga kinerja lebih baik
	Mengganti Flowmeter yang sesuai kebutuhan dan kondisi lingkungan IPAL	- Kursus untuk Teknisi Mesin dan Listrik (6 orang @ 1 kali setahun)	-	2	Kegiatan	Rp 7,500,000	Rp 15,000,000	
	Menyediakan suku cadang untuk komponen flowmeter yang sering mengalami kerusakan	- Sewage Hi-Flowmeters (1 unit untuk cadangan)	-	2	Unit	Rp 15,000,000	Rp 30,000,000	Mengetahui debit limbah yang masuk IPAL sehingga beban pengolahan IPAL dapat dihitung
	Melakukan pemeliharaan & perbaikan Flowmeter secara berkala setiap bulan	- Pemeliharaan Flowmeter (setiap 3 bulan)	-	4	Kali	Rp 150,000	Rp 600,000	
	Mengusulkan program pengaktifan kembali operasional unit <i>Hydroextractor</i>	- Perbaikan mesin Filter Press	-	1	Unit	Rp 250,000,000	Rp 250,000,000	Hydroextractor dapat mengolah lumpur dari proses biologis yang selama ini dibuang dan mencemari perairan
	Menyediakan suku cadang untuk komponen yang sering mengalami kerusakan	- Sparepart peralatan mesin dan listrik	-	1	Paket	Rp 30,000,000	Rp 30,000,000	
	Melakukan pemeliharaan secara berkala setiap bulan	- Pemeliharaan mesin dan peralatan (12 bulan, @ Rp.5.000.000,-)	-	12	Bulan	Rp 5,000,000	Rp 60,000,000	
	Mantau dan menghitung beban BOD yang masuk ke IPAL secara rutin serta menghubungi industri untuk melakukan pengolahan pendahuluan	- COD meter portable	-	1	Unit	Rp 8,500,000	Rp 8,500,000	Mengetahui beban yang masuk ke IPAL untuk mencegah shock loading pada proses
	Mengganti peralatan monitoring DO meter, ORP & pH meter yang rusak serta memantau kinerja blower & hyper rater	- Peralatan/sensor DO meter, ORP dan pH meter termasuk monitor	-	1	Paket	Rp 25,000,000	Rp 25,000,000	Membantu mengatur kerja blower untuk menjaga transfer oksigen sesuai kebutuhan
	Mengendalikan proses sirkulasi lumpur aktif (20-40%), melakukan pemantauan dan membuat pencatatan harian	- Sensor dan timer otomatis pompa sirkulasi lumpur	-	1	Paket	Rp 500,000	Rp 500,000	Menjaga jumlah mikroorganisme di aerasi, umur lumpur lebih lama dan efisiensi proses lebih baik
	Mantau dan menjaga setiap kriteria proses agar tetap sesuai dengan kriteria desain dengan melakukan perhitungan/ pengujian dan pencatatan secara berkala							Kinerja pengolahan IPAL sesuai target dan konsisten terjaga kualitas effluennya

Kategori Risiko	Rekomendasi Tindakan Mitigasi	Kebutuhan/Investasi	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total Biaya	Dampak yang Didapat
<i>High</i>	Menyediakan Tenaga Analis Laboratorium	- Rekrutment pegawai (1 orang, 13 bulan gaji)	- 13	Bulan	Rp 3,350,000	Rp 43,550,000	Analisa kualitas air limbah lebih sering dan rutin dilakukan
	Melakukan penggantian dan/atau penambahan Tenaga Operator berdasarkan hasil evaluasi kinerja & kompetensi	-					Mendapatkan SDM yang memiliki kemampuan dan keterampilan yang dibutuhkan
	Menambah referensi literatur yang lengkap terkait proses dan operasional IPAL						Menambah pengetahuan dan pemahaman operator dan teknisi
	Melengkapi peralatan yang dibutuhkan sesuai SOP IPAL	- Peralatan kerja mekanik & elektrik	- 1	Paket	Rp 30,000,000	Rp 30,000,000	Pelaksanaan pekerjaan lebih baik sehingga produktivitas kerja operator dan teknisi bertambah
	Melakukan pemantauan dan pengawasan rutin pada operator IPAL	- Rapat Koordinasi & Evaluasi Bulanan (konsumsi rapat 15 orang x Rp. 50.000,-)	- 12	Bulan	Rp 750,000	Rp 9,000,000	Evaluasi kinerja, diskusi dan mencari solusi permasalahan, serta menjaga komunikasi & hubungan antar pegawai
	Menerapkan sanksi sesuai dengan peraturan kepegawaian yang berlaku						Disiplin kerja dan kepatuhan operator meningkat
	Memantau dan menghitung debit air limbah yang masuk ke IPAL tidak lebih dari kapasitas IPAL (1000 m ³ /hari) dan membuat pencatatan harian						Memiliki data debit harian influen dan dapat diketahui apakah IPAL sudah melebihi kapasitas pengolahannya
	Menambah Tenaga Operator IPAL	- Rekrutment pegawai (2 orang, 13 bulan gaji)	- 26	Bulan	Rp 3,350,000	Rp 87,100,000	Kinerja operator lebih baik dan ada tenaga kerja untuk mengoperasikan Hydroextractor
	Menambah Tenaga Teknisi (khususnya Teknisi Mesin)	- Rekrutment pegawai (1 orang, 13 bulan gaji)	- 13	Bulan	Rp 3,350,000	Rp 43,550,000	Kerja teknisi fokus di IPAL dan kerusakan dapat segera ditangani
	Meningkatkan kompetensi Tenaga Ahli melalui pendidikan dan pelatihan	- Pendidikan/pelatihan Pengolahan Limbah Cair & Operasional IPAL (1 orang @ 1 kali setahun)	- 1	Kegiatan	Rp 7,500,000	Rp 7,500,000	Kompetensi tenaga ahli meningkat diharapkan mampu memecahkan solusi permasalahan IPAL
<i>Major</i>	Melengkapi SOP sesuai standar operasional IPAL						Prosedur kerja lebih lengkap, efektif, mudah dipahami dan praktis dilaksanakan di lapangan
	Meninjau SOP dengan mengacu pada referensi literatur						

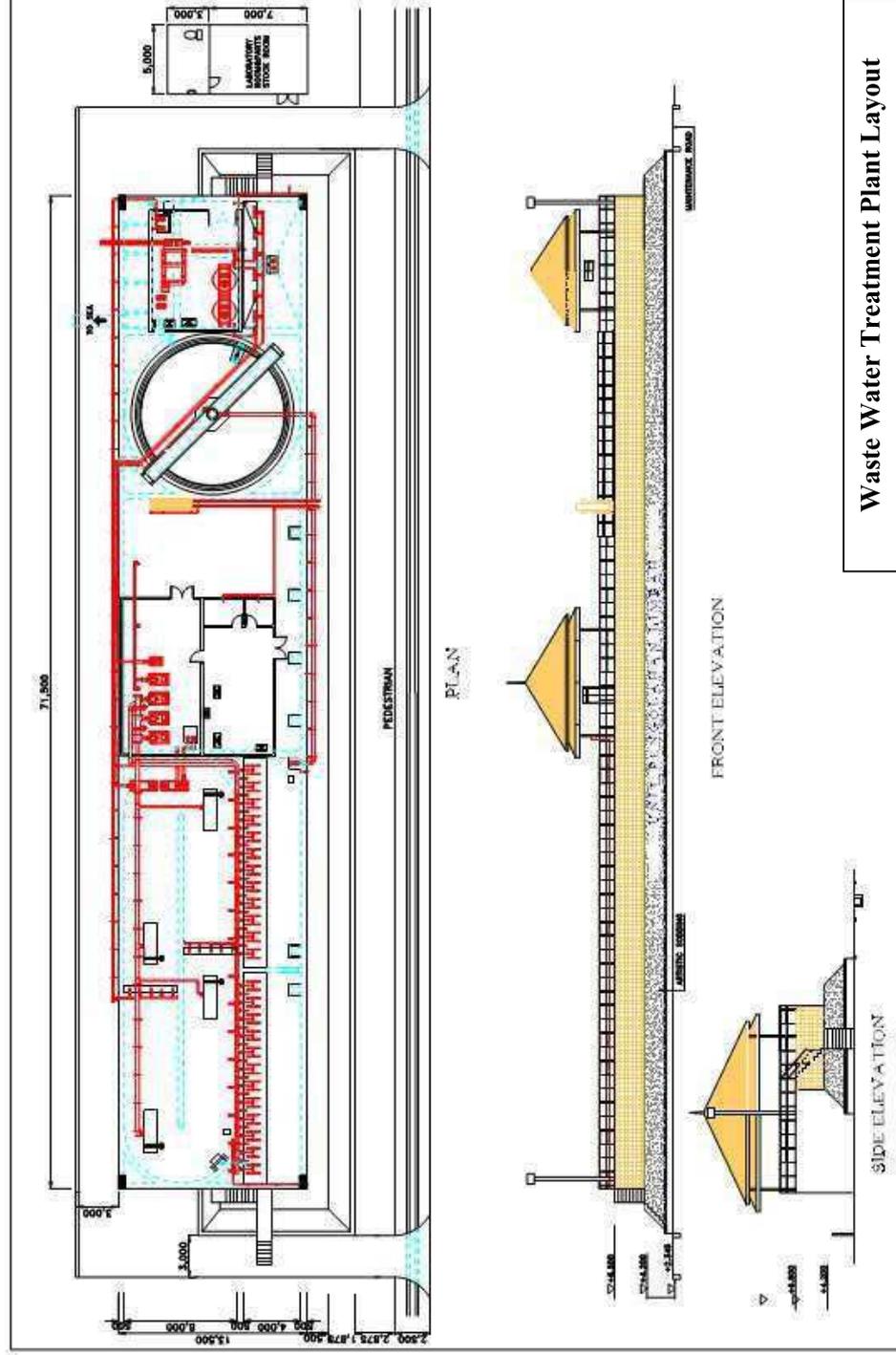
Kategori Risiko	Rekomendasi Tindakan Mitigasi	Kebutuhan/Investasi	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total Biaya	Dampak yang Didapat
Major	Penambahan frekuensi pemantauan dan pengawasan operasional IPAL di lapangan						Disiplin kerja operator terjaga dan operasional IPAL lebih baik
	Pembuatan laporan tertulis kegiatan harian operator IPAL						Penilaian kinerja dan dokumentasi operasional IPAL
	Evaluasi kinerja operator berdasarkan kinerja dan operasional IPAL						Target pengolahan IPAL dan kinerja operator akan selaras
	Melakukan pengecekan dan perawatan Flowmeter secara berkala						Memperpanjang usia pakai flowmeter
	Memperbaiki dan mengganti peralatan/mesin yang rusak di unit <i>hydroextractor</i>	- Perbaikan & penggantian peralatan pembubuhan koagulan - Perbaikan & penggantian instalasi & panel listrik	- 1 - 1	Paket Paket	Rp 62,500,000 Rp 40,000,000	Rp 62,500,000 Rp 40,000,000	Hydroextractor dapat beroperasi kembali untuk mengolah lumpur
	Pengecekan kondisi fisik dan fungsi pompa manhole secara berkala setiap bulan						Mendeteksi permasalahan atau kerusakan untuk meminimalkan kerusakan
	Menyediakan suku cadang untuk komponen pompa manhole yang sering mengalami kerusakan	- Pompa Submersible Sewage Vortex kapasitas 2.5 m ³ /menit, 11 kW (cadangan)	- 1	Unit	Rp 65,000,000	Rp 65,000,000	Operasional pompa tidak terganggu lama pada saat ada kerusakan atau pemeliharaan
	Melakukan pemeliharaan pompa manhole secara berkala setiap 3 bulan	- Pemeliharaan pompa & kelengkapannya (setiap 3 bulan)	- 4	Kali	Rp 7,500,000	Rp 30,000,000	Mendeteksi permasalahan atau kerusakan untuk meminimalkan kerusakan
	Pengecekan kondisi fisik dan fungsi blower secara berkala setiap bulan						Menjaga suplai udara sesuai kebutuhan
	Memantau efisiensi kinerja blower						Kinerja blower terjaga baik dan setiap kerusakan dapat segera ditangani
Significant	Menyediakan suku cadang untuk komponen blower yang sering mengalami kerusakan	- Mesin blower kapasitas 14.8 m ³ /min x 0.6 kg/m ² , 22 kW (cadangan)	- 1	Unit	Rp 35,000,000	Rp 35,000,000	
	Memantau efisiensi kinerja blower						
	Melakukan pemeliharaan blower secara berkala setiap 3 bulan	- Pemeliharaan blower & hyper rater serta instalasinya (setiap 3 bulan)	- 4	Kali	Rp 11,250,000	Rp 45,000,000	Transfer oksigen lebih merata & usia pakai diffuser lebih lama
Melakukan pengecekan dan pembersihan diffuser secara berkala setiap 6 bulan							

Kategori Risiko	Rekomendasi Tindakan Mitigasi	Kebutuhan/Investasi	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total Biaya	Dampak yang Didapat
<i>Significant</i>	Pengecekan kondisi fisik dan fungsi pompa lift pump secara berkala setiap bulan	-	-	-	-	-	Kinerja lift pump optimal dan setiap kerusakan dapat segera ditangani sehingga suplai air limbah ke bak aerasi bisa stabil
	Menyediakan suku cadang untuk komponen pompa lift pump yang sering mengalami kerusakan	- Pompa submersible sewage kapasitas 0.7 m ³ /menit, 3.7 kW (cadangan)	-	Unit	Rp 15,000,000	Rp 15,000,000	
	Melakukan pemeliharaan pompa lift pump secara berkala setiap 3 bulan	- Pemeliharaan pompa & kelengkapannya (setiap 3 bulan)	-	Kali	Rp 1,875,000	Rp 7,500,000	
	Memantau efisiensi kinerja pompa manhole	-	-	-	-	-	Mendeteksi permasalahan atau kerusakan untuk segera dilakukan pemeliharaan atau perbaikan
<i>Moderate</i>	Mengganti diffuser dan aksesoris yang rusak	- Diffuser kapasitas 0.2 m ³ /menit, 3.7 kW (untuk penggantian dan cadangan)	-	Unit	Rp 350,000	Rp 9,800,000	Transfer oksigen lebih merata dan efektif serta usia pakai diffuser lebih lama
	Melakukan pengecekan kondisi pipa suplai udara	-	-	-	-	-	
	Melakukan pemeliharaan diffuser secara berkala setiap 6 bulan	-	-	-	-	-	
	Memantau efisiensi kinerja pompa lift pump	-	-	-	-	-	Mendeteksi permasalahan atau kerusakan untuk segera dilakukan pemeliharaan atau perbaikan
<i>Moderate</i>	Pengecekan kondisi fisik dan fungsi pompa sirkulasi lumpur secara berkala setiap bulan	-	-	-	-	-	Menjaga rasio F/M di aerasi, umur lumpur lebih lama dan efisiensi proses lumpur aktif lebih tinggi.
	Menyediakan suku cadang untuk komponen pompa sirkulasi lumpur yang sering mengalami kerusakan	- Pompa submersible kapasitas 1m ³ /menit, 3.7 kW (cadangan)	-	Unit	Rp 18,000,000	Rp 18,000,000	Kinerja pompa sirkulasi terjaga, kerusakan segera diselesaikan dan usia pakai lebih lama
	Memantau efisiensi kinerja pompa sirkulasi lumpur	-	-	-	-	-	
	Melakukan pemeliharaan pompa sirkulasi lumpur secara berkala setiap 3 bulan	- Pemeliharaan pompa & kelengkapannya (setiap 3 bulan)	-	Kali	Rp 1,875,000	Rp 7,500,000	

Kategori Risiko	Rekomendasi Tindakan Mitigasi	Kebutuhan/Investasi	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total Biaya	Dampak yang Didapat	
Trivial	Melakukan pemantauan dan pengukuran debit air limbah						Mengetahui kapasitas operasional IPAL, mencegah kelebihan beban pengolahan. Kapasitas tampung buffer tank optimal.	
	Melakukan pemantauan kondisi air limbah dan pengukuran endapan secara berkala setiap tahun di buffer tank	- Pengurasan lumpur (30 m ³)	- 30	m ³	Rp 500,000	Rp 15,000,000		
	Mengatur debit air limbah yang dipompa kembali dari clarifier ke bak aerasi (sekitar 22 m ³ /jam)						Menjaga rasio F/M di aerasi, umur lumpur lebih lama dan efisiensi proses lumpur aktif lebih tinggi.	
	Melakukan pemantauan dan analisa sludge volume indeks (SV30) dan membuat pencatatan harian	- Gelas ukur 1000 ml	- 2	buah	Rp 350,000	Rp 700,000	Mengetahui kemampuan pengendapan solid dan mendeteksi sludge bulking	
Total Estimasi Biaya Optimasi							Rp1,021,300,000	

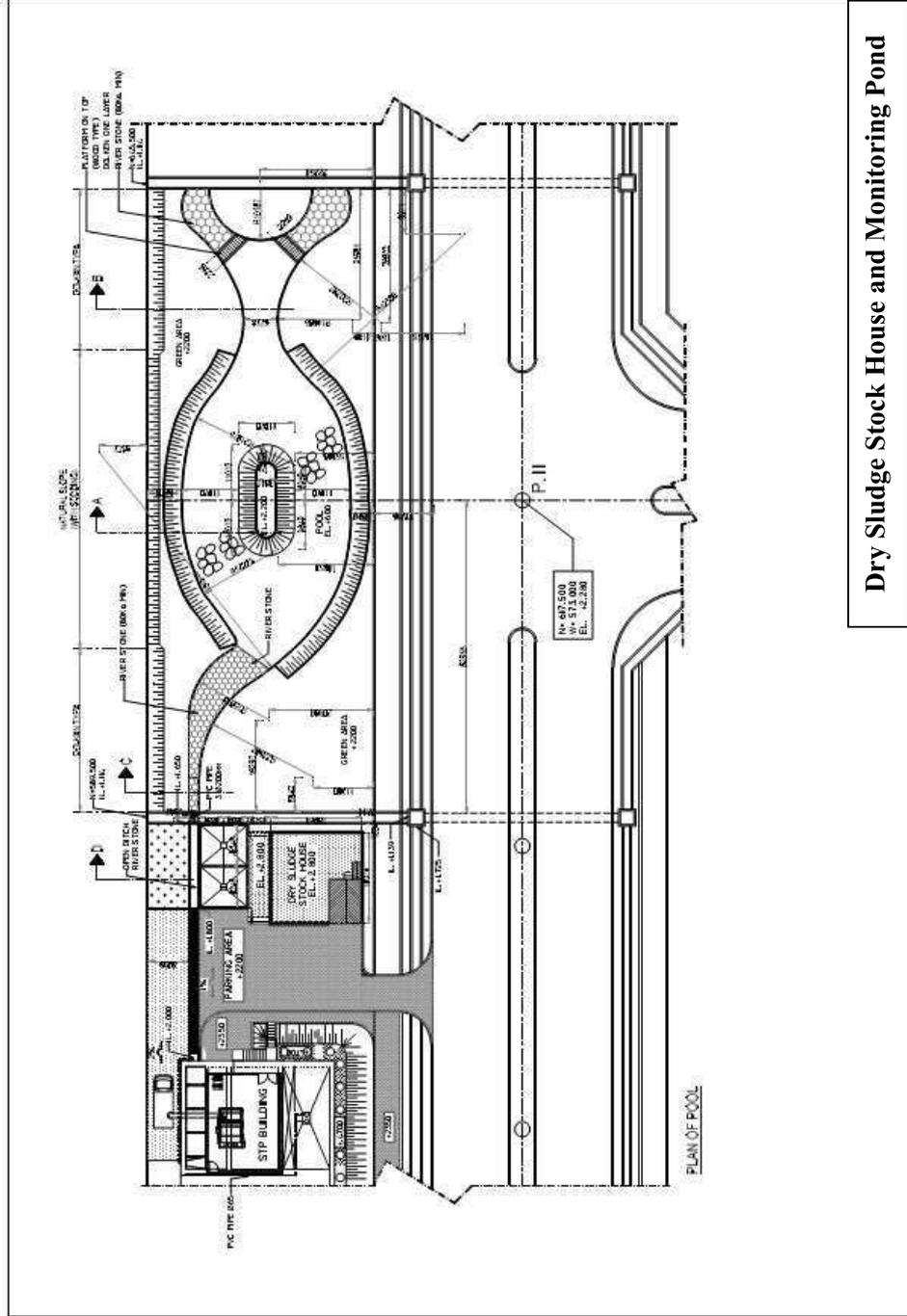
"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Lampiran J: Gambar Layout IPAL



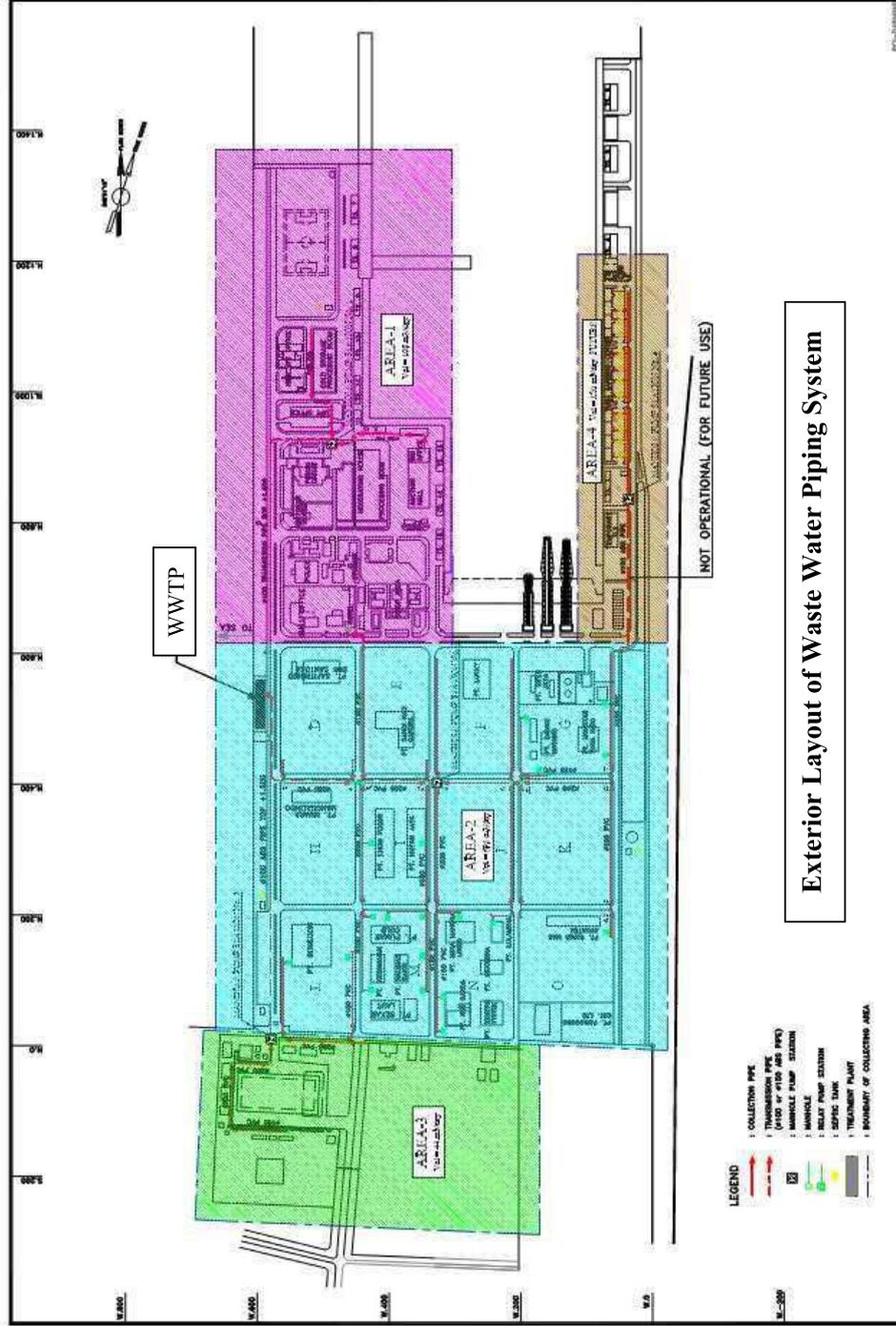
Waste Water Treatment Plant Layout

Lampiran K: Gambar Sarana Penampungan Lumpur dan Kolam Pemantauan



Dry Sludge Stock House and Monitoring Pond

Lampiran L: Gambar Area Layanan Jaringan Pipa Limbah Cair Pelabuhan



Exterior Layout of Waste Water Piping System

“Halaman ini sengaja dikosongkan”