Health Research Journal of Indonesia

Vol. 5, No. 1, Hal. 57-63, Oktober 2026
ISSN 2964-7592 (online)
DOI: 10.63004/hrji.v5i1.1661

Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko Pengelolaan Limbah B3 di Laboratorium Puskesmas Menggunakan Metode HIRADC

Hazard Identification and Risk Assessment of Hazardous and Toxic Waste Management in a Primary Healthcare Centre Laboratory Using the HIRADC Method

Nurul Afifah Hijami[1*], Siti Nurmala Dewi[2]

[1]Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung, Indonesia
[2]Prodi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Teuku Umar, Indonesia
*email korespondensi: hijami.afifah@fk.unila.ac.id

Info Artikel
Diterima:
24 Juli 2026
Direvisi:
24 Agustus 2026
Disetujui:
25 Agustus 2026
Dipublikasikan:
29 Oktober 2026

Kata kunci:
HIRADC, Limbah B3, Laboratorium, Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Keywords:
HIRADC, Hazardous waste, Laboratory, Occupational Safety and Health

ABSTRAK

Latar belakang: Pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di laboratorium berpotensi menimbulkan risiko terhadap keselamatan petugas dan lingkungan apabila tidak dikelola secara tepat.
Tujuan: Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, dan mengevaluasi pengendalian risiko pada pengelolaan limbah B3 di Laboratorium Puskesmas X menggunakan metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC).
Metode: Penelitian ini menggunakan desain deskriptif observasional dengan pendekatan studi kasus. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara semi terstruktur, dan telaah dokumen. Analisis dilakukan menggunakan metode HIRADC untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko, dan mengevaluasi pengendalian yang telah diterapkan.
Hasil: Terdapat lima aktivitas utama dalam pengelolaan limbah B3. Tiga aktivitas memiliki tingkat risiko tinggi, yaitu pembuangan limbah, pengangkutan limbah oleh petugas kesehatan lingkungan, dan pengangkutan oleh pihak ketiga, sedangkan dua aktivitas lainnya berada pada tingkat risiko sedang. Pengendalian yang diterapkan meliputi rekayasa teknis, pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri.
Simpulan: Pengelolaan limbah B3 di Laboratorium Puskesmas X masih didominasi aktivitas berisiko tinggi sehingga diperlukan penguatan pengendalian risiko melalui peningkatan kepatuhan terhadap SOP, pelatihan petugas, dan evaluasi HIRADC secara berkala untuk meningkatkan keselamatan kerja.

ABSTRACT

Background: Hazardous and toxic waste (B3) generated by healthcare laboratories poses occupational and environmental risks if not managed properly
Objective: This study aimed to identify hazards, assess risk levels, and evaluate risk control measures in hazardous waste management at the X Primary Healthcare Center Laboratory using the Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC) method.
Methods: A descriptive observational study with a case study approach was conducted. Data were collected through direct observation, semi structured interviews, and document review. Hazard identification, risk assessment, and evaluation of existing control measures were performed using the HIRADC method
Results: Five major hazardous waste management activities were identified. Three activities, including waste disposal, internal waste transportation, and waste collection by a licensed third party, were classified as high risk, while temporary waste storage and reporting activities were classified as moderate risk. Existing control measures included engineering controls, administrative controls, and the use of personal protective equipment.
Conclusion: Hazardous waste management at the X Primary Healthcare Center Laboratory still involves several high risk activities. Strengthening compliance with standard operating procedures, improving staff training, and conducting regular HIRADC evaluations are essential to enhance occupational safety and ensure safer hazardous waste management practices.

Hak Cipta: © 2026 Nurul Afifah Hijami, Siti Nurmala Dewi.

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license.

Vol. 5, No. 1, Hal. 57-63, Oktober 2026
ISSN 2964-7592 (online)
DOI: 10.63004/hrji.v5i1.1661

PENDAHULUAN

Fasilitas pelayanan kesehatan memiliki peran penting dalam meningkatkan derajat kesehatan masyarakat mulai dari aspek promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif. Di balik peranannya, setiap aktivitas pelayanan kesehatan menghasilkan limbah dengan karakteristik yang bervariasi, mulai dari limbah domestik hingga limbah berbahaya. Sekitar 85% limbah yang dihasilkan fasilitas pelayanan kesehatan tergolong limbah non berbahaya, sedangkan sekitar 15% merupakan limbah berbahaya yang bersifat infeksius, kimia, farmasi, sitotoksik, radioaktif, maupun benda tajam seperti jarum suntik. Pengelolaan limbah berbahaya yang tidak sesuai prosedur berpotensi meningkatkan risiko cedera pada tenaga kesehatan, penularan penyakit infeksius, paparan bahan kimia, dan pencemaran lingkungan [1,2]. Beberapa tahun terakhir, pengelolaan limbah pelayanan kesehatan menjadi perhatian global seiring meningkatnya jumlah fasilitas kesehatan, perkembangan teknologi diagnostik, dan meningkatnya volume limbah medis. Peningkatan volume limbah medis di berbagai negara belum diikuti dengan penerapan sistem pengelolaan yang berkelanjutan. Pengelolaan yang masih bergantung pada insinerasi konvensional dan pembuangan ke *landfill* berpotensi menimbulkan emisi berbahaya, pencemaran lingkungan, serta dampak jangka panjang terhadap kesehatan masyarakat [3].

Laboratorium menjadi salah satu unit pelayanan di puskesmas yang menghasilkan limbah Berbahaya dan Beracun (B3) secara rutin. Beragam kegiatan pemeriksaan spesimen darah, urin, sputum, maupun sampel biologis lainnya menghasilkan limbah berupa jarum suntik bekas, tabung vakum, kapas yang terkontaminasi darah, reagen kimia, serta bahan habis pakai laboratorium. Limbah tersebut memiliki karakteristik infeksius maupun kimia sehingga memerlukan penanganan yang berbeda dengan limbah domestik. WHO menegaskan bahwa limbah infeksius dan benda tajam merupakan penyebab utama cedera tusuk jarum serta penularan penyakit yang ditularkan melalui darah apabila proses pemilahan, penyimpanan, pengangkutan, dan pemusnahannya tidak dilakukan sesuai standar [4]. Penelitian sebelumnya menunjukkan terdapat banyak praktek pengelolaan limbah pelayanan kesehatan masih menghadapi berbagai tantangan. Hal ini dipengaruhi oleh ketersediaan fasilitas, pelatihan petugas, kepatuhan terhadap prosedur operasional standar, dan dukungan manajemen. Fasilitas kesehatan yang memiliki sistem pengawasan dan pelatihan rutin menunjukkan praktik pengelolaan limbah yang lebih baik dibandingkan fasilitas yang belum menerapkan sistem tersebut secara konsisten [5].

Tingkat pengetahuan, sikap, dan praktik tenaga kesehatan berhubungan dengan kualitas pengelolaan limbah medis. Tenaga kesehatan yang memperoleh pelatihan mengenai pengelolaan limbah menunjukkan kepatuhan yang lebih tinggi terhadap proses pemilahan limbah, penggunaan alat pelindung diri, serta prosedur penyimpanan limbah medis. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan kompetensi sumber daya manusia menjadi salah satu komponen penting dalam sistem pengelolaan limbah pelayanan kesehatan [6]. Selain faktor sumber daya manusia, pengendalian risiko juga menjadi bagian penting dalam pengelolaan limbah B3. Setiap tahapan pengelolaan, mulai dari pemilahan, pengumpulan, penyimpanan sementara, pengangkutan internal, hingga penyerahan kepada pihak ketiga memiliki potensi bahaya yang berbeda. Risiko tersebut meliputi paparan agen biologis, bahan kimia, cedera akibat benda tajam, gangguan ergonomi saat pengangkutan limbah, serta risiko pencemaran lingkungan apabila terjadi kebocoran atau kesalahan dalam proses penyimpanan. Oleh karena itu, identifikasi bahaya dan penilaian risiko perlu dilakukan secara sistematis sebagai dasar penentuan prioritas pengendalian [2].

Metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) merupakan salah satu pendekatan yang banyak diterapkan dalam sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja untuk mengidentifikasi sumber bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan kejadian dan tingkat keparahan, serta menentukan tindakan pengendalian yang sesuai. Pendekatan berbasis risiko ini mendukung organisasi dalam menetapkan prioritas pengendalian sehingga sumber daya difokuskan pada aktivitas dengan tingkat risiko tertinggi [4,7]. Meskipun berbagai pedoman mengenai pengelolaan limbah medis telah tersedia, implementasinya pada fasilitas pelayanan kesehatan tingkat pertama masih menunjukkan variasi. Literatur mengenai pengelolaan limbah medis di puskesmas juga relatif lebih terbatas dibandingkan rumah sakit. Sebagian besar penelitian dilakukan pada rumah sakit rujukan, sedangkan bukti ilmiah mengenai identifikasi bahaya

Vol. 5, No. 1, Hal. 57-63, Oktober 2026
ISSN 2964-7592 (online)
DOI: 10.63004/hrji.v5i1.1661

dan penilaian risiko pada laboratorium puskesmas masih belum banyak dilaporkan, terutama di Indonesia [8].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, serta mengevaluasi upaya pengendalian risiko pada pengelolaan limbah B3 di Laboratorium Puskesmas X menggunakan metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC). Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar dalam penguatan sistem keselamatan dan kesehatan kerja serta mendukung perbaikan pengelolaan limbah B3 pada fasilitas pelayanan kesehatan tingkat pertama.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif observasional dengan pendekatan studi kasus yang dilakukan di Laboratorium Puskesmas X. Objek penelitian meliputi seluruh tahapan pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), mulai dari pembuangan, pengangkutan ke TPS, penyimpanan, pelaporan, dan pengangkutan limbah oleh pihak ketiga

Data diperoleh melalui observasi langsung, wawancara semi terstruktur dengan petugas laboratorium dan petugas K3L, serta telaah dokumen berupa standar operasional prosedur (SOP) dan dokumen pengelolaan limbah B3. Identifikasi bahaya dan penilaian risiko dilakukan menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) dengan mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan parameter *likelihood* dan *severity*, serta mengevaluasi pengendalian risiko yang telah diterapkan. Data dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel HIRADC serta uraian naratif.

Berdasarkan hasil identifikasi tabel HIRADC di atas, terdapat lima aktivitas utama dalam pengolahan limbah B3 di laboratorium Puskesmas X yang berpotensi menimbulkan risiko keselamatan dan kesehatan kerja. Dari lima aktivitas di atas, terdapat tiga aktivitas yang termasuk kategori tingkat risiko tinggi (*High*), yaitu pembuangan limbah ke tempat sampah berlabel, pengangkatan limbah oleh petugas kesling, dan pengangkutan oleh pihak ketiga. Aktivitas dengan risiko tinggi didominasi oleh potensi paparan limbah infeksius, cedera akibat benda tajam, paparan bahan kimia, gangguan ergonomi akibat pengangkatan beban, serta risiko tumpahan limbah selama proses pengangkutan.

Dua aktivitas lainnya, yaitu penyimpanan sementara limbah B3 dan pelaporan kepada pihak ketiga, termasuk dalam kategori risiko sedang (Medium). Risiko pada tahap penyimpanan terutama berkaitan dengan penumpukan limbah yang berpotensi menimbulkan bau dan pencemaran lingkungan, sedangkan keterlambatan pelaporan kepada pihak ketiga berpotensi menyebabkan penumpukan limbah melebihi kapasitas penyimpanan. Pengendalian yang telah diterapkan meliputi pengendalian teknis, administratif, dan penggunaan alat pelindung diri (APD). Pengendalian teknis dilakukan melalui penyediaan tempat sampah berlabel B3, safety box untuk limbah benda tajam, wadah limbah tertutup, TPS limbah B3, serta kendaraan khusus pengangkut limbah B3. Pengendalian administratif meliputi penerapan SOP pemilahan limbah, SOP pengangkutan, jadwal pengangkutan, monitoring kapasitas TPS, serta sistem pencatatan manifest limbah. Selain itu, petugas menggunakan APD berupa sarung tangan, masker medis, dan sepatu antiselip selama proses pengelolaan limbah B3.

Vol. 5, No. 1, Hal. 57-63, Oktober 2026
ISSN 2964-7592 (online)
DOI: 10.63004/hrji.v5i1.1661

HASIL

Tabel 1. Hasil Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko, dan Pengendalian Risiko Pengelolaan Limbah B3 dengan HIRADC

No	Proses Pekerjaan	Lokasi	Bahaya	Risiko	Kemungkinan	Keparahan	Tingkat Risiko	Pengendalian
1	Pembuangan limbah ke tempat sampah berlabel	Ruang laboratorium	Paparan bahan kimia reagen (kimia), tertusuk jarum (fisik), paparan darah dan cairan tubuh (biologis)	Iritasi kulit, penularan penyakit, dan luka tusuk	3	3	Tinggi (H)	Rekayasa teknis berupa tempat sampah berlabel B3 yang dilapisi plastik dan safety box khusus benda tajam. Pengendalian administratif melalui SOP pemilahan limbah. Penggunaan APD berupa sarung tangan dan masker medis.
2	Pengangkutan limbah oleh petugas kesling	Jalur menuju TPS	Mengangkat beban berat (ergonomi), wadah bocor (biologis), lantai licin (fisik)	Nyeri punggung, paparan bahan infeksius, terpeleset dan cedera	3	3	Tinggi (H)	Rekayasa teknis berupa wadah limbah tertutup. Pengendalian administratif melalui SOP pengangkutan limbah dan pembatasan kapasitas beban. Penggunaan APD berupa sepatu antiselip dan sarung tangan.
3	Penyimpanan sementara limbah B3	TPS limbah	Penumpukan limbah	Bau dan pencemaran lingkungan	1	3	Sedang (M)	Rekayasa teknis berupa TPS khusus limbah B3. Pengendalian administratif melalui jadwal pengangkutan dan monitoring kapasitas TPS. Penggunaan APD.
4	Pelaporan kepada pihak ketiga	Administrasi petugas kesling	Keterlambatan pelaporan	Penumpukan limbah berlebih	2	3	Sedang (M)	Pengendalian administratif berupa SOP pelaporan dan sistem pencatatan manifest limbah.
5	Pengangkutan oleh pihak ketiga	TPS limbah	Paparan saat proses pemindahan limbah dan wadah rusak saat pemuatan (loading)	Paparan bahan infeksius, tumpahan, dan pencemaran lingkungan	2	4	Tinggi (H)	Rekayasa teknis berupa kendaraan khusus limbah B3. Pengendalian administratif melalui pemeriksaan dokumen dan kondisi wadah sebelum pengangkutan. Penggunaan APD.

Vol. 5, No. 1, Hal. 57-63, Oktober 2026
ISSN 2964-7592 (online)
DOI: 10.63004/hrji.v5i1.1661

PEMBAHASAN

Hasil identifikasi bahaya di atas menunjukkan bahwa tiga dari lima aktivitas pengelolaan limbah B3 berada pada kategori risiko tinggi, yaitu pembuangan limbah ke tempat sampah berlabel, pengangkutan limbah oleh petugas kesehatan lingkungan, dan pengangkutan limbah oleh pihak ketiga. Risiko tinggi pada ketiga aktivitas tersebut terutama dipengaruhi oleh potensi paparan limbah infeksius, cedera akibat benda tajam, paparan bahan kimia, serta kemungkinan terjadinya tumpahan limbah selama proses pengangkutan. Temuan ini menunjukkan bahwa aktivitas yang melibatkan kontak langsung dengan limbah memiliki tingkat risiko yang lebih besar dibandingkan aktivitas administratif, sehingga memerlukan pengendalian yang lebih ketat.

Temuan tersebut sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pemilahan dan pengangkutan limbah menjadi tahapan paling kritis dalam sistem pengelolaan limbah pelayanan kesehatan. Kegagalan melakukan pemilahan limbah akan meningkatkan risiko kontaminasi silang, cedera akibat benda tajam, serta paparan agen infeksius pada tenaga kesehatan dan petugas pengelola limbah. Selain itu, keterbatasan infrastruktur, rendahnya kepatuhan terhadap prosedur, dan kurangnya pelatihan menjadi faktor yang sering dikaitkan dengan meningkatnya risiko pada tahap tersebut [9,10].

Pada aktivitas pembuangan limbah ke tempat sampah berlabel, potensi bahaya yang ditemukan meliputi paparan bahan kimia reagen, tertusuk jarum, serta kontak dengan darah dan cairan tubuh. Risiko ini muncul karena proses pemilahan merupakan tahap pertama yang melibatkan kontak langsung antara petugas dengan limbah medis. Cedera akibat benda tajam masih menjadi salah satu masalah keselamatan kerja yang paling sering terjadi pada tenaga kesehatan. Meta analisis terbaru menunjukkan bahwa fasilitas dengan sistem pengelolaan limbah yang kurang baik memiliki risiko cedera tusuk jarum dan paparan penyakit yang ditularkan melalui darah lebih tinggi dibandingkan fasilitas yang menerapkan pemilahan dan pengendalian secara konsisten [11].

Laboratorium Puskesmas X telah menerapkan beberapa bentuk pengendalian berupa penyediaan tempat sampah berlabel B3, safety box, SOP pemilahan limbah, serta penggunaan sarung tangan dan masker medis. Pengendalian tersebut telah sesuai dengan prinsip pengendalian risiko melalui rekayasa teknis, pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri. Meskipun demikian, alat pelindung diri merupakan lapisan pengendalian terakhir sehingga efektivitasnya sangat bergantung pada kepatuhan petugas. Oleh karena itu, pengawasan rutin dan pelatihan berkala tetap diperlukan agar prosedur yang telah tersedia diterapkan secara konsisten [9].

Aktivitas pengangkutan limbah oleh petugas kesehatan lingkungan juga dikategorikan sebagai risiko tinggi. Bahaya yang teridentifikasi meliputi pengangkatan beban, kemungkinan kebocoran wadah limbah, dan kondisi lantai yang licin. Selain meningkatkan risiko paparan biologis, aktivitas tersebut berpotensi menyebabkan gangguan muskuloskeletal akibat pengangkatan beban secara manual. Risiko ergonomi sering kali kurang mendapat perhatian dalam pengelolaan limbah medis, padahal petugas harus melakukan pengangkutan limbah secara berulang setiap hari. Penggunaan troli khusus, pembatasan kapasitas beban, serta perbaikan jalur pengangkutan menjadi langkah yang efektif untuk mengurangi risiko tersebut [9,12].

Pada tahap penyimpanan sementara limbah B3, tingkat risiko berada pada kategori sedang. Risiko utama berasal dari penumpukan limbah yang dapat menimbulkan bau, meningkatkan peluang pertumbuhan mikroorganisme, dan mencemari lingkungan apabila kapasitas penyimpanan melebihi batas. Kondisi ini menunjukkan bahwa keberadaan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) saja belum cukup. Pengelolaan yang efektif juga memerlukan jadwal pengangkutan yang teratur, pencatatan volume limbah, serta monitoring kapasitas penyimpanan secara berkala agar limbah tidak tersimpan melebihi waktu yang ditentukan. Aktivitas pelaporan kepada pihak ketiga memiliki tingkat risiko sedang karena keterlambatan administrasi berpotensi menyebabkan penumpukan limbah di TPS. Meskipun tidak menimbulkan paparan langsung terhadap petugas, keterlambatan pengangkutan dapat meningkatkan risiko pada tahapan berikutnya. Oleh sebab itu, sistem administrasi yang baik, pencatatan manifest limbah, serta koordinasi dengan pihak pengangkut menjadi bagian penting dalam sistem pengelolaan limbah medis yang aman dan berkelanjutan [13].

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa Laboratorium Puskesmas X telah menerapkan pengendalian risiko pada setiap tahapan pengelolaan limbah B3. Meskipun demikian, masih terdapat aktivitas dengan kategori risiko tinggi sehingga penguatan pengendalian tetap

Vol. 5, No. 1, Hal. 57-63, Oktober 2026
ISSN 2964-7592 (online)
DOI: 10.63004/hrji.v5i1.1661

diperlukan. Penguatan tersebut tidak hanya melalui penyediaan sarana dan prasarana, tetapi juga melalui peningkatan kompetensi petugas, audit kepatuhan terhadap SOP, evaluasi HIRADC secara berkala, serta pengawasan terhadap implementasi program keselamatan dan kesehatan kerja. Pendekatan tersebut mendukung terciptanya sistem pengelolaan limbah yang lebih aman bagi tenaga kesehatan sekaligus mengurangi risiko pencemaran lingkungan [12].

SIMPULAN

Pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di Laboratorium Puskesmas X telah mencakup tahapan pemilahan, pengangkutan, penyimpanan sementara, pelaporan, dan pengangkutan oleh pihak ketiga. Hasil analisis menggunakan metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC) menunjukkan bahwa tiga aktivitas berada pada kategori risiko tinggi, sedangkan dua aktivitas lainnya termasuk kategori risiko sedang. Pengendalian risiko telah diterapkan melalui rekayasa teknis, pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri untuk mengurangi potensi paparan terhadap petugas. Meskipun demikian, beberapa aktivitas masih memerlukan penguatan pengendalian agar risiko kecelakaan kerja dan paparan limbah B3 dapat diminimalkan. Peningkatan kepatuhan terhadap standar operasional prosedur, pelaksanaan pelatihan secara berkala, pengawasan implementasi pengendalian, serta evaluasi risiko secara berkelanjutan menjadi langkah penting dalam mendukung pengelolaan limbah B3 yang lebih aman, efektif, dan berkelanjutan di fasilitas pelayanan kesehatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Puskesmas X atas izin dan dukungan selama pelaksanaan penelitian, serta kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses pengumpulan data dan penyusunan artikel ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Konseptualisasi: Nurul ’Afifah Hijami
Kurasi data: Nurul ’Afifah Hijami
Analisis formal: Nurul ’Afifah Hijami
Perolehan pendanaan: -
Investigasi: Siti Nurmala Dewi
Metodologi: Siti Nurmala Dewi
Administrasi proyek: Siti Nurmala Dewi
Sumber daya: Siti Nurmala Dewi
Perangkat lunak: -
Supervisi: Nurul ’Afifah Hijami
Validasi: Nurul ’Afifah Hijami
Visualisasi: Nurul ’Afifah Hijami
Penulisan—draf awal: Nurul ’Afifah Hijami
Penulisan—tinjauan & penyuntingan: Siti Nurmala Dewi

PENDANAAN

-

KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak adanya konflik kepentingan

DAFTAR PUSTAKA

1. WHO. WHO. 2024. Health-care waste.

Vol. 5, No. 1, Hal. 57-63, Oktober 2026
ISSN 2964-7592 (online)
DOI: 10.63004/hrji.v5i1.1661

2. Kenny C, Priyadarshini A. Review of Current Healthcare Waste Management Methods and Their Effect on Global Health. Healthcare. 2021 Mar 5;9(3):284. doi:10.3390/healthcare9030284
3. Ajay SV, Prathish KP. Dioxins emissions from bio-medical waste incineration: A systematic review on emission factors, inventories, trends and health risk studies. J Hazard Mater. 2024 Mar;465:133384. doi:10.1016/j.jhazmat.2023.133384
4. Odonkor ST, Mahami T. Healthcare waste management in Ghanaian hospitals: Associated public health and environmental challenges. Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy. 2020 Aug 28;38(8):831–9. doi:10.1177/0734242X20914748
5. Assemu DM, Tafere TE, Gelaw YM, Bantie GM. Healthcare Waste Management Practice and Associated Factors among Private and Public Hospitals of Bahir Dar City Administration. Al-Khatib IA, editor. J Environ Public Health. 2020 Oct 22;2020:1–10. doi:10.1155/2020/7837564
6. Akkajit P, Romin H, Assawadithalerd M, Al-Khatib IA. Assessment of Knowledge, Attitude, and Practice in respect of Medical Waste Management among Healthcare Workers in Clinics. J Environ Public Health. 2020 Sep 28;2020:1–12. doi:10.1155/2020/8745472
7. Kenny C, Priyadarshini A. Review of Current Healthcare Waste Management Methods and Their Effect on Global Health. Healthcare. 2021 Mar 5;9(3):284. doi:10.3390/healthcare9030284
8. Wulansari A, Sudarno, Muhammad F. Medical waste management at community health center: a literature review. Warsito B, Sudarno, Triadi Putranto T, editors. E3S Web of Conferences. 2020 Nov 10;202:06017. doi:10.1051/e3sconf/202020206017
9. Alrabiah H, Ahmed V, Bahroun Z. A systematic review of waste management practices in the healthcare sector. Cleaner Waste Systems. 2025 Dec;12:100400. doi:10.1016/j.clwas.2025.100400
10. Woime AW. Medical waste disposal practices and their health consequences in resource-limited settings: a systematic review and meta-analysis. BMC Public Health. 2026 Feb 28;26(1):1116. doi:10.1186/s12889-026-26722-9
11. Satapathy P, Gaidhane AM, Vadia N, Menon S V., Chennakesavulu K, Panigrahi R, Sah S, Samantaray K, Govinda Rao S, Goh KW, Mehta R, Shabil M, Singh M, Mawejje E, Bushi G. Occupational Hazard Among Biomedical Waste Handlers in Low-Resource Settings: A Systematic Review and Meta-Analysis. Health Sci Rep. 2026 Mar 16;9(3). doi:10.1002/hsr2.72083
12. Prisilia H, Purnomo DA, Rofiq A. Occupational Safety and Health (OSH) Risk Management Analysis of Hazardous Waste Treatment Using the HIRARC and Bowtie Analysis Methods. Journal of Research and Technology. 2025;11(2). doi:10.55732/20aa9882
13. Silva TTS da, de Araújo Aguiar GJ, Machado Santos S, Florencio L. A review on recent developments in sustainable healthcare waste management. Environmental Science and Pollution Research. 2025 Aug 11;32(33):19672–90. doi:10.1007/s11356-025-36844-z