



## Identifikasi Dampak Limbah B3 Terhadap Area Operasional di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan 1 & 2 Nagan Raya

Mahmud Basuki<sup>1</sup>, Zainuddin<sup>1\*</sup>, T.M. Azis Pandria<sup>1</sup>, Tya Ulfah<sup>1</sup>, Arrazy Elba Ridha<sup>1</sup>, Risnadi Irawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar  
Jl. Alue Peunyareng, Aceh Barat 23615, Indonesia

\*Corresponding author: [Ddinzainu893@gmail.com](mailto:Ddinzainu893@gmail.com)

---

### ARTICLE INFO

Received: 11-03-2026  
Revision: 24-04-2026  
Accepted: 02-05-2026

---

#### Keywords:

Environmental Impact  
Environmental Management  
Hazardous Waste  
Occupational Safety

---

### ABSTRACT

*Hazardous and Toxic Materials (B3) waste management is an important aspect in the operation of the electricity generation industry because it has the potential to cause negative impacts on the environment and worker health. PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan 1 & 2 Nagan Raya as the operator of the Steam Power Plant (PLTU) produces various types of B3 waste such as used oil, chemical packaging, used resin, used rags, and chemically contaminated waste. This study aims to identify the types and characteristics of B3 waste, analyze the B3 waste management system, and evaluate the impact of B3 waste on the operational area. The research methods used include field observation, interviews with environmental staff, documentation studies, and literature studies. The results of the study indicate that the B3 waste produced has been managed through sorting, packaging, labeling, storage in Temporary Storage Areas (TPS), and transportation by licensed third parties. However, potential impacts on the environment and occupational safety can still occur if there are leaks, delays in transportation, or non-compliance with operational procedures. Identified impacts include the potential for soil and water pollution, the risk of exposure to hazardous materials for workers, and the potential for disruption to equipment performance. This research is expected to be the basis for evaluation and continuous improvement in the management of B3 waste in the electricity generation industry to support the principles of sustainability and compliance with environmental regulations.*

---

### 1. PENDAHULUAN

Industri pembangkitan listrik memiliki peran strategis dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan pemenuhan kebutuhan energi nasional. Namun, operasional Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), khususnya yang berbasis batubara, menghasilkan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang memerlukan pengelolaan ketat. Limbah B3 memiliki karakteristik seperti toksik, korosif, reaktif, dan mudah terbakar, sehingga berpotensi mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia apabila tidak dikelola secara tepat [1]. Selain itu, paparan limbah industri berbahaya dapat berdampak langsung terhadap kualitas tanah, air, dan udara serta meningkatkan risiko gangguan kesehatan pekerja [2]. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengelolaan limbah yang terencana dan berkelanjutan guna meminimalkan risiko tersebut.

PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan 1 & 2 Nagan Raya merupakan salah satu PLTU strategis di wilayah Aceh yang memiliki karakteristik operasional spesifik, termasuk penggunaan bahan kimia dalam jumlah besar pada sistem water treatment, boiler, serta kegiatan pemeliharaan peralatan. Keunikan studi ini terletak pada fokus analisis yang tidak hanya mengidentifikasi jenis limbah B3 yang dihasilkan, tetapi juga mengevaluasi keterkaitan antara karakteristik limbah, sistem pengelolaan yang diterapkan di tingkat operasional, serta potensi dampaknya secara

langsung terhadap area kerja di dalam lingkungan pembangkit. Selain itu, kondisi geografis dan operasional unit ini memberikan konteks tersendiri dalam pengelolaan limbah B3 dibandingkan dengan PLTU di wilayah lain.

Berbagai jenis limbah B3 yang dihasilkan dari aktivitas operasional meliputi oli bekas, limbah kimia, resin penukar ion, kemasan bahan berbahaya, serta material terkontaminasi lainnya. Limbah tersebut berpotensi mencemari lingkungan apabila terjadi kebocoran, penyimpanan yang tidak sesuai standar, atau keterlambatan proses pengangkutan, sehingga dapat meningkatkan risiko kecelakaan kerja dan menurunkan kinerja lingkungan perusahaan [3]. Apabila tidak dikelola sesuai standar, limbah tersebut berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan dan meningkatkan risiko keselamatan kerja. Oleh karena itu, pengelolaan limbah B3 harus mengacu pada regulasi yang berlaku, seperti Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014, yang mengatur seluruh tahapan pengelolaan limbah secara sistematis.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa paparan limbah B3 dapat menimbulkan dampak kesehatan, seperti iritasi kulit, gangguan pernapasan, gangguan sistem saraf, serta potensi penyakit kronis akibat akumulasi bahan berbahaya dalam tubuh [4]. Selain itu, pencemaran lingkungan akibat limbah industri juga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem. Pengelolaan limbah yang tidak optimal dapat mempercepat degradasi lingkungan serta meningkatkan biaya pemulihan lingkungan di masa depan, sehingga penerapan sistem pengelolaan limbah yang efektif menjadi kebutuhan mendesak bagi industri energi [5].

Pengelolaan limbah B3 di Indonesia telah diatur melalui berbagai regulasi, salah satunya Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun yang mengatur tahapan pengelolaan limbah mulai dari identifikasi, pengemasan, pelabelan, penyimpanan, pengangkutan, hingga pemanfaatan dan penimbunan akhir [6]. Implementasi regulasi tersebut bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif limbah terhadap lingkungan serta meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja. Kepatuhan industri terhadap regulasi pengelolaan limbah tidak hanya berkontribusi terhadap perlindungan lingkungan, tetapi juga meningkatkan kepercayaan publik dan daya saing perusahaan [7].

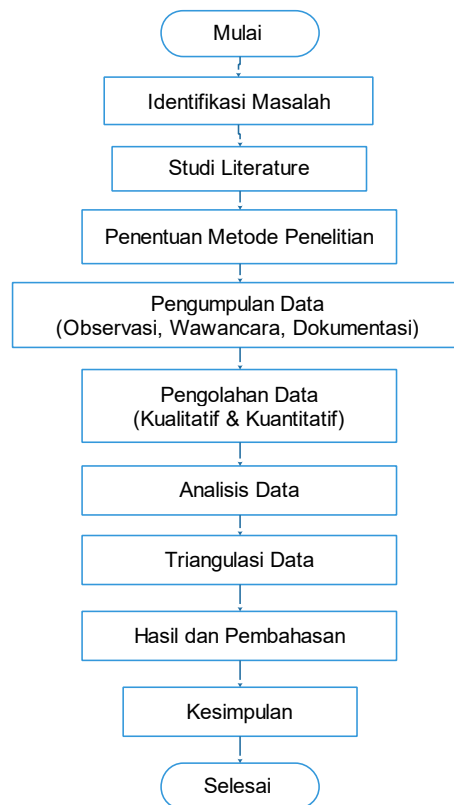
Meskipun PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan 1 & 2 Nagan Raya telah menerapkan sistem pengelolaan limbah B3 sesuai prosedur operasional perusahaan, evaluasi secara berkala tetap diperlukan untuk memastikan efektivitas implementasi di lapangan. Evaluasi sistem diperlukan untuk mengidentifikasi kesenjangan antara standar operasional dan praktik aktual, sehingga dapat dilakukan perbaikan berkelanjutan [8]. Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) apa saja jenis dan karakteristik limbah B3 yang dihasilkan di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan 1 & 2 Nagan Raya; (2) bagaimana sistem pengelolaan limbah B3 yang diterapkan di area operasional; dan (3) bagaimana potensi dampak limbah B3 terhadap lingkungan kerja di dalam area pembangkitan. Sejalan dengan itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jenis dan karakteristik limbah B3, menganalisis sistem pengelolaannya berdasarkan praktik aktual di lapangan, serta mengevaluasi potensi dampaknya terhadap area operasional sebagai dasar dalam upaya peningkatan kinerja pengelolaan lingkungan dan mitigasi risiko di perusahaan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk menggambarkan kondisi aktual pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) serta dampaknya terhadap area operasional di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan 1 & 2 Nagan Raya. Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada pemahaman fenomena secara mendalam melalui pengamatan langsung, pengumpulan data lapangan, dan interpretasi terhadap proses operasional yang sedang berlangsung. Metode penelitian deskriptif bertujuan untuk menggambarkan atau menganalisis suatu fenomena tanpa melakukan manipulasi terhadap variabel penelitian, sehingga metode ini dinilai sesuai untuk mengkaji sistem dan proses yang telah berjalan dalam suatu organisasi atau industri [9].

Penelitian dilaksanakan pada periode 27 Oktober 2025 – 25 November 2025 di area operasional PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan 1 & 2 Nagan Raya. Subjek penelitian terdiri dari 4 responden yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling, yaitu berdasarkan keterlibatan langsung dalam pengelolaan limbah B3. Responden tersebut meliputi 1 staf lingkungan, 2 operator lapangan, dan 1 petugas keselamatan kerja. Pemilihan responden didasarkan pada pengetahuan, pengalaman, serta tanggung jawab mereka terhadap aktivitas pengelolaan limbah B3 di unit pembangkitan.

Studi literatur dilakukan dengan mengkaji jurnal ilmiah, buku referensi, dan regulasi terkait pengelolaan limbah B3, keselamatan kerja, dan dampak lingkungan industri. Studi literatur berfungsi sebagai dasar teoritis dalam menganalisis data lapangan serta membandingkan praktik pengelolaan limbah di perusahaan dengan standar dan temuan penelitian sebelumnya. Integrasi antara data empiris dan kajian literatur dapat memperkuat kualitas analisis dan rekomendasi penelitian [1]. Tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara, studi dokumentasi, dan studi literatur. Observasi dilakukan dengan mengamati langsung tahapan pengelolaan limbah B3, mulai dari proses identifikasi, pemilahan, pengemasan, pelabelan, penyimpanan di Tempat Penyimpanan Sementara (TPS), hingga proses pengangkutan oleh pihak ketiga. Observasi memungkinkan peneliti memahami konteks lingkungan penelitian secara komprehensif dan memperoleh data faktual yang tidak selalu dapat diperoleh melalui wawancara [10].

Wawancara semi-terstruktur dilakukan untuk menggali informasi terkait prosedur pengelolaan, kendala operasional, serta tingkat kepatuhan terhadap regulasi. Wawancara semi-terstruktur memberikan fleksibilitas bagi peneliti untuk menggali informasi lebih mendalam tanpa menghilangkan fokus penelitian [7].

Studi dokumentasi dilakukan dengan menelaah data internal perusahaan, seperti SOP pengelolaan limbah, logbook limbah B3, manifest pengangkutan, dan laporan lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan data kuantitatif limbah B3, seperti volume atau berat limbah per jenis (kg/bulan). Data kuantitatif tersebut diolah menggunakan metode deskriptif sederhana dalam bentuk tabel distribusi jenis limbah dan grafik tren timbulan limbah. Pengolahan data kuantitatif ini bertujuan untuk mendukung analisis kualitatif sehingga diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai pola timbulan dan pengelolaan limbah B3. Data dokumentasi digunakan untuk memverifikasi hasil observasi dan wawancara sehingga meningkatkan validitas data penelitian. Analisis dokumen merupakan teknik penting dalam penelitian kualitatif karena mampu memberikan bukti tertulis yang mendukung temuan lapangan [11].

Analisis data dilakukan melalui tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Data dikategorikan berdasarkan jenis limbah, sistem pengelolaan, potensi dampak lingkungan, dan risiko keselamatan kerja. Selanjutnya, data disajikan dalam bentuk narasi deskriptif yang didukung tabel dan grafik, kemudian dibandingkan dengan regulasi dan teori yang relevan. Model analisis ini sejalan dengan konsep analisis data kualitatif [12].

Untuk menjaga keabsahan data, penelitian ini menerapkan triangulasi sumber dan metode. Triangulasi dilakukan dengan cara membandingkan:

- a. Hasil observasi lapangan terkait kondisi penyimpanan limbah di TPS,
- b. Hasil wawancara dengan petugas lingkungan mengenai prosedur penyimpanan,
- c. Serta dokumen manifest dan SOP yang berlaku.

Sebagai contoh, apabila hasil observasi menunjukkan adanya ketidaksesuaian pelabelan limbah, maka data tersebut diverifikasi melalui wawancara dengan petugas terkait dan dibandingkan dengan standar yang tercantum dalam SOP perusahaan. Pendekatan ini memastikan bahwa setiap temuan didukung oleh lebih dari satu sumber data sehingga meningkatkan kredibilitas hasil penelitian.

Triangulasi bertujuan untuk meningkatkan kredibilitas temuan penelitian dan meminimalkan bias peneliti. Triangulasi merupakan strategi penting dalam penelitian kualitatif untuk memastikan konsistensi dan keandalan data yang diperoleh [8].

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Identifikasi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)**

Hasil identifikasi berdasarkan observasi, wawancara, dan dokumentasi menunjukkan bahwa limbah B3 di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan 1 & 2 Nagan Raya didominasi oleh minyak/pelumas bekas, kemasan bahan kimia, majun dan APD terkontaminasi, serta resin penukar ion bekas. Jenis limbah ini konsisten dengan karakteristik PLTU berbasis batubara yang memiliki intensitas pemeliharaan tinggi dan penggunaan bahan kimia pada sistem pengolahan air.

Temuan ini menunjukkan bahwa profil limbah sangat dipengaruhi oleh aktivitas maintenance, bukan hanya operasi rutin. Implikasinya:

- a. Sistem pengelolaan limbah tidak bisa bersifat statis
- b. Perlu perencanaan berbasis jadwal overhaul
- c. Risiko lingkungan meningkat pada periode tertentu (*peak waste generation*)

Hal ini sejalan dengan prinsip dalam PP No. 101 Tahun 2014 yang menekankan bahwa pengelolaan limbah B3 harus mempertimbangkan karakteristik dan kuantitas limbah secara dinamis.

**Tabel 1.** Distribusi timbulan limbah B3 per jenis (ton)

No	Jenis awal limbah	Jumlah limbah B3 dihasilkan (ton)				
		Triwulan III 2024	Triwulan IV 2024	Triwulan I 2025	Triwulan II 2025	Triwulan III 2025
1	Minyak atau oli atau pelumas bekas	0,0000	0,0000	5,7500	2,2500	0,0000
2	Kemasan bekas B3	0,1532	0,0800	0,0000	0,1704	0,4564
3	Majun & sarung tangan bekas	0,0000	0,3140	0,0000	1,0810	0,0000
4	Lampu TL bekas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	Limbah terkontaminasi B3	0,0000	0,0400	0,0000	0,0000	0,0000
6	Filter udara bekas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	Aki bekas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	Resin atau penukar ion bekas	0,0000	0,0000	0,0000	1,3120	0,0000
9	Toner bekas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10	Bahan kimia kedaluarsa/bekas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
11	Limbah laboratorium yang mengandung B3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
12	Sludge IPAL	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
13	Tabung freon bekas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
14	Limbah yang mengandung PCBs	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Total (ton)</b>		<b>0,1532</b>	<b>0,4340</b>	<b>5,7500</b>	<b>4,8134</b>	<b>0,4564</b>

(Sumber: PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan 1 & 2 Nagan Raya, 2025)

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa terjadi fluktuasi tajam dari 0,1532 ton ke 5,7500 ton dari Triwulan III 2024 ke Triwulan I 2025. Hal ini menunjukkan adanya lonjakan limbah hingga kurang lebih 37 kali lipat. Sehingga implikasi pentingnya yaitu:

- a. Risiko *overcapacity* TPS saat *peak* (Triwulan I 2025)
- b. Potensi keterlambatan pengangkutan jika tidak diantisipasi
- c. Peningkatan risiko tumpahan dan paparan

Fenomena ini sejalan dengan hasil penelitian yang menyatakan bahwa sektor pembangkitan listrik memiliki kontribusi limbah oli yang signifikan, akibat kebutuhan pelumasan peralatan berkapasitas besar. Limbah oli merupakan kontributor utama risiko pencemaran, terutama karena kandungan hidrokarbon dan logam berat [3] [5].

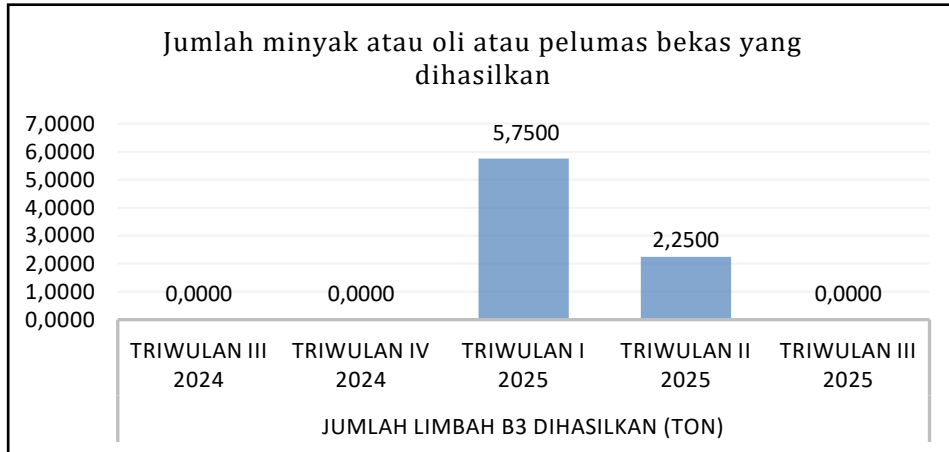
**3.1.1 Limbah Minyak atau Oli atau Pelumas Bekas**

Distribusi timbulan limbah minyak dan pelumas bekas pada setiap periode pengamatan ditampilkan pada Gambar 2. Lonjakan hingga 5,7500 ton menunjukkan bahwa limbah ini merupakan *critical waste stream*. Sehingga membutuhkan:

- a. Drum khusus tahan bocor
- b. *Secondary containment*
- c. Inspeksi intensif

Jika tidak, maka risiko pencemaran tanah dan air meningkat dan tidak memenuhi prinsip penyimpanan aman dalam PP 101 tahun 2014. Interpretasi pentingnya adalah penurunan di Triwulan II 2025 bukan berarti perbaikan sistem, tetapi

kemungkinan karena siklus maintenance selesai. Oleh karena itu, peningkatan volume limbah oli harus diimbangi dengan sistem penyimpanan yang aman, inspeksi kemasan secara rutin, serta pengangkutan tepat waktu untuk mencegah akumulasi berlebih di TPS.



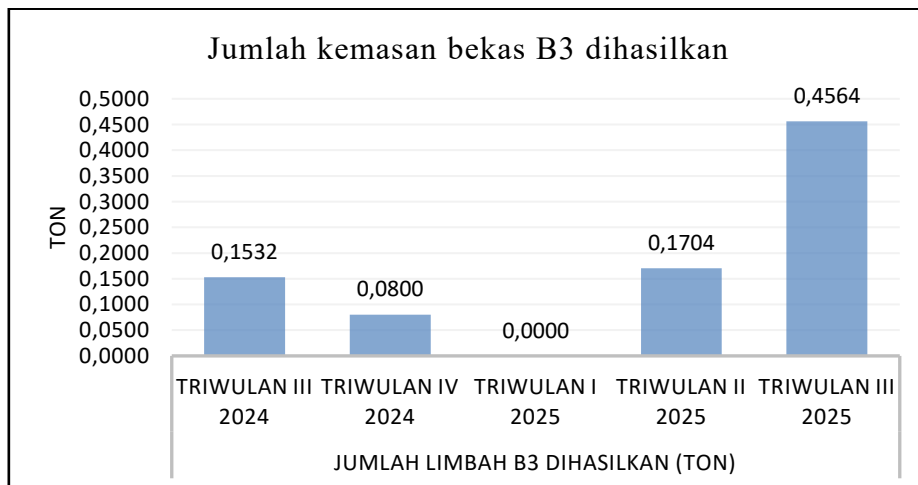
**Gambar 2.** Tren timbulan limbah

(Sumber: PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan 1 & 2 Nagan Raya, 2025)

Berdasarkan Gambar 2, menunjukkan jumlah limbah B3 berupa minyak/oli/pelumas bekas yang dihasilkan pada periode Triwulan III 2024 hingga Triwulan III 2025. Pada Triwulan III 2024 dan Triwulan IV 2024 tidak terdapat limbah yang dihasilkan (0 ton). Peningkatan signifikan mulai terlihat pada Triwulan I 2025 dengan jumlah limbah mencapai 5,7500 ton, yang menjadi nilai tertinggi pada periode pengamatan. Selanjutnya, pada Triwulan II 2025 jumlah limbah menurun menjadi 2,2500 ton. Pada Triwulan III 2025 kembali tidak terdapat limbah yang dihasilkan (0 ton). Secara keseluruhan, data menunjukkan bahwa produksi limbah minyak/oli/pelumas bekas bersifat fluktuatif dan hanya terjadi pada dua triwulan di tahun 2025, dengan tren penurunan setelah mencapai puncak pada Triwulan I 2025. Hal ini dapat mengindikasikan adanya perubahan aktivitas operasional atau peningkatan pengelolaan dan efisiensi penggunaan pelumas.

**3.1.2 Limbah Kemasan Bekas Bahan Kimia**

Perkembangan jumlah limbah kemasan bekas bahan kimia ditunjukkan pada Gambar 3. Trennya meningkat hingga 0,4564 ton di Triwulan III 2025. Mengindikasikan peningkatan konsumsi bahan kimia dan potensi paparan residu berbahaya. Kemasan bekas bahan kimia berpotensi masih mengandung residu zat berbahaya, sehingga dapat menjadi sumber paparan bagi pekerja apabila tidak ditangani dengan prosedur keselamatan yang memadai. Pengelolaan kemasan bekas harus memperhatikan aspek dekontaminasi, pelabelan yang jelas, serta pemisahan berdasarkan karakteristik bahaya [13]. Implikasi dari hasil ini adalah perlunya dekontaminasi kemasan, pemisahan berdasarkan *hazard class*, dan optimalisasi penggunaan bahan kimia. Jika tidak dikelola maka risiko paparan pekerja meningkat dan tidak sesuai standar pengemasan limbah B3.

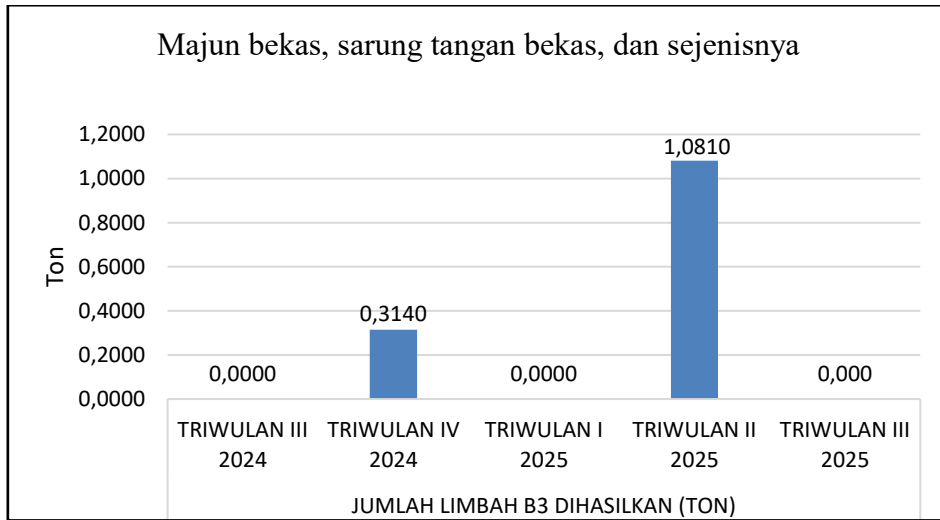


**Gambar 3.** Diagram batang pengelolaan kemasan bekas bahan kimia

Grafik pada Gambar 3, menunjukkan jumlah limbah B3 berupa kemasan bekas yang dihasilkan pada periode Triwulan III 2024 hingga Triwulan III 2025. Pada Triwulan III 2024, jumlah limbah tercatat sebesar 0,1532 ton, kemudian mengalami penurunan pada Triwulan IV 2024 menjadi 0,0800 ton. Memasuki Triwulan I 2025, tidak terdapat limbah kemasan bekas yang dihasilkan (0 ton). Pada Triwulan II 2025, jumlah limbah kembali meningkat menjadi 0,1704 ton, dan mencapai nilai tertinggi pada Triwulan III 2025 sebesar 0,4564 ton. Kenaikan yang cukup signifikan pada periode ini menunjukkan adanya peningkatan aktivitas penggunaan bahan atau kemasan yang menghasilkan limbah B3. Secara keseluruhan, tren produksi limbah kemasan bekas B3 bersifat fluktuatif, dengan kecenderungan meningkat pada tahun 2025, khususnya pada Triwulan III. Hal ini perlu menjadi perhatian dalam pengelolaan limbah agar tetap sesuai dengan ketentuan dan kapasitas penyimpanan yang tersedia.

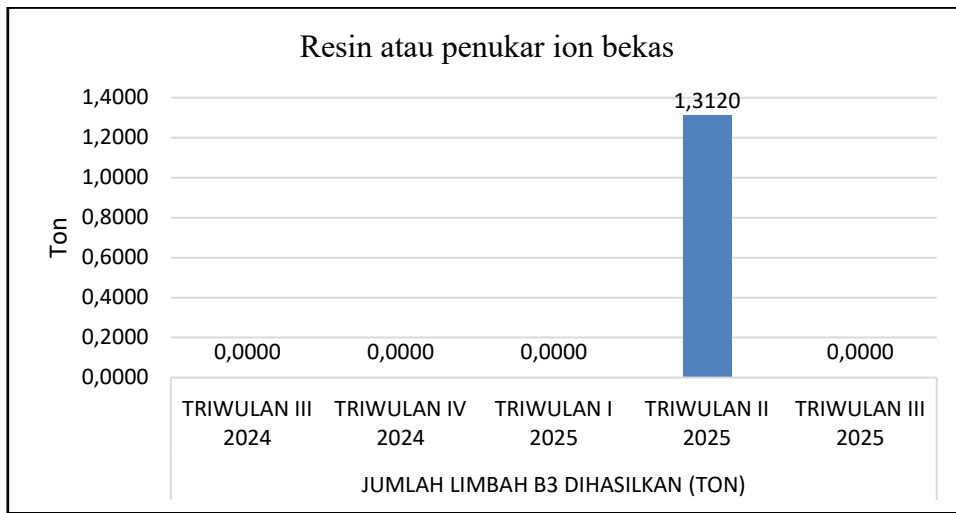
3.1.3 Limbah Majun, Sarung Tangan Bekas, dan Resin

Timbulan limbah majun dan sarung tangan bekas ditampilkan pada Gambar 4, sedangkan timbulan resin bekas ditunjukkan pada Gambar 5. Limbah ini bersifat insidentil namun berisiko tinggi. Limbah jenis ini berpotensi membawa sisa minyak, bahan kimia, serta logam berat yang dapat mencemari tanah jika tidak disimpan dengan benar. Material penyerap seperti majun memiliki kemampuan menyerap kontaminan dan berpotensi melepaskannya kembali ke lingkungan apabila terjadi degradasi kemasan atau penyimpanan yang tidak sesuai [14]. Data limbah resin 1,312 ton merupakan limbah spesifik dan berbahaya, sementara majun 1,0810 ton merupakan media penyerap kontaminan. Implikasinya harus disimpan dalam kemasan kedap dan dipisahkan dari limbah *inkompatibel*. Jika tidak, maka risiko *secondary contamination* tinggi.



**Gambar 4.** Pengelolaan majun bekas, sarung tangan bekas, dan sejenisnya  
(Sumber: PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan 1 & 2 Nagan Raya, 2025)

Grafik pada Gambar 4, menunjukkan jumlah limbah B3 berupa majun bekas, sarung tangan bekas, dan sejenisnya pada periode Triwulan III 2024 hingga Triwulan III 2025. Pada Triwulan III 2024 tidak terdapat limbah yang dihasilkan (0 ton). Pada Triwulan IV 2024 mulai terdapat timbulan limbah sekitar ±0,3 ton. Memasuki Triwulan I 2025, kembali tidak terdapat limbah yang dihasilkan (0 ton). Peningkatan yang cukup signifikan terjadi pada Triwulan II 2025 dengan jumlah limbah mencapai sekitar ±1,1 ton, yang merupakan nilai tertinggi selama periode pengamatan. Namun, pada Triwulan III 2025 jumlah limbah kembali menurun hingga 0 ton. Secara keseluruhan, timbulan limbah majun bekas, sarung tangan bekas, dan sejenisnya bersifat fluktuatif dan hanya muncul pada waktu tertentu, kemungkinan dipengaruhi oleh intensitas kegiatan operasional atau aktivitas perawatan/perbaikan. Kondisi ini menunjukkan pentingnya perencanaan pengelolaan limbah yang fleksibel agar dapat menyesuaikan dengan lonjakan timbulan limbah pada periode tertentu.



**Gambar 5.** Pengelolaan resin atau penukar ion bekas  
(Sumber: PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan 1 & 2 Nagan Raya, 2025)

Gambar 5 menunjukkan jumlah limbah B3 berupa resin/penukar ion bekas yang dihasilkan pada periode Triwulan III 2024 hingga Triwulan III 2025. Pada Triwulan III 2024, Triwulan IV 2024, serta Triwulan I 2025 tidak terdapat timbulan limbah (0 ton). Timbulan limbah hanya terjadi pada Triwulan II 2025 dengan jumlah sebesar 1,3120 ton, yang sekaligus menjadi nilai tertinggi dan satu-satunya periode produksi limbah resin/penukar ion bekas selama rentang waktu pengamatan. Pada Triwulan III 2025, kembali tidak terdapat limbah yang dihasilkan (0 ton). Secara keseluruhan, data menunjukkan bahwa limbah resin/penukar ion bekas bersifat insidental atau tidak rutin, kemungkinan besar dipengaruhi oleh jadwal penggantian media atau kegiatan pemeliharaan tertentu. Oleh karena itu, pengelolaan limbah perlu difokuskan pada kesiapan penanganan saat kegiatan penggantian dilakukan agar tetap memenuhi ketentuan pengelolaan limbah B3.

3.2 Sistem Pengelolaan Limbah B3

Sistem pengelolaan limbah B3 di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan 1 & 2 Nagan Raya dilaksanakan secara terstruktur mulai dari tahap penyimpanan sementara di TPS, klasifikasi limbah, pengecekan kesesuaian kemasan, pelabelan, pencatatan dalam sistem festronik, hingga pengangkutan oleh pihak ketiga berizin. Alur proses tersebut ditampilkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

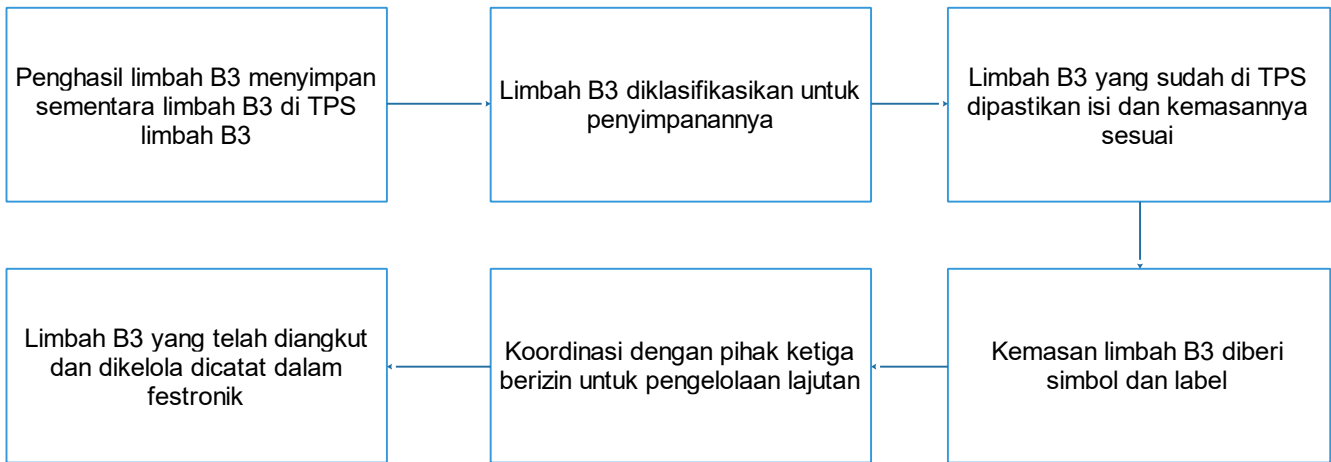


**Gambar 6.** Proses pengelolaan limbah B3

Gambar 6 menunjukkan alur pengelolaan dan pengangkutan limbah B3 dari area operasional hingga ke pihak pengangkut. Pada bagian kiri terlihat area penyimpanan limbah di dalam gudang, di mana limbah ditempatkan pada kemasan/drum yang tertata rapi dan dipindahkan menggunakan alat angkut (*forklift*). Area ini berfungsi sebagai tempat penampungan sementara sebelum limbah dikirim. Bagian tengah memperlihatkan bangunan TPS Limbah B3, yang menjadi lokasi pengumpulan dan penyimpanan sementara limbah sesuai dengan ketentuan keselamatan dan lingkungan. TPS ini dilengkapi dengan penandaan dan fasilitas pendukung untuk memastikan limbah tersimpan dengan aman sebelum dilakukan pengangkutan.

Pada bagian kanan ditunjukkan proses pemuatan limbah ke kendaraan pengangkut. Limbah dimasukkan ke dalam truk secara tertib oleh petugas dengan memperhatikan aspek keselamatan kerja. Selanjutnya, limbah diangkut menuju

pihak pengelola atau pengolah limbah berizin untuk dilakukan pengolahan atau pemusnahan sesuai peraturan yang berlaku. Secara keseluruhan, gambar menggambarkan rangkaian proses pengelolaan limbah B3 mulai dari penyimpanan sementara, pengelolaan di TPS, hingga pengangkutan keluar lokasi, sebagai bagian dari upaya pengendalian dampak lingkungan dan kepatuhan terhadap regulasi.



**Gambar 7.** Diagram alir pengelolaan limbah B3

Gambar 7 menunjukkan bahwa setiap tahapan saling terintegrasi untuk memastikan bahwa limbah tidak menimbulkan risiko terhadap lingkungan dan keselamatan kerja. Penerapan sistem pencatatan digital memberikan keuntungan dalam hal transparansi dan kemudahan audit lingkungan. Digitalisasi pencatatan limbah mampu meningkatkan akurasi pelaporan dan efektivitas pengawasan kepatuhan lingkungan [4].

### 3.3 Penyimpanan Limbah B3

Fasilitas penyimpanan limbah B3 disajikan pada Gambar 7 dan Gambar 8. Limbah padat disimpan menggunakan sistem blok dengan alas palet, sedangkan limbah cair dikemas dalam drum tertutup dan berlabel. Sistem ini memungkinkan inspeksi visual yang lebih mudah dan meminimalkan risiko kebocoran. Tata kelola TPS yang baik berkontribusi langsung terhadap penurunan risiko kecelakaan kerja dan pencemaran lingkungan [15]. Namun demikian, peningkatan volume limbah pada periode tertentu berpotensi menyebabkan keterbatasan kapasitas TPS sehingga perlu dilakukan pengaturan jadwal pengangkutan yang lebih optimal.



**Gambar 8.** Penyimpanan limbah dalam drum



**Gambar 9.** Penyimpanan limbah padat dalam jumbo bag

Berdasarkan hasil observasi, kapasitas TPS bersifat terbatas (menyesuaikan volume dan area penyimpanan). Dengan lonjakan limbah hingga >5 ton dalam triwulan, terdapat potensi:

- Risiko *overcapacity* (penumpukan limbah, penurunan jarak aman antar drum)
- Risiko keselamatan (kebocoran, tumpahan, paparan kerja)
- Risiko ketidakpatuhan regulasi (melebihi waktu simpan limbah B3)

Fluktuasi limbah menuntut pengangkutan adaptif (tidak periodik tetap), menyesuaikan dengan jadwal maintenance dan volume limbah aktual. Rekomendasi yang dapat diberikan berupa:

- Menyusun jadwal pengangkutan berbasis volume (*trigger-based*), bukan hanya jadwal tetap
- Menetapkan *early warning system* kapasitas TPS
- Integrasi data festronek + perencanaan logistik

### 3.4 Dampak Limbah terhadap Area Operasional

Hasil observasi di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan 1 & 2 Nagan Raya menunjukkan bahwa potensi dampak limbah B3 paling signifikan terdapat pada beberapa area kritis operasional, yaitu: (1) area workshop dan maintenance (sumber limbah oli/pelumas bekas), (2) area water treatment plant (sumber limbah bahan kimia dan resin), serta (3) Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 sebagai titik akumulasi limbah sebelum pengangkutan. Pada area workshop, limbah oli bekas berpotensi menimbulkan risiko tumpahan yang dapat menyebabkan permukaan licin dan meningkatkan potensi kecelakaan kerja. Di area water treatment, residu bahan kimia berpotensi menimbulkan paparan melalui kontak langsung maupun inhalasi uap. Sementara itu, di TPS, peningkatan volume limbah pada periode tertentu berpotensi menyebabkan kepadatan penyimpanan yang dapat meningkatkan risiko kebocoran atau kesalahan penanganan.

Berdasarkan hasil observasi, tidak ditemukan kejadian kecelakaan besar atau pencemaran signifikan selama periode penelitian. Namun demikian, terdapat beberapa temuan kondisi aktual (*minor findings*) yang berpotensi berkembang menjadi insiden apabila tidak ditangani, seperti:

- Penataan drum limbah yang pada periode tertentu cukup padat sehingga mengurangi ruang inspeksi,
- Label pada beberapa kemasan yang mulai pudar,
- Adanya residu oli pada lantai di area maintenance meskipun dalam skala kecil

Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun sistem pengelolaan telah berjalan, masih terdapat celah operasional yang berpotensi meningkatkan risiko. Dari sisi potensi dampak, limbah B3 di unit ini dapat menimbulkan:

- Risiko kesehatan pekerja (iritasi kulit, gangguan pernapasan) akibat paparan bahan kimia,
- Risiko kecelakaan kerja akibat sifat licin (oli) atau korosif,
- Risiko pencemaran tanah dan air jika terjadi kebocoran pada penyimpanan limbah cair

Kondisi ini menegaskan bahwa pengelolaan limbah B3 tidak hanya berkaitan dengan kepatuhan regulasi, tetapi juga berperan langsung dalam menjaga keselamatan operasional dan keberlanjutan lingkungan. Hal ini sejalan dengan

penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pengelolaan limbah B3 yang tidak optimal dapat meningkatkan risiko kesehatan kerja dan pencemaran lingkungan industri [1].

Berdasarkan temuan di lapangan, beberapa langkah perbaikan yang direkomendasikan adalah:

- a. Inspeksi rutin kemasan (drum)
  - 1) Melakukan pemeriksaan berkala terhadap kondisi drum (korosi, kebocoran, tutup tidak rapat)
  - 2) Menerapkan *checklist* inspeksi mingguan
- 3) Penataan TPS berbasis kapasitas
  - 1) Mengatur jarak antar drum untuk memudahkan inspeksi
  - 2) Menerapkan sistem *first in-first out* (FIFO)
  - 3) Membatasi tinggi tumpukan sesuai standar keselamatan
- 4) Penerapan sistem *secondary containment* (*bundwall*)
  - 1) Menyediakan *bundwall* atau penampung sekunder pada area penyimpanan limbah cair
  - 2) Berfungsi menahan tumpahan agar tidak menyebar ke lingkungan
- 5) Perbaikan sistem pelabelan
  - 1) Mengganti label yang rusak atau pudar secara berkala
  - 2) Menggunakan label tahan bahan kimia dan cuaca
- 6) Pengendalian area kerja
  - 1) Membersihkan segera tumpahan oli di workshop
  - 2) Menyediakan spill kit di area rawan
- 7) Peningkatan pelatihan K3
  - 1) Pelatihan rutin terkait penanganan limbah B3
  - 2) Simulasi tanggap darurat tumpahan limbah
  - 3) Penguatan penggunaan APD secara konsisten

Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun belum terjadi insiden besar, risiko laten tetap (bahaya yang selalu ada dalam suatu sistem) dan dapat meningkat seiring fluktuasi volume limbah. Oleh karena itu, pendekatan pengelolaan perlu bergeser dari sekadar *compliance* menjadi *risk-based management*, yaitu pengelolaan yang mempertimbangkan potensi lonjakan limbah dan kondisi operasional aktual.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan 1 & 2 Nagan Raya, diperoleh beberapa poin utama yaitu jenis dan volume limbah B3 didominasi oleh minyak atau pelumas bekas, kemasan bahan kimia, majun atau APD terkontaminasi, serta resin penukar ion bekas. Volume limbah menunjukkan pola fluktuatif yang signifikan, dengan total timbulan tertinggi mencapai 5,7500 ton pada Triwulan I 2025 dan terendah 0,1532 ton pada Triwulan III 2024, yang dipengaruhi oleh aktivitas pemeliharaan dan jadwal operasional pembangkit. Kondisi pengelolaan limbah B3 secara umum telah mengikuti tahapan yang dipersyaratkan, meliputi penyimpanan di TPS, pelabelan, pencatatan digital (Festronik), serta pengangkutan oleh pihak berizin. Namun, hasil observasi menunjukkan masih terdapat beberapa aspek yang perlu ditingkatkan, seperti kepadatan penyimpanan pada periode puncak, label kemasan yang mulai pudar, serta keterbatasan ruang inspeksi, yang berpotensi menurunkan efektivitas pengendalian risiko. Potensi dampak limbah B3 terutama berkaitan dengan risiko keselamatan kerja dan pencemaran lingkungan. Contoh potensi yang teridentifikasi meliputi tumpahan oli di area maintenance yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja, serta potensi kebocoran drum limbah cair di TPS saat terjadi peningkatan volume limbah. Meskipun tidak ditemukan insiden besar selama periode penelitian, kondisi ini menunjukkan adanya risiko laten yang perlu dikelola secara lebih proaktif.

Berdasarkan temuan tersebut, beberapa rekomendasi yang dapat diterapkan adalah melakukan inspeksi rutin terhadap kondisi drum dan kemasan limbah untuk mencegah kebocoran. Mengoptimalkan penataan TPS berbasis kapasitas dan menerapkan sistem FIFO untuk menghindari penumpukan. Menyediakan *secondary containment* (*bundwall*) pada area penyimpanan limbah cair. Meningkatkan frekuensi pengangkutan limbah pada periode *peak* berdasarkan volume aktual. Melaksanakan pelatihan K3 secara berkala, khususnya terkait penanganan limbah B3 dan tanggap darurat tumpahan.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan analisis kuantitatif berbasis indeks risiko limbah B3 untuk mengukur tingkat bahaya secara lebih terukur. Mengkaji hubungan antara intensitas operasional pembangkit dan timbulan limbah secara statistik. Mengevaluasi efektivitas sistem digital (Festronik) dalam mendukung pengendalian limbah dan kepatuhan regulasi. Melakukan studi perbandingan antar unit PLTU untuk memperoleh model pengelolaan limbah B3 yang lebih optimal dan adaptif.

#### REFERENCES

- [1] A. Putri dan B. Islami, "Pengelolaan limbah B3 dan dampaknya terhadap kesehatan kerja dan kualitas lingkungan industri," *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol. 15, no. 2, pp. 120 – 128, 2023.
- [2] M. Lia, A. Fadli, dan T. Rahayu, "Dampak limbah industri terhadap kualitas tanah, air, dan udara," *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, vol. 5, no. 3, pp. 201–210, 2021.

- [3] T. Wijaya dan R. Nugraha, "Karakteristik limbah oli bekas dan potensi pencemaran lingkungan industri," *Jurnal Energi dan Lingkungan*, vol. 18, no. 1, pp. 10–19, 2024.
- [4] D. Anggraeni, R. Pratama, dan S. Lestari, "Evaluasi sistem pengelolaan limbah B3 pada industri energi terhadap kinerja lingkungan," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 27, no. 2, pp. 115–124, 2021.
- [5] D. Putra dan M. Rizki, "Analisis kepatuhan industri terhadap regulasi pengelolaan limbah B3," *Jurnal Administrasi Lingkungan*, vol. 14, no. 2, pp. 88–97, 2022.
- [6] Sugiyanto, "Evaluasi sistem manajemen lingkungan pada industri berbasis energi," *Jurnal Manajemen Industri*, vol. 9, no. 2, pp. 100–109, 2020.
- [7] Sugiyono, *Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2020.
- [8] J. W. Creswell dan C. N. Poth, *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*, 4th ed. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2020.
- [9] G. A. Bowen, "Document analysis as a qualitative research method," *Qualitative Research Journal*, vol. 20, no. 1, pp. 40–52, 2020.
- [10] J. Saldaña, *The Coding Manual for Qualitative Researchers*, 3rd ed. London: Sage Publications, 2020.
- [11] N. Sari, A. Wibowo, dan H. Kurniawan, "Pengelolaan kemasan bekas bahan kimia di industri manufaktur," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 22, no. 1, pp. 45–54, 2021.
- [12] A. Rahman, M. Yusuf, dan S. Hadi, "Karakteristik limbah majun terkontaminasi dan potensi pencemaran lingkungan," *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, vol. 8, no. 1, pp. 33–41, 2020.
- [13] R. Hidayat dan A. Prasetyo, "Tata kelola tempat penyimpanan sementara limbah B3 dan implikasinya terhadap keselamatan kerja," *Jurnal Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, vol. 11, no. 1, pp. 55–63, 2022.
- [14] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)*. Jakarta: KLHK, 2014.
- [15] S. Yuliani dan B. Prakoso, "Sistem pengelolaan limbah industri berkelanjutan," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 13, no. 2, pp. 77–85, 2019.