



---

---

## **RANCANGAN PENILAIAN RISIKO LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN (B3) DENGAN PENDEKATAN HAZARD IDENTIFICATION RISK ASSESSMENT (HIRA)**

Fatah Sulaiman<sup>1\*</sup>, Asep Ridwan<sup>2</sup>, Putro Ferro Ferdinant<sup>3</sup>, Bima Rofi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
<sup>2,3,4</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jend. Sudirman Km.3 Cilegon-Banten, Indonesia 42435

\*Email: [fatah.sulaiman@untirta.ac.id](mailto:fatah.sulaiman@untirta.ac.id)

---

---

### ***INFORMASI ARTIKEL***

Naskah Diterima 22/08/2019  
Naskah Direvisi 17/09/2019  
Naskah Disetujui 11/10/2019  
Naskah Online 13/10/2019

---

---

### ***ABSTRAK***

Kota Cilegon selain dikenal sebagai Kota Baja, juga dikenal menjadi pusat industri petrokimia terbesar di Indonesia. Sebagian besar industri baja dan petrokimia di Kota Cilegon menghasilkan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). PT CK merupakan salah satu perusahaan **BUMN** yang bergerak di bidang produksi baja. Dengan adanya penambahan kapasitas produksi baja per tahun-nya berdampak juga dengan jumlah limbah B3 yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang penilaian risiko limbah B3 dengan pendekatan *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*. Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi limbah B3, menentukan jenis limbah B3 berkategori tinggi, mengidentifikasi permasalahan limbah B3, dan merancang mitigasi risiko untuk perbaikan. Hasil analisis risiko menunjukkan bahwa jenis limbah B3 dengan kategori tinggi adalah limbah slag dengan hasil penilaian risiko sebesar 44; limbah sludge sebesar 44; dan pelumas bekas dengan hasil penilaian risiko sebesar 40. Rancangan mitigasi yang diusulkan adalah pemilihan scrap pada proses peleburan logam, penggantian jenis oli untuk mesin hidrolik, pembuatan jadwal maintenance mesin, pelatihan operator produksi terkait limbah B3, dan pelapisan permukaan baja untuk menghindari gesekan.

**Kata kunci:** *Penilaian Risiko, Limbah B3, HIRA*

## 1. PENDAHULUAN

Perekembangan industri baja dan petrokimia yang ada di Kota Cilegon baik dalam sisi jumlah kapasitas produksi maupun jenis produknya membawa dampak yang bersifat positif dan negatif. Dampak positifnya bahwa pertumbuhan ekonomi meningkat seiring dengan perkembangan industri yang terus meningkat. Di sisi lain, adanya limbah yang dihasilkan baik sebagai hasil akhir produksi maupun hasil samping produksi. Limbah yang dihasilkan berbagai macam jenis dan penanganannya. Khusus limbah berbahaya dan beracun (B3) mempunyai penanganan khusus karena sifat dan dampaknya yang berbahaya baik bagi lingkungan sekitar maupun bagi manusia. Instalasi pengolahan limbah B3 belum banyak dibangun karena perizinan dan biaya yang cukup mahal sehingga banyak industri yang mengirim ke luar daerah Cilegon seperti di PT. Prasadha Pamunah Limbah Industri-PPLI Bogor.

Penilaian risiko limbah B3 belum banyak dilakukan oleh industri karena umumnya industri melakukan penilaian risiko untuk bahan berbahaya dan beracun (B3) murni yang digunakan sebagai bahan baku industri. Penilaian risiko ini pun sebagian besar banyak dilakukan oleh industri dalam kategori industri besar. Berdasarkan PP No.101 Tahun 2014, limbah B3 bisa berasal dari B3 tumpah, B3 kadaluwarsa, B3 yang tidak memenuhi spesifikasi, bekas kemasan B3, dan limbah B3 dari sumber yang spesifik. Padmaningrum (2010) mengklasifikasikan limbah B3 berdasarkan karakteristiknya, yaitu:

1. Mudah terbakar (*Flammable*).
2. Mudah meledak (*Explosive*)
3. Menimbulkan karat (*Corrosive*)
4. Buangan pengoksidasi (*Oxidizing waste*)
5. Buangan yang menimbulkan penyakit (*Infectious Waste*).
6. Berbahaya (*Harmful Waste*)
7. Buangan beracun (*Toxic waste*).
8. Berbahaya Bagi Lingkungan (*Dangerous for environment*)

Risiko menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia ((Djojosoedarso, 2003) merupakan akibat yang kurang menyenangkan (merugikan) dari suatu perbuatan atau tindakan. Risiko didefinisikan sebagai peluang suatu kejadian yang menyebabkan kerugian saat terjadi dalam periode tertentu.

Labombang (2011) menyatakan bahwa tujuan analisis risiko untuk membantu menghindari adanya kegagalan dan memberikan gambaran apa yang harus dilakukan jika proyek tidak sesuai yang diharapkan. Penilaian resiko adalah evaluasi terhadap semua unsur yang berhubungan dengan bahaya dan dampaknya. Bahaya mengandung pengertian semua yang mengganggu kehidupan manusia. Penelitian terdahulu terkait dengan analisis dan penilaian risiko adalah sebagai berikut (Simamora, 2016; Susihono, 2014; dan Ridwan, 2019). Simamora (2016) melakukan analisis risiko di instalasi pengolahan air limbah PT Ajinomoto. Susihono (2014) menganalisis bahaya dan penilaian risiko di industri pengecoran logam. Ridwan (2019) merancang mitigasi risiko dalam pengadaan alat excavator.

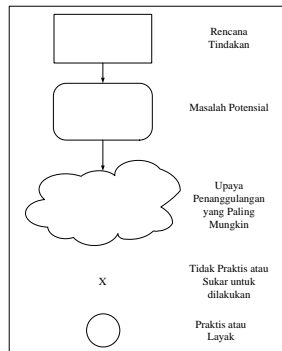
PT CK adalah industri baja yang berada di Kota Cilegon, memproduksi baja seperti baja batang kawat, baja lembaran panas, dan baja lembaran dingin. Dengan adanya penambahan kapasitas produksi baja per tahun nya tentu saja akan berdampak juga dengan jumlah limbah yang dihasilkan. Limbah yang dihasilkan akan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kapasitas produksi. Limbah yang dihasilkan dapat berupa dari sisa hasil pembuatan baja seperti slag, sludge, mill scale, pengelasan ataupun oli bekas hasil dari proses produksi.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang penilaian risiko limbah B3 dengan pendekatan *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*. Sedangkan tujuan khusus dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi risiko bahaya limbah B3 dengan kategori risiko tinggi untuk memberikan alternative-alternatif pengendalian risiko terhadap penanggulangan limbah B3 sesuai dengan situasi dan kondisi di industri. Selanjutnya dilakukan evaluasi risiko yang terjadi dan diberikan usulan rancangan mitigasi agar risiko ini tidak terjadi lagi di masa yang akan datang.

*Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)* adalah satu alat untuk mengidentifikasi kecelakaan kerja dan penilaian risiko dalam Sistem Manajemen

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). Tujuan adanya HIRA ini untuk mengidentifikasi potensi-potensi bahaya di suatu industri kemudian dilakukan penilaian peluang terjadinya risiko tersebut yang berakibat pada kecelakaan atau kerugian tertentu.

Alat lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah Diagram Pareto dan *Process Decision Program Chart (PDPC)*. Diagram Pareto merupakan salah satu alat dalam *Seven Tools* yang digunakan untuk menggambarkan prioritas permasalahan. Dengan Diagram Pareto, kegiatan menjadi lebih efektif karena difokuskan pada penyebab yang mempunyai dampak terbesar dari suatu kejadian (Nasution, 2005). Sedangkan PDPC merupakan salah satu alat dalam *New Seven Tools* yang digunakan untuk merancang perbaikan dengan memperhatikan berbagai kendala atau risiko. Contoh PDPC ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut ini.

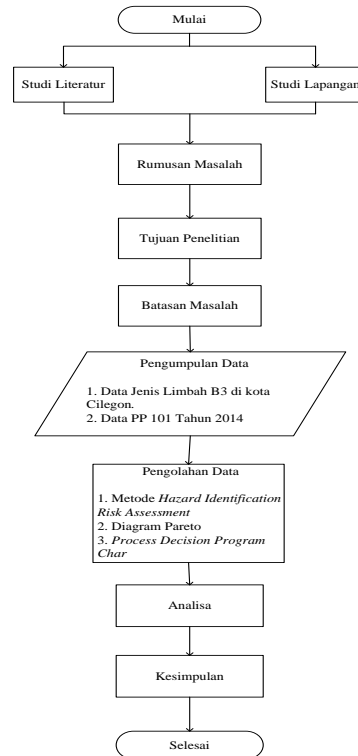


**Gambar 1.** Simbol-Simbol Process Decision Program Chart (PDPC) (Sumber : Michalski,1997)

**2. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian dalam melakukan penilaian risiko menggunakan metode *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*, yang dimodifikasi atau dikembangkan untuk analisis risiko limbah B3. Kemudian untuk melakukan prioritas sumber risiko menggunakan Diagram Pareto. Perancangan mitigasi risiko menggunakan *process decision program chart (PDPC)*. Tool ini merupakan salah satu dari 7 new seven tools. Adapun pengumpulan data menggunakan teknik wawancara, penyebaran kuesioner/formulir, dan observasi secara langsung di lapangan.

Langkah-langkah penelitian menggunakan *flowchart* berikut ini:



**Gambar 2.** Flowchart Penelitian Umum

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data hasil limbah B3 yang diproduksi oleh industri kimia dan petrokimia yang ada di Kota Cilegon. Data Limbah B3 diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI yang berkoordinasi dengan Dinas Lingkungan Hidup Kota Cilegon. Pengolahan data dilakukan dengan metode HIRA yang dimodifikasi untuk menghitung besarnya nilai risiko yang dihasilkan oleh suatu limbah, kemudian menentukan nilai risiko yang paling tinggi dengan menggunakan Diagram Pareto. Setelah itu, melakukan upaya mitigasi dengan menggunakan PDPC.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam Tabel 1 berikut ini ditunjukkan hasil pembobotan nilai risiko untuk Limbah B3 PT CK yang berada di kota Cilegon. Pengisian nilai bobot dilakukan oleh tim ahli Center of Excellence (CoE) Petrokimia Untirta bekerjasama dengan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI.

Tabel 1. Pembobotan Nilai Risiko

No	Identifikasi Jenis Bahaya (Potensi Bahaya)			HAZARD									EXPOSURE								
				Sifat			Jumlah			Frekuensi Kejadian			Obyek yang terdampak			Media Lingkungan			Waktu Paparan		
	Jenis Limbah B3	Sifat/Kategori	Jumlah (Ton)	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah	Sedang	Tinggi	Jarang	Sedang	Sering	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah	Sedang	Tinggi
1	Sludge /IC	Beracun /Kategori I	43,779.0	2			3			3			3			2			2		
2	Slag	Beracun /Kategori I	270,622.0	2			3			3			3			2			2		
3	Mill Scale	beracun/Kategori II	11,744.27	1			3			3			2			2			1		
4	Pelumas Bekas	Beracun /Kategori II	170.44	2			3			3			3			2			2		
5	Kemasan Ex. Bahan Kimia	Beracun /Kategori II	1.5	2		1			1				2			2			1		
6	Limbah Ex. Laboratorium	Beracun /Kategori I	0.2	2		1			1				3			2			1		
7	Aki Bekas	Beracun /Kategori I	0.2	2		1			1				3			2			2		
8	Fe Katalis	Korosif/Kategori II	6.3	1		1			1				2		1				1		
9	Majun Bekas	Korosif/Kategori II	9.56	1		1			1				2		2				1		

Tabel 2. Perhitungan Risk Assessment

No	Identifikasi Jenis Bahaya (Potensi Bahaya)			HAZARD									EXPOSURE						Nilai Risiko			
				Sifat			Jumlah			Frekuensi Kejadian			Obyek yang terdampak			Media Lingkungan				Waktu Paparan		
	Jenis Limbah B3	Sifat/kategori	Jumlah (Ton)	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah	Sedang	Tinggi	Jarang	Sedang	Sering	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah	Sedang	Tinggi		Rendah	Sedang	Tinggi
1	Sludge /IC	Beracun /Kategori I	43,779.0	2			3			3			3			2			2			44
2	Slag	Beracun /Kategori I	270,622.0	2			3			3			3			2			2			44
3	Mill Scale	Korosif, beracun/Kategori II	11,744.27	1			3			3			2			2			1			27
4	Pelumas Bekas	Beracun /Kategori I	170.44	2			2			3			3			2			2			40
5	Kemasan Ex. Bahan Kimia	Beracun /Kategori I	1.5	2		1			1				2			2			1			18
6	Limbah Ex. Laboratorium	Beracun /Kategori I	0.2	2		1			1				3			2			1			21
7	Aki Bekas	Beracun /Kategori I	0.2	2		1			1				3			2			1			21
8	Fe Katalis	Korosif, beracun/Kategori II	6.3	1		1			1				2		1				1			10
9	Majun Bekas	Beracun /Kategori I	9.56	2		1			1				2		2				2			24

Pengambilan nilai bobot yang diberikan untuk setiap kategori limbah B3 merupakan hasil *brainstorming* bersama tim ahli dari Center of Excellence (CoE) Petrokimia Untirta dengan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI.

**4.1 Perhitungan Risk Assessment PT. CK**

Perhitungan nilai *risk assessment* digunakan untuk mencari nilai risiko yang dihasilkan oleh limbah B3 yang telah diketahui, kemudian menentukan peringkat dan *risk prioritization* yaitu menentukan urutan risiko yang menjadi sumber limbah B3 terbesar. Kemudian melihat apakah sumber risiko paling tinggi yang telah

teridentifikasi berdasarkan besarnya nilai *risk assessment* menyebabkan sesuatu kecelakaan atau tidak.

Dari hasil perhitungan nilai *risk assessment* yang terdapat pada tabel 2 dapat dilihat besarnya nilai risiko yang didapatkan sesuai jenis limbah B3 masing-masing.

**4.2 Peringkat Prioritas Sumber Risiko**

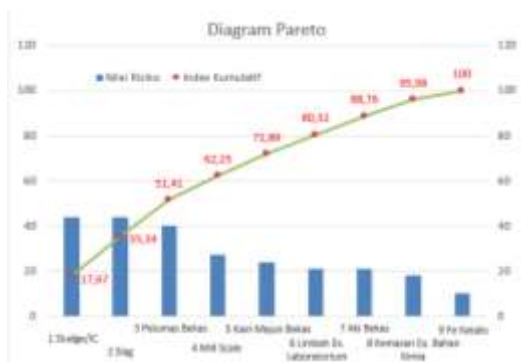
Peringkat prioritas sumber risiko dilakukan untuk menentukan sumber risiko yang terlebih dahulu dilakukan perbaikan. Setelah mengetahui nilai risiko pada setiap jenis limbah B3 maka akan dilakukan peringkat prioritas sumber risiko mulai dari peringkat 1 hingga 9. Berikut merupakan

urutan peringkat sumber risiko dari nilai risiko tertinggi hingga terendah.

**Tabel 3.** Peringkat Prioritas Sumber Risiko

Rank	Jenis Limbah B3	Nilai Risiko	Presentase	Kumulatif
1	Sludge/IC	44	17.67	17.67
2	Slag	44	17.67	35.34
3	Pelumas Bekas	40	16.06	51.41
4	Mill Scale	27	10.84	62.25
5	Kain Majun Bekas	24	9.64	71.89
6	Limbah Ex. Laboratorium	21	8.43	80.32
7	Aki Bekas	21	8.43	88.76
8	Kemasan Ex. Bahan Kimia	18	7.23	95.99
9	Fe Katalis	10	4.02	100.00
	Total	249	100	

Kemudian ditampilkan dalam Diagram Pareto dalam Gambar 3 berikut ini:



**Gambar 3.** Diagram Pareto Prioritas Sumber Risiko

Dari peringkat prioritas sumber risiko pada Gambar 3 dapat terlihat bahwa sumber risiko paling tinggi adalah sumber risiko yang berasal dari beberapa jenis limbah B3 yaitu sludge/IC, slag, dan pelumas bekas. Sedangkan sumber risiko lainnya yang masih dalam kategori prioritas dengan kumulatif 80 % yaitu mill scale, kain majun bekas, dan limbah sisa laboratorium.

### 4.3 Kecelakaan yang Terjadi pada PT CK

Berdasarkan dari gambar 4, dapat dilihat bahwa tingginya jumlah limbah B3 dapat mengakibatkan beberapa kecelakaan yang dapat merugikan pihak perusahaan. Kecelakaan yang terjadi berupa kebakaran dan pencemaran lingkungan sekitar. Kecelakaan kebakaran diakibatkan oleh merembesnya oli dari selang hidrolik dan membasahi mesin, apabila oli tersebut mengalami sentuhan dengan baja billet yang

memang mempunyai tingkat suhu yang tinggi oli tersebut akan mengalami reaksi terhadap baja tersebut. Oli akan bersifat *flammable* apabila dalam keadaan suhu yang tinggi, hal ini merupakan jadi sumber utama penyebab kebakaran. Faktor penyebab yang paling dasar adalah jarang nya dilakukan maintenance yang dilakukan pada mesin hidrolik.

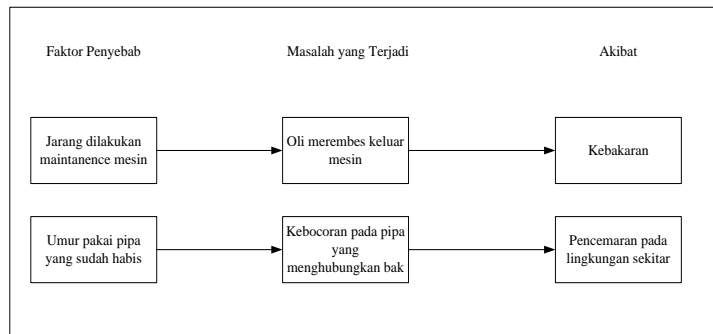
Akibat kedua dalam tingginya jumlah limbah B3 adalah pencemaran lingkungan yang berdampak pada kerusakan pada keadaan sekitar. Hal ini terjadi karena adanya masalah pada kebocoran pipa penyambung yang menghubungkan saluran IPAL dengan bak penampung. Banyaknya endapan sludge yang ada pada perusahaan membuat saluran pipa menjadi keropos dan menjadikan umur pakai pipa lebih cepat habis dari waktunya. Pencemaran yang terjadi meliputi 2 media lingkungan yaitu media tanah dan air. Pencemaran pada media tanah dapat mengakibatkan tingkat kesuburan pada tanah tersebut dan perubahan tekstur tanah yang terkontaminasi, hal ini sangat mengganggu ekosistem yang berada pada wilayah sekitar karena tanaman akan sangat sulit tumbuh akibat tercemarnya tanah sekitar. Pencemaran pada media air dapat mengakibatkan tercemarnya air tanah sekitar sehingga kualitas air akan menurun karena tercemar oleh kandungan yang ada pada sludge. Sludge memiliki kandungan BOD dan COD yang cukup tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan bagi ekosistem sekitar dan juga menyebabkan penyakit apabila dikonsumsi oleh makhluk hidup.

### 4.4 Identifikasi Faktor Penyebab Limbah B3 dengan PDPC (Process Decision Program Chart)

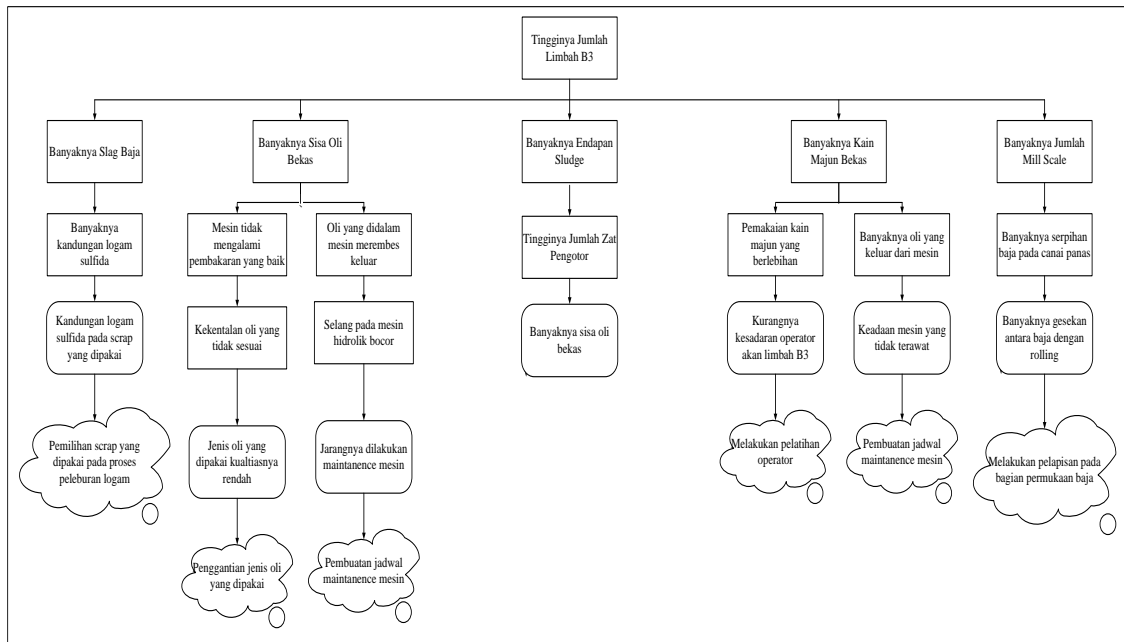
Limbah B3 yang dihasilkan oleh PT. CK banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor. Beberapa limbah B3 yang sangat mempengaruhi tingginya tingkat risiko perusahaan antara lain sludge, slag, pelumas bekas (oli dan grease), mill scale, dan kain majun bekas. Limbah B3 ini tentu nya dipengaruhi oleh beberapa faktor dalam pembuatan proses nya. Faktor-faktor yang mengakibatkan hal itu terdiri dari faktor operator, faktor mesin dan faktor tata letak yang tidak benar. Berikut faktor-faktor

tersebut digambarkan dalam diagram *process decision program chart* yang dijelaskan pada

gambar 5 :



**Gambar 4.** Kecelakaan yang Terjadi di PT CK



**Gambar 5.** Current State Map Lantai Produksi Produk Car Shampoo

Dari *Process Decision Program Chart* (PDPC) pada gambar 5 dapat dianalisa penyebab-penyebab bagaimana tingkat jumlah limbah B3 semakin tinggi di PT. CK. Terlihat pada diagram PDPC pada gambar 4 diperoleh faktor utama penyebab tingginya jumlah limbah B3 adalah karena banyaknya limbah B3 seperti slag, sludge, sisa pelumas bekas, mill scale, sisa kain majun bekas. Faktor yang mempengaruhi banyak terjadinya jumlah slag ini disebabkan terdapat banyaknya kandungan logam sulfida yang ada proses peleburan logam hal ini terjadi karena ada pengaruh dari pemakaian logam scrap untuk penambahan material baja, pada kandungan logam ini tidak dilakukan pemilihan jenis logam yang sesuai dengan kebutuhan dari konsumen dan hanya sekedar menambahkan material.

Faktor yang mempengaruhi banyaknya jumlah sludge yang dihasilkan disebabkan banyaknya jumlah zat pengotor yang dipakai oleh pihak perusahaan. Zat pengotor yang dimaksud seperti pelumas bekas (oli dan grease), butiran kecil sisa dari proses pembakaran kokas di proses coke oven, dan lainnya. Zat pengotor ini tentunya banyak disebabkan kebutuhan perusahaan dalam proses peleburan dan pelumasan mesin.

Faktor yang mempengaruhi banyaknya sisa oli bekas dikarenakan 2 sumber penyebab utama yaitu mesin yang tidak mengalami pembakaran dengan baik dan oli mesin yang merembes keluar. Pada faktor mesin yang tidak mengalami pembakaran baik ini diakibatkan oleh kekentalan oli yang kurang sesuai, hal ini karena kesalahan pemilihan jenis oli yang dipakai memiliki kualitas yang rendah. Pada faktor oli dalam mesin merembes keluar ini dikarenakan selang mesin hidrolik bocor sehingga mengakibatkan oli keluar dan membasahi mesin, hal ini terjadi akibat jarang dilakukan maintenance mesin dalam jadwal yang telah dibuat.

Faktor yang mempengaruhi banyaknya sisa mill scale dikarenakan permukaan baja mengalami pengikisan pada saat proses rolling. Pengikisan ini terjadi akibat adanya gesekan antara baja dengan rolling sehingga baja mengalami perubahan bentuk menjadi bagian yang lebih kecil dan terdapat terak yang terlepas dari permukaan baja yang disebut dengan mill scale.

Faktor yang mempengaruhi banyaknya kain majun yang dihasilkan oleh perusahaan disebabkan 2 sumber penyebab utama yaitu banyaknya pelumas yang keluar dari mesin dan pemakaian kain majun yang berlebihan. Pemakaian kain majun yang berlebihan ini dikarenakan kurangnya kesadaran dari pihak operator terhadap limbah yang diakibatkan dari kain majun yang terkontaminasi, operator sering menggunakan kain majun dengan porsi yang tidak sesuai. Faktor banyaknya oli yang keluar dari mesin terjadi akibat keadaan mesin yang kurang terawat sehingga terjadinya kebocoran.

#### 4. KESIMPULAN

Setelah diidentifikasi maka jenis limbah B3 dengan kategori tinggi adalah limbah slag dengan hasil penilaian risiko sebesar 44; limbah sludge sebesar 44; dan pelumas bekas sebesar 40. Faktor yang mempengaruhi tingginya limbah B3 adalah banyaknya kandungan logam sulfida pada scrap yang dipakai, jenis oli yang dipakai kualitasnya rendah, jarang dilakukan *maintenance*, kurangnya kesadaran operator dengan limbah B3, keadaan mesin yang tidak terawat, dan banyaknya gesekan antara baja dengan *milling* karena ketidaksesuaian ukuran.

Rancangan mitigasi yang diusulkan untuk perbaikan adalah melakukan pemilihan scrap pada proses peleburan logam, penggantian jenis oli untuk mesin hidrolik, pembuatan jadwal *maintenance* mesin, melakukan pelatihan operator terkait limbah B3, dan melakukan pelapisan pada bagian permukaan baja untuk menghindari gesekan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI yang telah memfasilitasi penilaian risiko limbah B3 bekerja sama dengan Tim Ahli Center of Excellence (CoE) Petrokimia Untirta. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada para reviewer yang telah memberikan masukan yang berharga untuk makalah ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Djojosoedarso, S. 2003. *Prinsip-Prinsip Manajemen Risiko dan Asuransi*, Edisi Revisi. Jakarta: Salemba Empat.
- Labombang M. 2011. Manajemen Risiko dalam Proyek Konstruksi. *Jurnal SMARTtek*. Vol. 9. No. 1., hal 39-46.
- Michalski, W. J. 1997. *Tool navigator: The master guide for teams*. (pp. 403-405). Portland, Oregon: Productivity Press.
- Nasution, M.N. 2005. *Manajemen Mutu Terpadu (Total Quality Manajemen)*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Peraturan Pemerintah No.101 Tahun 2014 tentang *Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun (B3)*
- Padmaningrum, R.T. 2010. *Penanganan Limbah Laboratorium Kimia*. Yogyakarta: Kanisius.
- Ridwan, A., Ferdinant, P.F. dan Laelasari, N. 2018. Simulasi Sistem Dinamis Dalam Perancangan Mitigasi Risiko Pengadaan Material Alat Excavator dengan metode FMEA dan Fuzzy AHP. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, Vol. V, No. 1. Hal 51-56.
- Simamora, Y dan Kurniati, N. 2016. Analisis Risiko pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT Ajinomoto Berdasarkan Konsep Manajemen Risiko Lingkungan. Surabaya. *Digital Library*, Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Susihono, W. 2014. *Hazard Dan Penilaian Risiko Pada Industri Pencetakan Logam Sistemtungku Induksi (Studi Kasus Di PT X Ceper, Klaten)*. *Seminar Nasional IDEC 2014*. Program Pascasarjana Program Studi Ilmu Kedokteran Universitas Udayana Denpasar.