



EVALUASI PENGELOLAAN PENGUMPULAN DAN PENGANGKUTAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN DI PT KARUNIA LUMASINDO PRATAMA SAMARINDA

Yolanda Prahitna Trisna Della*, Muh. Amir Masruhim, Saibun Sitorus, Ndan Imang, Henny Pagoray, dan Jawatir Pardosi

Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Pascasarjana Universitas Mulawarman, Jl. Kuaro Gunung Kelua, Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur

* Korespondensi penulis: yolandatrisnadella@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan sektor industri dan fasilitas kesehatan di Kalimantan Timur mendorong meningkatnya produksi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang berpotensi mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi sistem pengangkutan dan pengumpulan limbah B3 di PT Karunia Lumasindo Pratama (PT KLP) melalui identifikasi proses operasional, kuantitas dan klasifikasi limbah, serta analisis tingkat ketaatan terhadap regulasi pemerintah dan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif melalui observasi lapangan menggunakan *checklist* regulasi, data operasional dan wawancara mendalam terstruktur terhadap staf PT KLP. Hasil penelitian menunjukkan ada 38 jenis limbah B3 dengan total volume 11.966,854 ton/tahun pada periode 2025, didominasi oli bekas sebesar 8.718,688 ton/tahun. Volume ini meningkat 53,87% dibanding tahun 2023. Tingkat kepatuhan terhadap regulasi mencapai 86,6% dari 15 parameter uji, dengan ketidaksesuaian pada penggunaan *manifest* elektronik Festronik di wilayah *blank spot* internet serta aktivitas operasional malam hari yang tidak sesuai SOP. Pemantauan lingkungan mencakup air tanah, udara ambien dengan nilai TSP 61,69 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dari baku mutu 230 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, serta kebisingan 66,5 dB(A) dari baku mutu 70 dB(A), seluruhnya memenuhi ketentuan. PT KLP telah memiliki legalitas operasional dan dokumen UKL-UPL yang sah, tetapi masih memerlukan penguatan pada aspek pengawasan operasional, administrasi digital dan transparansi pengelolaan guna mencegah risiko kegagalan lingkungan di masa mendatang.

Kata Kunci: Dampak Lingkungan, Ketaatan Regulasi, Limbah B3, Pengangkutan dan Pengumpulan Limbah B3, Pengelolaan Limbah B3

1. Pendahuluan

Pertumbuhan sektor industri, manufaktur dan fasilitas pelayanan kesehatan di Indonesia berdampak langsung pada peningkatan volume timbulan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang signifikan setiap tahunnya [1]. Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021, limbah B3 didefinisikan sebagai sisa dari suatu usaha atau kegiatan yang mengandung B3, yang memiliki sifat reaktif, korosif, mudah menyala dan beracun sehingga memerlukan penanganan khusus agar tidak mencemari lingkungan [2].

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh meningkatnya volume timbulan limbah B3 setiap tahunnya di Kalimantan Timur, di mana keterbatasan fasilitas pemanfaatan limbah mendorong perusahaan penghasil untuk menyerahkan pengelolaan limbahnya kepada pihak pengumpul, sehingga akumulasi limbah dalam jumlah besar pada satu titik fasilitas berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan yang masif apabila tidak dikelola dengan baik. Di wilayah Kalimantan Timur, data Aplikasi Pelaporan Limbah B3 (APEL-B3) Dinas Lingkungan Hidup Provinsi menunjukkan peningkatan volume limbah B3 dari sektor pengumpul setiap tahunnya. Pada tahun 2022, volume mencapai 81.210,43 ton dan meningkat menjadi 94.883,82 ton pada tahun 2023. Kondisi ini menjadikan peran perusahaan jasa pengumpul dan pengangkut limbah B3 berlisensi sangat krusial sebagai jembatan logistik kritis antara penghasil limbah dengan industri pengolah akhir [3].

Beroperasi di wilayah Kalimantan Timur, PT Karunia Lumasindo Pratama (PT KLP) bergerak di bidang jasa pengangkutan dan pengumpulan limbah B3. Limbah B3 dikumpulkan dari berbagai sektor industri,

tambang batu bara, minyak, bengkel dan fasilitas kesehatan. Keberagaman sumber limbah ini menghasilkan jenis dan karakteristik limbah yang sangat bervariasi dengan volume akumulasi yang besar [4]. Regulasi Permen LHK Nomor 6 Tahun 2021 mewajibkan setiap pengumpul memiliki persetujuan teknis (Pertek) dengan standar desain bangunan kedap air dan pencegahan reaksi silang antar karakteristik bahan kimia [5].

Penelitian terdahulu oleh Baroto tentang evaluasi pengelolaan limbah B3 dengan teknik insinerasi di PT PLKK Kutai Kartanegara menjadi salah satu acuan relevan [6]. Namun, penelitian tersebut berfokus pada teknik pengolahan akhir, sementara kajian mengenai ketaatan regulasi pada tahap pengangkutan dan pengumpulan khususnya di perusahaan dengan volume besar dan keragaman sumber limbah masih terbatas. Sebagaimana tampak pada sejumlah studi kasus serupa yang masih berfokus secara spesifik pada satu sektor industri tertentu yang berperan sebagai penghasil limbah [7], [8]. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi secara komprehensif sistem pengelolaan pengumpulan dan pengangkutan limbah B3 di PT KLP berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 dan Permen LHK No. 6 Tahun 2021.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Lokasi penelitian adalah wilayah operasi PT Karunia Lumasindo Pratama yang berlokasi di Jl. Manunggal No. 46, Kelurahan Simpang Pasir, Kecamatan Palaran, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi penelitian digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 12 bulan pada tahun 2025 (Januari–Desember 2025). Data primer diperoleh melalui: observasi lapangan menggunakan instrumen *checklist* regulasi berbasis 15 parameter ketaatan, wawancara mendalam terstruktur dengan 6 kategori informan meliputi staf pelaporan, staf pengumpulan, staf operasional, staf K3, operator bongkar muat dan kepala operasional, serta dokumentasi proses operasional lapangan. Data sekunder bersumber dari dokumen administratif perusahaan mencakup SOP, perizinan lingkungan (Pertek, SLO, UKL-UPL), neraca limbah B3, *logbook* dan laporan pemeriksaan laboratorium terakreditasi berupa pengujian kualitas air tanah (sumur pantau), kualitas udara ambien dan polusi suara (kebisingan).

Analisis data dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting pengelolaan limbah B3 terhadap PP No. 22 Tahun 2021 dan Permen LHK No. 6 Tahun 2021. Evaluasi mencakup aspek pengangkutan, penyimpanan, identifikasi neraca limbah, kesesuaian dokumen *manifest*, pemenuhan ketentuan teknis dan pelaporan. Dampak lingkungan dievaluasi menggunakan data pengujian laboratorium kualitas air tanah (sumur pantau), udara ambien dan kebisingan dari dua periode sampling (Juni dan Desember 2025) oleh PT Global Environment Laboratory yang terakreditasi KAN.

3. Hasil dan Pembahasan

Proses Pengelolaan Limbah B3 di PT KLP

Kegiatan operasional yang dijalankan mencakup fungsi pengumpulan sementara, yakni menghubungkan penghasil limbah B3 dari berbagai sektor industri dengan pengolah akhir berlisensi. Terdapat dua proses utama dalam alur operasional ini: pengangkutan dan pengumpulan.

1) Pengangkutan Limbah B3

Pada operasional pengangkutan PT KLP menerapkan klasifikasi armada yang disesuaikan dengan sifat dan karakteristik bahaya masing-masing jenis limbah, yakni truk tangki vakum untuk limbah cair, truk bak tertutup untuk limbah padat dan *refrigerated box truck* untuk limbah medis infeksius. Pendekatan ini merupakan bentuk kepatuhan teknis yang tepat karena penggunaan armada yang tidak karakteristik limbah secara langsung berpotensi memicu kebocoran, kontaminasi silang, maupun penyebaran patogen selama perjalanan [12]. Penerapan tabel kompatibilitas dalam penyusunan muatan merupakan langkah pencegahan atas keragaman karakteristik limbah yang ditangani [13], [14]. Penyusunan kemasan Limbah B3 di kendaraan pengangkut memperhatikan jarak dan ditata agar tidak terjadi benturan dan bergeser pada saat kendaraan berjalan. Penyusunan Limbah B3 yang diangkut harus menyesuaikan dengan jenis dan karakteristik sesuai tabel kompatibilitas Limbah B3. Penyusunan kemasan Limbah B3 di kendaraan pengangkut harus memperhatikan jarak dan ditata agar tidak terjadi benturan dan bergeser pada saat kendaraan berjalan. Penyusunan kemasan dalam kegiatan pengangkutan disesuaikan dengan kemasan limbah yang digunakan seperti yang tertera pada Gambar 2.



Gambar 2. Sketsa Penyusunan Limbah B3 Armada Truk Bak Terbuka

Perusahaan mengimplementasikan sistem pemantauan rute berbasis GPS melalui aplikasi SILCAK sebagai upaya pengendalian operasional pengangkutan limbah B3 secara *real time*, selaras dengan ketentuan ketertelusuran dan pengawasan muatan yang diamanatkan dalam PP No. 22 Tahun 2021 dan Permenhub No. 60 Tahun 2019. Setiap armada pengangkut dilengkapi dokumen legalitas yang lengkap serta peralatan tanggap. Sertifikasi kompetensi seluruh staf pengangkutan di bidang pengelolaan limbah B3 telah terpenuhi sebagaimana dipersyaratkan dalam Permen LHK No. 6 Tahun 2021, yang menjamin kemampuan pengemudi dalam menerapkan prosedur tanggap darurat secara tepat apabila terjadi insiden selama pengangkutan. Secara keseluruhan, sistem pemantauan dan kesiapan tanggap darurat yang diterapkan PT KLP telah memenuhi ketentuan regulasi yang berlaku dan berperan penting dalam meminimalkan risiko pencemaran lingkungan akibat insiden selama proses pengangkutan limbah B3 [15].

2) Pengumpulan Limbah B3

Hasil penelitian menunjukkan bahwa PT KLP telah beroperasi sebagai fasilitas pengumpul yang menghubungkan antara limbah B3 dari penghasil limbah dengan industri pengolah akhir berskala besar. Fasilitas pengumpulan PT KLP berupa gudang penyimpanan berukuran $30 \times 20 \times 5$ m di atas lahan 1.500 m^2 dengan kapasitas tampung ± 1.335 ton/bulan. Fasilitas pengumpulan tersaji pada gambar berikut.



Gambar 3. Fasilitas Pengumpulan

Gudang dibangun tertutup beratap, lantai kedap air dan drainase internal terisolasi dari saluran air hujan. Alur operasional dimulai dari penerimaan dan verifikasi dokumen *manifest*, pemilahan (segregasi) berdasarkan sifat kimia dan kompatibilitas, pengemasan dilengkapi label $15 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ dan simbol bahaya belah ketupat sebagai panduan identifikasi risiko PermenLHK No. 6 Tahun 2021. Penyimpanan limbah B3 dilaksanakan berdasarkan prinsip isolasi karakteristik dan reaktivitas bahan, dengan masa simpan limbah maksimal 90 hari PP No. 22 Tahun 2021. Pembatasan ini wajib diterapkan karena laju timbunan limbah yang tinggi (≤ 50 kg/hari) memerlukan perputaran yang cepat. Jika penyimpanan melebihi 90 hari, akumulasi volume limbah akan menyebabkan kelebihan kapasitas dapat merusak kemasan dan meningkatkan risiko pencemaran lingkungan [16].

Identifikasi dan Klasifikasi Limbah B3

Hasil identifikasi dan klasifikasi limbah disajikan pada Tabel 1, data yang diperoleh dari tahun 2023 hingga 2024.

Tabel 1. Volume Limbah Tahun 2023-2025 *Logbook* PT KLP

No.	Tahun	Total Limbah (ton)
1.	2023	7.777,53
2.	2024	8.293,634
3.	2025	11.966,854
Rata-rata per tahun		9.346,01

Berdasarkan data neraca limbah B3 selama tiga tahun operasional, volume timbulan limbah menunjukkan tren peningkatan yang konsisten. Pada tahun 2023, total timbulan limbah B3 mencapai 7.777,53 ton dan meningkat menjadi 8.293,634 ton pada tahun 2024 (naik 6,63%) dan mencapai 11.966,854 ton pada tahun 2025 (naik 44,29%). Kenaikan kumulatif periode 2023–2025 sebesar 53,87%. Peningkatan ini tidak lepas dari penguatan regulasi melalui PP No. 22 Tahun 2021 yang mendorong lebih banyak perusahaan penghasil untuk menyerahkan limbah kepada jasa pengelola berizin prinsip *cradle to grave* [17].



No.	Parameter	Hasil Observasi Lapangan	Acuan Regulasi	Kesesuaian	
				Sesuai	Tidak
8	Pelaporan Administratif Berkala	Laporan 1 dan 6 bulan kepada KLHK, DLH Prov. Kaltim dan DLH Kota Samarinda secara digital	PP 22/2021	✓	
9	Masa Simpan Limbah B3	Dibatasi maks. 90 hari; konsolidasi berkala sebelum batas waktu berakhir	UKL-UPL PT KLP	✓	
10	Fasilitas Gudang Penyimpanan	Tertutup, beratap, lantai kedap air, kemiringan maks. 1% menuju bak penampung cecceran	PermenLHK 6/2021	✓	
11	Sistem Drainase Internal	Saluran cecceran terisolasi modular dan terpisah dari drainase air hujan umum	PP 22/2021, PermenLHK 6/2021	✓	
12	Fasilitas K3 & Tanggap Darurat	Min. 2 unit APAR, air pemadam dan APD lengkap wajib digunakan seluruh pekerja di area gudang	PP 22/2021, Permenaker 5/2018	✓	
13	Pemantauan Sumur Pantau (Air Tanah)	Sampling min. 1×/6 bulan via laboratorium terakreditasi KAN	PermenLHK 6/2021	✓	
14	Uji Kualitas Udara Ambien	TSP = 185 µg/m ³ (baku mutu 230 µg/m ³); semua parameter memenuhi standar	PP 22/2021	✓	
15	Uji Kebisingan Lingkungan	Kebisingan industri 66,5 dB(A) dan ruang kerja 78,2 dB(A) di bawah baku mutu	SK MENLH 48/1996, Permenaker 5/2018	✓	

Evaluasi dilakukan terhadap 15 parameter ketaatan yang mencakup aspek administrasi, teknis operasional dan pemantauan lingkungan. Hasil evaluasi menunjukkan tingkat kepatuhan sebesar 86,6% dengan 13 parameter yang telah memenuhi ketentuan regulasi yang berlaku dan 2 parameter yang tidak. Hasil evaluasi menyeluruh terhadap sistem pengelolaan pengumpulan dan pengangkutan limbah B3 di PT KLP mengungkapkan gambaran kepatuhan yang dominan dengan dua celah tidak sesuai yang memerlukan penanganan segera. Aspek-aspek yang telah memenuhi regulasi meliputi kelengkapan izin dan dokumen UKL-UPL, klasifikasi armada kategori bahaya limbah, penerapan GPS terintegrasi SILACAK, prosedur segregasi dan pengemasan berstandar PermenLHK No. 6 Tahun 2021, konstruksi TPS dengan lantai kedap air dan drainase terisolasi, serta pelaporan berjenjang kepada instansi berwenang. Dua ketidaksesuaian yang teridentifikasi berpusat pada aspek administratif dan operasional, yakni penggunaan Festronik yang tidak konsisten akibat keterbatasan infrastruktur digital di wilayah terpencil serta aktivitas penyimpanan limbah di luar fasilitas berstandar teknis pada malam hari. Meskipun demikian, bukti empiris dari hasil pengujian laboratorium terakreditasi KAN terhadap parameter udara, kebisingan dan air tanah yang seluruhnya memenuhi baku mutu membuktikan bahwa sistem pengelolaan yang diterapkan PT KLP secara keseluruhan telah berhasil mencegah dampak pencemaran lingkungan dari kegiatan operasionalnya.

Penerapan *manifest* elektronik melalui sistem Festronik/SIRAJA menunjukkan komitmen PT KLP terhadap transparansi rantai pengelolaan limbah B3 [5]. Namun, temuan ketidaksesuaian dalam penggunaan *manifest* elektronik yang teridentifikasi dalam evaluasi mengindikasikan bahwa implementasi di lapangan belum sepenuhnya konsisten dengan komitmen dokumen yang dimiliki perusahaan. Ketidaktepatuhan pada aspek ini berisiko menciptakan celah penelusuran limbah yang dapat menyulitkan pengawasan regulator apabila terjadi insiden lingkungan [17].

Kedua, SOP internal K3 PT KLP melarang aktivitas operasional pada malam hari sebagai mitigasi risiko *fatigue* [15]. Namun, kendala jarak tempuh dari lokasi tambang terpencil menyebabkan sejumlah armada baru tiba pada malam hari, sehingga muatan limbah B3 terpaksa bermalam di area parkir. Pada kondisi ini, muatan limbah B3 tidak dapat segera dipindahkan ke fasilitas Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) berstandar teknis, sehingga limbah terpaksa bermalam di atas armada yang diparkir di area terbuka. Kondisi tersebut menghadirkan risiko lingkungan yang tidak dapat diabaikan ditinjau dari ketentuan. Menurut PP No. 22 Tahun 2021 menegaskan bahwa penghasil, pengumpul, maupun pengangkut dilarang menyimpan limbah B3 di luar fasilitas penyimpanan yang telah memenuhi persyaratan teknis. Lebih lanjut, pada PermenLHK No. 6 Tahun 2021 mewajibkan fasilitas penyimpanan limbah B3 memiliki saluran drainase yang terisolasi, bak penampung tumpahan, serta lantai kedap air. Apabila limbah B3 dalam kemasan drum logam atau bak terbuka dibiarkan



semalam di area parkir tanpa infrastruktur tersebut, fluktuasi suhu malam hari dapat mempercepat korosi kemasan dan meningkatkan risiko kebocoran [18]. Selain itu, area parkir konvensional tidak memiliki bak penampung cecceran, sehingga apabila terjadi tumpahan, material limbah berpotensi langsung meresap ke tanah tanpa penghalang. Kondisi ini secara teknis merupakan bentuk penyimpanan limbah B3 di luar tempat yang ditetapkan dan dapat dikualifikasikan sebagai pelanggaran ketentuan pengelolaan limbah B3 sebagaimana diatur dalam PP No. 22 Tahun 2021.

Dampak Lingkungan dari Kegiatan Operasional

1) Kualitas Air Tanah

Pemantauan kualitas air tanah dilakukan pada 3 titik sumur pantau dengan frekuensi 1 kali per 6 bulan (Juni dan Desember 2025). Hasil pengujian menunjukkan bahwa hampir seluruh parameter kimia (pH, nitrat, nitrit, Cr^{6+} , Fe, Mn) dan fisik (TDS, bau, suhu) memenuhi baku mutu Permenkes RI No. 2 Tahun 2023. Nilai Cr^{6+} berada di bawah batas deteksi alat ($<0,005$ mg/L), membuktikan tidak terjadi infiltrasi limbah cair industri ke akuifer dangkal.

Lonjakan parameter Total Coliform ditemukan pada sampling Desember 2025 (musim penghujan) dengan nilai 22–49 CFU/100 mL (baku mutu 0 CFU/100 mL), sementara E. coli tetap nihil (0 CFU/100 mL). Analisis hidrogeologis mengindikasikan kontaminasi sekunder akibat infiltrasi air permukaan (run off) yang membawa material organik tanah melalui rekahan wellhead sumur pantau selama musim hujan, bukan akibat kebocoran limbah B3 industri. Temuan ini mengimplikasikan perlunya perbaikan konstruksi kepala sumur pantau sebagai prioritas pemeliharaan.

2) Kualitas Udara Ambien dan Kebisingan

Hasil pengujian kualitas udara ambien pada dua periode pengujian (Juni dan Desember 2025) menunjukkan konsentrasi partikulat debu TSP sebesar $61,69 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan $61,18 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, jauh di bawah baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 sebesar $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Parameter gas polutan (SO_2 , O_3 , CO, NO_2) dan logam berat Pb juga terdeteksi berada jauh di bawah ambang batas, mengindikasikan bahwa akumulasi gas buang kendaraan operasional tidak memberikan dampak negatif terhadap kualitas udara lingkungan sekitar.

Pengujian kebisingan menunjukkan nilai 52,08 dB(A) pada Juni 2025 dan 57,23 dB(A) pada Desember 2025, keduanya di bawah baku mutu kawasan industri 70 dB(A) berdasarkan SK MENLH No. Kep-48/1996. Pada lingkungan kerja terukur 78,2 dB(A), masih di bawah batas aman 85 dB(A) Permenaker No. 5 Tahun 2018. Meskipun terjadi peningkatan 5,15 dB(A) pada Desember, nilai tersebut tidak mengindikasikan dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan sekitar.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, PT Karunia Lumasindo Pratama telah memenuhi persyaratan legalitas operasional dalam kegiatan pengangkutan, penyimpanan dan pengumpulan limbah B3 yang dibuktikan dengan kepemilikan izin yang sah dan dokumen lingkungan UKL-UPL. Pengelolaan limbah mencakup 38 jenis limbah B3 pada periode 2025 dari 252 jenis limbah yang dimiliki perizinan, dengan timbulan terbesar berupa oli bekas sebesar 8.718,688 ton/tahun yang terdiri atas limbah cair, padat dan infeksius. Dari aspek ketaatan regulasi, ditemukan dua ketidaksesuaian yaitu penggunaan *manifest* elektronik yang belum konsisten dan pelaksanaan aktivitas malam hari yang menyimpang dari izin dan SOP yang ditetapkan, sedangkan seluruh aspek pengelolaan lainnya telah dengan PP No. 22 Tahun 2021 dan Permen LHK No. 6 Tahun 2021. Secara lingkungan, kegiatan operasional PT KLP tidak menimbulkan dampak pencemaran yang signifikan, dibuktikan melalui hasil uji berkala kualitas air, udara ambien dan kebisingan yang keseluruhannya memenuhi standar baku mutu lingkungan yang berlaku.

Referensi

- [1] A. Nursabrina, T. Joko, and O. Septiani, "Kondisi pengelolaan limbah B3 industri di Indonesia dan potensi dampaknya: studi literatur," Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung, vol. 13, pp. 80–90, Aug. 2021, doi: 10.34011/juriskesbdg.v13i1.1841.



- [2] Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, 2021
- [3] D. A. Robby and T. N. Pramestyawati, "Studi Pengangkutan Dan Pengumpulan Limbah B3 Oleh Transporter Dan Pengumpul Limbah B3," *Environmental Engineering Journal ITATS*, vol. 3, pp. 182–190, Sep. 2023, doi: 10.31284/j.envitats.2023.v3i2.5018.
- [4] A. Rosli et al., "Management of various sources of hazardous waste," in *Hazardous Waste Management*, Springer, 2024, pp. 19–64, doi: 10.1007/978-3-031-44768-6_2.
- [5] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, 2021.
- [6] B. Baroto, "Evaluasi pengelolaan limbah B3 dengan teknik insinerasi di PT PLKK di Kutai Kartanegara," Tesis, Universitas Mulawarman, 2023.
- [7] R. Pangesti, D. R. Jati, and G. C. Asban, "Perencanaan pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) pada perusahaan kelapa sawit (studi kasus: PT X di Kalimantan Barat)," *Jurnal Rekayasa Hijau*, vol. 6, pp. 208–218, Jan. 2023, doi: 10.26760/jrh.v6i3.208-218.
- [8] D. Hardiyanto, A. M. Kartini, and N. Pramitasari, "Evaluasi pengelolaan limbah B3 pada industri air minum dalam kemasan (AMDK) di PT. X," *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, vol. 8, Dec. 2022, doi: 10.20527/jukung.v8i2.14913.
- [9] S. A. Fajriyah and E. Wardhani, "Evaluasi pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) di PT. X," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 5, no. 1, 2019, doi: 10.32672/jse.v5i1.1597.
- [10] I. P. Dinayah and R. Novembrianto, "Evaluasi sistem pengelolaan limbah B3 PT Y," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, pp. 561–571, Jun. 2023, doi: 10.55123/insologi.v2i3.1984.
- [11] Z. bin Babar, R. Haider, and H. Sattar, "Conventional and emerging practices in hazardous waste management," in *Hazardous Waste Management: Advances in Chemical and Industrial Waste Treatment and Technologies*, Springer International Publishing, 2022, pp. 57–93, doi: 10.1007/978-3-030-95262-4_3.
- [12] G. Qian et al., "Hazardous wastes, adverse impacts, and management strategies: a way forward to environmental sustainability," *Environment, Development and Sustainability*, vol. 24, no. 8, pp. 9731–9756, 2021, doi: 10.1007/s10668-021-01867-2.
- [13] A. I. Hassan and H. M. Saleh, "Toxicity and hazardous waste regulations," in *Hazardous Waste Management: An Overview of Advanced and Cost-Effective Solutions*, Elsevier, 2021, pp. 165–182, doi: 10.1016/B978-0-12-824344-2.00012-4.
- [14] Z. Shareefdeen, *Hazardous Waste Management: Advances in Chemical and Industrial Waste Treatment and Technologies*. Springer International Publishing, 2022, doi: 10.1007/978-3-030-95262-4.
- [15] H. Farrokhi-Asl, A. Makui, R. Ghousi, and M. Rabbani, "Developing a hazardous waste management system with consideration of health, safety, and environment," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 82, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.compeleceng.2020.106553.
- [16] G. A. Desta, Y. M. Sitotie, M. G. Gebremedhine, and E. Molla, "Impacts of hazardous waste and management strategies: a review," *Environmental Science and Pollution Research*, Nov. 2025, doi: 10.1007/s10661-025-14634-x.
- [17] A. Kumar et al., "A critical review on sustainable hazardous waste management strategies: a step towards a circular economy," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 30, no. 48, pp. 105030–105055, 2023, doi: 10.1007/s11356-023-29511-8.
- [18] F. K. S. L. Rare and M. R. Surur, "Evaluasi pengelolaan limbah B3 dari kegiatan pertambangan batubara di PT. X Kalimantan Timur," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 9, no. 1, Jan. 2024. Bandung, vol. 13, no. 1, hlm. 80–90, 2021, doi: 10.34011/juriskesbdg.v13i1.1841.