

Kebijakan dan Regulasi Manajemen Limbah Farmasi di Rumah Sakit dalam Mendukung *Green hospital* (A Narrative Review)

**Fajar Hadi Wijayanto^{1,2}, Ganis Kusuma Istighfarin³,
Eduar Arnando Parengkuan⁴, Wilis Cahyaning Ayu⁵**

^{1,3,4} Program Studi Magister Manajemen Inovasi, Universitas Ma Chung
Jalan Villa Puncak Tidar N-01, Malang, Indonesia, 65151

² RSUD Ngudi Waluyo Wlingi

Jalan Dokter Sucipto 5, Kabupaten Blitar, Indonesia, 66184

⁵ Program Studi Magister Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga
Jalan Ir. Soekarno, Surabaya, Indonesia 60115

Korespondensi: Fajar Hadi Wijayanto (fajhadiwijayanto@gmail.com)

Received: 24 Juli 2024 – *Revised:* 31 Agustus 2024 - *Accepted:* 05 Sept 2024 - *Published:* 10 Sept 2024

Abstrak. Konsep *Green hospital* berkaitan dengan rumah sakit yang melibatkan lingkungan sebagai bagian dari layanan berkualitas dan pembangunan berkelanjutan. Limbah farmasi menjadi salah satu bagian yang berdampak besar pada lingkungan, pengelolaan limbah yang tidak memadai dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan gangguan fungsi normal ekosistem. Penelitian ini menggunakan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi kebijakan dan regulasi manajemen limbah farmasi di rumah sakit untuk mencapai *green hospital* dan dampaknya terhadap keberlanjutan lingkungan. Penelitian ini menggunakan database yaitu PubMed, Scopus dan ScienceDirect. Penapisan literatur dilakukan dengan *Covidence software* dengan memasukkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Hasil tinjauan literatur menyoroti beragam kebijakan dan regulasi dalam manajemen limbah farmasi di rumah sakit, termasuk peraturan terkait pengelolaan dan pengurangan limbah farmasi. Regulasi memiliki dampak signifikan dalam mendukung inisiasi *green hospital* dengan mempromosikan praktik ramah lingkungan serta berdampak baik pada lingkungan. Temuan ini dapat memberikan wawasan bagi pemangku kepentingan untuk memperkuat kebijakan terkait pengelolaan limbah farmasi di rumah sakit dalam mendukung lingkungan berkelanjutan.

Kata kunci: Kebijakan, manajemen limbah farmasi, rumah sakit, *green hospital*, lingkungan

Citation Format: Wijayanto, F.H., Istighfarin, G.K., Parengkuan, E.A., & Ayu, W.C. (2024). Kebijakan dan Regulasi Manajemen Limbah Farmasi di Rumah Sakit dalam Mendukung *Green hospital*: A Narrative Review. *Prosiding SENAM 2024: Seminar Nasional Ilmu Kesehatan Universitas Ma Chung*. 4, 11-23. Malang: Ma Chung Press.

PENDAHULUAN

Pengelolaan limbah farmasi di rumah sakit merupakan isu kritis dalam upaya mencapai tujuan *green hospital* dan mendukung keberlanjutan lingkungan. Limbah farmasi termasuk dalam kategori limbah berbahaya yang memerlukan penanganan khusus karena

potensi dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan Masyarakat (Chen *et al.*, 2013). Limbah farmasi merupakan obat-obatan yang tidak terpakai atau kadaluwarsa dapat berbahaya bagi lingkungan jika tidak tertangani dengan benar. Obat-obatan dilepaskan ke lingkungan melalui sistem pengolahan air limbah, fasilitas budidaya perikanan, limpasan dari ladang, dan dilepaskan ke dalam bentuk padat selama penggunaan biosolid dan pupuk kandang (Bexfield *et al.*, 2019). Secara umum, obat-obatan dibagi menjadi dua kategori berdasarkan konsumsinya yaitu hewan dan manusia. Obat-obatan hewan digunakan untuk budidaya perairan, hewan peliharaan dan peternakan. Limbah obat-obatan ternak seringkali terbawa ke ekosistem air dan darat, hal ini juga ditemukan pada obat-obatan manusia sehingga mengganggu kesehatan lingkungan. Reservoir bakteri resisten antibiotik di lingkungan disebabkan pembuangan antibiotik dan anti mikroba secara sembarangan ke dalam ekosistem, sehingga mendorong resistensi obat (Desai *et al.*, 2022).

Proses pembakaran dengan suhu tinggi (diatas 1200°C) dengan pembersihan gas yang memadai menjadi salah satu manajemen yang tepat dalam pengelolaan limbah farmasi (Desai *et al.*, 2022). Namun, hal ini belum terjadi secara global serta muncul kekhawatiran mengenai polusi limbah farmasi (*environmentally persistent pharmaceutical pollutants*) di lingkungan, sehingga mendorong diskusi mengenai kebijakan dan regulasi terkait pembuangan dan pengelolaan limbah farmasi yang tepat. Kebijakan dan regulasi yang efektif dalam pengelolaan limbah farmasi tidak hanya diperlukan untuk meminimalkan dampak negatifnya, tetapi juga untuk memastikan bahwa rumah sakit dapat berperan sebagai entitas yang bertanggung jawab secara lingkungan. Dalam konteks ini, konsep *green hospital* atau rumah sakit hijau menjadi relevan karena mengacu pada prinsip-prinsip praktik yang ramah lingkungan, termasuk pengelolaan limbah yang berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan naratif terhadap kebijakan dan regulasi yang ada dalam pengelolaan limbah farmasi di rumah sakit, dengan fokus pada kontribusinya terhadap pencapaian tujuan *green hospital* dan dampaknya terhadap keberlanjutan lingkungan. Melalui analisis yang mendalam, diharapkan penelitian ini dapat mengidentifikasi faktor-faktor keberhasilan serta tantangan dalam implementasi kebijakan tersebut, serta memberikan rekomendasi untuk perbaikan lebih lanjut.

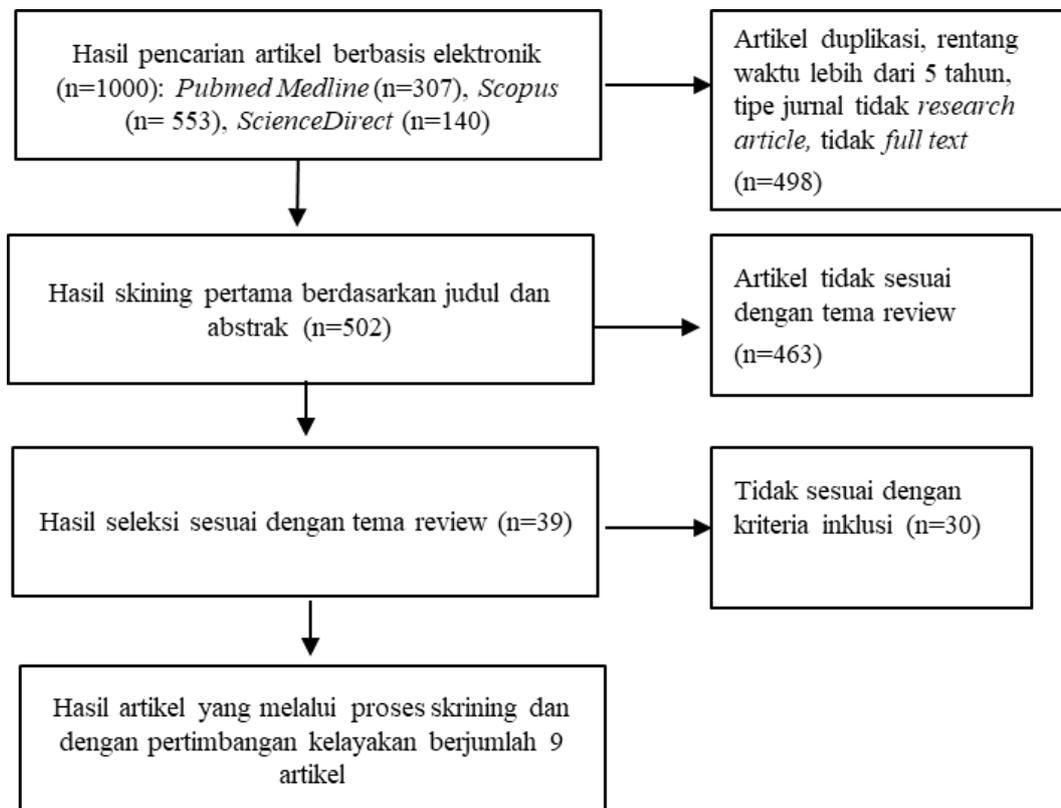
MASALAH

Pengelolaan limbah farmasi di rumah sakit menjadi sebuah tantangan yang signifikan dalam upaya mencapai tujuan *green hospital* dan mendukung keberlanjutan lingkungan. Permasalahan dalam pengelolaan limbah utamanya adalah: 1) Limbah mengandung bahan kimia berbahaya dan obat-obatan yang sudah tidak terpakai atau kedaluwarsa, yang memerlukan penanganan khusus untuk mencegah pencemaran lingkungan dan potensi risiko kesehatan bagi Masyarakat (Ashiwaju *et al.*, 2023); 2) Regulasi yang tidak konsisten atau tidak jelas sering kali menjadi hambatan dalam implementasi praktik pengelolaan limbah farmasi yang efektif di rumah sakit (Desai *et al.*, 2022); 3) Keterbatasan infrastruktur dan sumber daya yang memadai untuk mengelola limbah farmasi dengan aman dan efisien (Ashiwaju *et al.*, 2023); 4) Kurangnya kesadaran akan pentingnya pengelolaan limbah farmasi yang baik dan kurangnya pelatihan untuk staf rumah sakit dapat menghambat implementasi kebijakan pengelolaan limbah yang sesuai (Letho *et al.*, 2021); 5) Biaya yang terkait dengan pengelolaan limbah farmasi, termasuk biaya pengangkutan, pengolahan, dan disposisi akhir, juga menjadi perhatian utama bagi rumah sakit yang ingin menerapkan praktik berkelanjutan (Nyaga *et al.*, 2020).

METODE PELAKSANAAN

Penelitian ini dilakukan dengan tinjauan naratif menggunakan *database* PubMed, Scopus dan ScienceDirect pada rentang waktu 2015-2024 untuk mengeksplorasi penelitian yang dipublikasikan pada jurnal tentang kebijakan dan regulasi dalam pengelolaan limbah farmasi di rumah sakit terhadap pencapaian *green hospital*. Literatur menggunakan bahasa Inggris dengan kata kunci “*Policy or Regulation*”, “*Pharmaceutical Waste Management*”, “*Hospital*”, “*Green hospital*”, “*Environmental Sustainability*”. Literatur penelitian ini merujuk pada kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan sebelumnya. Berikut beberapa kriteria inklusi dalam penelitian ini: (i) penelitian mengidentifikasi kebijakan dan regulasi terkait pengelolaan limbah farmasi di rumah sakit, (ii) menyajikan informasi tentang dampak kebijakan dan regulasi terhadap keberlanjutan lingkungan (pengurangan limbah, penggunaan sumber daya lebih efisien atau dampak positif lainnya). Sedangkan kriteria eksklusi pada penelitian ini: (i) penelitian yang membahas pengelolaan limbah farmasi di luar konteks rumah sakit, (ii) bukan *case-report* artikel dan artikel belum terpublikasi. Pencarian awal menghasilkan lebih dari 1000 literatur kemudian dianalisis untuk menilai apakah artikel tersebut berfokus pada pengelolaan limbah farmasi

(pengumpulan limbah, pemilihan, pengangkutan, praktik penyimpanan dan pembuangan) menggunakan software Covidence. Diagram *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis* (PRISMA) dari strategi pencarian literatur yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada gambar 1. Artikel yang memiliki duplikat maka akan dihilangkan salah satunya. Peneliti melakukan pencarian dan melakukan *screening* secara independent dan menilai artikel berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. *Proceeding* dan disertasi dieksklusi dari penelitian. Penulis mendapatkan 9 artikel yang sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi.



Gambar 1. Prisma flow diagram proses seleksi artikel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari 1000 artikel yang dikumpulkan melalui pencarian awal. Tabel 1 memuat kata kunci pencarian literatur dan tabel 2 mendeskripsikan karakteristik artikel terpilih.

Tabel 1. Kata Kunci Pencarian Literatur

Database Jurnal	Kata Kunci Pencarian	Jumlah Artikel
PubMed	(Policy) AND (Pharmaceutical Waste Management) AND (Hospital)	307
Scopus	(Policy) AND (Pharmaceutical Waste Management) AND (Hospital)	553

Database Jurnal	Kata Kunci Pencarian	Jumlah Artikel
ScienceDirect	(Policy) AND (Pharmaceutical Waste Management) AND (Hospital)	140

Tabel 2. Karakteristik Studi Terpilih

No.	Penulis	Lokasi Studi	Desain Studi	Karakteristik
1.	(Binu <i>et al.</i> , 2024)	India	Studi Cross-Sectional	Usia: 90.83% partisipan 18-25 tahun JK: 77.5% wanita, 22.5% laki-laki
2.	(Kumar <i>et al.</i> , 2016a)	Pakistan	Studi quasi-experimental	Petugas kesehatan dan petugas sanitasi dari dua rumah sakit pendidikan tersier di Rawalpindi, Pakistan
3.	(Ferrando-Climent <i>et al.</i> , 2015)	Spain	Studi quasi-experimental	Air limbah rumah sakit dari Rumah Sakit Dr. Josep Trueta di Girona
4.	(Rafiee <i>et al.</i> , 2016)	Iran	Sustainable Assessment of Technologies (SAT)	Para ahli, pemangku kepentingan, profesor di rumah sakit Tehran
5.	(Mohammed <i>et al.</i> , 2021)	Etiopia	Studi Cross-Sectional	Usia: 20 - 56 tahun JK: 46.7% wanita, 53.3% laki-laki
6.	(Jovanović <i>et al.</i> , 2016)	Serbia	Studi Cross-Sectional	Air limbah farmasi di Rumah Sakit Serbia
7.	(Lawal Ibraheem Kehinde <i>et al.</i> , 2022)	-	Studi experimental-observasional	Air limbah farmasi di Rumah Sakit
8.	(Tong <i>et al.</i> , 2017)	-	Randomized control trial	Staf Apoteker Rumah Sakit
9.	(Dürr <i>et al.</i> , 2022)	-	Studi experimental-observasional	Pasien baru mulai mengonsumsi obat antikanker oral baru

Sembilan artikel direview lebih lanjut. Tabel 3 menunjukkan ringkasan artikel terpilih.

Tabel 3 Ringkuman Studi Terpilih

No.	Penulis	Temuan Utama	Kebijakan Penanganan Limbah Farmasi
1.	(Binu <i>et al.</i> , 2024)	Intervensi pendidikan ini secara signifikan meningkatkan kesadaran staf layanan kesehatan mengenai metode pembuangan limbah farmasi yang benar, termasuk pengetahuan tentang kantong limbah dan sistem pengambilan kembali obat. Para peserta umumnya sepakat bahwa pembuangan obat-obatan yang aman merupakan hal yang penting.	Menyelenggarakan pendidikan lebih lanjut dengan menggunakan desain pelatihan yang lebih kuat.

No.	Penulis	Temuan Utama	Kebijakan Penanganan Limbah Farmasi
2.	(Kumar <i>et al.</i> , 2016)	Intervensi pelatihan menghasilkan peningkatan yang signifikan dan berkelanjutan secara statistik dalam pengetahuan, sikap, dan praktik terkait pengelolaan limbah layanan kesehatan di antara petugas layanan kesehatan dan sanitasi pada kelompok intervensi dibandingkan dengan kelompok kontrol, bahkan 18 bulan setelah intervensi.	Pengelolaan limbah layanan kesehatan masuk dalam kebijakan layanan kesehatan secara keseluruhan, baik untuk rumah sakit pemerintah maupun swasta,
3.	(Ferrando-Climent <i>et al.</i> , 2015)	<i>Trametes versicolor</i> menghilangkan residu air limbah rumah sakit. Penelitian ini mengidentifikasi produk transformasi dari obat-obatan tersebut menggunakan teknologi high resolution mass spectrometry (HRMS)	Penggunaan bioreaktor fluidized bed dengan <i>Trametes versicolor</i> untuk menghilangkan residu obat-obatan dari air limbah rumah sakit
4.	(Rafiee <i>et al.</i> , 2016)	Penanganan limbah farmasi dengan metodologi SAT menjadi teknologi terbaik berdasarkan aspek teknis, ekonomi, sosial, dan lingkungan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pelatihan personel dalam kesiapsiagaan darurat. 2. Merumuskan rencana manajemen darurat 3. Mengembangkan kemasan yang lebih aman untuk limbah medis 4. Merancang jaringan rantai pasokan terbalik untuk limbah medis.
5.	(Mohammed <i>et al.</i> , 2021)	Tingkat pemborosan obat secara keseluruhan adalah 3,68%, kadaluwarsa merupakan alasan utama. Tingkat pemborosan di pusat kesehatan hampir dua kali lebih tinggi	Pengelolaan inventarisasi yang tepat dan pengembangan serta penerapan rencana dan kebijakan pengelolaan limbah layanan kesehatan khusus fasilitas kesehatan yang jelas.
6.	(Jovanović <i>et al.</i> , 2016)	Meningkatkan pengelolaan limbah farmasi di rumah sakit akan meningkatkan pengelolaan limbah berbahaya secara keseluruhan dalam sistem layanan kesehatan Serbia	Meningkatkan kepatuhan terhadap peraturan yang ada mengenai pengelolaan limbah farmasi di rumah sakit.
7.	(Lawal Ibraheem Kehinde <i>et al.</i> , 2022)	<i>Bacillus subtilis</i> efektif dalam mengolah air limbah farmasi, menurunkan BOD, COD, TDS, nutrisi, dan logam berat sebesar 55-98% setelah 7-14 hari pengolahan. Bakteri ini menunjukkan potensi tinggi dalam menghilangkan polutan dan limbah dari air limbah farmasi.	Penggunaan <i>Bacillus subtilis</i> dapat menghilangkan residu obat-obatan dari air limbah rumah sakit
8.	(Tong <i>et al.</i> , 2017)	Petugas apotek yang melengkapi rencana pengelolaan obat secara	Pengintegrasian apoteker klinis ke dalam struktur tim di semua unit

No.	Penulis	Temuan Utama	Kebijakan Penanganan Limbah Farmasi
		signifikan mengurangi tingkat kesalahan pengobatan, termasuk kesalahan yang berisiko tinggi dan ekstrim.	medis.
9.	(Dürr <i>et al.</i> , 2022)	24,8% pasien menghentikan pengobatan antikanker oral dalam waktu 12 minggu, sehingga menyebabkan pemborosan obat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memulai langkah-langkah untuk mengurangi pemborosan obat antikanker oral, mengingat meningkatnya jumlah resep dan biaya terapi di bidang onkologi. 2. Melaksanakan pelayanan farmakologi/farmasi klinis, termasuk rekonsiliasi pengobatan, manajemen efek samping, dan konseling pasien, untuk mengoptimalkan kepatuhan dan mengurangi penghentian terapi. 3. Menyediakan paket (inisiasi) yang lebih kecil untuk resep yang ekonomis, karena dapat membantu mengurangi pemborosan. 4. Diskusikan praktik pengisian resep sebagian, yang sudah dilakukan secara internasional, dan juga di Jerman.

Sumber Limbah Farmasi

Limbah farmasi merupakan obat-obatan yang tidak terpakai atau kadaluwarsa dapat berbahaya bagi lingkungan jika tidak tertangani dengan benar. Limbah farmasi dapat dihasilkan melalui berbagai sumber, termasuk kotoran manusia dan hewan, limbah medis dari fasilitas kesehatan dan kedokteran hewan hingga limbah industri (Chisholm *et al.*, 2021). Meluasnya penggunaan obat-obatan dalam praktik medis manusia dan hewan, budi daya perairan hingga produk pertanian menyebabkan terurainya ragam bahan kimia farmasi di lingkungan (WHO, 2012). Instalasi pengolahan limbah konvensional tidak cukup menghilangkan obat-obatan secara keseluruhan, sehingga hal ini sering terdeteksi di badan air lingkungan dalam jumlah cukup tinggi ng L^{-1} hingga $\mu g L^{-1}$ (Chen *et al.*, 2013).

Management Limbah Farmasi

Pengelolaan obat-obatan secara tidak tepat dapat menyebabkan kontaminasi air dan tanah serta meningkatkan potensi bahaya bagi satwa liar dan manusia (Chisholm *et al.*, 2021). Secara konvensional pengelolaan limbah melibatkan degradasi biologis dengan menggunakan lumpur aktif sedangkan, fasilitas canggih memiliki proses pengolahan tersier seperti osmosis balik, ozonasi dan teknologi oksidasi canggih (WHO, 2012). Farmasi merupakan kelompok bahan kimia yang beragam, dengan sifat fisik dan kimia yang

berbeda-beda (Jelic *et al.*, 2011). Kemanjuran pengolahan limbah farmasi tergantung pada karakteristik fisik dan kimia obat-obatan. Penelitian oleh (Ferrando-Climent *et al.*, 2015) penanganan limbah obat anticancer seperti cyclophosphamide menggunakan bioreactor fluidized bed dengan *trametes versicolor* efektif dalam menghilangkan residu obat-obatan selain itu jenis jamur *trametes versicolor* juga mampu menghasilkan produk transformasi yang tidak beracun bagi bakteri *V.fischeri*. Sedangkan, bakteri *Bacillus subtilis* juga efektif dalam mengolah air limbah farmasi yaitu dengan menurunkan BOD, COD, TDS, nutrisi, dan logam berat sebesar 55-98% setelah 7-14 hari pengolahan (Lawal Ibraheem Kehinde *et al.*, 2022).

Proses pengolahan air limbah tingkat lanjut, seperti *ozonasi*, pengolahan membran dan oksidasi tingkat lanjut secara umum dapat mencapai efisiensi hingga 100% (WHO, 2012). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa proses oksidasi tingkat lanjut dapat mencapai eliminasi diklofenak hingga 100% (Alessandretti *et al.*, 2021). Pelatihan dan pendidikan juga memainkan peran penting dalam pengelolaan serta pembuangan limbah farmasi yang tepat. Rumah sakit perlu memfasilitasi pelatihan khusus dalam pengelolaan limbah layanan kesehatan (Binu *et al.*, 2024; Jovanović *et al.*, 2016; Kumar *et al.*, 2016). Program pendidikan secara signifikan meningkatkan kesadaran staf mengenai pembuangan limbah farmasi, sementara (Gruenberg., 2017) melaporkan peningkatan yang signifikan dalam pengetahuan tentang undang-undang pembuangan obat dan dampak perubahan iklim terhadap kesehatan di kalangan mahasiswa farmasi. (Kumar *et al.*, 2016) menyoroti dampak positif intervensi pelatihan terhadap pengetahuan, sikap, dan praktik pekerja rumah sakit di Pakistan, yang terakhir secara khusus berfokus pada pengelolaan limbah menular. Temuan-temuan ini menggarisbawahi pentingnya pendidikan dan pelatihan berkelanjutan dalam mempromosikan pengelolaan limbah farmasi berkelanjutan di lingkungan layanan kesehatan. Proses pengelolaan limbah farmasi dan kisaran efisiensinya ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Proses Pengelolaan Limbah Farmasi dan Kisaran Efisiensi Penurunan Residu

Obat-Obatan				
Proses pengelolaan	% Efisiensi	Sumber limbah	Area penelitian	Referensi
Pelatihan dan edukasi	15-30	Air limbah farmasi	-	(Binu <i>et al.</i> , 2024; Jovanović <i>et al.</i> , 2016; Kumar <i>et al.</i> , 2016).

Proses pengelolaan	% Efisiensi	Sumber limbah	Area penelitian	Referensi
Bioreaktor fluidized bed dengan Trametes versicolor	25-30	Air limbah farmasi	Spain	(Ferrando-Climent <i>et al.</i> , 2015)
Sustainable Assessment of Technologies	10-25	Air limbah farmasi	Iran	(Rafiee <i>et al.</i> , 2016)
Bacillus subtilis	55-98	Air limbah farmasi (Biochemical Oxygen Demand)	Nigeria	(Lawal Ibraheem Kehinde <i>et al.</i> , 2022)

Resiko Limbah Farmasi

Limbah farmasi dapat berkontribusi terhadap meningkatnya masalah resistensi antibiotik dan masalah lingkungan lainnya. Menurut (WHO, 2012), limbah farmasi yang tidak dikelola dengan benar dapat mencemari air tanah dan sungai dengan bahan kimia berbahaya seperti antibiotik dan hormon, mengancam keberlanjutan ekosistem air. Sedangkan kontaminasi jangka panjang dapat membahayakan kesehatan manusia, khususnya melalui konsumsi air tercemar atau produk pertanian yang terkontaminasi. Penelitian oleh (Bombaywala *et al.*, 2021) menyoroti bahwa limbah farmasi yang memasukkan antibiotik ke dalam lingkungan dapat berkontribusi pada resistensi antibiotik, menyebabkan tantangan serius dalam pengobatan infeksi bakteri. Laporan dari United Nations Environment Programme (UNEP) menunjukkan bahwa limbah farmasi dapat meracuni satwa liar dan mengganggu keseimbangan ekosistem air, mengancam keberlanjutan kehidupan liar (UNEP, 2021). Panduan terkait pengelolaan limbah farmasi yang menekankan kompleksitas dalam pemilihan teknologi pengolahan yang tepat untuk mengatasi bahan kimia berbahaya dan kontaminan menjadi tanggung jawab pemerintah maupun pelaku usaha khususnya di bidang kesehatan.

Kebijakan dan Strategi Penanganan Limbah Farmasi

Peraturan mengenai pembuangan limbah farmasi dapat berbeda-beda di setiap negara, negara bagian bahkan kota. Kebijakan ini dibuat dimaksudkan pembuangan limbah farmasi dilakukan dengan aman dan bertanggung jawab untuk melindungi kesehatan masyarakat serta lingkungan sekitar (Ingale *et al.*, 2023).

Penelitian oleh (Binu *et al.*, 2024) menerapkan peraturan terkait pedoman pembuatan limbah farmasi serta persyaratan perawatan kesehatan dengan ketat untuk pengelolaan obat-obatan dengan aman dan bertanggung jawab. Penelitian oleh (Ferrando-Climent *et al.*, 2015) memanfaatkan bioreaktor fluidized bed dengan *Trametes versicolor* dalam menghilangkan residu limbah farmasi khususnya pada residu obat anticancer, hasilnya menunjukkan bahwa keberadaan *white-rot fungus Trametes versicolor* dapat menghilangkan Ciprofloxacin dan Tamoxifen dalam kondisi steril sebesar 84% dan 91%. Selain itu hasil toxicity menggunakan bioassay dengan bakteri *V.fisheri* (uji Microtox) pada produk transformasi tidak menunjukkan efek toksik terhadap bakteri pada konsentrasi yang diuji. Hal ini berpengaruh positif terhadap keseimbangan ekosistem serta efektif dalam menurunkan limbah farmasi.

Potensi *Bacillus subtilis* dalam pengelolaan limbah farmasi cukup efektif mengurangi parameter *Biological Oxygen Demand (BOD)* dan *Chemical Oxygen Demand* serta mampu mengatasi polusi air limbah pada lingkungan. Setelah 14 hari pengolahan, BOD berkurang dari 200mg/L menjadi 45mg/L yang menunjukkan efisiensi pengurangan sebesar 75.5% sedangkan COD dari angka 395mg/L berkurang menjadi 150mg/L dengan efisiensi 62.03%. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Bacillus subtilis* mampu meningkatkan kualitas air melalui pengurangan kontaminan organik dan kimia (Lawal Ibraheem Kehinde *et al.*, 2022).

Tenaga kesehatan termasuk pengelola limbah farmasi penting untuk mengetahui peraturan mengenai pembuangan limbah medis dan mematuhi peraturan tersebut untuk memastikan pengelolaan limbah yang aman dan bertanggung jawab (Jovanović *et al.*, 2016; Mohammed *et al.*, 2021; Rafiee *et al.*, 2016). Program pengambilan kembali, mengurangi pemborosan obat hingga pembuangan TPA mempunyai keterbatasan dan tantangan tersendiri (Dürr *et al.*, 2022; Tong *et al.*, 2017). Selain itu pemilihan metode pembuangan limbah yang tidak tepat dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan resiko kesehatan masyarakat

KESIMPULAN

Pengelolaan limbah farmasi, termasuk mengatur seluruh siklus produksi dalam rangka menurunkan residu limbah farmasi menjadi sebuah kebutuhan mendesak yang memerlukan kolaborasi antar lintas sektor. Peraturan serta upaya yang ada saat ini belum mampu mengurangi kontaminan farmasi di lingkungan. Hal ini disebabkan oleh kurangnya

prosedur penilaian risiko prospektif yang dapat diandalkan. Melalui tinjauan naratif yang dilakukan, pemanfaatan *Bacillus subtilis* menjadi salah satu metode dalam menurunkan residu limbah farmasi yang memiliki efisiensi hingga 55-98% selama 7 hingga 14 hari penanganan.

Rekomendasi kebijakan berdasarkan studi ini adalah: 1) Apoteker harus meningkatkan kesadaran masyarakat tentang praktik pembuangan limbah farmasi yang aman; 2) Harus ada kebijakan, pedoman, dan kampanye kesadaran masyarakat untuk pengelolaan limbah farmasi yang berkelanjutan; dan 3) Tindakan harus diambil untuk mengurangi *timbulan* limbah farmasi, menerapkan opsi pengambilan kembali dan menggunakan teknologi pengolahan air limbah modern.

DAFTAR PUSTAKA

- Alessandretti, I., Rigueto, C. V. T., Nazari, M. T., Rosseto, M., & Dettmer, A. (2021). Removal of diclofenac from wastewater: A comprehensive review of detection, characteristics and tertiary treatment techniques. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(6), 106743. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106743>
- Ashiwaju, B. I., Uzougbo, C. G., & Orikpete, O. F. (2023). Environmental impact of pharmaceuticals: A comprehensive review. *Matrix Science Pharma*, 7(3), 85–94. https://doi.org/10.4103/mtsp.mtsp_15_23
- Bexfield, L. M., Toccalino, P. L., Belitz, K., Foreman, W. T., & Furlong, E. T. (2019). Hormones and pharmaceuticals in groundwater used as a source of drinking water across the United States. *Environmental Science and Technology*, 53(6), 2950–2960. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05592>
- Binu, K., N. H., Swathi, J., Nivedita, B. P., & Doddappa, Saniya, H. (2024). Impact of educational intervention on pharmaceutical waste management in a tertiary care teaching hospital—Healthcare staff centered study. *Saudi Journal of Medical and Pharmaceutical Sciences*, 10(4), 267–272. <https://doi.org/10.36348/sjmps.2024.v10i04.010>
- Bombaywala, S., Mandpe, A., Paliya, S., & Kumar, S. (2021). Antibiotic resistance in the environment: A critical insight on its occurrence, fate, and eco-toxicity. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(20), 24889–24916. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13143-x>
- Chen, W., Xu, J., Lu, S., Jiao, W., Wu, L., & Chang, A. C. (2013). Fates and transport of PPCPs in soil receiving reclaimed water irrigation. *Chemosphere*, 93(10), 2621–2630. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.09.088>
- Chisholm, J. M., Zamani, R., Negm, A. M., Said, N., Abdel Daiem, M. M., Dibaj, M., & Akrami, M. (2021). Sustainable waste management of medical waste in African developing countries: A narrative review. *Waste Management and Research*, 39(9), 1149–1163. <https://doi.org/10.1177/0734242x2111029175>
- Desai, M., Njoku, A., & Nimo-Sefah, L. (2022). Comparing environmental policies to

- reduce pharmaceutical pollution and address disparities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14), 8292. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148292>
- Dürr, P., Schlichtig, K., Krebs, S., Schramm, A., Schötz, L., Fromm, M. F., & Dörje, F. (2022). Economic aspects in the care of patients with new oral anticancer drugs: Findings from the AMBORA trial. *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen*, 169, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.zefq.2022.01.002>
- Ferrando-Climent, L., Cruz-Morató, C., Marco-Urrea, E., Vicent, T., Sarrà, M., Rodriguez-Mozaz, S., & Barceló, D. (2015). Non conventional biological treatment based on *Trametes versicolor* for the elimination of recalcitrant anticancer drugs in hospital wastewater. *Chemosphere*, 136, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.03.051>
- Ingale, M. H., Tayade, M. C., Patil, Y. P., & Salunkhe, R. H. (2023). Pharmaceutical waste disposal: Current practices and regulations: Review. *International Journal of Pharmaceutical Quality Assurance*, 14(3), 821–824. <https://doi.org/10.25258/ijpqa.14.3.59>
- Jovanović, V., Manojlović, J., Jovanović, D., Matic, B., & Đonović, N. (2016). Management of pharmaceutical waste in hospitals in Serbia: Challenges and the potential for improvement. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 50(4), 695–702. <https://doi.org/10.5530/ijper.50.4.22>
- Kumar, R., Somrongthong, R., & Ahmed, J. (2016a). Impact of waste management training intervention on knowledge, attitude and practices of teaching hospital workers in Pakistan. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 32(3), 705–710. <https://doi.org/10.12669/pjms.323.9903>
- Kumar, R., Somrongthong, R., & Ahmed, J. (2016b). Impact of waste management training intervention on knowledge, attitude and practices of teaching hospital workers in Pakistan. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 32(3), 705. <https://doi.org/10.12669/pjms.323.9903>
- Kehinde, L. I., Adekanmi, A. A., Ahmad, L. K., Akinkunmi, O. O., Tomi, O. B., & Ajewole, O. M. (2022). Bioremediation of waste water from pharmaceutical industry by bacteria (*Bacillus subtilis*). *Journal of Environmental Issues and Climate Change*, 1(1), 38–50. <https://doi.org/10.59110/jeicc.v1i1.64>
- Letho, Z., Yangdon, T., Lhamo, C., Limbu, C. B., Yoezer, S., Jamtsho, T., Chhetri, P., & Tshering, D. (2021). Awareness and practice of medical waste management among healthcare providers in National Referral Hospital. *PLOS ONE*, 16(1), e0243817. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243817>
- Mohammed, S. A., Kahissay, M. H., & Hailu, A. D. (2021). Pharmaceuticals wastage and pharmaceuticals waste management in public health facilities of Dessie town, North East Ethiopia. *PLOS ONE*, 16(10), e0259160. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259160>
- Nyaga, M. N., Nyagah, D. M., & Njagi, A. (2020). Pharmaceutical waste: Overview, management, and impact of improper disposal. *Preprints*, 202010.0245/v1. <https://doi.org/10.20944/preprints202010.0245.v1>
- Rafiee, A., Yaghmaeian, K., Hoseini, M., Parmy, S., Mahvi, A., Yunesian, M., Khaefi, M.,

- & Nabizadeh, R. (2016). Assessment and selection of the best treatment alternative for infectious waste by modified Sustainability Assessment of Technologies methodology. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 14(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40201-016-0251-1>
- Tong, E. Y., Roman, C. P., Mitra, B., Yip, G. S., Gibbs, H., Newnham, H. H., Smit, V., Galbraith, K., & Dooley, M. J. (2017). Reducing medication errors in hospital discharge summaries: A randomised controlled trial. *Medical Journal of Australia*, 206(1), 36–39. <https://doi.org/10.5694/mja16.00628>
- United Nations Environment Programme. (2021). *Making peace with nature*. <https://doi.org/10.18356/9789280738377>
- World Health Organization. (2012). *Pharmaceuticals in drinking water*. WHO Press, World Health Organization. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21987209>



© 2024 by authors. Content on this article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license. (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).