



TUGAS AKHIR – RE 141581

KAJIAN RISIKO PROSES DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH MENGGUNAKAN
METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) (STUDI KASUS
INSTALASI PENGOLAHAN LUMPUR TINJA (IPLT) KEPUTIH SURABAYA)

Yunita Wahyuningtiyas

03211440000056

Dosen Pembimbing:

Ir. Atiek Moesriati, M.Kes.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019



TUGAS AKHIR – RE 141581

**KAJIAN RISIKO PROSES DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH
MENGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT
ANALYSIS (FMEA)* (STUDI KASUS INSTALASI PENGOLAHAN
LUMPUR TINJA (IPLT) KEPUTIH SURABAYA)**

Yunita Wahyuningtiyas
0321144000056

Dosen Pembimbing:
Ir. Atiek Moesriati, M.Kes.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN RISIKO PROSES DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)* (STUDI KASUS INSTALASI PENGOLAHAN LUMPUR TINJA (IPLT) KEPUTIH SURABAYA)

TUGAS AKHIR

diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada

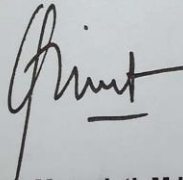
Program Studi Sarjana Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

YUNITA WAHYUNINGTIYAS

NRP 03211440000056

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Ir. Atiek Moesriati, M.Kes.

NIP 19570602 198903 2 002



KAJIAN RISIKO PROSES DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)* (STUDI KASUS INSTALASI PENGOLAHAN LUMPUR TINJA (IPLT) KEPUTIH SURABAYA)

Nama Mahasiswa : Yunita Wahyuningtiyas
NRP : 03211440000056
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ir. Atiek Moesriati, M.Kes.

ABSTRAK

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih Surabaya mulai beroperasi pada tahun 1991 dengan kapasitas desain maksimum 400 m³ /hari. Nilai effluen IPLT Keputih pada analisis terakhir untuk parameter BOD₅ sebesar 98 mg/L, COD sebesar 168 mg/L, TSS sebesar 46 mg/L, minyak lemak sebesar 16 mg/L, Nitrogen sebesar 15 mg/L dan fosfat sebesar 8 mg/L. Hasil analisis tersebut belum memenuhi baku mutu PermenLH No 68 Tahun 2016. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui risiko penyebab kegagalan di instalasi pengolahan lumpur tinja dengan menggunakan metode *fishbone* dan metode *failure mode and effect analysis (FMEA)*.

Metode *fishbone* digunakan untuk menentukan risiko-risiko penyebab kegagalan serta sumber kegagalan. Dari risiko tersebut dapat dihitung nilai *severity*, *Occurence*, dan *detection* dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Dari nilai yang telah ada dapat ditemukan prioritas penanganan dan upaya perbaikan dengan cara mengalikan hasil nilai *severity*, *Occurence*, dan *detection*, metode ini dikenal dengan sebutan metode *Risk Priority Number (RPN)*.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *fishbone* didapatkan 6 faktor penyebab kegagalan effluen tidak memenuhi baku mutu. Dari analisis lanjutan menggunakan metode FMEA melalui hasil perangkingan didapatkan 3 peringkat teratas yang menjadi prioritas perbaikan dengan nilai RPN 100 yaitu kemampuan unit meremoval beban pencemar dengan nilai SOD sebesar 5-4-5, durasi penggantian media dengan nilai SOD

sebesar 5-5-4 dan pengimplementasian standar operasional prosedur dengan nilai *SOD* sebesar 4-5-5.

Kata Kunci: *Fishbone*, *FMEA*, *IPLT Keputih*, *Risk Priority Number*

RISK ASSESSMENT PROCESSES IN WASTE WATER TREATMENT USING FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) (CASE STUDY OF SLUDGE TREATMENT PLANT FECES (IPLT) Keputih SURABAYA)

Student name : Yunita Wahyuningtiyas
NRP : 03211440000056
Programs : Environmental Engineering
Supervisor : Ir. Moesriati hissing, Kes.

ABSTRACT

Sewerage treatment plant (IPLT) Keputih Surabaya began operation in 1991 with a maximum design capacity of 400 m³/day. Value effluent IPLT Keputih in the last analysis for BOD₅ is 98 mg/L, COD of 168 mg/L TSS of 46 mg/L, a fatty oil is 16 mg/L, nitrogen of 15 mg/L and the phosphate of 8 mg/L. The results of this analysis do not meet the quality standards PermenLH No. 68 Year 2016. This study aims to determine the cause of the failure risk of the treatment plant sludge using fishbone method and the method of failure mode and effect analysis (FMEA).

Fishbone method used to determine the cause of the failure risks as well as the source of the failure. The risk can be calculated from the value of severity, Occurrence, and detection by the method of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Of the existing value can be found priority in handling and remedial efforts by multiplying the result of the value of severity, Occurrence, and detection, this method is known as a method Risk Priority Number (RPN).

Based on the analysis using method *fishbone* showed 6 factors causing the failure effluent does not meet quality standards. From further analysis using FMEA method of ranking the results obtained through the 3 top ranked priority improvements to the value of the RPN 100, pollutant load capability meremoval units with a value of SOD at 5-4-5, the duration of the replacement of

media with a value of 5-5-4 and SOD implementation of standard operating procedures with the value of SOD at 4-5-5.

Keywords: Fishbone, FMEA, IPLT Keputih, Risk Priority Number

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, khususnya pada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Kajian Risiko Proses Dalam Pengolahan Air Limbah Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* (Studi Kasus Instalasi Pengelolaan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih Surabaya)**. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada Orang Tua atas doa, bimbingan, motivasi dan materi yang selalu mendukung langkah penulis, selain itu penulis juga menyampaikan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Ir. Atiek Moesriati, M.Kes., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas bimbingan, saran dan kesabarannya dalam penyusunan Tugas Akhir ini
2. Bapak Welly Herumurti, ST., M.Sc. selaku koordinator Tugas Akhir, terima kasih atas segala ilmu dan saran yang telah diberikan
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, Bapak Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si, MT, dan Bapak Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc, PhD. selaku dosen pengarah
4. Bapak Heru, Bapak Achsin, Bapak Heri dan karyawan IPLT Keputih yang telah membantu, membimbing dan memfasilitasi penulis selama di IPLT
5. Teman-teman angkatan 2014 yang selalu mendoakan dan mendukung penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini
6. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas dukungan dan kerjasama yang diberikan

Penyusunan tugas akhir ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I	
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih	5
2.2 Unit Pengolahan Lumpur Tinja IPLT.....	6
2.2.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik	10
2.3 Karakteristik Limbah Cair.....	11
2.4 Analisis Diagram Fishbone	13
2.4.1 Definisi Diagram <i>Fishbone</i>	13
2.4.2 Langkah Pembuatan Diagram <i>Fishbone</i>	13
2.5 Failure Mode and Analysis Effect (FMEA).....	15
2.5.1 Sejarah Failure Mode and Analysis Effect (FMEA).....	15

2.5.2	Pengertian Failure Mode and Analysis Effect (FMEA)	15
2.5.3	Tujuan Failure Mode and Analysis Effect FMEA	20
2.5.4	Tahapan Pembuatan <i>Failure Mode and Analysis Effect</i> (FMEA)	20
2.5.5	Pembuatan Tabel Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	23
2.5.6	Manfaat Failure and Mode Effect Analysis (FMEA)	25
2.5.7	Penelitian Terdahulu	26

BAB III

METODE PENELITIAN	31
3.1 Deskripsi Umum	31
3.2 Kerangka Penelitian.....	31
3.3 Ide Penelitian	34
3.4 Studi Pustaka.....	34
3.5 Pelaksanaan	34
3.6 Pengumpulan Data	35
3.6.1 Teknik Pengumpulan Data.....	35
3.6.2 Data Primer	36
3.6.3 Data sekunder	41
3.7 Analisis Data dan Pembahasan	41
3.8 Analisis Diagram <i>Fishbone</i>	42
3.9 Analisis Resiko dengan Failu Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	44
3.10 Optimasi.....	45
3.11 Kesimpulan dan Saran	46

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1 Identifikasi Resiko Penyebab Kegagalan Pada IPLT Keputih.....	47
4.1.1 Diagram Alir Proses Pengolahan IPLT Keputih	47
4.1.2 Karakteristik Lumpur Tinja IPLT Keputih Surabaya	51
4.1.3 Kriteria Perencanaan.....	51
4.1.4 Efisiensi Removal Unit Pengolahan	56
4.1.5 Mass Balance.....	57
4.2 Kualitas Lumpur Tinja	59
4.2.1 Analisis Kualitas	88
4.2.2 Analisis pH	88
4.2.3 Analisis Chemical Oxygen Demand (COD)	89
4.2.4 Analisis Biological Oxygen Demand (BOD)	90
4.2.5 Analisis Total Suspended Solid (TSS)	91
4.2.6 Analisis Minyak dan Lemak.....	92
4.2.7 Analisis Nitrat dan Fosfat	93
4.2.8 Analisis Diagram <i>Fishbone</i>	94
4.2.9 Penentuan Bobot Kepentingan Risiko	948
4.3 Penentuan Nilai Severity	100
4.4 Penentuan Nilai Occurence	117
4.5 Penentuan Nilai Detection.....	118
4.6 Risk Priority Number (RPN)	120
4.7 Optimasi	120

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN.....	125
5.1 Kesimpulan	125

5.2	Saran	125
	DAFTAR PUSTAKA.....	127
	LAMPIRAN.....	133
	BIODATA PENULIS.....	143

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik	11
Tabel 2.2 Penilaian <i>Saverity (S)</i>	16
Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu	26
Tabel 4.1 kriteria perencanaan Solid Separation Chamber	51
Tabel 4.2 Kriteria perencanaan <i>Balancing Tank</i>	52
Tabel 4.3 Kriteria perencanaan <i>Oxidation Ditch</i>	52
Tabel 4.4 Kriteria perencanaan <i>Clarifier</i>	54
Tabel 4.5 Kriteria perencanaan <i>Polishing Pond</i>	55
Tabel 4.6 Kriteria perencanaan <i>Sludge Drying Bed</i>	55
Tabel 4.7 Efisiensi Removal Tiap Unit Pengolahan	56
Tabel 4.8 Data Debit Influen IPLT	57
Tabel 4.9 Hasil Laboratorium	58
Tabel 4.10 Data Spesifikasi Pompa	58
Tabel 4.11 Kualitas Lumpur Tinja SSC	59
Tabel 4.12 Effluen Unit Solid Separation Chamber	60
Tabel 4.13 Influent Unit <i>Oxidation Ditch</i>	62
Tabel 4.14 Effluen Unit <i>Oxidation Ditch</i>	63
Tabel 4.15 Influent Unit <i>Clarifier</i>	65
Tabel 4.16 Effluen Unit <i>Clarifier</i>	66
Tabel 4.17 Influent Unit <i>Polishing Pond</i>	68
Tabel 4.18 Effluen Unit <i>Polishing Pond</i>	69
Tabel 4.19 Volume Lumpur Tinja Tiap Jam Berdasarkan Hasil Survei Delapan Hari	76
Tabel 4.20 Perhitungan Fluktuasi Debit Influen dan Debit Pengolahan <i>Balancing Tank</i>	77
Tabel 4.21 Hasil analisis pH	88
Tabel 4.22 Hasil Analisis COD	89
Tabel 4.23 Hasil analisis BOD	90
Tabel 4.24 Hasil analisis TSS	91
Tabel 4.25 Hasil analisis minyak dan lemak	92
Tabel 4.26 Hasil analisis minyak dan lemak	93

Tabel 4.27 Kepentingan risiko	99
Tabel 4.28 Penilaian <i>Severity</i>	101
Tabel 4.29 Skala Besaran Risiko	102
Sumber : Hasil Analisis, 2018	102
Tabel 4.30 Skala Kondisi Lingkungan	102
Tabel 4.31 Nilai <i>Severity</i> Pendidikan.....	103
Tabel 4.32 Nilai <i>Severity</i> Masa Kerja	104
Tabel 4.33 Nilai <i>Severity</i> Bidang Kerja.....	105
Tabel 4.34 Nilai <i>Severity</i> Kuantiti Air Limbah	106
Tabel 4.35 Nilai <i>Severity</i> Hasil Uji Laboratorium	107
Tabel 4.36 Nilai <i>Severity</i> Standar Operasional Prosedur.....	108
Tabel 4.37 Nilai <i>Severity</i> Peraturan.....	109
Tabel 4.38 Nilai <i>Severity</i> Perbaikan Dokumen.....	110
Tabel 4.39 Nilai <i>Severity</i> Listrik	111
Tabel 4.40 Nilai <i>Severity</i> Indikasi Tercampur Bahan Kimia	112
Tabel 4.41 Nilai <i>Severity</i> Pelatihan	113
Tabel 4.42 Nilai <i>Severity</i> Penyumbatan Pompa.....	114
Tabel 4.43 Nilai <i>Severity</i> Kemampuan Unit Meremovel Beban Pencemar	115
Tabel 4.44 Nilai <i>Severity</i> Penggantian Media	116
Tabel 4.45 Penilaian Occurrence	117
Tabel 4.46 Penilaian Detection	119
Tabel 4.47 Penilaian <i>Risk Priority Number</i>	122

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram <i>Fishbone</i>	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 3.2 Contoh alat pengambil contoh gayung bertangkai panjang	37
Gambar 3.3 Contoh botol biasa secara langsung	38
Gambar 3.4 Analisis masalah dengan <i>fishbone</i>	43
Gambar 3.5 Analisis penyebab utama <i>fishbone analysis</i>	43
Gambar 3.6 Analisis penyebab kecil dengan <i>fishbone chart</i>	44
Gambar 4.1 Diagram alir proses pengolahan IPLT Keputih	50
Gambar 4.1 Fishbone Analysis Kegagalan IPLT Keputih	95

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin tinggi tingkat pertumbuhan dan kepadatan penduduk suatu wilayah maka semakin tinggi pula limbah yang akan dihasilkan setiap hari. Tingginya tingkat pertumbuhan penduduk yang tidak diimbangi dengan kesadaran masyarakat akan mengakibatkan pencemaran dan kesehatan lingkungan. Lumpur tinja merupakan sumber pencemar yang terdiri atas padatan terlarut di dalam air yang sebagian besar mengandung material organik (Hidayat dkk., 2017). Oleh karena itu pemerintah menganjurkan setiap rumah memiliki tangki septik (Lestari, 2013).

Lumpur tinja yang berasal dari tangki septik harus diolah, karena mengandung polutan-polutan yang berbahaya bagi lingkungan. Lumpur tinja mengandung organisme infeksius yang umumnya terkandung yaitu berupa bakteri patogen, telur cacing dan cacing parasit. Bakteri patogen dapat bertahan hidup hingga dua minggu, telur cacing dan cacing parasit dapat bertahan sampai tiga tahun di lingkungan. Perlu adanya pengolahan dan penanganan lumpur tinja yang sesuai dengan kaidah teknis. Pengolahan lumpur tinja ini mempunyai 2 tujuan, yaitu untuk menurunkan kandungan zat organik dari lumpur tinja dan untuk menurunkan bakteri-bakteri patogen (organisme penyebab penyakit). Prinsip pengolahan lumpur tinja adalah pengolahan fisik melalui pemisahan padatan dan pengolahan biologis (Dian dan Herumurti, 2016).

IPLT Keputih merupakan instalasi pengolah lumpur tinja di Kota Surabaya yang berdiri pada tahun 1990 dan mulai beroperasi pada tahun 1991 dengan kapasitas desain 400 m³ /hari. IPLT Keputih memiliki 8 unit pengolahan, yang terdiri dari bak pemisah lumpur (Solid Separation Chamber/ SSC), unit ekualisasi (balancing tank/ equalization tank), unit parit oksidasi (oxidation ditch), unit pengendap akhir (final clarifier), unit distribusi (distribution box), unit kolam pematangan (polishing pond), unit

pengering lumpur (sludge drying bed), dan unit kolam pengering lumpur (drying area) (Dian dan Herumurti, 2016).

Sebelum di salurkan ke badan air hasil olahan lumpur tinja harus memenuhi baku mutu. Berdasarkan jurnal yang ditulis oleh Dian dan Herumurti (2016) dilaporkan bahwa nilai effluen IPLT Keputih yang didapat berdasarkan analisis pada tanggal 2 Juli 2015, untuk parameter BOD5 sebesar 72 mg/L dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 115 mg/L. Analisis terhadap hasil effluen IPLT Keputih Surabaya dilakukan secara rutin paling lambat 2 bulan sekali. Berdasarkan hasil uji laboratorium analisis terakhir pada tanggal 11 Oktober 2018 nilai effluen IPLT Keputih untuk parameter BOD5 sebesar 98 mg/L, COD sebesar 168 mg/L, TSS sebesar 46 mg/L, minyak dan lemak sebesar 18 mg/L, Nitrogen sebesar 15 mg/L dan Phospat sebesar 8 mg/L. Sedangkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik menyatakan bahwa nilai BOD5 sebesar 30 mg/L, COD sebesar 100 mg/L, TSS sebesar 30 mg/L, minyak dan lemak sebesar 5 mg/L, Nitrogen sebesar 5 mg/L dan Phosfat sebesar 1 mg/L.

Berdasarkan hasil analisis diatas, maka perlu diketahui penyebab hasil produksi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih yang belum memenuhi baku mutu. Metode yang digunakan untuk menganalisis kegagalan suatu proses produksi pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode *fishbone* dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

Metode *fishbone* digunakan untuk mengidentifikasi dan mengorganisasi penyebab-penyebab yang mungkin timbul dari suatu efek spesifik dan kemudian memisahkan akar penyebabnya dengan membentuk seperti tulang ikan (Murnawan, 2014). Sedangkan FMEA merupakan sebuah teknik yang digunakan untuk mencari, mengidentifikasi, dan menghilangkan kegagalan potensial, error dan masalah yang diketahui dari sistem, desain serta proses (Puspitasari dan Martanto, 2014). Metode FMEA baik sekali digunakan pada sistem manajemen mutu untuk jenis industri manapun (Octavia, 2010).

1.2 Rumusan Masalah

- 1) Bagaimana menentukan sumber kegagalan unit yang ada pada IPLT Keputih Surabaya?
- 2) Bagaimana mengetahui sumber kegagalan terbesar yang ditimbulkan dengan menggunakan nilai RPN (*Risk Priority Number*)?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1) Mengidentifikasi sumber kegagalan unit di IPLT untuk dianalisis menggunakan metode *Fishbone Analysis*
- 2) Menganalisis besaran resiko kegagalan dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* dalam nilai RPN (*Risk Priority Number*) yang ditimbulkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai saran penyelesaian permasalahan pada IPLT Keputih Surabaya sehingga dapat meminimalkan resiko kegagalan produksi.

1.5 Ruang Lingkup

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

1. Analisis resiko menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis*
2. Parameter yang di uji yaitu kandungan pH, TSS, BOD, COD, minyak lemak, N dan P
3. Analisis sampling akan dilakukan pada unit *Sump Well*, inlet SSC, outlet SSC, *Balancing Tank*, *Oxidation Ditch*, *Clarifier*, dan *Polishing Pond* di IPLT Keputih Surabaya dan analisis dilakukan di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan FTSLK ITS.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian tugas akhir ini terdapat beberapa konsep dan materi. Konsep dan materi digunakan sebagai landasan maupun acuan untuk tugas penelitian tugas akhir.

2.1 Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih

Instalasi pengolahan lumpur tinja (IPLT) merupakan sistem pengolahan air limbah yang didesain untuk menampung dan mengolah padatan terlarut didalam air yang berasal dari truk penguras tinja dari tanki septik. Sebagian besar air limbah yang dihasilkan mengandung material organik dan juga mengandung berbagai macam mikroorganisme seperti : bakteri, virus dan lain sebagainya (Metcalf dan Eddy, 1991).

IPLT Keputih adalah salah satu UPTD di Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya yang berdiri sejak tahun 1990 dan mulai beroperasi pada tahun 1991. Dalam mengolah limbah tinja, IPLT menggunakan sistem biologis dengan bangunan *Oxidation ditch* yang mempunyai kapasitas maksimum sebesar 400 m³/hari. Pada kenyataannya volumelumpur tinja yang masuk ke IPLT berkisar 80 – 100 m³/hari. IPLT memiliki 8 Bangunan pengolahan yang terdiri dari:

- 1) Bak Pemisahh Lumpur *Solid Separation Chamber* (SSC)
- 2) Bak Pengumpul Filtrat (*Sump Well*)
- 3) Bak Ekualisasi (*Balancing Tank / Equalization Tank*)
- 4) Parit Oksidasi (*Oxidatio Ditch*)
- 5) Bak Distribusi (*Distribution Box*)
- 6) Bak Pengendap Air (*Clarifier*)
- 7) Bak Pengereng Lumpur (*Sludge Drying Bed*)
- 8) Kolam Pengereng Lumpur (*Drying Area*)
- 9) Bak penampunng air limbah olah (*Polishing Pond*)

(DKP Surabaya, 2011)

2.2 Unit Pengolahan Lumpur Tinja IPLT

Berdasarkan Oktarina dan Haki (2013) dalam (Mega, 2016), Bangunan pengolahan lumpur tinja merupakan serangkaian unit proses (fisik, kimia dan biologi) yang digunakan untuk mengolah lumpur tinja menjadi lumpur yang memenuhi baku mutu. Tujuan utama dari pengolahan lumpur tinja yaitu :

- a) Menurunkan kandungan zat organik yang terkandung dalam lumpur tinja.
- b) Menghilangkan atau menurunkan kandungan mikroorganisme patogen (jamur, bakteri, virus, dll).

Berikut ini adalah unit-unit bangunan pengolahan lumpur tinja yang ada instalasi pengolahan lumpur tinja.

1) Unit Pemisah Lumpur (*Solid Separation Chamber*)

Bangunan *solid separation chamber* memiliki fungsi utama yaitu untuk memisahkan fraksi padatan dari fraksi cairan dalam lumpur tinja secara fisik. Proses yang terjadi pada SSC menyerupai reaktor semi *batch*, semi tetap dimana lumpur tinja terkumpul dalam bak dan tanpa ada pengeluaran yang berarti pada periode yang sama. Keluaran hanya berupa *filtrate* (cairan filtrasi) dan *supernatant* yang besar volumenya tidak sebanding dengan besar volume lumpur tinja yang masuk. Secara umum dalam unit SSC terjadi 3 poses, yaitu :

a. Proses Filtrasi

Pada proses filtrasi partikel dengan diameter yang lebih besar dari pori-pori media akan tertahan pada permukaan media. Adanya pengaruh proses pengendapan mengakibatkan partikel yang tersuspensi akan melewati media penyaring dan terperangkap pada media, sedangkan yang sebagian lolos menuju bak pengumpul filtrat.

b. Proses Dekantasi

Proses dekantasi merupakan proses pengambilan *supernatant* (*drain supernatant*) yang hanya akan berlangsung jika volume lumpur sudah penuh atau karena proses penyaringan sudah berhenti. Dimana terjadi pengendapan diatas lapisan media sehingga akan terpisah

antara lapisan padatan dengan cairan. Pengambilan *supernatan* dilakukan dengan cara mengalirkan *supernatant* melalui pelimpah/ *gutter*.

c. Proses Pengeringan Evaporasi

Setelah solid SSC terisi sampai batas penuh dan proses dekanting sudah terhenti maka penambahan lumpur baru dihentikan, dan mulai proses pengeringan/evaporasi sebagai akibat pemanasan sinar matahari.

Solid separation chamber (SSC) yang ada pada IPLT Keputih terdiri dari 4 unit dengan dimensi unit sebagai berikut :

- Lebar = 8 m
- Panjang = 18 m
- Tinggi = 2,75 m

2) Unit Ekualisasi (*Balancing Tank*)

Bak ekualisasi adalah bak penampungan yang berfungsi untuk meminimumkan dan mengendalikan fluktuasi aliran limbah cair baik kuantitas maupun kualitas yang berbeda dan menghomogenkan konsentrasi limbah cair (Mubin dkk, 2016). Dalam bak equalisasi terdapat mesin aerator yang berfungsi sebagai pengaduk dan meningkatkan kadar oksigen dalam air limbah. Berbagai fungsi dari bak equalisasi adalah:

1. Untuk meratakan debit air limbah yang masuk ke unit pengolahan selanjutnya.
2. Sebagai kolam penampungan pertama dan pencampuran air limbah dari berbagai kegiatan produksi.
3. Untuk menghomogenkan air limbah yang akan disalurkan pada unit instalasi selanjutnya (Habibi, 2012).

Balancing tank pada IPLT Keputih terdiri dari 2 unit dengan dimensi sebagai berikut :

- Panjang = 18 m
- Lebar = 6 m
- Kedalaman = 2, 5 m

Proses pada bak ekualisasi merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan debit dan kualitas lumpur tinja yang konstan atau mendekati konstan, mengurangi ukuran fisik, dan biaya konstruksi IPLT. Rumus-rumus perhitungan yang digunakan pada unit ekualisasi yaitu sebagai berikut :

- a. Kapasitas *Balancing Tank*
Kapasitas *balancing tank* = % kumulatif positif selisih debit terbesar - % kumulatif negatif selisih debit terbesar
- b. Volume *Balancing Tank*
 $V = Q \times \text{kapasitas } \textit{balancing tank} \times T$
Dimana :
Q = Debit lumpur yang diolah (m^3/hari)
T = Lamanya pengolahan berlangsung (hari)

3) Unit *Oxidation Ditch*

Oxidation Ditch (OD) sistem oksidasi parit terdiri dari bak aerasi parit atau saluran yang berbentuk oval yang dilengkapi dengan satu atau lebih rotor untuk aerasi limbah. Saluran atau parit tersebut menerima limbah yang telah disaring dan mempunyai waktu tinggal hidraulik (*hydraulic retention time*) mendekati 24 jam. *Oxidation ditch* merupakan modifikasi dari proses *activated sludge*, dimana penanganan dan pengolahan *sludge* hampir dapat diabaikan karena bagian *sudgenya* hanya sedikit dan dapat dikeringkan tanpa menimbulkan bau (Mega, 2016).

Menurut Hindarko (2003) dalam (Mega, 2016), Prinsip kerja *oxidation ditch* sangat dipengaruhi oleh adanya suatu aerator yang berguna untuk menyalurkan oksigen ke dalam *oxidation ditch*. Lumpur tinja yang telah tersaring masuk kedalam *ditch*, diaerasi, dan berputar dengan kecepatan antara 0,25-0,3 m/s. Efisien *removal* BOD antara 85 – 95%. Proses pengolahan dengan *oxidation ditch* harus diiuti dengan proses pengendapan sehingga dibutuhkan bak sedimentasi. *Oxidation ditch* berfungsi sebagai reaktor, dimana bakteri aerobik dipelihara dalam suspensi dan menghasilkan lumpur aktif. Pada suatu proses pengolahan, lumpur aktif tampak berupa flok yang keluar diatas mikroorganisme yang hidup. Lumpur

tinja yang dilewatkan kedalam *oxidation ditch* mempunyai 2 sifat yaitu aerobik dan anoksik. Lumpur tinja yang mengandung 2 sifat tersebut dapat diolah dengan mengalirkan lumpur tinja mengelilingi *oxidation ditch*. Setelah beberapa waktu mengelilingi *oxidation ditch* dengan menyuplai oksigen secara terus menerus (diaerasi) oleh aerator, maka lumpur akan menjadi lebih bersih (Fan *et al.*, 2009). *Oxidation Ditch* pada IPLT Keputih terdiri dari 4 unit dengan dimensi sebagai berikut:

- Lebar permukaan = 4 m
- Panjang total = 60,2
- Tinggi permukaan = 1,85 m

4) **Unit Clarifier**

Clarifier berfungsi untuk memisahkan lumpur aktif dari *activated sludge*. Lumpur yang mengandung bakteri yang masih aktif akan diresirkulasi kembali ke *activated sludge* dan lumpur yang mengandung bakteri yang sudah mati atau tidak aktif lagi dialirkan ke pengolahan lumpur. Langkah ini (pengolahan lumpur) merupakan langkah terakhir untuk menghasilkan effluen yang stabil dengan konsentrasi dan *suspended solid* (SS) yang rendah. bak pengendap II (*clarifier*) merupakan proses dari *activated sludge* yang operasinya merupakan sistem *continuous mixed-flow* berdasarkan jenis tangkinya, dapat dibedakan menjadi (dua) bentuk, yaitu *rectangular* (segi empat atau persegi panjang) dan *circular* (lingkaran) (Az-zahrah, 2010).

Prinsip operasi yang berlangsung dalam *clarifier* adalah pemisahan dari suatu suspensi ke dalam fase-fase padat (*sludge*) dan cair dari kompone-komponennya. Operasi ini digunakan pada saat cairan yang mengandung zat tertentu sehingga akan terjadi pengendapan secara gravitasi (Metcalf dan Eddy, 2014). *Clarifier* pada IPLT Keputih terdiri dari 2 unit dengan dimensi sebagai berikut :

- Diameter = 6 m
- Kedalaman = 2,45 m

5) **Unit Polishing Pond**

Polishing pond atau kolam pematangan adalah kolam yang digunakan untuk mengatasi terjadinya aktifitas dari proses

biologis yang merugikan. Tujuan utama dari *polishing pond* adalah untuk menghilangkan nutrisi (nitrogen dan fosfor). *Polishing pond* dirancang untuk meningkatkan kompatibilitas lingkungan dan kualitas effluen dari pengolahan sebelumnya dimana effluen menjadi lebih higienis sebelum dibuang ke badan air (Mega, 2016). *Polishing pond* pada IPLT Keputih terdiri dari 1 unit dengan dimensi sebagai berikut :

- Panjang = 15,4 m
- Tinggi = 2,5 m
- Lebar = 6,1 m

6) **Unit *Sludge Drying Bed***

Sludge drying bed berfungsi untuk menampung endapan lumpur dari proses pengolahan biologis dan memisahkan lumpur yang bercampur air dengan cara proses penguapan menggunakan energi penyinaran matahari.

Proses ini adalah untuk mengurangi kadar air dalam lumpur, dapat dilakukan dengan cara mengalirkan air pada saringan pasir (*sludge drying Bed*). Tebal pasir 10 – 25 Cm yang didasari kerikil setebal 10 – 45 Cm mampu memadatkan lumpur hingga 95% dalam 6 minggu bila cuaca baik (Abdullah, 2010). Pasir berfungsi sebagai media penyaring untuk memisahkan cairan dan padatan pada lumpur. Supernatan (cairan yang telah terpisah dari padatan) hasil proses pengeringan lumpur ditampung pada saluran drainase yang berada di bawah bak pengering untuk diresirkulasi menuju ke unit pengolahan biologis sebagai bahan pengencer (Putri, 2011). *Sludge Drying Bed* pada IPLT Keputih terdiri dari 24 unit dengan dimensi sebagai berikut :

- Panjang = 34 m
- Lebar = 25 m
- Tinggi = 0,9 m

2.2.1 **Baku Mutu Air Limbah Domestik**

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 tahun 2016 mengatur tentang baku mutu air limbah domestik. Pada peraturan ini terdapat baku mutu air limbah kegiatan domestik yang berasal dari Rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan,

lembaga pendidikan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga pemasyarakatan. Besarnya baku mutu untuk kegiatan domestik dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
Ph	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	50
TSS	mg/L	50
Minyak dan Lemak	mg/L	10
Amoniak	mg/L	10
Total <i>Coliform</i>	Jumlah/100 ml	3000
Debit	L/org/hari	120

Sumber : PermenLH No.68 tahun 2016

2.3 Karakteristik Limbah Cair

Karakteristik air limbah mempunyai kandungan organik sehingga dapat menyebabkan terjadinya pencemaran. Kandungan organik yang terkandung dalam air limbah diantaranya yaitu COD, TSS, BOD, NH₃ bebas serta parameter pencemar lainnya. Air limbah sebagian besar terdiri dari air (99,9%) dan sisanya yaitu (0,1%) dari zat padat. Zat padat yang ada tersebut terbagi atas 70% zat organik (terutama protein, karbohidrat, dan lemak) serta kira-kira 30% anorganik terutama pasir, garam dan logam.

- Derajat Keasaman (pH)
pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. pH didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H⁺) yang terlarut (Zulius A, 2017) Ion H⁺ dapat membentuk suasana dalam suatu reaksi kimiawi (Sawyer et al., 2003). pH dikatakan normal apabila memiliki nilai 7, jika nilai pH diatas 7

menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa dan apabila nilai pH dibawah 7 maka termasuk pH asam. Air limbah memiliki pH yang berbeda-beda, tergantung pada jenis limbahnya (Nasution, 2008).

- *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air yang sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat sehingga segala macam bahan organik baik yang mudah diurai maupun yang kompleks dan sulit diurai akan teroksidasi. Air limbah yang mengandung senyawa anorganik dan bereaksi dengan kalium dikromat akan memiliki nilai COD yang tinggi (Metcalf dan Eddy,2003). Metode refluk merupakan metode yang paling umum digunakan untuk menganalisis COD SNI 6989.73-2009.

- *TSS (Total Suspended Solid)*

TSS (*Total Suspended Solid*) atau total padatan tersuspensi adalah segala macam zat padat dari padatan total yang tertahan pada saringan dengan ukuran partikel maksimum 2,0 μm dan dapat mengendap (Widyaningsih, 2011). TSS erat hubungannya dengan kekeruhan air yang disebabkan oleh adanya kadungan padat tersuspensi. Zat padat tersuspensi yang terdapat di dalam air limbah dapat dipisahkan dengan menggunakan filter (Metcalf dan Eddy,2003).

- *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

BOD merupakan banyaknya kebutuhan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menghancurkan atau mengoksidasi senyawa organik dalam air limbah. Kandungan

senyawa organik yang dapat didegradasi menunjukkan hasil analisis BOD (Metcalf dan Eddy,2003). Senyawa organik yang dapat terdegradasi diubah menjadi CO_2 dan H_2O dengan oksigen sebagai elektron akseptor. kandungan BOD pada air limbah mengalami proses degradasi menggunakan metode aerasi secara gravitasi dengan penurunan terbesar waktu aerasi sebesar 72 jam.

2.4 Analisis Diagram Fishbone

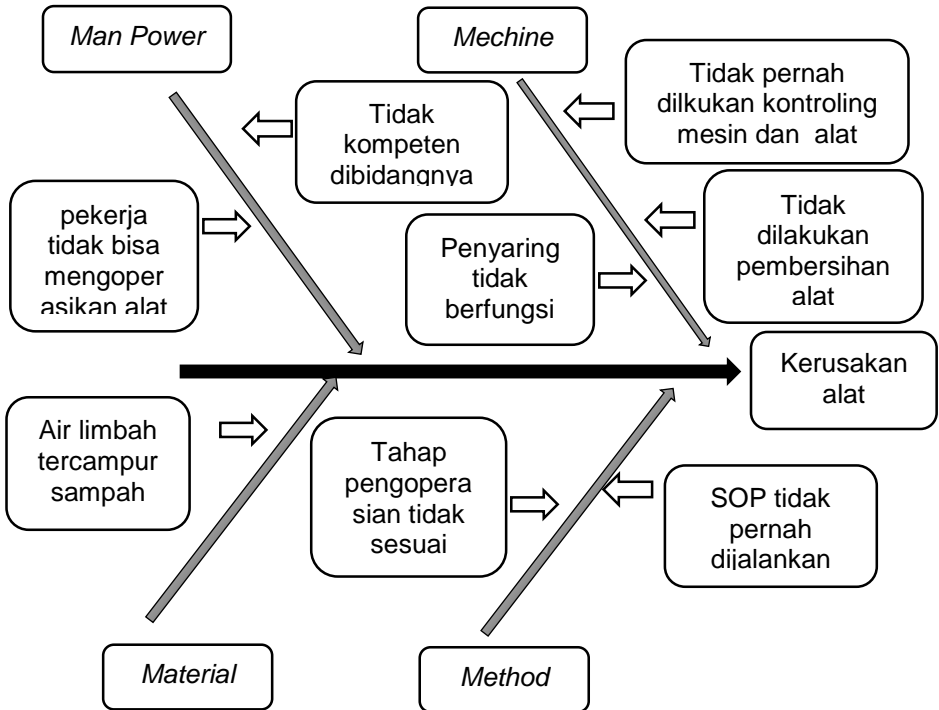
2.4.1 Definisi Diagram *Fishbone*

Diagram *Fishbone* atau diagram tulang ikan, karena bentuknya seperti tulang ikan sering juga disebut *Cause-and-Effect Diagram* atau *Ishikawa diagram* diperkenalkan pertama kali pada tahun 1968 oleh Dr. Kaoru Ishikawa, seorang ahli pengendalian kualitas dari Jepang (Tague, 2005). Diagram *Fishbone* adalah salah satu metode dari Seven Quality Tools yang digunakan untuk mencari penyebab dari timbulnya suatu masalah dilantai produksi. Metode ini membagi masalah terdiri dari sebab dan akibat yang dimana terdiri dari beberapa factor: mesin (*mechine*), bahan baku (*materials*), sumber daya manusia (*manpower*), lingkungan (*enviroment*), pengukuran (*measurement*) dan metode (*methods*) (Graubitz, 2006).

2.4.2 Langkah Pembuatan Diagram *Fishbone*

Menurut Widyaningrum 2016, langkah-langkah dalam membuat Diagram *Fishbone* sebagai berikut:

1. Membuat kerangka Diagram *Fishbone*. Kerangka Diagram *Fishbone* meliputi kepala ikan yang diletakkan pada bagian kanan diagram. Kepala ikan ini nantinya akan digunakan untuk menyatakan masalah utama. Bagian kedua merupakan sirip yang akan dipergunakan untuk menuliskan kelompok penyebab permasalahan. Bagian ketiga merupakan duri yang akan digunakan untuk menyatakan penyebab masalah. Bentuk kerangka Diagram *Fishbone* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram Fishbone

Sumber: Fatimah, 2017

2. Sepakati sebuah pernyataan masalah (problem statement). Pernyataan masalah ini diinterpretasikan sebagai "effect", atau secara visual dalam fishbone seperti "kepala ikan". Masalah didefinisikan sebagai adanya kesenjangan antara kinerja saat ini dengan kinerja yang ditargetkan.
3. Mencari faktor-faktor utama yang berpengaruh atau berakibat yang dapat menimbulkan permasalahan. Untuk mencari faktor tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan teknik *brainstorming*. Menurut Scarvada, dkk (2004), penyebab yang dapat menimbulkan permasalahan dikelompokkan dalam enam kelompok

yaitu *materials* (bahan baku), *machines and equipment* (mesin dan peralatan), *manpower* (sumber daya manusia), *mother nature/environment* (lingkungan), *methods* (metode) dan *measurement* (pengukuran).

4. Menurut Widyaningrum (2016), menemukan penyebab pada masing-masing kelompok penyebab masalah. Penyebab ini ditempatkan pada duri ikan. Penyebab masalah ini dapat dirinci lebih lanjut dengan mencari penyebab dari masalah tersebut. Penndalaman lebih lanjut dari penyebab masalah ini dapat dilakukan sampai lima level. Dapat digunakan metode *Five Whys* untuk pendalaman penyebab masalah ini.
5. Langkah berikutnya setelah masalah dan penyebab masalah diketahui kita dapat menggambarannya dalam Diagram *Fishbone*.

2.5 Failure Mode and Analysis Effect (FMEA)

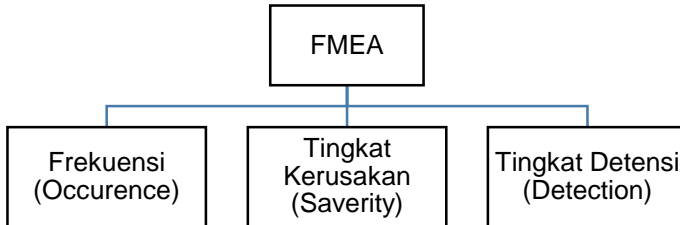
2.5.1 Sejarah Failure Mode and Analysis Effect (FMEA)

Menurut McDermott (2009) dalam (Herdiana, 2015), FMEA (*failure mode and analysis effect*) pada awalnya dibuat oleh *Aerospace Industry* pada tahun 1960-an. FMEA mulai digunakan oleh Ford pada tahun 1980-an, AIAG (*Automotive Industry Action Group*) dan *American Society for Quality Control* (ASQC) menetapkannya sebagai standar pada tahun 1993. Saat ini FMEA merupakan salah satu *core tools* dalam ISO/TS 16949:2002 (*Technical Specification for Automotive Industry*).

2.5.2 Pengertian Failure Mode and Analysis Effect (FMEA)

FMEA adalah sebuah metode evaluasi kemungkinan terjadinya sebuah kegagalan dari sebuah sistem, desain, proses atau servis untuk dibuat langkah penanganannya (Yumaida, 2011). FMEA banyak digunakan dalam industri diantaranya yaitu pada industri pengolahan semikonduktor, jasa makanan, plastik, perangkat lunak, otomotif, kesehatan dll (Carlson, 2014). Dalam FMEA, setiap kemungkinan kegagalan yang terjadi dikuantifikasi untuk dibuat prioritas penanganan. FMEA dilakukan untuk melihat risiko-risiko yang mungkin terjadi pada operasi perawatan dan kegiatan operasional perusahaan. Dalam hal ini ada tiga hal yang

membantu menentukan dari gangguan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Skema Parameter FMEA

1. Tingkat Kerusakan atau *severity* (S)

Dalam menentukan tingkat kerusakan (*severity*) ini dapat ditentukan seberapa serius kerusakan yang dihasilkan dengan terjadinya kegagalan proses dalam hal operasi perawatan dan kegiatan operasional IPLT. Menurut tingkat keseriusan, *severity* dinilai pada skala 1 – 10. Skala dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penilaian Saverity (S)

Effect	Severity of efect for FMEA	Rating
Tidak ada	Tidak memberikan pengaruh dan kerugian biaya yang sangat kecil sekali.	1
Sangat kecil	Menyebabkan gangguan pada beberapa hasil produksi dan kerugian biaya yang rendah.	2
Kecil	Menyebabkan gangguan banyak pada hasil produksi dan kerugian waktu serta biaya yang agak rendah.	3
Sangat sedikit	Menyebabkan gangguan banyak sekali pada hasil produksi dan kerugian biaya yang rendah.	4

Effect	Severity of efect for FMEA	Rating
Sedikit	Menyebabkan pengurangan performa dari fungsi sampingan atau membuat cukup tidak nyaman serta kerugian biaya yang cukup tinggi.	5
Sedang	Menyebabkan hilangnya performa dari fungsi sampingan atau membuat ketidaknyamanan yang menonjol serta konsumsi biaya dan waktu yang besar.	6
Besar	Menyebabkan pengurangan performa dari fungsi utama serta konsumsi biaya yang sangat besar menyebabkan kerugian yang besar.	7
Sangat besar	Menyebabkan pengurangan performa dari fungsi utama atau <i>breakdown</i> serta konsumsi biaya dan waktu yang mendekati tidak diterima.	8
Berbahaya dengan peringatan	Menyebabkan bahaya dan akan melanggar aturan pemerintah dan nasional serta kerugian yang sangat besar.	9
Berbahaya tanpa adanya peringatan	Kegagalan menyebabkan bahaya tanpa peringatan serta kerugian biaya yang tidak dapat diterima.	10

Sumber: Carlson (2004)

2. Frekuensi atau *occurrence* (O)

Dalam menentukan *occurrence* ini dapat ditentukan seberapa banyak gangguan yang dapat menyebabkan sebuah kegagalan pada operasi perawatan dan kegiatan operasional IPLT. Ditunjukkan dalam skala 1-10 dari yang hampir tidak pernah terjadi (1) sampai yang paling sulit untuk dihindari atau yang paling mungkin terjadi (10). Skala dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Penilaian Occurrence (O)

Kemungkinan kegagalan	Tingkat kegagalan	peringkat
Sangat Tinggi : kegagalan terus menerus terjadi	≥ 100 dari 1000 peralatan/item	10
	50 dari 1000 peralatan/item	9
Tinggi : Kegagalan sering terjadi	20 dari 1000 peralatan/item	8
	10 dari 1000 peralatan/item	7
Menengah : Kegagalan kadang-kadang terjadi	5 dari 1000 peralatan/item	6
	2 dari 1000 peralatan/item	5
	1 dari 1000 peralatan/item	4
Rendah : Kegagalan sedikit terjadi	0,5 dari 1000 peralatan/item	3
	0,1 dari 1000 peralatan/item	2
Hampir tidak ada kegagalan terjadi	≤ 0,01 dari 1000 peralatan/item	1

Sumber: Mraz dan Huber, 2005

3. Tingkat Deteksi atau *detection (D)*

Dalam menentukan tingkat deteksi ini dapat ditentukan bagaimana kegagalan tersebut dapat diketahui sebelum terjadi. tingkat deteksi juga dapat dipengaruhi dari banyaknya kontrol yang mengatur jalanya proses. semakin banyak kontrol dan prosedur yang mengatur jalanya sistem penanganan operasional perawatan dan kegiatan operasional pabrik maka diharapkan tingkat deteksi dari kegagalan dapat semakin tinggi. Penilaian untuk level deteksi dalam skala yang sama yaitu 1 – 10 dimana angka 1 menunjukkan kemungkinan pasti terdeteksi dan 10 menunjukkan

kemungkinan tidak terdeteksi sangat besar. Skala dari *detection* dan penjelasannya dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Penilaian *Detention* (D)

Deteksi	Kemungkina Deteksi	Peringkat
Hampir tidak mungkin	Pengontrolan tidak dapat mendeteksi kegagalan	10
Sangat jarang	Sangat jauh kemungkinan penngontrolan akan menemukan potensi kegagalan	9
Jarang	Jarang kemungkinan pengontrolan akan menemukan potensi kegagalan	8
Sangat rendah	Kemungkinan pengontrolan untuk mendeteksi sangat rendah	7
Rendah	Kemungkinan pengontrolan untuk mendeteksi kegagalan rendah	6
Sedang	Kemungkinan pengontrolan untuk mendeteksi kegagalan sedang	5
Agak tinggi	Kemungkinan pengontrolan untuk mendeteksi kegagalan agak tinggi	4
Tinggi	Kemungkinan pengontrolan untuk mendeteksi kegagalan tinggi	3
Sangat tinggi	Kemungkinan pengontrolan untuk mendeteksi kegagalan sangat tinggi	2
Hampir pasti	Kegagalan dalam proses tidak dapat terjadi karena telah dicegah melalui desain solusi	1

Sumber: Mraz dan Huber, 2005

4. *Risk Priority Number* (RPN)
Risk Priority Number (RPN) merupakan hasil perkalian dari nilai ranking *severity*, *detection* dan *occurrence*.
Rumus RPN:

$$\text{RPN} = (S) \times (D) \times (O) \dots\dots\dots (\text{Rumus 2.1})$$

Nilai RPN digunakan untuk membandingkan penyebab-penyebab yang teridentifikasi selama dilakukan analisis. Umumnya RPN terletak diantara batas yang ditentukan untuk mengusulkan tindakan perbaikan atau mengurangi resiko.

2.5.3 Tujuan Failure Mode and Analysis Effect FMEA

Menurut McDermott (2009) dalam (Aisyah, 2011), Tujuan dari penerapan FMEA adalah mencegah masalah terjadi pada proses dan produk. Jika digunakan dalam desain dan proses manufaktur, FMEA dapat mengurangi atau menekan biaya dengan mengidentifikasi dan memperbaiki produk dan proses secara cepat pada saat proses pengembangan. Pembuatannya relatif mudah serta tidak membutuhkan biaya yang banyak. Hasilnya adalah proses menjadi lebih baik karena telah dilakukan tindakan koreksi dan mengurangi serta mengeliminasi kegagalan.

Berikut adalah beberapa tujuan dari penerapan FMEA menurut Chrysler (2008) dalam (Aisyah, 2011) :

1. Mengidentifikasi penyebab kegagalan proses dalam memenuhi kebutuhan pelanggan.
2. Memperkirakan risiko penyebab tertentu yang menyebabkan kegagalan.
3. Mengevaluasi rencana pengendalian untuk mencegah kegagalan.
4. Melaksanakan prosedur yang diperlukan untuk memperoleh suatu proses bebas dari kesalahan

2.5.4 Tahapan Pembuatan *Failure Mode and Analysis Effect (FMEA)*

Prosedur dalam pembuatan FMEA mengikuti sepuluh tahapan berikut ini (McDermott, 2009) :

1. Melakukan peninjauan terhadap proses

Tahap peninjauan proses atau produk merupakan tahap awal dalam langkah FMEA. Gambar teknik dari produk dibutuhkan saat akan melakukan tinjauan berkaitan dengan *design* FMEA,

sedangkan *flowchart* dari tiap operasi dibutuhkan saat akan melakukan tinjauan berkaitan dengan *process FMEA*.

2. Mengidentifikasi *potential failure mode* (mode kegagalan potensial) pada proses

Tahap ini memikirkan potensi-potensi moda kegagalan setelah mengetahui dan mengerti proses maupun produk dari kasus yang ada. Sebuah sesi *brainstorming* akan memunculkan banyak ide baru.

3. Membuat daftar *potential effect* (akibat potensial) dari masing-masing mode kegagalan

Adanya catatan moda kegagalan dalam *worksheet FMEA* dapat membantu peneliti mengetahui efek potensial dengan memperhatikan sebab dan akibat yang dapat ditimbulkan, sehingga peneliti harus meninjau setiap moda kegagalan dan mengidentifikasi efek potensial dari kegagalan yang muncul.

4. Menentukan peringkat *severity* untuk masing-masing cacat yang terjadi.

Tingkatan *severity* merupakan estimasi seberapa serius dampak yang akan ditimbulkan jika kegagalan terjadi. Beberapa kasus, tingkat *severity* dapat dengan jelas diketahui, karena menggunakan pengalaman masa lalu sehingga seberapa serius masalah yang timbul dapat diketahui.

5. Menentukan peringkat *occurrence* untuk masing-masing mode kegagalan.

Metode terbaik dalam menentukan peringkat *occurrence* adalah menggunakan data aktual dari suatu proses. Peneliti harus mengestimasi seberapa sering moda kegagalan mungkin muncul saat data aktual kegagalan tidak tersedia.

6. Menentukan peringkat *detection* untuk masing-masing mode kegagalan dan/atau akibat yang terjadi.

Peringkat *detection* dilihat dari bagaimana kegagalan atau efek dari kegagalan dapat terdeteksi. Langkah awal yang dilakukan

adalah mengidentifikasi pengendalian kegagalan yang dapat mendeteksi kegagalan maupun efek dari kegagalan. Jika tidak ada pengendalian mengenai kegagalan maka kemampuan deteksi rendah dan akan menghasilkan peringkat deteksi yang tinggi, seperti 9 atau 10.

7. Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk masing-masing cacat.

Risk Priority Number diperoleh dengan mengalikan *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

8. Membuat prioritas mode kegagalan berdasarkan nilai RPN untuk dilakukan tindakan perbaikan.

Moda kegagalan diprioritaskan berdasarkan *Risk Priority Number* yang tertinggi menuju ke yang terendah. Kemungkinan yang terjadi bahwa aturan 80/20 dapat diterapkan ke RPN, seperti halnya dengan peningkatan kualitas yang lain. Hal ini dapat berarti bahwa 80% dari total RPN pada FMEA berasal dari 20% kegagalan dan efek potensial.

9. Melakukan tindakan untuk mengeliminasi atau mengurangi kegagalan yang paling banyak terjadi.

Langkah yang dapat dilakukan dalam mengeliminasi atau mengurangi moda kegagalan adalah menggunakan proses pemecahan masalah yang terorganisir yaitu dengan mengidentifikasi masalah kemudian mengimplementasikan tindakan perbaikan yang dapat dilakukan. Idealnya, moda kegagalan harus dihilangkan. Moda kegagalan yang telah dihilangkan akan memiliki nilai RPN baru mendekati 0 karena peringkat *occurrence* akan menjadi peringkat satu.

Pendekatan paling mudah yang dapat dilakukan dalam peningkatan produk atau proses adalah dengan meningkatkan kemampuan mendeteksi kegagalan yang dapat menurunkan peringkat deteksi. Selain itu pengurangan nilai *severity* juga

penting, khususnya pada situasi yang dapat mengakibatkan kegagalan lainnya muncul.

10. Mengkalkulasi hasil RPN sebagai mode kegagalan yang dikurangi atau dieliminasi

Satu tindakan yang telah diambil untuk meningkatkan produk atau proses harus diikuti dengan penentuan peringkat yang baru bagi *severity*, *occurrence*, dan *detection* dan RPN dihitung kembali. Tindakan perbaikan moda kegagalan yang telah dilakukan seharusnya dapat mengurangi nilai RPN secara signifikan. Jika tidak, hal itu berarti tindakan perbaikan yang diambil tidak mengurangi *severity*, *occurrence* dan *detection*.

Setelah ditentukan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan nilai RPN untuk masing-masing moda kegagalan tersebut. Selanjutnya moda diurutkan berdasarkan nilai RPN yang paling besar. Moda kegagalan dengan nilai RPN paling besar merupakan prioritas untuk dilakukan tindakan korektif.

2.5.5 Pembuatan Tabel Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Pembuatan tabel FMEA dimulai dari penentuan jenis kegagalan, efek dari kegagalan tersebut, penyebab dari kegagalan yang terjadi, kontrol yang akan dilakukan, dan upaya penanggulangannya. Nilai *Severity*, *Occurance* dan *Detection* diperoleh dari hasil brainstorming dengan Production Manager dan Inspection Manager. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai RPN yang diperoleh dari hasil perkalian nilai *Severity*, *Occurance* dan *Detection*.

Menurut Stamatis (2003), Terdapat empat tipe penggunaan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yaitu dalam bidang sistem (sistem FMEA), bidang desain (desain FMEA), bidang proses (proses FMEA) dan dalam bidang servis (servis FMEA).

1) Sistem FMEA

Sistem FMEA digunakan untuk menganalisis sistem dan subsistem pada konsep dan desain awal. Sistem FMEA merupakan tipe FMEA yang terfokus pada potensi moda kegagalan antara fungsi dari sistem yang disebabkan kekurangan sistem dan bertujuan untuk memaksimalkan kualitas, reliabilitas, biaya dan maintainability dari suatu sistem. Output yang dihasilkan dari system FMEA adalah sebagai berikut :

- a) Daftar potensi moda kegagalan yang disusun berdasarkan tingkat RPN.
- b) Daftar potensi dari fungsi sistem yang dapat mendeteksi mode kegagalan potensial

Daftar potensi dari tindakan desain untuk mengeliminasi mode kegagalan, masalah keselamatan, dan mengurangi tingkat occurrence.

2) Design FMEA

Design FMEA digunakan untuk menganalisis produk sebelum dirilis di manufaktur. Design FMEA merupakan tipe FMEA yang terfokus pada moda kegagalan yang disebabkan oleh kekurangan desain dan bertujuan untuk memaksimalkan kualitas, realibilitas, biaya dan maintainability dari suatu desain. Output yang dihasilkan dari design FMEA adalah sebagai berikut :

- a) Daftar potensi moda kegagalan yang disusun berdasarkan tingkat RPN.
- b) Daftar potensi dari karakteristik kritis maupun signifikan.
- c) Daftar potensi dari tindakan desain yang dapat dilakukan untuk mengeliminasi moda kegagalan, masalah keselamatan dan mengurangi tingkat occurrence.
- d) Daftar potensi dari paramater untuk metode pengujian, inspeksi, maupun deteksi yang sesuai.
- e) Daftar potensi dari tindakan yang seharusnya dilakukan untuk karakteristik kritis dan signifikan.

3) Process FMEA

Process FMEA digunakan untuk menganalisis proses - proses manufaktur dan perakitan. Process FMEA merupakan tipe FMEA yang terfokus pada moda kegagalan yang

disebabkan kekurangan proses atau perakitan yang ada. Output yang dihasilkan dari process FMEA adalah sebagai berikut :

- a) Daftar potensi dari moda kegagalan berdasarkan peringkat RPN.
 - b) Daftar potensi dari karakteristik kritis dan/atau signifikan.
 - c) Daftar potensi dari rekomendasi tindakan untuk merujuk pada karakteristik kritis dan signifikan.
- 4) Service FMEA

Service FMEA digunakan untuk menganalisis pelayanan sebelum mencapai konsumen. Service FMEA berfokus pada moda kegagalan yang disebabkan oleh sistem atau proses. Output yang dihasilkan dari service FMEA adalah sebagai berikut :

- a) Daftar potensi dari kesalahan berdasarkan peringkat RPN.
- b) Daftar potensi dari karakteristik tugas kritis atau signifikan atau proses.
- c) Daftar potensi dari proses atau tugas yang bottleneck.
- d) Daftar potensi untuk mengeliminasi kesalahan
- e) Daftar potensi dari sistem pengawasan / fungsi proses.

2.5.6 Manfaat Failure and Mode Effect Analysis (FMEA)

Menurut Ford Motor Company (2004), manfaat *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah sebagai berikut :

- a. Meningkatkan kualitas, keandalan, dan keamanan produk-produk yang dihasilkan perusahaan.
- b. Mengurangi biaya dan waktu pengembangan produk.
- c. Mendokumentasikan dan melacak tindakan-tindakan yang pernah diambil untuk mengurangi resiko.
- d. Memberi bantuan dalam pengembangan rencana kontrol yang kuat.
- e. Memberi bantuan dalam pengembangan rencana verifikasi desain yang kuat.
- f. Membantu *engineer* dalam memusatkan perhatian pada kekurangan produk dan proses yang penting serta membantu mencegah terjadinya kegagalan pada produk.
- g. Meningkatkan kepuasan pelanggan/konsumen.
- h. Meningkatkan citra dan daya saing perusahaan.

2.5.7 Penelitian Terdahulu

Telah dilakukan penelitian terdahulu sebagai acuan dan perbandingan dalam proses pengerjaan tugas akhir. Hasil penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul Penelitian	Kesimpulan Penelitian
Widyaningrum, Cherry Ramadani. 2016	Analisis Penurunan Kinerja Unit Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Karang Pilang I Menggunakan Metode <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA)	Sumber kegagalan dalam sistem produksi yang menyebabkan penurunan kualitas air IPAM Karang Pilang I berasal dari unit aerasi, prasedimentasi, koagulasi dan flokulasi.
Firdaus, Rahmat, dkk. 2010	Perbaikan Proses Produksi Muffler Dengan Metode FMEA Pada industri kecil di Sidoarjo	Hasil yang diperoleh dari penelitian pada industri kecil di Sidoarjo adalah metode FMEA dapat digunakan pada industri kecil terutama pengrajin logam
Nanda, Leonard, dkk. 2014	Analisis Risiko Kualitas Produk dalam Proses Produksi Miniatur Bis dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis pada Usaha Kecil Menengah Niki Kayoe	Berdasarkan proses identifikasi risiko menggunakan metode FMEA yang sudah dilakukan pada UKM Niki Kayoe, maka didapatkan data bahwa terdapat 18 kejadian risiko yang berpotensi mengganggu proses produksi dan dapat mempengaruhi kualitas produk miniatur bis.

Tabel 2.6 Lanjutan

Penulis	Judul Penelitian	Kesimpulan Penelitian
Hanliang, Njoo, dkk. 2013	Peningkatan Kualitas Proses Produksi di PT. Indal Alumunium Inndustry TBK, Sidoarjo	<p><i>Tools</i> yang digunakan adalah <i>fishbone diagram</i> untuk menganalisis akar masalah dan FMEA untuk menentukan nilai RPN yang dikombinasikan dengan diagram pareto agar dapat menentukan jenis cacat apa saja yang menjadi dominan terburuk yang selanjutnya akan menjadi fokus perbaikan bagi perusahaan. Penelitian yang dilakukan telah berhasil membuat rancangan perbaikan dan implementasi perbaikan untuk 6 jenis cacat yaitu <i>scratch 2</i>, <i>blister 4</i>, <i>corosion 2</i>, <i>scratch 1</i>, <i>scratch 3</i>, dan <i>dent 2</i>. Hasil dari implementasi diperoleh bahwa proses <i>cutting 1</i> mengalami peningkatan persentase produk baik sebesar 4,12%, proses <i>machining</i> meningkat 4,23%, dan proses <i>packaging</i> sebesar 5,6%.</p>

Tabel 2.6 Lanjutan

Penulis	Judul Penelitian	Kesimpulan Penelitian
<p>Gaby Dian Mega. 2016</p>	<p>Evaluasi inerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih, Surabaya.</p>	<p>Kapasitas Desain IPLT Keputih adalah 400 m³/hari, dan debit influen lumpur eksisting sebesar 137 m³/hari. Rekomendasi optimasi untuk peningkatan kinerja unit pengolahan IPLT Keputih untuk SSC kandungan solid outlet direkomendasikan menjadi 20%. <i>Balancing tank</i> satu unit dioperasikan dengan kondisi eksisting. <i>Oxidation Ditch</i> dua unit OD dioperasikan dengan sistem aliran seri sedangkan dua unit OD lain tetap tidak dioperasikan. <i>Final Clarifier</i> debit resirkulasi direkomendasikan menjadi 18,31 m³/s. <i>Polishing Pond</i> prinsip operasi PP adalah dengan <i>free surface construced wetland</i> menggunakan eceng gondok. <i>Sludge Drying Bed</i> kandungan <i>solid</i> pada lumpur kering direkomendasikan menjadi 80 %..</p>

Tabel 2.6 Lanjutan

Penulis	Judul Penelitian	Kesimpulan Penelitian
Hasbullah, dkk. 2017	Analisis Kegagalan Proses Insulasi Pada Produksi Automotive Wirea (AW) Dengan Metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) Pada PT. JLC	terdapat beberapa jenis kegagalan potensial pada Automotive Wires adalah sebagai berikut: warna terlalu muda / terlalu tua daripada standar, marking tercetak tidak jelas, permukaan insulation kasar, lump pada surface insulation, kuat Tarik / Tensile Strength & Pemuluran / Elongation < standar, diameter < / > standar, salah cetak marking, insulation mengkerut, ketebalan insulation (rata-rata)/(sembarang titik) < standar standar, gulungan/kemasan kabel tidak rapi. Selain itu, berdasarkan data yang ada disimpulkan bahwa pada potential Failure Mode “Warna terlalu muda / terlalu tua daripada standar”, memiliki nilai RPN tertinggi pertama dibandingkan lainnya, yaitu 200.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Umum

Pada penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA merupakan metode sistematis yang digunakan untuk menganalisa resiko, menetapkan, mengidentifikasi dan sejenisnya dari sebuah sistem, desain, proses, dan atau jasa sebelum mencapai konsumen.

Setiap tahapan yang dilakukan pada proses penelitian terangkum dalam kerangka penelitian. Tujuan dari kerangka penelitian tugas akhir ini yaitu bertujuan sebagai gambaran awal mengenai tahap-tahap yang akan dilakukan agar penelitian dapat dilaksanakan secara sistematis, menghindari atau memperkecil terjadinya kesalahan selama proses penelitian.

3.2 Kerangka Penelitian

Metode penelitian dirancang secara sistematis dan rinci untuk mencapai tujuan dari penelitian. Sehingga perlu adanya kerangka penelitian yang memuat garis besar langkah-langkah serta alur yang akan dilakukan selama penelitian. Fungsi dari kerangka penelitian diantaranya yaitu sebagai berikut:

1. Sebagai gambaran awal dari tahapan penelitian sehingga memudahkan praktisan dalam melaksanakan penelitian.
2. Memudahkan pembaca dalam memahami alur serta proses yang dilakukan dalam penelitian.
3. Mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan penelitian agar tujuan dari penelitian dapat tercapai.
4. Menghindari dan memperkecil kemungkinan terjadinya kesalahan yang terjadi selama penelitian berlangsung.

Terdapat beberapa tahapan kegiatan yang akan dilakukan. Tahapan kegiatan tersebut disusun dalam sebuah kerangka penelitian seperti pada Gambar 3.1

Ide Penelitian :

Kajian Risiko Proses Dalam Pengolahan Air Limbah Menggunakan Metode *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)* (Studi Kasus Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih Surabaya)



Studi Pustaka :

1. Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja
2. Unit Pengolahan Lumpur Tinja
3. Karakteristik Limbah Cair
4. Analisis Diagram Fishbone
5. *Failure Mode and Effect Analysis*



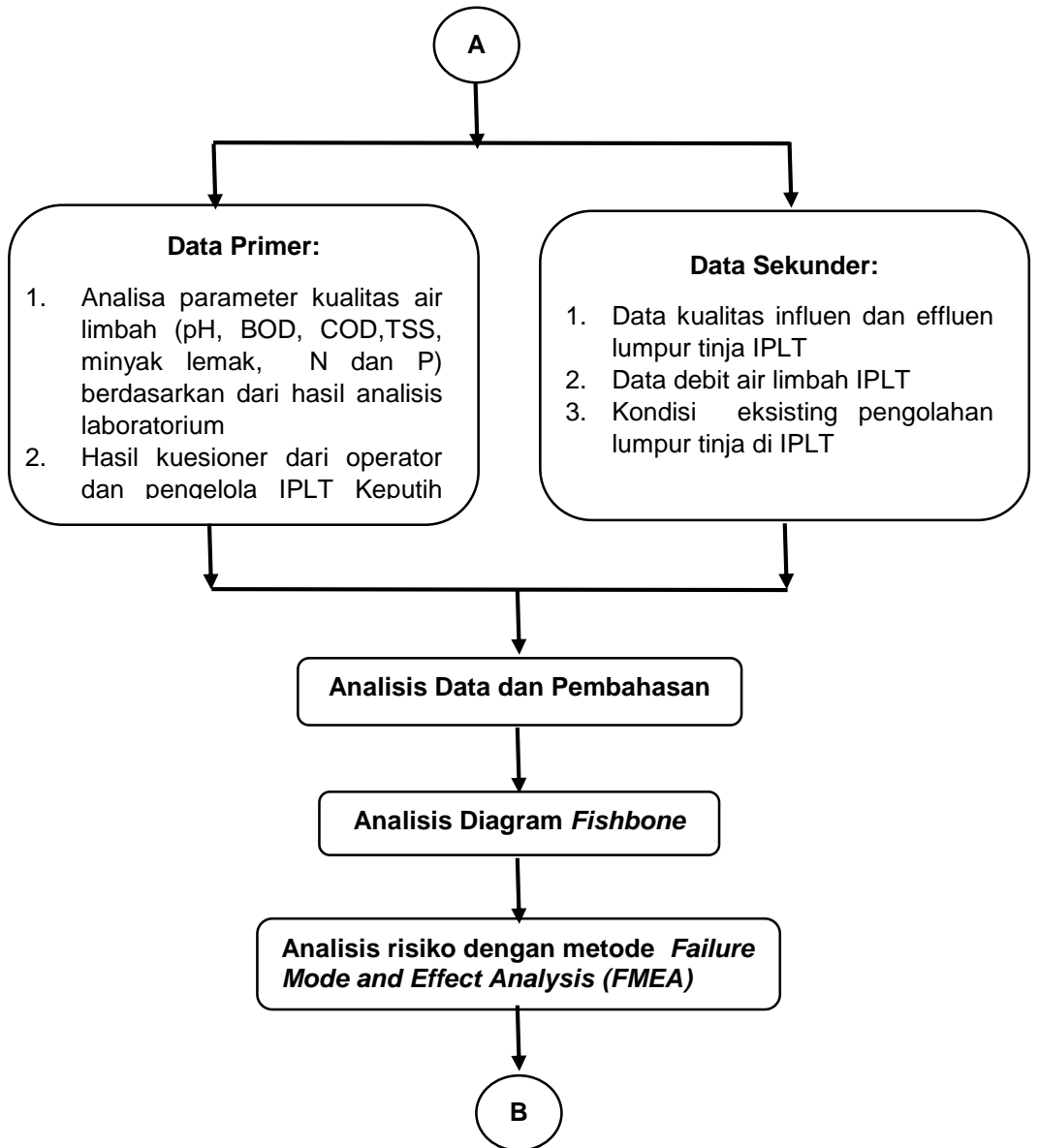
Pelaksanaan

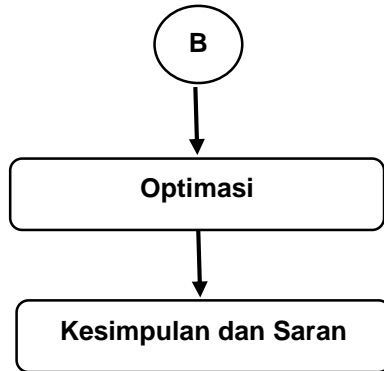


Pengumpulan Data



A





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Ide Penelitian

Ide penelitian ini muncul karena pada penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa kualitas efluen belum memenuhi baku mutu Pergub Jatim No.72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya. Berdasarkan masalah tersebut, dilakukan analisa terhadap hasil dari pengolahan limbah cair untuk memperoleh penyelesaian prioritas masalah dan upaya pencegahannya.

3.4 Studi Pustaka

Studi pustaka digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan, analisis, maupun penyusunan laporan. Sumber pustaka yang digunakan dalam penelitian ini meliputi jurnal ilmiah, tesis, tugas akhir serta semua informasi yang mendukung penelitian ini. Literatur yang digunakan yaitu dengan menggunakan literatur yang berhubungan dengan pengolahan air limbah, analisis risiko, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) serta peraturan perundangan yang berlaku dan mendukung penelitian ini.

3.5 Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan selama 2 bulan yaitu pada bulan Agustus – Oktober. Berikut ini rincian kegiatan yang dilakukan selama penelitian :

1. Pengajuan surat perijinan kepada Departemen Teknik Lingkungan yang ditujukan untuk Instalasi Pengolahan

- Lumpur Tinja (IPLT) Keputih Surabaya pada tanggal 28 Agustus 2018.
2. Mahasiswa mengajukan surat ijin penelitian ke Badan Kesatuan Bangsa, Politik dan Perlindungan Masyarakat (Bakesbangpol) dengan menyerahkan surat perijinan dari jurusan dan proposal penelitian pada tanggal 30 Agustus 2018.
 3. Tanggal 4 September 2018 mahasiswa menerima surat balasan dari Bakesbangpol yang menyatakan bahwa pihak Bakesbangpol mengizinkan mahasiswa melakukan penelitian di IPLT Keputih Surabaya. Pihak Bakesbangpol memberikan 3 surat pengantar yang ditujukan kepada Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau (DKRTH), IPLT Keputih Surabaya dan Departemen Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
 4. Pada tanggal 18 September mahasiswa menyerahkan surat perijinan kepada IPLT Keputih untuk melakukan penelitian di Instalasi tersebut.
 5. Dilakukan pengambilan sampel pada unit *Solid Separation Chamber, sump well, Balanching Tank, Oxidation Ditch, Clarifier* dan *Polishing Pond*. pada hari Sabtu, 13 Oktober 2018. Sampel disimpan di frezeer dan baru diserahkan ke laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan pada hari Senin, 15 Oktober 2018 untuk dianalisis.
 6. Pada tanggal 15 Oktober 2018 kuesioner yang telah dibuat dibagikan kepada petugas dan operator yang bekerja pada IPLT Keputih Surabaya.
 7. Hasil laboratorium keluar pada tanggal 24 Oktober 2018.

3.6 Pengumpulan Data

3.6.1 Teknik Pengumpulan Data

1. Observasi

Teknik ini dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap obyek yang akan diteliti sehingga nantinya didapat gambaran mengenai obyek yang diteliti.

2. Wawancara

Teknik wawancara dilakukan untuk menggali lebih dalam informasi yang ingin didapatkan dengan

mengajukan pertanyaan secara langsung kepada narasumber tanpa terstruktur. Wawancara dilakukan kepada pihak yang mengetahui detail teknis pengolahan yang ada di IPLT. Hasil dari wawancara dapat dilihat pada lampiran B.

3. Kuesioner

Teknik kuesioner dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pertanyaan tertulis secara terstruktur kepada responden untuk dijawab. responden yang menjadi cakupan pada kuesioner ini merupakan responden yang memahami tentang cara dan teknik pengoperasian pengolahan IPLT. Hasil dari kuesioner yang dilakukan dapat dilihat pada lampiran A.

3.6.2 Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh atau dikumpulkan langsung di lapangan. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini berupa: data hasil wawancara, data hasil uji laboratorium dan data kuesioner.

Data wawancara didapatkan dari narasumber yang memiliki peranan penting dalam IPLT serta mengetahui sejarah hingga teknik pengoperasian IPLT. Sehingga informasi yang didapatkan akurat dan dapat dipertanggung jawabkan.

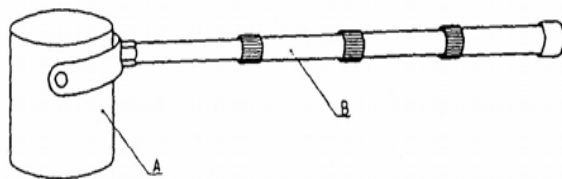
Hasil uji laboratorium didapatkan dengan melakukan *sampling* dengan memperhatikan waktu detensi pada tiap unit pengolahan berdasarkan dengan kriteria perencanaan yang ada. Pengambilan sampel dilakukan pada unit *Sump Well*, *SSC*, *Balancing Tank*, *Oxidation Ditch*, *Clarifier*, dan *Polishing Pond* dengan parameter uji yaitu COD, BOD, TSS, pH, minyak lemak, Amoniak, total *coliform*, N dan P. Parameter yang dianalisis berdasarkan pada peraturan PermenLH No.68/2016.

Data kuesioner yang dibagikan kepada responden berisi tentang profil responden, kemampuan dan kesadaran SDM dalam memahami pekerjaannya, pengetahuan tentang

peraturan yang berlaku, kualitas air limbah, kinerja unit dan monitoring kinerja pengelola.

Berikut ini teknis dan tahapan yang dilakukan dalam pengambilan sampel :

1. Pengambilan sampel dilakukan pada 6 unit pengolahan yang ada pada instalasi pengolahan lumpur tinja. 1 sampel diambil pada inlet SSC dan 6 sampel lainnya diambil pada sump well, outlet unit SSC, Bak Ekualisasi, *Oxidation Ditch*, *Clarifier* dan *Polishing Pond*. Teknik Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan SNI 6989-59-2008 tentang metode pengambilan contoh air limbah :
 - a) Persyaratan Alat Pengambil Contoh
Alat pengambil contoh harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:
 - a. terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh
 - b. mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya
 - c. contoh mudah dipindahkan ke dalam botol penampung tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya
 - d. mudah dan aman di bawa
 - e. kapasitas alat tergantung dari tujuan pengujian.
 - b) Jenis alat pengambil contoh
Alat pengambil contoh sederhana
Alat pengambil contoh sederhana dapat berupa ember plastik yang dilengkapi dengan tali atau gayung plastik yang bertangkai panjang.

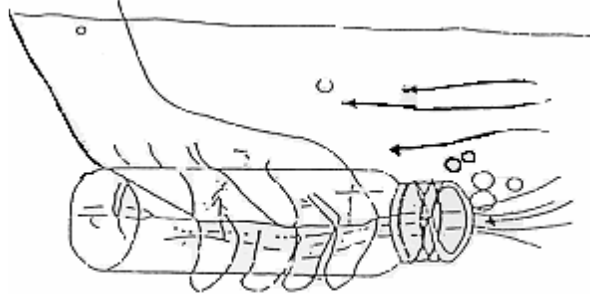


Gambar 3.2 Contoh alat pengambil contoh gayung bertangkai panjang

Keterangan gambar:

A adalah pengambil contoh terbuat dari polietilen

B adalah *handle* (tipe teleskopi yang terbuat dari aluminium atau stanlestit)



Gambar 3.3 Contoh botol biasa secara langsung

- c) Pencucian wadah contoh
Lakukan pencucian wadah contoh sebagai berikut:
 - a) Peralatan harus dicuci dengan deterjen dan disikat untuk menghilangkan partikel yang menempel di permukaan;
 - b) Bilas peralatan dengan air bersih hingga seluruh deterjen hilang;
 - c) Bila peralatannya terbuat dari bahan non logam, maka cuci dengan asam HNO_3 1:1, kemudian dibilas dengan air bebas analit;
 - d) Biarkan peralatan mengering di udara terbuka;
 - e) Peralatan yang telah dibersihkan diberi label bersih-siap untuk pengambilan contoh.
2. Teknis pengambilan sampel dan analisis laboratorium
 - a. Sampel diambil dengan menggunakan botol air mineral ukuran 600 ml dan botol kaca 140 ml
 - b. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mencelupkan botol ke dalam unit pengolahan hingga botol tenggelam. Untuk menghindari adanya gelembung udara yang ikut

- terbawa saat pengambilan sampel, botol ditutup saat masih berada didalam unit tersebut dan harus dipastikan jika botol sudah terisi penuh sebelum ditutup. Baru kemudian botol diangkat dan dibersihkan bagian luarnya.
- c. Waktu detensi (td) didapatkan dari kriteria perencanaan yang ada pada literatur atau penelitian terdahulu.
 - d. Pengujian sampel lumpur tinja dilakukan di laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan Departemen Teknik Lingkungan ITS untuk dianalisis berdasarkan parameter yang akan diuji.
 - **Parameter pH**
Analisa parameter pH menggunakan pH meter, dimana penggunaannya adalah dengan mencelupkan pH meter kedalam sampel sehingga didapatkan nilai pH untuk masing-masing sampel yang akan diuji. Analisis dilakukan berdasarkan *Standard Methods 22nd Edition Section 4500-H⁺* (APHA, 2012).
 - **Parameter Total Suspended Solid (TSS)**
Pengukuran TSS dilakukan dengan metode gravimetri. Sampel yang tercampur dengan baik disaring dan residu ditahan pada filter kemudian dikeringkan hingga berat konstan pada 103°C sampai 105°C. Peningkatan berat filter mewakili total padatan tersuspensi. Jika material tersuspensi menyumbat filter dan memperpanjang proses penyaringan, dapat diatasi dengan meningkatkan diameter filter atau mengurangi volume sampel. Untuk mendapatkan perkiraan total padatan tersuspensi, hitung selisih antara total padatan terlarut dan total zat padat. Analisis ini dilakukan berdasarkan *Standard Methods 22nd Edition Section 2540 D* (APHA, 2012).
 - **Parameter Biochemical Oxygen Demand (BOD)**
Prinsip analisis BOD menggunakan metode *winkler*. Prinsipnya menggunakan titrasi iodometri. Sampel yang akan dianalisis terlebih dahulu ditambahkan larutan $MnCl_2$ dan $NaOH-KI$ sehingga akan terjadi endapan MnO_2 . Kemudian dengan menambahkan H_2SO_4 atau HCl maka endapan yang terjadi akan larut kembali dan juga akan membebaskan molekul iodium (I_2) yang

ekivalen dengan oksigen terlarut. Iodium yang dibebaskan ini selanjutnya dititrasi dengan larutan standar natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) dan menggunakan indikator larutan amilum (kanji). Analisis dilakukan berdasarkan *Standard Methods 22nd Edition Section 5210 B* (APHA, 2012).

- **Parameter Chemical Oxygen Demand (COD)**

Metode pengukuran COD menggunakan metode *reflux*, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi. Pada prinsipnya pengukuran COD adalah penambahan sejumlah tertentu kalium bikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) sebagai oksidator pada sampel (dengan volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat dilakukan dengan cara titrasi. Kalium bikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD dapat ditentukan. Analisis dilakukan berdasarkan *Standard Methods 22nd Edition Section 5220 C* (APHA, 2012).

- **Parameter Minyak dan Lemak**

Metoda ini untuk menentukan minyak dan lemak dalam contoh uji air dan air limbah secara gravimetri. Minyak dan lemak dalam contoh uji air diekstraksi dengan pelarut organik dalam corong pisah dan untuk menghilangkan air yang masih tersisa digunakan Na_2SO_4 anhidrat. Ekstrak minyak dan lemak dipisahkan dari pelarut organik secara destilasi. Residu yang tertinggal pada labu destilasi ditimbang sebagai minyak dan lemak. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water 5520 B* (APHA, 1998).

- **Parameter Nitrat**

Cara uji ini digunakan untuk menentukan kadar nitrogen organik dalam air dan air limbah sampai kadar 100 mg/L secara makro kjeldahl, selanjutnya ammonia yang terbentuk dapat ditetapkan secara titrimetri. Analisis dilakukan berdasarkan *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water 4500 NO₃* (APHA, 2005).

- **Parameter Fosfat**

Prinsip penentuan fosfat dengan metode spektrofotometri secara asam askorbat. Prinsip dari metode ini didasarkan pada pembentukan senyawa kompleks fosfomolibdat yang berwarna biru. Kompleks tersebut selanjutnya direduksi dengan asam askorbat membentuk warna biru kompleks *molybdenum*. Intensitas warna yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi fosfor. Warna biru yang timbul diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 700 nm – 880 nm. Analisis dilakukan berdasarkan *Standard Methods* 4500 P (APHA, 2005).

3.6.3 Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh atau dikumpulkan dari sumber-sumber yang telah ada. Data sekunder digunakan untuk mendukung data primer yang telah diperoleh. Data sekunder didapat dari bahan pustaka, literatur, maupun penelitian terdahulu. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini diantaranya meliputi data kualitas air, debit air baku, data operasi, data pemeliharaan, dan SOP instalasi yang didapatkan dari sumber-sumber terkait yang hasilnya dapat dipertanggung jawabkan.

Data yang sudah di dapatkan kemudian akan dilakukan proses rekapitulasi yang nantinya akan dilakukan perhitungan dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Selama proses pengumpulan data dilakukan pemantauan secara langsung di lapangan dengan didampingi operator dari pihak IPLT Keputih Surabaya. Pemantauan di lapangan ini dilakukan sebagai pendukung data sekunder dalam keadaan sebenarnya tanpa harus menduga-duga lagi mengenai sistem kinerja tiap unit proses IPLT.

3.7 Analisis Data dan Pembahasan

Data yang diperoleh selama pelaksanaan penelitian dianalisis berdasarkan pada studi pustaka. Pembahasan yang dibuat dari hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik atau tabel yang berisi tentang perbandingan baku mutu dengan hasil

penelitian setiap parameter serta tabel dan grafik nilai setiap parameter pada setiap unit sehingga nantinya dapat diketahui unit yang kemungkinan menyebabkan kegagalan dan penurunan hasil produksi selain itu tabel dan grafik akan dianalisis secara deskriptif.

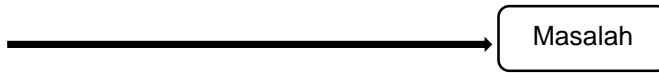
3.8 Analisis Diagram *Fishbone*

Diagram *Fishbone* digunakan untuk memudahkan mengidentifikasi akar penyebab permasalahan yang terjadi pada unit pengolahan, selain itu dapat membantu menganalisis unit dengan menggunakan metode FMEA. Kriteria desain yang tidak memenuhi diletakkan pada sirip ikan, sedangkan proses pengolahan yang dapat menyebabkan tidak terpenuhinya kriteria desain diletakkan pada duri ikan. Selanjutnya hasil analisis dari duri ikan akan digunakan untuk penilaian Severity, Occurrence, dan Detection pada prosedur FMEA.

Menurut Fauziah (2009), Diagram sebab-akibat (cause and effect diagram atau fishbone diagram) adalah sebuah teknik grafis yang digunakan untuk mengurutkan dan menghubungkan interaksi antara faktor-faktor yang berpengaruh dalam suatu proses. Diagram ini berguna untuk menganalisa dan menemukan faktor-faktor yang berpengaruh atau efek secara signifikan di dalam menentukan karakteristik kualitas output kerja. Efek ini bisa bernilai "baik" dan bisa bernilai "buruk". Jadi dengan diketahui sebab dari efek yang terjadi, diharapkan hasil dari proses produksi bisa diperbaiki dengan mengubah faktor terkontrol dari suatu proses. Diagram ini juga berguna untuk mengidentifikasi akar penyebab potensi dari suatu masalah. Diagram sebab akibat memfokuskan pada penekanan masalah atau gejala yang merupakan akar penyebab masalah. Diagram sebab akibat juga menampilkan penyebab-penyebab masalah dengan cara menghubungkan penyebab-penyebab menjadi satu. Berikut ini cara menganalisis sebab-akibat berdasarkan data dengan menggunakan *fishbone analysis* :

Langkah-langkah dalam membuat *fishbone chart* :

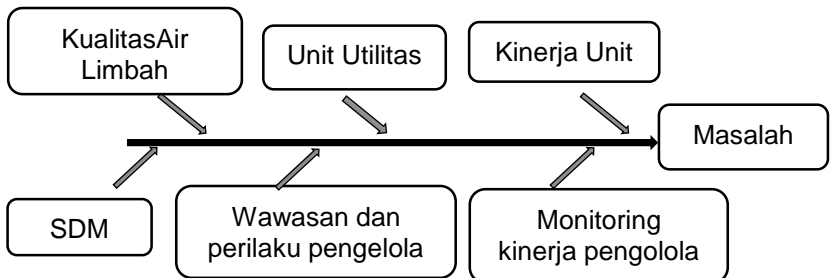
- a. Menggambarkan garis horizontal dengan tanda panah pada ujung sebelah kanan dan suatu kotak di depannya yang berisi masalah yang diteliti. Contoh penulisan masalah utama dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Analisis masalah dengan fishbone

Langkah awal dalam pembuatan diagram *fishbone* dimulai dengan mengidentifikasi atau mendefinisikan suatu masalah utama yang penting dan mendesak untuk diselesaikan. Kemudian menuliskan masalah utama tersebut pada bagian kepala ikan yang merupakan akibat (*effect*) yang terjadi dari sebab-sebab yang ditimbulkan.

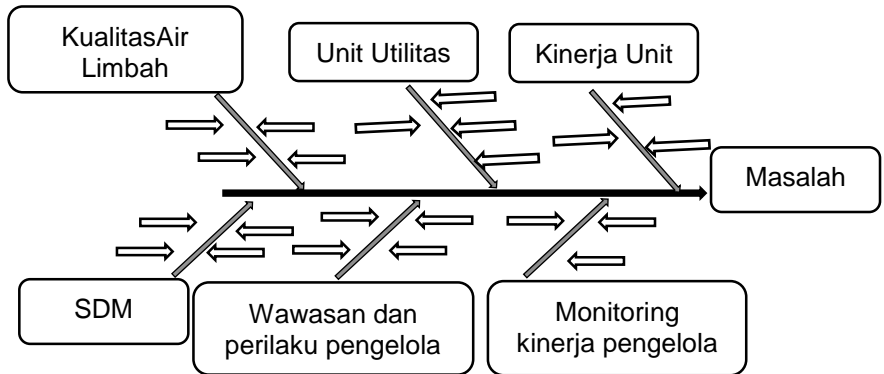
- b. Menuliskan penyebab utama dalam kotak yang dihubungkan ke arah garis panah utama. Contoh penulisan penyebab-penyebab sekunder dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Analisis penyebab utama fishbone analysis

Langkah selanjutnya mengidentifikasi penyebab sekunder yang mempengaruhi penyebab utama. Faktor penyebab sekunder dapat diketahui dengan cara melakukan wawancara ataupun memberikan kuesioner terhadap karyawan yang mengetahui terkait dengan proses pengelolaan yang ada di instalasi pengolahan lumput tinja. Penyebab-penyebab sekunder yang telah didapatkan dituliskan pada sirip ikan.

- c. Menuliskan penyebab kecil di sekitar penyebab utama dan menghubungkannya dengan penyebab utama. Contoh penulisan penyebab-penyebab tersier dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Analisis penyebab kecil dengan fishbone chart

Langkah yang terakhir yaitu menuliskan penyebab-penyebab tersier yang mempengaruhi penyebab-penyebab sekunder. Sama halnya dengan penyebab sekunder, faktor penyebab tersier dapat diketahui melalui kuesioner, wawancara serta observasi. Penyebab-penyebab tersier dapat dituliskan pada duri ikan.

3.9 Analisis Resiko dengan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Langkah pelaksanaan analisis FMEA diawali dengan melakukan tinjauan terhadap proses yang akan dianalisis dan mendefinisikan batasan prosesnya, kemudian melakukan identifikasi mode kegagalan yang dilakukan melalui proses *fishbone* dan *brainstorming*. Metode ini dipilih untuk menggali seluruh aspek yang berpengaruh yang dapat menyebabkan kegagalan dari masing-masing unit berdasarkan sudut pandang orang yang berkompeten dibidangnya dan didukung dengan pengalaman yang terjadi pada saat melakukan pengujian.

Berikut adalah tahapan-tahapan yang dilakukan pada metode ini:

- Menganalisis tingkat keseriusan kegagalan (*severity*)

Severity digunakan untuk mengetahui besaran dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan-kegagalan yang terjadi. Hasil dari analisis ini yaitu ditetapkannya kerusakan yang berdampak paling besar terhadap kerusakan pada unit instalasi.

- Menganalisis tingkat kontrol kegagalan (*detection*)
Detection digunakan untuk mengetahui kegagalan yang mempunyai tingkat pengendalian yang paling sulit untuk dideteksi atau diperbaiki.
- Menganalisis tingkat frekuensi kegagalan (*occurence*)
Occurence digunakan untuk mengetahui frekuensi kejadian kegagalan yang sering terjadi dalam unit instalasi.
- Perhitungan nilai *Risk Priority Number*
Dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dengan mengalikan antara *severity*, *occurence*, dan *detection*, atau $RPN = severity \times occurence \times detection$. hasil dari RPN berupa prioritas perbaikan yang harus dilakukan oleh instansi terkait dari kegagalan unit instalasi.

3.10 Optimasi

Teknik optimasi merupakan suatu cara yang diharapkan dapat memberikan solusi yang terbaik dari hasil keputusan yang telah diambil dari permasalahan yang sedang dihadapi. Tahap optimasi dilakukan setelah mengetahui faktor dari penyebab permasalahan berdasarkan tingkat kategori peringkat dan probabilitas risikonya. Tindakan optimasi dilakukan dengan tujuan upaya penanganan terjadinya risiko, pencegahan terjadinya risiko, pengurangan frekuensi terjadinya risiko dan upaya risiko agar dapat mencapai perbaikan. Pola dasar pengambilan keputusan dalam sistem optimasi merupakan pengelompokan dalam konteks berpikir yang mencakup sebagai berikut :

1. Penilaian situasi (*Situational Approach*): untuk menghadapi pertanyaan “apa yang terjadi?”
2. Analisis persoalan (*Problem Analysis*): dari pola pikir sebab-akibat
3. Analisis keputusan (*Decision Analysis*): didasarkan pada pola berpikir mengambil pilihan.

4. Analisis persoalan potensial (*Potential Problem Analysis*): didasarkan pada perhatian kita mengenai peristiwa masa depan, mengenai peristiwa yang mungkin terjadi dan yang dapat terjadi

3.11 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis data penelitian serta pembahasan. Kesimpulan merupakan bagian yang menjawab rumusan masalah dan sebanding dengan tujuan penelitian. Kesimpulan merupakan poin-poin yang dapat dibuat secara sederhana dan ringkas dari pembahasan yang telah dibuat.

Saran juga diperlukan untuk menyempurnakan penelitian yang dilakukan saat ini. Penelitian dilakukan membuat rekomendasi apabila dilakukan penelitian yang sejenis penelitian ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Resiko Penyebab Kegagalan Pada IPLT Keputih

4.1.1 Diagram Alir Proses Pengolahan IPLT Keputih

Proses pengolahan lumpur tinja dilakukan dengan melalui beberapa perlakuan dari tiap unit pengolahan. Pada IPLT Keputih proses dibagi menjadi 3 tahap yang terdiri dari :

1. Tahap Pengolahan Fisik :
 - *Solid Separation Chamber* (SSC)
 - *Balancing Tank* (BT)
 - *Distribution Box I*
 - *Distribution Box II*
2. Tahap Pengolahan Biologis :
 - *Oxidation Ditch* (OD)
 - *Clarifier*
 - *Polishing Pond*
3. Tahap Pengolahan Lumpur :
 - *Sludge Drying Bed* (SDB)

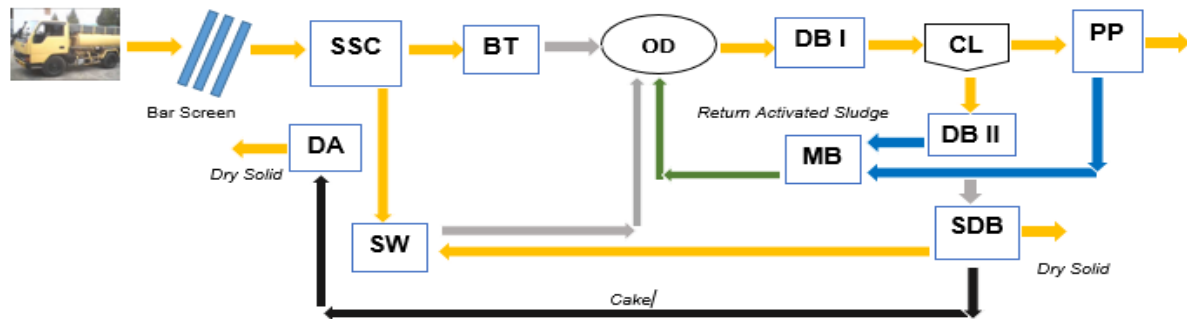
Alur proses yang ada di IPLT dimulai dari Lumpur tinja yang diangkut dengan menggunakan truk tinja dibuang ke bak *separation separation chamber* (SSC) Yang didalamnya telah dipasang *bar screen* dibagian awal unit. Kegunaan *bar screen* pada unit SSC yaitu untuk menyaring partikel-partikel yang memiliki dimensi besar, yang mengapung pada lumpur tinja sebelum memasuki *solid separation chamber*. Selanjutnya lumpur tinja mengalami proses penyaringan. Media yang digunakan untuk menyaring lumpur tinja yaitu media pasir dan kerikil sehingga terjadi pemisahan padatan dan cairan. Padatan berada diatas lapisan pasir *solid separation chamber* sedangkan cairan (filtrat) akan melewati penyaringan. Filtrat akan masuk melalui pipa *underdrain* yang berada di dasar unit SSC menuju unit *sum well* dan supernatan (cairan yang tidak melewati proses penyaringan) mengalir melewati pintu *gutter* menuju unit *balancing tank* secara gravitasi. Setelah beberapa hari padatan yang tertinggal diatas lapisan pasir SSC diangkat dengan menggunakan *crane* menuju

dump truk untuk dibuang ke unit *drying area*. Cake yang berada pada *drying area* mengalami proses *dewatering* dengan bantuan sinar matahari dan menghasilkan tanah kering yang diambil oleh warga sekitar IPLT untuk dijadikan tanah urug atau dibuang oleh petugas IPLT.

Pada *balancing tank* , supernatan ditampung baru kemudian dipompa menuju ke unit *oxidation ditch* . filtrat yang berasal dari unit SSC dan *sludge drying bed* yang ditampung dalam *sum well* juga dipompa sebagai air pengencer dalam unit *oxidation ditch*. supernatan mengalami proses biologis secara aerobik dengan *mammoth rotor* untuk lumpur diaerasi serta terjadi proses anoksik melaalui aliran lumpur tinja yang mengelilingi *oxidation ditch*. melalui proses aerasi terbentuk *biological floc* yang selanjutnya dialirkan menuju *distribution box I* yang berfungsi sebagai pengumpul supernatan dari *oxidation ditch* dan mendistribusikan lumpur secara merata menuju *clarifier*, proses ini terjadi secara gravitasi. Selanjutnya pada unit *clarifier*, supernatan mengalami proses pengendapan *biological floc*, sehingga akan terjadi pemisahan antara *biological floc* dengan air yaang telah bersih. Air bersih tersebut melimpah melalui v-notch weir menuju unit *polishing pond* secara gravitasi. Sedangkan lumpur yang terbentuk dari proses sedimentasi di dasar unit clarifier nantinya akan mengalami pengerukan dengan *scraper* yaang bergerak mengelilingi unit *clarifier* secara perlahan dan dikumpulkan di *sludge Hopper* yang terletak di tengah-tengan unit dan secara gravitasi mengalir kembali kedalam *distribution box II*.

Pada unit *polishning pond* air bersih mengalami proses penghilangan nutrien dan penjernihan air sehingga kualitas air lebih baik. *Distribution box II* berfungsi untuk menampung lumpur yang berasal dari unit *clarifier* dan mendistribusikan lumpur aktif secara merata menuju *sludge drying bed* dan diresirkulasi kembali menuju *oxidation ditch (return activated sludge)* dengan menggunakan pompa. *Return activated sludge* dipompakan kedalam *mixing basin* brsamaan dengan air bersih yang berasal dari pengolahan unit *polishing pond* sebagai air pengencer sehingga lumpur dan air bercampur kemudian mengalir secara gravitasi menuju unit *oxidation ditch*. lumpur yang mengalir menuju unit *sludge drying bed* mengalami proses filtrasi oleh pasir dan

kerikil sehingga terjadi pemisahan padatan dan cairan. Air akan melewati lapisan penyaring dan masuk melalui pipa *underdrain* di dasar SDB menuju unit *sump well* secara gravitasi. Sedangkan padatan yang berada di atas pasir mengalami proses *dewatering* dengan bantuan sinar matahari sehingga menghasilkan tanah kering yang diambil oleh petugas IPLT untuk digunakan sebagai pupuk tanaman di IPLT dan pupuk tanaman untuk pertanaman kota Surabaya (Dian, 2016). Berikut ini diagram alir proses pengolahan IPLT Keputih dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Diagram alir proses pengolahan IPLT Keputih

Keterangan Gambar :

SSC = Solid Separation Chamber

OD = Oxidation Ditch

CL = Clarifier

DA = Drying Area

DB I = Distribution Box I

DB II = Distribution Box II

Yellow Arrow = Dialirkan/dibuang secara gravitasi

Black Arrow = Dibuang dengan alat berat/truk

Green Arrow = Diresirkulasi secara gravitasi

BT = Balancing Tank

MB = Mixing Basin

PP = Polishing Pond

SW = Sump well

SDB = Sludge Drying Bed

Grey Arrow = Dialirkan/dibuang dengan pompa

Blue Arrow = Diresirkulasi dengan pompa

4.1.2 Karakteristik Lumpur Tinja IPLT Keputih Surabaya

Lumpur tinja yang diolah di Instalasi Pengolahan lumpur Tinja (IPLT) Keputih kurang dari kapasitas desain yang direncanakan. IPLT Keputih di desain dengan kapasitas 400 m³/hari pada kondisi *real* di lapangan setiap harinya instalasi pengolahan lumpur tinja Keputih hanya mengolah lumpur tinja sebesar 73 m³/hari. Lumpur tinja yang dihasilkan berasal dari surabaya dan sekitarnya yang diangkut dengan menggunakan truk tanki tinja yang dikelola oleh perusahaan yang bekerjasama dengan IPLT Keputih. Data volume serta data perusahaan yang bekerjasama dengan pihak IPLT dapat dilihat pada Lampiran C.

4.1.3 Kriteria Perencanaan

Kriteria perencanaan adalah acuan yang digunakan untuk menetapkan dimensi masing-masing unit pengolahan lumpur tinja. Kriteria perencanaan untuk tiap unit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.1 – 4.6.

Tabel 4.1 kriteria perencanaan Solid Separation Chamber

a. *Solid Separation Chamber (SSC)*

Uraian	Nilai	Satuan
Area dibutuhkan - SSC tanpa penutup atap - SSC dengan penutup atap	0,14-0,28 0,10-0,20	m ² /kapita m ² /kapita
Waktu pengeringan cake	7-15	Hari
Waktu pengambilan cake matang	1	Hari
Ketebalan cake	10-30	Cm
Tebal lapisan kerikil	20-30	Cm
Tebal lapisan pasir	20-30	Cm
H lumpur tinja di atas pasir	30-50	Cm
H air	1,3	m

Tabel 4.1 Lanjutan		
Uraian	Nilai	Satuan
Kadar <i>solid</i>	80	%
Kadar air	20	%
Kemiringan dasar	1 : 20	Hari
Kemiringan dasar pipa	1	%

Sumber: PermenPUPR Nomor 04/PRT/M/2017

Tabel 4.2 Kriteria perencanaan *Balancing Tank*

a. *Balancing Tank (BT)*

Uraian	Nilai	Satuan
Kedalaman (H)	1,5 - 2	m
Waktu detensi	2	Jam
Kemiringan	3:1 sampai 2:1	-
- Untuk air limbah dengan konsentrasi padatan tersuspensi ≥ 210 mg/l, diperlukan pengaduk 0,004-0,008 kW/m ³ - Untuk menjaga kondisi aerobik, dibutuhkan suplai udara 0,01-0,015 m ³ /m ³ .menit		

Sumber : Metcalf dan Eddy (2003)

Tabel 4.3 Kriteria perencanaan *Oxidation Ditch*

b. *Oxidation Ditch (OD)*

Uraian	Nilai	Satuan
Tinggi air	1 – 1,5	m
Konsentrasi lumpur dalam bak aerasi, MLSS	3000 - 6000	mg/l

Tabel 4.3 Lanjutan		
Uraian	Nilai	Satuan
Efisiensi removal BOD	85 – 95	%
Rasio F/M	0,03 – 0,15	KgBOD / hari.kgVSS
Kebutuhan oksigen	1,5 – 2	Kg O ₂ /kg BOD
Organik loading	0,1 – 0,3	KgBOD/m ³ .hari
Waktu retensi solid (SRT)	4 – 48	hari
Waktu retensi hidraulik (HRT)	16 – 24	hari
Laju <i>overflow</i>	8 – 16	m ³ /m ² .hari
Laju beban padatan pada tangki pengendapan, SLR	1,0 – 5	kgMLSS/m ² .hari
Waktu aerasi	18 – 36	Jam
Rasio resirkulasi, Q _r / Q	0,5 - 20	-

Sumber : U.S. EPA (2000), Xiu dan Liu (2004), Metcalf dan Eddy (2003)

Sistem Aerasi	Uraian	Transfer Efisiensi	Transfer Rate
			KgO ₂ /Kw.jam
Sistem diffuser			
Gelembung halus	Menggunakan pipa atau sungkup keramik yang berpori	10 – 30	1,2 – 2,0
Gelembung sedang	Menggunakan pipa <i>perforated</i>	6 – 15	1,0 – 1,6
Gelembung besar	Menggunakan pipa dengan <i>orifice</i>	4 - 8	0,6 – 1,2

Tabel 4.3 Lanjutan			
Sistem mekanikal			
Aliran radial 20 – 60 rpm	Dengan diameter impeller lebar	-	1,2 – 2,4
Aliran aksial 300 – 1.2000 rpm	Dengan diameter <i>propeller</i> pendek	-	1,2 – 2,4
<i>Turbular diffuser</i>	Udara dan AL dihisap kedalam pipa untuk diaduk	7 - 10	1,2 – 1,6
Jet	Tekanan udara dan AL horizontal	10 - 25	1,2 – 2,4
Brush rotor	Drum dilapisi sikat baja dan diputar dengan as horizontal	-	1,2 – 2,4
<i>Submed turbin</i>	-	-	1,0 – 1,5

Sumber : Kriteria Teknis Prasarana dan sarana Pengelolaan Air Limbah, PU, 2006

Tabel 4.4 Kriteria perencanaan *Clarifier*

c. *Clarifier*

Uraian	Nilai	Satuan
<i>Solid Loading Rate (SLR)</i>	50 – 150	Kg/m ² . hari
<i>Weir Loading Rate (WLR)</i>	<124	m ³ /m.hari
<i>Overflow Rate (OFR)</i>	15 – 40	m ³ /m ² .hari
<i>Diameter</i>	3 – 60	M
Waktu detensi	2 – 4	Jam
Beban Pelimpah	100 – 254	m ³ /m.hari
<i>Surface loading (Q/A)</i>	20 – 35	m ³ /m ² .hari
Kedalaman zona setling	>1,5	M

Sumber : PermenPUPR Nomor 04/PRT/M/2017

Tabel 4.5 Kriteria perencanaan *Polishing Pond*

d. *Polishing Pond*

Uraian	Nilai	Satuan
Waktu tinggal hidrolis	1 – 3	hari
Kedalaman kolam	1 - 2	M
Beban BOD volumetrik	40 - 60	grBOD/m ³ .hari
Efisiensi penurunan BOD	>60	%
Uraian	Nilai	Satuan
Rasio panjang dan lebar, P:L	Hingga 10 : 1	-

Sumber : PermenPUPR Nomor 04/PRT/M/2017

Tabel 4.6 Kriteria perencanaan *Sludge Drying Bed*

e. *Sludge Drying Bed (SDB)*

Uraian	Nilai	Satuan
Ukuran bak		
- Lebar	5 – 8	m
- Panjang	6 – 30	m
- Tebal	20 – 30	cm
Area yang dibutuhkan		
- SDB tanpa penutup atap	0,14 – 0,28	m ² /kapita
- SDB dengan penutup atap	0,10 – 0,20	
<i>Sludge loading rate</i>		
- SDB tanpa penutup atap	100 – 300	kg lumpur kering/ m ² .tahun
- SDB dengan penutup atap	150 – 400	
<i>Sludge cake</i>	20 – 40	%
Kemiringan dasar	1 : 20	-

Uraian	Nilai	Satuan
Kemiringan dasar pipa	1	%
Tebal Pasir	23 – 30	Cm
Tebal kerikil	20 – 30	M
Sludge Loading Rate	100 – 300	Kg/m ² .hari
Waktu pengeringan	10 - 15	Hari
Kadar air	20	%
Kadar solid	80	%

Sumber : PermenPUPR Nomor 04/PRT/M/2017 dan Metcalf dan Eddy (2003)

4.1.4 Efisiensi Removal Unit Pengolahan

Efisiensi removal adalah persen pengurangan pencemar pada setiap unit pengolahan. Dalam proses pengolahan hal ini sangat penting untuk mengetahui seberapa besar unit pengolahan tersebut mampu meremoval beban pencemar organik yang ada pada air limbah. Besarnya efisiensi removal tiap unit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Efisiensi Removal Tiap Unit Pengolahan

Proses Pengolahan	% Removal				
	BOD	COD	TSS	N	P
SSC	55	55	80	-	-
Bak ekualisasi	-	-	-	-	-
<i>Oxidation ditch</i>	80-95	80-90	70-90	75-85	10-25
<i>Clarifier</i>	75-95	80-90	80-95	-	-
<i>Polishing pond</i>	-	-	-	55-65	60

Sumber : a. Metcalf and eddy, Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse Third Edition, 1991.

4.1.5 Mass Balance

Mass balance digunakan untuk melacak aliran bahan masuk dan keluar dalam suatu proses yang menghasilkan kuantitas komponen-komponen atau proses secara keseluruhan. *Mass balance* pada pengolahan air limbah untuk mengetahui konsentrasi substansi yang mengalami perubahan pada setiap unit pengolahan. Dalam perhitungan *mass balance* diperlukan data debit influen, kualitas lumpur tinja dan spesifikasi pompa.

a. Debit influen IPLT Keputih

Debit influen didapatkan dari data sekunder yang diperoleh dari pihak IPLT Keputih. Data debit influen pengolahan lumpur tinja dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Data Debit Influen IPLT

No	Unit Pengolahan	Debit Pengolahan	Debit pengolahan
		(m ³ /jam)	(m ³ /hari)
1	<i>Solid separation chamber</i>	3,07	73,680
2	<i>Sump well</i>	0,58	13,920
3	<i>Balancing tank</i>	2,49	59,760
4	<i>Oxidation ditch</i>	2,88	69,096
5	<i>Distribution box I</i>	2,88	69,096
6	<i>Clarifier</i>	2,88	69,096
7	<i>Polishing pond</i>	1,73	41,457
8	<i>Distribution box II</i>	1,15	27,638
9	<i>Mixing tank</i>	1,87	44,769
10	<i>Sludge drying bed</i>	0,32	7,728

Sumber : Buku Audit IPLT Keputih,2016

b. Kualitas Lumpur Tinja IPLT Keputih

Kualitas lumpur tinja didapatkan dari hasil analisa uji di laboratorium manajemen kualitas lingkungan teknik lingkungan ITS. Sampel diambil dari unit awal proses hingga ke unit akhir yaitu unit *solid separation chamber*, *balancing tank*, *oxidation ditch*, *clarifier* dan *polishing pond*. hasil sampel diserahkan kepada Laboran untuk dianalisis pH, TSS, COD, BOD, minyak lemak, N

dan P. Analisa disesuaikan dengan baku mutu yang digunakan pada IPLT Keputih yaitu PermenLH No.68 tahun 2016. Hasil analisa dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Laboratorium

No	Unit	Ph	TSS	COD	BOD	minyak dan lemak	N	P
1	SSC Inlet	6,55	15450,00	39040,00	23032,00	640,00	2901,55	1212,50
2	SSC Outlet	6,85	10350,00	25376,00	14970,00	416,00	2712,50	944,94
3	Balancing Tank	6,70	10690,00	28304,00	16700,00	464,00	42,58	700,74
4	Oxidation ditch	6,70	630,00	6832,00	4030,00	112,00	32,93	96,70
5	Clarifier	6,65	98,00	210,00	120,00	16,00	30,02	8,25
6	Polishing Pond	6,20	46,00	168,00	97,64	18,00	15,25	7,50

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium, 2018

a. Spesifikasi Pompa

Spesifikasi pompa digunakan untuk mengetahui debit influen, effluen dan resirkulasi yang terjadi selama proses pengolahan lumpur tinja IPLT. Data spesifikasi pompa dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Data Spesifikasi Pompa

Arah Aliran	Kapasitas 1 pompa	Durasi total pengoperasian	Debit pengaliran/ resirkulasi (Q)
	(m ³ /s)	(menit)	(m ³ /hari)
<i>Sump well</i> → OD	0,00513	45	13,85
<i>Balancing tank</i> → OD	0,01391	180	150,26
<i>Clarifier</i> → OD	0,01322	30	23,80
<i>Clarifier</i> → SDB	0,01322	5	3,97
<i>Polishing pond</i> → OD	0,00573	180	61,94

Sumber : Dian Mega, 2016

4.2 Kualitas Lumpur Tinja

1. *Solid Separation Chamber (SSC)*

Solid separation chamber merupakan unit awal yang menampung lumpur tinja yang berasal dari truk tanki septik. Pada unit ini nantinya akan terjadi proses pengendapan dan penyaringan lumpur melalui media pasir dan kerikil. Berdasarkan dari hasil laboratorium kualitas lumpur tinja pada unit *solid separation chamber* dapat dilihat pada Tabel 4.11. dari data tersebut nantinya dapat dihitung massa dari setiap parameter dan persen removalnya.

Tabel 4.11 Kualitas Lumpur Tinja SSC

Parameter	Influent (mg/ L)	Baku Mutu (mg/ L)
TSS	15450,00	30
N	2901,55	5
P	1212,50	1
COD	39040,00	100
BOD	23032,00	30

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium, 2018

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{MTSSin} &= (Q_{in} \times \text{TSS in}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 15450 \text{ mg/ L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 1138,36 \text{ kg/ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBOD in} &= (Q_{in} \times \text{BOD in}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 23032 \text{ mg/ L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 1696,99 \text{ kg/ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MCOD in} &= (Q_{in} \times \text{COD in}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 39040 \text{ mg/ L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 2876,47 \text{ kg/ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{\text{total-N inf}} &= (Q_{\text{in}} \times \text{total- N in}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
&= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2901.55 \text{ mg/L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
&= 214,92 \text{ kg/hari} \\
M_{\text{total-p inf}} &= (Q_{\text{in}} \times \text{total- p in}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
&= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1212.5 \text{ mg/L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
&= 89,27 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

Berikut ini data hasil laboratorium nilai effluen dari unit *solid separation chamber* dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Effluen Unit Solid Separation Chamber

Parameter	effluent (mg/ L)	Baku Mutu (mg/ L)
TSS	10350,00	30
N	2712,50	5
P	944,94	1
COD	25376,00	100
BOD	14970,00	30

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium, 2018

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
MTSS_{\text{eff}} &= (Q_{\text{in}} \times \text{TSS eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
&= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10350 \text{ mg/L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
&= 762,59 \text{ kg/hari} \\
MBOD_{\text{eff}} &= (Q_{\text{in}} \times \text{BOD eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
&= (Q_{\text{in}} \times \text{BOD eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
&= 1102,99 \text{ kg/hari} \\
MCOD_{\text{eff}} &= (Q_{\text{in}} \times \text{COD eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
&= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 25376 \text{ mg/L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
&= 1869,70 \text{ kg/hari} \\
M_{\text{total-N eff}} &= (Q_{\text{in}} \times \text{total- N eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2712.50 \text{ mg/L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
&= 199,86 \text{ kg/hari} \\
M_{\text{total-p eff}} &= (Q_{\text{in}} \times \text{total-p eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
&= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 944.94 \text{ mg/L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
&= 69,62 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

Perhitungan %Removal

$$\begin{aligned}
\%TSS &= (\text{TSS in} - \text{TSS eff}) / \text{TSS in} \times 100\% \\
&= (15450 - 10350) \text{ mg/L} / 15450 \text{ mg/L} \times 100\% \\
&= 33\% \\
\%BOD &= (\text{BOD in} - \text{BOD eff}) / \text{BOD in} \times 100\% \\
&= (23032 - 14970) \text{ mg/L} / 23032 \text{ mg/L} \times 100\% \\
&= 35\% \\
\%COD &= (\text{COD in} - \text{COD eff}) / \text{COD in} \times 100\% \\
&= (39040 - 25376) \text{ mg/L} / 39040 \text{ mg/L} \times 100\% \\
&= 35\% \\
\%Total N &= (\text{total N in} - \text{total N eff}) / \text{total N in} \times 100\% \\
&= (2901.55 - 2712.50) \text{ mg/L} / 2901.55 \text{ mg/L} \times 100\% \\
&= 6,51\% \\
\%Total P &= (\text{total P in} - \text{total P eff}) / \text{total P in} \times 100\% \\
&= (1212.5 - 944.94) \text{ mg/L} / 1212.5 \text{ mg/L} \times 100\% \\
&= 22,05\%
\end{aligned}$$

Dihitung rasio BOD/COD, hal ini bertujuan untuk mengetahui proses pengolahan yang dilakukan secara fisik-kimia atau fisik-biologis. Rasio BOD/COD merupakan sebuah indikator adanya zat organik pada air limbah. Range rasio BOD/COD >0,3 proses pengolahannya secara fisik-biologis dan <0,3 menggunakan fisik-kimia.

$$\text{Rasio BOD/COD} = \frac{23032 \text{ mg/L}}{39040 \text{ mg/L}} = 0,59$$

Dari hasil yang didapatkan nilai rasio BOD/COD >0,3 yaitu 0,59 sehingga bisa diolah dengan proses biologis. Hasil nilai rasio BOD/COD juga menunjukkan jika lumpur tinja tidak tercampur zat kimia lain yang ikut terolah.

2. **Oxidation Ditch (OD)**

Oxidation ditch digunakan untuk mengolah air limbah dengan memanfaatkan oksigen (kondisi aerob) selain itu juga sebagai proses pemurnian air limbah setelah mengalami proses pendahuluan. fungsi utamanya yaitu untuk menurunkan kandungan bakteri yang ada di air limbah setelah pengolahan. Berdasarkan dari hasil laboratorium kualitas influent lumpur tinja yang masuk pada unit *oxidation ditch* dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Influent Unit *Oxidation Ditch*

Parameter	Influent (mg/ L)	Baku Mutu (mg/ L)
TSS	10350,00	30
N	2712,50	5
P	944,94	1
COD	25376,00	100
BOD	14970,00	30

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium, 2018

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \text{MTSSin} &= (Q_{in} \times \text{TSS in}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10350 \text{ mg/ L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= 762,59 \text{ kg/ hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MBODin} &= (Q_{in} \times \text{BOD in}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 14970 \text{ mg/ L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1102,99 \text{ kg/ hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MCOdin} &= (Q_{in} \times \text{CO in}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 25376 \text{ mg/ L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$= 1869,70 \text{ kg/ hari}$$

$$M_{\text{total-N in}} = (Q_{\text{in}} \times \text{total- N in}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= (73,680 \text{ m}^3/\text{ hari} \times 2712.50 \text{ mg/ L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= 199,86 \text{ kg/ hari}$$

$$M_{\text{total-p in}} = (Q_{\text{in}} \times \text{total- p in}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= (73,680 \text{ m}^3/\text{ hari} \times 944.94 \text{ mg/ L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= 69,62 \text{ kg/ hari}$$

Berikut ini data hasil laboratorium nilai effluen dari unit *oxidation ditch* dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Effluen Unit *Oxidation Ditch*

Parameter	effluent (mg/ L)	Baku Mutu (mg/ L)
TSS	630	30
N	32.93	5
P	96.7	1
COD	6832	100
BOD	4030	30

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium, 2018

Perhitungan :

$$M_{\text{TSSeff}} = (Q_{\text{in}} \times \text{SS eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= (73,680 \text{ m}^3/\text{ hari} \times 630 \text{ mg/ L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= 46,42 \text{ kg/ hari}$$

$$M_{\text{BODeff}} = (Q_{\text{eff}} \times \text{BOD eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= (73,680 \text{ m}^3/\text{ hari} \times 4030 \text{ mg/ L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= 296,99 \text{ kg/ hari}$$

$$M_{\text{CODeff}} = (Q_{\text{eff}} \times \text{COD eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 6832 \text{ mg/L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= 503,82 \text{ kg/hari}$$

$$M_{\text{total-N ieff}} = (Q_{\text{eff}} \times \text{total-N eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 32.93 \text{ mg/L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= 2,40 \text{ kg/hari}$$

$$M_{\text{total-p eff}} = Q_{\text{eff}} \times \text{total-p eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 96.7 \text{ mg/L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= 7,12 \text{ kg/hari}$$

Perhitungan % Removal

$$\%TSS = (\text{TSS in} - \text{TSS eff}) / \text{TSSin} \times 100\%$$

$$= (10350 - 630) \text{ mg/L} / 10350 \text{ mg/L} \times 100\%$$

$$= 93.91 \%$$

$$\%BOD = (\text{BOD in} - \text{BOD eff}) / \text{BOD in} \times 100\%$$

$$= (14970 - 4030) \text{ mg/L} \times 100\%$$

$$= 73\%$$

$$\%COD = (\text{COD in} - \text{COD eff}) / \text{COD in} \times 100\%$$

$$= (25376 - 6832) \text{ mg/L} / 25376 \text{ mg/L} \times 100\%$$

$$= 73\%$$

$$\%Total N = (\text{total N in} - \text{total N eff}) / \text{total N in} \times 100\%$$

$$= (2712,50 - 32,93) \text{ mg/L} / 2712.50 \text{ mg/L} \times 100\%$$

$$= 98,78\%$$

$$\%Total P = (\text{total P in} - \text{total P eff}) / \text{total P in} \times 100\%$$

$$= (944,94 - 96,7) \text{ mg/L} / 944.94 \text{ mg/L} \times 100\%$$

$$= 89,8\%$$

$$\text{Dihitung rasio BOD/COD} = \frac{14970 \text{ mg/L}}{25376 \text{ mg/L}} = 0,59$$

Dari hasil yang didapatkan nilai rasio BOD/COD >0,3 yaitu 0,59 sehingga bisa diolah dengan proses biologis. Hasil nilai rasio BOD/COD juga menunjukkan jika lumpur tinja tidak tercampur zat kimia lain yang ikut terolah.

3. Clarifier

Clarifier mempunyai bentuk bundar pada bagian atasnya dan bagian bawahnya berbentuk kronis. Desain ini bertujuan untuk memudahkan pengeluaran endapan dari dasar bak. Lumpur aktif akan mengendap didasar bak sedangkan lumpur yang tidak aktif akan dialirkan menuju unit selanjutnya melalui pelimpah weir. *Clarifier* berfungsi untuk mengurangi kadar lumpur yang terkandung pada air limbah. Berdasarkan dari hasil laboratorium kualitas influent lumpur tinja yang masuk pada unit *clarifier* dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Influent Unit Clarifier

Parameter	Influent (mg/ L)	Baku mutu (mg/ L)
TSS	630	30
N	32,93	5
P	96,7	1
COD	6832	100
BOD	4030	30

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium, 2018

$$\begin{aligned}
 \text{MTSSin} &= (Q_{in} \times \text{SS in}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 630 \text{ mg/ L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= 46,42 \text{ kg/ hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MBODin} &= (Q_{in} \times \text{BOD in}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 4030 \text{ mg/ L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= 296,99 \text{ kg/ hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MCODin} &= (Q_{in} \times \text{COD in}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 6832 \text{ mg/ L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= 503,82 \text{ kg/ hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{total-N in}} &= (Q_{\text{in}} \times \text{total-N in}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 32.93 \text{ mg/L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= 2,40 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{total-p in}} &= (Q_{\text{in}} \times \text{total-p in}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 96.7 \text{ mg/L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= 7,12 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Berikut ini data hasil laboratorium nilai effluen dari unit *clarifier* dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Effluen Unit Clarifier

Parameter	effluent (mg/ L)	Baku mutu (mg/ L)
TSS	98	30
N	50	5
P	8,25	1
COD	210	100
BOD	120	30

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium, 2018

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 MTSS \text{ eff} &= (Q_{\text{in}} \times \text{TSS eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 98 \text{ mg/L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= 7,22 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MBOD \text{ eff} &= (Q_{\text{in}} \times \text{TSS eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 120 \text{ mg/L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= 8,84 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MCOD \text{ eff} &= (Q_{\text{in}} \times \text{COD eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
 &= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 210 \text{ mg/L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 15,47 \text{ kg/hari} \\
M_{\text{Total-N}} &= (Q_{\text{in}} \times \text{total-N eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
&= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 50 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3) \\
&= 3,68 \text{ kg/hari} \\
M_{\text{Total-P}} &= (Q_{\text{in}} \times \text{Total-P eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\
&= (73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 8.25 \text{ mg/L} \times 10 \text{ kg/m}^3) \\
&= 0,61 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

Perhitungan % Removal

$$\begin{aligned}
\% \text{ TSS} &= (\text{TSS in} - \text{TSS eff}) / \text{TSS in} \times 100\% \\
&= (630 - 98) \text{ mg/L} / 630 \text{ mg/L} \times 100\% \\
&= 84,4 \% \\
\% \text{BOD} &= (\text{Boin} - \text{BOD eff}) / \text{BOD in} / 100\% \\
&= (4030 - 120) \text{ mg/L} / 4030 \text{ mg/L} \times 100\% \\
&= 97 \% \\
\% \text{COD} &= (\text{COD in} - \text{COD eff}) / \text{COD in} \times 100\% \\
&= (6832 - 210) \text{ mg/L} / 6832 \text{ mg/L} \times 100\% \\
&= 96.92 \% \\
\% \text{ Total N} &= (\text{Total N in} - \text{Total N eff}) / \text{Total N in} \times 100\% \\
&= (32.93 - 50) \text{ mg/L} / 32.93 \text{ mg/L} \times 100\% \\
&= - 51.82\% \\
\% \text{ Total P} &= (\text{Total P in} - \text{Total P eff}) / \text{Total P in} \times 100\% \\
&= (96.7 - 8.25) \text{ mg/L} / 96.7 \text{ mg/L} \times 100\% \\
&= 91,46 \%
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dihitung rasio BOD/COD} &= \frac{4030 \text{ mg/L}}{6832 \text{ mg/L}} \\ &= 0,59 \end{aligned}$$

Dari hasil yang didapatkan nilai rasio BOD/COD >0,3 yaitu 0,59 sehingga bisa diolah dengan proses biologis. Hasil nilai rasio BOD/COD juga menunjukkan jika lumpur tinja tidak tercampur zat kimia lain yang ikut terolah.

4. *Polishing Pond*

Tujuan utama dari unit *polishing pond* adalah untuk menghilangkan nutrisi (nitrogen dan fosfor). *Polishing pond* dirancang untuk meningkatkan kompatibilitas lingkungan dan kualitas effluent menjadi lebih *higienis* sebelum dibuang ke badan air. Berdasarkan dari hasil laboratorium kualitas influen lumpur tinja pada unit *polishing pond* dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Influent Unit *Polishing Pond*

Parameter	Influent (mg/ L)	Baku mutu (mg/ L)
TSS	98	30
N	50	5
P	8,25	1
COD	210	100
BOD	120	30

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium, 2018

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{MTSSin} &= (Q_{in} \times \text{TSSin}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 98 \text{ mg/ L} \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 7,22 \text{ kg/ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBODin} &= (Q_{in} \times \text{BODin}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 120 \text{ mg/ L} \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 8,84 \text{ kg/ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MCODin} &= (Q_{in} \times \text{CODin}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 210 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 15,47 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{total-N inf}} &= (Q_{in} \times \text{total-N inf}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 50 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 3,68 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{total-P inf}} &= (Q_{in} \times \text{total-P inf}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 8,25 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,61 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Berikut ini data hasil laboratorium nilai effluen dari unit *polishing pond* dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Effluen Unit *Polishing Pond*

Parameter	Effluen (mg/L)	Baku mutu (mg/L)
TSS	46	30
COD	168	100
BOD	97,64	30
N	15,25	5
P	7,50	1

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium, 2018

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{MTSSeff} &= (Q_{in} \times \text{TSS eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 46 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 3,39 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBODeff} &= (Q_{in} \times \text{BOD eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 97,64 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \\ &= 7,19 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\text{MCODEff} = (Q_{in} \times \text{COD eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= 73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 168 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= 12,38 \text{ kg/hari}$$

$$M_{\text{total-N eff}} = (Q_{\text{in}} \times \text{total-N eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= 73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 15,25 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= 1,25 \text{ kg/hari}$$

$$M_{\text{total-p eff}} = (Q_{\text{in}} \times \text{total-p eff}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= 73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 7,5 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,55 \text{ kg/hari}$$

Perhitungan % Removal

$$\% \text{ TSS} = (\text{TSS in} - \text{TSS eff}) / \text{TSS in} \times 100 \%$$

$$= (98 - 46) \text{ mg/L} / 98 \text{ mg/L} \times 100\%$$

$$= 53,06 \%$$

$$\% \text{ BOD} = (\text{BOD in} - \text{BOD eff}) / \text{BOD in} \times 100 \%$$

$$= (120 - 97,64) \text{ mg/L} / 120 \text{ mg/L} \times 100 \%$$

$$= 19 \%$$

$$\% \text{ COD} = (\text{COD in} - \text{COD eff}) / \text{COD in} \times 100\%$$

$$= (210 - 168) \text{ mg/L} / 210 \text{ mg/L} \times 100\%$$

$$= 20 \%$$

$$\% \text{ Total N} = (\text{Total N in} - \text{Total N eff}) / \text{Total N in} \times 100\%$$

$$= (50 - 15,25) \text{ mg/L} / 50 \text{ mg/L} \times 100\%$$

$$= 69 \%$$

$$\% \text{ Total P} = (\text{Total P in} - \text{Total P eff}) / \text{Total P in} \times 100\%$$

$$= (8,25 - 7,5) \text{ mg/L} / 8,25 \text{ mg/L} \times 100\%$$

$$= 9,09 \%$$

$$\text{Dihitung rasio BOD/COD} = \frac{120 \text{ mg/L}}{210 \text{ mg/L}}$$

$$= 0,57$$

Dari hasil yang didapatkan nilai rasio BOD/COD >0,3 yaitu 0,57 sehingga bisa diolah dengan proses biologis. Hasil nilai rasio BOD/COD juga menunjukkan jika lumpur tinja tidak tercampur zat kimia lain yang ikut terolah.

Perhitungan % removal influent awal SSC- effluent PP

$$\begin{aligned}\%TSS &= (TSS \text{ in} - TSS \text{ eff}) / TSS_{\text{in}} \times 100\% \\ &= (15450 - 46) \text{ mg/ L} / 15450 \text{ mg/ L} \times 100\% \\ &= 99.7 \%\end{aligned}$$

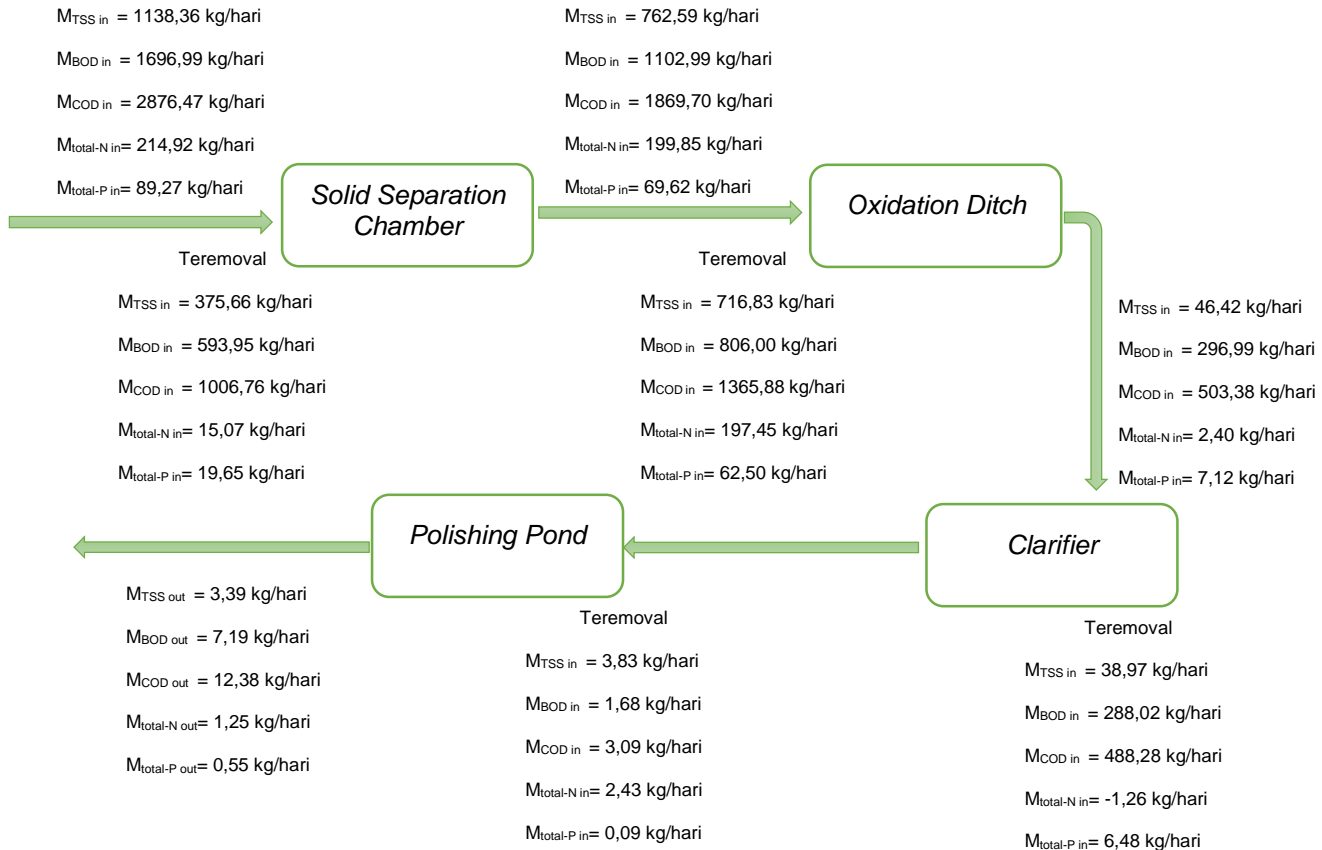
$$\begin{aligned}\%BOD &= (BOD \text{ in} - BOD \text{ eff}) / BOD \text{ in} \times 100\% \\ &= (23032 - 136) \text{ mg/ L} / 23032 \text{ mg/ L} \times 100\% \\ &= 99.4 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\%COD &= (COD \text{ in} - COD \text{ eff}) / COD \text{ in} \times 100\% \\ &= (39040 - 234) \text{ mg/ L} / 39040 \text{ mg/ L} \times 100\% \\ &= 99.4\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\%Total \text{ N} &= (\text{total N in} - \text{total N eff}) / \text{total N in} \times 100\% \\ &= (2901.55 - 15.25) \text{ mg/ L} / 2901.55 \text{ mg/ L} \times 100\% \\ &= 99.4 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\%Total \text{ P} &= (\text{total P in} - \text{total P eff}) / \text{total P in} \times 100\% \\ &= (1212.5 - 7.5) \text{ mg/ L} / 1212.5 \text{ mg/ L} \times 100\% \\ &= 99.3 \%\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan persentase removal dari tiap unit pengolahan dan massa lumpur yang teremoval. Diagram mass balance dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Mass Balance IPLT Keputih

1. **Solid Separation Chamber (SSC)**

Pada instalasi pengolahan lumpur tinja terdapat 4 unit *solid separation chamber* yang beroperasi. Unit pertama terisi penuh selama 4 hari dan dilanjutkan pengisian pada unit selanjutnya. Setelah terisi penuh pada unit pertama lumpur dan sampah yang tidak ikut tersaring dengan media pasir dan kerikil dikeringkan. Pengerangan lumpur bisa berlangsung selama 7-15 hari. Lumpur yang telah kering dilakukan pengerukan untuk selanjutnya dibuang pada dumping area. Berikut perhitungan bangunan *solid separation chamber* :

Diketahui :

Jumlah bak	= 4 unit
Waktu pengeringan	= 7 hari
Debit (Q)	= 73,680 m ³ /hari
Kadar solid cake	= 15 %
ρ solid	= 2,65
ρ air	= 1 kg/L

Perhitungan :

$$\begin{aligned}\rho \text{ cake} &= \frac{(15 \% \times 2,65) + (85\% \times 1)}{100\%} \\ &= 1,2475 \text{ kg/l} \\ &= 1247,5 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Massa cake} &= 85 \% \times \text{massa TSS teremoval} \\ &= 85 \% \times 375,66 \text{ kg/hari} \\ &= 319,3 \text{ kg/hari} \\ \text{Volume cake} &= \frac{\text{massa cake}}{\rho \text{ cake}} \\ &= \frac{319,3 \text{ kg/hari}}{1,2475 \text{ kg/l}} \\ &= 256 \text{ L/hari}\end{aligned}$$

Dengan jumlah bak SSC sebanyak 4 unit dengan waktu pengisian selama 4 hari maka :

$$\begin{aligned}\text{Volume cake} &= 256 \text{ L/hari} \times 4 \text{ hari} \\ &= 1024 \text{ L} \quad = 1,02 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dengan H cake adalah 30 cm, maka :

$$\begin{aligned} \text{As cake} &= \frac{V \text{ cake}}{H \text{ cake}} \\ &= \frac{1,02 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}} \\ &= 3,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dimensi ruang pengendapan :

$$\text{Td pengendapan} = 12 \text{ jam}$$

$$\text{Operasional truk tinja} = 12 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Fp} &= \frac{\text{td pengendapan}}{\text{operasional truk tinja}} \\ &= \frac{12 \text{ jam}}{12 \text{ jam}} \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= Q \times \text{td} \\ &= 73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,5 \text{ hari} \\ &= 36,84 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H air + cake} &= \frac{\text{volume}}{\text{As cake}} \\ &= \frac{36,84 \text{ m}^3}{3,4 \text{ m}^2} \\ &= 10,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena perhitungan H memberikan hasil yang terlalu dalam, maka digunakan kriteria desain H yaitu 1,3 m maka luas area menjadi :

$$\begin{aligned} A &= \frac{\text{volume}}{H \text{ kriteria}} \\ &= \frac{36,84 \text{ m}^3}{1,3 \text{ m}} \\ &= 28 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H cake} &= \frac{\text{Volume cake}}{A} \\ &= \frac{1,02 \text{ m}^3}{28 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

$$= 0,036 \text{ m}$$

$$= 3,6 \text{ cm}$$

Perbandingan panjang dan lebar SSC adalah 2 : 1, maka:

$$P \times L = A$$

$$2L \times L = 28 \text{ m}^2$$

$$2L^2 = 28 \text{ m}^2$$

$$L = 3,7 \text{ m} \approx 4 \text{ m}$$

$$P = 2 \times L$$

$$= 2 \times 4 = 8 \text{ m}$$

Dengan menggunakan kriteria desain diperoleh:

$$H \text{ kerikil} = 20 \text{ cm}$$

$$H \text{ pasir} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Freeboard} = 30 \text{ cm}$$

Sehingga H total adalah

$$\begin{aligned} H \text{ solid separation chamber} &= H \text{ air} + H \text{ pasir} + H \text{ kerikil} + fb \\ &= 1,3 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 0,3 \text{ m} \\ &= 2 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\text{Kriteria removal TSS} = 80 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Effluen TSS} &= M_{\text{TSS in}} - M_{\text{TSS removal}} \\ &= 1138,36 \text{ kg/hari} - (80\% \times 1138,36) \text{ kg/hari} \\ &= 228 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Konsentrasi TSS dalam lumpur 6% : 228 kg/hari

$$\begin{aligned} \text{Dry solid} &= \frac{\text{konsentrasi TSS dalam lumpur 6\%}}{\text{jumlah unit SSC}} \\ &= \frac{228 \text{ kg/hari}}{4} \\ &= 57 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang : lebar} = 2 : 1$$

$$\text{Panjang SSC} = 8$$

$$\text{Lebar SSC} = 4$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan lahan} &= \text{panjang SSC} \times \text{lebar SSC} \times \text{jumlah SSC} \\ &= 8 \times 4 \times 4 \\ &= 128 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dari kondisi eksisting yang ada di lapangan 4 unit bak *solid separation chamber* yang difungsikan secara bergilir mampu mengolah air limbah sebesar 73,680 m³/hari dan lahan yang dibutuhkan sebesar 128 m².

2. *Balanching Tank* (BT)

Berdasarkan Mega (2016), perhitungan kapasitas *balanching tank* adalah menggunakan metode analisis yang berdasarkan pada akumulasi persentase kumulatif positif dan negatif terbesar dari selisih debit influen dengan debit pengolahan. Kapasitas unit ini ditentukan oleh persentase debit influen dan debit pengolahan, yang didapat melalui fluktuasi debit influen dan debit pengolahan yang terjadi tiap jam dalam 1 hari. Debit influen yang digunakan adalah debit effluen maksimum dari SSC untuk mengondisikan keadaan debit influen pengolahan yang melebihi debit influen rata-rata. Fluktuasi debit influen dalam perhitungan ini didapat dari data primer melalui survei truk tinja yang masuk ke IPLT selama 8 hari dimana setiap hari operasi truk tinja yang masuk hanya selama 12 jam dimulai dari jam 7 pagi hingga 7 malam. Hasil pengelompokkan debit influen tiap jam dalam 8 hari adalah seperti pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Volume Lumpur Tinja Tiap Jam Berdasarkan Hasil Survei Delapan Hari

NO	Periode Jam	Volume Lumpur Tinja (m3)							
		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Senin
1	07.00 - 08.00	2	0	0	0	0	0	2	3
2	08.00 - 09.00	0	12	2	5	2	7	4	7
3	09.00 - 10.00	12	5,5	5	6,5	9	2	18	17,5
4	10.00 - 11.00	4	15,5	16	17	11	10,5	11	17
5	11.00 - 12.00	12	21,5	24	7,5	18	17	11	11
6	12.00 - 13.00	22,5	17	6	16	5,5	12	10	4
7	13.00 - 14.00	9	9	15	4	4	6,5	11	9
8	14.00 - 15.00	10	11	14	8	2	9	19	4
9	15.00 - 16.00	4	8	2	0	14	8,5	6	0
10	16.00 - 17.00	4	19	3	6	0	2	6	2
11	17.00 - 18.00	2	0	3	0	0	0	0	0
12	18.00 - 19.00	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		81,5	118,5	90	70	65,5	74,5	98	74,5

Sumber : Dian Mega, 2016

Pada *balancing tank*, besarnya pengolahan lumpur tinja adalah 100%. Lumpur tinja mengalir secara kontinu selama 24 jam, sehingga dapat ditentukan persentase debit pengolahan lumpur tinja per jamnya. Selanjutnya melalui data tabel 4.20 ditentukan nilai debit influen tiap jam. Berikut perhitungan fluktuasi debit influen dan debit pengolahan *balancing tank* dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Perhitungan Fluktuasi Debit Influen dan Debit Pengolahan Balancing Tank

waktu	% Q Pengolahan	Qhm	% Qhm	Selisih	komulatif selisih debit
[1]	[2]		[3]	[4] = [2] - [3]	[5] = Σ [4]
00.00-01.00	4.167	0	0	4.167	4.167
01.00-02.00	4.167	0	0	4.167	8.334
02.00-03.00	4.167	0	0	4.167	12.501
03.00-04.00	4.167	0	0	4.167	16.668
04.00-05.00	4.167	0	0	4.167	20.835
05.00-06.00	4.167	0	0	4.167	25.002
06.00-07.00	4.167	0	0	4.167	29.169
07.00-08.00	4.167	2.1	2.24	1.93	31.100
08.00-09.00	4.167	7.9	8.41	-4.24	26.857
09.00-10.00	4.167	10.2	10.86	-6.69	20.165
10.00-11.00	4.167	9	9.58	-5.41	14.751
11.00-12.00	4.167	14.2	15.12	-10.95	3.801
12.00-13.00	4.167	11.6	12.35	-8.18	-4.381
13.00-14.00	4.167	10	10.65	-6.48	-10.860
14.00-15.00	4.167	10.6	11.28	-7.12	-17.977
15.00-16.00	4.167	9.33	9.93	-5.77	-23.743

waktu	% Q Pengolahan	Qhm	% Qhm	Selisih	kumulatif selisih debit
[1]	[2]		[3]	[4] = [2] - [3]	[5] = Σ [4]
16.00-17.00	4.167	8	8.52	-4.35	-28.092
17.00-18.00	4.167	1	1.06	3.10	-24.990
18.00-19.00	4.167	0	0	4.167	-20.823
19.00-20.00	4.167	0	0	4.167	-16.656
20.00-21.00	4.167	0	0	4.167	-12.489
21.00-22.00	4.167	0	0	4.167	-8.322
22.00-23.00	4.167	0	0	4.167	-4.155
23.00-24.00	4.167	0	0	4.167	0.012
Jumlah	100	93.93	100	0	

Sumber : Dian Mega, 2016

Berdasarkan Tabel 4.20 Diperoleh persentase kumulatif positif selisih debit terbesar pada *balancing tank* terjadi pada jam 07.00- 08.00 yaitu 31.1%, sedangkan persentase kumulatif negatif selisih debit negatif terbesar terjadi pada jam 16.00- 17.00 yaitu -28.09%. berdasarkan pada 11.00- 12. 00. Berikut adalah hasil perhitungan volume dan jumlah unit balancing tank yang diperlukan dalam mengolah debit influen yang ada.

Diketahui :

- Panjang bak (L) = 18 m
- Lebar bak (W) = 6 m
- Kedalaman (H) = 2,5 m
- Q effluen (SSC) = 73,680 m³/hari
- % kumulatif positif selisih debit terbesar = 31.10 %
- % kumulatif negatif selisih debit terbesar = -28.09 %

Selisih debit terbesar T pengolahan = 1 hari

Perhitungan :

Kapasitas *balancing tank* = (% kumulatif positif selisih debit terbesar- % kumulatif negatif selisih debit terbesar)

$$= 31.10 \% - (-28.09 \%)$$

$$= 59.19 \%$$

Volume *balancing tank* = Q eff x kapasitas BT x T pengolahan

$$= 73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 59.19\% \times 1 \text{ hari}$$

$$= 43,6 \text{ m}^3$$

Volume aktual 1 BT = Panjang x Lebar x Kedalaman

$$= (18 \times 6 \times 2.5) \text{ m}$$

$$= 270 \text{ m}^3$$

Jumlah BT yang diperlukan = Volume perhitungan BT/ volume aktual 1 BT

$$= 43,6 \text{ m}^3 / 270 \text{ m}^3$$

$$= 0.16 = 1 \text{ unit}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan dimensi diketahui jumlah bak *balanching tank* yang dibutuhkan sebanyak 1 unit. pada kondisi eksistingnya IPLT memiliki 2 unit bak *balanching tank* sehingga pengoperasiannya dilakukan secara bergantian.

3. Oxidation Ditch (OD)

Beban organik dan target pencapaian *organic loading* digunakan untuk menentukan Kapasitas OD. Pada nilai yang paling kecil digunakan untuk mengkondisikan keadaan beban organik yang tinggi. Beban organik yang digunakan pada perhitungan ini, didapat melalui analisa laboratorium teknik

lingkungan. Debit yang digunakan dalam perhitungan OD adalah debit dari balancing tank dan sump well sebesar $13,85 \text{ m}^3/\text{hari}$, tanpa tambahan debit resirkulasi. Berikut adalah hasil perhitungan jumlah unit OD yang diperlukan dalam pengolahan debit influen yang ada.

Diketahui:

Panjang bak (L)	= 60,2 m
Lebar bak (W1)	= 4,14 m
Lebar dasar bak (W2)	= 3,15 m
r lingkaran besar atas (R1)	= 4.14 m
r lingkaran besar dasar (R2)	= 3.15 m
r lingkaran kecil atas (r1)	= 1.91 m
r lingkaran kecil dasar (r2)	= 2.9 m
Kedalaman total (H)	= 2.23 m
Tinggi air (h)	= 1,63 m
Beban BOD (M_{BOD})	= 87,18 kg/hari

Direncanakan :

<i>Organic loading</i>	= 0,06 kgBOD/ m^3/hari
Y	= 0,5 mg VSS/mg BOD (KD : 0,4-0,8)
Kd	= 0,1 g VSS / g VSS day (KD : 0,06–0,2)
K	= 6 g bs COD/g VSS.hari
SRT	= 15 hari (KD : 15-30 hari)
So [BOD]	= 14970 mg/l = 14,97 kg/ m^3
Se [BOD]	= 4030 mg/l = 4,03 kg/ m^3

$$\begin{aligned}
\text{OLR} &= 0,3 \text{ kgBOD/m}^3 \cdot \text{day} \text{ (0,3-0,6)} \\
X_w = X_r &= 5000 \text{ mg/l (3000-6000 mg/l)} \\
S_{so} [\text{TSS}] &= 10350 \text{ mg/l} = 10,35 \text{ kg/m}^3 \\
S_{se} [\text{TSS}] &= 630 \text{ mg/l} = 0,63 \text{ kg/m}^3 \\
S_o [\text{N}] &= 2712,5 \text{ mg/l} = 2,7 \text{ kg/m}^3 \\
S_e [\text{N}] &= 32,93 \text{ mg/l} = 0,033 \text{ kg/m}^3 \\
\text{Ratio MLVSS/MLSS} &= 0,8 \text{ (KD : 0,8 – 0,9)} \\
\text{MLSS} &= 3000 \text{ mg/l} = 3 \text{ kg/m}^3 \text{ (KD: 3000-6000 mg/l)} \\
Q &= 73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \\
Y_n &= 0,15 \text{ g VSS/ g substrate oxidized (KD: 0,01-0,15)} \\
K_{dn} &= 0,15 \text{ g VSS/ g VSS day (KD: 0,05 -0,15)} \\
K_n &= 0,7 \text{ kg NH}_4\text{- N/m}^3 \text{ (KD: 0,5 – 1)}
\end{aligned}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
P_{x \text{ bio}} &= \frac{Q \times Y (S_o - S_e)}{1 + (k_d \cdot \text{SRT})} \\
&= \frac{73,680 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 0,5 (14,97 - 4,03) \text{ kg/m}^3}{1 + (0,1 \times 15)} \\
&= 161,2 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

Luas penampang atas *ditch* lurus (A1) = Panjang *ditch* lurus x lebar atas OD

$$= 60.2 \text{ m} \times 4.14 \text{ m}$$

$$= 249.23 \text{ m}^2$$

Luas penampang dasar *ditch* lurus (A2) = Panjang *ditch* lurus x lebar atas OD

$$= 60.2 \text{ m} \times 3.15 \text{ m}$$

$$= 189.63 \text{ m}^2$$

Volume total ditch lurus = jumlah ditch lurus x volume 1 ditch lurus

$$= 2 \times 0,5 [h/3(A1+A2+((A1 \times A2)^{0,5}))]$$

$$= 2 \times 0,5 [1,63 \text{ m}/3(249,23 \text{ m}^2 + 189,63 \text{ m}^2+((249,23 \text{ m}^2 \times 189,63)^{0,5}))]$$

$$= 713,13 \text{ m}^3$$

Luas penampang lingkaran atas (A3) = π (r lingkaran besar atas)²

$$= 3,14 \times (4,14 \text{ m})^2$$

$$= 53,8 \text{ m}^2$$

Luas penampang dasar (A4) = π (r lingkaran besar atas)²

$$= 3,14 \times (3,15 \text{ m})^2$$

$$= 31,2 \text{ m}^2$$

Volume total lingkaran = $2 \times 0,5 [h/3(A3+A4+((A3 \times A4)^{0,5}))]$

$$= 2 \times 0,5 [1,63 \text{ m}/3(53,8 \text{ m}^2 + 31,2 \text{ m}^2 + ((53,8 \times 31,2)^{0,5}))]$$

$$= 68,42 \text{ m}^3$$

Penampang lingkaran kecil atas (A5) = π (r lingkaran kecil atas)²

$$= 3,14 \times (1,91 \text{ m})^2$$

$$= 11,46 \text{ m}^2$$

Penampang lingkaran dasar (A6) = π (r lingkaran kecil dasar)²

$$= 3,14 \times (2,9 \text{ m})^2$$

$$= 26,41 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total lingkaran kecil} &= 2 \times 0,5 [h/3(A5+A6+((A5 \times \\ &\quad A6)^{0,5}))] \\ &= 2 \times 0,5 [1,63 \text{ m} / 3 (11,46 \text{ m}^2 + \\ &\quad 26,41 \text{ m}^2 + ((11,46 \times 26,41)^{0,5}))] \\ &= 30,02 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume aktual lingkaran} &= \text{vol total lingkaran besar} - \text{vol total} \\ &\quad \text{lingkaran kecil} \\ &= 68,42 \text{ m}^3 - 30,02 \text{ m}^3 \\ &= 38,40 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume aktual 1 OD} &= \text{vol total ditch lurus} + \text{vol aktual} \\ &\quad \text{lingkaran} \\ &= 713,13 \text{ m}^3 + 38,40 \text{ m}^3 \\ &= 751,53 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Penggunaan 1 bak OD

$$\begin{aligned} \text{Check organik loading} &= M_{\text{BOD INF OD}} / \text{vol aktual 1 OD} \\ &= 1102,99 \text{ kg/hari} / 751,53 \text{ m}^3 \\ &= 1,46 \text{ kg/BOD/m}^3 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

Tidak memenuhi karena $1,46 > 0,06 \text{ kg BOD/ m}^3 \cdot \text{Hari}$

Penggunaan 2 bak OD

$$\begin{aligned} \text{Volume aktual 2 OD (V)} &= \text{Volume aktual 1 OD} \times 2 \\ &= 751,53 \text{ m}^3 \times 2 \\ &= 1503,06 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Check } \textit{organic loading} &= M_{\text{BOD in OD}} / \text{volume aktual 2 OD (V)} \\ &= 1102,99 \text{ kg/ hari} / 1503,06 \text{ m}^3 \\ &= 0,06 \text{ kg BOD/ m}^3 \cdot \text{Hari} \end{aligned}$$

Memenuhi karena $0,06 = 0,06 \text{ kgBOD/m}^3\cdot\text{Hari}$ (kriteria perencanaan). Sehingga dapat disimpulkan dengan menggunakan 2 OD dapat mengolah debit sebesar $73,680 \text{ m}^3/\text{hari}$.

$$\begin{aligned} \text{TSS removed} &= (S_{so} - S_{se}) \times Q_{in} \\ &= (10,35 - 0,63) \text{ kg/m}^3 \times 73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 716,17 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Px TSS (Px MLSS)} &= \frac{X_{TSS} \times \text{Vol total OD}}{SRT} \\ &= \frac{3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1503,06 \text{ m}^3}{15 \text{ hari}} \\ &= 300,612 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Px SS (sludge yg dibuang)} &= \text{Px TSS} + \text{TSS removed} \\ &= (300,612 + 716,17) \text{ kg/hari} \\ &= 1016,8 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Q waste} &= \frac{\text{Px SS (Sludge yg dibuang)}}{X_w} \\ &= \frac{1016,8 \text{ kg/hari}}{5 \text{ kg TSS/m}^3} \\ &= 203,36 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Total debit lumpur yang dibuang adalah $203,36 \text{ m}^3/\text{hari}$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol F/M} &= \frac{Q(S_o - S)}{MLSS \times V} \\ &= \frac{73,680 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times (14,97 - 4,03) \text{ kg/m}^3}{3 \times 1503 \text{ m}^3} \\ &= 0,2 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Untuk pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif konvensional atau standar, rasio F/M adalah 0,2 - 0,5 kg BOD5 per kg MLSS per hari, tetapi dapat lebih tinggi hingga 1,5 jika digunakan oksigen murni. Rasio F/M yang rendah menunjukkan bahwa mikroorganisme dalam tanki OD dalam kondisi lapar, semakin rendah rasio F/M maka pengolahan limbah akan semakin efisien.

$$\begin{aligned} \text{Nitrogen in} &= Q \text{ in } \times [N] \\ &= 73,680 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2,7 \text{ kg/m}^3 \\ &= 198,9 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N sintesa sel} &= \frac{\text{Ar N}}{\text{Mr C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}} \\ &= \frac{14}{113} \times 161,2 \text{ kg/hari} \\ &= 12 \% \times 161,2 \text{ kg/hari} \\ &= 19,34 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sisa N} &= \text{Ninput} - \text{Nsintesa sel} \\ &= 198,9 \text{ kg/hari} - 19,34 \text{ kg/hari} \\ &= 179,56 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan dimensi diketahui jumlah bak *oxidation ditch* yang dibutuhkan sebanyak 2 unit. Pada kondisi eksistingnya IPLT memiliki 4 unit bak *oxidation ditch* sehingga pengoperasiannya dilakukan secara bergantian.

4. Clarifier (CL)

Nilai *overflow rate* digunakan untuk menentukan kapasitas *clarifier*. Nilai yang paling kecil digunakan untuk mengondisikan dimensi *clarifier* yang tidak lebih besar dari dimensi yang seharusnya dan sesuai dengann debit pengolahan.

Diketahui :

Debit influen (Q) = 101,19 m³/hari

Diameter *clarifier* (D) = 6 meter

Tinggi zona *settling* = 1,84 meter

Clarifier (H)

Diameter wall ditengah = 1,08 meter

clarifier (d)

Direncanakan :

overflow rate (OFR) = 15 m³/m².hari

perhitungan :

luas permukaan *clarifier* = $\frac{1}{4} \pi (D)^2$

(As aktual *clarifier*) = $\frac{1}{4} \times 3,14 \times (6)^2$

= 28,26 m²

Luas permukaan wall = $\frac{1}{4} \pi (d)^2$

ditengah Clarifier (As wall

clarifier) = $\frac{1}{4} \times 3,14 \times (1,08)^2$

= 0,92 m²

Luas aktual *clarifier* = As aktual CL– As wall CL

(AS aktual CL) = 28,26 m² - 0,92 m²

= 27,34 m²

As perhitungan *clarifier* = Qin / OFR

= 101,19 m³/hari / 15 m³/m².hari

= 6,75 m²

Jumlah unit *clarifier* yang = As perhitungan CL / As aktual CL

$$\begin{aligned} \text{diperlukan} &= 6,75 \text{ m}^2 / 27,34 \text{ m}^2 \\ &= 0,25 \approx 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan dimensi diketahui jumlah bak *clarifier* yang dibutuhkan sebanyak 1 unit. Pada kondisi eksistingnya IPLT memiliki 2 unit bak *clarifier* sehingga pengoperasiannya dapat dilakukan secara bergantian.

5. *Polishing Pond*

Kapasitas PP ditentukan oleh debit influen. Debit yang digunakan dalam perhitungan PP adalah debit dari *clarifier* berikut adalah hasil hasil perhitungan jumlah unit PP yang diperlukan dalam mengolah debit influen yang ada:

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 15,4 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 6,1 \text{ m} \\ \text{Q influen} &= 75,62 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Volume aktual pp} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi total} \\ &= (15 \times 6,1 \times 2,5) \text{ m} \\ &= 234,85 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah PP yang} &= \text{Q influen/ volume aktual PP} \\ \text{dibutuhkan} & \\ &= 75.62 \text{ m}^3/ 234.85 \text{ m}^3 \\ &= 0.32 \\ &= 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan dimensi diketahui jumlah bak *polishig pond* yang dibutuhkan sebanyak 1 unit. Pada kondisi

eksistingnya IPLT memiliki 1 unit bak *polishig pond* sehingga telah sesuai dengan kriteria perencanaan yang ada.

4.2.1 Analisis Kualitas

Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah air limbah hasil pengolahan yang sudah melewati treatment pada unit-unit proses di IPLT. Tujuan dari analisis kualitas ini yaitu untuk mengetahui kualitas effluen dari IPLT Keputih sehingga dapat dilakukan analisa lebih lanjut terhadap risiko – risiko yang menyebabkan terjadinya kegagalan pada pengolahan sehingga mengganggu hasil kualitas produksi.

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan botol berukuran 600 ml. Sampel diambil dengan cara mencelupkan botol kedalam unit proses dan botol ditutup langsung pada saat berada didalam air limbah hal ini bertujuan untuk menghindari adanya gelembung udara yang ikut terbawa saat pengambilan sampel.

4.2.2 Analisis pH

Pengukuran pH merupakan salah satu pengujian penting dan sering digunakan dalam analisis air. Derajat keasaman atau pH merupakan nilai yang menunjukkan aktivitas ion hydrogen dalam air. Nilai pH dipengaruhi oleh beberapa parameter, antara lain aktivitas biologi, suhu, kandungan oksigen, dan ion-ion. Analisis pH dilakukan dengan menggunakan alat pH meter dimana dalam penggunaannya dapat langsung dibaca pada alat tersebut sehingga dapat diketahui nilai pH dari masing – masing sampel yang dianalisis. Berdasarkan PermenLH No.68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik batas maksimum pH yaitu antara 6 – 9. Dari hasil analisis pH yang dilakukan diketahui bahwa semua sampel uji memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Sehingga tidak perlu dilakukan analisis resiko Hasil analisis pH dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Hasil analisis pH

No	Unit	pH
1	SSC Inlet	6,55

Tabel 4.21 Lanjutan		
No	Unit	pH
2	SSC Outlet	6,85
3	Balancing Tank	6,70
4	Oxidation ditch	6,70
5	Clarifier	6,65
6	Polishing Pond	6,20

Sumber : Hasil Analisis, 2018

4.2.3 Analisis Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical oxygen demand atau COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai seluruh bahan limbah yang terkandung dalam air. Berdasarkan PermenLH No.68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Batas maksimum untuk COD adalah 100 mg/l. Hasil analisis COD dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Hasil Analisis COD

No	Unit	COD	Satuan
1	SSC Inlet	39040,00	mg/L
2	SSC Outlet	25376,00	mg/L
3	<i>Balancing Tank</i>	28304,00	mg/L
4	<i>Oxidation ditch</i>	6832,00	mg/L
5	<i>Clarifier</i>	210,00	mg/L
6	<i>Polishing Pond</i>	168,00	mg/L

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Berdasarkan hasil analisis laboratorium yang dilakukan menunjukkan hasil air olahan effluen dari unit *polishing pond* belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 168,00 mg/l. Menurut Akbar dan Sudarmaji (2013), Tingginya nilai COD disebabkan oleh masih tingginya kandungan bahan organik yang terdapat pada air limbah tersebut. Hal tersebut bisa terjadi apabila bakteri yang ada pada bak aerasi mati, sehingga proses

dekomposisi tidak dapat berjalan dengan maksimal. Selain itu kurangnya pasokan oksigen juga dapat mempengaruhi tingginya kandungan *chemical oxygen demand* (COD) dalam air, karena pada proses dekomposisi secara aerob memerlukan pasokan oksigen secara terus menerus. Apabila pasokan berjalan kurang, maka proses dekomposisi secara aerob tidak berjalan secara maksimal. Karena belum memenuhi baku mutu sehingga perlu adanya analisa lanjutan.

4.2.4 Analisis Biological Oxygen Demand (BOD)

Menurut Santoso (2018), *Biological Oxygen Demand* atau BOD adalah banyaknya jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. BOD digunakan sebagai ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam air sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Berdasarkan PermenLH No.68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Batas maksimum untuk BOD adalah 30 mg/l. Hasil analisis BOD dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Hasil analisis BOD

No	Unit	BOD	Satuan
1	SSC Inlet	23032,00	mg/L
2	SSC Outlet	14970,00	mg/L
3	Balancing Tank	16700,00	mg/L
4	Oxidation ditch	4030,00	mg/L
5	Clarifier	120,00	mg/L
6	Polishing Pond	97,64	mg/L

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Berdasarkan hasil analisis laboratorium yang dilakukan menunjukkan hasil air olahan effluen dari unit *polishing pond* belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 97,64 mg/l. Sama halnya dengan COD penyebab tingginya nilai COD disebabkan oleh masih tingginya kandungan bahan organik yang terdapat pada air limbah tersebut. Karena hasil effluen dari

polishing pond belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan maka perlu adanya analisa lanjutan. Faktor yang diindikasikan berpengaruh adalah kurangnya pengetahuan pengelola terhadap pengelolaan dan kontroling air hasil olahan. Selain itu karena penyebab utamanya adalah kurangnya pasokan oksigen sehingga blower yang berfungsi sebagai penyuplai oksigen perlu diperhatikan perawatannya karena pada proses tersebut blower yang digunakan harus berjalan terus menerus agar bakteri yang ada pada air limbah tersebut dapat tetap hidup.

4.2.5 Analisis Total Suspended Solid (TSS)

total padatan tersuspensi (TSS) adalah jumlah bobot bahan yang tersuspensi dalam suatu volume air tertentu, dengan satuan mg perliter (Pujiastuti dkk,2013). PermenLH No.68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Batas maksimum untuk TSS adalah 30 mg/l. Hasil analisis TSS dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Hasil analisis TSS

No	Unit	TSS	Satuan
1	SSC Inlet	15450,00	mg/L
2	SSC Outlet	10350,00	mg/L
3	Balancing Tank	10690,00	mg/L
4	Oxidation ditch	630,00	mg/L
5	Clarifier	98,00	mg/L
6	Polishing Pond	46,00	mg/L

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Berdasarkan hasil analisis laboratorium yang dilakukan menunjukkan hasil air olahan effluen dari unit *polishing pond* belum memenuhi baku mutu yang telah di tetapkan yaitu sebesar 46,00 mg/l. Penyebab tingginya kandungan TSS pada air limbah adalah masih banyaknya padatan yang masih belum terendapkan pada saat proses pengolahan, hal ini dikarenakan pada saat keluar dari proses aerasi, laju aliran air limbah masih terlalu tinggi, sehingga masih ada padatan yang belum sempat terendapkan. Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan pengoptimalan pada bak

penampung sementara agar padatan yang belum terendapkan tersebut dapat mengendap

4.2.6 Analisis Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak termasuk senyawa organik yang relatif stabil dan sulit diuraikan oleh bakteri. Minyak dan lemak dapat mempengaruhi aktifitas mikroba dan merupakan pelapisan permukaan cairan limbah sehingga menghambat proses oksidasi pada kondisi aerobik. Karena berat jenisnya lebih kecil dari air maka minyak tersebut berbentuk lapisan tipis di permukaan air dan menutup permukaan yang mengakibatkan terbatasnya oksigen masuk dalam air. Pada sebagian lain minyak ini membentuk lumpur dan mengendap sehingga sulit diuraikan (Ginting, 2007). Berdasarkan PermenLH No.68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Batas maksimum untuk minyak dan lemak adalah 10 mg/l. Hasil analisis minyak dan lemak dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Hasil analisis minyak dan lemak

No	Unit	minyak dan lemak	Satuan
1	SSC Inlet	640,00	mg/L
2	SSC Outlet	416,00	mg/L
3	Balancing Tank	464,00	mg/L
4	Oxidation ditch	112,00	mg/L
5	Clarifier	16,00	mg/L
6	Polishing Pond	18,00	mg/L

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Berdasarkan hasil analisis laboratorium yang dilakukan menunjukkan hasil air olahan effluen dari unit *polishing pond* belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 18,00 mg/l. Kandungan minyak dan lemak yang terdapat dalam air limbah dapat bersumber dari industri atau rumah-rumah penduduk yang mengolah bahan baku mengandung minyak dan ikut terbuang kedalam toilet. Karena hasil effluen minyak dan lemak belum memenuhi baku mutu sehingga perlu dilakukan analisis resiko lanjutan.

4.2.7 Analisis Nitrat dan Fosfat

Senyawa nitrat dan fosfat secara alamiah berasal dari air limbah itu sendiri melalui proses-proses penguraian pelapukan ataupun dekomposisi tumbuh tumbuhan dan sisa-sisa organisme mati yang dengan adanya bakteri terurai menjadi zat hara. Berdasarkan PermenLH No.68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Batas maksimum untuk N adalah 5 mg/l dan P adalah 1 mg/l. Hasil analisis N dan P dapat dilihat pada Tabel 4.26

Tabel 4.26 Hasil analisis minyak dan lemak

No	Unit	N	P	Satuan
1	SSC Inlet	2901,55	1212,50	mg/L
2	SSC Outlet	2712,50	944,94	mg/L
3	Balancing Tank	42,58	700,74	mg/L
4	Oxidation ditch	32,93	96,70	mg/L
5	Clarifier	30,02	8,25	mg/L
6	Polishing Pond	15,25	7,50	mg/L

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Berdasarkan hasil analisis laboratorium yang dilakukan menunjukkan hasil air olahan effluen dari unit *polishing pond* belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu untuk N sebesar 5 mg/l dan P sebesar 1 mg/l. Keberadaan nitrat dan fosfat yang berlebihan di badan air menyebabkan suatu fenomena yang disebut eutrofikasi (pengkayaan nutrien). eutrofikasi adalah pencemaran air yang disebabkan oleh munculnya nutrient yang berlebihan ke dalam ekosistem air yang berakibat tidak terkontrolnya pertumbuhan tumbuhan air. Bahan organik dan senyawa nutrisi yang muncul dalam badan air, kemudian didekomposisi oleh bakteri menggunakan oksigen terlarut untuk proses biokimia maupun proses biodegradasi. Akibatnya terjadi penurunan kadar oksigen terlarut (Dissolved Oxygen = DO) dalam badan air. Karena hasil effluen minyak dan lemak belum memenuhi baku mutu sehingga perlu dilakukan analisis resiko lanjutan.

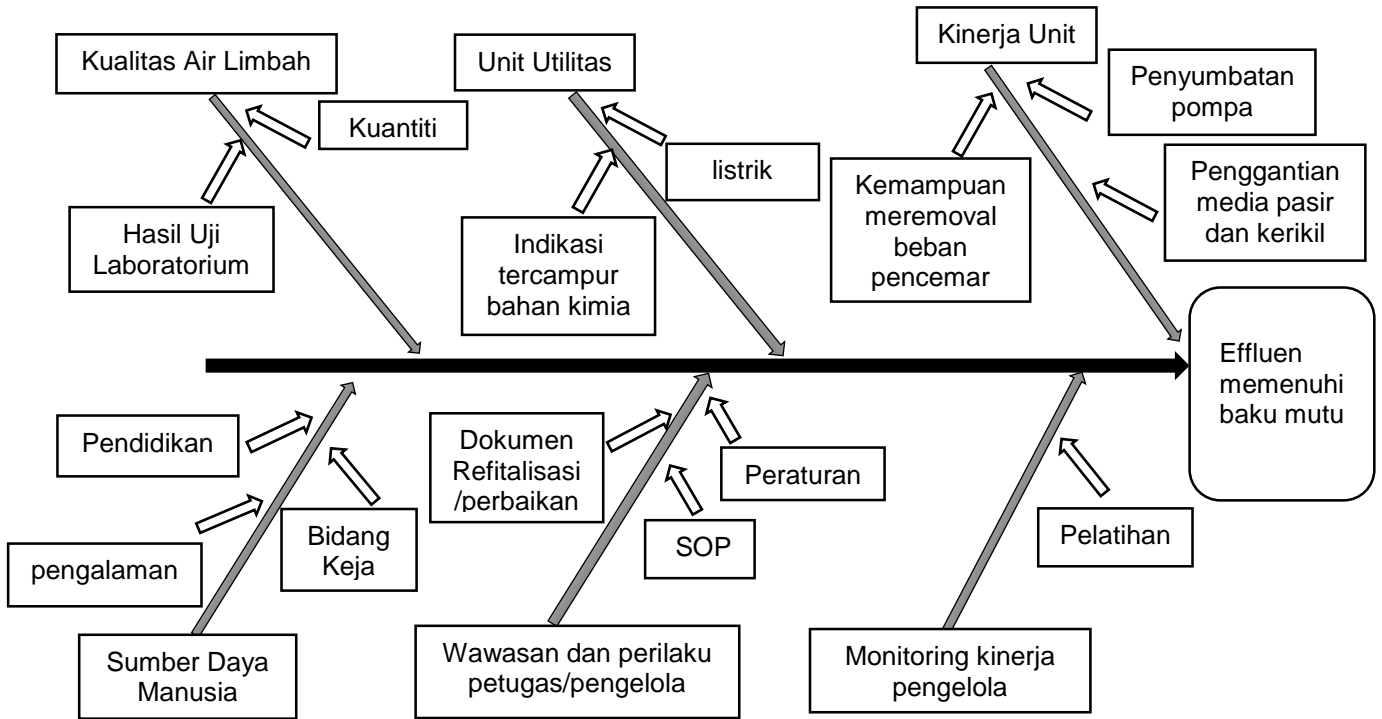
4.2.8 Analisis Diagram *Fishbone*

Fishbone analysis merupakan salah satu alat analisis yang perlu dilakukan untuk menganalisis faktor-faktor yang menentukan kualitas effluen IPLT Keputih, sehingga dapat diketahui faktor yang menjadi penyebab utama terkait dengan kualitas effluen yang dihasilkan. Yaitu dengan cara memecah proses menjadi sejumlah kategori yang berkaitan dengan proses, mencakup manusia, material, mesin, prosedur, kebijakan dan sebagainya (Imamoto et al., 2008).

fishbone analysis berikut ini didasarkan pada kuisisioner yang telah diisi oleh praktisi atau pengelola IPLT Keputih yang kemudian dijadikan sebagai sebuah permasalahan yang dianalisis. Adapun aspek yang diidentifikasi dalam fishbone analisis berikut ini adalah

- a. Sumber Daya Manusia :
Mengenai pendidikan, pengalaman dalam bekerja, serta bidang kerja
- b. Wawasan dan Perilaku Petugas/Pengelola :
Mengenai keberadaan SOP, pemahaman terhadap peraturan dan dokumen refitalisasi/ perbaikan dokumen
- c. Kualitas Air Limbah :
Mengenai kuantitas dan hasil uji laboratorium
- d. Monitoring Kinerja Pengelola :
Mengenai pelatihan.
- e. *Unit utility* :
Mengenai penggunaan listrik dan indikasi tercampur bahan kimia.
- f. Kinerja Unit :
Mengenai kemampuan meremoval beban pencemar, penggantian media pasir dan kerikil, dan penyumbatan pompa.

Lembar kuisisioner berada pada Lampiran A dan B. Berikut adalah analisa kegagalan IPLT Keputih dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Fishbone Analysis Kegagalan IPLT Keputih

Berdasarkan Gambar 4.1. dapat diketahui bahwa faktor-faktor yang menyebabkan kualitas effluen melebihi dari standar yang ditetapkan, yaitu dari sumber daya manusia, wawasan dan perilaku petugas/pengelola, monitoring kinerja pengelola, material, unit utilitas dan kinerja unit. Berikut adalah rincian permasalahan dari keenam faktor tersebut :

1. Sumber Daya Manusia :

- Sumber daya manusia merupakan faktor penting dalam proses pengolahan air limbah. Pada hakikatnya proses pengolahan dapat berjalan karena adanya kontribusi yang diberikan oleh sumber daya manusia. Oleh karena itu penting adanya sumber daya manusia yang berkualitas dan berkompeten pada bidangnya hal ini untuk membantu mewujudkan setiap tujuan yang ingin dicapai oleh instansi. Selain itu dengan adanya sumber daya manusia yang berkualitas dan berkompeten diharapkan nantinya mampu menjalankan dan mengoperasikan unit pengolahan lumpur tinja dengan baik dan benar. Kualitas sumber daya manusia dapat diukur melalui pendidikan terakhir yang telah ditempuh, semakin tinggi pendidikannya diharapkan ilmu yang dimiliki juga semakin banyak. Selain dari segi pendidikan, kualitas SDM juga dapat diketahui melalui pengalaman seseorang dalam bekerja, semakin lama seseorang bekerja maka pengalaman yang didapatkan juga semakin banyak sehingga diharapkan pekerja mampu membaca setiap permasalahan yang ada serta mampu menyelesaikannya.

2. Wawasan dan perilaku petugas/pengelola

- Setiap tenaga kerja atau pengelola yang bekerja di IPLT seharusnya telah dibekali dengan wawasan dan pengetahuan terhadap peraturan yang ada dan peraturan dalam pelaksanaan standar operasional prosedur. Pengetahuan yang dimiliki dapat membantu pekerja dalam meningkatkan kesadaran terhadap pentingnya pentaatan peraturan yang ada. Dengan melakukan pentaatan peraturan secara tidak langsung pekerja telah berkontribusi dalam perbaikan hasil pengolahan lumpur

tinja karena salah satu faktor penyebab tidak terpenuhinya baku mutu adalah karena pekerja tidak memahami terkait peraturan yang ada serta tidak melakukan penyusunan dokumen standar operasional prosedur. Standar operasional prosedur seharusnya menjadi buku pegangan atau pedoman yang wajib diketahui dan dimiliki oleh setiap tenaga kerja yang bekerja pada instalasi pengolahan lumpur tinja. Dengan adanya standar operasional prosedur diharapkan tenaga kerja atau pengelola mengetahui langkah serta tahapan yang harus dilakukan dalam mengoperasikan mesin dan alat yang ada pada IPLT. Sehingga mampu meminimalisir terjadinya kemungkinan kesalahan pengolahan yang dilakukan oleh pekerja.

3. Kualitas Air limbah :

- Air limbah (lumpur tinja), sesuai dengan PermenLH No.68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik, effluen yang dihasilkan dari IPLT harus memenuhi standar baku mutu air limbah dan Instansi berkewajiban mengujikan hasil effluen IPLT di laboratorium setiap 1 bulan sekali. Hal ini berkaitan dengan kemampuan pengolahan teknologi yang digunakan dalam mengolah air baku limbah sehingga effluen yang dihasilkan sesuai baku mutu. Kondisi air baku IPLT, pada air baku yang berupa lumpur tinja yang ditampung dalam truk tanki septik pada saat lumpur dikeluarkan dari truk dan dimasukkan kedalam unit SSC didalam air baku tercampur sampah-sampah yang berupa pembalut, ranting / batang pohon celana dalam dan lain sebagainya. Adanya sampah-sampah tersebut dikhawatirkan nantinya dapat menghambat jalannya proses pada unit pengolahan.

4. Monitoring kinerja pengelola :

- Dalam monitoring kinerja perlu adanya pelaksanaan pelatihan. Pelatihan perlu dilakukan atau diadakan secara rutin untuk meningkatkan keahlian/skill karyawan yang berkaitan dengan pekerjaan agar kualitas performa pekerja atau pengelola meningkat sehingga memberikan

manfaat bagi kemajuan instansi. Selain itu juga agar pekerja kompeten menghadapi situasi-situasi tertentu yang bisa terjadi dalam proses pengolahan lumpur tinja. Pelatihan wajib diikuti oleh semua elemen yang ada pada IPLT bukan hanya untuk pimpinan atau staff ahli saja.

5. Unit Utilitas

- Unit utilitas menjelaskan tentang penggunaan daya listrik serta ada atau tidaknya bahan kimia yang ikut terolah. Untuk daya atau energi yang digunakan IPLT masih menggunakan energi listrik namun saat ini IPLT juga sudah menerapkan energi terbarukan yaitu energi panas matahari dengan melakukan penyerapan sinar matahari. Sehingga IPLT tidak hanya mengandalkan dari energi listrik saja. Untuk indikasi tercampur bahan kimia, sampai saat ini lumpur tinja yang diolah pada IPLT murni lumpur tinja dan tidak tercampur dengan bahan kimia yang berasal dari industri rumah tangga yang ada di Kota Surabaya.

6. Kinerja Unit

- Kinerja unit termasuk aspek teknis dalam hal ini kaitannya sangat berpengaruh pada proses yang terjadi pada instalasi pengolahan lumpur tinja. Pada kinerja unit hal yang menjadi fokus permasalahan yaitu kemampuan unit dalam meremoval beban pencemar, penyumbatan pada pompa dan penggantian media pasir dan kerikil.

4.2.9 Penentuan Bobot Kepentingan Risiko

Penentuan bobot risiko diperlukan guna untuk membantu memudahkan dalam mempertimbangkan pengambilan tindakan prioritas optimasi. Pemberian bobot pada masing-masing risiko diberikan berdasarkan besaran dampak yang ditimbulkan. Nantinya dibagi menjadi dua kepentingan risiko yaitu dari segi teknis dan non teknis. Dari segi non teknis diberikan bobot sebesar 70% karena dalam hal ini manusia merupakan sumber atau faktor utama yang sangat berpengaruh dalam keberhasilan pada segi teknis. Sedangkan untuk segi teknis diberikan bobot sebesar 30%

karena apabila dari segi non teknis sudah bagus maka segi teknis dapat dijalankan dengan baik dan benar. Berikut ini tabel mengenai kepentingan risiko dari segi teknis dan non teknis dapat dilihat pada Tabel 4.27

Tabel 4.27 Kepentingan risiko

Identifikasi Risiko	Why 1	Why 2	Why 3	Dampak
Tidak memenuhi baku mutu PermenLH No. 68/2016	Non Teknis	SDM	<ul style="list-style-type: none"> - Pendidikan - Pengalaman - Bidang kerja 	Hasil effluen dapat melebihi baku mutu
		Wawasan dan Perilaku Petugas/Pengelola	<ul style="list-style-type: none"> - SOP - Peraturan - Dokumen refitalisasi 	
		Monitoring Kinerja Pengelola	<ul style="list-style-type: none"> - Pelatihan 	
	Teknis	Kualitas Air Limbah	<ul style="list-style-type: none"> - Kuantiti air limbah - Hasil uji laboratorium 	
		Unit Utilitas	<ul style="list-style-type: none"> - Indikasi tercampur bahan kimia - Listrik 	
		Kinerja Unit	<ul style="list-style-type: none"> - Kemampuan meremoval beban pencemar - Penyumbatan pompa - Penggantian media pasir dan kerikil 	

Sumber : Hasil Analisis, 2018

4.3 Penentuan Nilai Severity

Severity diperoleh dari penilaian terhadap besaran dampak dan masalah yang ditimbulkan dari potensi kegagalan jika terjadi pada proses produksi yang didapat dari hasil pengamatan, nantinya akan disesuaikan dengan definisi *severity* untuk setiap masalah. Untuk dapat menghitung nilai dari *severity* langkah pertama yang harus dilakukan yaitu membuat skala besaran resiko gunanya untuk mempermudah dalam mendapatkan nilai *severity*. Apabila skala besaran resiko telah diperoleh langkah selanjutnya yaitu melakukan penilaian pada masing-masing faktor kegagalan. Range nilai didapatkan dari hasil perhitungan seperti pada contoh perhitungan dibawah ini :

Nilai skala ideal = 5
Penilaian kondisi lingkungan = 4

$$\begin{aligned}\text{Range nilai} &= \frac{\text{nilai skala ideal} - \text{penilaian kondisi lingkungan}}{\text{nilai skala ideal}} \times 100\% \\ &= \frac{5-4}{5} \times 100\% \\ &= 20\%\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut nantinya akan didapatkan *range* nilai yang digunakan untuk menentukan *rating* terhadap *severity* dari masing-masing faktor dengan menyesuaikan Tabel 2.2 yang ada pada dasar teori. Skala standar umumnya menggunakan skala 1 sampai dengan 10. Namun pada penelitian ini skala yang digunakan yaitu skala 1 sampai dengan 5 hal ini dikarenakan adanya proses penyesuaian dengan kondisi penilaian selain itu untuk membantu memudahkan dalam memprioritaskan kegagalan dan mengatasi masalah yang berdampak besar terlebih dahulu. Skala 1 untuk mewakili tidak adanya efek atau pengaruh yang terjadi pada sistem dan skala 5 menunjukkan kegagalan sangat parah sehingga dapat mempengaruhi operasi sistem dan menyebabkan hasil produksi tidak layak digunakan. Penilaian *severity* dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Penilaian Severity

Range Nilai	Severity of effect for FMEA	Rating
≤ 20	Bentuk kegagalan tidak memiliki pengaruh	1
21 – 40%	Bentuk kegagalan berpengaruh pada hasil produksi	2
41 – 60%	Menyebabkan hilangnya performa dari fungsi dan berpegaruh terhadap hasil produksi	3
61 – 80%	Menyebabkan bahaya yang akan melampaui standar aturan pemerintah nasional dan pengurangan hasil kualitas produksi yang signifikan	4
≥ 80%	Kegagalan menyebabkan hasil produksi tidak layak digunakan	5

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Selanjutnya skala besaran risiko pada penelitian ini dibuat masing-masing sesuai dengan faktor-faktor kemungkinan yang mempengaruhi proses pengolahan lumpur tinja. Skala besaran risiko berbanding terbalik dengan skala kondisi lingkungan. Semakin kecil nilai skala kondisi lingkungan maka risiko atau dampak yang ditimbulkan akan semakin besar begitu pula sebaliknya semakin kecil nilai besaran risiko maka kondisi lingkungannya akan semakin baik. Untuk skala besaran risiko skala yang digunakan antara *range* 1 sampai dengan 5. Skala 1 menggambarkan tidak terjadi risiko yang ditimbulkan dan semakin tinggi nilai skala pada besaran risiko maka dampak yang ditimbulkan juga akan semakin besar. Skala besaran risiko dapat dilihat pada Tabel 4.29

Tabel 4.29 Skala Besaran Risiko

Skala Besar Risiko yang Ditimbulkan				
1	2	3	4	5
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
Risiko yang ditimbulkan tidak berpengaruh terhadap proses selanjutnya dan hasil produksi	Risiko yang ditimbulkan dapat berpengaruh kepada proses selanjutnya dan hasil produksi	Risiko yang ditimbulkan dapat menyebabkan fungsi unit selanjutnya terganggu dan berpengaruh kepada hasil produksi	Risiko yang ditimbulkan dapat menyebabkan hasil produksi yang akan melampaui standar baku mutu	Risiko yang ditimbulkan dapat menyebabkan air limbah produksi melampaui standar baku mutu

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Tabel 4.30 Skala Kondisi Lingkungan

Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Kondisi ideal yang diinginkan untuk dicapai tidak menimbulkan pengaruh pada proses selanjutnya	Kondisi membuat timbulnya risiko yang dapat berpengaruh kepada proses selanjutnya, masih pada batasan standar baku mutu	Kondisi membuat timbulnya risiko yang menyebabkan fungsi unit selanjutnya terganggu namun masih dalam batas standar baku mutu	Kondisi telah dibawah standar baku mutu sehingga menyebabkan hasil produksi yang akan melampaui standar baku mutu	Kondisi telah jauh dibawah baku mutu sehingga menyebabkan hasil produksi melampaui standar baku mutu

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Untuk skala kondisi lingkungan skala yang digunakan antara *range* 1 sampai dengan 5. Skala 1 menggambarkan kondisi lingkungan yang sangat buruk semakin tinggi nilai skala pada kondisi lingkungan nilainya akan sangat baik. Skala kondisi lingkungan dapat dilihat pada Tabel 4.30. Batasan kriteria dibuat berdasarkan kondisi hasil produksi dari yang terbaik sampai yang terburuk. Nilai *severity* dibuat dari skala 1-5, semakin besar nilainya maka akan semakin buruk dampaknya karena dengan menggunakan metode FMEA, semakin besar nilai skor yang diperoleh maka semakin cepat masalah tersebut harus diselesaikan. Untuk kolom yang diberi warna kuning menunjukkan skala ideal yang seharusnya terpenuhi sedangkan untuk kolom yang berwarna biru menunjukkan kondisi eksisting yang ada dilapangan. Hasil dari penilaian *severity* dapat dilihat pada Tabel 4.31 – 4.44.

Tabel 4.31 Nilai Severity Pendidikan

Skala Besaran Risiko				
1	2	3	4	5
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Teknik Sipil/ Teknik Lingkungan	Sarjana Teknik	Sarjana Sosial	SMA/SMK Sederajat	< SMP

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Pendidikan tenaga kerja atau pengelola kurang memadai. Sekitar 60% pekerja lulusan SMA/SMK sederajat, 20 % lulusan SD dan SMP, 20% lulusan sarjana namun bukan pada bidangnya. Hal ini mengakibatkan pekerja tidak dapat menjalankan IPLT secara maksimal karena sebagian besar pekerja hanya berbekal pengetahuan yang dipelajari secara otodidak. Dampaknya akibat kurangnya pengetahuan atau kemampuan yang dimiliki, petugas atau pengelola tidak dapat menjalankan unit proses pada IPLT

dengan baik dan benar sehingga air hasil olahan atau effluen masih belum memenuhi baku mutu.

Berdasarkan hasil kuesioner yang dilakukan pada karyawan atau petugas yang ada di instalasi pengolahan lumpur tinja, kondisi ideal pengelola atau tenaga kerja seharusnya lulusan sarjana teknik sipil / teknik lingkungan yang sesuai dengan bidang kerjanya. Kondisi eksisting sesuai dengan hasil penelitian dan perhitungan terletak pada skala 2 (buruk) karena rata-rata tenaga kerja yang bekerja di IPLT mengenyam pendidikan sampai pada tingkatan SMA/SMK sederajat. Tabel *severity* pendidikan dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4.32 Nilai Severity Masa Kerja

Skala Besaran Risiko				
1	2	3	4	5
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
≥ 20 Tahun	15 - 20 Tahun	10 - 15 Tahun	5 - 10 Tahun	< 5 Tahun

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Semakin terampil dan berpengalaman seorang pekerja atau pengelola, maka akan lebih mampu bekerja serta menggunakan fasilitas kerja dengan baik. Oleh karena itu tujuan dari sebuah perusahaan dapat dicapai. Orang yang berpengalaman dalam bekerja memiliki kemampuan kerja yang lebih baik dari orang yang baru saja memasuki dunia kerja, karena orang tersebut telah belajar dari kegiatan-kegiatan dan permasalahan yang timbul dalam kerjanya. Pekerja atau petugas yang mengetahui detail pengolahan dan pengoperasian IPLT merupakan pekerja yang sudah berkontribusi mulai sejak awal berdirinya IPLT dan rata-rata pekerja sudah berusia diatas 45 tahun dengan pengalaman bekerja lebih dari 15 tahun.

Berdasarkan hasil kuesioner yang dilakukan pada karyawan atau petugas yang ada instalasi pengolahan lumpur tinja, kondisi ideal pengelola atau tenaga kerja adalah yang memiliki masa kerja paling lama karena semakin lama masa kerjanya maka pengalaman yang dimiliki juga akan semakin banyak sehingga diharapkan dapat menyelesaikan setiap permasalahan yang ada. Kondisi eksisting sesuai dengan hasil penelitian dan perhitungan terletak pada skala 3 (sedang) karena rata-rata tenaga kerja yang bekerja di IPLT memiliki pengalaman bekerja antara 10 – 15 Tahun. Tabel *severity* masa kerja dapat dilihat pada Tabel 4.32

Tabel 4.33 Nilai *Severity* Bidang Kerja

Skala Besaran Risiko				
1	2	3	4	5
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Struktur organisasi terdiri dari 6 staff penanggung jawab	Struktur organisasi terdiri dari 5 staff penanggung jawab	Struktur organisasi terdiri dari 4 staff penanggung jawab	Struktur organisasi terdiri dari 3 staff penanggung jawab	Struktur organisasi terdiri dari 2 staff penanggung jawab

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Bekerja sesuai dengan bidang atau keahlian yang dimiliki dapat membantu seseorang untuk dapat bekerja secara maksimal serta dapat memotivasi diri sehingga dalam menjalankan pekerjaannya tenaga kerja tidak merasa terbebani karena sudah terbiasa dalam mengatasi permasalahan-permasalahan yang ada. Bekerja sesuai dengan bidang keahlian mampu memberikan poin tersendiri didalam sebuah perusahaan sehingga nantinya tanggung jawab yang diberikan juga sesuai dengan keahlian pekerja. Dalam sebuah perusahaan perlu adanya sebuah struktur organisasi yang berfungsi untuk memperjelas tugas, peran serta tanggung jawab diberikan. Semakin kompleks susunan struktur organisasinya maka

akan semakin baik karena pembagian staffnya juga akan semakin rinci.

Berdasarkan hasil kuesioner yang dilakukan pada karyawan atau petugas yang ada instalasi pengolahan lumpur tinja, kondisi idealnya struktur organisasi yang baik adalah yang semakin detail dalam pembagian staff-staff penanggung jawabnya. Kondisi eksisting sesuai dengan hasil penelitian dan perhitungan terletak pada skala 4 (baik). Tabel *severity* bidang kerja dapat dilihat pada Tabel 4.33

Tabel 4.34 Nilai Severity Kuantiti Air Limbah

Skala Besaran Risiko				
1	2	3	4	5
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Murni lumpur tinja	Lumpur tinja tercampur sampah namun kemungkinannya kecil	Lumpur tinja tercampur sampah namun tidak sering	Lumpur tinja sering tercampur dengan limbah lain	Selalu tercampur

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Air limbah berupa lumpur tinja yang dijadikan sebagai air baku pada instalasi pengolahan lumpur tinja harus memenuhi persyaratan pengolahan yaitu air baku limbah yang diolah harus murni lumpur tinja tidak diperkenankan adanya limbah lain seperti pembalut, rating/kayu, plastik dll yang ikut masuk dalam proses pengolahan lumpur tinja.

Berdasarkan dari hasil wawancara yang dilakukan kepada sumber yang dapat dipercaya menyatakan bahwasannya lumpur tinja yang akan diolah sering kali dan hampir setiap hari tercampur oleh limbah atau sampah lain. Sehingga dilakukan penyaringan

terlebih dahulu dengan menggunakan *screen* untuk jenis sampah yang berukuran besar diangkat dengan menggunakan *crane*. Kondisi eksisting sesuai dengan hasil wawancara dan perhitungan terletak pada skala 1 (sangat buruk) karena air limbah tercampur sampah setiap hari . Tabel *severity* kuantiti air limbah dapat dilihat pada Tabel 4.34.

Tabel 4.35 Nilai Severity Hasil Uji Laboratorium

Skala Besaran Risiko				
1	2	3	4	5
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Selalu memenuhi baku mutu, melakukan pemantauan secara berkala, selalu melakukan perbaikan	Selalu memenuhi baku mutu, melakukan pemantauan secara berkala, tidak melakukan perbaikan	Tidak memenuhi baku mutu, melakukan pemantauan secara berkala, melakukan perbaikan	memenuhi baku mutu, tidak melakukan pemantauan secara berkala, tidak melakukan perbaikan	Tidak pernah

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Hasil olahan atau effluen yang dihasilkan dari proses pengolahan lumpur tinja harus secara rutin dilakukan pengecekan untuk mengetahui kualitas effluen apakah sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh PermenLH No. 68 Tahun 2016. Pengujian perlu dilakukan minimal 1 bulan sekali gunanya sebagai monitoring terhadap hasil olahan. Jika ternyata hasil dari olahan lumpur tinja instalasi pengolahan lumpur tinja maka perlu dilakukan pengkajian ulang untuk mengetahui penyebab permasalahan dan melakukan perbaikan.

Berdasarkan hasil kuesioner yang dilakukan pada karyawan atau petugas yang ada instalasi pengolahan lumpur tinja, kondisi

idealnya effluen yang dihasilkan selalu memenuhi baku mutu, dilakukan pemantauan secara berkala dan melakukan perbaikan. Kondisi eksisting sesuai dengan hasil penelitian dan perhitungan terletak pada skala 3 (sedang). Tabel *severity* kualitas hasil effluen dapat dilihat pada Tabel 4.35.

Tabel 4.36 Nilai Severity Standar Operasional Prosedur

Skala Besaran Risiko				
1	2	3	4	5
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Punya, diterapkan, di review secara kontinu	Punya, diterapkan, tidak di review	Punya, tidak diterapkan, tidak di review	Punya, tapi tidak di dokumentasikan dengan baik	Tidak punya

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Standar operasional prosedur atau SOP diperlukan didalam suatu perusahaan untuk memberikan panduan atau pedoman kerja pada pengelola atau tenaga kerja agar kegiatan perusahaan dapat terkontrol. Standar operasional prosedur perlu di bukukan atau dokumentasikan sebagai bentuk pentaatan terhadap peraturan yang berlaku. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat RI Nomor 04/PRT/2017 menjelaskan tentang penyelenggaraan sistem pengelolaan air limbah domestik bahwa pengoperasian, pemeliharaan dan rehabilitasi SPALD harus dilaksanakan sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP) pengelolaan SPALD dan diperlukan standar operasional prosedur bagi pekerja dan pengelola IPLT. Kondisi eksisting sesuai dengan hasil penelitian dan perhitungan terletak pada skala 2 (buruk) dikarenakan pihak instalasi pengolahan lumpur tinja memiliki SOP namun tidak di dokumentasikan dengan baik .Tabel *severity* standar operasional prosedur di instalasi pengolahan lumpur tinja dapat dilihat pada Tabel 4.36.

Tabel 4.37 Nilai Severity Peraturan

Skala Besaran Risiko				
1	2	3	4	5
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Dipahami semua orang	Dipahami pimpinan dan staff ahli	Dipahami staff ahli	Tidak dipahami staff ahli dan pekerja	tidak dipahami semua elemen pengelola

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Pemahaman dan pentaatan terhadap peraturan yang berlaku sangatlah penting. Karena dengan memahami dan mentaati setiap peraturan diharapkan hasil efluen yang dihasilkan juga lebih baik. Pemahaman terkait dengan peraturan yang ada bukan hanya untuk pimpinan atau staff terkait tetapi pemahaman terhadap peraturan perlu dimiliki oleh setiap tenaga kerja yang ada. Dalam proses pengolahan air limbah tinja peraturan yang digunakan sebagai acuan atau tolok ukur adalah peraturan PermenLH No.68 tahun 2016 terkait baku mutu air limbah domestik. Dengan parameter yang diujikan yaitu pH, COD, BOD, TSS, Minyak dan lemak sedangkan untuk parameter N dan P merupakan parameter tambahan dengan mengacu pada peraturan Pergup Jatim No. 73 Tahun 2013.

Berdasarkan hasil kuesioner yang dilakukan pada karyawan atau petugas yang ada instalasi pengolahan lumpur tinja, kondisi idealnya semua pihak yang bekerja pada IPLT memahami peraturan yang ada. Kondisi eksisting sesuai dengan hasil penelitian dan perhitungan terletak pada skala 3 (sedang). Tabel *severity* Peraturan dapat dilihat pada Tabel 4.37.

Tabel 4.38 Nilai Severity Perbaikan Dokumen

Skala Besaran Risiko				
1	2	3	4	5
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Dilakukan secara berkala, dilakukan perbaikan	Tidak dilakukan secara berkala, dilakukan perbaikan	Tidak dilakukan secara berkala, tidak dilakukan perbaikan	Di programkan, tidak ada dokumen	Di programkan, tidak ada perbaikan program

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Penyusunan dokumen dilakukan dengan tujuan agar mudah ditemukan kembali saat proses pencarian informasi, maka dari itu diperlukan adanya sistem penyimpanan arsip/dokumen yang baik. Dokumen merupakan bukti jika suatu perusahaan atau instansi sudah melakukan penanganan atau pengelolaan terhadap limbah yang dihasilkan. Dalam prosesnya dokumen juga perlu dilakukan perbaikan gunanya untuk memperbarui atau *review* informasi mengenai perkembangan di instalasi pengolahan lumpur tinja baik dalam pengolahannya, pemanfaatannya maupun dalam segi lainnya.

Berdasarkan hasil kuesioner yang dilakukan pada karyawan atau petugas yang ada instalasi pengolahan lumpur tinja, kondisi idealnya perbaikan dokumen dilakukan secara berkala. Kondisi eksisting sesuai dengan hasil penelitian dan perhitungan terletak pada skala 4 (baik) karena dari instansi sendiri sudah melakukan perbaikan tetapi belum secara berkala. Tabel *severity* Perbaikan Dokumen dapat dilihat pada Tabel 4.38.

Tabel 4.39 Nilai Severity Listrik

Skala Besaran Risiko				
1	2	3	4	5
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Ada energi terbarukan	Ada janset dipakai daya cukup	Ada janset dipakai, tapi daya tidak cukup	Ada janset tapi tidak dipakai	Tidak ada

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Energi listrik juga merupakan faktor utama dalam proses pengolahan karena hampir sebagian besar proses yang ada pada instalasi pengolahan lumpur tinja bergantung pada listrik terutama pada penggunaan pompa. Apabila terjadi pemadaman listrik maka proses yang ada di IPLT secara otomatis juga akan terhenti. Hal ini dikarenakan pada saat pemadaman IPLT tidak menggunakan genset sebagai pengganti energi listrik. Namun saat ini IPLT sudah memiliki energi terbarukan yaitu dengan menggunakan energi panas yang berasal dari sinar matahari yang diserap melalui panel surya yang diletakkan diantara unit *oxidation ditch*. Dengan adanya energi terbarukan ini diharapkan nantinya proses akan tetap berjalan meskipun terjadi pemadaman listrik.

Berdasarkan dari hasil wawancara yang dilakukan kepada sumber yang dapat dipercaya diketahui jika IPLT sudah menerapkan energi terbarukan. Kondisi eksisting sesuai dengan hasil penelitian dan pengamatan terletak pada skala 5 (sangat baik) karena dari instansi sendiri sudah melakukan inovasi baru terkait dengan penggunaan energi yang ramah lingkungan. Tabel *severity* Listrik dapat dilihat pada Tabel 4.39.

Tabel 4.40 Nilai Severity Indikasi Tercampur Bahan Kimia

Skala Besaran Risiko				
1	2	3	4	5
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Tida pernah tercampur bahan kimia	Tercampur bahan kimia tetapi dalam konsentrasi kecil dan tidak sering	Tercampur bahan kimia dalam konsentrasi sedang dan tidak sering	Tercampur bahan kimia dalam konsentrasi tinggi dan tidak sering	Tercampur bahan kimia dalam konsentrasi tinggi dan setiap hari

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Bahan kimia yang ada pada air limbah dapat menghambat proses pengolahan karena adanya bahan kimia didalam air limbah dapat mengakibatkan bakteri atau mikroorganisme yang ada pada air limbah menjadi mati dan tidak dapat berkembang biak. Untuk mengetahui ada atau tidaknya bahan kimia yang ikut tercampur pada proses pengolahan yaitu dengan melakukan perhitungan terhadap perbandingan rasio BOD/COD. Dari hasil perhitungan diketahui jika air limbah tinja tidak tercampur oleh bahan kimia lainnya karena rata-rata hasilnya menunjukkan diatas 0,3 yang menandakan jika proses berjalan secara fisik – biologis. Jika proses berjalan secara fisik – biologis berarti bakteri atau mikroorganisme yang ada pada air limbah masih hidup. Apabila hasilnya dibawah 0,3 hal ini menandakan proses berjalan secara fisik – kimia. Range tersebut didapatkan berdasarkan literatur yang ada.

Berdasarkan dari hasil laboratorium dan perhitungan diketahui jika Kondisi eksisting sesuai dengan hasil penelitian dan perhitungan sama yaitu terletak pada skala 5 (sangat baik) karena air limbah tidak tercampur oleh bahan kimia. Tabel *severity* bahan kimia dapat dilihat pada Tabel 4.40.

Tabel 4.41 Nilai Severity Pelatihan

Skala Besaran Risiko				
1	2	3	4	5
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Mengikuti pelatihan dan sosialisasi rutin setiap bulan untuk semua elemen	Mengikuti pelatihan dan sosialisasi setiap bulan untuk pimpinan dan staff ahli	Mengikuti pelatihan dan sosialisasi hanya pimpinan	Mengikuti pelatihan dan sosialisasi namun tidak rutin	Tidak pernah

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Pelatihan atau sosialisasi sangat penting dilakukan hal ini bertujuan untuk memperbaiki kinerja karyawan dalam mencapai hasil kerja yang ditetapkan oleh instansi. Pelatihan dan sosialisasi ini perlu dilakukan secara rutin karena berguna untuk menambah wawasan para tenaga kerja sehingga dapat mengetahui setiap fungsi dari unit pengolahan yang ada di ipt secara mendetail dan diharapkan dengan adanya kegiatan tersebut nantinya dapat memperbaiki hasil effluen yang masih belum memenuhi baku mutu.

Berdasarkan hasil kuesioner yang dilakukan pada karyawan atau petugas yang ada instalasi pengolahan lumpur tinja, kondisi idealnya pelatihan dan sosialisasi dilakukan rutin minimal setiap bulan sekali dan berlaku untuk semua elemen. Kondisi eksisting sesuai dengan hasil penelitian dan pengamatan terletak pada skala 2 (buruk) karena dari instansi sendiri mengikuti pelatihan dan sosialisasi namun tidak rutin dan hanya pihak tertentu saja. Tabel *severity* Pelatihan dapat dilihat pada Tabel 4.41.

Tabel 4.42 Nilai Severity Penyumbatan Pompa

Skala Besaran Risiko				
1	2	3	4	5
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Tidak pernah terjadi penyumbatan, dilakukan pengecekan secara kontinu	Pernah terjadi penyumbatan, dilakukan pengecekan secara kontinu dan tau cara mengatasinya	Pernah terjadi penyumbatan, dilakukan pengecekan secara kontinu tetapi tidak tau cara mengatasinya	Sering terjadi penyumbatan, tidak melakukan pengecekan secara rutin tetapi tau cara mengatasinya	Sering terjadi penyumbatan, tidak pernah melakukan pengecekan dan tidak tau cara mengatasinya

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Penyumbatan pompa merupakan masalah serius apabila tidak ditangani dengan baik karena penyumbatan akan mempengaruhi kinerja dari pompa. Pompa tidak dapat bekerja secara maksimal selain itu kerja pompa juga akan semakin berat akibat adanya penyumbatan yang disebabkan oleh tersangkutnya limbah pembalut yang sudah hancur yang lolos pada proses penyaringan.

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan kepada sumber yang dapat dipercaya dan dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya, kondisi idealnya penyumbatan pada pompa tidak seharusnya terjadi karena sebelum masuk ke pengolahan lumpur, tinja melewati penyaringan terlebih dahulu. Kondisi eksisting sesuai dengan hasil penelitian dan pengamatan terletak pada skala 4 (baik) dapat dikatakan baik karena dilakukan pengecekan secara rutin pada pompa dan apabila terjadi penyumbatan petugas atau pengelola IPLT dengan tanggap melakukan pembersihan pompa. Dalam sehari pembersihan pompa bisa dilakukan

sebanyak 2 kali proses pembersihan. Sebelum adanya unit SSC pembersihan pompa dan *balaching tank* lebih sering dilakukan dan sangat sering terjadi penyumbatan. Sehari penyumbatan dapat terjadi hingga 10 kali. Tabel nilai *severity* penyumbatan pompa dapat dilihat pada Tabel 4.42

Tabel 4.43 Nilai Severity Kemampuan Unit Meremovel Beban Pencemar

Skala Besaran Risiko				
1	2	3	4	5
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Efisiensi removal 55% - 80%	Efisiensi removal 50% - 70%	Efisiensi removal 45% - 60%	Efisiensi removal 40% - 50%	Efisiensi removal <35%

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Kemampuan unit dalam meremovel beban pencemar menjadi salah satu faktor pemenuhan standar baku mutu yang ada. Semakin tinggi efisiensi removal pada unit pengolahan maka hasil effluen yang dihasilkan juga akan semakin baik. Menurut Metcalf and eddy, *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse Third Edition*, 1991 seharusnya pada unit *solid separation chamber* mampu meremovel BOD dan COD sebesar 55% dan mampu meremovel TSS hingga 80% namun pada kenyataannya berdasarkan hasil perhitungan removal unit *solid separation chamber* tidak mencapai persentase removal tersebut, persentase yang diperoleh tidak lebih dari 35%.

Berdasarkan hasil perhitungan removal yang dilakukan dan dari sumber yang dapat dipercaya. Kondisi idealnya efisiensi removal pada unit *solid separation chamber* antara 55% - 80%. Kondisi eksistingnya efisiensi removal berkisar 33% - 35% hal ini dapat disebabkan karena media yang digunakan sebagai media

penyaring yaitu media pasir dan kerikil tidak pernah dilakukan penggantian sehingga menurunkan efisiensi removal beban pencemar pada unit tersebut. Sehingga sesuai dengan hasil penelitian dan perhitungan nilai *severity* terletak pada skala 1 (sangat buruk). Tabel nilai *severity* efisiensi unit meremoval beban pencemar dapat dilihat pada Tabel 4.43.

Tabel 4.44 Nilai Severity Penggantian Media

Skala Besaran Risiko				
1	2	3	4	5
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Rutin dilakukan secara berkala setiap 1 Tahun sekali	Rutin dilakukan secara berkala setiap 2 - 3 Tahun sekali	Rutin dilakukan secara berkala setiap 4 Tahun sekali	Tidak rutin dilakukan, setiap 5 Tahun sekali	Tidak rutin dilakukan >5 Tahun sekali

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Penyaringan atau filtrasi merupakan suatu proses pemisahan komponen padatan yang terkandung didalam air limbah dengan melewatkannya melalui media yang berpori yaitu media pasir dan kerikil. Selain itu, penyaringan juga dapat mengurangi kandungan bakteri, dan bau pada air limbah. Berdasarkan SNI 3981-2008 tentang saringan pasir lambat, berat jenis pasir sebagai media penyaringan yaitu sebesar 2,55 gr/cm³ – 2,65 gr/cm³. pasir merupakan tempat tumbuh dan hidupnya mikroorganisme yang akan membantu proses penurunan kandungan pencemar dengan memakan zat-zat organik yang terkandung pada air limbah. Hal ini terjadi pada saat air limbah melewati pasir penyaring. Pada lapisan tersebut terjadi proses oksidasi biologis yang berlangsung dalam saringan pasir. Sedangkan pada media kerikil, kerikil memiliki luas permukaan yang besar, dan bakteri dapat hidup dan melekat pada permukaannya. Hal tersebut dapat membantu dalam menurunkan

kandungan BOD pada air limbah. Sehingga durasi penggantian media pasir dan kerikil perlu diperhatikan karena mengingat pentingnya media pasir dan kerikil dalam membantu menurunkan beban pencemar.

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan kepada sumber yang dapat dipercaya dan dari penelitian pendahulu. Kondisi idealnya durasi penggantian media pasir dan kerikil dilakukan rutin setiap 1 tahun sekali. Kondisi eksisting yang terjadi dilapangan media pasir belum pernah diganti semenjak tahun 2007 dan baru dilakukan penggantian media pada tahun 2018. Sehingga sesuai dengan hasil penelitian dan perhitungan nilai *severity* terletal pada skala 1 (sangat buruk). Tabel nilai *severity* durasi penggantian media dapat dilihat pada Tabel 4.44.

4.4 Penentuan Nilai Occurence

Occurrence merupakan peluang terjadinya suatu kegagalan atau kesalahan dalam satuan waktu. Penentuan penilaian *occurrence* dengan melihat frekuensi tingkat kegagalan yang terjadi berdasarkan dari hasil kuesioner sehingga dapat diketahui seberapa sering peluang terjadinya suatu kegagalan. Skala yang digunakan untuk menentukan peluang munculnya kegagalan yaitu berdasarkan skala 1 – 5, semakin tinggi skala yang didapatkan maka peluang terjadinya kegagalan akan semakin sering dan semakin kecil nilai skalanya maka peluang terjadinya suatu kegagalan juga sangat kecil dan bisa jadi tidak pernah terjadi kegagalan atau gangguan pada aspek tersebut. Setelah didapatkan range nilai selanjutnya ditentukan rating *occurrence* pada masing-masing faktor. Tabel penilaian *occurrence* dapat dilihat pada Tabel 4.45.

Tabel 4.45 Penilaian Occurrence

Occurence	Probabilitas Kegagalan	Range Nilai	Rating
Tidak pernah	Kegagalan mustahil/terkecil yang diharapkan	≤20%	1

Tabel 4.45 Lanjutan			
<i>Occurence</i>	Probabilitas Kegagalan	Range Nilai	Rating
Jarang	Kegagalan dapat diatasi dan tidak mempengaruhi proses lanjutan	21 – 40%	2
Cukup sering	Kegagalan mempengaruhi proses lanjutan tetapi tidak dalam jumlah besar atau berdampak signifikan	41 – 60%	3
Sering	Kegagalan mempengaruhi proses lanjutan dan memiliki dampak besar	61 – 80%	4
Sangat sering	Kegagalan tidak dapat dihindari	≥80%	5

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Untuk mendapatkan range nilai dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Nilai skala terbaik = 5

Penilaian kondisi lingkungan = 3

$$\begin{aligned} \text{Range nilai} &= \frac{\text{penilaian kondisi lingkungan}}{\text{nilai skala terbaik}} \times 100\% \\ &= \frac{3}{5} \times 100\% = 60\% \end{aligned}$$

Hasil persentase range nilai yang telah didapatkan diplotkan pada tabel *occurence* yang ada sehingga akan didapatkan tingkat peluang terjadinya kegagalan.

4.5 Penentuan Nilai Detection

Detection berfungsi untuk mengukur kemampuan jenis pengendalian yang digunakan sebagai pendeteksi penyebab

kegagalan yang terjadi. Nilai *detection* didapatkan dari hasil kuesioner yang digunakan untuk mengukur *occurrence*. Hal ini berkaitan dengan semakin besarnya peluang kegagalan yang terjadi maka kemampuan dalam mendeteksi kegagalan atau mengontrol resiko kegagalan akan semakin kecil. Sehingga cara yang digunakan untuk menentukan range nilai pada *detection* sama dengan nilai *occurrence*. Tabel penilaian *detection* dapat dilihat pada Tabel 4.46.

Tabel 4.46 Penilaian Detection

<i>Detection</i>	Keterangan	Range Nilai	Rangking
Sangat mudah	Mudah dideteksi secara langsung	≤20%	1
Mudah	Dideteksi setelah terjadi kejadian	21-40%	2
Cukup sulit	Baru diketahui setelah keseluruhan proses berakhir	41-60%	3
Sulit	Diperlukan pengecekan terhadap keseluruhan proses	61-80%	4
Sangat sulit	Hasil deteksi tidak terpresentasi secara akurat	≥80%	5

Untuk mendapatkan range nilai pada *detection* rumus yang digunakan sama dengan rumus untuk menghitung nilai *occurrence* contoh perhitungan *detection* sebagai berikut :

Nilai skala terbaik = 5

Penilaian kondisi lingkungan = 2

$$\text{Range nilai} = \frac{\text{penilaian kondisi lingkungan}}{\text{nilai skala terbaik}} \times 100\%$$

$$= \frac{3}{5} \times 100\% = 40\%$$

Hasil persentase range nilai yang telah didapatkan diplotkan pada tabel *detection* yang ada sehingga akan diketahui kemampuan jenis pengendalian untuk mendeteksi penyebab kegagalan.

4.6 Risk Priority Number (RPN)

Nilai yang didapatkan dari hasil penilaian yang dilakukan dalam menentukan nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai RPN dengan cara mengalikan nilai *severity*, *occurrence* dan *detection*. Hasil dari nilai yang didapatkan nantinya akan dijadikan sebagai patokan pemilihan prioritas perbaikan yang perlu dilakukan. Contoh perhitungan nilai *risk priority number* (RPN) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Risk Priority Number (RPN)} &= \text{severity} \times \text{occurrence} \times \text{detection} \\ &= 4 \times 5 \times 5 \\ &= 100 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan pengalihan *severity*, *occurrence* dan *detection* (SOD) yang menjadi prioritas perbaikan adalah yang memiliki nilai *risk priority number* tertinggi karena sifatnya yang sangat penting dan mendesak sehingga menjadi faktor penyebab paling berpengaruh pada hasil eefluen yaang tidak memenuhi baku mutu. Tabel penilaian *risk priority number* dapat dilihat pada Tabel 4.47.

4.7 Optimasi

Optimasi untuk usulan perbaikan didapatkan dari hasil analisis faktor-faktor penyebab kegagalan, tingkat peluang terjadinya kegagalan dan pengendalian dalam pencegahan kegagalan berdasarkan hasil *risk priority number*. Sehingga optimasi perbaikan yang diajukan adalah :

1. Penggantian Media
Penggantian media pasir dan kerikil sebaiknya dilakukan secara rutin minimal 1 tahun sekali untuk membantu unit selanjutnya dalam meremoval beban pencemar.
2. Penyusunan dokumen standar operasional prosedur

SOP pada dasarnya merupakan dokumen yang berisi prosedur operasional standar kegiatan yang dijalankan pada sebuah instansi yang digunakan untuk memastikan bahwa semua keputusan dan tindakan, serta proses yang dilakukan berjalan secara efektif, efisien, konsisten dan sistematis. Berdasarkan kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat dari buku pedoman perencanaan teknik terinci instalasi pengolahan lumpur tinja (IPLT), penyusunan dokumen SOP diperlukan guna identifikasi seluruh unit bangunan pengolahan lumpur tinja yang di terapkan pada IPLT, identifikasi waktu retensi dan proses pengolahan yang perlu diterapkan pada setiap unit bangunan pengolahan pada IPLT, penentuan tahapan pengoperasian, jadwal pengoperasian dan jadwal pemeliharaan unit pengolahan untuk keseluruhan IPLT. Adanya penyusunan dokumen SOP diharapkan dapat membantu dalam meningkat kualitas effluen yang dihasilkan oleh IPLT.

3. Mengadakan pelatihan dan sosialisasi secara rutin yang diperuntukkan untuk semua elemen civitas yang bekerja di instalasi pengolahan lumpur tinja

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Faktor – faktor penyebab kegagalan di Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja yang dianalisis dengan menggunakan *fishbone analysis* dipengaruhi oleh pemahaman pengelola atau petugas IPLT, kualitas air limbah, tidak adanya standar operasional prosedur (SOP) baik untuk pekerja maupun untuk pengolahan, pengelolaan teknologi pengolahan, dan kinerja unit
2. Kegagalan pada Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih Surabaya dapat diidentifikasi melalui hasil perangkaan yang telah dihitung dengan menggunakan *Risk Priority Number* (RPN) dari hasil perangkaan didapatkan 3 peringkat teratas yang menjadi prioritas perbaikan dengan nilai RPN sebesar 100 yaitu kemampuan unit dalam meremoval beban pencemar dengan nilai *SOD* sebesar 5-4-5, durasi penggantian media pasir dan kerikil dengan nilai *SOD* sebesar 5-5-4 serta penerapan dan pengimplementasian standar operasional prosedur dengan nilai *SOD* sebesar 4-5-5.

5.2 Saran

Dari penelitian ini dapat diberikan saran yang diharapkan bermanfaat untuk penelitian selanjutnya. Pada penelitian selanjutnya disarankan mengkaji tentang efisiensi dalam penggunaan energi yang digunakan di Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Surabaya serta emisi yang ditimbulkan dari proses yang terjadi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S. 2010. Pengolahan Lumpur Eks Ipal, tersedia di <http://sugengzend.blogspot.com/2010/11/pengolahan-lumpur-eks-ipal.html>.
- Aisyah, S. 2011. "Implementasi *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) DAN Fuzzy Logic Sebagai Program Pengendalian Kualitas". *Journal of Industrial Engineering & Management Systems* Vol. 4, No 2, August 2011.
- Akbar A.E.T dan Sudarmaji, 2013. "Efektivitas sistem pengolahan limbah cair dan keluhan kesehatan pada petugas ipal di sud dr.m.soewandhie surabaya". *Journal of Occupational Safety and Health* Vol. 2, No. 1, june 2013.
- Az-zahra, 2010. *Teori Activted Sludge Secondary Clarifier Gravity Thickener*, Tersedia di http://www.academia.edu/12766265/Teori_Activated_Sludge_Secondary_Clarifier_Gravity_Thickener.
- Badan Standar Nasional. 2009. "Air dan Air Limbah". SNI 6989.73-2009. Badan Standar Nasional, Jakarta.
- Carlson, C. S. 2004. *Effective Fmeas: Achieving Safe, Reliable, And Economical Products And Processes Using Failure Mode And Effects Analysis*. USA: ReliaSoft Corporation.
- Carlson, C.S. 2014. "Understanding and Applying the Fundamentals of FMEAs". Arizona: ReliaSoft Corporation.
- Chrysler, LLC, 2008. *Potential Failure Mode and Effect Analysis (FMEA): Reference Manual*. Edisi Ke-4. Ford Motor Company. United States of America
- Dian, G dan Herumurti, W. 2016. "Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih, Surabaya". *Jurnal Teknik ITS* Vol.5, No. 1 2016.
- DKP Surabaya. 2011. IPLT (Instalasi Pengolahan Limbah Tinja), <URL: <http://iplt-instalasi-pengolahan-limbah-tinja.htm>>

- Fatimah, S. 2017. "Analisis Service Quality Menggunakan Metode Fishbone Diagram (Studi Kasus pada Bank bjb Buah Batu Bandung Tahun 2017)". e-proceeding of applied science, vol.3, No 2 193.
- Fauziah, N. 2009. "Aplikasi *Fishbone Analysis* dalam Meningkatkan Kualitas Produksi Teh Pada PT Rumpun Sari Kemuning Kabupaten Karanganyar". Skripsi. Jurusan Sosial Ekonomi/Agrobisnis. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Ford Motor Company, FMEA Handbook Version 4.1. Ford Design Institute. 2004
- Ginting, Ir. Perdana. 2007. Sistem Pengelolaan Lingkungan Dan Limbah Industri, Cetakan pertama. Bandung: Yrama Widya. Hal 37-200.
- Graubitz, H. 2006. Ishikaawa Diagram. GIZ portale. Tersedia di https://gc21.giz.de/ibt/en/opt/site/ilt/ibt/regionalportale/sadc/downloads/ishikawa_diagram.pdf.
- Habibi, I. 2012. "Tinjauan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil PT. Sukun Tekstil Kudus". Proyek Akhir. Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- Hasbullah, H., Kholil, M., Santoso, D. A. 2017. "Analisis Kegagalan Proses Insulasi Pada Produksi Automotive Wirea (AW) Dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) Pada PT. JLC". Jurnal Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Volume 21, No.3 2017.
- Herdiana, R. 2015. BAB II Landasan Teori. Tersedia di <https://repository.widyatama.ac.id>.
- Herlina, N dan Ginting, M.H.S. 2002. "Lemak dan Minyak". Digized by USU digital library. Universitas Sumatera.
- Hindarko, S. 2003. Mengolah Air Limbah. Jakarta: Penerbit Esha Seri Lingkungan Hidup.
- Imamoto, T. et al. 2008. "*Perivesical abscess caused by migration of a fish bone from the intestinal tract. International Journal of Urology*". Vol. 9 (405- 409)
- McDermott, Robin.E, dkk, 2009. The Basics of FMEA. Edisi 2. CRC Press. United States of America.

- Mega, G.D. 2016. "Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih Surabaya". Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- MetCalf & Eddy. 1991. "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, 3rd Edition McGraw Hill. New York.
- MetCalf & Eddy. 2003. "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, 4th ed". New York: McGraw Hil Book Co.
- Mraz, M dan Huber, B. 2005. FMECA-FMECA. Ljubljana Spring: Ljubljana.
- Mubin, F., Binilang, A., Halim, F. 2016. "Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Di Kelurahan Istiqlal Kota Manado". Jurnal Sipil Statik, Universitas Sam Ratulangi Manado, Volume 4, No.3 Maret 2016.
- Murnawan, H. 2014. "Perencanaan Produktivitas Kerja dari Hasil Evaluasi Produktivitas dengan Metode Fishbone Di Perusahaan Percetakan Kemasan PT. X". Jurnal Teknik Industri HEURISTIC Vol 11 No 1 April 2014.
- Nasution, M. I. 2008. "Penentuan Jumlah Amoniak dan Tottal Padatan Tersuspensi pada Pengolahan Air Limbah PT.Bridgestone Sumatera Rubber Estate Dolok Merangir". Medan: Universitas Sumatera.
- Octavia, L. 2010. "Aplikasi Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk Pengendalian Kualitas pada Proses Heat Treatment PT. Mitsuba Indonesia". Jakarta: Program Studi Teknik Industri Universitas Mercu Buana.
- Oktarina, Dwi dan Haki, Helmi. Desember 2013. "Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Sistem Kolam Kota Palembang (Studi Kasus : IPLT Sukawiatan)", Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan 1, 1: 74-79.

- Perdhani, R. 2003. "Laju Penyerapan Zat Organik oleh Tumbuhan Air Eceng Gondok, Kayu Apung dan *Duckweed* : Studi pada Effluen IPLT Keputih". Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur. 2013. "Baku Mutu Air Limbah Domestik Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya ". Pergub Jatim No 72 Tahun 2013.
- Praja, Y.H. 2017. "Analisa Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) Pada Limbah Cair dan Air Laut Dengan Menggunakan Alat Spektrofotometri *UV-Visible*". Semarang: Program Studi D-3 Kimia Universitas Sumatra Utara
- Pujiastuti,P dkk. 2013. Kualitas dan Beban Pencemaran Perairan Waduk Gajah Mungkur. Jurnal Ekosains. V(1) : 64-65
- Puspitasari, N.B. dan Martanto, A. 2014. "Penggunaan FMEA dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Pross Produksi Sarung ATM (Alat Tenun Mesin) (Studi Kasus PT. Asaputex Jaya Tegal)". Semarang: Program Studi Teknik Industri Universitas Diponegoro.
- Putri, N.C. 2011. "Kajian Implementasi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja di Indonesia". Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Santoso. A.D. 2018. "Keragaan Nilai DO, BOD dan COD di Danau Bekas Tambang Batu bara Studi Kasus pada Danau Sangatta North PT. KPC di Kalimantan Timur". Jurnal Teknologi Lingkungan Vol. 19, No 1, Januari 2018.
- Scarvada, A.J., Chameeva, T.B., Goldstein, S.M., Hays, J.M., Hill, A.V. 2004." A Review of the Casual Mapping Practice and Research Literatur". Second World Conference, Cancun, Mexico, April 30-May 3, 2004.
- SNI 6989.59-2008 tentang metoda pengambilan contoh air limbah

- Stamatis, D. H. 2003. "Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution 2nd Edition". Milwaukee:ASQC Quality Press.
- Tague, N.R. 2005. "*The Quality Toolbox. (2th ed.)*". Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press. <<http://asq.org/quality-press/display-item/indeks.html?item=H1224>>
- Widyaningrum, C.R. 2016. "Analisis Penurunan Kinerja Unit Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Karang Pilang I Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*". Surabaya: Teknik Lingkungan ITS.
- Yumaida. 2011. Analisis Risiko Kegagalan Pemeliharaan Pada Pabrik Pengolahan Pupuk Npk Granular (Studi Kasus : Pt. Pupuk Kujang Cikampek)
- Zulius A. 2017. Rancang Bangun Monitoring pH Air Menggunakan Soil Moisture Sensor di SMK N 1 Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang. *Jusikom*. Vol 2, No. 1, Juni 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A
LEMBAR KUESIONER PENGELOLA ATAU PETUGAS IPLT
KEPUTIH SURABAYA

Kepada Yth:

Bapak/Ibu Responden

Saya Yunita Wahyuning Tyas mahasiswa S1 Teknik Lingkungan ITS. Judul Tugas Akhir yang saya ambil dalam penelitian ini adalah “Kajian Risiko Proses Dalam Pengolahan Air Limbah Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis (Fmea)* (Studi Kasus Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (Iplt) Keputih Surabaya)”.

Sebelumnya saya mengucapkan terimakasih atas kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi kuesioner ini. Saya memahami bahwa waktu Bapak/Ibu sangat terbatas oleh karena itu saya meminta kesediaan dan partisipasi Bapak/Ibu untuk menjawab pertanyaan yang ada secara jujur dan terbuka, mengingat data ini sangat penting untuk menyelesaikan Tugas Akhir saya.

Jawaban Bapak/Ibu akan dijaga kerahasiaannya dan tidak akan berpengaruh terhadap penilaian prestasi kerja serta kedudukan Bapak/Ibu di perusahaan.

Atas perhatian dan kerjasama Bapak/Ibu, saya ucapkan terimakasih.

Hormat saya,

Yunita Wahyuning Tyas

1. Profil Responden dan Teknis

Petunjuk pengisian : Jawablah pertanyaan mengenai diri Bapak/Ibu dibawah ini.

1. Nama :
2. Jenis Kelamin
 - a. Pria
 - b. Wanita
3. Usia tahun
4. Alamat :
5. Kendala yang sering dialami saat bekerja :

Cara pengisian : Berilah tanda centang (√) pada jawaban yang sesuai dengan keadaan Bapak/Ibu rasakan selama bekerja di sebuah Instansi.

2. Sumber Daya Manusia (*Manpower*)

Berilah tanda centang (√) pada kolom penilaian

Ket:

- 1 = struktur organisasi terdiri dari 2 staff penanggung jawab/< 5 tahun/<SMP
- 2 = struktur organisasi terdiri dari 3 staff penanggung jawab/5 – 10 tahun/SMA-SMK sederajat
- 3 = struktur organisasi terdiri dari 4 staff penanggung jawab/10 – 15 tahun/sarjana sosial
- 4 = struktur organisasi terdiri dari 5 staff penanggung jawab/15 – 20 tahun/sarjana teknik
- 5 = struktur organisasi terdiri dari 6 staff penanggung jawab/> 20 tahun/teknik sipil/teknik lingkungan

No	Pertanyaan	1	2	3	4	5
1	Berapa jumlah staff penanggung jawab pada struktur organisasi?					
2	Sudah berapa lama bekerja di IPLT?					
3	Apa pendidikan yang terakhir di tempuh?					

3. Kualitas Air Limbah

Cara pengisian : Berilah tanda centang (√) pada jawaban yang sesuai dengan keadaan Bapak/Ibu rasakan selama bekerja di sebuah Instansi.

Keterangan :

- 1 = lumpur tinja selalu tercampur/tidak pernah memenuhi baku mutu
- 2 = lumpur tinja sering tercampur sampah lain/memenuhi baku mutu,tidak melakukan pemantauan secara berkala dan tidak melakukan perbaikan
- 3 = lumpur tinja tercampur sampah lain namun tidak sering/tidak memenuhi baku mutu, melakukan pemantauan secara berkala dan melakukan perbaikan
- 4 = lumpur tinja tercampur sampah lain namun kemungkinannya keci/selalu memenuhi baku mutu, melakukan pemantauan secara berkala dan tidak melakukan perbaikan
- 5 = murni lumpur tinja/selalu memenuhi baku mutu, melakukan pemantauan secara berkala dan selalu melakukan perbaikan

No	Pernyataan	1	2	3	4	5
1	Apakah lumpur tinja pernah tercampur limbah atau sampah lainnya?					
2	Apakah hasil analisis laboratorium sudah memenuhi baku mutu?					

4. Wawasan dan Perilaku Petugas/Pengelola

Berilah tanda centang (√) pada kolom penilaian

Ket:

- 1 = tidak punya SOP/tidak dipahami semua elemen pengelola/diprogramkan tetapi tidak ada perbaikan program
- 2 = punya tetapi tidak di dokumentasikan dengan baik/tidak dipahami staff ahli dan pekerja/diprogramkan tetapi tidak ada dokumen
- 3 = punya, tidak diterapkan dan tidak *direview*/dipahami staff ahli/tidak dilakukan secara berkala, tidak dilakukan perbaikan
- 4 = punya, diterapkan tetapi tidak *diriview*/dipahami pimpinan dan staff ahli/tidak dilakukan secara berkala tetapi dilakukan perbaikan
- 5 = punya, diterapkan dan *direview* secara kontinu/dipahami semua elemen pengelola/dilakukan secara berkala dan dilakukan perbaikan

No	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
1	Apakah ada standar operasional prosedur (SOP) yang diterapkan di IPLT Keputih?					
2	Apakah para petugas atau pengelola memahami terkait peraturan yang berlaku yaitu PermenLH No 68 tahun 2016 dan Pergub Jatim No 72 tahun 2013?					
3	Apakah pernah melakukan perbaikan dokumen atau refitalisasi dokumen?					

5. Unit Utilitas

Berilah tanda centang (√) pada kolom penilaian dan isilah alasan pada titik-titik yang disediakan.

Ket:

- 1 = Tidak ada/tercampur bahan kimia dalam konsentrasi tinggi dan setiap hari
- 2 = ada gasket tetapi tidak dipakai/tercampur bahan kimia dalam konsentrasi tinggi tetapi tidak setiap hari
- 3 = ada gasket dipakai tetapi daya tidak cukup/tercampur bahan kimia dalam konsentrasi tinggi dan tidak sering
- 4 = ada gasket dipakai dan daya cukup/tercampur bahan kimia dalam konsentrasi rendah dan tidak sering
- 5 = ada energi terbarukan/tidak pernah tercampur bahan kimia

No	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
1	Bagaimana cara mengatasi pemadaman listrik?					
2	Apakah ada bahan kimia yang ikut tercampur dalam proses pengolahan?					

6. Monitoring Kinerja Pengelola

Berilah tanda centang (√) pada kolom penilaian dan isilah alasan pada titik-titik yang disediakan.

Ket:

1 = tidak Pernah

2 = mengikuti pelatihan dan sosialisasi namun tidak rutin

3 = mengikuti pelatihan dan sosialisanya namun hanya pimpinan

4 = mengikuti peltihan dan sosialisasi setiap bulan untuk pimpinan dan staaff ahli

5 = mengikuti pelatihan dan sosialisasi setiap bulan untuk semua elemen

No	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
1	Apakah pernah mengikuti pelatihan dan sosialisasi?					

LAMPIRAN B

LEMBAR WAWANCARA PENGELOLA ATAU PETUGAS IPLT KEPUTIH SURABAYA

1. Apakah pernah terjadi penurunan voltase listrik?
Jawaban : Tidak pernah terjadi penurunan voltase listrik pada IPLT Keputih
2. Apakah pernah terjadi pemadaman listrik dan bagaimana solusinya?
Jawaban : Pernah, tetapi sebelum terjadi pemadaman listrik pihak IPLT akan diberi tahu terlebih dahulu dan pemadaman listrik tidak pernah terjadi lebih dari 5 jam. Pada saat pemadaman listrik semua unit akan berhenti beroperasi dan dilakukan pengurasan pada unit *clarifier*. IPLT tidak pernah menggunakan ganset karena pemadaman tidak pernah lebih dari 6 jam.
3. Pada pukul berapa saja pompa dinyalakan?
Jawaban : untuk pompa yang ada di *oxidation ditch* dinyalakan 24 jam meskipun pada musim penghujan pompa tetap dinyalakan. Sama halnya dengan pompa yang ada pada *clarifier* juga dinyalakan selama 24 jam tetapi jika turun hujan pompa dimatikan dan dilakukan pengurasan pada *sludge clarifier*, jika tidak dikuras endapan yang telah terbentuk naik lagi kepermukaan. Untuk pompa yang ada di *balanching tank* setiap pagi akan dinyalakan tergantung dari inletnya selain itu juga dilihat centimeter yang ada pada *balanching tank*. Pompa yang digunakan untuk mengalirkan air pengencer selalu dinyalakan selagi air pengencer yang ada pada sumur *sump well* masih ada. Untuk pompa yang ada di *distribution box* dinyalakan pagi hari, jika pada sore hari *balanching tank* sudah dikuras maka akan dilakukan *return sludge*. setelah di *return sludge* kurang lebih selama 1 jam pompa dimatikan. Selama putar balik ada pengisian pada bak *balanching tank*, sebelum terjadi *over flow* pompa dimatikan jika tidak dimatikan maka akan berpengaruh pada kekentalan *oxidation ditch*. Kemudian kurang lebih

sekitar 1 – 2 jam dilakukan pengurasan pada *clarifier*. Minimal dalam sehari dilakukan 3 x pengurasan pada unit *clarifier*. apabila *clarifier* dikuras pompa yang ada di bak *balanching tank* dinyalakan.

4. Berapa jumlah pompa yang digunakan ?

Jawaban : Total pompa yang digunakan ada sekitar 7 pompa celup

5. Berapa lama waktu tinggal yang dibutuhkan lumpur agar menjadi lumpur aktif pada unit *oxidation ditch*?

Jawaban : Dibutuhkan waktu kurang lebih selama 2 x 24 jam untuk menjadi lumpur aktif.

6. Berapa kali dilakukan penggantian media kerikil dan pasir pada unit SSC ?

Jawaban : Seharusnya penggantian media kerikil dan pasir dilakukan setiap 1 tahun sekali, tetapi mulai tahun 2007 belum pernah dilakukan penggantian media. Media baru diganti pada tahun 2018

7. Apakah lumpur tinja pernah tercampur limbah atau sampah lainnya?

Jawaban : Pernah dan hampir setiap truk tinja yang masuk ke IPLT lumpur yang dibawa tercampur dengan sampah. Jenis sampah yang ikut tercampur biasanya yaitu pembalut yang sudah dalam keadaan hancur sehingga lolos penyaringan *bar screen* dan ikut masuk dalam pengolahan sehingga menyumbat pompa.

8. Berapa kali dilakukan pengurasan pada unit *oxidation ditch*?

Jawaban : Pengurasan dilakukan setiap 1 tahun sekali sama halnya dengan unit *solid separation chamber*.

9. Berapa jumlah truk tanki tinja yang masuk dalam 1 hari ?

Jawaban : Truk tinja yang masuk sekitar 35 – 50 truk. Setiap CV biasanya memiliki lebih dari 1 truk tinja dan setiap truk biasanya membuang lumpur tinja sekitar 1,5 m³.

10. Berapa biaya retribusi untuk pembuangan lumpur di IPLT Keputih?

Jawaban : Berdasarkan Perda No 1 Tahun 2015 biaya retribusi perkubiknya dikenai sebesar 15000.

11. Mulai pukul berapa truk tinja dapat masuk ke IPLT?
Jawaban : Mulai pukul 07.00 pagi – 07.00 malam
12. Apakah pernah ada limbah B3 yang masuk dalam pengolahan?
Jawaban : Pernah, tetapi sudah sangat lama pada saat jam operasional IPLT buka 24 jam dan belum ada pemantauan, sehingga tidak diketahui truk tanki mana yang tercampur limbah B3.
13. Apa dampak yang ditimbulkan dari masuknya limbah B3 ke unit pengolahan di IPLT?
Jawaban : Dampaknya sludge yang ada pada *clarifier* berwarna hitam dan tercium bau limbah B3 yang sangat menyengat.
14. Apakah ada bahan kimia yang ikut tercampur pada unit pengolahan ?
Jawaban : Tidak pernah ada bahan kimia yang tercampur pada proses pengolahan.
15. Sebelum ada unit SSC kemana lumpur tinja dialirkan?
Jawaban : Sebelum ada unit SSC lumpur tinja langsung dialirkan ke unit *balanching tank*. Sehingga setiap harinya harus melakukan pembersihan atau pengurasan pada unit *balanching tank* sekitar 10 x karena ada penyumbatan yang disebabkan oleh sampah rumah tangga. SSC baru dibangun pada tahun 1995 sejak berdirinya pada tahun 1991.
16. Berapa waktu yang diperlukan untuk mengeringkan lumpur di *sludge drying bed*?
Jawaban : pengeringan membutuhkan waktu kurang lebih 3 minggu pada musim kemarau dan 1 bulan pada musim penghujan.
17. Dalam sehari berapa m³ lumpur tinja yang diolah di IPLT?
Jawaban : Untuk desain awalnya IPLT didesain dapat mengolah lumpur tinja hingga 400 m³/hari. Pada kenyataannya lumpur tinja yang diolah di IPLT setiap harinya hanya sekitar 80 – 100 m³/hari.

LAMPIRAN C
DATA VOLUME DAN PERUSAHAAN YANG
BEKERJASAMA DENGAN PIHAK IPLT

No	Nama Perusahaan	Alamat	Volume/m ³						
			Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September
1	PT. Setra Sari	Jl. Ngagel Jaya Indah III No. 10-12	39,29	56,58	69,00	32,88	46,74	58,2	51,12
2	PT. Tinja	Jl. Mayjend 228	64,56	51,90	50,22	44,64	45,48	44,94	33,66
3	CV. Java Utama	Jl. Petemon III/192 A	55,02	48,18	31,98	33,42	52,08	12,36	38,46
4	CV. Prayogo	Jl. Petemon Barat 172	24,06	21,60	24,60	17,64	18,3	10,8	19,8
5	CV. Nusa Jaya	Jl. Karang Empat IX	207,96	188,28	174,84	124,80	178,80	203,70	165,78
6	CV. Cahaya Hidup	Jl. Darmo Baru Barat No. 33	-	-	-	-	-	-	10,92
7	UD. Eka Jaya	Jl. Semolowaru Selatan I/16	16,74	1,80	7,80	8,34	9,00	8,10	7,38
8	UD. Sumber Rejeki	Jl. Lembah Harapan AE/16	79,08	68,70	64,44	49,20	222,12	35,58	79,80
9	CV. Jaya Abadi	Jl. Bratang Wetan III/2	62,88	63,96	54,42	68,40	77,52	52,56	65,40
10	CV. Utama	Jl. Bendul Merisi 142	106,98	89,88	81,18	54,84	74,76	66,66	102,24
11	CV. Surya Agung	Jl. Bulak Banteng GG. Encap	4,20	3,00	4,20	-	1,08	2,10	3,90
12	Kopsas	Jl. Kebalen Barat No. 97	2,40	1,62	6,60	1,20	5,52	6,48	4,98
13	PT. Menang	Jl. Candi Lontar Wetan 44N-5	-	-	-	-	-	-	-
14	UD. Sumber Kencono	Jl. Krukah Utara 14	33,34	27,12	28,62	17,70	40,92	24,48	30,54
15	UD. Mentari	Jl. Candi Lontar Utara blok D/76	-	-	-	-	-	-	-
16	CV. Mitra Abadi	Jl. Wisma Pandugo IIG 9 blok T no. 26	97,38	89,46	83,10	80,58	112,98	110,50	81,60
17	CV. Sanjaya	Jl. Dukuh Pakis V/11A	60,00	46,38	37,44	58,14	70,26	47,64	41,10
18	CV.Top	Jl. Dukuh Setro III/50	209,64	164,88	170,28	127,80	189,90	142,74	148,20
19	UD. Sumber Jaya	Jl. Krukah Utara 14	132,18	88,38	107,16	56,70	98,82	72,36	87,96
20	CV. Barokah	Jl. Semolowaru Selatan GG.Buntu	207,90	121,08	87,84	69,24	144,36	149,40	133,32
21	UD. Anugerah	Jl. Barata Jaya IIA/54	47,70	64,50	48,00	43,68	68,34	42,00	50,52
22	UD. Prima	Jl. Ploso Timur Gg. Buntu No.8	29,52	34,62	33,30	8,70	22,62	22,62	10,62
23	CV. Maju	Jl. Mulyorejo Tengah GG. 8/10 B	63,96	83,88	58,44	39,06	77,28	62,94	62,52
24	Wahana Cemerlang	Belahan Rejo RT. 02 RW.01	9,06	-	1,74	-	-	-	-
25	UD.Mitra Mandiri	Jl. Karang Pilang Barat No.69	62,58	77,58	37,38	43,62	71,04	93,84	75,48
26	CV.Surya Kencana	Jl. Raya Lontar 116	5,94	6,30	2,40	-	-	1,50	1,50
27	UD. AEF Jaya	Jl. Mojo 4 No. 20	-	-	-	-	-	4,20	5,52
28	UD. Bima Sakti		699,60	624,78	499,74	461,88	704,28	659,88	756,48
29	UD. Wijaya		59,10	67,50	44,70	41,10	47,94	40,92	51,60
30	Tinja DKP		165,0	145,0	80,0	68,0	75,0	185,0	135,0
Jumlah			2.515,90	2.232,00	1.889,40	1.551,60	2.455,10	2.162,70	2.253,90
Rata-rata			83,9	74,4	63,0	51,7	81,8	72,1	75,1

BIOGRAFI PENULIS



Penulis merupakan putri Magetan yang lahir pada tanggal 27 November 1996 dan telah lama tinggal di Kota Surabaya. Penulis merupakan anak pertama dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan dasar di SDN Menur Pumpungan 123 Surabaya pada Tahun 2003-2009. Pada Tahun 2009-2011 menempuh pendidikan di SMP Yapita Surabaya dan pada Tahun 2011-2014 menempuh pendidikan di SMA IPIEMS Surabaya. Penulis kemudian melanjutkan kuliah S1 Teknik Lingkungan ITS Surabaya. Penulis pernah melakukan magang di rumah sakit Dr. Soetomo Surabaya pada bagian sanitasi. Penulis merupakan peserta aktif LKMM Pra-TD pada Tahun 2014. Selama masa perkuliahan penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) ITS pada periode 2015-2016 sebagai staff publikasi dan dokumentasi di AL-KAUN, menjadi staff dana pada acara Hari Air Sedunia yang diadakan oleh Komunitas Pecinta dan Pemerhati Lingkungan HMTL ITS. Selain itu penulis juga mengikuti berbagai kepanitian didalam maupun diluar jurusan dan mengikuti berbagai seminar dan pelatihan baik nasional maupun internasional. Penulis dapat dihubungi via email yunitatyas0@gmail.com.