

Analisis Risiko Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun dengan Cara Termal Melalui Insinerasi (Studi Kasus: PT. XYZ)

Surya Adi Wicaksono^{1*}, Ibnu Susanto Joyosemito², Haudi Hasaya³

^{1,3}Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Jakarta, Indonesia

²Magister Sains Keberlanjutan, Universitas Pertamina, Jakarta, Indonesia

*Koresponden email: surya.aw@dsn.ubharajaya.ac.id

Diterima: 18 Mei 2025

Disetujui: 22 Mei 2025

Abstract

Rapid industrial growth increases the production of hazardous and toxic waste (LB3), which, if not managed properly, can pose a serious risk to human health and the environment. This study analyses the risks associated with the incineration of hazardous waste at PT XYZ, using the Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) approach based on the AS/NZS 4360:2004 standard. Hazard identification is conducted via Job Safety Analysis (JSA), while risk assessment considers likelihood and severity. The results show that the infectious waste feeding process and combustion emissions pose the greatest risk (high and very high), with potential consequences including exposure to chronic diseases and environmental pollution. Risk control is achieved by providing personal protective equipment (PPE), monitoring flue gas emissions and managing incinerator residues in accordance with regulations. This study highlights the importance of implementing strict risk management measures and technological innovations to mitigate the negative impacts of hazardous waste incineration.

Keywords: *hazardous waste, incineration, risk*

Abstrak

Pertumbuhan industri yang pesat berdampak pada peningkatan produksi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3), yang jika tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan risiko serius bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Penelitian ini menganalisis risiko dari pengolahan Limbah B3 menggunakan metode insinerasi di PT. XYZ dengan pendekatan *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) berdasarkan standar AS/NZS 4360:2004. Identifikasi bahaya dilakukan melalui *Job Safety Analysis* (JSA), sementara penilaian risiko mempertimbangkan *likelihood* (kemungkinan) dan *severity* (keparahan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pengumpanan limbah infeksius dan emisi pembakaran memiliki tingkat risiko tertinggi (*high* dan *very high*), dengan potensi dampak seperti paparan penyakit kronis dan pencemaran lingkungan. Pengendalian risiko dilakukan melalui penyediaan alat pelindung diri (APD), pemantauan emisi gas buang, serta pengelolaan residu insinerator sesuai regulasi. Studi ini menyoroti pentingnya penerapan manajemen risiko yang ketat dan inovasi teknologi untuk mengurangi dampak negatif insinerasi Limbah B3.

Kata Kunci: *limbah B3, insinerasi, risiko*

1. Pendahuluan

Pertumbuhan industri dan perkembangan teknologi yang semakin pesat mengakibatkan terjadinya persaingan di dunia industri. Faktor produksi yang tinggi akan sebanding dengan jumlah residu hasil produksi yang meningkat yaitu berupa Limbah Bahan Berbahaya dan beracun (selanjutnya disingkat: Limbah B3). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 22 tahun 2021 (PP No. 22 tahun 2021) pasal 1 ayat 69 menjelaskan bahwa limbah B3 adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3. Sedangkan B3 adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain [1].

Sifat Limbah B3 yang berbahaya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan harus ditangani dengan baik dalam pengelolaannya. Pengelolaan Limbah B3 harus mengacu kepada peraturan yang berlaku mulai dari proses penyimpanan, pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan dan pengolahan termasuk penimbunan. Limbah B3 dengan karakteristik tertentu jika tidak dikelola dengan baik dan dibuang langsung

ke lingkungan dapat menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Permasalahan Limbah B3 telah menjadi perhatian serius, hal ini ditunjukkan dengan tingginya kasus pencemaran Limbah B3 yang terjadi di Indonesia [2], maka dari itu diperlukan industri khusus yang mengelola Limbah B3. Sistem pengelolaan limbah B3 termasuk pengumpulan Limbah B3 hingga pengangkutan hingga tempat pengolahan atau pembuangan akhir [3].

Insinerasi merupakan suatu teknologi pengolahan sampah dengan cara pembakaran senyawa yang terkandung pada material sampah. Proses insinerasi memungkinkan transformasi energi kimia yang terkandung dalam limbah menjadi energi panas, dengan menggunakan udara berlebih, pada suhu antara 850°C sampai 1200°C [4]. Insinerasi pada kegiatan limbah B3 dilakukan menggunakan mesin insinerator, insinerator yang mengelola Limbah B3 diharapkan bisa mengurangi Limbah B3 dengan efisiensi pembakaran sebesar 99,99 % [5].

Terlepas dari efisiensi pembakarannya yang tinggi, pengolahan Limbah B3 dengan metode insinerasi juga memiliki dampak negatif kepada lingkungan dan para pekerja yang terlibat dalam pengoperasiannya. Maka dari itu, pada penelitian ini akan dilakukan analisis manajemen risiko dari potensi bahaya apa saja yang terjadi serta tingkatan risiko dari kegiatan pengelolaan Limbah B3. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan masyarakat dan pihak terkait lainnya terkait dengan risiko pengolahan Limbah B3 dengan metode insinerasi.

2. Metode Penelitian

Penilaian Risiko

Metode penilaian risiko dilakukan dengan menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment dan Risk Control* (HIRARC). Pendekatan manajemen risiko dengan HIRARC melibatkan tiga langkah utama: Identifikasi Bahaya untuk mengenali sumber bahaya, Penilaian Risiko untuk menentukan tingkat risiko, dan Pengendalian Risiko untuk mengurangi atau menghilangkan risiko tersebut [6][7] (alexander). Identifikasi bahaya dilakukan menggunakan Metode *Job Safety Analysis (JSA)*, sedangkan penilaian risiko ditinjau dari kemungkinan terjadinya (*likelihood*) dan keparahan yang dapat ditimbulkan (*severity*) dengan diberikan skala ukur berdasarkan standar Australia dan New Zealand [8]. pengukuran skala Tingkat kemungkinan dikategorikan secara berurutan dalam rentang antara suatu risiko yang hampir tidak mungkin terjadi (*rare*) sampai dengan hampir pasti terjadi (*almost certain*) berdasarkan waktu kerja, dan banyaknya tenaga kerja yang terlibat dalam suatu proses pekerjaan di PT.XYZ berdasarkan observasi lapangan (lihat **Tabel 1**). Sedangkan pengukuran skala tingkat keparahan (*severity*) dikategorikan secara berurutan dalam rentang sangat ringan sampai dengan sangat parah berdasarkan besaran dampak atau konsekuensi jika suatu risiko dalam pekerjaan terjadi (lihat **Tabel 2**). Selanjutnya, kedua skala tersebut (tingkat kemungkinan dan keparahan) dikombinasikan dalam matriks penilaian risiko (lihat **Tabel 3**) untuk menentukan tingkat risiko dari tiap rincian pekerjaan. Risiko dengan tingkat kemungkinan dan keparahan yang tinggi/paling berdampak akan dikaji lebih dalam mengenai dampak yang ditimbulkan.

Tabel 1. Tingkat kemungkinan (Likelihood) pada standar As/Nzs 4360-2004

Tingkat	Deskripsi	Kemungkinan Terjadi	
		Waktu	Jumlah orang terlibat/terdampak
1	<i>Rare</i>	Hampir tidak mungkin terjadi saat kegiatan pada waktu operasional kerja dan/atau hampir tidak ada keterlibatan pekerja selama waktu kerja	<25 orang
2	<i>Unlikely</i>	Kemungkinan kecil untuk terjadi saat kegiatan pada waktu operasional kerja dan/atau pekerja terlibat hanya pada waktu dan kondisi tertentu selama waktu kerja	25-49 orang
3	<i>Possible</i>	Kemungkinan terjadi sesekali saat kegiatan pada waktu operasional kerja dan/atau pekerja terlibat hanya pada waktu dan kondisi tertentu selama waktu kerja	50-74 orang
4	<i>Likely</i>	mungkin terjadi beberapa kali saat kegiatan pada waktu operasional kerja dan/atau pekerja terlibat hanya beberapa kali selama waktu kerja rutin	75-99 orang
5	<i>Almost Certain</i>	Hampir Pasti terjadi di semua kondisi kegiatan pada waktu operasional kerja dan/atau pekerja terlibat dalam kegiatan kerja secara terus menerus selama waktu kerja rutin	>=100 orang

Tabel 1. Tingkat Keparahan (Severity) Pada Standar AS/NZS 4360-2004

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
1	<i>Insignificant</i>	Tidak ada cedera, kerugian finansial sangat kecil, tidak ada dampak pada operasional produksi atau hanya ada kerugian kecil yang mudah diatasi tanpa bantuan eksternal.
2	<i>Minor</i>	Ada luka/cedera ringan yang membutuhkan pertolongan pertama, kerugian finansial kecil, sedikit berpengaruh pada kegiatan operasional produksi
3	<i>Moderate</i>	Cedera yang membutuhkan perawatan medis tetapi tidak fatal, kerugian finansial yang signifikan tetapi masih dapat dikelola, berdampak pada operasional produksi tetapi tidak sampai terhenti.
4	<i>Major</i>	Kecelakaan/cedera yang serius yang mengancam jiwa atau cacat bersifat permanen atau menimbulkan penyakit kronis, kerugian finansial besar, gangguan operasional yang signifikan dengan dampak pada produktivitas dan jadwal atau terhentinya operasional produksi.,
5	<i>Catastrophic</i>	Menyebabkan kematian, kerugian finansial yang sangat besar atau kebangkrutan, penghentian total operasional produksi dalam jangka waktu panjang.

Tabel 2. Risk Assesment Matriks menurut AS/NZS 4360-2004

Keparahan (Severity)	Insignificant (1)	Minor (2)	Moderate (3)	Major (4)	Catastrophic (5)
Kemungkinan (Likelihood)					
Rare (1)	Low (1x1)	Low (1x2)	Low (1x3)	Low (1x4)	Medium (1x5)
Unlikely (2)	Low (2x1)	Low (2x2)	Medium (2x3)	Medium (2x4)	High (2x5)
Possible (3)	Low (3x1)	Medium (3x2)	Medium (3x3)	High (3x4)	High (3x5)
Likely (4)	Low (4x1)	Medium (4x2)	High (4x3)	High (4x4)	Very High (4x5)
Almost Certain (5)	Medium (5x1)	High (5x2)	High (5x3)	Very High (5x4)	Very High (5x5)

Pengendalian Risiko

Setelah mengidentifikasi dan menilai risiko, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis mendalam terhadap potensi risiko dominan yang muncul dari proses pengolahan Limbah B3 menggunakan metode insinerasi berdasarkan kajian literatur terkini. Pendekatan yang digunakan untuk melakukan analisis literatur adalah *Systematic Literature Review* (SLR), sebuah metodologi komprehensif yang melakukan identifikasi, evaluasi, dan sintesis terhadap seluruh publikasi ilmiah yang relevan. Tinjauan sistematis ini bertujuan untuk memberikan pemahaman holistik serta evidence-based assessment terkait temuan-temuan kunci dalam bidang tersebut." [9]. Kriteria inklusi dalam seleksi artikel mengacu pada parameter berikut:

1. Relevansi Topik – Artikel harus membahas tentang dampak lingkungan dari pengolahan Limbah B3 dengan metode insinerasi.
2. Rentang Waktu Publikasi – diutamakan untuk literatur yang diterbitkan dalam kurun waktu 5 tahun terakhir (tahun 2020-2025) guna memastikan kesesuaian dengan perkembangan penelitian mutakhir.
3. Kredibilitas Sumber – Artikel harus terbit di jurnal nasional atau internasional bereputasi dan atau peraturan pemerintah yang berlaku.
4. Ketersediaan Dokumen – Naskah harus tersedia dalam bentuk teks lengkap dan dapat diakses untuk keperluan analisis

3. Hasil dan Pembahasan

Penilaian risiko

Untuk mengetahui risiko dari kegiatan pengelolaan Limbah B3 PT.XYZ dilakukan identifikasi alur proses kegiatan untuk kemudian dilakukan penilaian risiko. Kegiatan pengolahan Limbah B3 di PT. XYZ yang akan diidentifikasi adalah pengolahan Limbah B3 dengan cara thermal menggunakan insinerator. Insinerator dirancang bertujuan untuk menghancurkan hanya senyawa organik pada limbah dengan

menggunakan panas dan udara yang terkontrol (sitasi). Limbah B3 dari penghasil umumnya mengandung bahan yang mudah terbakar (organik) dan bahan tidak mudah terbakar (anorganik). Dengan proses insinerasi material limbah padat B3 tersebut akan dirubah menjadi abu pembakaran, gas buang, partikulat dan panas. Insinerator di PT. XYZ dapat mengolah Limbah B3 seperti limbah infeksius dari fasilitas pelayanan kesehatan (fasyankes) dan Limbah B3 non infeksius seperti sludge IPAL, kemasan bekas, dan lainnya sesuai izin yang dimiliki. Mayoritas Limbah B3 yang diolah di fasilitas insinerator PT. XYZ adalah limbah infeksius dari fasyankes. Alur pengolahan Limbah B3 di PT. XYZ adalah sebagai berikut :

- Limbah B3 dibongkar di area pengumpulan yang telah ditentukan, selanjutnya Limbah B3 disusun dan dibawa ke area mesin insinerator menggunakan Forklift dan hand pallet.
- Limbah B3 dikirim ke insinerator dengan belt conveyor ke *box feeder* (mulut pengumpanan) dan selanjutnya limbah masuk/diumpankan ke ruang bakar-1 dengan menggunakan screw.
- Pembakaran di ruang bakar-1 berlangsung pada suhu 800 °C, sedangkan pembakaran di ruang bakar-2 berlangsung pada suhu 800°C sampai dengan 1.200 °C
- Gas outlet hasil pembakaran di ruang bakar-2 dialirkan ke alat pengendali berupa unit *cyclone* dan *wet scrubber* yang berfungsi untuk mengurangi polutan gas yang keluar pada cerobong insinerator.
- Limbah cair dari unit scrubber akan ditampung di bak scrubber lalu diolah di unit pengolahan limbah cair (IPAL) dan endapan yang terkumpul di dasar bak akan di keluarkan secara berkala dan dikumpulkan untuk selanjutnya akan dikirimkan ke pihak ketiga bersama dengan abu insinerator

Berdasarkan alur proses yang telah dijabarkan, maka identifikasi dan penilaian risiko dari kegiatan pengolahan Limbah B3 merujuk pada Tabel 1 sampai Tabel 3 adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Penilaian Risiko Pengolahan Limbah B3 Dengan Metode Insinerasi

Kegiatan /Proses	Bahaya	Potensial Dampak	Indeks Penilaian Risiko	Tingkat Risiko
Penyimpanan Limbah B3 di area pengumpulan	Tertabrak forklift	Cidera ringan hingga berat pada pekerja dan kerusakan fasilitas	6	Medium
	Terjepit Forklift	Cidera ringan hingga berat pada pekerja	6	Medium
	Penerangan	gangguan penglihatan	3	Low
	Bau tidak sedap	Gangguan Pernafasan, menyebabkan pusing hingga mual	3	Low
Membawa Limbah B3 dari pengumpul ke mesin	Tergores Hand palet	Cedera ringan	3	Low
	Tersandung hand pallet	Cedera ringan	4	Low
	Terjepit hand pallet	Cedera ringan	5	Medium
	Karakteristik Limbah B3 Medis (infeksius)	Terpapar Limbah Medis secara karakteristik dapat menyebabkan tertular penyakit kronis	14	High
Pengecekan mesin Insinerator	Tersengat Panel Listrik	Tersengat Listrik	7	Medium
Pengumpanan Limbah B3	Karakteristik Limbah Medis Penyusunan dari hand pallet ke mesin conveyor	Terpapar Limbah Medis	14	High

Kegiatan /Proses	Bahaya	Potensial Dampak	Indeks Penilaian Risiko	Tingkat Risiko
	Tertimpa Limbah B3	Cedera ringan	4	Low
	Suhu udara tinggi, area kerja terbatas	Dehidrasi	3	Low
	Ketinggian	Terjatuh ke lantai	8	Medium
	Terjatuh/terpeleset	Masuk ke mulut incinerator	7	Medium
Pembakaran Limbah B3 di dalam mesin Incinerator	Tersengat Panel Listrik	Tersengat Listrik	7	Medium
	Emisi pembakaran	Penurunan Kualitas lingkungan/udara, mengganggu pekerja di sekitar lingkungan kerja serta berpotensi menyebabkan dampak ke masyarakat sekitar	20	Very High
	Timbulan Limbah B3 Pasca Insinerasi	Mencemari Lingkungan, berdasarkan karakteristik bisa menyebabkan iritasi, gangguan pernafasan, dan keracunan	20	Very High
	Suhu udara tinggi	Dehidrasi	3,5	Low

Berdasarkan hasil penilaian risiko, terdapat 2 proses kegiatan yang mendapatkan nilai “high” dan 2 proses kegiatan yang mendapat nilai “very high”. Proses kegiatan yang mendapatkan nilai “high” adalah proses yang berkontak langsung dengan Limbah B3 dengan karakteristik infeksius. Proses kegiatan yang mendapatkan nilai “very high” adalah emisi pembakaran dan timbulan Limbah B3 pasca proses insinerasi, pertimbangan penilaian tersebut adalah potensial dampak yang ditimbulkan dan besarnya dampak terhadap lingkungan sekitar.

Pengendalian risiko

Pengendalian risiko terhadap proses kegiatan dengan nilai “high” dilihat dari dampak yang ditimbulkan, yaitu paparan dari limbah infeksius pada pekerja saat pengumpulan dan pengumpanan kedalam mesin insinerator. Limbah infeksius merupakan material buangan yang mengandung agen patogenik di luar konsentrasi normal lingkungan, di mana mikroorganisme tersebut memiliki tingkat virulensi dan kuantitas yang memadai untuk memicu transmisi penyakit pada individu dengan kerentanan tinggi [10]. Pengendalian risiko dilakukan memberikan APD pada pekerja yang terlibat. APD yang diberikan berhubungan dengan pengelolaan limbah seperti, baju hazmat, safety shoes, sarung tangan kulit, sarung tangan karet, pelindung pernapasan (masker).

Selain APD, pengendalian risiko juga dilakukan dengan memastikan kemasan limbah medis tidak rusak dan meminimalisir kontak langsung antara pekerja dengan limbah medis melalui penggunaan alat mekanis seperti conveyor. Penggunaan APD memang tidak membuat risiko terpapar penyakit dari limbah infeksius hilang, tetapi dapat membantu mengurangi risiko terpapar dan sebagai bukti komitmen dari PT. XYZ selaku pemberi kerja untuk menyediakan APD sesuai dengan Permenakertrans No.PER.08/MEN/VII/2010 pasal 7 tentang (APD) alat pelindung diri, dimana pengusaha atau pengurus wajib menggunakan serta melaksanakan manajemen APD di tempat kerja [11]. Pelatihan tentang kedisiplinan dalam menggunakan APD juga dapat meminimalisir kecelakaan kerja [12].

Pengendalian risiko terhadap proses kegiatan dengan nilai “very high” dikaji terpisah berdasarkan dua proses kegiatan yang berpotensi menimbulkan risiko tersebut sesuai **Tabel 4**.

a. Pengendalian risiko timbulan Limbah B3 dari proses Insinerasi

Berdasarkan alur prosesnya, insinerasi akan menghasilkan residu berupa abu pembakaran di ruang bakar 1 dan ruang bakar 2. Selain abu pembakaran, pada fasilitas pengendalian emisi yang digunakan

yaitu cyclone dan wet scrubber juga menghasilkan limbah [3]. Pada kegiatan cyclone akan menghasilkan limbah padat sedangkan pada wet scrubber akan menghasilkan limbah cair. Residu tersebut berdasarkan Lampiran IX Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 termasuk kedalam Limbah B3, dengan rincian :

Tabel 4. Kode Limbah B3 Residu Kegiatan Insinerasi Limbah B3

Jenis Industri atau Kegiatan	Sumber Limbah	Kode Limbah	Uraian Limbah	Kategori
Pengoperasian insinerator Limbah	1. Proses insinerasi Limbah,	A347-1	Fly ash insinerator	1
	2. Fasilitas pengendalian pencemaran,	A347-2	Slag atau bottom ash insinerator	1
	3. IPAL yang mengolah efluen proses pengendalian pencemaran	B347-1	Residu pengolahan flue gas	2
		B347-2	Filter & absorban bekas	2
		B347-3	Sludge IPAL	2

Limbah B3 dari pembakaran insinerator akan disimpan di fasilitas penyimpanan Limbah B3 berupa “Tempat Penyimpanan Limbah B3 internal (TP Limbah B3 internal)” milik PT. XYZ, teknis penyimpanan dilakukan dengan mengemas dalam drum untuk kemudian dibawa ke TP Limbah B3 internal untuk disimpan sementara dengan jangka waktu maksimal 90 hari. Limbah B3 yang disimpan terlindung dari hujan dan tertutup , memiliki lantai kedap air, dilengkapi dengan simbol dan label Limbah B3, Limbah B3 dikemas dengan menggunakan kemasan dari bahan logam atau plastik, kemasan mampu mengungkung Limbah B3 untuk tetap berada di dalam kemasan, memiliki penutup yang kuat untuk mencegah terjadinya tumpahan pada saat dilakukan pemindahan dan/atau pengangkutan, kondisi kemasan tidak bocor, tidak berkarat, dan tidak rusak [5].

Setelah disimpan Limbah B3 residu kegiatan insinerator harus dikelola lebih lanjut, di indonesia pengelolaan lanjutan residu kegiatan insinerator diatur dalam pasal 133 ayat 2 Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 6 Tahun 2021 yang menyatakan bahwa residu kegiatan wajib disimpan dan dikemas untuk kemudian diserahkan kepada Penimbun Limbah B3 [5]. Penimbunan Limbah B3 adalah kegiatan menempatkan Limbah B3 pada fasilitas penimbunan dengan maksud tidak membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Berdasarkan aturan tersebut artinya hanya ada satu metode pengelolaan akhir residu insinerator di indonesia, yaitu diserahkan pada fasilitas penimbunan (*landfill*). Menurut Alnezami berdasarkan penelitiannya yang berjudul “*sustainable treatment method to use municipal solid waste incinerator bottom ash as cement replacement*”, residu padat insinerator berupa abu pembakaran (*bottom ash*) dapat dilakukan secara solidifikasi misal sebagai pengganti material semen [14]. Digunakan sebagai material solidifikasi karena pada abu atau residu kegiatan insinerator mengandung oksida logam seperti SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ yang membuatnya dapat digunakan sebagai material solidifikasi berbasis semen [13]. Hanya saja pada abu insinerator juga mengandung parameter berbahaya terhadap lingkungan seperti dioxin dan furan [15]. Berdasarkan hal tersebut perlu kajian lebih lanjut diperlukan guna menemukan pengolahan akhir terbaik untuk residu insinerator yang berkelanjutan baik dalam aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial.

b. Emisi pembakaran dari proses insinerasi

Pembakaran limbah B3 dalam insinerasi akan menghasilkan emisi gas buang, emisi gas buang perlu dikelola guna memastikan emisi yang dibuang ke lingkungan memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Emisi gas buang insinerator di PT. XYZ dikelola dengan alat pengendali emisi berupa *cyclone* dan *wet scrubber*. Emisi gas buang akan dipastikan memenuhi baku mutu melalui pemantauan emisi secara berkala sesuai dengan baku mutu yang telah di persyaratkan pada izin yang dimiliki. Selain pemantauan berkala, sehubungan emisi yang dibuang ke lingkungan tentu saja berdampak pada masyarakat sekitar maka perlu dilakukan penilaian dampak dari insinerasi yang dilakukan PT. XYZ terhadap lingkungan sekitar, tahapan penilaian dampak dapat dilakukan dengan mempelajari karakteristik emisi, membatasi lingkup penerima dampak (misal pada fasilitas umum atau pemukiman terdekat), menghitung sebaran emisi, dan menilai dampak [16].

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis risiko terhadap pengolahan Limbah B3 dengan insinerasi di PT. XYZ, dapat disimpulkan bahwa risiko dominan terjadi pada proses pengumpulan limbah infeksius dan emisi gas buang insinerator dengan tingkat risiko tertinggi (high dan very high) akibat potensi paparan patogen dan pencemaran lingkungan oleh emisi. Pengendalian risiko dilakukan dengan Implementasi APD (baju hazmat, masker, sarung tangan) dan pelatihan pekerja efektif mengurangi paparan limbah infeksius dan Penggunaan alat pengendali emisi gas buang perlu dipantau secara berkala untuk memastikan kepatuhan terhadap baku mutu. Residu insinerator (abu, slag) yang tergolong Limbah B3 harus dikelola melalui penimbunan (landfill) sesuai Peraturan Menteri LHK No. 6 Tahun 2021, meski potensi pemanfaatan sebagai material konstruksi masih memerlukan kajian lebih lanjut. Perlu adanya kolaborasi antara pemerintah dan akademisi untuk berinovasi pada kegiatan pengolahan Limbah B3 dengan metode insinerasi, terkhusus pada penanganan residu dan pengelolaan emisi gas buang. Dengan demikian, insinerasi sebagai solusi pengolahan Limbah B3 dapat tetap dipertahankan asalkan diimbangi dengan pendekatan pencegahan risiko yang holistik dan berkelanjutan.

5. Referensi

- [1] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021.
- [2] H. Agustina, "Urgensi tata kelola limbah B3," *Pojok Iklim Kementerian LHK*, Feb. 19, 2020. [Online]. Available: <http://pojokiklim.menlhk.go.id/read/urgensi-tata-kelola-limbah-b3>.
- [3] E. Oktarinasari, M. Yusuf, and T. Arief, "Kajian Pengelolaan Limbah B3 Hasil Dari Kegiatan Pertambangan Batubara Study of B3 Waste Management Results From Coal Mining Activities," *J. Pertamb.*, vol. 3, no. 4, pp. 52–58, 2019.
- [4] P. Lisbona, S. Pascual, and V. Pérez, "Waste to energy: Trends and perspectives," *Chem. Eng. J. Adv.*, vol. 14, no. April, 2023.
- [5] *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021.
- [6] N. Aimi, A. Wahab, F. Nabilah, A. Rahiza, and N. Isa, "Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (Hirarc) on Laboratory Waste Disposal in Chemistry Laboratory," *J. Acad.*, vol. 10, no. November, pp. 194–203, 2022.
- [7] H. C. Palit and Alexander, "Hazard identification, risk assessment and control (HIRAC) at the wood processing industry," in *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 855, pp. 244–252, 2023.
- [8] J. Whitfield, "AS/NZS 43600 SET Risk Management Set," *Nature*, vol. 428, no. 6983, p. 592, 2004.
- [9] Y. Xiao and M. Watson, "Guidance on Conducting a Systematic Literature Review," *J. Plan. Educ. Res.*, vol. 39, no. 1, pp. 93–112, 2017.
- [10] Fikri Naufal Uyun, Frency Siska, and Nurul Chotidjah, "Pengawasan Pemerintah Daerah terhadap Pengelolaan Limbah B3 Internal Rumah Sakit," *J. Ris. Ilmu Huk.*, pp. 52–56, 2022.
- [11] Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor PER.08/MEN/VII/2010 tentang Alat Pelindung Diri, Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi, 2010.
- [12] G. T. P. Laksono and A. Sari, Upaya Pengendalian Risiko Pada Unit Pengelolaan Limbah Medis Benda Tajam Di Rumah Sakit," *J. Public Heal. Educ.*, vol. 1, no. 1, pp. 40–47, 2021
- [13] C. Block, J. Van Caneghem, A. Van Brecht, G. Wauters, and C. Vandecasteele, "Incineration of Hazardous Waste: A Sustainable Process?," *Waste and Biomass Valorization*, vol. 6, no. 2, pp. 137–145, 2015.
- [14] S. Alnezami, G. Lamaa, M. F. C. Pereira, R. Kurda, J. de Brito, and R. V. Silva, "A sustainable treatment method to use municipal solid waste incinerator bottom ash as cement replacement," *Constr. Build. Mater.*, vol. 423, p. 135855, Apr. 2024.
- [15] R. Muthuraja et al., "Assessment and classification of different ashes from waste incinerators in Thailand," *Results Eng.*, vol. 24, no. September, 2024.
- [16] Resosudarmo, Budy P. "Indonesia's clean air program." *Bulletin of Indonesian Economic Studies* 38.3 (2002): 343-365.