

TINJAUAN SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH B3 PADA SEKTOR KESEHATAN DAN INDUSTRI

Veressa Alfianti¹, Silvia Rismawati¹, Nor Latifah¹

¹Program Studi S1 Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Banjarmasin

Korespondensi: silviarisma111@gmail.com

Diterima: 17 Juni 2025

Disetujui: 25 Juni 2025

Dipublikasikan: 30 Juni 2025

ABSTRAK. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dari sektor kesehatan dan industri merupakan ancaman serius terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat jika tidak dikelola dengan baik. Artikel ini bertujuan mereview sistem pengolahan limbah B3 yang diterapkan pada fasilitas pelayanan kesehatan dan sektor industri di Indonesia. Metode penelitian berupa kajian pustaka terhadap artikel ilmiah, laporan institusi, dan regulasi yang relevan lima tahun terakhir. Hasil menunjukkan bahwa teknologi pengolahan yang digunakan meliputi insinerasi, autoklaf, solidifikasi, dan teknologi termal lainnya, namun masih ditemukan kendala dalam penerapan standar pengolahan, keterbatasan fasilitas, dan pengawasan regulasi. Sistem pengolahan limbah B3 masih menghadapi tantangan seperti infrastruktur terbatas, biaya tinggi, dan kepatuhan rendah terhadap peraturan. Perlu upaya peningkatan kapasitas pengelolaan melalui sinergi regulasi, teknologi tepat guna, dan pelatihan SDM.

Kata kunci: limbah B3, pengolahan limbah, rumah sakit, industri, lingkungan

ABSTRACT. Hazardous and Toxic Waste (B3) from the health and industrial sectors poses a significant threat to the environment and public health if not properly managed. This article aims to review the B3 waste treatment systems applied in healthcare facilities and industries in Indonesia. The method is a literature review of scientific articles, institutional reports, and regulations from the past five years. The results show that treatment technologies include incineration, autoclave, solidification, and other thermal technologies. However, challenges such as standard implementation gaps, facility limitations, and regulatory monitoring issues persist. Waste treatment systems still face obstacles such as limited infrastructure, high costs, and low compliance. Enhancing management capacity through regulatory synergy, appropriate technology, and human resource training is essential.

Keywords: hazardous waste, waste treatment, hospitals, industries, environment

PENDAHULUAN

Pertumbuhan sektor industri dan layanan kesehatan yang semakin pesat di Indonesia membawa konsekuensi terhadap peningkatan produksi limbah, termasuk limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Limbah B3 merupakan limbah yang karena sifat kimia, fisika, atau biologisnya dapat menimbulkan bahaya serius terhadap kesehatan manusia dan lingkungan jika tidak ditangani dengan tepat. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014, pengelolaan limbah B3 harus dilakukan dengan prinsip kehati-hatian dan memenuhi persyaratan teknis tertentu.

Di sektor industri, terutama industri manufaktur, limbah B3 yang dihasilkan umumnya berasal dari proses produksi, pembersihan mesin,

sisa bahan kimia, dan logam berat. Sementara itu, di sektor pelayanan kesehatan seperti rumah sakit dan klinik, limbah B3 mencakup limbah infeksius, farmasi kadaluarsa, bahan kimia laboratorium, dan limbah benda tajam. Limbah-limbah ini sangat potensial mencemari air, tanah, dan udara jika dibuang tanpa proses pengolahan terlebih dahulu. Nursabrina et al. (2021) menyatakan bahwa banyak limbah B3 dari industri di Indonesia yang masih belum dikelola secara optimal, bahkan ditemukan kasus pembuangan secara ilegal yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan secara permanen.

Permasalahan pengelolaan limbah B3 tidak hanya menyangkut aspek teknis, tetapi juga menyentuh sisi regulasi, kapasitas sumber daya

manusia, serta kesadaran pelaku usaha dan masyarakat. Sebagai contoh, studi oleh Widian Nigrum et al. (2024) menemukan bahwa fasilitas pelayanan kesehatan di Sumatera Barat menghadapi kendala dalam menyimpan dan mengangkut limbah medis karena terbatasnya sarana insinerasi di wilayah tersebut. Akibatnya, banyak limbah B3 medis dikirim ke luar pulau, yang menambah beban biaya dan meningkatkan risiko kontaminasi selama proses pengangkutan

Situasi serupa juga ditemukan di sektor industri rokok di Kabupaten Pasuruan. Penelitian oleh Sitogasa dan Alim (2023) menunjukkan bahwa meskipun telah dilakukan upaya koordinasi antara pemerintah daerah dan pelaku industri, pengelolaan limbah B3 seperti nikotin, logam berat, dan senyawa organik volatil masih menghadapi kendala dari sisi infrastruktur dan penegakan peraturan. Hal ini memperlihatkan bahwa walaupun telah tersedia perangkat hukum seperti Peraturan Menteri LHK Nomor 6 Tahun 2021 dan berbagai standar teknis, implementasinya belum merata di seluruh wilayah Indonesia.

Salah satu pendekatan yang dikaji dalam berbagai literatur untuk mengatasi permasalahan ini adalah pendekatan Input-Process-Output (IPO). Kajian oleh Fatur Ramdan et al. (2025) menyebutkan bahwa pendekatan IPO mampu menyajikan gambaran yang sistematis tentang aliran limbah dari sumber asal hingga tahap akhir pengolahan. Dengan mengidentifikasi input (jenis limbah), proses (teknologi yang digunakan), dan output (hasil pengolahan), strategi pengelolaan dapat dirancang lebih tepat sasaran dan efisien. Teknologi yang umum digunakan dalam pengolahan limbah B3 antara lain insinerasi, autoklaf, solidifikasi, dan metode daur ulang bahan kimia.

Implementasi teknologi ini juga memerlukan pertimbangan karakteristik limbah dan potensi bahayanya. Misalnya, pada studi kasus PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia yang diteliti oleh Ratman dan Syafrudin (2021), diketahui bahwa perusahaan tersebut berhasil menerapkan sistem pengelolaan limbah B3 secara komprehensif mulai dari identifikasi, penyimpanan, hingga pemusnahan. Mereka menggunakan konsep “cradle to grave” yang mengawasi pergerakan limbah sejak awal hingga akhir proses dengan dukungan teknologi dan peraturan internal

perusahaan

Namun, tidak semua industri memiliki kapasitas seperti ini, terutama industri kecil dan menengah (IKM) yang sering kali terbentur biaya pengadaan sistem pengolahan dan minimnya tenaga ahli. Dari sisi kesehatan lingkungan, kegagalan dalam mengelola limbah B3 terbukti meningkatkan risiko gangguan kesehatan masyarakat. Widian Nigrum et al. (2024) menunjukkan bahwa peningkatan limbah medis selama pandemi COVID-19 menyebabkan lonjakan limbah infeksius seperti masker dan alat medis sekali pakai. Karena fasilitas pengolahan limbah lokal tidak memadai, banyak dari limbah ini yang disimpan lebih lama dari batas waktu yang direkomendasikan, sehingga berpotensi menjadi sumber penyebaran penyakit menular

Sebaliknya, pada konteks industri otomotif, pengelolaan limbah yang baik ternyata dapat memberikan dampak ekonomi positif. Sebagian limbah seperti oli bekas, pelarut, dan logam dapat diproses ulang menjadi produk bernilai guna. Hal ini sesuai dengan prinsip “polluters pays” dan “reuse-recycle-recover” yang menjadi dasar hierarki pengelolaan limbah menurut Wentz dan Freeman dalam sitasi Ratman dan Syafrudin (2021). Secara keseluruhan, pengelolaan limbah B3 memerlukan pendekatan holistik dan kolaboratif antara pemerintah, sektor industri dan kesehatan, serta masyarakat. Pemerintah sebagai regulator perlu memberikan insentif dan bantuan teknis bagi sektor-sektor yang belum mampu mengelola limbah secara mandiri. Sementara itu, pelaku industri dan layanan kesehatan perlu meningkatkan komitmen dalam menerapkan standar pengelolaan limbah secara konsisten.

Untuk mempercepat implementasi sistem pengelolaan limbah B3 yang berkelanjutan, penting juga dilakukan pendidikan dan pelatihan kepada petugas teknis di lapangan. Kesadaran akan bahaya limbah B3 serta pemahaman tentang cara penanganan yang benar harus ditanamkan sejak tahap perencanaan kegiatan. Dalam konteks global, praktik pengelolaan limbah B3 yang efektif dan efisien telah terbukti mampu mendorong ekonomi sirkular, mengurangi emisi karbon, serta menciptakan peluang kerja baru dalam bidang pengolahan limbah.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif berbasis studi literatur untuk mengkaji sistem pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di sektor kesehatan dan industri. Fokus utama dari kajian ini adalah mendeskripsikan metode, prosedur, serta praktik yang diterapkan dalam penanganan limbah B3 berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari artikel ilmiah, laporan institusi, dan regulasi nasional yang diterbitkan dalam lima tahun terakhir. Pendekatan ini dipilih untuk menggambarkan secara menyeluruh kondisi aktual di lapangan serta menganalisis faktor-faktor penghambat dan penunjang dalam pengelolaan limbah B3.

Jenis penelitian ini adalah studi pustaka yang dilakukan secara sistematis dengan mengidentifikasi, menelaah, dan mensintesis temuan-temuan dari penelitian terdahulu terkait pengelolaan limbah B3. Kajian ini mencakup analisis terhadap prosedur operasional standar (SOP), sarana dan prasarana pengelolaan, serta kerangka regulasi yang digunakan dalam sistem pengelolaan limbah B3. Data dikumpulkan melalui akses terhadap jurnal ilmiah nasional terakreditasi, khususnya dari bidang ilmu lingkungan, farmasi, teknik lingkungan, dan kesehatan masyarakat. Hasil penelaahan kemudian dianalisis untuk menyusun gambaran umum dan tematik dari praktik pengelolaan limbah B3 di berbagai sektor.

Dalam proses pengumpulan data, penelitian ini memanfaatkan konten dari empat sumber utama. Pertama, penelitian oleh Nurfitri et al. (2022) mengevaluasi pengelolaan dan pemusnahan limbah obat di 47 fasilitas farmasi komunitas di Bandung Timur, yang terdiri dari apotek dan klinik pratama. Metode pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung dan wawancara terhadap penanggung jawab pengelolaan limbah. Studi ini menyoroti bagaimana sebagian besar fasilitas melakukan pemusnahan limbah obat secara mandiri, serta mengidentifikasi bahwa mayoritas limbah berupa obat keras dan OTC dalam bentuk sediaan padat. Penelitian ini juga menekankan pentingnya peran apoteker dalam menyusun alur pengelolaan limbah yang sesuai dengan regulasi yang berlaku.

Kedua, studi oleh Syafruddin (2008) mengenai evaluasi sistem pengelolaan limbah padat B3 di PT. Indofarma Tbk Bekasi memberikan gambaran mendalam tentang metode internal

industri farmasi dalam mengelola limbah yang dihasilkan dari proses produksi. Data diperoleh melalui observasi teknis terhadap sistem pemisahan limbah B3 dan non-B3, penerapan prinsip 5R (ringkas, rapi, resik, rawat, rajin), serta penggunaan metode inplant treatment. Limbah seperti sludge IPAL, abu insinerator, dan residu bahan kimia dikelola dengan prinsip minimasi, reuse wadah bahan kimia, dan pengangkutan internal ke fasilitas penyimpanan sementara sebelum diserahkan ke pihak ketiga berizin.

Sumber ketiga berasal dari penelitian Aini (2019) yang berfokus pada pengelolaan sampah medis B3 di rumah sakit wilayah Sumatera Barat. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan pengumpulan data melalui wawancara terhadap pengelola limbah internal rumah sakit dan penyedia jasa eksternal. Analisis dilakukan terhadap variabel seperti penyimpanan, pengangkutan, pembuangan akhir, serta kendala hukum dan administratif dalam pengelolaan limbah medis. Penelitian ini juga menekankan keterbatasan infrastruktur seperti tidak adanya izin operasional insinerator dan biaya tinggi pengangkutan limbah yang menyebabkan banyak rumah sakit menyimpan limbah melebihi batas waktu yang ditentukan.

Sumber keempat dari penelitian oleh Najwa dan Elvania (2023) yang dilakukan di Rumah Sakit Aisyiyah Bojonegoro menggambarkan praktik pengelolaan limbah B3 yang relatif tertib dan mengikuti Standar Prosedur Operasional (SPO). Metode yang digunakan adalah observasi langsung selama 30 hari serta wawancara dengan petugas pengelola lingkungan. Data yang dikumpulkan mencakup kategori limbah B3, pengumpulan berdasarkan jenis dan sumber ruangan, penyimpanan sementara dengan tanda simbol B3 sesuai ketentuan, serta sistem kerja sama dengan dua perusahaan pengelola limbah B3 resmi. Rumah sakit ini juga telah menerapkan pelaporan limbah secara internal dan eksternal, menandakan tata kelola yang selaras dengan kebijakan lingkungan nasional.

Instrumen analisis data dalam penelitian ini berbasis pada model naratif yang memetakan sistem pengelolaan limbah berdasarkan kategori Input–Proses–Output. Input mencakup jenis limbah (padat, cair, infeksius, kimia, farmasi), sumber limbah (unit pelayanan medis, farmasi, laboratorium, industri), dan frekuensi timbulan

limbah. Proses meliputi identifikasi dan segregasi limbah, pewadahan dan pelabelan, penyimpanan sementara, pengangkutan internal atau eksternal, serta metode pengolahan seperti insinerasi, autoklaf, dan stabilisasi/solidifikasi. Output berupa residu yang telah mengalami dekontaminasi, abu insinerator, atau hasil daur ulang material.

Untuk menjamin validitas data, kajian ini hanya mengacu pada artikel yang telah terbit dalam jurnal ilmiah bereputasi dan laporan yang diterbitkan oleh lembaga resmi. Analisis terhadap temuan masing-masing studi dilakukan dengan mengkaji kesesuaian antara praktik pengelolaan dengan ketentuan peraturan pemerintah, seperti Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah B3, serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 6 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Limbah Fasilitas Kesehatan.

Selain itu, data dikategorikan ke dalam isu utama seperti kesesuaian teknis, keterlibatan SDM, peran pengawasan, biaya operasional, dan kendala implementasi. Penilaian terhadap kendala dilakukan berdasarkan tingkat kelengkapan infrastruktur pengelolaan limbah (fasilitas insinerator, gudang B3, APD), keberadaan SOP yang dijalankan

secara konsisten, serta pola kemitraan dengan pihak ketiga yang memiliki izin.

Keseluruhan pendekatan ini digunakan untuk merumuskan strategi penguatan sistem pengelolaan limbah B3 di Indonesia. Kajian ini menyimpulkan bahwa variasi praktik pengelolaan antara institusi yang memiliki dukungan regulasi dan teknologi dengan institusi yang terbatas pada skala operasional menjadi indikator penting dalam merancang intervensi kebijakan dan peningkatan kapasitas teknis ke depan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di sektor kesehatan dan industri menunjukkan variasi praktik yang mencerminkan kondisi infrastruktur, kapasitas teknis, serta komitmen institusi dalam memenuhi regulasi yang berlaku. Berdasarkan hasil telaah terhadap empat jurnal terpilih, ditemukan beberapa kesamaan dan perbedaan signifikan dalam pendekatan pengelolaan limbah B3. Variabel-variabel seperti metode pemusnahan, tingkat kesesuaian prosedur, keterlibatan pihak ketiga, dan hambatan implementatif menjadi indikator utama dalam penilaian efektivitas sistem pengelolaan limbah B3.

Tabel 1. Rangkuman Pengelolaan Limbah B3 di Sektor Kesehatan dan Industri

	Penulis	Tahun	Jenis Pelicin	Metode Formulasi	Hasil dan Pembahasan
1	Nurfitri et al.	2022	Limbah Obat Farmasi	Observasi & Wawancara	Mayoritas fasilitas melakukan pemusnahan mandiri, tetapi belum banyak yang bekerja sama dengan pihak ketiga. Standar pengelolaan belum sepenuhnya diterapkan.
2	Syafruddin	2008	Limbah B3 Industri Farmasi	Observasi Teknis Industri	Pengelolaan dilakukan secara internal menggunakan prinsip 5R, pemisahan limbah sejak sumber, dan sistem inplant treatment serta insinerasi. Efisiensi masih jadi kendala.
3	Aini	2019	Limbah Medis Rumah Sakit	Studi Kualitatif Deskriptif	Sebagian besar rumah sakit belum memiliki insinerator berizin, mengakibatkan penyimpanan limbah melebihi batas aman. Tumpukan limbah menimbulkan risiko kontaminasi.
4	Najwa & Elvania	2023	Limbah B3 Rumah Sakit	Observasi Langsung 30 Hari	Prosedur sudah sesuai regulasi; kerjasama dengan PT pengelola limbah B3 terjalin; pelaporan internal dan eksternal dijalankan secara sistematis.

Dari tabel tersebut terlihat bahwa rumah sakit dan fasilitas farmasi komunitas cenderung menghadapi kendala dalam hal penyediaan infrastruktur dan keterbatasan kerja sama dengan pengelola limbah pihak ketiga. Penelitian Nurfitri et al. (2022) menunjukkan bahwa

85,7% sarana melakukan pemusnahan limbah obat secara mandiri, tanpa pelibatan pihak ketiga. Hal ini menimbulkan tantangan dalam menjamin bahwa limbah dimusnahkan secara aman dan sesuai ketentuan. Sebaliknya, pada level industri, seperti pada kasus PT. Indofarma Tbk,

pengelolaan limbah telah dilakukan secara internal dengan struktur yang lebih sistematis. Penerapan prinsip “cradle to grave” dan pemisahan limbah B3 dan non-B3 sejak dari sumbernya memungkinkan efisiensi dan pengurangan risiko pencemaran. Namun, permasalahan tetap ada, khususnya terkait dengan tingginya biaya operasional dan keterbatasan tenaga ahli.

Penelitian Aini (2019) mengungkapkan fakta lain yang cukup memprihatinkan, yaitu rendahnya kepatuhan rumah sakit terhadap regulasi pengelolaan limbah medis. Di Sumatera Barat, sebagian besar rumah sakit membakar limbah menggunakan insinerator yang tidak memiliki izin operasi. Selain itu, biaya pengangkutan dan volume limbah yang tinggi menyebabkan rumah sakit menyimpan limbah melebihi batas 2x24 jam yang direkomendasikan, meningkatkan risiko pencemaran. Berbeda dari studi lainnya, penelitian oleh Najwa dan Elvania (2023) menunjukkan praktik yang lebih tertib dan terstandar di Rumah Sakit Aisyiyah Bojonegoro. Fasilitas ini sudah menerapkan sistem pengumpulan limbah berdasarkan karakteristik, menggunakan simbol B3, serta bekerja sama dengan dua perusahaan resmi pengelola limbah (PT. WPLI dan PT. SBL). Penyimpanan limbah dilakukan sesuai dengan peraturan pemerintah, serta pelaporan limbah B3 dilakukan secara berkala kepada instansi terkait. Pendekatan ini mencerminkan integrasi antara aspek teknis, administratif, dan kepatuhan hukum.

Secara umum, temuan dari keempat penelitian ini dapat disarikan dalam beberapa tema besar. Pertama, adanya kesenjangan kapasitas antara institusi besar dan kecil. Industri farmasi besar mampu menerapkan sistem pengelolaan internal yang efisien, sementara fasilitas pelayanan kesehatan skala kecil masih kesulitan dari sisi fasilitas dan biaya. Kedua, pentingnya pelatihan tenaga kerja dalam menangani limbah B3 agar prosedur standar dijalankan secara konsisten. Ketiga, faktor regulasi memainkan peran krusial. Meskipun peraturan telah tersedia, namun tidak semua institusi mampu memenuhi syarat administratif

dan teknis, terutama dalam hal izin penyimpanan dan pemusnahan.

Perbedaan juga terlihat pada pendekatan pelaporan dan dokumentasi limbah. Rumah sakit yang telah memiliki sistem dokumentasi internal seperti yang dilakukan RS Aisyiyah Bojonegoro cenderung lebih siap menghadapi audit dan inspeksi. Hal ini menjadi contoh penerapan prinsip tanggung jawab dan transparansi dalam pengelolaan limbah B3. Untuk menanggapi berbagai tantangan tersebut, perlu ada pendekatan terintegrasi antara pemerintah, pelaku usaha, dan institusi kesehatan. Pemerintah perlu meningkatkan kapasitas pengawasan dan menyediakan fasilitas terpusat untuk pemusnahan limbah bagi institusi yang tidak mampu melakukan pengelolaan secara mandiri. Selain itu, insentif untuk pelaku usaha yang menerapkan teknologi pengolahan limbah secara bertanggung jawab juga dapat menjadi strategi yang mendorong ketaatan regulasi.

Penerapan teknologi juga menjadi kunci dalam mendorong efisiensi dan keberlanjutan sistem pengelolaan limbah B3. Insinerator dengan sistem kontrol emisi, autoklaf berstandar WHO, serta metode solidifikasi modern merupakan contoh teknologi yang dapat diadopsi secara luas. Namun, keberhasilan adopsi teknologi ini sangat bergantung pada pelatihan SDM dan ketersediaan anggaran.

Pada akhirnya, hasil kajian ini menegaskan pentingnya kolaborasi multisektor untuk menyelesaikan permasalahan pengelolaan limbah B3. Upaya sosialisasi regulasi, peningkatan kualitas tenaga pengelola, serta perbaikan sistem pengangkutan dan penyimpanan limbah menjadi bagian integral dari strategi besar nasional dalam mengelola limbah berbahaya dan beracun. Dengan pendekatan yang menyeluruh dan berbasis bukti, pengelolaan limbah B3 di Indonesia dapat ditingkatkan untuk menjamin keselamatan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

SIMPULAN

Pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di sektor kesehatan dan industri di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, meskipun regulasi dan pedoman teknis telah tersedia. Berdasarkan hasil kajian terhadap empat

studi relevan, ditemukan bahwa efektivitas sistem pengelolaan sangat bergantung pada kapasitas fasilitas, penerapan prosedur standar, serta koordinasi dengan pihak ketiga yang berizin. Fasilitas pelayanan kesehatan seperti apotek dan klinik pratama umumnya masih mengandalkan metode pemusnahan mandiri, dengan keterbatasan dalam akses fasilitas insinerasi serta kurangnya pelatihan teknis bagi tenaga pengelola. Sementara itu, industri farmasi skala besar telah menerapkan sistem pengelolaan yang lebih tertata melalui prinsip 5R dan konsep "cradle to grave", namun tetap terbebani oleh tingginya biaya pengolahan limbah dan kebutuhan tenaga ahli.

Temuan juga menunjukkan bahwa pelaporan limbah B3 secara administratif masih belum konsisten dilakukan oleh sebagian besar institusi, terutama yang tidak memiliki sistem manajemen limbah yang terdokumentasi. Sebaliknya, rumah sakit yang telah menerapkan prosedur operasional standar, seperti Rumah Sakit Aisyiyah Bojonegoro, menunjukkan praktik yang lebih akuntabel dan sesuai ketentuan. Keberhasilan pengelolaan di fasilitas tersebut didorong oleh kesadaran institusi, kemitraan dengan perusahaan pengelola limbah resmi, serta kepatuhan terhadap peraturan pemerintah.

Untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan limbah B3 secara nasional, dibutuhkan upaya kolaboratif antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat. Peningkatan kapasitas infrastruktur, pelatihan SDM, serta insentif bagi institusi yang patuh terhadap regulasi merupakan langkah krusial menuju sistem pengelolaan limbah B3 yang aman, efisien, dan berkelanjutan.

REFERENSI

- Ardisty Sitogasa, P. S., & Syahirul Alim, M. (2023). Kajian Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Industri Rokok Kabupaten Pasuruan. *Student Scientific Creativity Journal (SSCJ)*, 1(4), 245–260. <https://doi.org/10.55606/sscj-amik.v1i4.1609>
- Berliana, P. N., Murti, R. H. A., & Utomo, W. D. (2023). Kajian Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) PT. X. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(2), 400–408. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i2.1280>
- Nigrum, W., Frinaldi, A., Lanin, D., Rembrandt, & Sholichin, M. (2024). Analisis Pengelolaan Limbah B3 Medis di Sumatera Barat. *Jurnal Migasian*, 8(1), 56–64. <http://jurnal.unp.ac.id/index.php/migasian/article/view/6723>
- Nursabrina, A., Joko, T., & Septiani, O. (2021). Kondisi Pengelolaan Limbah B3 Industri di Indonesia dan Potensi Dampaknya: Studi Literatur. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 13(1), 80–83. <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v13i1.1841>
- Ramdan, M. F., Zahra, A., & Widya, A. R. (2025). Pengelolaan Limbah dan Dampak Lingkungan pada Pabrik Kimia dan Rumah Sakit: Studi Literatur Mengenai Hubungan Produk dan Limbah dengan Pendekatan Input- Proses- Output. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran (JRPP)*, 8(1), 2961–2964. <http://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jrpp>
- Ratman, C. R., & Syafrudin. (2010). Penerapan Pengelolaan Limbah B3 di PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia. *Jurnal Presipitasi*, 7(2), 62–70. <http://e-journal.undip.ac.id/index.php/presipitasi/article/view/3328>
- Nurfitria, N. L., Rahayu, R. T., & Rachmawati, A. (2022). Praktek Pengelolaan dan Pemusnahan Limbah Obat pada Sarana Pelayanan Kefarmasian Komunitas di Wilayah Kerja Bandung Timur. *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy)*, 8(2), 192–200. <https://doi.org/10.22487/j24428744.2022.v8.i2.19200>
- Najwa, S., & Elvania, N. C. (2023). Penanganan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di Rumah Sakit Aisyiyah Bojonegoro. *Chemviro: Jurnal Kimia dan Ilmu Lingkungan*, 1(1), 1–6. <https://ejournal.unigoro.ac.id/index.php/chemviro/article/view/1460>
- Aini, F. (2019). Pengelolaan Sampah Medis

Rumah Sakit atau Limbah B3 di Sumatera Barat. *Jurnal Education and Development*, 7(1), 13–16.

<http://ojs.ipts.ac.id/index.php/ED/article/view/1970>

Syafruddin. (2008). Evaluasi Sistem Pengelolaan Limbah Padat B3 PT. Indofarma, Tbk Bekasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 29(3), 214–216.

<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/view/4316>