

Evaluasi Kepatuhan Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Menggunakan Insinerator di PT. X, Kawasan Pengelola Limbah Industri, Kabil, Kecamatan Nongsa, Kota Batam Tahun 2026

Evaluation of Compliance of Hazardous Waste (B3) Treatment Using an Incinerator at PT. X, Industrial Waste Management Zone, Kabil, Nongsa Sub-district, Batam City in 2026

Zahra Nur Annisa Apendi Putri^{1*}, M. Kafit², Novela Sari³, Roni Razali⁴

¹ Program Studi Kesehatan Lingkungan, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Ibnu Sina, Batam, Indonesia

INFO ARTIKEL

Submitted: July 21, 2026

Accepted: September 13, 2026

Published Online: September 30, 2026

Kata Kunci:

Insinerator, kepatuhan lingkungan, limbah B3, pengolahan limbah, residu insinerasi

Abstrak

Latar Belakang: Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang dihasilkan industri berpotensi mencemari lingkungan dan mengancam kesehatan masyarakat apabila tidak dikelola secara optimal. PT. X Batam menggunakan insinerator sebagai metode pengolahan limbah B3 yang paling dominan, dengan proporsi mencapai 73% dari total limbah yang diolah, namun evaluasi sistem secara rutin belum dilakukan. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator di PT. X Batam. **Metode:** Penelitian ini menggunakan desain studi kasus evaluatif dengan pendekatan kualitatif deskriptif di PT. X pada Februari s.d. Mei 2026. Lima informan dipilih secara purposive berdasarkan keterlibatan langsung dalam pengelolaan insinerator. Data diperoleh melalui wawancara, observasi, dan verifikasi dokumen SOP, perizinan, serta laporan lingkungan. Data dianalisis berdasarkan input, proses, dan output, kemudian data dianalisis melalui proses transkripsi, pengodean, kategorisasi, dan penyusunan tema. Kredibilitas temuan diperiksa melalui triangulasi sumber, triangulasi teknik, dan telaah dokumen lalu dibandingkan dengan matriks kriteria PermenLHK No. 6 Tahun 2021, PermenLHK No. 11 Tahun 2024, dan SNI 8423:2023. **Hasil:** Aspek input menunjukkan bahwa sumber daya manusia belum memiliki sertifikasi kompetensi pengelolaan limbah B3 sesuai PermenLHK No. 11 Tahun 2024; sarana prasarana secara umum tersedia, namun tempat penyimpanan sementara limbah B3 belum berizin dan belum dilengkapi pendeteksi kebakaran otomatis; sedangkan standar operasional prosedur telah tersedia namun belum ditempatkan di area kerja. Aspek proses pembakaran dan penanganan residu telah sesuai dengan PermenLHK No. 6 Tahun 2021 dan SNI 8423:2023. **Kesimpulan:** Sistem pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator di PT. X Batam telah berjalan cukup baik, tetapi masih memerlukan peningkatan pada aspek kompetensi sumber daya manusia, kelengkapan sarana prasarana, dan penerapan standar operasional prosedur guna meningkatkan kepatuhan terhadap regulasi.

Keywords:

Evaluation, B3 Waste Treatment, Incinerator, Environmental Management System

Abstract

Background: Hazardous waste generated by industry has the potential to pollute the environment and threaten public health if not managed optimally. PT. X Batam uses incineration as its primary method of treating hazardous waste, accounting for 73 per cent of the total waste treated; however, no regular evaluation of the system has yet been carried out. **Objective:** This study aims to evaluate the B3 waste treatment system using an incinerator at PT. X Batam. **Method:** This study employed an evaluative case study design with a descriptive qualitative approach, conducted from February through May 2026. Five informants were selected through purposive sampling based on their direct involvement in the management of the incinerator. Data were collected through interviews, observations, and verification of SOP documents, permits, and environmental reports. The data were analysed on the basis of inputs, processes, and outputs, and were subsequently analysed through the processes of transcription, coding, categorisation, and theme development. The credibility of the findings was verified through source triangulation, methodological triangulation and document review, and then compared against the criteria matrix set out in Ministry of Environment and Forestry Regulation No. 6 of 2021, Ministry of Environment and Forestry Regulation No. 11 of 2024 and SNI 8423:2023. Compared with the criteria matrices of PermenLHK No. 6 of 2021, PermenLHK No. 11 of 2024, and SNI 8423:2023. **Results:** The input aspect revealed that human resources do not yet hold competency certification for hazardous waste management in accordance with Ministry of Environment and Forestry Regulation No.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



11 of 2024; facilities and infrastructure are generally available, but the temporary storage area for hazardous waste is not yet licensed and is not equipped with automatic fire detectors; whilst standard operating procedures are available but have not yet been displayed in the work area. The aspects of the incineration process and residue handling are in accordance with Ministry of Environment and Forestry Regulation No. 6 of 2021 and SNI 8423:2023. **Conclusion:** The hazardous waste treatment system using an incinerator at PT. X Batam is operating reasonably well, but improvements are still required in terms of staff competence, the adequacy of facilities and infrastructure, and the implementation of standard operating procedures to enhance regulatory compliance.

✉ **Corresponding Author:**

Muhammad Kafir

Department of Health Science, Ibnu Sina University, Batam, Indonesia

Telp. 081274517672

Email: muhammad.kafir@uis.ac.id

PENDAHULUAN

Perkembangan industrialisasi, baik secara global maupun di Indonesia, turut meningkatkan potensi timbulan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dari kegiatan produksi. United Nations Environment Programme (UNEP) memperkirakan sekitar 400 juta ton limbah berbahaya dihasilkan setiap tahun di dunia, yang berisiko mencemari lingkungan dan mengancam kesehatan masyarakat apabila tidak ditangani dengan baik (Kumar et al., 2023). Di Indonesia, produksi limbah B3 berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada 2023 tercatat mencapai 59,83 juta ton, sementara Kota Batam sebagai salah satu kawasan industri dengan lebih dari 110 perusahaan yang belum menangani limbahnya secara tepat (DLH Kota Batam, 2025).

Insinerator merupakan salah satu teknologi pengolahan limbah B3 melalui proses pembakaran suhu tinggi yang efektif menurunkan volume, massa, serta tingkat bahaya limbah padat (Joyosemito et al., 2025). Namun, penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengoperasian insinerator berisiko tinggi apabila tidak diikuti prosedur yang memadai (Indra Kelana et al., 2021), serta berpotensi menimbulkan tantangan pada efisiensi pembakaran dan pengendalian emisi yang dapat melampaui baku mutu (Yuwono et al., 2023). Fokus evaluasi pada penelitian-penelitian tersebut umumnya masih menekankan aspek teknis, seperti efisiensi pembakaran, emisi udara, dan analisis risiko komponen alat, sementara evaluasi menyeluruh terhadap aspek input, proses, dan output pada perusahaan jasa pengolah limbah B3 masih terbatas. Pendekatan evaluasi multi-aspek ini sejalan dengan kajian yang mengidentifikasi tujuh aspek dan tiga puluh tiga kriteria yang saling berkaitan dalam menilai kinerja pengelolaan limbah B3 terhadap keberlanjutan perusahaan di industri negara berkembang (Nguyen et al., 2023).

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak dalam pengangkutan, pengumpulan, dan pengolahan limbah B3 di Kota Batam. Insinerator menjadi metode pengolahan limbah B3 paling dominan di PT. X, dengan realisasi pengolahan mencapai 883 ton atau sekitar 73% dari total keseluruhan metode pengolahan pada periode Desember 2025 (PT. X, 2026). Hasil observasi awal peneliti pada bulan September–Desember 2025 menemukan bahwa evaluasi sistem secara rutin, yang mencakup kinerja operasional insinerator, efektivitas pembakaran, hasil uji emisi, dan aspek keselamatan kerja operator, belum dilakukan secara berkala. Selain itu, ditemukan pula bahwa pemilahan limbah sebelum proses pembakaran belum optimal, SOP belum sepenuhnya dijadikan acuan kerja operator, dan residu hasil insinerasi yang tergolong limbah B3 kategori bahaya 1 dengan kode A347-1 belum ditangani secara sistematis (Republik Indonesia, 2022).

Urgensi kajian ini didasari oleh potensi limbah B3 yang dapat memicu pencemaran lingkungan serta mengancam kesehatan masyarakat apabila tidak diberikan penanganan yang optimal, mengingat proses insinerasi turut menghasilkan emisi udara dan residu abu yang masih berstatus limbah B3. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator di PT. X berdasarkan aspek input, proses, dan hasil penilaian kepatuhan. Evaluasi mencakup kompetensi tenaga kerja, sarana dan prasarana, SOP, proses pembakaran, pengendalian emisi, serta penanganan residu berdasarkan regulasi yang berlaku

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus evaluatif dengan metode kualitatif deskriptif yaitu penelitian yang bertujuan untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai perilaku, persepsi, motivasi, dan tindakan subjek penelitian secara menyeluruh dengan menggunakan bahasa yang alamiah (Moleong, 2021). Kasus yang dikaji adalah sistem pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator di PT. X Batam, dengan unit analisis meliputi aspek input, proses, dan output. Penelitian dilaksanakan pada Februari s.d. Mei 2026. Pendekatan kualitatif dipilih untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai pelaksanaan pengolahan limbah B3 dan menilai kesesuaiannya dengan ketentuan regulasi berdasarkan hasil wawancara, observasi, dan telaah dokumen.

Waktu dan TEMPAT

Penelitian dilaksanakan di PT. X, perusahaan pengelola limbah B3 berlokasi di Kawasan Pengelolaan Limbah Industri, Kabil, Kecamatan Nongsa, Kota Batam, Kepulauan Riau, pada bulan Februari s.d. Mei 2026.

Informan Penelitian

Kriteria informan meliputi, informan yang terlibat langsung dalam aspek input, proses, atau output pengelolaan limbah B3 menggunakan insinerator, telah bekerja di PT. X minimal 1 tahun agar memahami alur kerja secara menyeluruh dan bersedia memberikan persetujuan (informed consent). Peneliti mengundang calon informan melalui surat permohonan resmi kepada perusahaan dan seluruh informan bersedia menjadi informan. Informan penelitian ditentukan secara purposive berdasarkan keterlibatan langsung dalam pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator di PT. X, terdiri atas lima orang informan, yaitu HRD sebagai informan dalam kebijakan dan administrasi SDM, Plant Manager sebagai informan dalam pengawasan operasional, HSE sebagai informan keselamatan kerja dan lingkungan, Leader Insinerator yang juga menjadi operator pada shift 1, dan Operator senior Insinerator yang dipilih pada shift 2 sebagai informan dalam pelaksanaan pembakaran dan penanganan residu (Tabel 1). Tidak ada penambahan informan pada penelitian ini karena tercapainya kecukupan data yang dinilai ketika informasi dari kelima informan pada seluruh aspek mulai menunjukkan pengulangan pola dan tidak ditemukan informasi baru yang bermakna pada wawancara lanjutan.

Instrumen penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan berupa lembar wawancara, lembar ceklis observasi, kamera, dan pedoman dokumentasi untuk memperoleh data primer dan sekunder secara sistematis (Sugiyono, 2022). Instrumen penelitian terdiri atas pedoman wawancara dan lembar observasi. Indikator wawancara disusun berdasarkan variabel penelitian dan ketentuan regulasi terkait pengelolaan limbah B3, meliputi aspek SDM, sarana prasarana, SOP, proses pembakaran, dan penanganan residu. Pedoman wawancara memuat pertanyaan mengenai 4-6 pertanyaan yang dikelompokkan berdasarkan tema tersebut. Wawancara dicatat dan direkam dengan persetujuan informan. Observasi dilakukan menggunakan lembar observasi berbentuk checklist yang memuat indikator kondisi SDM, sarana prasarana, SOP, proses pembakaran, dan penanganan residu. Dokumen yang diperiksa meliputi SOP pengoperasian insinerator, dokumen perizinan, profil perusahaan, dan laporan pengelolaan lingkungan. Wawancara, observasi dan telaah dokumen dilakukan oleh penulis pertama selaku peneliti lapangan dengan latar belakang pendidikan Kesehatan Lingkungan, yang berkedudukan sebagai peneliti independen.

Proses Pengumpulan Data

Data primer dikumpulkan melalui wawancara mendalam dan observasi langsung terhadap aspek sumber daya manusia, sarana prasarana, proses pembakaran, dan penanganan residu. Wawancara dengan masing-masing informan berlangsung selama 30-40 menit, direkam

menggunakan perekam audio pada handphone dengan persetujuan informan dan dilengkapi catatan lapangan oleh peneliti. Observasi langsung dilakukan selama 4 hari pada shift pagi dan malam dengan kondisi operasional normal insinerator. Data sekunder diperoleh melalui telaah dokumen SOP, profil perusahaan, dokumen perizinan, dan laporan pengelolaan lingkungan PT. X periode Juli s.d. Desember 2025.

Analisis Data

Data dianalisis secara induktif melalui beberapa tahapan, yaitu transkripsi hasil wawancara secara verbatim, reduksi data dengan menyeleksi dan memfokuskan informasi yang relevan dengan variabel input, proses, dan output, kategorisasi data ke dalam matriks triangulasi untuk setiap variabel, penyajian data dalam bentuk narasi deskriptif dan tabel triangulasi, serta penarikan kesimpulan dan verifikasi. Validitas dan reliabilitas temuan dijamin melalui triangulasi sumber, yaitu membandingkan hasil wawancara antar informan, serta triangulasi teknik, yaitu membandingkan hasil wawancara dengan observasi langsung dan telaah dokumen (Sugiyono, 2022). Hasil triangulasi pada setiap variabel selanjutnya dibandingkan dengan ketentuan PermenLHK No. 6 Tahun 2021, PermenLHK No. 11 Tahun 2024, dan SNI 8423:2023 untuk menilai tingkat kesesuaiannya.

HASIL

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

PT. X bergerak dalam bidang pengelolaan limbah B3 dengan tiga kegiatan utama, yaitu pengangkutan, pengumpulan, dan pengolahan. PT. X memiliki dua unit Insinerator industri untuk membakar limbah kimia berbahaya, lumpur (*sludge*) dan limbah medis dengan kapasitas 250 kg/jam dan 750 kg/jam. Mesin Insinerator digunakan secara bergantian sesuai dengan banyaknya limbah yang perlu diolah dan dioperasikan selama 135 jam/minggu oleh sembilan operator dalam tiga shift. Insinerator menjadi metode pengolahan limbah B3 paling dominan di PT. X dengan proporsi 73% dari total limbah yang diolah (PT. X, 2026).

Tabel 1. Karakteristik Informan Penelitian di PT. X Batam Tahun 2026

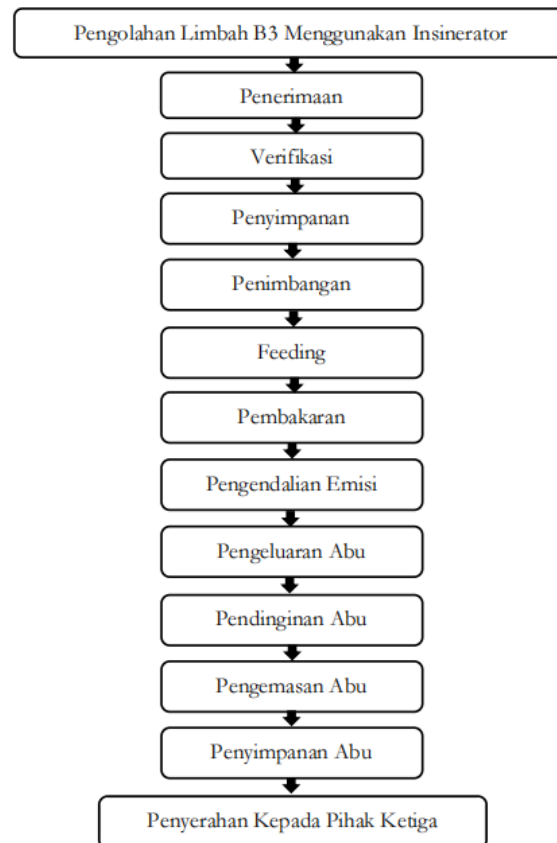
No	Kode Informan	Jabatan	Lama Kerja	Keterlibatan dalam Pengelolaan
1	I1	HRD	2 Tahun	Kebijakan dan administrasi SDM (aspek input)
2	I2	Plant Manager	12 Tahun	Pengawasan operasional (aspek input & proses)
3	I3	HSE	8 Tahun	Keselamatan kerja dan lingkungan (aspek input & proses)
4	I4	Leader Insinerator	8 Tahun	Pelaksanaan pembakaran dan residu (aspek input & proses)
5	I5	Operator Insinerator	10 Tahun	Pelaksanaan pembakaran dan residu (aspek input & proses)

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 1 menunjukkan bahwa penelitian ini melibatkan lima informan yang dipilih secara purposive berdasarkan keterlibatan langsung dalam pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator. Informan kunci terdiri atas Plant Manager, HSE, Leader Insinerator, dan Operator Insinerator yang terlibat langsung dalam pengawasan maupun pelaksanaan teknis operasional insinerator, sedangkan HRD berperan sebagai informan pendukung yang memberikan informasi terkait aspek kebijakan dan administrasi sumber daya manusia. Mayoritas informan memiliki latar

belakang pendidikan SMA/SMK sederajat dengan pengalaman kerja yang relevan pada bidang tugas masing-masing.

Tahapan Pengelolaan Limbah B3 Menggunakan Insinerator



Gambar 1. Diagram Alur Pengelolaan Limbah B3 Menggunakan Insinerator

(Sumber: Observasi Peneliti, 2026)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tahapan pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator di PT. X telah dilaksanakan secara berurutan, mulai dari pemilahan limbah, penyimpanan sementara, proses pembakaran, hingga penanganan residu. Pada tahap pemilahan, limbah medis umumnya tidak dipilah kembali oleh operator karena telah dipilah oleh pihak penghasil, sedangkan limbah B3 non-medis dipilah terlebih dahulu di gudang sortir. Informan menyampaikan bahwa

“limbah medis tidak dipilah dulu, langsung dibakar karena maksimal 1x24 jam, tapi kalau limbah lain dipilah di gudang sortir” (I4) yang didukung oleh pernyataan *“dipisahkan sesuai jenis di Gudang 6 (sortir), tapi kalau limbah medis tidak dipisahkan karena biasanya sudah dipisahkan oleh pihak penghasil.” (I3).*

Selanjutnya, limbah dimasukkan ke dalam insinerator melalui *feeder* yang dilengkapi timbangan agar tidak melebihi kapasitas mesin. Informan menyatakan bahwa

“ada yang 250 kg/jam ada yang 750 kg/jam” dengan tambahan informasi jika limbah yang masuk melebihi kapasitas *“Bahaya, bisa terjadi penumpukan di ruang bakar itu nanti overload, bisa sampai mati semua listrik dan juga suhu gak stabil jadi pembakaran tidak sempurna.” (I2).*

Pada tahap pembakaran, suhu ruang bakar dipantau secara berkala melalui panel kontrol, sebagaimana disampaikan informan bahwa

“ruang pembakaran satu 800°C dan pembakaran dua 1200°C. ini suhu minimal, jika suhunya lebih itu lebih bagus lagi untuk pembakaran.” (I5), dan pernyataan “chamber satu itu 800°C, chamber dua itu 1200°C. Ada pemantauan otomatis dikontrol panel dan dipantau operator setiap jam” (I3).

Pada tahap akhir, residu hasil pembakaran ditangani melalui sistem otomatis, sebagaimana diungkapkan informan bahwa

“Otomatis keluar dari mesin dan diwadahi dengan drum besi lalu dikeluarkan dan disiram air agar abu dingin dan tidak berterbangan.” (I4) dan didukung oleh pernyataan, “dilakukan secara otomatis, itu abunya jatuh ke drum biarkan numpuk sendiri, lalu dikeluarkan dan disiram air agar dingin”, dilanjutkan “dari gudang insinerator diwrapping lalu diambil ke gudang 6 gudang pengumpul, selanjutnya dikirim ke pihak ketiga untuk pengolahan lebih lanjut.” (I5).

Secara keseluruhan, tahapan pengelolaan limbah B3 menggunakan insinerator di PT. X telah berjalan sesuai alur yang ditetapkan, meskipun pada beberapa aspek input dan proses masih ditemukan kendala sebagaimana diuraikan pada bagian berikut.

Evaluasi Aspek Input

Hasil triangulasi wawancara, observasi, dan telaah dokumen pada aspek input ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Evaluasi Aspek Input

Variabel	Temuan Utama	Regulasi Acuan	Kesesuaian
SDM	Pendidikan minimal SMA/SMK, telah mendapat pelatihan internal dan medical check-up rutin 6 bulan sekali, namun operator dan penanggung jawab insinerator belum memiliki sertifikasi kompetensi pengelolaan limbah B3 (PLB3).	PermenLHK No. 11 Tahun 2024	Belum sesuai
Sarana Prasarana	Dua unit insinerator dilengkapi cyclone dan scrubber serta APD lengkap bagi operator, namun TPS limbah B3 belum berizin dan belum tersedia pendeteksi kebakaran otomatis.	PermenLHK No. 6 Tahun 2021	Belum sepenuhnya sesuai
SOP	SOP pengoperasian dan tanggap darurat tersedia dalam manual book, namun belum ditempatkan pada area kerja gudang insinerator.	PermenLHK No. 6 Tahun 2021	Sesuai, implementasi perlu ditingkatkan

Sumber: Hasil Triangulasi Data, 2026

PT. X Batam terdiri dari 54 tenaga kerja dengan 35 tenaga kerja di lapangan. Petugas insinerator terdiri dari 9 tenaga kerja yang dibagi menjadi tiga shift dengan 1 Leader. Leader insinerator memiliki sertifikasi khusus yaitu pengendalian pencemaran udara (PPU) sebagai upaya dalam pemantauan emisi cerobong insinerator. Namun, belum tersedia tenaga kerja yang memiliki sertifikasi kompetensi khusus di bidang pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator, baik pada level penanggung jawab maupun operator. Berdasarkan PermenLHK no. 11 tahun 2024 tentang Penerapan Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia Bidang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), Pasal 2 ayat 1 menyatakan bahwa “pelaku usaha di bidang pengelolaan limbah B3 wajib memiliki tenaga kerja yang bersertifikat kompetensi di bidang Pengelolaan Limbah B3”. Informan menyampaikan bahwa

“untuk sertifikat PLB3 insinerator belum ada, kami baru ada sertifikat PLB3 dan OPLB3 untuk pengumpul saja” (I3).

Sehingga, PT.X hanya memiliki tenaga kerja bersertifikasi PLB3 dan OPLB3 bagian pengumpulan Limbah B3. Temuan ini sejalan dengan studi pada industri pengolah limbah di Malaysia yang juga mengidentifikasi ketiadaan pelatihan sertifikasi formal sebagai kendala utama kepatuhan regulasi (Hazarudin et al., 2026).

Sarana prasana dalam pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator, menunjukkan bahwa terdapat unit insinerator sebagai fasilitas utama dalam pengolahan limbah B3 secara termal. PT. X Batam memiliki dua unit insinerator dengan kapasitas 250kg/jam dan 750kg/jam dilengkapi dengan alat pengendalian pencemaran udara pada cerobong insinerator yang berupa cyclon dan scrubber. Namun, Sarana Prasarana belum sepenuhnya memenuhi kesesuaian diantaranya belum adanya TPS, informan menyatakan bahwa

“kami ga ada TPS sebetulnya, kami hanya ada izin pengumpulan” (I1).

Berdasarkan PermenLHK no.6 tahun 2021 tentang tata cara dan persyaratan pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), pasal 128 ayat 2 menyatakan bahwa pengolahan Limbah B3 dengan cara termal melalui proses insinerasi harus memiliki spesifikasi Teknik yang ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Checklist Sarana Prasarana Berdasarkan PermenLHK No. 6 Tahun 2021

N o	Indikator	Tersedi a	Befungs i	Diperiks a	Terdokumenta si	Memenu hi Spesifikas i	Belum Memenu hi
1.	Tersedia unit insinerator untuk pengolahan limbah B3	✓	✓		✓	✓	
2.	Terdapat tempat penyimpanan sementara limbah B3 sebelum pembakaran						✓
3.	Insinerator memiliki ruang bakar utama (<i>primary chamber</i>)	✓	✓	✓	✓	✓	
4.	Insinerator memiliki ruang bakar sekunder (<i>secondary chamber</i>)	✓	✓	✓	✓	✓	
5.	Tersedia panel kontrol atau sistem	✓	✓	✓	✓	✓	

	monitoring suhu					
6.	Terdapat cerobong emisi pada insinerator	✓	✓		✓	✓
7.	Tersedia alat pengendalian pencemaran udara (<i>scrubber/cyclone</i>)	✓	✓		✓	✓
8.	Tersedia APAR di area insinerator	✓	✓	✓	✓	✓
9.	Terdapat sistem pemadaman kebakaran otomatis					✓

Sumber: Observasi Peneliti, 2026

Adapun SOP yang harus diikuti dalam pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator diantaranya, terkait petunjuk umum pengoperasian mesin insinerator, instruksi kerja mesin insinerator dan SOP tanggap darurat, informan menyampaikan bahwa

“SOP mesin insinerator, SOP cara kerja dan SOP keselamatan sudah tersedia dan diikuti” (I3).

SOP terkait petunjuk umum pengoperasian mesin insinerator tertuang dalam manual book insinerator sebagai upaya untuk meningkatkan efisien dan efektivitas dari pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator. Dalam dokumen tersebut dijelaskan prosedur pengoperasian insinerator yang disahkan pada 2023, namun SOP ini belum dibuat dalam bentuk lembar prosedur kerja yang ditempel di area gudang insinerator sehingga belum dapat dilihat secara langsung oleh seluruh operator saat bekerja. Kondisi ini berpotensi menyebabkan ketidakkonsistenan dalam pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator. Selain itu, dapat juga meningkatkan risiko kesalahan kerja, kelalaian dalam pengawasan parameter operasi, serta potensi kecelakaan kerja pada pengoperasian insinerator limbah B3.

Evaluasi Aspek Proses

Hasil triangulasi pada aspek proses pembakaran dan penanganan residu ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 4. Ringkasan Hasil Evaluasi Aspek Proses

Variabel	Temuan Utama	Regulasi Acuan	Kesesuaian
Proses Pembakaran	Suhu ruang bakar pertama $\geq 800^{\circ}\text{C}$ dan ruang bakar kedua $850\text{--}1200^{\circ}\text{C}$, kapasitas dan pemilahan limbah terkontrol, uji emisi rutin tiga bulan sekali dengan hasil dibawah baku mutu.	PermenLHK No. 6 Tahun 2021	Sesuai
Penanganan Residu	Residu dikeluarkan otomatis melalui screw conveyor, didinginkan, dikemas, diberi label dan simbol, disimpan maksimal 90 hari	PermenLHK No. 6 Tahun 2021; SNI 8423:2023	Sesuai

sebelum diserahkan kepada pihak ketiga berizin untuk penimbunan.

(Sumber: Hasil Triangulasi Data, 2026)

Terkait pengendalian mutu pembakaran, informan menyampaikan bahwa

“pengujian emisi dilakukan secara berkala itu 3 bulan sekali. Hasil uji emisi pernah melebihi baku mutu? Tidak pernah” (I2)

yang dibuktikan dengan laporan hasil uji emisi sumber tidak bergerak pada 05 Desember 2025 yang dilakukan oleh laboraorium tersertifikasi (Tabel 5).

Tabel 5. Hasil Uji Emisi Insinerator

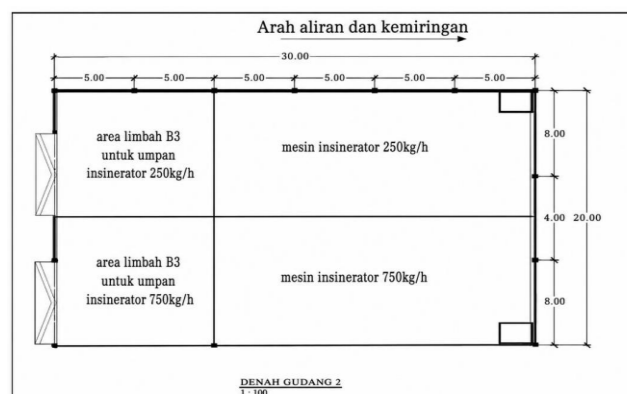
Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu ¹⁾	Metoda Analisis / Alat ^{*)}
Particle	mg/m ³	38	50.00	SNI 7117 - 21: 2021
Sulfur Dioxide (SO ₂)	mg/m ³	110.3	250.00	SNI 19 – 7117.3.1-2005
Nitrogen Dioxide (NO ₂)	mg/m ³	211.8	300.00	SNI 19 – 7117.5-2005
Hydrogen Fluoride (HF)	mg/m ³	< 0.01	10.00	SNI 7117 - 21: 2021
Carbon Monoxide (CO)	mg/m ³	67.2	100.00	SNI 19 – 7117.8-2005
Hydrogen Chloride (HCl)	mg/m ³	< 0.01	70.00	SNI 19 – 7119.13-2009
Total Hydrocarbon (CH ₄)	mg/m ³	< 1.00	35.00	SNI 19 – 7117.20: 2009
Arsenic (As)	mg/m ³	< 0.001	1.00	SNI 19 – 7117.20: 2009
Cadmium (Cd)	mg/m ³	< 0.005	0.20	SNI 19 – 7117.20: 2009
Chromium (Cr)	mg/m ³	0.31	1.00	SNI 19 – 7117.20: 2009
Lead (Pb)	mg/m ³	0.12	5.00	SNI 19 – 7117.20: 2009
Mercury (Hg)	mg/m ³	< 0.001	0.20	SNI 19 – 7117.20: 2009
Thalium (Tl)	mg/m ³	< 0.01	0.20	SNI 19 – 7117.20: 2009
Opacity	%	6.8	10.00	SNI 19 – 7117.11: 2005
Carbon Dioxide (CO ₂)	%	5.37	-	SNI 19-7119.10 – 2005

Sumber: Laporan Lingkungan PT. X, 2025

Terkait penanganan residu, informan menyatakan bahwa

“drum disimpan di bagian abu itu keluar, nanti discrew abunya diambil seminggu sekali, lalu disimpan di pallet, dinwrapping dan diberi label dan simbol beracun” (HSE).

“izin pemanfaatannya belum ada, jadi dikirim ke PPLI untuk ditimbun” (PM: Plant Manager).



Gambar 2. Tata Letak Pengolahan Limbah B3 Menggunakan Insinerator di PT. X Batam

Ringkasan Hasil Penilaian Kepatuhan

Output merupakan hasil evaluasi dari aspek input dan proses yang dibandingkan dengan PermenLHK No. 6 Tahun 2021, PermenLHK No. 11 Tahun 2024, dan SNI 8423:2023. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa aspek input SDM belum memenuhi ketentuan terkait sertifikasi kompetensi pengelolaan limbah B3, sarana prasarana belum sepenuhnya sesuai karena TPS limbah B3 belum berizin dan fasilitas tanggap darurat belum lengkap, sedangkan SOP secara substansi telah memenuhi ketentuan meskipun penempatannya belum optimal. Sebaliknya, aspek proses pembakaran dan penanganan residu secara keseluruhan telah memenuhi syarat dan ketentuan yang berlaku.

PEMBAHASAN

1. Aspek Input Pengolahan Limbah B3 Menggunakan Insinerator

a. *Sumber Daya Manusia (SDM)*

Temuan penelitian menunjukkan bahwa petugas pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator di PT. X memiliki pendidikan minimal SMA/SMK sederajat, telah melalui masa pelatihan internal, dan memiliki sertifikat pengendalian pencemaran udara (PPU), tetapi belum memiliki sertifikasi kompetensi khusus pengelolaan limbah B3 (PLB3) baik pada level penanggung jawab maupun operator. Temuan ini sejalan dengan PermenLHK No. 11 Tahun 2024 Pasal 2 ayat (1) yang mewajibkan pelaku usaha pengelolaan limbah B3 memiliki tenaga kerja bersertifikasi kompetensi pada jenjang operator maupun pengawas, serta sejalan dengan kajian yang menyatakan bahwa kualifikasi dan kompetensi SDM memiliki dampak signifikan terhadap pelaksanaan tugas karyawan dan perlu didukung pelatihan berkelanjutan selain pendidikan formal (Hasibuan et al., 2023). Pengembangan SDM yang terarah, baik melalui pendidikan formal maupun pelatihan teknis, juga terbukti berkontribusi terhadap peningkatan kompetensi dan kinerja institusi (Effendi, 2021).

Kondisi belum tersedianya sertifikasi PLB3 tersebut terjadi karena sertifikat PPU yang dimiliki petugas lebih berfokus pada pengendalian pencemaran udara akibat emisi, bukan pada kompetensi teknis pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator secara menyeluruh, sehingga perusahaan belum menjadikan sertifikasi PLB3 sebagai prioritas dalam pengembangan SDM. Di sisi lain, medical check-up rutin setiap enam bulan serta fasilitas BPJS Kesehatan dan Ketenagakerjaan telah diberikan kepada seluruh petugas, sejalan dengan ketentuan jaminan sosial ketenagakerjaan bagi pekerja (Puspita Hapsari et al., 2023) serta praktik manajemen SDM yang efektif melalui perekrutan, pelatihan, dan pengendalian kinerja staf (Hasnanisa et al., 2022).

Sehingga, apabila sertifikasi kompetensi PLB3 tidak segera dipenuhi, risiko kesalahan operasional dan ketidaksesuaian terhadap PermenLHK No. 11 Tahun 2024 akan terus berlanjut dan dapat memengaruhi hasil audit kepatuhan perusahaan. Oleh karena itu, perusahaan disarankan segera memfasilitasi sertifikasi kompetensi PLB3 bagi operator dan penanggung jawab insinerator untuk menekan risiko kesalahan operasional sekaligus memenuhi ketentuan yang berlaku. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa komitmen manajemen puncak dan kesadaran karyawan merupakan faktor perilaku kunci yang menentukan keberhasilan kepatuhan lingkungan pada industri, di samping penegakan dan pemberian insentif regulasi (Mokhtar et al., 2024).

b. *Sarana Prasarana*

PT. X memiliki dua unit insinerator berkapasitas 250 kg/jam dan 750 kg/jam yang dilengkapi alat pengendalian pencemaran udara berupa cyclone dan scrubber pada cerobong, sesuai dengan PermenLHK No. 6 Tahun 2021 Pasal 128 ayat (2). Namun, tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 sebelum diolah menggunakan insinerator masih memanfaatkan sebagian area gudang insinerator dan belum memiliki izin TPS, serta fasilitas tanggap darurat belum dilengkapi sistem pendeteksi kebakaran otomatis sebagaimana disyaratkan dalam PermenLHK No. 6 Tahun 2021 Pasal 127. Temuan ini sejalan dengan kajian yang menyatakan bahwa penyimpanan limbah B3 yang tidak segera diolah perlu dikemas dan diberi label sesuai karakteristiknya untuk mencegah

pelepasan limbah ke lingkungan, sehingga keberadaan TPS yang berizin menjadi bagian penting dari sistem pengelolaan limbah B3 (Hidayat et al., 2023).

Kondisi tersebut terjadi karena TPS limbah B3 belum dirancang sebagai fasilitas tersendiri sejak awal, melainkan memanfaatkan ruang tersisa pada gudang insinerator, sehingga proses perizinannya turut tertunda. Selain itu, belum adanya jadwal pemeliharaan rutin insinerator yang terdokumentasi turut menunjukkan bahwa perawatan mesin masih bersifat reaktif, yaitu dilakukan hanya ketika terjadi kerusakan. Implikasinya, tanpa TPS berizin dan pendeteksi kebakaran otomatis, PT. X berisiko menghadapi sanksi administratif serta potensi kecelakaan kerja akibat kebakaran yang tidak terdeteksi dini. Oleh karena itu, perusahaan disarankan menyediakan TPS limbah B3 berizin yang terpisah dari gudang insinerator, melengkapi sistem pendeteksi kebakaran otomatis, serta menyusun jadwal dan dokumen pemeliharaan rutin insinerator.

c. Standar Operasional Prosedur (SOP)

PT. X telah memiliki SOP pengoperasian insinerator, SOP keselamatan kerja, dan SOP tanggap darurat yang dituangkan dalam manual book insinerator, dengan tahapan persiapan, pemanasan, pembakaran pada suhu 800–1200°C, pemantauan, dan pendinginan, yang secara substansi telah memenuhi ketentuan PermenLHK No. 6 Tahun 2021 Pasal 128 ayat (1) huruf b. Akan tetapi, SOP tersebut belum dibuat dalam bentuk lembar prosedur kerja yang ditempel pada area gudang insinerator. Temuan ini sejalan dengan kajian yang menyatakan bahwa penerapan SOP yang jelas dan mudah diakses terbukti mampu meminimalkan kesalahan kerja serta meningkatkan konsistensi dan efisiensi kinerja karyawan (Haq & Arsiah, 2025).

Kondisi tersebut terjadi karena SOP masih disimpan dalam bentuk manual book yang lebih ditujukan sebagai dokumen administratif ketimbang panduan kerja harian, sehingga belum sepenuhnya diakses langsung oleh operator di lapangan. Kondisi ini berpotensi menimbulkan inkonsistensi pelaksanaan kerja serta kelalaian dalam pengawasan parameter operasi. Oleh karena itu, perusahaan disarankan menyusun SOP dalam bentuk yang lebih ringkas dan menempatkannya pada area kerja sebagai panduan langsung bagi operator, sehingga setiap tahapan dapat dipastikan sesuai prosedur dan standar keselamatan kerja.

2. Aspek Proses Pengolahan Limbah B3 Menggunakan Insinerator

a. Proses Pembakaran

Proses pembakaran limbah B3 di PT. X telah memperhatikan pemilahan jenis limbah, kapasitas insinerator, serta suhu pembakaran yang sesuai standar, yaitu di atas 800°C pada ruang bakar pertama (primary chamber) dan 850–1200°C pada ruang bakar kedua (secondary chamber), dengan hasil uji emisi rutin tiga bulan sekali menunjukkan efisiensi pembakaran 99,99%, memenuhi ketentuan PermenLHK No. 6 Tahun 2021 Pasal 131. Temuan ini sejalan dengan kajian yang menyatakan bahwa suhu operasi yang optimal berperan penting dalam mencapai efisiensi pembakaran maksimal serta menghasilkan emisi yang lebih bersih (Gunawan et al., 2025), dan sejalan pula dengan penelitian mengenai rancangan ruang bakar sekunder pada insinerator limbah medis yang menekankan pentingnya suhu dan waktu tinggal gas buang yang memadai untuk menyempurnakan proses pembakaran (Jaber et al., 2021).

Konsistensi suhu pembakaran tersebut tercapai karena PT. X menerapkan pemantauan otomatis melalui panel kontrol yang dipantau operator setiap jam, sehingga penyimpangan suhu dapat segera diketahui dan dikoreksi. Implikasinya, apabila konsistensi ini tidak dipertahankan, efisiensi pembakaran dapat menurun dan emisi berisiko melebihi baku mutu, khususnya pada kondisi beban limbah yang tinggi. Oleh karena itu, perusahaan disarankan mempertahankan konsistensi pengawasan suhu pembakaran dan pemantauan emisi secara berkala agar proses pembakaran tetap stabil dan sesuai standar lingkungan.

b. Penanganan Residu

Pengeluaran residu (abu) hasil pembakaran dilakukan secara otomatis melalui sistem screw conveyor, sejalan dengan SNI 8423:2023 tentang persyaratan struktur insinerator. Residu

didinginkan, dikemas, diberi label dan simbol limbah B3, disimpan maksimal 90 hari, kemudian diserahkan kepada pihak ketiga berizin untuk penimbunan, sesuai PermenLHK No. 6 Tahun 2021 Pasal 131 ayat (2). Temuan ini sejalan dengan kajian yang menyatakan bahwa residu insinerator, baik berupa abu dasar maupun abu terbang, tergolong limbah berbahaya karena berpotensi mengandung logam berat sehingga harus dikelola dan dibuang sesuai ketentuan yang berlaku (Nasir & Joko, 2025), sekaligus sejalan dengan kajian mengenai karakteristik dan potensi pemanfaatan fly ash serta bottom ash yang menekankan perlunya penanganan residu pembakaran secara tepat sebelum dapat dimanfaatkan lebih lanjut (Asof et al., 2022). Selain itu, pembentukan slagging pada dinding ruang bakar rotary kiln turut menjadi perhatian dalam menjaga performa pembakaran jangka panjang pada sistem insinerasi limbah berbahaya (Zhao et al., 2021).

Kondisi residu yang belum dimanfaatkan (izin pemanfaatan belum ada) menyebabkan PT. X harus mengirimkan seluruh residu ke pihak ketiga berizin untuk ditimbun, sehingga menimbulkan ketergantungan pada pihak eksternal serta biaya pengelolaan yang lebih tinggi dibandingkan apabila residu dapat dimanfaatkan kembali. Implikasinya, PT. X perlu mempertimbangkan penyediaan TPS khusus berizin untuk residu insinerator agar penyimpanannya lebih tertata dan sesuai peraturan, sekaligus membuka peluang kajian pemanfaatan residu di masa mendatang sepanjang memenuhi ketentuan yang berlaku.

3. Aspek Output Pengolahan Limbah B3 Menggunakan Insinerator

Secara keseluruhan, output pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator di PT. X menunjukkan bahwa kegiatan tersebut telah berjalan cukup baik dan didukung oleh aspek input serta proses yang memadai, sejalan dengan pendekatan evaluasi sistem yang menilai keterkaitan antara input, proses, dan output dalam menilai keberhasilan suatu program atau kegiatan (Munawwarah et al., 2023). Kesiapan SDM, ketersediaan sarana prasarana, penerapan SOP, proses pembakaran, dan penanganan residu telah mendukung pelaksanaan pengolahan limbah B3 menggunakan insinerator. Namun, masih terdapat aspek yang perlu ditingkatkan, yaitu pemenuhan sertifikasi PLB3 bagi operator dan penanggung jawab, penyediaan TPS limbah B3 berizin, dokumentasi pemeliharaan rutin insinerator, serta penempatan SOP pada area kerja. Implikasinya, penguatan pada aspek-aspek tersebut akan menentukan keberlanjutan kepatuhan PT. X terhadap PermenLHK No. 6 Tahun 2021, PermenLHK No. 11 Tahun 2024, dan SNI 8423:2023 di masa mendatang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian menemukan kesenjangan pada kompetensi tenaga kerja, kelengkapan fasilitas penyimpanan, sistem deteksi kebakaran, dokumentasi pemeliharaan, serta akses SOP di area kerja. Proses pembakaran dan penanganan residu telah dilaksanakan mengikuti alur operasional perusahaan. Meskipun demikian, kepatuhan penuh belum dapat disimpulkan tanpa verifikasi data numerik hasil uji emisi, log operasi, dokumen persetujuan lingkungan, catatan penyimpanan residu, dan manifest penyerahan. Perbaikan perlu diprioritaskan pada kompetensi tenaga kerja, kelengkapan fasilitas, pengendalian dokumen, dan pemantauan kinerja lingkungan.

Bagi perusahaan, disarankan memberikan sertifikasi kompetensi PLB3 bagi operator dan pengawas insinerator, melengkapi persyaratan TPS limbah B3 dan sistem pendeteksi kebakaran otomatis, membuat jadwal pemeliharaan rutin insinerator, serta menyusun dan menempatkan SOP dalam bentuk yang ringkas pada area kerja. Bagi pekerja, operator disarankan proaktif mengikuti pelatihan dan sertifikasi PLB3 serta rutin mencatat dan melaporkan parameter operasional insinerator kepada pihak HSE atau plant manager. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan melakukan kajian lebih mendalam mengenai efektivitas kinerja insinerator dan dampak lingkungan dari residu hasil insinerasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada manajemen dan seluruh informan PT. X Batam atas izin dan partisipasinya dalam penelitian ini, serta kepada Program Studi Kesehatan Lingkungan, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Ibnu Sina atas dukungan yang diberikan. Tidak terdapat konflik kepentingan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asof, M., Arita, S., Andalia, W., & Naswir, M. (2022). Analysis of Characteristics, Potential and Utilization of Fly Ash and Bottom Ash PLTU Fertilizer Industry. *Jurnal Teknik Kimia*, 28(1), 44–50. <https://doi.org/10.36706/jtk.v28i1.977>
- Dinas Lingkungan Hidup. (2025, January 8). *Jumlah Limbah B3 Yang Dikelola di Kota Batam*. Satu Data Kota Batam.
- Effendi, M. (2021). Pengembangan Sumber Daya Manusia dalam Meningkatkan Citra Lembaga di Lembaga Pendidikan Islam. *Southeast Asian Journal of Islamic Education Management*, 2(1), 39–51. <https://doi.org/10.21154/sajiem.v2i1.40>
- Gunawan, Supardin, Idwar, R., & Mardiyanto, A. (2025). Analisis Kinerja Insinerator Menggunakan Sistem Monitoring Suhu dan Gas Buangan. *Jurnal Teknologi*, 25(1), 65–74.
- Haq, A., & Arsiah, R. J. (2025). Analisis dan evaluasi efektivitas sop perusahaan dalam mencegah fraud di perusahaan studi kasus pada pt abc. *Jurnal Lentera Bisnis*, 14(2), 1902–1914. <https://doi.org/10.34127/jrlab.v14i2.1552>
- Hasibuan, A. A., Mubarak, D. A., & Firmansyah, A. (2023). Tinjauan Penerapan Pengelolaaah Limbah B3 Pada Sektor Kesehatan Indonesia. *Jurnal of Law, Administration, and Social Science*, 3(2).
- Hasnanisa, N., Prasetyo, S., & Burhanudin, A. (2022). Evaluasi Sistem Surveilans Tuberkulosis di Dinas Kesehatan Kabupaten Banyumas Berdasarkan Pendekatan Sistem. *Jurnal Biostatistik, Kependudukan, Dan Informatika Kesehatan*, 2(3), 167–184. <https://doi.org/10.7454/bikfokes.v2i3.1033>
- Hazarudin, A. H., Mat Desa, M. S. Z., Mochammad Sholehhudin, & Ramli, A. (2026). A preliminary study of scheduled waste management practices in Malaysia. *International Journal of Industrial Management*, 20(1), 48–55. <https://doi.org/10.15282/ijim.20.1.2026.11897>
- Hidayat, F., Abdus, M., & Jawwad, S. (2023). Evaluasi Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 di ORF Porong PT. Pertamina Gas Oeja. Evaluation of Temporary Hazardous Waste Storage (THWS) Facility at ORF Porong PT Pertamina Gas Oeja. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 5(2), 178–188.
- Indra Kelana, A., Arifin, S., & Hardiyono. (2021). Analisis risiko pada incinerator pengolahan limbah medis pt. Pengelola limbah kutai kartanegara,samboja-kalimantan timur. *Identifikasi Jurnal Keselamatan, Kesehatan Kerja Dan Lindungan Lingkungan*, 7(2), 465–473.
- Jaber, J. O., Al-Asasfeh, R., Al-Ghandoor, A., & Al-Hroub, A. (2021). Design and Simulation of a Secondary Combustion Chamber for Medical Waste Incinerator—*International Journal of Thermal & Environmental Engineering*.
- Joyosemito, I. S., Meilani, S. S., & Azmi, M. (2025). Evaluating Environmental and Public Health Risks of Medical Waste Incineration Using Air Dispersion Modeling in Indonesia. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 24(3), 258–268. <https://doi.org/10.14710/jkli.68740>
- Kumar, A., Thakur, A. K., Gaurav, G. K., Klemes, J. J., Sandhwar, V. K., Pant, K. K., & Kumar, R. (2023). A critical review on sustainable hazardous waste management strategies: a step towards a circular economy. In *Environmental Science and Pollution Research* (Vol. 30, Number 48, pp. 105030–105055). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29511-8>
- Mokhtar, Z., Kenway, S., & Mat Nashir, I. (2024). Challenges for Compliance with Industrial Effluent Regulations—An Industry Perspective. *Challenges*, 16(1), 1. <https://doi.org/10.3390/challe16010001>
- Moleong, L. J. (2021). *Metodologi penelitian kualitatif*. PT Remaja Rosdakarya.

- Munawwarah, T., Kholizah, N. A., Sani, D. A., Hanifah, F., Savitri, I., & Yani, M. (2023). Alternatif Pemecahan Masalah Dengan Menggunakan Pendekatan Sistem di MIS Nurul Fadhillah. *Madani : Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(11), 771–777.
- Nasir, M., & Joko, T. (2025). Kandungan logam berat pada residu insinerator limbah medis dan pengendalian risiko kesehatan lingkungannya. *Syntax Literate*, 10(4), 3907–3917.
- Nguyen, T. T. H., Bui, L. T. B., Tran, K. T., Tran, D. T. M., Nguyen, K. V., & Bui, H. M. (2023). The toxic waste management towards corporates' sustainable development: A causal approach in Vietnamese industry. *Environmental Technology and Innovation*, 31, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103186>
- PT. X. (2026). *Profile Company PT. X*.
- Puspita Hapsari, N., Lendo, O., & Sari Sumitro, D. (2023). Efektivitas Kebijakan Bpjs Ketenagakerjaan Terhadap Hak Pekerja Dalam Aspek Hukum. *Lex Jurnalica*, 20(3), 333.
- Republik Indonesia. (2022). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kualitatif*. Alfabeta.
- Yuwono, B. B., Pangabea, A. S., & Pasaribu, S. P. (2023). Evaluasi proses insinerasi limbah. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 6, 1078–1085.
- Zhao, J., Zhang, Z., Li, B., & Wei, X. (2021). Formation and Growth Behavior Analysis of Slagging Rings in Rotary Kiln-Type Hazardous Waste Incineration Systems. *Energies*, 14(7561), 1–14. <https://doi.org/10.3390/en14227561>