

**PERENCANAAN PENGELOLAAN SEMENTARA LIMBAH BAHAN BERBAHAYA
DAN BERACUN (B3) PADA INDUSTRI TEPUNG CAMPURAN DAN ADONAN
TEPUNG (STUDI KASUS: PT SAKTI PANGAN PERKASA KABUPATEN.
KARANGANYAR)**

Yudha Pranata

Universitas Kristen Teknologi Solo
e-mail: yudhanew831@gmail.com

Diterima: 29/7/2026; Direvisi: 4/8/2026; Diterbitkan: 14/8/2026

ABSTRAK

Peningkatan aktivitas industri berkontribusi terhadap bertambahnya timbulan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan serta risiko terhadap kesehatan apabila tidak dikelola sesuai ketentuan. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 yang tidak hanya memenuhi regulasi, tetapi juga mempertimbangkan karakteristik limbah dan potensi risiko yang ditimbulkan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi sumber, jenis, karakteristik, jumlah timbulan, waktu penyimpanan, serta risiko pengelolaan limbah B3, sekaligus menyusun rekomendasi *Detail Engineering Design* (DED) TPS limbah B3 yang sesuai dengan kebutuhan operasional industri. Penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan perencanaan, menggunakan data primer yang diperoleh melalui survei lapangan, dokumentasi, pengelompokan limbah, dan penentuan area studi serta data sekunder berupa profil perusahaan dan standar persyaratan teknis penyimpanan limbah B3. Data dianalisis berdasarkan ketentuan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 mengenai pengelolaan limbah B3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah B3 berasal dari proses produksi utama serta aktivitas pendukung, meliputi pemeliharaan bangunan, kelistrikan, perkantoran, peribadatan, dan layanan kesehatan, dengan karakteristik utama berupa limbah beracun, cairan mudah menyala, dan limbah infeksius. Berdasarkan hasil identifikasi tersebut disusun rekomendasi *Detail Engineering Design* TPS limbah B3 yang memenuhi persyaratan teknis dan regulasi, sehingga mampu mendukung pengelolaan limbah secara aman, efisien, berkelanjutan, serta meminimalkan risiko pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan.

Kata Kunci: Limbah B3, Tempat Penyimpanan Sementara (TPS), *Detail Engineering Design* (DED).

ABSTRACT

The increasing intensity of industrial activities contributes to the generation of hazardous and toxic (B3) waste, which may cause environmental pollution and pose health risks if not managed in accordance with applicable regulations. Therefore, the planning of a Temporary Storage Facility (TPS) for B3 waste needs to comply with regulatory requirements while considering the characteristics and potential risks associated with the waste. This study aimed to identify the sources, types, characteristics, generation quantities, storage periods, and management risks of B3 waste, as well as to develop recommendations for a *Detail Engineering Design* (DED) of a B3 waste Temporary Storage Facility according to operational requirements.

The study employed a descriptive quantitative method with a planning-oriented approach, using primary data obtained through field surveys, documentation, waste classification, and determination of the study area, while secondary data were obtained from company profiles and technical requirements for B3 waste storage. The collected data were analyzed based on the provisions of Government Regulation Number 22 of 2021 and Regulation of the Minister of Environment and Forestry Number 6 of 2021 concerning B3 waste management. The results showed that B3 waste originated from the main production processes and supporting activities, including building maintenance, electrical activities, office operations, religious activities, and health services, with the main characteristics consisting of toxic waste, flammable liquids, and infectious waste. Based on the identification results, a *Detail Engineering Design* for the B3 waste Temporary Storage Facility was developed in accordance with applicable technical and regulatory requirements, thereby supporting safe, efficient, and sustainable waste management while minimizing the risks of environmental pollution and adverse health impacts.

Keywords: *Hazardous and Toxic Waste (B3), Temporary Storage Facility (TPS), Detail Engineering Design (DED).*

PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri telah memberikan kontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi, peningkatan produktivitas, serta kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Di sisi lain, peningkatan aktivitas industri juga diikuti oleh bertambahnya volume limbah yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola secara tepat. Salah satu jenis limbah yang memerlukan perhatian khusus adalah limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) karena memiliki karakteristik berbahaya yang dapat menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia dan kualitas lingkungan apabila pengelolaannya tidak dilakukan secara tepat (Devitasari & Nisa, 2025). Pengelolaan limbah B3 perlu diarahkan pada sistem yang aman dan berkelanjutan melalui pengendalian sejak tahap identifikasi, penyimpanan, hingga penanganan lebih lanjut sebagai bagian dari upaya mengurangi risiko lingkungan dan mendukung praktik pengelolaan limbah yang berkelanjutan (Kumar et al., 2023).

Pengelolaan limbah B3 yang efektif diawali dengan identifikasi karakteristik limbah dan penyediaan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) yang memenuhi persyaratan teknis sesuai regulasi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa keberadaan TPS yang dirancang secara tepat mampu mengurangi potensi kebocoran limbah, kontaminasi lingkungan, serta meningkatkan efektivitas proses pengelolaan limbah di berbagai sektor industri. Penelitian Wilujeng et al. (2024) menjelaskan bahwa sistem pengelolaan limbah B3 harus memperhatikan klasifikasi limbah, kapasitas penyimpanan, dan tata letak fasilitas agar seluruh tahapan pengelolaan berjalan secara aman. Temuan tersebut diperkuat oleh Hartati dan Elvira (2024), Hidayat dan Jawwad (2023), serta Nurhayati dan Purnomo (2023) yang menunjukkan bahwa perencanaan TPS limbah B3 yang sesuai ketentuan mampu meningkatkan kepatuhan terhadap regulasi sekaligus mempermudah proses penyimpanan berdasarkan jenis, karakteristik, dan volume limbah yang dihasilkan. Selain itu, Subekti dan Astuti (2022) juga menegaskan bahwa dimensi bangunan, sistem ventilasi, perlengkapan keselamatan, serta pengaturan tata letak penyimpanan menjadi komponen utama dalam menghasilkan fasilitas TPS yang memenuhi standar operasional.

Perkembangan penelitian mengenai pengelolaan limbah B3 tidak lagi hanya berfokus pada penyediaan fasilitas penyimpanan, tetapi juga mengarah pada evaluasi implementasi sistem pengelolaan dan pengendalian risiko. Wiryawan dan Pharmawati (2024) serta Hardiyanto et al. (2022) menemukan bahwa efektivitas pengelolaan limbah B3 sangat dipengaruhi oleh kesesuaian prosedur operasional dengan karakteristik limbah yang dihasilkan di setiap industri. Penelitian Rohkayati dan Hamzah (2025) menunjukkan bahwa analisis risiko kedaruratan merupakan bagian penting dalam sistem pengelolaan limbah B3 karena mampu mengidentifikasi potensi bahaya sebelum terjadi insiden yang merugikan lingkungan maupun pekerja. Sejalan dengan hal tersebut, Varshney et al. (2022), Jha et al. (2022), serta Hassan dan Saleh (2022) menjelaskan bahwa pengelolaan limbah berbahaya pada tingkat internasional menempatkan aspek identifikasi risiko, penyimpanan yang memenuhi standar, serta kepatuhan terhadap regulasi sebagai komponen utama dalam mewujudkan sistem *hazardous waste management* yang efektif dan berkelanjutan.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas evaluasi pengelolaan limbah B3, perencanaan TPS, maupun penerapan regulasi pada berbagai jenis industri, sebagian besar penelitian masih mengkaji aspek-aspek tersebut secara terpisah. Penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada evaluasi fasilitas penyimpanan, kepatuhan terhadap regulasi, atau analisis risiko tanpa mengintegrasikan seluruh komponen tersebut ke dalam satu perencanaan yang komprehensif berbasis kondisi aktual industri. Selain itu, penelitian yang secara khusus membahas penyusunan *Detail Engineering Design* (DED) TPS limbah B3 pada industri tepung dengan mempertimbangkan identifikasi jenis limbah, karakteristik limbah, jumlah timbulan, kapasitas penyimpanan, analisis risiko, dan kesesuaian terhadap PP Nomor 22 Tahun 2021 serta Permen LHK Nomor 6 Tahun 2021 masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan melalui integrasi identifikasi limbah B3, analisis risiko pengelolaan, dan penyusunan *Detail Engineering Design* berbasis data lapangan sehingga menghasilkan rancangan TPS limbah B3 yang lebih komprehensif, aplikatif, serta mendukung implementasi pengelolaan limbah yang aman, efektif, dan berkelanjutan.

Perkembangan penelitian pada beberapa tahun terakhir menunjukkan bahwa evaluasi pengelolaan limbah B3 semakin diarahkan pada peningkatan kualitas fasilitas penyimpanan dan kepatuhan terhadap regulasi nasional. Devitasari dan Nisa (2025) mengemukakan bahwa efektivitas pengelolaan limbah B3 dipengaruhi oleh kesesuaian antara karakteristik limbah, sistem penyimpanan, serta prosedur operasional yang diterapkan di perusahaan. Hasil penelitian ELVIRA dan HARTATI (2024) serta Mutiara et al. (2026) juga menunjukkan bahwa evaluasi maupun perancangan TPS limbah B3 perlu mempertimbangkan tata letak fasilitas, kapasitas penyimpanan, perlengkapan keselamatan, dan karakteristik limbah agar mampu memenuhi ketentuan teknis yang berlaku. Sementara itu, Sumaningrum et al. (2026) membuktikan bahwa identifikasi sumber limbah dan evaluasi fasilitas penyimpanan merupakan tahapan awal yang menentukan keberhasilan sistem pengelolaan limbah B3 secara menyeluruh sehingga pendekatan perencanaan harus dilakukan secara sistematis sejak tahap identifikasi hingga penyusunan desain fasilitas.

Selain aspek teknis penyimpanan, pengelolaan limbah B3 juga memerlukan pendekatan berbasis manajemen risiko agar potensi kecelakaan kerja dan pencemaran lingkungan dapat dikendalikan secara optimal. Penelitian Purbaningrum (2025) menunjukkan bahwa penerapan metode *Job Safety Analysis* (JSA), *Job Safety Observation* (JSO), dan *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC) mampu mengidentifikasi potensi bahaya pada

setiap tahapan pengelolaan limbah sehingga tindakan pengendalian dapat dilakukan secara lebih efektif. Temuan tersebut selaras dengan penelitian Kumar et al. (2023) yang menegaskan bahwa strategi pengelolaan limbah berbahaya pada era industri modern tidak hanya berorientasi pada penyimpanan yang aman, tetapi juga mengintegrasikan prinsip *circular economy*, efisiensi sumber daya, serta pengurangan risiko lingkungan secara berkelanjutan. Dengan demikian, keberhasilan pengelolaan limbah B3 tidak hanya diukur dari terpenuhinya persyaratan teknis bangunan TPS, tetapi juga dari kemampuan sistem dalam meminimalkan risiko terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan.

Di Indonesia, implementasi pengelolaan limbah B3 telah memperoleh landasan hukum yang cukup kuat melalui Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 beserta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 mengenai tata cara dan persyaratan pengelolaan limbah B3. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa implementasi regulasi tersebut masih menghadapi tantangan pada tingkat operasional, terutama terkait konsistensi penerapan standar penyimpanan, kelengkapan fasilitas, dan kesesuaian desain TPS dengan karakteristik limbah yang dihasilkan. Khumaidah et al. (2025), Gustina et al. (2026), Prastyo dan Dienullah (2026), serta Arianto dan Laia (2026) menegaskan bahwa kepatuhan terhadap regulasi tidak hanya berfungsi sebagai pemenuhan aspek administratif, tetapi juga menjadi instrumen penting dalam meningkatkan keselamatan kerja, mencegah pencemaran lingkungan, serta memperkuat tanggung jawab industri terhadap pengelolaan limbah B3. Oleh karena itu, setiap perencanaan TPS limbah B3 perlu didasarkan pada kondisi aktual timbulan limbah, karakteristik limbah, kebutuhan kapasitas penyimpanan, dan persyaratan teknis yang ditetapkan dalam regulasi agar mampu memberikan perlindungan lingkungan secara optimal.

Berdasarkan berbagai hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa kajian mengenai pengelolaan limbah B3 telah berkembang pada aspek evaluasi fasilitas, kepatuhan regulasi, analisis risiko, dan desain TPS, namun belum banyak penelitian yang mengintegrasikan seluruh komponen tersebut dalam satu model perencanaan berbasis kondisi nyata industri tepung. Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut melalui penyusunan *Detail Engineering Design (DED)* Tempat Penyimpanan Sementara limbah B3 yang diawali dengan identifikasi sumber limbah, analisis jenis dan karakteristik limbah, perhitungan jumlah timbulan, analisis risiko, serta penentuan spesifikasi teknis bangunan berdasarkan regulasi yang berlaku. Pendekatan tersebut diharapkan menghasilkan rancangan TPS limbah B3 yang tidak hanya memenuhi persyaratan teknis dan hukum, tetapi juga mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan limbah, mengurangi potensi pencemaran, dan mendukung implementasi prinsip *sustainable hazardous waste management* pada industri pengolahan tepung. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah berupa model perencanaan TPS limbah B3 yang lebih komprehensif, aplikatif, dan dapat direplikasi pada sektor industri lain yang memiliki karakteristik limbah sejenis.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif untuk menghasilkan perencanaan *Detail Engineering Design (DED)* Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 berdasarkan kondisi aktual di lokasi penelitian. Penelitian berfokus pada kondisi dan kebutuhan penyimpanan limbah B3 sebagai satu fokus kajian, yang kemudian dikembangkan menjadi perencanaan teknis dan gambar desain TPS. Pengumpulan data dilakukan melalui data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara,

dokumentasi, serta pengukuran timbulan limbah B3. Observasi menggunakan lembar observasi yang dikembangkan oleh peneliti berdasarkan aspek dan persyaratan teknis penyimpanan limbah B3 yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021. Hasil observasi dicatat dalam lembar pengamatan dan menjadi dasar penyusunan tabel hasil penelitian. Wawancara dilakukan dengan 1 orang narasumber dari pihak perusahaan yang mengetahui pengelolaan limbah B3. Pengambilan data telah memperoleh persetujuan dari pihak perusahaan melalui narasumber HRD, sedangkan sebelum wawancara narasumber diberikan penjelasan mengenai tujuan penelitian dan penggunaan data serta memberikan persetujuan untuk berpartisipasi. Data sekunder diperoleh dari dokumen perusahaan, data operasional pengelolaan limbah B3, regulasi, dan literatur yang relevan.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan mengintegrasikan hasil observasi, wawancara, dokumentasi, pengukuran timbulan, dan studi literatur. Analisis meliputi identifikasi sumber limbah, klasifikasi jenis dan karakteristik limbah B3, perhitungan jumlah timbulan, penentuan kebutuhan wadah dan kapasitas penyimpanan, serta evaluasi kondisi eksisting terhadap persyaratan teknis yang berlaku. Hasil analisis selanjutnya digunakan untuk menentukan kebutuhan tata letak, dimensi bangunan, kapasitas penyimpanan, penempatan wadah, dan fasilitas pendukung TPS limbah B3. Data kondisi aktual dan hasil perhitungan tersebut kemudian dikembangkan menjadi dasar penyusunan DED, bukan untuk menguji hubungan atau pengaruh antarvariabel. Perencanaan DED disusun berdasarkan karakteristik dan kebutuhan penyimpanan limbah B3 serta ketentuan dalam regulasi. Hasil akhir penelitian divisualisasikan dalam bentuk gambar desain DED TPS limbah B3 sebagai representasi teknis dari hasil analisis kondisi dan kebutuhan penyimpanan di lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Identifikasi Sumber Limbah B3

Identifikasi sumber limbah B3 dilakukan untuk mengetahui seluruh aktivitas operasional perusahaan yang menghasilkan limbah B3 sebagai dasar penyusunan kebutuhan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3. Proses identifikasi dilaksanakan melalui observasi lapangan, dokumentasi, serta penelusuran terhadap setiap tahapan kegiatan operasional perusahaan. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa limbah B3 berasal dari aktivitas utama produksi maupun berbagai aktivitas penunjang yang mendukung operasional perusahaan. Rincian sumber limbah B3 yang teridentifikasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi Sumber Limbah B3 PT Sakti Pangan Perkasa

No Kelompok Kegiatan Sumber Limbah B3	
1	Aktivitas utama Proses produksi
2	Aktivitas penunjang Kegiatan kelistrikan
3	Aktivitas penunjang Perawatan bangunan gedung
4	Aktivitas penunjang Kegiatan perkantoran
5	Aktivitas penunjang Kegiatan peribadatan
6	Aktivitas penunjang Klinik kesehatan

Berdasarkan Tabel 1, sumber limbah B3 pada lokasi penelitian dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yaitu aktivitas produksi sebagai sumber utama dan aktivitas penunjang yang meliputi kegiatan kelistrikan, perawatan bangunan gedung, perkantoran, peribadatan, serta layanan klinik kesehatan. Pengelompokan tersebut memberikan gambaran mengenai asal timbulan limbah B3 dari setiap aktivitas operasional perusahaan. Informasi ini selanjutnya digunakan sebagai dasar inventarisasi jenis limbah B3 dan kebutuhan fasilitas penyimpanan. Hasil identifikasi tersebut juga menjadi acuan dalam tahapan penyusunan rancangan *Detail Engineering Design* (DED) TPS limbah B3.

2. Jenis, Karakteristik, dan Kemasan Limbah B3

Setelah sumber limbah B3 berhasil diidentifikasi, tahap berikutnya dilakukan inventarisasi terhadap jenis limbah, karakteristik bahaya, serta jenis kemasan yang digunakan dalam penyimpanan sementara. Identifikasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap jenis limbah ditempatkan pada kemasan yang sesuai dengan karakteristiknya sebagaimana dipersyaratkan dalam regulasi pengelolaan limbah B3. Data diperoleh melalui observasi terhadap lokasi penyimpanan, identifikasi label limbah, dan dokumentasi fasilitas eksisting. Hasil inventarisasi tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis, Karakteristik, dan Kemasan Limbah B3

No	Jenis Limbah B3	Karakteristik	Jenis Kemasan
1	Limbah cair proses produksi	Beracun, cairan mudah menyala	Drum besi
2	Limbah padat proses produksi	Beracun	Container box plastic
3	Limbah kegiatan kelistrikan	Berbahaya	Container box plastic
4	Limbah perawatan bangunan	Berbahaya	Wheelie bin
5	Limbah klinik kesehatan	Infeksius	Sharp container
6	Limbah medis non-tajam	Infeksius	Wheelie bin medis

Berdasarkan Tabel 2, limbah B3 yang dihasilkan perusahaan memiliki karakteristik yang beragam, meliputi limbah beracun, cairan mudah menyala, dan limbah infeksius. Setiap jenis limbah ditempatkan pada kemasan yang disesuaikan dengan karakteristik dan bentuk fisiknya sehingga memudahkan proses penyimpanan sementara. Jenis kemasan yang digunakan meliputi drum besi, *container box plastic*, *wheelie bin*, *wheelie bin medis*, dan *sharp container*. Informasi mengenai jenis limbah, karakteristik, serta kemasan tersebut menjadi dasar dalam penentuan kapasitas penyimpanan dan penyusunan tata letak TPS limbah B3 pada tahapan berikutnya.

3. Kapasitas Penyimpanan TPS Limbah B3

Kapasitas penyimpanan TPS limbah B3 ditentukan berdasarkan jenis limbah, jenis kemasan, jumlah wadah, dan kapasitas masing-masing wadah yang digunakan dalam rancangan. Pemisahan kapasitas dilakukan antara limbah B3 cair dan limbah B3 padat karena keduanya memiliki bentuk fisik dan satuan kapasitas penyimpanan yang berbeda. Data jumlah dan kapasitas kemasan diperoleh dari hasil identifikasi kondisi penyimpanan serta kebutuhan

ruang yang telah ditentukan pada tahap perencanaan. Rincian jenis limbah, kemasan, jumlah wadah, dan kapasitas setiap wadah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jenis, Jumlah, dan Kapasitas Kemasan Limbah B3

Jenis Limbah	Jenis Kemasan	Jumlah	Kapasitas/Wadah
Cair	Drum besi	2	60 L
Padat	<i>Container box plastic</i>	2	50 kg
Padat	<i>Wheelibin</i>	1	240 kg
Padat	<i>Sharp container</i>	1	5 kg
Padat	<i>Wheelibin medis</i>	1	100 kg

Tabel 3 menunjukkan bahwa penyimpanan limbah B3 cair direncanakan menggunakan dua drum besi dengan kapasitas masing-masing 60 L. Sementara itu, limbah B3 padat ditempatkan dalam empat jenis kemasan, yaitu dua *container box plastic*, satu *wheelie bin*, satu *sharp container*, dan satu *wheelie bin medis*. Kapasitas masing-masing kemasan limbah padat berbeda, mulai dari 5 kg hingga 240 kg sesuai jenis wadah yang digunakan. Data tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk menghitung kapasitas total penyimpanan limbah B3 cair dan padat pada TPS yang direncanakan.

Kapasitas Limbah B3 Cair

Kapasitas penyimpanan limbah B3 cair dihitung berdasarkan kapasitas setiap drum dan jumlah drum yang digunakan. Perhitungan dilakukan dengan mengalikan kapasitas satu wadah dengan jumlah wadah yang tersedia. Berdasarkan data pada Tabel 3, terdapat dua drum besi dengan kapasitas masing-masing 60 L. Perhitungan kapasitas total limbah B3 cair adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas total} &= \text{kapasitas per wadah} \times \text{jumlah wadah} \\ &= 60 \text{ L} \times 2 \\ &= 120 \text{ L}\end{aligned}$$

Dengan demikian, kapasitas penyimpanan limbah B3 cair yang direncanakan adalah 120 L atau 0,12 m³.

Kapasitas Limbah B3 Padat

Kapasitas penyimpanan limbah B3 padat dihitung dengan menjumlahkan kapasitas seluruh kemasan yang digunakan. Berdasarkan Tabel 3, kemasan yang digunakan terdiri atas dua *container box plastic*, satu *wheelie bin*, satu *sharp container*, dan satu *wheelie bin medis*. Setiap jenis kemasan memiliki kapasitas yang berbeda sehingga perhitungan dilakukan berdasarkan jumlah dan kapasitas masing-masing wadah. Perhitungan kapasitas total limbah B3 padat adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas total} &= (\text{jumlah} \times \text{kapasitas } \textit{container box plastic}) + (\text{jumlah} \times \text{kapasitas } \textit{wheelie bin}) \\ &+ (\text{jumlah} \times \text{kapasitas } \textit{sharp container}) + (\text{jumlah} \times \text{kapasitas } \textit{wheelie bin medis}) \\ &= (2 \times 50) + (1 \times 240) + (1 \times 5) + (1 \times 100) \\ &= 100 + 240 + 5 + 100\end{aligned}$$

= 445 kg

Dengan demikian, kapasitas penyimpanan limbah B3 padat yang direncanakan adalah 445 kg.

4. Tata Letak Penyimpanan Limbah B3

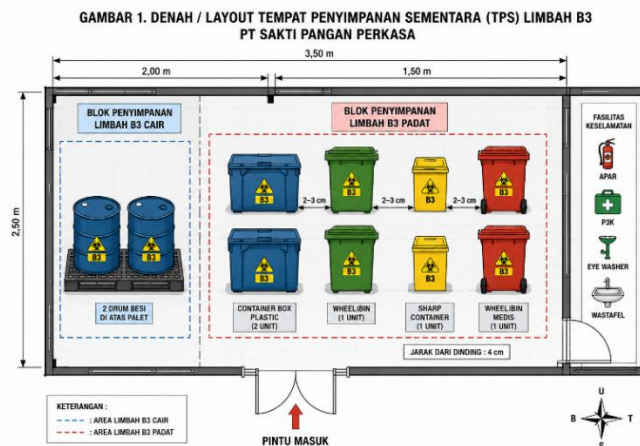
Penentuan dimensi bangunan TPS limbah B3 dilakukan dengan mempertimbangkan ukuran setiap kemasan, jumlah kemasan, jarak antarwadah, dan jarak kemasan terhadap dinding bangunan. Data dimensi kemasan digunakan untuk menentukan kebutuhan ruang penyimpanan sehingga seluruh wadah limbah B3 dapat ditempatkan di dalam bangunan secara teratur. Selain ukuran kemasan, kebutuhan ruang untuk akses dan pengaturan posisi wadah juga dipertimbangkan dalam penyusunan tata letak. Rincian ukuran kemasan dan jarak penempatannya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Dimensi dan Jarak Penempatan Kemasan Limbah B3

No.	Jenis Kemasan	Panjang	Lebar	Jarak Antarwadah	Jarak ke Dinding
1	Palet drum	110 cm	50 cm	3 cm	2 cm
2	Container box plastic	90 cm	64 cm	1 cm	3 cm
3	Wheelie bin	73 cm	59 cm	3 cm	3 cm
4	Sharp container	28 cm	20 cm	50 cm	2 cm
5	Wheelie bin medis	50 cm	45 cm	1 cm	2 cm

Tabel 4 menunjukkan ukuran masing-masing kemasan yang digunakan dalam perencanaan TPS limbah B3. Perbedaan ukuran wadah menghasilkan kebutuhan ruang yang berbeda pada setiap area penyimpanan. Data tersebut kemudian digunakan untuk menentukan panjang dan lebar bangunan dengan mempertimbangkan susunan kemasan serta jarak yang diperlukan di dalam ruang penyimpanan. Hasil perhitungan dimensi bangunan selanjutnya menjadi dasar dalam penyusunan tata letak TPS limbah B3.

Setelah jenis limbah B3 dan kebutuhan kemasan diidentifikasi, tahap berikutnya adalah penyusunan tata letak penyimpanan limbah B3 di dalam Tempat Penyimpanan Sementara (TPS). Tata letak disusun berdasarkan jenis limbah, karakteristik bahaya, serta jenis kemasan yang digunakan selama penyimpanan. Penyusunan tersebut bertujuan untuk menggambarkan posisi masing-masing kemasan sesuai kebutuhan ruang penyimpanan pada bangunan TPS. Rancangan tata letak penyimpanan limbah B3 disajikan pada Gambar 1.

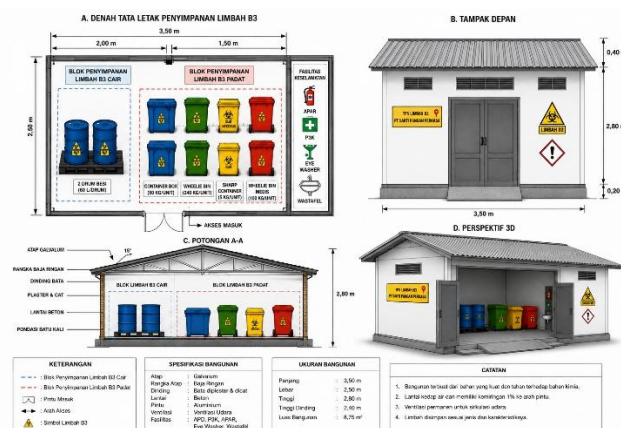


Gambar 1. Tata Letak Penyimpanan Limbah B3 pada TPS

Berdasarkan Gambar 1, tata letak penyimpanan dibedakan menjadi area penyimpanan limbah B3 cair dan area penyimpanan limbah B3 padat. Kemasan limbah B3 ditempatkan sesuai kelompok jenis limbah yang telah diidentifikasi pada tahap sebelumnya. Penempatan setiap kemasan memperhatikan kebutuhan ruang penyimpanan di dalam bangunan TPS. Susunan tata letak tersebut menjadi dasar dalam penentuan kebutuhan kapasitas dan dimensi bangunan TPS limbah B3.

5. Desain Bangunan TPS Limbah B3

Tahap akhir pada hasil penelitian adalah penyusunan desain bangunan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 berdasarkan kebutuhan ruang penyimpanan dan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan. Penyusunan desain dilakukan dengan memperhatikan hasil identifikasi limbah, kebutuhan kapasitas penyimpanan, serta fasilitas pendukung yang tersedia pada bangunan TPS. Hasil rancangan divisualisasikan dalam bentuk gambar teknis sebagai representasi desain bangunan yang direncanakan. Desain akhir TPS limbah B3 disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Detail Engineering Design (DED) TPS Limbah B3 PT Sakti Pangan Perkasa

Berdasarkan Gambar 3, desain bangunan TPS limbah B3 memuat tata letak ruang penyimpanan, posisi fasilitas pendukung, serta susunan area penyimpanan limbah sesuai dengan hasil identifikasi yang telah dilakukan. Visualisasi tersebut memperlihatkan rancangan bangunan yang akan digunakan sebagai acuan dalam penyediaan fasilitas penyimpanan limbah B3 di perusahaan. Seluruh komponen bangunan ditampilkan dalam bentuk gambar teknis sehingga memudahkan proses dokumentasi rancangan. Hasil desain tersebut menjadi keluaran utama penelitian dalam bentuk *Detail Engineering Design* (DED) TPS limbah B3.

6. Spesifikasi Bangunan dan Fasilitas Keselamatan TPS Limbah B3

Hasil perencanaan TPS limbah B3 tidak hanya mencakup pengaturan ruang penyimpanan, tetapi juga mempertimbangkan komponen bangunan yang mendukung keamanan dan operasional fasilitas. Setiap bagian bangunan direncanakan berdasarkan kebutuhan penyimpanan limbah B3 serta kondisi fasilitas yang akan dibangun. Komponen yang dirancang meliputi bagian atap, penghawaan, pencahayaan, lantai, dinding, pintu, dan fasilitas keselamatan. Rincian spesifikasi setiap komponen bangunan TPS limbah B3 PT Sakti Pangan Perkasa disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Bangunan TPS Limbah B3 PT Sakti Pangan Perkasa

No. Komponen Bangunan Spesifikasi		
1	Atap	Galvalum
2	Penghawaan	Ventilasi
3	Pencahayaan	Lampu
4	Lantai	Beton
5	Dinding	Bata
6	Pintu	Aluminium
7	Keselamatan	APD, P3K, APAR, <i>eye washer</i> , dan wastafel

Tabel 3 menunjukkan bahwa rancangan TPS menggunakan beberapa komponen utama yang membentuk kebutuhan dasar bangunan penyimpanan limbah B3. Struktur bangunan direncanakan menggunakan dinding bata, lantai beton, atap galvalum, dan pintu aluminium, sedangkan kebutuhan penghawaan dan pencahayaan dipenuhi melalui ventilasi dan lampu. Selain komponen fisik bangunan, rancangan juga memasukkan fasilitas keselamatan berupa APD, P3K, APAR, *eye washer*, dan wastafel. Keseluruhan komponen tersebut selanjutnya dituangkan ke dalam rancangan DED sebagai bagian dari fasilitas pendukung penyimpanan limbah B3.

Sebagai bagian dari penyusunan *Detail Engineering Design* (DED), bangunan TPS limbah B3 dilengkapi dengan fasilitas identitas dan simbol keselamatan yang berfungsi sebagai media informasi bagi pengguna maupun petugas pengelola. Fasilitas tersebut meliputi papan nama bangunan, simbol limbah B3, serta label yang dipasang pada lokasi penyimpanan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Penempatan fasilitas identitas dilakukan pada bagian luar bangunan agar mudah dikenali dari area operasional perusahaan. Rancangan identitas dan simbol keselamatan TPS limbah B3 disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Papan Nama dan Simbol Keselamatan TPS Limbah B3 PT Sakti Pangan Perkasa

Berdasarkan Gambar 4, bangunan TPS limbah B3 dilengkapi dengan papan nama yang menunjukkan fungsi bangunan sebagai lokasi penyimpanan sementara limbah B3. Selain itu, simbol limbah B3 dipasang pada bagian pintu dan dinding bangunan sesuai dengan jenis limbah yang disimpan. Penyajian simbol keselamatan dilakukan sebagai bagian dari kelengkapan fasilitas pada bangunan TPS. Seluruh elemen identitas dan simbol keselamatan divisualisasikan dalam rancangan bangunan sesuai hasil perencanaan penelitian.

7. Visualisasi Akhir *Detail Engineering Design* (DED) TPS Limbah B3

Tahap akhir penyusunan hasil penelitian menghasilkan visualisasi menyeluruh dari rancangan *Detail Engineering Design* (DED) TPS limbah B3. Visualisasi ini menampilkan bentuk bangunan secara keseluruhan beserta tata letak ruang penyimpanan dan fasilitas pendukung yang telah direncanakan. Penyajian gambar bertujuan memberikan gambaran teknis mengenai rancangan bangunan yang akan digunakan sebagai acuan pelaksanaan pembangunan TPS limbah B3. Visualisasi akhir rancangan bangunan disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Visualisasi Akhir *Detail Engineering Design* (DED) TPS Limbah B3 PT Sakti Pangan Perkasa

Berdasarkan Gambar 5, visualisasi memperlihatkan bentuk bangunan TPS limbah B3 secara keseluruhan beserta posisi ruang penyimpanan limbah cair, ruang penyimpanan limbah padat, akses masuk, ventilasi, dan fasilitas keselamatan. Tampilan tersebut disusun berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan penyimpanan limbah B3 dan spesifikasi bangunan yang telah ditetapkan pada tahap perencanaan. Seluruh komponen bangunan ditampilkan dalam bentuk gambar teknis sehingga memberikan gambaran mengenai rancangan akhir TPS limbah B3. Hasil visualisasi tersebut merupakan keluaran akhir penelitian dalam bentuk *Detail Engineering Design (DED)* yang siap dijadikan dokumen perencanaan teknis.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa identifikasi jenis dan karakteristik limbah B3 merupakan tahapan mendasar dalam menentukan strategi pengelolaan yang tepat pada setiap sektor industri. Proses identifikasi tersebut tidak hanya berfungsi untuk mengelompokkan limbah berdasarkan sifat fisik maupun kimianya, tetapi juga menjadi dasar dalam menentukan metode penyimpanan, penanganan, dan pengendalian risiko yang sesuai. Temuan ini sejalan dengan penelitian Mutiara et al. (2026) yang menegaskan bahwa identifikasi limbah secara komprehensif menjadi dasar penyusunan desain Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) sehingga fasilitas yang dirancang mampu mengakomodasi karakteristik limbah yang dihasilkan. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Sumaningrum et al. (2026) yang menunjukkan bahwa proses identifikasi sumber limbah memberikan informasi penting dalam menentukan prosedur penyimpanan dan pengelolaan limbah B3 secara lebih sistematis. Dengan demikian, ketepatan proses identifikasi limbah menjadi faktor utama yang memengaruhi efektivitas keseluruhan sistem *hazardous waste management* pada suatu industri.

Selain identifikasi limbah, perencanaan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) menjadi komponen penting dalam menjaga keamanan proses pengelolaan limbah B3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyusunan desain TPS perlu mempertimbangkan kapasitas timbulan limbah, karakteristik limbah, tata letak bangunan, serta ketersediaan fasilitas pendukung agar mampu memenuhi persyaratan teknis dan operasional. Temuan ini sejalan dengan penelitian Subekti dan Astuti (2022), ELVIRA dan HARTATI (2024), serta Prastyo dan Dienullah (2026) yang menyatakan bahwa desain TPS yang sesuai standar mampu meningkatkan keamanan penyimpanan sekaligus mempermudah proses pengelolaan limbah pada berbagai sektor industri. Mutiara et al. (2026) juga menambahkan bahwa penyusunan *Detail Engineering Design (DED)* yang didasarkan pada kondisi aktual di lapangan menghasilkan rancangan fasilitas yang lebih efektif dibandingkan penggunaan desain yang bersifat umum. Oleh karena itu, perencanaan TPS tidak hanya berorientasi pada penyediaan ruang penyimpanan, tetapi juga menjadi bagian dari upaya pencegahan pencemaran lingkungan melalui penyediaan fasilitas yang memenuhi aspek teknis, keselamatan, dan efisiensi operasional.

Aspek keselamatan kerja dan pengendalian risiko menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dari pengelolaan limbah B3 karena setiap tahapan kegiatan berpotensi menimbulkan bahaya bagi pekerja maupun lingkungan. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa penerapan analisis risiko sejak tahap identifikasi hingga penyimpanan limbah mampu membantu menentukan tindakan pengendalian yang lebih tepat sesuai tingkat bahaya yang dihadapi. Kondisi tersebut sejalan dengan penelitian Purbaningrum (2025) yang menunjukkan bahwa penerapan metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)*, *Job*

Safety Analysis (JSA), dan *Job Safety Observation (JSO)* mampu mengidentifikasi potensi bahaya secara lebih sistematis sehingga risiko kecelakaan kerja dapat diminimalkan. Temuan ini juga didukung oleh Hassan dan Saleh (2022) yang menjelaskan bahwa karakteristik toksisitas limbah B3 memerlukan sistem pengelolaan berbasis risiko agar penyimpanan maupun penanganannya sesuai dengan ketentuan keselamatan dan regulasi lingkungan. Dengan demikian, integrasi analisis risiko dalam perencanaan TPS memberikan nilai tambah karena mampu meningkatkan perlindungan terhadap pekerja sekaligus mengurangi potensi pencemaran lingkungan.

Keberhasilan pengelolaan limbah B3 tidak hanya ditentukan oleh kelengkapan fasilitas, tetapi juga oleh tingkat kepatuhan terhadap regulasi dan penerapan prinsip keberlanjutan dalam pengelolaannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyusunan TPS yang mengacu pada ketentuan pemerintah mampu meningkatkan kesesuaian antara aspek teknis, operasional, dan perlindungan lingkungan. Temuan tersebut sejalan dengan penelitian Devitasari dan Nisa (2025), Gustina et al. (2026), serta Ragil et al. (2023) yang menyatakan bahwa implementasi pengelolaan limbah yang sesuai regulasi berkontribusi terhadap peningkatan kualitas lingkungan sekaligus memperkuat tanggung jawab industri dalam mengendalikan dampak pencemaran. Kumar et al. (2023) juga menegaskan bahwa pengelolaan limbah berbahaya pada era modern perlu mengadopsi prinsip *circular economy* melalui pemanfaatan sumber daya secara efisien, pengurangan timbulan limbah, dan pengendalian dampak lingkungan secara berkelanjutan. Oleh karena itu, integrasi antara kepatuhan regulasi, perencanaan fasilitas penyimpanan, dan penerapan prinsip keberlanjutan menjadi pendekatan yang mampu meningkatkan efektivitas sistem pengelolaan limbah B3 sekaligus mendukung terciptanya industri yang lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan pengelolaan limbah B3 tidak hanya dipengaruhi oleh aspek teknis penyimpanan, tetapi juga oleh konsistensi implementasi prosedur operasional yang diterapkan oleh pengelola industri. Fasilitas penyimpanan yang telah memenuhi persyaratan teknis tidak akan memberikan manfaat optimal apabila tidak didukung oleh mekanisme pengawasan, dokumentasi, dan pengendalian yang berkelanjutan. Kondisi tersebut sejalan dengan temuan Devitasari dan Nisa (2025) yang menyatakan bahwa efektivitas pengelolaan limbah B3 sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara prosedur operasional, karakteristik limbah, serta kepatuhan terhadap standar pengelolaan yang berlaku. Temuan ini juga memperkuat pandangan bahwa pengelolaan limbah B3 memerlukan pendekatan yang bersifat menyeluruh, mulai dari identifikasi limbah hingga evaluasi implementasi di lapangan, sehingga setiap tahapan dapat saling mendukung dalam mengurangi potensi pencemaran dan risiko kecelakaan kerja.

Analisis terhadap hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penerapan regulasi menjadi faktor penting dalam menjamin kualitas pengelolaan limbah B3 di sektor industri. Perencanaan fasilitas penyimpanan yang mengacu pada ketentuan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 memberikan arah yang lebih jelas mengenai persyaratan teknis, kapasitas penyimpanan, sistem keselamatan, serta pengendalian lingkungan. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Gustina et al. (2026) dan Prastyo dan Dienullah (2026) yang menjelaskan bahwa implementasi regulasi secara konsisten mampu meningkatkan kesesuaian fasilitas TPS dengan standar nasional sekaligus memperkuat perlindungan terhadap lingkungan. Di sisi lain, ELVIRA dan HARTATI (2024) menunjukkan bahwa evaluasi berkala terhadap fasilitas penyimpanan tetap diperlukan

karena perubahan volume maupun karakteristik limbah dapat memengaruhi efektivitas sistem penyimpanan yang telah dirancang sebelumnya.

Temuan penelitian ini juga memberikan indikasi bahwa integrasi analisis risiko ke dalam proses perencanaan TPS memberikan manfaat yang lebih luas dibandingkan pendekatan yang hanya berorientasi pada penyediaan fasilitas fisik. Melalui identifikasi potensi bahaya sejak awal, pengelola industri dapat menentukan langkah mitigasi yang sesuai dengan tingkat risiko setiap jenis limbah sehingga kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja maupun pencemaran lingkungan dapat ditekan. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Purbaningrum (2025) yang menekankan pentingnya penerapan metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)*, *Job Safety Analysis (JSA)*, dan *Job Safety Observation (JSO)* sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan limbah. Selain itu, Hassan dan Saleh (2022) menjelaskan bahwa karakteristik toksisitas limbah berbahaya mengharuskan setiap tahapan penyimpanan dan penanganan dilakukan berdasarkan pendekatan berbasis risiko sehingga perlindungan terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan dapat terlaksana secara optimal.

Secara keseluruhan, hasil penelitian memperlihatkan bahwa pengelolaan limbah B3 yang efektif memerlukan integrasi antara identifikasi limbah, perencanaan TPS, kepatuhan terhadap regulasi, serta penerapan analisis risiko dalam satu sistem pengelolaan yang terpadu. Pendekatan tersebut mendukung konsep pengelolaan limbah modern yang tidak hanya berorientasi pada pemenuhan persyaratan administratif, tetapi juga pada peningkatan efisiensi operasional, keselamatan kerja, dan keberlanjutan lingkungan. Temuan ini sejalan dengan Kumar et al. (2023) yang menegaskan bahwa strategi *hazardous waste management* perlu diarahkan pada penerapan prinsip *circular economy* melalui pengurangan timbulan limbah, pemanfaatan sumber daya secara lebih efisien, dan pengendalian dampak lingkungan secara berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah berupa penguatan model perencanaan TPS limbah B3 yang mengintegrasikan aspek teknis, regulatif, dan manajemen risiko sehingga dapat menjadi referensi bagi industri lain dalam meningkatkan kualitas pengelolaan limbah B3 sesuai perkembangan regulasi dan praktik pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa perencanaan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 yang disusun berdasarkan identifikasi sumber limbah, karakteristik limbah, volume timbulan, dan analisis risiko mampu menghasilkan rancangan penyimpanan yang lebih sistematis serta selaras dengan ketentuan regulasi yang berlaku. Integrasi seluruh tahapan tersebut menjadi kontribusi utama penelitian karena menghasilkan pendekatan perencanaan yang tidak hanya berorientasi pada penyediaan fasilitas fisik, tetapi juga memperhatikan aspek keselamatan kerja dan perlindungan lingkungan secara terpadu. Hasil penelitian menegaskan bahwa pengelompokan limbah sesuai karakteristik bahayanya serta penentuan jenis pewadahan yang tepat merupakan komponen penting dalam mendukung efektivitas pengelolaan limbah B3 di lingkungan industri. Dengan demikian, penyusunan *Detail Engineering Design (DED)* yang berbasis kondisi aktual perusahaan memberikan nilai tambah sebagai model perencanaan yang lebih komprehensif, aplikatif, dan mendukung prinsip pengelolaan limbah yang berkelanjutan.

Rekomendasi *Detail Engineering Design (DED)* TPS limbah B3 yang dihasilkan dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi perusahaan dalam mengembangkan fasilitas

penyimpanan limbah B3 yang memenuhi persyaratan teknis, meningkatkan efektivitas pengelolaan limbah, serta memperkuat upaya pencegahan risiko terhadap kesehatan pekerja dan lingkungan. Temuan penelitian ini juga memberikan kontribusi praktis bagi industri lain yang memiliki karakteristik timbulan limbah serupa dalam merancang sistem penyimpanan limbah B3 yang sesuai dengan standar nasional. Meskipun demikian, penelitian ini masih berfokus pada tahap perencanaan sehingga implementasi rancangan dan evaluasi kinerja TPS setelah dibangun belum dilakukan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan mengkaji efektivitas penerapan *Detail Engineering Design* (DED) yang telah disusun melalui evaluasi operasional, analisis biaya, tingkat kepatuhan terhadap regulasi, serta pengukuran dampaknya terhadap peningkatan kinerja pengelolaan limbah B3 secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arianto, M., & Laia, A. (2026). Tanggung jawab sektor industri terhadap pengolahan limbah B3 berdasarkan UU Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(4), 7867–7878. <http://indojurnal.com/index.php/jejakdigital/article/view/3997>
- Devitasari, L. A., & Nisa, S. Q. Z. (2025). Evaluasi pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) pada industri rumah potong ayam dan makanan olahan. *Jurnal EnviScience (Environment Science)*, 9(1), 130–153. <https://doi.org/10.30736/jev.v9i1.805>
- Elvira, V., & Hartati, E. (2024). Evaluasi tempat penyimpanan sementara limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) di PT. X. *Prosiding FTSP Series*, 771–776. <https://eproceeding.itenas.ac.id/index.php/ftsp/article/view/3672>
- Gustina, D., Natalina, N., & Hardoyo, H. (2026). Tinjauan regulasi dan implementasi pengelolaan limbah B3 sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 di PT X. *Environmental Science Journal (ESJO): Jurnal Ilmu Lingkungan*, 75–83. <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/esjo/article/view/21240>
- Hardiyanto, B. D., Kartini, A. M., & Pramitasari, N. (2022). Evaluasi pengelolaan limbah B3 pada industri air minum dalam kemasan (AMDK) di PT. X. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 8(2). <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/jukung/article/view/14913>
- Hartati, E., & Elvira, V. (2024). Perencanaan tempat penyimpanan sementara limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). *Jurnal Tekno Insentif*, 18(1), 1–10. <https://doi.org/10.36787/jti.v18i1.1400>
- Hassan, A. I., & Saleh, H. M. (2022). Toxicity and hazardous waste regulations. In *Hazardous Waste Management* (pp. 165–182). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824344-2.00012-4>
- Hidayat, F., & Jawwad, M. A. S. (2023). Evaluasi tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 di ORF Porong PT. Pertamina Gas Oeja. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 5(2), 178–188. <https://doi.org/10.35970/jppl.v5i2.1995>
- Jha, R., Dwivedi, S., & Modhera, B. (2022). Measurement and practices for hazardous waste management. In *Hazardous Waste Management* (pp. 89–115). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824344-2.00011-2>
- Khumaidah, I., Anisa, N., & Sigit, N. (2025). Desain tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 sesuai regulasi PP 22 Tahun 2021 dan Permen LHK No. 6 Tahun 2021 bagi

- industri rokok. *Science: Indonesian Journal of Science*, 2(2), 268–278. <https://doi.org/10.31004/science.v2i2.328>
- Kumar, A., Thakur, A. K., Gaurav, G. K., Klemeš, 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. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(48), 105030–105055. <https://link.springer.com/article/10.1007/S11356-023-29511-8>
- Mutiara, A., Kamilia, N. A., & Nengse, S. (2026). Identifikasi, desain tempat penyimpanan sementara (TPS), dan evaluasi pengolahan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) pada percetakan kaleng PT XYZ. *Casuarina: Environmental Engineering Journal*, 3(2), 146–156. <https://www.ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/ceej/article/view/5534>
- Nurhayati, R. D., & Purnomo, Y. S. (2023). Rencana pengelolaan limbah B3 pada industri makanan laut. *Enviroous*, 4(1), 66–72. <https://doi.org/10.33005/enviroous.v4i1.178>
- Prastyo, R., & Dienullah, R. M. A. (2026). Design of temporary storage sites (TPS) for B3 waste in the water tourism sector in Malang Regency: Perencanaan tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 pada sektor wisata air di Kabupaten Malang. *JATI EMAS (Jurnal Aplikasi Teknik dan Pengabdian Masyarakat)*, 10(1), 45–50. <https://doi.org/10.36339/je.v10i1.485>
- Purbaningrum, D. A. (2025). Analisis risiko kerja pada pengelolaan limbah menggunakan *Job Safety Analysis* (JSA), *Job Safety Observation* (JSO), dan *Hazard Identification, Risk Control and Risk Assessment* (HIRARC) di RSUD Nganjuk. *Malahayati Nursing Journal*, 7(10), 4270–4281. <https://ejournalmalahayati.ac.id:2087/index.php/manuju/article/view/22180>
- Ragil, A. W., Saifudin, A. G., Gunawan, A., & Misidawati, D. N. (2023). Analisis strategi pengelolaan air limbah industri batik yang berkelanjutan di Kota Pekalongan. *Sahmiyya: Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 1–9. <https://ejournal.uingusdur.ac.id/sahmiyya/article/view/866>
- Rohkayati, E., & Hamzah, A. H. P. (2025). Analisis risiko kedaruratan pengelolaan limbah B3 di Kabupaten Paser. *Jurnal Konservasi dan Rekayasa Lingkungan*, 2(2), 15–36. <https://jurnal.ut.ac.id/index.php/jkrl/article/view/13760>
- Subekti, S., & Astuti, W. (2022). Perencanaan tempat penyimpanan sementara limbah bahan berbahaya dan beracun jenis padatan di PT Wiraswasta Gemilang Indonesia Cabang Semarang. *Merdeka Indonesia Jurnal International*, 2(2), 10–16. <http://www.merdekaindonesia.com/index.php/MerdekaIndonesiaJournalInternati/article/view/25>
- Sumaningrum, N. D., Kuncoro, G. P., Rizki, M. M., Daniati, P. P., & Fadila, S. (2026). Studi pengelolaan limbah B3 di laboratorium teknik gigi. *Jurnal Wiyata: Penelitian Sains dan Kesehatan*, 13(1), 68–75. <https://ojs.iik.ac.id/index.php/wiyata/article/view/1093>
- Varshney, R., Singh, P., & Yadav, D. (2022). Hazardous wastes treatment, storage, and disposal facilities. In *Hazardous Waste Management* (pp. 33–64). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824344-2.00009-4>
- Wilujeng, S. A. (2021). Kajian Sistem Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Kegiatan Pendidikan Di Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). *Jurnal Purifikasi*, 20(2), 43–57. <https://doi.org/10.12962/j25983806.v20.i2.416>



Wiryawan, I. R., & Pharmawati, K. (2024). Evaluasi pengelolaan limbah B3 cair proses produksi pada industri manufaktur di PT. Z, Kota Bandung. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 132–142. <https://doi.org/10.36813/jplb.8.2.132-142>