

# Analisis Manajemen Risiko Proses Pengolahan Limbah Mesin *Dissolved Air Flootation* dengan Metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (Studi Kasus PT. X)

Salwatul Aisy<sup>1\*</sup>, Yanuar Pandu Negoro<sup>2</sup>, Moh. Jufriyanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik Indonesia

\*Koresponden email: salwatulaisy2002@gmail.com

Diterima: 19 Oktober 2023

Disetujui: 27 Oktober 2023

## Abstract

PT. X is a company that operates in the field of plastic recycling production. In carrying out the waste processing process at PT. X still experiences risks in the waste processing process. The risks that occur at PT. X, namely the occurrence of several obstacles to the waste processing process due to lack of maintenance and checking of machines. This research aims to identify risks that have the potential to hinder the waste processing process. This research was conducted using the Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) method. From the research results, there are 7 causes of danger and 13 risks. Then for risk level there are 3 categories, namely low, high and very high. Risk control is carried out for risks that have a low risk level, namely the pump burns out, a high risk level, namely the water inlet is not controlled, the pump only sucks in air, the water pressure at the valve increases, the air pressure on the pump decreases, the pressure gauge decreases, the incoming water flow is insufficient, and the air supply is insufficient, the level is very high, namely the air pressure in the pump decreases, the air in the vessel is not controlled, and the sludge settles.

**Keywords:** *risk, waste processing proces, HIRARC*

## Abstrak

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi daur ulang plastik. Dalam menjalankan proses pengolahan limbah di PT. X masih mengalami risiko pada proses pengolahan limbah. Risiko yang terjadi di PT. X yaitu terjadinya beberapa penghambat proses pengolahan limbah dikarenakan kurangnya perawatan dan pengecekan mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi risiko yang berpotensi sebagai penghambat proses pengolahan limbah. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC). Dari hasil penelitian terdapat 7 penyebab bahaya dan 13 risiko. Kemudian untuk *risk level* terdapat 3 kategori yaitu *low*, *high*, dan *very high*. Pengendalian risiko dilakukan terhadap risiko yang memiliki level *low risk* yaitu pompa terbakar, level *high risk* yaitu air inlet tidak terkontrol, pompa hanya menyedot angin, tekanan air pada *valve* naik, tekanan angin pada pompa menurun, *pressure gauge* menurun, aliran air yang masuk tidak mencukupi, dan pasokan udara tidak mencukupi, level *very high* yaitu tekanan angin pada pompa menurun, udara pada *vesfel* tidak terkontrol, dan lumpur mengendap.

**Kata Kunci:** *risiko, proses pengolahan limbah, HIRARC*

## 1. Pendahuluan

Kegiatan industri di Indonesia meningkat sebagai hasil dari kemajuan teknologi. Kegiatan industri ini tidak hanya memiliki efek positif, tetapi juga efek negatif, terutama yang berkaitan dengan lingkungan [1]. Salah satu masalah lingkungan utama saat ini adalah limbah cair yang berasal dari aktivitas rumah tangga dan industri. Limbah cair yang tidak dikelola akan berdampak pada sumber daya air [2]. Pada proses produksi, pengelolaan limbah cair bertujuan untuk mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan serta menghilangkan atau mengurangi tingkat pencemaran air [3]. Banyak perusahaan mulai peduli dengan dampak negatif pengolahan limbah karena pentingnya masalah lingkungan. Selain itu, semua perusahaan harus mengikuti peraturan yang ditetapkan oleh pemerintah dalam Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang pengolahan lingkungan hidup dan konsekuensi yang akan diderita oleh perusahaan jika terjadi pencemaran lingkungan selama kegiatan usahanya.

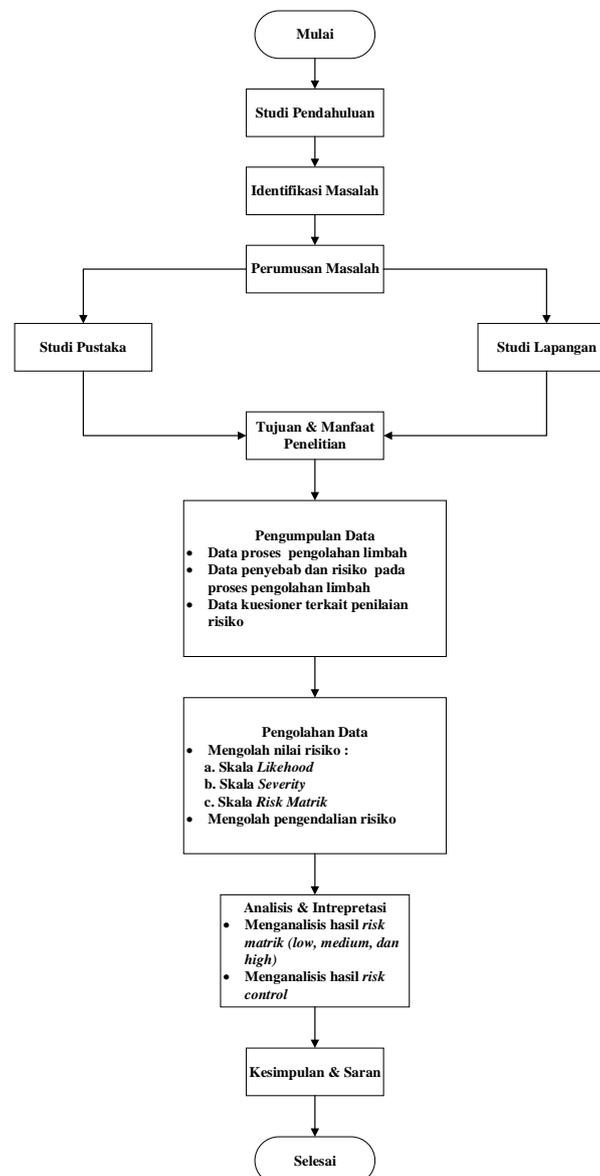
Air limbah adalah buangan yang dihasilkan dari proses produksi, baik industri maupun rumah tangga. Limbah, yang biasanya disebut sebagai sampah, seringkali tidak diinginkan dan menimbulkan gangguan lingkungan karena dianggap tidak memiliki nilai ekonomis. Limbah industri berasal dari proses industri,

baik langsung maupun tidak langsung [4]. Limbah cair adalah jenis limbah yang paling banyak ditemukan di Indonesia. Ini adalah limbah cair yang berasal dari proses industri dan dibuang ke lingkungan [5]. Pengolahan air limbah industri di Indonesia sebagian besar dilakukan dengan menggunakan proses berbahan kimia [6].

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi daur ulang plastik. Setiap harinya PT. X dapat memproduksi dengan kapasitas yang telah ditetapkan. Jika produksi dilakukan secara berkala, pasti akan ada limbah yang dihasilkan, yang harus diolah dengan baik. PT. X memiliki area pengolahan limbah yang berbeda-beda, terdapat setidaknya 2 area pengolahan limbah yang dimiliki PT. X antara lain area pengolahan limbah produksi dan area pengolahan limbah domestik. Dalam menjalankan proses pengolahan limbah pada mesin *Dissolved Air Flotation* (DAF) di PT. X masih mengalami risiko pada proses pengolahan limbah. Risiko yang terjadi di PT. X yaitu terjadinya beberapa penghambat proses pengolahan limbah pada mesin *Dissolved Air Flotation* (DAF) dikarenakan kurangnya perawatan dan pengecekan mesin, sehingga diperlukan manajemen risiko yang baik pada proses pengolahan limbah agar dapat menghasilkan limbah dengan kualitas yang baik untuk lingkungan dan juga tidak menghambat proses pengolahan limbah.

Berdasarkan permasalahan diatas digunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC) yang bertujuan untuk mengidentifikasi risiko yang berpotensi sebagai penghambat proses pengolahan limbah.

## 2. Metode Penelitian



**Gambar 1.** Flowchart Penelitian

### 1. Studi Pendahuluan

Pada tahap ini peneliti mengumpulkan informasi yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian, dengan melakukan penelitian langsung di PT. X yang dilaksanakan pada bulan Agustus sampai September 2023.

### 2. Identifikasi Masalah

Pada tahap identifikasi masalah dilakukan dengan cara mengamati hal-hal yang berkaitan dengan *Hazard Identification, Risk Assesment, and Risk Control* (HIRARC) pada proses pengolahan limbah pada mesin *Dissolved Air Floatation* (DAF) di PT. X. Setelah identifikasi diperoleh permasalahan terkait manajemen risiko pada proses pengolahan limbah lalu mencari solusi dari permasalahan yang ada di lapangan.

### 3. Perumusan Masalah

Tahap selanjutnya yaitu perumusan masalah. Pada tahap ini peneliti akan memberi suatu pertanyaan yang akan dicarikan jawabannya melalui pengumpulan data.

### 4. Studi Pustaka dan Studi Lapangan

Dari permasalahan yang ada maka akan menuju ke studi pustaka dengan mata kuliah metodologi penelitian, manajemen risiko, dan jurnal untuk menggali informasi berkaitan dengan *Hazard Identification, Risk Assesment, and Risk Control* (HIRARC). Studi lapangan dilakukan untuk mengamati secara keseluruhan terhadap proses pengolahan limbah pada mesin *Dissolved Air Floatation* (DAF) di PT. X.

### 5. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Dari latar belakang maka di dapat tujuan dan manfaat dari penelitian yaitu untuk mengetahui penyebab dan potensi bahaya yang terdapat pada proses pengolahan limbah dan untuk menentukan usulan penanganan risiko untuk mengurangi penyebab bahaya yang terdapat pada proses pengolahan limbah.

### 6. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data proses pada proses pengolahan limbah, data penyebab dan risiko, dan kuisioner penilaian risiko. Kuesioner penilaian risiko diambil dari 1 responden yaitu *foreman waste water treatment plant* (IWWTP). Kuesioner diambil dari responden tersebut dikarenakan memiliki tugas yaitu pengoperasian unit-unit di instalasi pengolahan air limbah, pengawasan, perawatan, dan perbaikan mesin-mesin di area instalasi pengolahan air limbah serta menganalisa kimia fisika terhadap sampel pengolahan air limbah.

### 7. Pengolahan Data

Setelah data-data tersebut sudah diperoleh, maka selanjutnya yaitu:

1. Mengolah nilai risiko:
  - a. Skala *Likelihood*
  - b. Skala *Severity*
  - c. Skala *Risk Matrik*
2. Mengolah pengendalian risiko.

### 8. Analisis dan Intrepretasi

#### 1. Analisis Pengendalian Risiko

Pada tahap ini, klasifikasi bahaya berdasarkan tingkat risiko telah dibahas pada bab sebelumnya, kemudian ditindaklanjuti dengan pengendalian risiko *low*, *high*, dan *very high*.

#### 2. Interpretasi Hasil *Risk Control*

Pengendalian risiko diterapkan pada proses pengolahan limbah sesuai dengan tingkat risikonya. Dalam pengajuan usulan pengendalian risiko ini diperlukan dukungan tenaga ahli agar dapat langsung diterapkan di area kerja.

### 9. Kesimpulan dan Saran

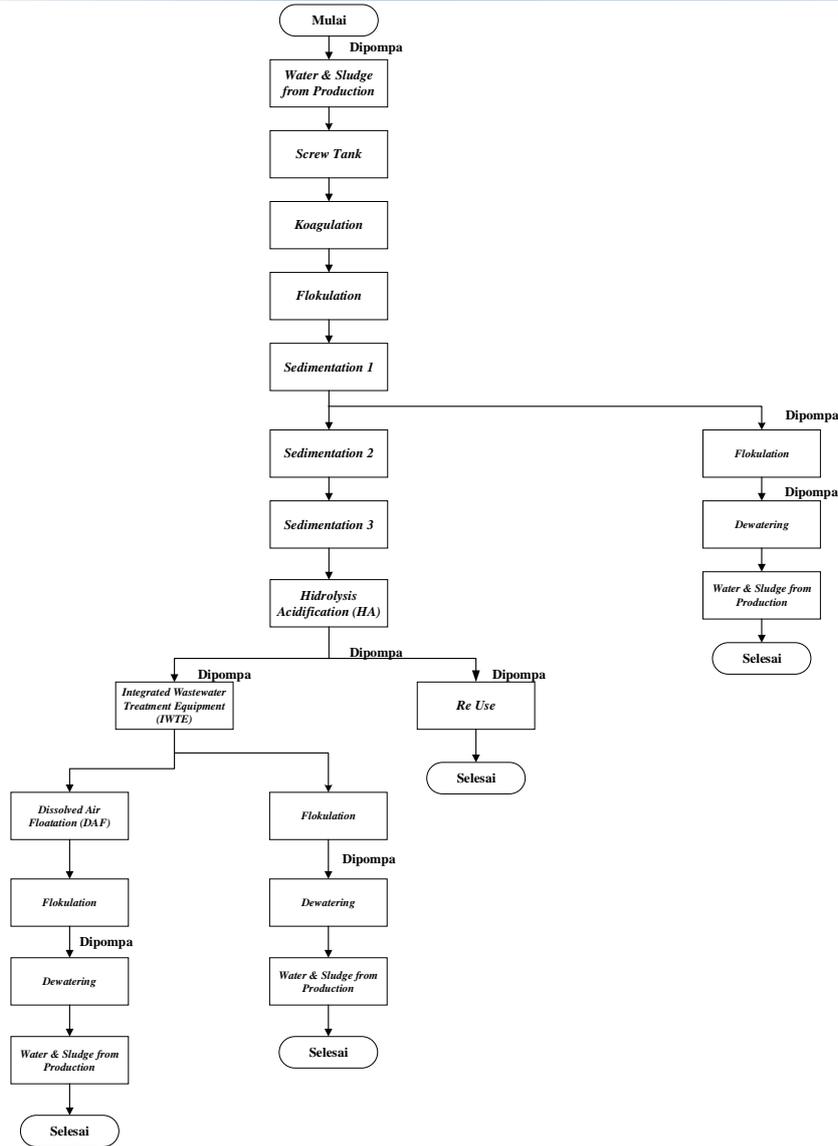
Tahap terakhir yaitu kesimpulan dan saran. Setelah dilakukan usulan penanganan risiko maka akan dilakukan pengambilan kesimpulan dari hasil pengolahan data, analisa dan usulan penanganan risiko serta memberikan saran kepada perusahaan agar dapat melakukan perbaikan keberlanjutan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

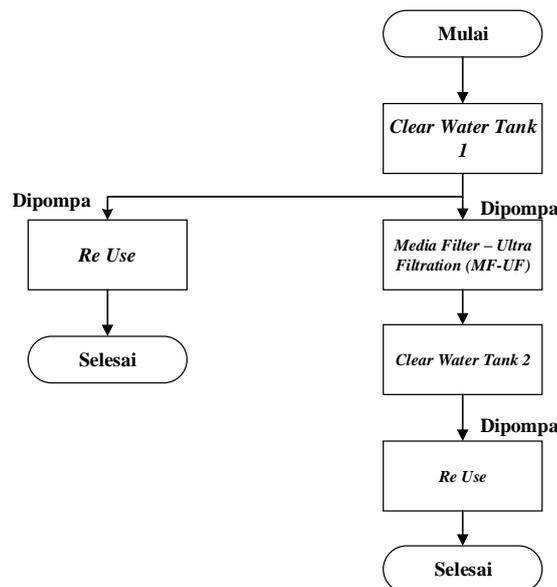
### 1. Pengumpulan Data

#### a. Data Proses Pengolahan Limbah

Proses pengolahan limbah di PT. X diawali dari air limbah dari produksi diendapkan dengan zat kimia dan melalui beberapa tahap pada mesin sehingga air yang dihasilkan dapat digunakan lagi untuk proses produksi. Proses pengolahan limbah dapat dilihat pada *flowchart* dibawah.



**Gambar 2.** Flowchart Proses Pengolahan Limbah  
 Sumber: Proses Pengolahan Limbah PT. X, 2023



**Gambar 3.** Flowchart Proses Pengolahan Limbah  
 Sumber: Proses Pengolahan Limbah PT. X, 2023

**b. Hazard Identification (Identifikasi Risiko Bahaya)**

*Hazard identification* (identifikasi bahaya) adalah proses pemeriksaan setiap area kerja untuk mengidentifikasi semua bahaya pekerjaan [7]. Area kerja juga termasuk area mesin kerja, laboratorium, gudang, dan kantor pelayaran. Pemeriksaan bahaya dilakukan pada setiap area kerja untuk mengidentifikasi semua bahaya yang ada di tempat kerja. Sumber bahaya dapat digolongkan menjadi 5 unsur, yaitu: *man, methode, material, machine, environment* [8]. Tujuan dari identifikasi risiko adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang bertanggung jawab atas risiko tersebut sehingga dapat diusulkan rencana perbaikan yang responsif, efisien, dan efektif. [9]. Salah satu tujuan penilaian risiko adalah untuk menghasilkan daftar yang lengkap dari sumber risiko dan peristiwa yang berdampak pada tujuan dan sasaran yang telah diidentifikasi. [10].

Dalam proses pengolahan limbah pada mesin *Dissolved Air Floatation* (DAF) masih memiliki risiko yang tinggi.

**Tabel 1. Hazard Identification**

Kategori	Mesin	Sub Mesin	Penyebab	Risiko
<i>Dissolved Air Floatation</i> (DAF)	Kolam	Pompa inlet	Tidak ada <i>level control</i>	Air inlet tidak terkontrol Pompa hanya menyedot angin Pompa terbakar
	<i>Gate Valve</i>	<i>Valve</i>	<i>Valve</i> tersumbat lumpur/material <i>Valve</i> selalu tertutup	Tekanan angin pada pompa menurun Pompa terbakar
	<i>Reflux Pump</i>	Pompa	Pompa tersumbat lumpur/material	Tekanan air pada <i>valve</i> naik Tekanan angin pada pompa menurun <i>Pressure gauge</i> menurun Aliran air yang masuk tidak mencukupi
	<i>Air Compressor</i>	Kompresor	Tidak dapat mengontrol pasokan udara	Pasokan udara tidak mencukupi
	<i>Air Dissolving Tank</i>	<i>Vesfel</i>	Tidak dapat mengontrol udara	Udara pada <i>vesfel</i> tidak terkontrol <i>Pressure gauge</i> menurun
	<i>TJ Releaser</i>	<i>TJ releaser</i>	Tidak dapat melarutkan/mengedarkan/memisahkan air dan udara	Lumpur mengendap

Sumber: Wawancara dengan Perusahaan, 2023

**2. Pengolahan Data**

**a. Risk Assessment (Penilaian Risiko)**

Penilaian risiko bertujuan untuk memantau aktivitas kerja dengan menentukan nilai penilaian risiko yang diperoleh dari probabilitas dan tingkat keparahan [11]. Identifikasi bahaya yang telah diidentifikasi sebelumnya. Penilaian risiko dilakukan untuk menentukan tingkat risiko dari bahaya yang telah diidentifikasi. Nilai kemungkinan risiko dan tingkat keparahan risiko menentukan tingkat risiko penelitian [12]. Untuk melakukan penilaian risiko, metode manajemen risiko digunakan. Metode ini melibatkan menentukan nilai skor risiko dengan mengalikan intensitas bahaya dengan kemungkinan bahwa bahaya tersebut akan muncul [13].

$$\text{Risk} = \text{Likelihood} \times \text{Severity}$$

*Likelihood* : frekuensi kegagalan suatu risiko.

*Severity* : tingkat keparahan dari kecelakaan.

Likelihood	Severity				
	1	2	3	4	5
1	H	H	VH	VH	VH
2	M	H	H	VH	VH
3	L	M	H	VH	VH
4	L	L	M	H	VH
5	L	L	M	H	H

**Gambar 4.** Matriks Risiko  
Sumber: AS/NZS 4360 :1999

**Keterangan:**

- L : *Low*
- M : *Medium*
- H : *High*
- VH : *Very High*

**Tabel 2.** Skala Severity

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
1	<i>Negligible</i>	Tidak ada permasalahan, frekuensi gangguan proses pengolahan limbah kecil.
2	<i>Possible</i>	Permasalahan ringan, frekuensi gangguan proses pengolahan limbah kecil.
3	<i>Coceivable</i>	Permasalahan sedang, frekuensi gangguan proses pengolahan limbah besar.
4	<i>Remote</i>	Permasalahan berat > 1 kejadian, frekuensi gangguan proses pengolahan limbah besar dan dampak sangat luas.
5	<i>Inconceivable</i>	Permasalahan fatal > 1 kejadian, frekuensi gangguan proses pengolahan limbah sangat besar dan dampak sangat luas, terhentinya seluruh kegiatan.

Sumber: Pengolahan data, 2023

**Tabel 3.** Skala Likelihood

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
1	<i>Most Likely</i>	Terdapat $\geq 1$ permasalahan proses pengolahan limbah dalam sehari.
2	<i>Possible</i>	Terdapat $\geq 1$ permasalahan proses pengolahan limbah dalam seminggu.
3	<i>Coceivable</i>	Terdapat $\geq 1$ permasalahan proses pengolahan limbah dalam sebulan.
4	<i>Remote</i>	Terdapat $\geq 1$ permasalahan proses pengolahan limbah dalam setahun.
5	<i>Inconceivable</i>	Terdapat $\geq 1$ permasalahan proses pengolahan limbah dalam setahun lebih.

Sumber: Pengolahan data, 2023

Setelah melakukan penilaian risiko terhadap jumlah gangguan pada proses pengolahan limbah pada mesin *Dissolvid Air Floatation* (DAF), selanjutnya dilakukan penilaian tingkat keparahan dan penghitungan nilai risiko untuk setiap bahaya yang diidentifikasi untuk

menentukan langkah-langkah yang tepat untuk mengendalikan risiko. Pengendalian risiko diprioritaskan pada tingkat risiko yang tinggi.

**Tabel 4. Risk Assessment**

Kategori	Mesin	Sub Mesin	Penyebab	Risiko	S	L	SL	RL
Dissolved Air Floatation (DAF)	Kolam	Pompa inlet	Tidak ada <i>level control</i>	Air inlet tidak terkontrol	3	3	6	H
				Pompa hanya menyedot angin	3	3	6	H
				Pompa terbakar	2	5	10	L
	Gate Valve	Valve	Valve tersumbat lumpur/material	Tekanan angin pada pompa menurun	4	1	4	VH
				Valve selalu tertutup	2	5	10	L
	Reflux Pump	Pompa	Pompa tersumbat lumpur/material	Tekanan air pada <i>valve</i> naik	3	2	6	H
				Tekanan angin pada pompa menurun	3	2	6	H
				<i>Pressure gauge</i> menurun	3	3	9	H
				Aliran air yang masuk tidak mencukupi	3	2	6	H
				Pasokan udara tidak mencukupi	3	2	6	H
	Air Compressor	Kompresor	Tidak dapat mengontrol pasokan udara	Udara pada <i>vesfel</i> tidak terkontrol	4	1	4	VH
	Air Dissolving Tank	Vesfel	Tidak dapat mengontrol udara	<i>Pressure gauge</i> menurun	3	2	6	H
	TJ Releaser	TJ releaser	Tidak dapat melarutkan/mengedarkan/memisahkan air dan udara	Lumpur mengendap	4	1	4	VH

Sumber: Kuesioner dan wawancara Perusahaan, 2023

**Keterangan:**

S : *Severity*

L : *Likelihood*

SL : *Severity x Likelihood*

RL : *Risk Level*

**b. Risk Control (Pengendalian Risiko)**

Merupakan sarana untuk memprediksi risiko di lingkungan kerja. Pengendalian risiko adalah pendekatan untuk memperkirakan bahaya yang mungkin terjadi pada pekerjaan [14]. Skala prioritas adalah langkah pertama untuk mengendalikan risiko ini. Tindakan berikutnya, yang dikenal sebagai hierarki pengendalian, adalah penentuan tindakan pengendalian risiko [15].

**Tabel 5. Risk Control**

Kategori	Mesin	Sub Mesin	Penyebab	Risiko	S	L	SL	RL	RC
Dissolved Air Floatation (DAF)	Kolam	Pompa inlet	Tidak ada <i>level control</i>	Air inlet tidak terkontrol	3	3	6	H	1. Mengatur <i>level control</i> 2. Pengecekan dan pengawasan pompa
				Pompa hanya menyedot angin	3	3	6	H	
				Pompa terbakar	2	5	10	L	

Kategori	Mesin	Sub Mesin	Penyebab	Risiko	S	L	SL	RL	RC
	<i>Gate Valve</i>	<i>Valve</i>	<i>Valve</i> tersumbat lumpur/material	Tekanan angin pada pompa menurun	4	1	4	VH	Melakukan pembersihan pada <i>valve</i>
			<i>Valve</i> selalu tertutup	Pompa terbakar	2	5	10	L	Pengecekan dan pengawasan <i>valve</i>
	<i>Reflux Pump</i>	Pompa	Pompa tersumbat lumpur/material	Tekanan air pada <i>valve</i> naik	3	2	6	H	1. Melakukan pembersihan pada <i>impelle</i> pompa
				Tekanan angin pada pompa menurun	3	2	6	H	2. Melakukan pengawasan dan pengecekan pompa secara berkala
				<i>Pressure gauge</i> menurun	3	3	9	H	
				Aliran air yang masuk tidak mencukupi	3	2	6	H	
	<i>Air Compressor</i>	Kompresor	Tidak dapat mengontrol pasokan udara	Pasokan udara tidak mencukupi	3	2	6	H	1. Ganti ring kompresor 2. Melakukan pemeriksaan apakah ada kebocoran udara pada saluran udara dan pipa
	<i>Air Dissolving Tank</i>	<i>Vesfel</i>	Tidak dapat mengontrol udara	Udara pada <i>vesfel</i> tidak terkontrol	4	1	4	VH	1. Mengatur <i>level control</i> udara 2. Melakukan pemeriksaan apakah ada kebocoran udara pada saluran udara dan pipa
				<i>Pressure gauge</i> menurun	3	2	6	H	
	<i>TJ Releaser</i>	<i>TJ releaser</i>	Tidak dapat melarutkan/mengedarkan/memisahkan air dan udara	Lumpur mengendap	4	1	4	VH	Melakukan pengecekan dan pengawasan pada <i>releaser</i>

Sumber: Pengolahan data dari observasi, kuesioner, dan wawancara, 2023

**Keterangan:**

- S : *Severity*
- L : *Likelihood*
- SL : *Severity x Likelihood*
- RL : *Risk Level*
- RC : *Risk Control*

**4. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dengan menggunakan metode HIRARC pada proses pengolahan limbah di mesin *Dissolved Air Floatation* (DAF) pada PT. X, dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat 7 penyebab bahaya dan 13 risiko. Untuk *risk level* terdapat 3 kategori yaitu *low*, *high*, dan *very high*. Pengendalian risiko dilakukan terhadap risiko yang memiliki level *low risk*, *high risk*, dan *very high risk*. Untuk risiko pada level *low risk* yaitu pompa terbakar, risiko pada level *high risk* yaitu air inlet tidak terkontrol, pompa hanya menyedot angin, tekanan air pada *valve* naik, tekanan angin pada pompa menurun, *pressure gauge* menurun, aliran air yang masuk tidak mencukupi, dan pasokan udara tidak mencukupi, dan risiko pada level *very high* yaitu tekanan angin pada pompa menurun, udara pada *vesfel* tidak terkontrol, dan lumpur mengendap.

**5. Referensi**

- [1] Y. Simamora and N. Kurniati, "Analisis risiko pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL) PT Ajinomoto berdasarkan konsep manajemen risiko lingkungan," *ResearchGate*, no. July, pp. 1–10, 1997.

- [2] M. Nasihah, A. A. Saraswati, and S. Najah, "Uji Pengolahan Limbah Cair Domestik Melalui Metode Koagulasi-Flokulasi dan Fitoremediasi dengan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.)," *J. Enviroscience*, vol. 2, no. 2, p. 76, 2018, doi: 10.30736/2ijev.v2iss2.73.
- [3] M. FILLIAZATI, "Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball Dan Tanaman Kiambang," *J. Teknol. Lingkungan. Lahan Basah*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2013, doi: 10.26418/jtllb.v1i1.4028.
- [4] A. Wahyudi, "Mengenal Lebih Jauh tentang IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) Komunal di Kabupaten Lampung Timur," *Semin. Nas. Ins. Prof.*, vol. 2, no. 1, 2022, doi: 10.23960/snip.v2i1.27.
- [5] A. T. Pasetia, S. D. Nurkhasanah, and H. P. Sudarminto, "Proses Pengolahan Dan Analisa Air Limbah Industri Di Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal)," *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 6, no. 2, pp. 491–498, 2023, doi: 10.33795/distilat.v6i2.159.
- [6] T. Hernaningsih, "Tinjauan Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri dengan Proses Elektrokoagulasi," *JRL*, vol. 9, no. 1, pp. 31–46, 2016.
- [7] M. Afandi, S. K. Anggraeni, and A. S. Mariawati, "Manajemen Risiko K3 Menggunakan Pendekatan HIRARC (Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control) Guna Mengidentifikasi Potensi Hazard," *J. Tek. Ind. Untirta*, 2015.
- [8] P. Giananta, J. Hutabarat, and Soemanto, "Analisa Potensi Bahaya Dan Perbaikan Sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode HIRARC Di PT. Boma Bisma Indra," *J. Valtech (Jurnal Mhs. Tek. Ind.)*, vol. 3, no. 2, pp. 106–110, 2020.
- [9] M. Rizki and A. Saputra, "Analisa Risiko Supply Chain Management dengan Metode Grey Failure Mode and Effect Analysis dan Root Cause Analysis di PT Pertamina Fuel Terminal Meulaboh," *J. Serambi Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 2783–2790, 2022, doi: 10.32672/jse.v7i1.3888.
- [10] A. Dahlan, E. B. Leksono, and M. Z. Fathoni, "Identifikasi Dan Analisis Risiko Operasional Pada Divisi Produksi Perusahaan Vulkanisir Ban Menggunakan Metode Risk Management Dengan Pendekatan Fmea Dan Fta," *JUSTI (Jurnal Sist. dan Tek. Ind.)*, vol. 2, no. 1, p. 44, 2021, doi: 10.30587/justicb.v2i1.3183.
- [11] E. Triswandana, "Penilaian Risiko K3 dengan Metode HIRARC," *UKaRsT*, vol. 4, no. 1, p. 96, 2020, doi: 10.30737/ukarst.v4i1.788.
- [12] D. A. Kiki Irwan Prasetyo, Pregiwati Pusporini, "E -ISSN : 2746-0835 Volume 3 No 1 ( 2022 ) JUSTI ( Jurnal Sistem Dan Teknik Industri ) E -ISSN : 2746-0835 Volume 3 No 1 ( 2022 ) JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri) Autokorindo Pratama sebagai Autokorindo Pratama Gresik membutuhkan PT Autokorindo," vol. 3, no. 1, pp. 217–228, 2022.
- [13] F. H. Setiawan, S. S. Dahda, and M. Z. Fathoni, "Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Proses Produksi Leaf Spring Divisi Heating Dengan Menggunakan Metode Hirarc Di Pt. X," *JUSTI (Jurnal Sist. dan Tek. Ind.)*, vol. 1, no. 4, p. 630, 2021, doi: 10.30587/justicb.v1i4.2937.
- [14] F. Rahman and D. Herwanto, "Identifikasi, Penilaian dan Pengendalian Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode HIRARC di PT ABC," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 7, no. 1, pp. 168–175, 2021, doi: 10.5281/zenodo.6138505.
- [15] F. Ramadhan, "Analisis Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) menggunakan metode Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)," *Semin. Nas. Ris. Terap.*, no. November, pp. 164–169, 2017.