

# Kajian Risiko Proses Pengolahan Lumpur Tinja Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) (Studi Kasus: Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Kota Batu)

Sasi Kirana Iswara Mawangi dan Atiek Moesriati  
Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail*: atiek@enviro.its.ac.id

**Abstrak**—Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Kota Batu merupakan salah satu Unit Pelaksana Teknis Pengelolaan Air Limbah Domestik Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman Kota Batu. Pada tahun 2017-2019 debit pengolahan IPLT Kota Batu sebesar 36 m<sup>3</sup>/hari. Berdasarkan hasil analisis laboratorium tahun 2017 – 2019, diperoleh hasil bahwa parameter indikator pencemaran tidak memenuhi baku mutu. Nilai *effluent* pada IPLT Kota Batu Tahun 2019 untuk parameter BOD, COD, TSS, pH, dan minyak lemak masing-masing sebesar 59,42 mg/L; 188,7 mg/L; 46,8 mg/L; 9,2; dan 6,5 mg/L. Sehingga diperlukan identifikasi terhadap terjadinya kegagalan pengolahan lumpur tinja untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya risiko kegagalan serta saran perbaikan yang dapat dilakukan. Lingkup penelitian ini adalah mengevaluasi pengolahan air limbah pada operasional sebelum tahun 2019 dengan debit pengolahan 36 m<sup>3</sup>/hari. Analisis untuk meminimalisir kegagalan dalam pengolahan lumpur tinja menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Risiko terjadinya kegagalan pada instalasi pengolahan lumpur tinja dianalisis dengan menggunakan metode *fishbone*. Risiko tersebut dapat dihitung nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* dari metode FMEA dan dari nilai tersebut dapat ditentukan prioritas penanganan dan perbaikan dengan mengalikan hasil nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang dinyatakan dalam bentuk *Risk Priority Number*. Berdasarkan dari hasil analisis dan kuisioner yang didapatkan, upaya untuk memperkecil kegagalan pengolahan lumpur tinja diantaranya pengurusan rutin barscreen, memperketat SOP penyedotan lumpur tinja, pelatihan atau seminar tentang pengolahan tinja, mengontrol limbah masuk, perawatan pada unit ABR, Kolam Fakultatif, Kolam Maturasi, dan pompa *vacuum* truk tinja secara rutin.

**Kata Kunci**—*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Fishbone Diagram*, IPLT Kota Batu, Lumpur Tinja, *Risk Priority Number*.

## I. PENDAHULUAN

LUMPUR tinja merupakan sumber pencemar yang terdiri atas padatan terlarut di dalam air yang sebagian besar mengandung material organik [1]. Lumpur tinja yang matang akan mengendap di dasar tangki sehingga harus dilakukan pengurusan secara berkala setiap 2-5 tahun bergantung pada kondisi tiap tangki septik [2]. Setelah lumpur tinja dilakukan penyedotan oleh truk tinja, kemudian dibawa ke IPLT (Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja) untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut. Lumpur tinja adalah hasil metabolisme tubuh yang mengandung BOD, COD, TSS, pH, amonia, dan *Escherichia coli*.

Pengolahan lumpur tinja bertujuan untuk menurunkan kandungan zat organik dari lumpur tinja dan menurunkan bakteri-bakteri patogen (bakteri, virus, jamur dan lain

sebagainya) [3]. Prinsip pengolahan lumpur tinja adalah pengolahan fisik melalui pemisahan padatan dan pengolahan biologis [4]. Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Kota Batu menggunakan prinsip pengolahan limbah secara fisik, biologis dan pengolahan lumpur. Pengolahan fisik meliputi SSC (*solid separation chamber*), unit pengolahan biologis terdiri dari unit ABR (*anaerobic baffled reactor*), unit kolam fakultatif, dan kolam maturasi, sedangkan untuk unit pengolahan lumpur yaitu *drying area*.

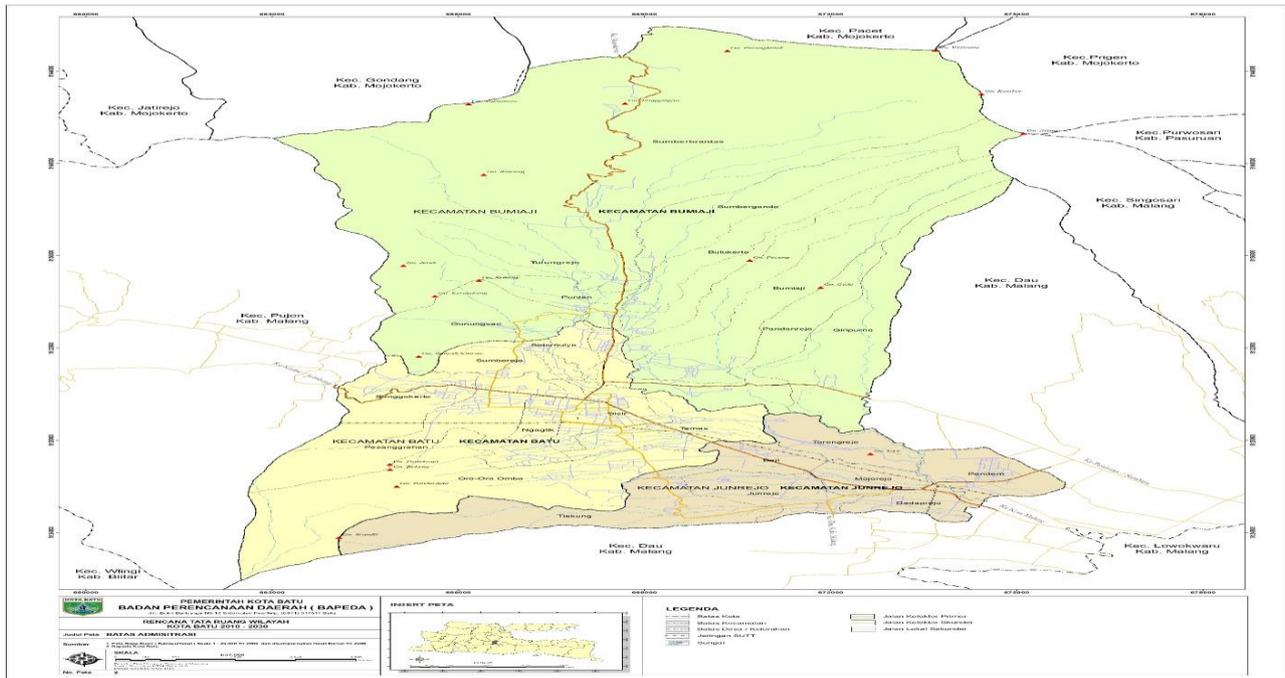
Pada tahun 2019 debit pengolahan lumpur tinja yang masuk di IPLT Kota Batu sebesar 36 m<sup>3</sup>/hari [5]. Sejak bulan Januari 2020 IPLT Kota Batu mengalami pembatasan debit pengolahan lumpur tinja atas perintah Kepala Dinas Perumahan dan Pemukiman Kota Batu karena menunggu peraturan daerah terbaru terkait biaya retribusi untuk mencegah terjadinya pungutan liar pelanggan, sehingga debit lumpur tinja yang masuk sebesar 16-18 m<sup>3</sup>/hari. Pada Februari 2020 salah satu bangunan pengolahan IPLT ada yang mengalami kerusakan yaitu Kolam Fakultatif 1. Kualitas hasil *effluent* IPLT Kota Batu tahun 2017 – 2019 semakin menurun tidak memenuhi baku mutu Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68 tahun 2016 tentang air limbah domestik. Kondisi tersebut semakin lama akan semakin memburuk, sehingga diperlukan identifikasi kegagalan pengolahan lumpur tinja, guna meminimalisir terjadinya kegagalan sebagai evaluasi untuk selanjutnya jika debit pengolahan sudah normal kembali menjadi 36 m<sup>3</sup>/hari dan kolam fakultatif sudah mengalami perbaikan.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan analisis risiko untuk mendeteksi faktor - faktor kegagalan pengolahan lumpur tinja agar memenuhi baku mutu. Metode yang digunakan dalam menganalisis permasalahan ini adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA dapat menentukan tindakan untuk menjawab permasalahan utama kegagalan sistem pengolahan dan pertimbangan perbaikan desain teknologi yang digunakan [6]. Penggunaan metode FMEA sering dan mudah digunakan pada bidang industri serta dapat diaplikasikan pada pengolahan lumpur tinja tyas [7].

## II. METODE PENELITIAN

### A. Pengumpulan Data

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu mengumpulkan data sekunder yang terdiri dari data kualitas lumpur tinja dengan parameter BOD, COD, TSS, amonia,



Gambar 1. Lokasi wilayah penelitian.

Tabel 1.  
Hasil analisis effluent limbah cair IPLT Kota Batu

Parameter	Satuan	Inlet SSC	Outlet SSC	ABR	Kolam Fakultatif 1	Kolam Fakultatif 2	Kolam Maturasi 1	Kolam Maturasi 2	Baku Mutu	Ket
pH	-	6,5	6,9	7,8	8,4	8,7	8,9	9,2	6 – 9	T M
TSS	mg/L	821,8	330	198	137,1	82,7	49,0	46,8	30	T M
COD	mg/L	6830	2464	651,7	308,1	278	225,9	188,7	100	T M
BOD	mg/L	2144	1306	292	148	90,57	80,68	59,42	30	T M
Amonia	mg/L	86,89	79,05	55,68	45,86	36,45	9,36	5,52	10	M
Total Coliform	MPN/100 mL	3500	3000	2800	2200	1600	900	500	3000	M
Minyak Lemak	mg/L	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	5	T M

Tabel 2.  
Hasil analisis effluent limbah padat IPLT Kota Batu

Parameter	Hasil	Satuan	Baku Mutu	Ket
C – organik	18,2	%	≥15	Memenuhi
C/N	6	-	≤25	Memenuhi
pH	5,9	-	4 – 9	Memenuhi
N	3,26	%		
P	0,67	%	≥2	Memenuhi
K	0,03	%		

minyak lemak, dan *total coliform* untuk limbah cair serta parameter C-organik, rasio C/N, pH, N, P, dan K untuk limbah padat (pupuk). Data Sekunder yang telah diperoleh akan diolah sesuai dengan data baku mutu air limbah domestik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68 tahun 2016 dan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 216 Tahun 2019 tentang persyaratan minimal mutu pupuk organik padat.

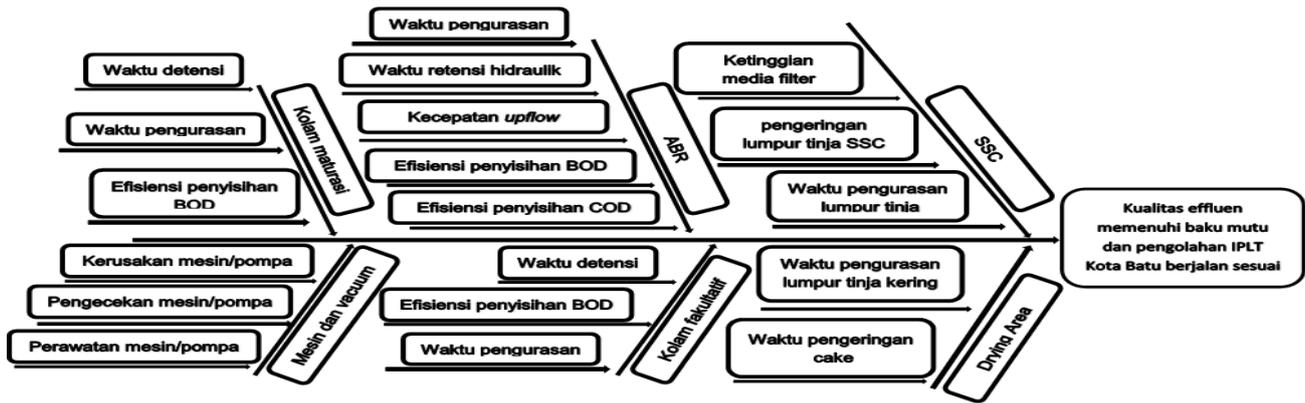
Untuk menunjang metode FMEA, dilakukan survei wawancara dan kuisioner yang berisi aspek teknis dan non teknis yang ditujukan kepada pekerja IPLT Kota Batu. Dari hasil wawancara tersebut diolah sehingga diketahui inti permasalahan dari pengolahan lumpur tinja. Kemudian ditentukan cara memperkecil kesalahan pengolahan lumpur tinja berdasarkan nilai RPN yang diperoleh.

**B. Wilayah Penelitian**

Wilayah penelitian dilakukan di IPLT Kota Batu yang terletak di Jalan Raya Tlekung, Desa Tlekung, Kecamatan Junrejo, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur. Lokasi IPLT dapat dilihat pada Gambar 1 [8].

**C. Analisis Fishbone**

Analisis *Fishbone* adalah metode pendekatan terstruktur yang memungkinkan untuk dilakukan analisis lebih terperinci dalam menemukan penyebab suatu masalah, ketidaksesuaian, dan kesenjangan yang ada [9]. Diagram ishikawa atau diagram *fishbone* adalah salah satu metode dari *Seven Quality Tools* yang digunakan untuk mencari penyebab dari timbulnya masalah pada proses produksi [10]. Metode ini terdiri dari beberapa faktor seperti mesin, manajemen,



Gambar 2. Diagram analisa fishbone aspek teknis.



Gambar 3. Diagram analisa fishbone aspek non teknis.

Tabel 3.  
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

Tabel 4.  
Skala besaran risiko

Skala Besar Risiko yang Ditimbulkan				
Sangat Kecil (0)	Kecil (1)	Sedang (2)	Besar (3)	Sangat Besar (4)
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 menyebabkan fungsi unit selanjutnya terganggu dan berpengaruh hasil produksi	Risiko yang ditimbulkan menyebabkan hasil produksi yang akan melampaui standar baku mutu	Risiko yang ditimbulkan menyebabkan air limbah produksi melampaui standar baku mutu

material, man power, lingkungan, measurement, dan metode.

D. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) adalah teknik analisa risiko yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu peralatan, fasilitas dan sistem dapat gagal serta ada akibat yang dapat ditimbulkannya [6]. Metode FMEA mengukur tingkat risiko berdasarkan tiga parameter yaitu keparahan/severity (S), kejadian/occurance (O), dan deteksi/detection (D). Penilaian dari risiko-risiko tersebut diperoleh nilai RPN (Risk Priority Number).

Menurut Moesriati, RPN adalah penilaian untuk menentukan prioritas kegagalan [11]. Nilai RPN digunakan untuk memeberikan peringkat kegagalan proses yang potensial. Nilai RPN ditunjukkan dengan hasil perkalian antara S x O x D.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Lumpur Tinja IPLT Kota Batu

Lumpur tinja yang diolah oleh IPLT Kota Batu berasal dari tangki septik rumah warga, restoran, hotel, tempat wisata, fasilitas umum, fasilitas keagamaan, dan IPAL komunal. Hasil effluent pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu ada 2 yaitu limbah cair dan padat. Limbah cair diambil pada unit SSC, ABR, Kolam Fakultatif 1, Kolam Fakultatif 2, Kolam Maturasi 1, dan Kolam Maturasi 2, serta limbah padat (pupuk) yang diambil pada unit Drying Area. Parameter kualitas effluent limbah cair terdiri dari BOD, COD, TSS, amonia, pH, total coliform, dan minyak lemak. Sedangkan parameter kualitas effluent limbah padat (pupuk) terdiri dari C-organik, pH, rasio C/N, N, P, dan K.

Tabel 5.  
Skala kondisi lingkungan

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

Tabel 6.  
Penilaian occurrence

Range Nilai	Probability of Failure	Occurance	Rating
≤ 20%	Kegagalan mustahil/terkecil yang diharapkan.	Tidak pernah	1
21% - 40%	Kegagalan dapat diatasi dan tidak mempengaruhi proses lanjutan.	Jarang	2
41% - 60%	Kegagalan mempengaruhi proses tetapi tidak dalam jumlah besar atau dampak signifikan.	Cukup sering	3
61% - 80%	Kegagalan mempengaruhi proses lanjutan dan memiliki dampak besar.	Sering	4
≥ 81%	Kegagalan tidak dapat dihindari.	Sangat sering	5

Tabel 7.  
Penilaian detection

Range Nilai	Probability of Failure	Detection	Rating
≤ 20%	Dapat langsung dideteksi secara langsung	Pasti	1
21% - 40%	Dapat dideteksi setelah terjadi	Mudah	2
41% - 60%	Dapat diketahui setelah proses keseluruhan berakhir	Cukup Sulit	3
61% - 80%	Dibutuhkan pengecekan terhadap keseluruhan unit	Sulit	4
≥ 81%	Hasil deteksi tidak mampu terepresentasi secara akurat	Sangat Sulit	5

Tabel 8.  
Hasil perhitungan RPN aspek teknis

Sumber	Jenis Kegagalan	S	O	D	RPN	Prioritas penanganan
SSC	Ketinggian media filter pada unit SSC	1	1	1	1	20
	Pengeringan lumpur tinja di SSC	3	1	2	6	17
	Membersihkan / menguras unit <i>solid separation chamber</i>	2	2	2	8	16
SSC	Mengganti media filter (pasir dan kerikil) pada unit <i>solid separation chamber</i>	3	2	2	12	7
Drying Area	Pengurusan <i>drying area</i>	3	1	1	3	18
	Pengeringan <i>drying area</i>	3	1	1	3	19
ABR	Pengurusan ABR	3	2	2	12	8
	HRT ABR	2	3	3	18	3
	Upflow ABR	3	2	3	18	4
	penyisihan BOD ABR	2	2	3	12	9
Kolam Fakultatif	Penyisihan COD ABR	2	2	3	12	10
	Td Kolam Fakultatif	3	2	3	18	5
	Penyisihan BOD Fakultatif	4	2	3	24	1
	Pengurusan Kolam Fakultatif	3	2	2	12	11
Kolam Maturasi	Td Kolam Maturasi	2	2	3	12	12
	Penyisihan BOD Maturasi	4	2	3	24	2
	Pengurusan Kolam Maturasi	3	2	2	12	13
Pompa dan vacuum	Melakukan pengecekan terhadap mesin/peralatan yang ada pada IPLT	2	2	2	12	15
	kerusakan mesin/pompa	3	2	2	12	14
	Perawatan mesin dan pompa vacuum	3	2	3	18	6

B. Hasil Analisis

Hasil analisis *effluent* lumpur tinja untuk limbah cair pada Tabel 1 dan limbah padat (pupuk) pada Tabel 2.

1) Analisis pH

Pada Tabel 1, hasil analisis pH pada IPLT Kota batu berdasarkan baku mutu PERMEN LHK No. 68 Tahun 2016 di unit SSC, ABR, Kolam Fakultatif 1, Kolam Fakultatif 2, dan Kolam Maturasi 1 masih memenuhi. Namun pada unit Kolam Maturasi 2 sebesar 9,2 yang hanya sedikit melebihi baku mutu.

2) Analisis TSS

Hasil analisis TSS pada Tabel 1 masih belum memenuhi baku mutu PERMEN LHK No. 68 Tahun 2016 dengan nilai

sebesar 46,8 mg/L. Tingginya kandungan TSS pada air limbah disebabkan oleh banyaknya padatan yang masih belum terendapkan pada saat proses pengolahan [7].

3) Analisis COD

Berdasarkan hasil analisis COD pada Tabel 1 menunjukkan hasil *effluent* dari IPLT Kota Batu belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 188 mg/l. Menurut Sudarmaji, tingginya nilai COD disebabkan oleh masih tingginya kandungan bahan organik yang terdapat pada air limbah tersebut [12].

Bakteri pada Kolam maturasi akan terganggu dengan tingginya kadar COD, sehingga proses dekomposisi tidak dapat berjalan dengan maksimal.

Tabel 9.  
Hasil perhitungan RPN aspek teknis

Sumber	Jenis Kegagalan	S	O	D	RPN	Prioritas penanganan
Sumber Daya Manusia	Pemahaman PermenLHK No. 68 Tahun 2016	3	2	2	12	5
	Pemahaman Kepmen Pertanian No. 216 Tahun 2019	4	2	2	16	4
	Pelatihan atau seminar tentang pengolahan tinja	4	3	2	24	2
Metode	Standar operasional prosedur (SOP) untuk pekerja dan unit pengolahan	1	1	1	1	6
	Analisis laboratorium	4	2	3	24	3
Material	Air limbah tercampur dengan sampah/limbah lainnya	3	5	2	30	1

#### 4) Analisis BOD

Berdasarkan hasil analisis BOD pada Tabel 1 menunjukkan hasil air olahan *effluent* dari IPLT Kota Batu belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 59,42 mg/l. Penyebab tingginya nilai BOD disebabkan oleh masih tingginya kandungan bahan organik yang terdapat pada air limbah tersebut.

#### 5) Analisis Amonia

Berdasarkan hasil analisis amonia pada Tabel 1 menunjukkan hasil air olahan *effluent* dari IPLT Kota Batu sudah memenuhi baku mutu PERMEN LHK No. 68 Tahun 2016 yang telah ditetapkan. Kandungan amonia yang diperoleh sebesar 5,52 mg/l.

#### 6) Analisis Total Coliform

Berdasarkan hasil analisis *total coliform* pada Tabel 1 menunjukkan hasil air olahan *effluent* dari unit pengolahan IPLT Kota Batu sudah memenuhi baku mutu PERMEN LHK No. 68 Tahun 2016 yang telah ditetapkan yaitu dibawah 3000 mg/l.

#### 7) Analisis Minyak Lemak

Berdasarkan hasil analisis minyak lemak pada Tabel 1 menunjukkan hasil air olahan IPLT Kota Batu belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 6,5 mg/l. Kandungan minyak dan lemak dalam air limbah dapat bersumber dari hotel, tempat wisata atau rumah-rumah penduduk yang mengolah bahan baku mengandung minyak dan ikut terbuang kedalam toilet. Kadar minyak lemak pada *inlet* dan *outlet* pengolahan IPLT Kota Batu tidak mengalami penurunan, sehingga perlu dilakukan analisis resiko lanjutan.

#### 8) Analisis Limbah Padat (Pupuk)

Dari hasil analisis pada Tabel 2, berdasarkan Kepmen Pertanian No. 216 Tahun 2019 tentang persyaratan teknis minimal mutu pupuk organik padat pada hasil parameter C-organik, rasio C/N, pH, N, P, dan K tersebut pupuk organik Kota Batu sudah memenuhi syarat digunakan sebagai pupuk.

### C. Analisa Fishbone

Dalam pembuatan analisa *fishbone* didasarkan pada lembar kuisioner dan wawancara kepada petugas IPLT Kota Batu yang dibagi menjadi aspek non teknis dan aspek teknis. Pada bagian non teknis meliputi wawasan pekerja, metode, dan material. Pada aspek teknis meliputi operasional serta perawatan unit pengolahan meliputi unit SSC, unit *drying area*, unit ABR, unit kolam fakultatif, unit kolam maturasi, dan pompa *vacuum*.

Dari diagram *fishbone* pada Gambar 2, didapatkan kendala pada aspek teknis seperti perawatan pada unit – unit pengolahan IPLT Kota Batu meliputi unit SSC, *drying area*, ABR, kolam fakultatif, kolam maturasi, dan perawatan pompa

*vacuum*. Sedangkan pada Gambar 3, didapatkan kendala pada proses pengolahan IPLT Kota Batu pada aspek non teknis seperti kurangnya pelatihan yang didapatkan oleh pekerja IPLT, lumpur tinja yang bercampur dengan sampah atau limbah lain setiap 1 minggu sekali, dan hasil *effluent* yang tidak memenuhi baku mutu.

#### D. Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Setelah menganalisis identifikasi faktor – faktor penyebab kegagalan dan dampak yang diberikan pada pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dengan menggunakan analisa *fishbone*, dilanjutkan dengan menggunakan metode FMEA yang akan diperoleh nilai RPN untuk pengambilan kesimpulan sehingga diperoleh upaya pencegahan kegagalan. FMEA digunakan untuk mencari resiko terbesar menjadi penyebab penurunan kualitas pengolahan lumpur tinja. Seluruh penilaian *severity*, *occurrence*, dan *detection* skala lima untuk menjamin konsistensi analisis resiko [13].

##### 1) Severity

Penentuan *severity* diperoleh dari penilaian dari besar dampak dan masalah yang ditimbulkan dari potensi kegagalan pada proses produksi yang diperoleh dari hasil pengamatan kemudian disesuaikan dengan definisi *severity* untuk setiap masalah [14]. Langkah selanjutnya yaitu melakukan penilaian pada masing-masing faktor kegagalan. Range nilai didapatkan dari hasil perhitungan seperti pada contoh perhitungan dibawah ini:

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

Setelah didiperoleh *range* nilai untuk menentukan *rating* terhadap *severity* dari faktor - faktor dengan menyesuaikan tabel *severity* yang dibuat. Berikut ini tabel penilaian *severity* dapat dilihat pada Tabel 3.

Skala besaran risiko dibuat masing-masing sesuai dengan faktor-faktor kemungkinan yang mempengaruhi proses pengolahan lumpur tinja. Skala besaran risiko dapat dilihat pada Tabel 4 dan skala kondisi lingkungan dapat dilihat pada Tabel 5.

##### 2) Occurrence

*Occurrence* adalah tingkat kemungkinan terjadi kegagalan selama masa pengolahan dan digambarkan dengan beberapa kali kejadian terjadi dalam satuan waktu [13]. Penilaian peluang muncul kegagalan berdasarkan skala 1-5 [15]. Setelah didapatkan *range* nilai selanjutnya menentukan *rating* terhadap *occurrence* dari masing-masing faktor. Berikut ini tabel penilaian *occurrence* dapat dilihat pada Tabel 6.

##### 3) Detection

*Detection* adalah nilai kemampuan dalam mengendalikan kegagalan yang terjadi [13]. Nilai *detection* berhubungan

dengan pengendalian saat ini sesuai dengan hasil kuisioner untuk *occurrence*. Jika nilai peluang kegagalan semakin besar maka kemampuan mendeteksi kegagalan semakin kecil [15]. Berikut ini tabel penilaian *detection* dapat dilihat pada Tabel 7.

#### 4) RPN (Risk Priority Number)

*Risk Priority Number* (RPN) merupakan hasil perkalian dari penilaian *severity*, *occurrence*, *detection*. Penilaian RPN digunakan untuk menentukan potensial kegagalan yang dapat terjadi. Pada penilaian ini akan dibedakan menjadi dua, yaitu penilaian aspek teknis dan aspek non teknis. Berikut ini adalah hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Prioritas penanganan faktor kegagalan aspek teknis pada Tabel 8 didapatkan peringkat 1-20 bahaya yang teridentifikasi pada aspek teknis dan harus dilakukan pengendalian. Penentuan titik potensi kegagalan yang perlu dikendalikan pada peringkat nilai 1-6 karena memiliki angka RPN yang terbesar yang dapat mengganggu proses pengolahan pada IPLT Kota Batu. Sedangkan peringkat 7-20 karena nilai RPN kecil dan potensi kegagalan cenderung kecil maka potensi kegagalan tidak perlu dikendalikan. Jenis kegagalan pada Tabel 3 diantaranya penyisihan BOD kolam fakultatif, penyisihan BOD kolam maturasi, HRT ABR, *upflow* ABR, td kolam fakultatif, perawatan mesin dan pompa *vacuum*.

Prioritas penanganan faktor kegagalan aspek non teknis pada Tabel 9 didapatkan peringkat 1 hingga 6 bahaya yang teridentifikasi pada aspek non teknis. Pada penentuan titik potensi kegagalan 1-3 berdasarkan nilai RPN diambil analisis risiko nilai RPN pada IPLT Kota Batu pada aspek non teknis diantaranya air limbah tercampur sampah atau limbah lainnya, kurangnya pelatihan atau pelatihan yang diterima pekerja terkait pengolahan tinja, dan kualitas *effluent* tidak memenuhi baku mutu.

Usulan perbaikan diperoleh untuk menangani permasalahan yang ada di IPLT Kota Batu berdasarkan analisis faktor-faktor *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada hasil RPN pada aspek teknis dan non teknis. Sehingga usulan perbaikan yang diajukan diantaranya: Aspek Teknis seperti (1) Penyisihan BOD Fakultatif dan Td Kolam Fakultatif. Efisiensi penyisihan BOD di kolam fakultatif IPLT Kota Batu sebesar 10 – 53%. Berdasarkan buku “Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja” Kementerian PUPR tahun 2017, efisiensi penyisihan BOD pada unit kolam fakultatif sebesar 70-90%. Kemudian td kolam fakultatif di lapangan 7 – 14 hari, namun berdasarkan hasil perhitungan td kolam fakultatif sebesar 38 hari. Berdasarkan kedua kondisi tersebut dapat dianalisis jika ada pendangkalan kedalaman di dasar kolam fakultatif akibat lumpur.

Upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu melakukan pengurasan atau penyedotan lumpur dengan pompa setiap 2 – 3 tahun sekali dan membersihkan lapisan *scum* yang timbul karena *scum* pada kolam fakultatif dapat menghambat proses fotosintesis. (2) Penyisihan BOD Maturasi, efisiensi penyisihan BOD di kolam maturasi IPLT Kota Batu sebesar 10 – 53%. Berdasarkan buku “Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja” Kementerian PUPR tahun 2017, efisiensi penyisihan BOD pada unit kolam fakultatif sebesar >60%. Upaya untuk

mengatasi permasalahan tersebut yaitu melakukan pengurasan atau penyedotan lumpur dengan pompa setiap 2 – 3 tahun sekali seperti kolam fakultatif. (3) HRT ABR dan *Upflow* ABR, besar HRT ABR berdasarkan hitungan 51,18 jam dan *upflow* ABR sebesar 0,31 m/jam. Berdasarkan buku “Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja” Kementerian PUPR tahun 2017 kriteria desain nilai HRT dan *upflow* ABR sudah memenuhi. Namun, karena ABR berada di pengolahan awal untuk air limbah setelah unit SSC maka perlu dilakukan pengurasan lumpur setiap 3 bulan sekali untuk mencegah penurunan efisiensi pengolahan dan mencegah pendangkalan akibat lumpur yang menumpuk. (4) IPLT Kota Batu memiliki kendaraan penyedot tinja sendiri, sehingga mesin dan *vacuum* kendaraan perlu dilakukan pengecekan dan perawatan yang rutin setidaknya 2 kali dalam 1 minggu agar tidak terjadi kerusakan.

Sedangkan aspek non teknis, meliputi: (1) Pembersihan rutin *barscreen* dan memperketat sop penyedotan lumpur tinja. Kota Batu merupakan kota wisata di Jawa Timur yang banyak memiliki tempat wisata, hotel, rumah makan, dan fasilitas umum lainnya yang sering dikunjungi oleh wisatawan. Limbah domestik dari *saptic tank* yang dihasilkan juga berpotensi tercampur dengan sampah kamar mandi dan buangan minyak dari dapur. Permasalahan sampah yang ikut tercampur ke dalam sistem pengolahan IPLT Kota Batu sudah diselesaikan dengan *barscreen* dan sampah yang masih lolos terahan di media filter SSC, sehingga tetap melakukan pengurasan dan pembersihan 3 - 5 hari sekali. Kemudian memperketat SOP penyedotan IPLT Kota Batu untuk mencegah dan mengurangi masuknya minyak kedalam unit pengolahan. (2) Pelatihan dan seminar yang perlu di ikuti oleh pekerja IPLT Kota Batu. Faktor kualitas SDM perlu ditingkatkan untuk mencegah terjadinya kegagalan dalam operasional dan dapat mengatasi permasalahan jika ada kesalahan operational. Pelatihan didapatkan oleh pekerja rata-rata hanya sekali pada saat penerimaan pekerja, namun sebaiknya pelatihan dilakukan setidaknya dilakukan setiap 6 bulan atau 1 tahun sekali. (3) *Effluent* IPLT Kota Batu masih tidak memenuhi baku mutu air limbah domestik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68 Tahun 2016, sehingga perawatan dan operasional unit pengolahan IPLT Kota Batu harus dilakukan dengan baik. Pada unit SSC dan *drying area* sudah cukup baik, namun pada unit ABR, kolam fakultatif dan kolam maturasi harus lebih rutin dilakukan pengurasan agar tidak terjadi kegagalan dalam pengolahan akibat endapan lumpur. Selain itu perlu adanya kontrol jumlah limbah yang masuk ke IPLT Kota Batu.

#### IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapat, yaitu: (1) Faktor penyebab kegagalan di IPLT Kota Batu berdasarkan analisis dari nilai *severity*, *occurrence*, *detection* didasarkan pada wawancara diantaranya ketidakpahaman pengelola atau petugas IPLT, sumber air limbah yang tercampur dengan sampah atau limbah lain, hasil *effluent* air limbah tidak memenuhi baku mutu akibat kegagalan pengelolaan teknologi SSC, *drying area*, ABR, kolam fakultatif, kolam maturasi, dan kurang rutinnya melakukan perawatan pompa *vacuum* kendaraan sedot tinja yang dapat menyebabkan

kerusakan.

(2) Berdasarkan analisis FMEA dihasilkan nilai RPN (*Risk Priority Number*) yang merupakan prioritas kegagalan pada aspek teknis dengan jenis kegagalan diantaranya berupa, penyisihan BOD kolam fakultatif dengan RPN 24, penyisihan BOD maturasi dengan RPN 24, HRT ABR dengan RPN 18, *upflow* ABR dengan RPN 18, td kolam fakultatif dengan RPN 18, dan perawatan mesin dan pompa *vacuum* dengan RPN 18. Sedangkan pada aspek non teknis diantaranya limbah yang tercampur dengan sampah atau limbah lainnya dengan RPN 30, pelatihan atau seminar tentang pengolahan tinja dengan RPN 24, dan hasil *effluent* tidak memenuhi baku mutu dengan RPN 24.

(3) Upaya yang dilakukan untuk memperkecil kegagalan pengolahan lumpur tinja diantaranya melakukan, melakukan pembersihan barscreen dan pengurusan filter SSC setiap 3 - 5 hari sekali untuk mencegah penyumbatan akibat sampah yang tercampur dengan lumpur tinja, pengurusan rutin di unit ABR setiap 3 bulan agar tidak mengurangi efisiensi pengolahan, melakukan pengurusan di kolam fakultatif dan maturasi setiap 1-3 tahun sekali, melakukan perawatan mesin dan *vacuum* yang rutin setidaknya 2 kali dalam 1 minggu, melakukan kontrol jumlah limbah yang masuk ke pengolahan IPLT serta melakukan perawatan unit pengolahan lebih rutin untuk mencegah hasil olahan tidak memenuhi baku mutu, memperketat SOP penyedotan IPLT Kota Batu, dan melakukan pelatihan dan seminar yang perlu di ikuti oleh pekerja IPLT Kota Batu setiap 6 bulan atau 1 tahun sekali.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Kota Batu yang telah membantu penulis dalam memperoleh data-data penelitian dan juga penulis mengucapkan terimakasih kepada Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dan memberikan banyak saran kepada penulis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Hidayat, A. Sasmitha, and M. Reza, "Perencanaan Pembangunan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) di Kecamatan Tampian Kota Pekanbaru," Universitas Riau, 2017.
- [2] S. Sudarmadji and H. Hamdi, "Tangki septik dan peresapannya sebagai sistem pembuangan air kotor di permukiman rumah tinggal keluarga," *PILAR*, vol. 9, no. 2, 2013.
- [3] N. C. Putri, "Kajian Implementasi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja di Indonesia," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [4] G. D. Mega and W. Herumurti, "Evaluasi kinerja instalasi pengolahan lumpur tinja (IPLT) Keputih, Surabaya," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [5] F. Imansyah, Analisis Dampak Pencemaran Lingkungan Pada Proses Pengolahan Lumpur Tinja IPLT Kota Batu Dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA) dan Analytic Hierarchy Process (AHP). Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2019.
- [6] Y.-S. Chen, C.-H. Cheng, C.-J. Lai, C.-Y. Hsu, and H.-J. Syu, "Identifying patients in target customer segments using a two-stage clustering-classification approach: A hospital-based assessment," *Comput. Biol. Med.*, vol. 42, no. 2, pp. 213–221, 2012.
- [7] Y. Tyas, "Kajian Risiko Proses dalam Pengolahan Air Limbah Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) (Studi Kasus Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih Surabaya)," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2019.
- [8] PPID Kota Batu, "Peta Batas Administrasi," *Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi Kota Batu*, 2019. <https://ppid.batukota.go.id>.
- [9] V. Gaspers, *Total Quality Management*, 2nd ed. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2002.
- [10] E. D. Prasetyo, "Analisa produksi pada aerosol can Ø65 X 124 dengan menggunakan metode pendekatan six sigma pada line abm 3 departemen assembly PT. XYZ," *Penelit. dan Apl. Sist. dan Tek. Ind.*, vol. 8, no. 2, p. 182871, 2014.
- [11] E. A. Y. Utami, A. Moesriati, and N. Karnaningroem, "Risiko kegagalan pada kualitas produksi air minum isi ulang di Kecamatan Sukolilo Surabaya menggunakan failure mode and effect analysis (FMEA)," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2017.
- [12] S. Sudarmaji and A. E. T. Akbar, "Effectiveness of liquid waste treatment system and complaints on health officer WWTP at Dr. M Soewandhie Hospital Surabaya," *Indones. J. Occup. Saf. Heal.*, vol. 2, no. 1, p. 3794, 2013.
- [13] N. Fitrianti, "Analisis Penurunan Kualitas Air Produksi Instalasi Air Minum (IPAM) X dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [14] C. S. Carlson, *Effective FMEAs: Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes Using Failure Mode and Effects Analysis*, 1st ed. United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 2012.
- [15] I. Wahyuningsih, "Pengurangan Resiko Kegagalan Produksi Air Minum Isi Ulang Kecamatan Gubeng Kota Surabaya dengan Menggunakan FMEA," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.