

***A LITERATURE REVIEW OF THE TOXICOLOGY OF HAZARDOUS AND TOXIC
(B3) WASTE IN PRIMARY HEALTH CARE CENTERS***

LITERATURE RIVIEW TOKSIKOLOGI LIMBAH B3 PUSKESMAS

Linda Haryani ¹⁾*, Herniwanti²⁾ Marwad³⁾

¹²³⁾ Program Pascasarjana Kesehatan Masyarakat Universitas Hang Tuah Pekanbaru

e-mail* : lindanugee@gmail.com

ABSTRACT

The management of hazardous and toxic (B3) solid waste in Primary Health Care Centers (Puskesmas) remains a critical issue due to its potential to cause harmful biological and chemical exposure to health workers, the community, and the environment. This study aims to analyze toxicological risks and management challenges of B3 solid waste in Primary Health Care Centers based on a review of recent literature. The research employed a literature review method with a descriptive qualitative approach, involving a search of nationally indexed and international journals published between 2020 and 2025; article selection based on inclusion and exclusion criteria; and thematic extraction and analysis of eight relevant publications from the Riau region and comparative areas. Data analysis covered waste characteristics, human resources, facilities and infrastructure, and policy aspects. The review results indicate that infectious waste and sharps constitute the largest fractions of B3 solid waste generated by Primary Health Care Centers. Major issues include improper waste segregation, non-standard temporary storage facilities, limited availability of trained human resources, and dependence on third-party waste handlers. Identified toxicological risks include potential infections from needle-stick injuries, exposure to heavy metals and pharmaceutical residues, and environmental contamination that adversely affects public health. Overall, the studies reveal that the primary problem lies in weak implementation of standard operating procedures despite the existence of national regulations. This study concludes that strengthening human resource capacity, providing adequate infrastructure, ensuring compliance with technical standards, and implementing risk management based on toxicological principles are key strategies to improve safety and the quality of B3 solid waste management in Primary Health Care Centers.

Keywords : Hazardous and Toxic Materials (B3), Solid Waste, Primary Health Center, Environmental Toxicology

ABSTRAK

Pengelolaan limbah padat Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di Puskesmas masih menjadi masalah penting karena berpotensi menimbulkan paparan biologis dan kimia yang membahayakan tenaga kesehatan, masyarakat, serta lingkungan. Penelitian ini bertujuan menganalisis risiko toksikologi dan permasalahan pengelolaan limbah padat B3 pada Puskesmas berdasarkan kajian literatur terkini. Metode penelitian menggunakan literature review dengan pendekatan kualitatif deskriptif, mencakup penelusuran artikel terindeks nasional 5 Jurnal dari 100 Jurnal dan internasional tahun 2020–2025; seleksi berdasarkan kriteria inklusi–eksklusi; serta ekstraksi dan analisis tematik terhadap delapan publikasi yang relevan dari wilayah Riau dan daerah perbandingan. Analisis data meliputi karakteristik limbah, Sumber daya Manusia, Sarana dan prasarana dan kebijakan. Hasil review menunjukkan bahwa limbah infeksius dan benda tajam merupakan fraksi terbesar limbah padat B3 yang dihasilkan

Puskesmas, sementara ketidaksesuaian pemilahan, TPS yang tidak memenuhi standar, keterbatasan SDM terlatih, serta ketergantungan pada pihak ketiga menjadi masalah dominan. Risiko toksikologi yang ditemukan mencakup potensi infeksi akibat needle-stick injury, paparan logam berat dan residu farmasi, serta pencemaran lingkungan yang berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat. Dilihat dari keseluruhan studi, masalah utama terletak pada lemahnya implementasi SOP meskipun regulasi nasional telah tersedia. Penelitian ini menyimpulkan perlunya penguatan kapasitas SDM, penyediaan infrastruktur memadai, kepatuhan standar teknis, serta pengelolaan risiko berbasis prinsip toksikologi sebagai strategi kunci untuk meningkatkan keselamatan dan kualitas pengelolaan limbah padat B3 di Puskesmas.

Kata Kunci : B3, limbah padat, Puskesmas, toksikologi lingkungan

PENDAHULUAN

Pelayanan kesehatan merupakan salah satu sektor yang secara berkelanjutan menghasilkan limbah medis, termasuk limbah padat Bahan Berbahaya dan dikelola sesuai standar keselamatan. Limbah ini dapat mengandung agen infeksius, bahan kimia toksik, logam berat, residu farmasi berbahaya, serta benda tajam yang berisiko menimbulkan cedera dan penularan penyakit (Soyler and Burmaoglu, 2025). Secara global, WHO melaporkan bahwa sekitar 15–25% limbah fasilitas kesehatan tergolong berbahaya, dan pengelolaan limbah medis yang tidak tepat telah berkontribusi terhadap penularan penyakit seperti Hepatitis B, Hepatitis C, dan HIV, khususnya di negara berkembang (Janik-karpinska et al., 2023).

Di Indonesia, pengelolaan limbah kesehatan masih menghadapi berbagai kendala. WHO Indonesia (2023) mencatat bahwa hanya sekitar 27% fasilitas kesehatan yang memenuhi standar pengelolaan limbah, termasuk limbah padat B3. Kesenjangan antara kebijakan dan praktik lapangan paling terlihat di fasilitas pelayanan kesehatan primer seperti Puskesmas, yang masih mengalami keterbatasan

infrastruktur, prosedur operasional baku, dan pendanaan³. Penelitian nasional periode 2021–2025 menunjukkan bahwa permasalahan umum di Puskesmas meliputi pemilahan limbah yang tidak konsisten, penyimpanan limbah yang tidak memenuhi syarat, pembuangan limbah tajam tanpa kontainer standar, serta ketergantungan pada pihak ketiga yang belum seluruhnya tersertifikasi (Attrah et al., 2022; Hutajulu, 2022).

Dari perspektif toksikologi, limbah padat B3 di Puskesmas mengandung berbagai agen biologis, kimia, dan farmasi yang berpotensi menimbulkan efek toksik akut maupun kronis. Paparan terhadap logam berat, residu obat-obatan, dan agen infeksius diketahui dapat meningkatkan risiko neurotoksisitas, karsinogenesis, gangguan reproduksi, serta infeksi nosocomial (Al-saedi and Taib, 2024; Cirstea et al., 2025). Prinsip toksikologi yang menjelaskan hubungan antara bahaya dan pajanan ($\text{hazard} \times \text{exposure} = \text{risk}$) menegaskan bahwa pengelolaan limbah yang tidak tepat akan meningkatkan risiko pajanan melalui inhalasi, kontak kulit, maupun jalur oral.

Sebagai fasilitas pelayanan kesehatan primer, Puskesmas memiliki peran penting

dalam melindungi kesehatan masyarakat dan lingkungan. Dalam kerangka toksikologi lingkungan, limbah padat B3 khususnya limbah infeksius dan kimiawi dapat menjadi sumber pajanan yang berbahaya apabila tidak dikendalikan dengan baik. Oleh karena itu, penerapan manajemen risiko yang mencakup identifikasi bahaya, penilaian pajanan, karakterisasi risiko, serta pengendalian menjadi aspek krusial dalam pengelolaan limbah padat B3 sesuai standar nasional dan internasional (Kemenkes RI, 2020).

Apabila pengelolaan limbah padat B3 di Puskesmas tidak dilakukan secara optimal, dampak yang dapat muncul meliputi peningkatan risiko infeksi akibat tusukan jarum, paparan bahan kimia berbahaya pada tenaga kesehatan dan masyarakat sekitar, serta pencemaran tanah dan air yang berdampak pada kesehatan jangka panjang, seperti kanker dan gangguan hormonal. Selain itu, pengelolaan limbah yang tidak sesuai standar juga berpotensi menimbulkan beban ekonomi akibat meningkatnya biaya pengobatan, penurunan produktivitas, dan risiko sanksi regulasi (Al-saedi and Taib, 2024). Tantangan ini semakin kompleks mengingat tingginya aktivitas pelayanan di Puskesmas yang tidak selalu diimbangi dengan ketersediaan fasilitas dan sumber daya manusia terlatih.

Berdasarkan berbagai temuan tersebut, diperlukan telaah literatur yang komprehensif untuk memahami risiko toksikologi limbah padat B3 di Puskesmas. Literature review ini bertujuan menelaah secara sistematis risiko paparan, jalur toksikologis, serta tantangan pengelolaan

limbah sesuai standar nasional dan internasional, dengan konteks Provinsi Riau yang memiliki 243 Puskesmas sebagai representasi fasilitas pelayanan kesehatan primer. Telaah ini bertujuan untuk menganalisis secara sistematis penelitian toksikologi dan pengelolaan limbah padat Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di Puskesmas Provinsi Riau, mencakup karakteristik limbah, sumber daya manusia, sarana dan prasarana, kebijakan pengelolaan, serta potensi risiko toksikologi terhadap kesehatan dan lingkungan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan literature review untuk menganalisis isu toksikologi limbah padat Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) pada fasilitas pelayanan kesehatan primer, khususnya Puskesmas di Provinsi Riau. Pendekatan ini dipilih untuk memungkinkan pengumpulan, evaluasi kritis, dan sintesis temuan ilmiah secara sistematis dari literatur yang relevan dan mutakhir. Sumber data diperoleh dari artikel ilmiah yang dipublikasikan pada jurnal nasional dan internasional bereputasi dalam rentang lima tahun terakhir. Literatur yang ditelaah mencakup kajian di bidang toksikologi, limbah medis, kesehatan lingkungan, dan manajemen limbah fasilitas kesehatan.

Kriteria inklusi meliputi artikel *peer-reviewed* yang membahas limbah padat B3 di Puskesmas atau fasilitas pelayanan kesehatan primer dengan karakteristik serupa, serta memuat analisis toksikologi berupa jalur paparan, risiko kesehatan, dan dampak lingkungan. Studi yang relevan dengan konteks Indonesia atau memiliki kesesuaian dengan kondisi Puskesmas di

Provinsi Riau diprioritaskan. Kriteria eksklusif mencakup artikel *non-peer-reviewed*, publikasi yang tidak membahas aspek toksikologi, studi yang berfokus pada rumah sakit besar tanpa relevansi komparatif, serta artikel yang diterbitkan sebelum tahun 2020. Artikel yang memenuhi kriteria dianalisis secara deskriptif dan tematik untuk mengidentifikasi pola temuan, kesenjangan penelitian, serta implikasi kebijakan dalam pengelolaan limbah padat B3 di Puskesmas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil literature review menunjukkan bahwa pengelolaan limbah padat B3 di Puskesmas masih menghadapi berbagai permasalahan yang relatif seragam, baik dari aspek teknis, sumber daya manusia, maupun kepatuhan terhadap standar pengelolaan. Sintesis temuan utama dari lima Puskesmas yang direview disajikan pada **Tabel 1**

Tabel 1 | Sintesis Hasil Literature Review Pengolahan Limbah Padat B3 di Puskesmas

No	Judul Penelitian	Peneliti	Tahun
1	Analisa Pengelolaan Limbah padat B3 (Medis Padat) di Puskesmas Rejosari, Tenayan Raya	M. Aldiansyah	2021
2	Analisis Pengelolaan Limbah Medis Padat Di Puskesmas Bangkinang Kota	Muthia Nabilla	2024
3	Pengelolaan Limbah	Bobi Handoko	2024

	Medis Padat di Puskesmas XIII Koto Kampar I Kabupaten Kampar.		
--	---	--	--

Sumber Daya	Sarana dan Prasarana	Kebijakan
SDM Terbatas, Pelatihan minim,	Fasilitas minim, Incenerattor tidak Tersedia, Coldstorgae belum tersedia	SOP tidak dijalankan, Penanggaran Dana terbatas
PJ. Keslig Tidak berlatar Pendidikan Keslig, pelaksana belum mengikuti pelatihan	Tempat pemilahan sambah limbah infeksius belum tersedia, TPS tidak memenuhi syarat, Lantai	SOP belum berjalan, perlu pembaharuan
Petugas bekerja tidak berdsarkan SOP (Menggunakan APD)	TPS tidak memenuhi Syarat, TPS terletak bersebrangan Jalan	SOP Belum tersedia
Petugas Bekerja tidak Sesuai SOP,	TPS belum memenuhi syarat	Implementasi SOP tidak berjalan
Pengetahuan Pettugas Kurang	Sarana dan prasarana belum lengkap TtPS belum memenuhi syarat	Kebijakan (SOP) ada namun berbentuk File yang belum di sosialisasikan kepelaksana

Berdasarkan sintesis lima jurnal dalam tabel literature review, pengelolaan limbah medis padat B3 di Puskesmas menunjukkan permasalahan yang relatif seragam, baik

dari aspek jenis limbah maupun proses pengelolaannya. Limbah infeksius dan benda tajam menjadi fraksi dominan, seiring tingginya penggunaan alat medis sekali pakai di pelayanan kesehatan primer, sementara praktik pemilahan di sumber masih belum konsisten meskipun fasilitas dasar telah tersedia (District et al., 2021; Nabila et al., 2024; Handoko, 2024; Maliki et al., 2022; Maulia et.al., 2022).

Dari aspek sumber daya manusia dan tata kelola, permasalahan utama tidak terletak pada ketiadaan regulasi, melainkan pada lemahnya implementasi di tingkat operasional. Keterbatasan pengetahuan dan kepatuhan petugas terhadap SOP, minimnya pelatihan dan pengawasan, serta keterbatasan sarana dan ketergantungan pada pihak ketiga untuk pemusnahan limbah menunjukkan adanya kesenjangan antara standar normatif dan praktik di lapangan.

Karakteristik Limbah Padat B3

Hasil literature review menunjukkan bahwa limbah padat B3 yang dihasilkan Puskesmas, baik di Provinsi Riau maupun wilayah lain, didominasi oleh limbah infeksius dan benda tajam, dengan limbah farmasi dan kimia dalam proporsi lebih kecil. Pola ini mencerminkan karakter pelayanan kesehatan primer yang intensif menggunakan alat medis sekali pakai. Perbedaan antar fasilitas terutama terletak pada konsistensi pemilahan di sumber, di mana praktik pencampuran limbah medis dan domestik masih ditemukan dan berpotensi meningkatkan risiko biologis dan toksikologis.

Studi-studi lokal di Pekanbaru, Bengkalis, dan berbagai Puskesmas menunjukkan bahwa limbah padat B3 didominasi oleh limbah infeksius, limbah benda tajam (sharps), serta residu obat dan bahan kimia farmasi, yang masing-masing memiliki profil bahaya toksikologis yang berbeda. Limbah infeksius dan limbah tajam terutama menimbulkan risiko biologis akut berupa cedera tusuk jarum dan potensi transmisi patogen berbahaya, seperti hepatitis B, hepatitis C, dan HIV (Anggreni et al., 2025). Sedangkan limbah farmasi dan bahan kimia berpotensi menimbulkan dampak toksik kronis, termasuk gangguan endokrin, gangguan sistem reproduksi, dan neurotoksisitas apabila mencemari tanah, air tanah, atau rantai makanan.

Berbagai penelitian menunjukkan pola karakteristik limbah medis yang relatif seragam, yaitu dominasi limbah infeksius, limbah tajam, dan limbah farmasi yang sering bercampur dengan limbah domestik akibat pemisahan yang belum optimal, dengan limbah infeksius sebagai fraksi terbesar yang dihasilkan setiap hari di puskesmas, sehingga mengindikasikan bahwa fasilitas pelayanan kesehatan tingkat pertama memiliki potensi menghasilkan limbah berbahaya dalam volume yang signifikan meskipun skala infrastrukturnya lebih kecil dibandingkan rumah sakit (District et al., 2021; Handoko, 2024; Maliki et al., 2022; Nabila et.al., 2024).

Beberapa penelitian di Puskesmas Tanggetada, Bandar Lampung, dan Rejang Lebong menunjukkan bahwa limbah padat B3 pada fasilitas pelayanan kesehatan tingkat pertama didominasi oleh limbah infeksius, limbah benda tajam, serta limbah

farmasi dan kimia dalam jumlah terbatas (Amalya et al., 2024; Prasetia, 2024; Pratama et al., 2023; Rahmiati, 2024). Dalam kerangka toksikologi modern, hubungan antara bahaya (*hazard*) dan paparan (*exposure*) dijelaskan melalui konsep $risk = hazard \times exposure$, yang menunjukkan bahwa risiko meningkat secara signifikan apabila limbah berbahaya tidak dikelola sesuai prosedur standar, sehingga praktik pengelolaan yang tidak konsisten seperti pemilahan yang tidak tepat, penggunaan kontainer tidak standar, dan ketiadaan fasilitas penyimpanan berpotensi meningkatkan peluang paparan bagi petugas Puskesmas maupun masyarakat sekitar (Desai et al., 2024).

Temuan ini sejalan dengan panduan World Health Organization yang menyatakan bahwa sekitar 15–20% limbah fasilitas pelayanan kesehatan tergolong berbahaya, dengan dominasi limbah infeksius dan limbah benda tajam, terutama pada fasilitas pelayanan kesehatan primer yang tidak memiliki fasilitas laboratorium berskala besar (Emmanuel et al., 2025), serta menegaskan bahwa fasilitas pelayanan kesehatan primer memiliki tingkat risiko yang tinggi terhadap kontaminasi lingkungan apabila rantai pengelolaan limbah medis tidak berjalan secara efektif (Ernyasih et al., 2024; WHO 2024).

Sumber Daya Manusia

Literature review menunjukkan bahwa pengetahuan petugas, kepatuhan terhadap SOP, serta ketersediaan pelatihan dan supervisi berkelanjutan merupakan faktor kunci yang memengaruhi kualitas pengelolaan limbah padat B3 di Puskesmas.

Fasilitas dengan dukungan pelatihan dan pengawasan yang memadai cenderung menunjukkan praktik pemilahan dan penggunaan APD yang lebih konsisten, sedangkan keterbatasan jumlah petugas dan tingginya beban kerja berkorelasi dengan rendahnya tingkat kepatuhan.

Hasil analisis berbagai jurnal menunjukkan bahwa faktor sumber daya manusia merupakan determinan utama keberhasilan pengelolaan limbah padat B3 di puskesmas, di mana rendahnya pengetahuan dan kepatuhan petugas terhadap Standar Operasional Prosedur (SOP), khususnya pada tahap pemilahan limbah dan penggunaan alat pelindung diri, masih menjadi permasalahan utama. Keterbatasan sarana dan prasarana, seperti ketidaksesuaian Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) dengan standar, kurangnya pelatihan berkelanjutan, tingginya beban kerja, serta lemahnya supervisi menyebabkan praktik pengelolaan limbah tidak dilakukan secara konsisten, meskipun SOP tertulis telah tersedia (Marlena et al., 2023).

Tinjauan sistematis dan meta analisis oleh Ashtari et al menunjukkan bahwa limbah padat B3 fasilitas pelayanan kesehatan didominasi oleh limbah infeksius dan benda tajam yang berisiko tinggi terhadap kesehatan dan lingkungan, dengan efektivitas pengelolaannya sangat bergantung pada kapasitas sumber daya manusia, keberlanjutan pelatihan, kepatuhan terhadap SOP, serta dukungan sarana pendukung seperti pewadahan berlabel, safety box, dan fasilitas penyimpanan sementara. Namun demikian, ketidakmerataan fasilitas, lemahnya

pengawasan, dan keterbatasan dukungan anggaran masih membatasi implementasi kebijakan secara optimal di fasilitas kesehatan primer (Ashtari et al., 2020).

Kondisi ini sejalan dengan laporan World Health Organization yang menyatakan bahwa di banyak negara berkembang, pengelolaan limbah medis di fasilitas kesehatan primer menghadapi tantangan serupa akibat keterbatasan pelatihan, minimnya anggaran operasional, serta lemahnya sistem monitoring, sementara volume limbah terus meningkat tanpa diimbangi dengan kapasitas penanganan yang memadai (WHO, 2024).

Sarana Prasarana

Kelima jurnal yang dianalisis secara konsisten menunjukkan adanya keterbatasan sarana dan prasarana pendukung pengelolaan limbah padat B3, antara lain ketidakcukupan wadah berlabel warna, keterbatasan safety box, serta Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 yang belum memenuhi standar teknis dan kapasitas penyimpanan yang tidak sebanding dengan timbulan limbah, terutama pada saat terjadi peningkatan volume layanan. Selain itu, beberapa studi melaporkan bahwa ketersediaan fasilitas fisik tidak selalu diikuti oleh pemeliharaan dan pemanfaatan yang sesuai prosedur, di mana fasilitas seperti safety box telah tersedia namun belum digunakan atau dikelola sesuai standar operasional yang ditetapkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Hidayatullah et.al (2023) menunjukkan bahwa terjadinya *overcapacity* Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah medis terutama

disebabkan oleh penjadwalan pengangkutan limbah yang tidak teratur, di mana pihak ketiga umumnya melakukan pengambilan hanya ketika TPS hampir penuh. Ketiadaan pengolahan awal (*pre-treatment*), seperti autoklaf atau insinerator, menyebabkan puskesmas tidak mampu mengurangi volume limbah secara mandiri, sementara keterbatasan lahan menghambat penyediaan jalur khusus pengangkutan sehingga proses pemindahan limbah dilakukan secara manual setelah pelayanan selesai. Kondisi tersebut diperparah pada masa pandemi akibat peningkatan signifikan timbulan limbah, khususnya masker, sarung tangan, dan bahan habis pakai lainnya, yang menyebabkan volume limbah melampaui kapasitas *cold storage* dan TPS.

Selain itu, ketergantungan penuh terhadap pihak ketiga dalam proses pengangkutan, pengolahan, dan penimbunan limbah membuat puskesmas tidak memiliki alternatif ketika terjadi gangguan layanan, sehingga meskipun pemilahan dan penggunaan alat pelindung diri telah sesuai standar, permasalahan utama tetap terletak pada keterbatasan sistem transportasi dan infrastruktur penyimpanan limbah.

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa keterbatasan infrastruktur, seperti ketidakterediaan wadah berlabel warna, safety box, serta Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 yang belum memenuhi standar, merupakan permasalahan yang paling sering dilaporkan. Perbedaan antarwilayah terutama terletak pada kapasitas penyimpanan dan sistem pengangkutan limbah, di mana puskesmas yang sepenuhnya bergantung pada pihak ketiga

cenderung lebih rentan mengalami penumpukan limbah dan kondisi *overcapacity*, terutama saat terjadi peningkatan timbulan. Selain itu, ketersediaan sarana fisik tidak selalu diikuti oleh pemanfaatan yang sesuai prosedur, sehingga efektivitas infrastruktur sangat dipengaruhi oleh keterpaduannya dengan sistem operasional dan kapasitas sumber daya manusia.

Kebijakan

Dari aspek kebijakan, berbagai penelitian menunjukkan bahwa regulasi pengelolaan limbah medis di puskesmas pada dasarnya telah tersedia dan bersifat komprehensif, namun implementasinya di tingkat operasional masih lemah akibat kurangnya pengawasan, minimnya audit internal, serta keterbatasan dukungan anggaran. Penelitian oleh Nurhayati et al (2021) mengidentifikasi bahwa permasalahan utama pengelolaan limbah padat B3 berkaitan dengan rendahnya kedisiplinan dan pemahaman petugas terhadap prosedur operasional, yang tercermin dari kesalahan pemilahan limbah dan penggunaan alat pelindung diri yang belum optimal, meskipun sarana seperti tempat sampah berlabel warna, safety box, dan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) telah tersedia. Keterbatasan jumlah petugas kebersihan juga meningkatkan beban kerja dan risiko kelalaian.

Sementara itu ketidakmampuan puskesmas mengoperasikan insinerator akibat tidak terpenuhinya standar teknis menyebabkan ketergantungan pada pihak ketiga dalam pemusnahan limbah, sehingga menuntut sistem pengawasan yang lebih intensif.

Temuan ini diperkuat oleh studi nasional di wilayah lain, termasuk daerah 3T, yang menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi kebijakan sangat ditentukan oleh komitmen manajemen dan dukungan pemerintah daerah (Rahmiati, 2024). Secara global, World Health Organization menegaskan bahwa kebijakan pengelolaan limbah medis harus disertai mekanisme pendanaan, monitoring, dan evaluasi yang berkelanjutan agar dapat diimplementasikan secara efektif di fasilitas pelayanan kesehatan primer (Emmanuel et al., 2025; WHO, 2024).

Secara umum, hasil perbandingan berbagai penelitian menunjukkan bahwa pengelolaan limbah padat B3 di puskesmas, baik di Provinsi Riau maupun di wilayah lain, masih menghadapi permasalahan yang relatif serupa, terutama pada aspek sumber daya manusia dan implementasi standar operasional. Rendahnya tingkat pengetahuan dan kepatuhan petugas terhadap SOP, keterbatasan pelatihan berkelanjutan, serta lemahnya supervisi menjadi faktor utama yang menghambat praktik pemilahan dan pengelolaan limbah secara aman, yang diperparah oleh keterbatasan sarana dan prasarana, khususnya ketidaksesuaian Tempat Penyimpanan Sementara limbah B3 dengan standar teknis. Meskipun kerangka kebijakan dan regulasi pada umumnya telah tersedia, lemahnya pengawasan dan dukungan anggaran masih menimbulkan kesenjangan antara ketentuan normatif dan implementasi di lapangan, sehingga menegaskan perlunya pendekatan pengelolaan limbah padat B3 yang lebih terintegrasi dan berkelanjutan di fasilitas pelayanan kesehatan primer.

Hasil telaah literatur pada lima Puskesmas menunjukkan bahwa pengelolaan limbah padat B3 masih belum sepenuhnya memenuhi standar pengelolaan yang aman, terutama pada tahapan pemilahan, penyimpanan sementara, dan penanganan limbah tajam. Permasalahan ini berulang pada hampir seluruh lokasi kajian dan menunjukkan adanya kelemahan sistemik dalam implementasi pengelolaan limbah di fasilitas pelayanan kesehatan primer. Dari perspektif toksikologi, kondisi tersebut berpotensi meningkatkan risiko paparan agen biologis dan kimia berbahaya melalui berbagai rute paparan, seperti kontak langsung, tusukan benda tajam, serta pencemaran lingkungan sekitar. Keterbatasan kompetensi petugas dan kurangnya sarana pendukung menjadi faktor dominan yang memengaruhi tingginya risiko toksikologi limbah padat B3 di tingkat Puskesmas.

Hasil perbandingan berbagai studi menunjukkan bahwa regulasi pengelolaan limbah medis pada dasarnya telah tersedia dan bersifat komprehensif, namun implementasinya di fasilitas pelayanan kesehatan primer masih lemah. Kesenjangan antara kebijakan dan praktik terutama dipengaruhi oleh keterbatasan anggaran, lemahnya pengawasan, serta rendahnya komitmen manajerial, sehingga perbedaan kualitas pengelolaan limbah padat B3 antar puskesmas lebih mencerminkan variasi kapasitas implementasi dibandingkan perbedaan kerangka regulasi. Sejumlah studi nasional dan internasional menegaskan bahwa efektivitas kebijakan sangat bergantung pada dukungan pendanaan, sistem monitoring dan evaluasi yang berkelanjutan, serta akuntabilitas yang

jelas (Sulfiani et al., 2024; Ernyasih et al., 2024; Hasan et al., 2022).

Secara umum, sebagian besar studi melaporkan bahwa pengelolaan limbah di puskesmas belum sepenuhnya memenuhi standar, dengan kesamaan temuan pada lemahnya pemilahan, pengangkutan, dan pengolahan akhir limbah medis, meskipun tingkat kepatuhan bervariasi antar fasilitas. Puskesmas di wilayah perkotaan cenderung menunjukkan kinerja yang lebih baik karena akses terhadap pihak ketiga dan dukungan dinas kesehatan, sementara puskesmas di wilayah terpencil atau daerah 3T menghadapi keterbatasan sarana pemusnahan, kapasitas penyimpanan, dan sistem dokumentasi. Studi di Banda Aceh dan Cisoka memperkuat temuan bahwa permasalahan utama bukan pada ketiadaan regulasi, melainkan lemahnya implementasi operasional, ketidakteraturan pengangkutan oleh pihak ketiga, serta keterbatasan kapasitas penyimpanan yang meningkatkan risiko pencampuran limbah dan paparan kesehatan, terutama pada periode peningkatan timbulan (Sulfiani et al., 2024; Ernyasih et al., 2024). Sejalan dengan itu, kajian toksikologi menegaskan bahwa paparan limbah medis berpotensi menimbulkan risiko infeksius, kimiawi, dan lingkungan, sehingga pendekatan pengelolaan berbasis risiko yang mengombinasikan penguatan sarana prasarana dan kapasitas sumber daya manusia menjadi kunci dalam meminimalkan dampak terhadap kesehatan dan lingkungan (Anggreini et al., 2025; Cirstea et al., 2025).

KESIMPULAN

Berdasarkan telaah literatur ilmiah, limbah padat B3 di puskesmas secara konsisten didominasi oleh limbah infeksius dan benda tajam yang merupakan sumber utama bahaya biologis dan fisik. Di Puskesmas Provinsi Riau, karakteristik limbah menunjukkan pola yang serupa, dengan permasalahan utama terletak pada keterbatasan kapasitas sumber daya manusia, rendahnya kepatuhan terhadap Standar Operasional Prosedur, serta ketidaksesuaian sarana dan prasarana pendukung, meskipun kerangka kebijakan pengelolaan limbah telah tersedia. Perbandingan lintas penelitian menunjukkan bahwa permasalahan tersebut bersifat umum dan juga ditemukan di wilayah lain, dengan variasi efektivitas pengelolaan terutama dipengaruhi oleh kapasitas sumber daya manusia, dukungan manajemen, dan sistem pengawasan. Dari perspektif toksikologi lingkungan, kondisi ini berpotensi menimbulkan risiko kesehatan dan lingkungan yang signifikan, baik melalui paparan langsung terhadap tenaga kesehatan maupun melalui pencemaran lingkungan, sehingga penguatan pengelolaan limbah padat B3 yang terintegrasi dan berkelanjutan di fasilitas pelayanan kesehatan primer menjadi sangat diperlukan

SARAN

Pengelolaan limbah padat B3 di Puskesmas perlu ditingkatkan melalui penguatan kapasitas sumber daya manusia dengan pelatihan berkelanjutan terkait pemilahan, keselamatan kerja, dan penggunaan APD, yang didukung oleh supervisi serta evaluasi rutin. Selain itu, ketersediaan dan kualitas

sarana prasarana seperti TPS limbah B3, wadah berlabel warna, dan safety box harus dipastikan sesuai standar teknis dan disesuaikan dengan volume timbulan limbah untuk mencegah penumpukan dan pencampuran.

Implementasi kebijakan pengelolaan limbah medis juga perlu diperkuat melalui peningkatan pengawasan, audit internal, serta integrasi pengelolaan limbah ke dalam sistem penilaian kinerja Puskesmas, dengan dukungan anggaran dan kejelasan peran antar pemangku kepentingan. Pendekatan pengelolaan berbasis risiko toksikologi disarankan untuk diterapkan secara konsisten guna meminimalkan dampak kesehatan dan lingkungan. Penelitian selanjutnya perlu mengkaji tingkat paparan dan risiko toksikologi limbah padat B3 secara kuantitatif serta mengevaluasi efektivitas intervensi pengelolaan limbah sebagai dasar perumusan kebijakan berbasis bukti.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Pascasarjana Kesehatan Masyarakat Universitas Hang Tuah Pekanbaru atas dukungan akademik dan fasilitas pembelajaran yang telah diberikan sehingga kajian literature ini dapat diselesaikan dengan baik. Penghargaan dan terima kasih secara khusus disampaikan kepada dosen pengampu matakuliah toksikologi atas bimbingan, arahan, serta penguatan perspektif ilmiah yang sangat berkontribusi dalam kajian literatur analisis risiko toksikologi limbah padat B3 selama proses penyusunan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-saedi, Z. Z., & Taib, S. M. (2024). Ecological Impacts , Management and Disposal Methods for Medical Wastes – A Review. *Journal of Ecological Engineering*, 25(7), 25–40. <https://doi.org/https://doi.org/10.12911/22998993/187152>
- Amalya, A. S., Puspaningtyas, R., Rahman, F., & Buttomi, M. (2024). Scale Journal of Civil Engineering Analysis Of Hazardous Solid Waste And Toxic Materials (B3) Management At Tanggetada Health Center. *Scale Journal of Civil Engineering*, 01(02), 82–89. <https://doi.org/https://doi.org/10.33005/envirotek.v10i2.1232>
- Anggreni, D., Mochamad, A. B., and Fuad, M. (2025). Public Perception of the Management of Medical B3 Waste and Wastewater at Health Centers in Rejang Lebong Regency." *E3S Web of Conferences*.2025; 605(03028). doi: Anggreni, D., Budihardjo, M. A., & Muhammad, F. (2025). Public perception of the management of medical B3 waste and wastewater at health centers in Rejang Lebong Regency. *E3S Web of Conferences*, 605(03028).
- Ashtari, A., Tabrizi, J. S., Rezapour, R., Maleki, R., & Azami-aghdash, S. (2020). Health Care Waste Management Improvement Interventions Specifications and Results: A Systematic Review and Meta- Analysis. *Iranian Journal Of Public Health*, 49(9), 1611–1621. <https://doi.org/https://doi.org/10.18502/ijph.v49i9.4074>
- Attrah, M., Elmanadely, A., Akter, D., & Rene, E. R. (2022). A Review on Medical Waste Management: Treatment , Recycling , and Disposal Options. *MDPI Stays Neutral*, 9(11), 146. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/environments9110146>
- Cirstea, I., Radu, A., Radu, A., & Tit, D. M. (2025). Healthcare Waste Toxicity : From Human Exposure to Toxic Mechanisms and Management Strategies. *Journal of Xenobiotics*, 5(15), 1–32. <https://doi.org/10.3390/jox15050155>
- Desai, S., Wilson, J., Ji, C., Sautner, J., Prussia, A. J., Demchuk, E., Mumtaz, M. M., & Ruiz, P. (2024). The Role of Simulation Science in Public Health at the Agency for Toxic Substances and Disease Registry : An Overview and Analysis of the Last Decade. *Toxics*, 12(11), 1–24. <https://doi.org/10.3390/toxics12110811>
- District, Raya, Muhammad Aldiansyah, and Hastuti Marlina. "Analisa Pengelolaan Limbah B3 (Medis Padat) Di Puskesmas Rejosari Kecamatan Tenayan Raya Tahun 2020." *Media Kesmas (Public Health Media)*. 2021;1(3):798–815. doi: <https://doi.org/10.25311/kesmas>
- Emmanuel, J., Pieper, U., Rushbrook, P., Stringer, R., Townend, W., Wilburn, S., & Zghondi, R. (2025). *Safe management of wastes from health-care activities* (Second Edition). <https://doi.org/https://doi.org/10.71456/sultan>
- Ernyasih, Sulastri, S., & Andiani. (2024). Pengelolaan Limbah Medis Padat Puskesmas Cisoka Kabupaten Tangerang. *Environmental Occupational Health and Safety*, 4(2), 19–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.24853/eohjs.4.2.19-25>
- Handoko, B.(2024). "Pengelolaan Limbah Medis Padat Di Puskesmas XIII Koto Kampar I Kabupaten Kampar.Pdf." *Jurnal Promotif Preventif* ,7(3):600–

606. doi:
<https://doi.org/10.47650/jpp.v7i3.1335>.
- Hasan., Sopiah, A., Saryono., Alisa. (2022). Strategi Pengolahan Sampah Dan Penerapan Zero Waste Di Lingkungan Kampus STKIP Kusuma Negara.Pdf." *Jurnal Citizenship*, 2(1):273–81. doi: <https://doi.org/10.37640/jcv.v2i1.1370>.
- Hidayatullah, M., Alaika, S., Wiwik, A., and Agus, A. A. (2023). Efektivitas Pengelolaan Limbah Medis Padat Puskesmas Ngagel Rejo Kota Surabaya. *Jurnal Multidisiplin Indonesia*, 2(3):95–104. doi: 10.58344/jmi.v2i1.147.
- Hutajulu, S. M. (2022). Solid Medical Waste Management Strategy in Hospitals , Indonesia Abstract: *The Open Public Health Jurnal*, 2021, 1–7. <https://doi.org/10.2174/18749445-v15-e221223-2022-152>
- Janik-karpinska, E., Brancaloni, R., Niemcewicz, M., Wojtas, W., Foco, M., Podogrocki, M., & Bijak, M. (2023). Healthcare Waste — A Serious Problem for Global Health. *Healthcare*, 11(242), 1–14. <https://doi.org/10.3390/healthcare11020242>
- Maliki, Yusni, I. S, and Zahtamal. (2022). Kajian Pengelolaan Limbah Medis Pada Puskesmas Di Kabupaten Bengkalis. *Sehati Jurnal Kesehatan*, 2(2):42–52. doi: <https://doi.org/10.52364/sehati.v2i2.27>.
- Maulia, N. D., Putra, R. M., & Bayhakki. (2022). Pengelolaan Limbah Medis Padat pada Puskesmas. *Seminar Nasional Perlindungan Ekosistem Dan Lingkungan*, 405–410. <https://ecorins.id/ecopro/article/view/57/46>
- Marlena, Rizal, A., Ariyanto, E., Jalpi, A., Fauzan. Akhmad, & Riza, Y. (2023). Tampilan Hubungan Pengetahuan, Sikap Petugas dan Sarana Prasarana dengan Pengelolaan Limbah Medis Padat di Puskesmas Berangas Kabupaten Barito Kuala Tahun 2023.pdf. *Health Research Journal of Indonesia (HRJI)*, 2(1), 29–36. <https://doi.org/10.63004/hrji.v2i1.272>
- Nabila, Muthia, Herniwanti, and Susanto, Y.v(2024). "Analisis Pengelolaan Limbah Medis Padat Di Puskesmas Bangkinang Kota.Pdf." *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 5(1):643–55. doi: <https://doi.org/10.31004/jkt.v5i1.24642>.
- Nurhayati, H., Ramon, A., Febriawati, H., & Wati, N. (2021). Pengelolaan limbah medis padat b3 di puskesmas perawatan betungan kota bengkulu tahun 2021 b3 solid medical waste management at the betungan care health center, bengkulu in 2021. *Jurnal Ilmiah Avicenna*, 16(2), 97–111. <https://doi.org/10.36085/avicenna.v16i2.1913>
- Kemendes RI (2020).Permenkes Nomor 18 Tahun 2020 Tentang Pengelolaan Limbah Medis Fasilitas Pelayanan Kesehatan.
- Prasetia, A. S. (2024). Handling of liquid hazardous and toxic waste (B3) at Cijerah Health Center UPT Bandung. *Dinasti Piksi International Conference On Knowledge And Sciences*, 4(1), 81–102.
- Pratama, S. D., Budiati, E., Utama, D., & Putri, P. (2023). Gambaran Pengelolaan Limbah Padat Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Fasilitas Pelayanan Puskesmas di Kota Bandar Lampung Overview Hazardous and Toxic Waste Management (B3) Facility Services of Health Centers in Bandar Lampung City. *Jurnal Kesehatan*, 14(1), 157–164.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26630/jk.v14i1.2868>

Rahmiati, R. A. N. (2024). Analisa Regulasi Pengelolaan Limbah B3 Di Puskesmas Pembantu Daerah 3T Bebas Pengalaman.pdf. *Sultan Adam Jurnal Hukum Dan Sosial*, 2(2), 328-335. <https://doi.org/https://doi.org/10.71456/sultan>

Soyler, A., & Burmaoglu, S. (2025). The evolutionary path of medical waste management research: Insights from co-citation and co-word analysis. *Waste Manajemen Dan Research*, 43(1), 3-15. <https://doi.org/10.1177/0734242X241227378>

Sulfiani., Dessi., Nur, R. R., & Lukman. (2024). Analisis Pengelolaan Limbah Medis Puskesmas Di Kota Banda Aceh.Pdf." *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 13(6):429-44. doi: <https://doi.org/10.33221/jikm.v13i06>.

WHO. (2024). Health-care waste. *WORLD HEALTH ORGANIZATION*, October, 1-7.

WHO. (2023). *A Journey to Improve the Healthcare WASH and Waste Management Information System in Indonesia*

