
**REVIEW JURNAL PENGELOLAAN LIMBAH PADAT, CAIR, DAN GAS DALAM INDUSTRI FARMASI
REVIEW OF JOURNAL OF SOLID, LIQUID, AND GAS WASTE MANAGEMENT IN PHARMACEUTICAL INDUSTRY**

Oleh

Yuspa¹, Nor Latifah², Yulianita Pratiwi Indah Lestari³

^{1,2,3}Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Barito Kuala, Kalimantan Selatan

Email: [1sitianisak003@gmail.com](mailto:sitianisak003@gmail.com)

Article History:

Received: 09-07-2024

Revised: 24-07-2024

Accepted: 05-08-2024

Keywords:

Pharmaceutical Industry
Waste, Waste Management,
Solid Waste, Liquid Waste,
Gas Waste, Environmental
Management

Abstract: *Pharmaceutical industry waste management is a critical aspect in maintaining environmental and public health. Waste from the pharmaceutical industry includes potentially hazardous solid, liquid, and gaseous wastes. Various management methods have been developed, such as inertization, safe stockpiling, incineration, encapsulation, and deep burial for solid waste; chemical disinfection, sewer disposal, and treatment in wastewater treatment plants for liquid waste; and waste gas treatment technologies for gaseous waste. In Indonesia, PT Indofarma Tbk in Bekasi has implemented various stages of waste management, including reduction, reuse, containerization and collection, internal transportation, internal treatment, temporary storage, external transportation, and outplant treatment. This study used a qualitative methodology with a literature review from the Scopus and SINTA databases, and the results were presented in a descriptive narrative. In conclusion, effective pharmaceutical waste management is essential to minimize negative impacts on the environment and public health.*

PENDAHULUAN

Industri farmasi dilaporkan telah menghasilkan limbah berbahaya dan beracun yang mana di dalamnya terkandung senyawa kimia anorganik dan senyawa kimia organik yang diperoleh dari proses-proses reaksi kimia untuk menghasilkan produk farmasi. Ini dimulai dari proses formulasi, proses pencucian peralatan produksi, aktivitas laboratorium, dan residu produk jadi yang belum dan tidak memenuhi spesifikasi. Secara rinci, limbah dari industri farmasi ini memiliki variasi yang beragam. Demikian ini dibuktikan pada bagaimana limbah dari industri farmasi dapat ditemukan dalam bentuk residu, pelarut, basa, asam, dan juga garam yang memiliki potensi memunculkan racun. Di samping itu, adanya produk industri farmasi yang berupa antibiotik juga dapat menimbulkan cemaran lingkungan yang berujung pada resistensi bakteri (Azzahra & Saptarini 2021).

Limbah industri farmasi menurut (Azzahra & Saptarini 2021) memiliki risiko yang besar dalam perusakan ekosistem dan lingkungan. Oleh sebab itu, dibutuhkan cara yang tepat untuk melakukan pengelolaan limbah dari industri farmasi guna mencegah munculnya dampak berbahaya yang ditimbulkan oleh limbah industri farmasi pada makhluk hidup,

produk farmasi itu sendiri, ekosistem, dan lingkungan. Lebih lanjut, (Shukla et al. 2017) menambahkan bahwasanya di industri farmasi terdapat tiga jenis limbah industri, yaitu: 1) limbah gas; 2) limbah padat; dan 3) limbah cair. *World Health Organizations* (WHO) mengatakan dalam terbitan panduan penanganan limbah farmasi industri yang berjudul “Guidelines for the Safe Disposal of Unwanted Pharmaceuticals in and after Emergencies” pada tahun 1999, memberikan rambu-rambu mutlak untuk tata cara pembuangan limbah farmasi. Demikian ini termasuk cara-cara pembuangan limbah farmasi yang masuk ke dalam pembuangan ke *landfill* secara langsung, pembuangan ke saluran pembuangan, dekomposisi kimia, dan enkapsulasi.

World Health Organizations dalam panduan “Guidelines for the Safe Disposal of Unwanted Pharmaceuticals in and after Emergencies” juga menyatakan bahwasanya limbah dari industri farmasi harus ditangani dan dibuang secara aman. Oleh sebab itu, ada berbagai macam pendekatan yang dapat meminimalisir atau menghilangkan risiko bagi kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat untuk proses penanganan limbah industri farmasi. Dalam panduan ini, juga dijabarkan tentang pendekatan penanganan limbah industri farmasi yang mungkin dilakukan oleh negara dengan peralatan yang terbatas dan sumber daya yang juga terbatas. Secara keseluruhan, panduan yang diterbitkan oleh *World Health Organizations* ini memberikan rekomendasi atas metode pengolahan dan pembuangan limbah industri farmasi (Bungau et al. 2018).

Di Indonesia, industri farmasi telah memberikan perhatian khusus terhadap penanganan limbah industri farmasi dengan sifat berbahaya dan beracun atau B3. Salah satu contoh perusahaan yang telah menerapkan pengelolaan limbah industri farmasi yang berbahaya dan beracun adalah PT Indofarma Tbk di Bekasi. Pada laporan yang disusun oleh (Soewanko 2018), dilaporkan bahwa PT Indofarma Tbk melakukan pengelolaan limbah dengan beberapa tahapan, termasuk reduksi, reuse, pewadahan dan pengumpulan, pengangkutan intern, pengolahan internal, penyimpanan sementara, pengangkutan ekstern, dan outplant treatment. Reduksi dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya pengolahan limbah. Reuse diterapkan untuk memanfaatkan kembali kemasan bekas yang masih layak. Pengelolaan internal meliputi penggunaan mesin Dis Mill untuk menghancurkan ampul rusak dan insinerator untuk membakar limbah padat.

Adanya berbagai metode yang diterapkan untuk melakukan penanganan limbah di industri farmasi mendorong urgensi *review* ini dilakukan. *Review* ini bertujuan untuk mengkaji tentang penanganan limbah gas, padat, dan cair di industri farmasi. Tujuan penulisan *review* ini adalah untuk merinci dengan detail metode yang digunakan dalam penanganan limbah industri farmasi.

METODE PENELITIAN

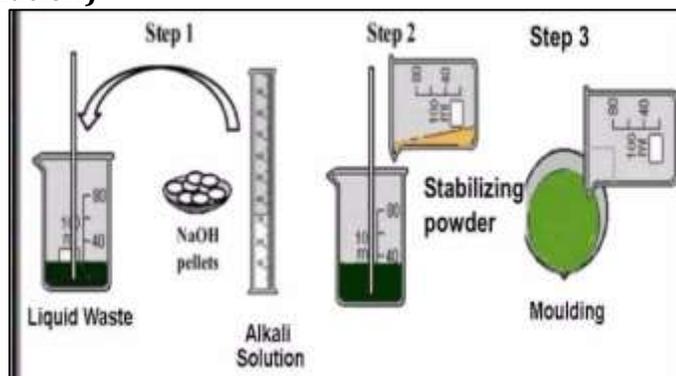
Metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian ini merupakan metodologi penelitian kualitatif. Sementara itu, jenis metodologi penelitian berbasis tinjauan literatur. (Vindrola-Padros & Johnson, 2020) menyebutkan bahwasanya tinjauan literatur adalah cara yang sistematis yang dilakukan untuk melakukan sintesis atas penelitian terdahulu setelah dilakukan pengumpulan data. Tujuan penggunaan metodologi penelitian kualitatif berbasis tinjauan literatur adalah untuk menghubungkan kajian dengan ilmu pengetahuan teoretis yang sudah ada dengan sintesis bukti empiris. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil

referensi dalam database Scopus (Indeks Q1-Q2 dan SINTA (SINTA 5 dan SINTA 6) untuk melakukan tinjauan literatur. Hasil analisis data dalam penelitian ini disajikan secara naratif deskriptif untuk mempermudah pemahaman tentang metode yang digunakan untuk menangani limbah industri farmasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan Limbah Industri Farmasi dalam Bentuk Padat

1. Inertisasi (*Inertization*)



Gambar 1. Gambaran Proses Inertisasi Limbah Padat

Limbah padat diolah dengan cara dicampur dengan air, semen, dan kapur untuk membentuk pasta homogen yang kemudian dimasukkan ke *landfill* dalam kondisi cair. Pada saat berada dalam kondisi cair, pasta diangkut oleh truk pengaduk beton dan kemudian dituangkan ke dalam sampah kota biasa. Seiring berjalannya waktu, sampah kemudian akan mengeras. Banyak industri farmasi di Indonesia yang menggunakan inertisasi karena prosedurnya mudah, membutuhkan biaya yang murah, dan bisa dilengkapi hanya dengan peralatan dasar (Sharma et al. 2020).

2. Penimbunan Aman (*Secured Land Filling*)



Gambar 2. Gambar *Landfill* untuk Penimbunan Aman

Proses ini melibatkan pembuangan limbah padat ke *landfill* yang dirancang khusus untuk menangani limbah berbahaya. *Landfill* tersebut dirancang untuk mengandung lindi dan mencegah **kontaminasi** lingkungan. Secara rinci, metode ini dilakukan dengan membuang limbah padat di tempat pembuangan akhir yang secara khusus dibangun juga dikelola untuk menangani limbah yang berbahaya. Di beberapa negara besar, *secured land filling* dilakukan di tambang yang tidak terpakai, lubang bekas tambang, dan lubang tempat di mana pembuangan sampah sering dibuat. Industri farmasi di Thailand dan China kerap

melakukan metode ini karena dinilai sangat mudah dilakukan dan dapat ditimbun dalam jangka waktu lama yang stabil (Sharma et al. 2020).

3. Pembakaran (*Incineration*)



Gambar 3. Gambar *Incinerator* Limbah Padat

Pembakaran adalah proses pembuangan limbah padat organik dengan membakar limbah tersebut hingga menjadi residu dan material gas. Pembakaran dilakukan baik dalam skala kecil maupun besar dan diterima sebagai metode yang layak untuk membuang limbah berbahaya. Namun, perlu diwaspadai emisi gas yang dihasilkan serta abu dari *incinerator* yang harus dibuang ke landfill yang aman (Alnahas et al. 2020).

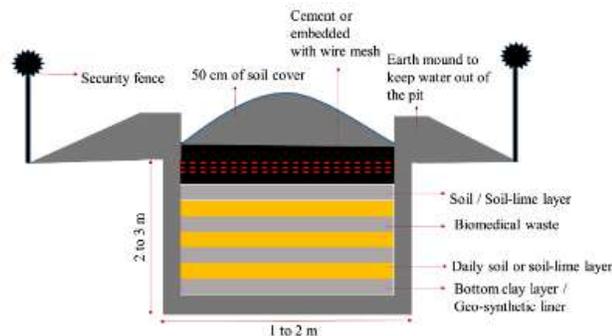
4. Pengkapsulan (*Encapsulation*)



Gambar 4. Gambar Pengkapsulan Limbah Padat dalam Drum

Enkapsulasi adalah proses penutupan limbah dalam material yang solid dan stabil untuk mengurangi potensi risiko lingkungan. Secara rinci, proses enkapsulasi dilakukan dengan mengumpulkan dan mengklasifikasikan limbah berdasarkan jenis dan tingkat bahayanya. Selanjutnya, limbah padat dihancurkan, dicampur, dan dihomogenkan untuk memastikan adanya distribusi yang merata dalam material enkapsulasi. Limbah kemudian dicampur dengan bahan enkapsulasi seperti beton, semen, dan polimer yang kemudian campuran ini dicetak dalam bentuk drum yang solid. Produk akhir dari enkapsulasi dapat disimpan di tempat yang aman atau dibuang di tempat pembuangan akhir yang sesuai (Bungau et al. 2018).

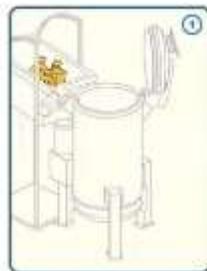
5. Penguburan Dalam (*Deep Burial*)



Gambar 5. Penjelasan Mekanisme Penguburan Dalam

Deep burial adalah metode penguburan limbah di lokasi penggalian yang telah ditetapkan. Cara melakukan *deep burial* adalah lubang digali dengan kedalaman antara 2 hingga 3 meter dan lebar sekitar 1 hingga 2 meter. Lokasi penggalian biasanya dilengkapi dengan pagar pengaman untuk mencegah akses yang tidak sah. Di dasar lubang, terdapat lapisan tanah liat atau liner geosintetik yang berfungsi sebagai penghalang untuk mencegah limbah meresap ke dalam tanah dan mencemari air tanah. Selanjutnya, setiap lapisan limbah (Sharma et al. 2020) ditutup dengan lapisan tanah atau campuran tanah dengan kapur. Lapisan ini berfungsi untuk mengurangi bau dan membantu dalam proses dekomposisi limbah. Setelah lubang penuh, lapisan terakhir adalah penutup tanah setebal 50 cm yang berfungsi untuk menutup rapat lubang tersebut. Di atasnya, ditambahkan gundukan tanah untuk mencegah air masuk ke dalam lubang dan meresap ke dalam lapisan limbah.

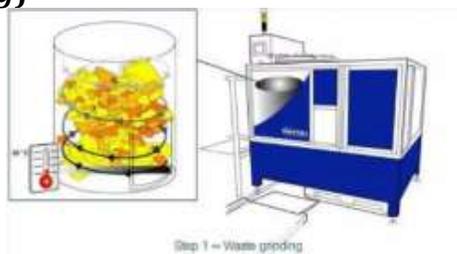
6. Autoklaf (*Autoclaving*)



Gambar 6. Autoklaf untuk Sterilisasi Limbah Padat

Limbah padat disterilisasi menggunakan uap jenuh dalam bejana bertekanan untuk jangka waktu yang cukup lama pada suhu yang cukup tinggi guna menghancurkan patogen. Proses ini menghasilkan aliran limbah yang dapat digunakan untuk mengisi landfill bersama limbah kota lainnya (Azzahra & Saptarini 2021).

7. Mikrowave (*Microwaving*)



Gambar 7. Mikrowave untuk Pemanasan Limbah Padat

Mikrowave menggunakan medan listrik untuk memanaskan cairan dalam limbah sehingga membunuh komponen infeksius melalui konduksi. Limbah harus dihancurkan

terlebih dahulu dan dilembabkan sebelum dimasukkan ke dalam microwave (Azzahra & Saptarini 2021).

Pengelolaan Limbah Industri Farmasi dalam Bentuk Cair

1. Desinfeksi Kimia (*Chemical Disinfection*)



Gambar 8. Mesin Desinfeksi Kimia untuk Limbah Cair

Limbah cair diolah dengan menambahkan oksidan kuat seperti senyawa klorin, garam amonium, aldehida, atau senyawa fenol untuk menghancurkan atau menonaktifkan bakteri di dalam limbah. Efektivitas desinfeksi tergantung pada jenis dan jumlah bahan kimia yang digunakan, serta tingkat dan durasi kontak antara disinfektan dan limbah (Vasudha & Laiju 2024).

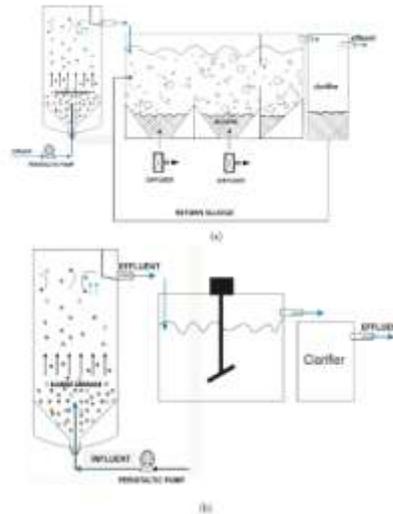
2. Sistem Pembuangan Air Limbah (*Sewer*)



Gambar 9. Saluran *Sewer* untuk Pengaliran Pembuangan Limbah Cair

Limbah cair seperti sirup dan cairan infus dapat diencerkan dengan air dan dibuang ke saluran pembuangan dalam jumlah terbatas secara bertahap tanpa membahayakan kesehatan masyarakat atau lingkungan. Cairan farmasi yang diencerkan dengan baik atau antiseptik juga dapat dibuang melalui aliran air yang cepat mengalir (Tóth et al. 2022).

3. Pengolahan Limbah Cair di Pabrik Pengolahan Air Limbah (*Wastewater Treatment Plant*)



Gambar 10. Mekanisme Pengolahan Limbah dengan: a) Metode Aerob-Anaerob dan b) Metode Anaerob-Koagulasi

Banyak industri farmasi menggunakan pabrik pengolahan air limbah untuk menangani limbah cair mereka, menghilangkan kontaminan sebelum air dibuang ke lingkungan. Contoh penerapan metode dari ini adalah aplikasi metode anaerob-aerob dan anaerob-koagulasi. Metode anaerob-aerob dan anaerob-koagulasi diaplikasikan untuk menangani limbah cair industri farmasi melalui proses pengolahan bertahap. Dalam metode anaerob-aerob, limbah cair terlebih dahulu diolah dalam kondisi anaerob di mana mikroorganisme anaerobik menguraikan bahan organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana tanpa oksigen. Selanjutnya, limbah yang telah diuraikan dipindahkan ke tahap aerob, di mana mikroorganisme aerobik melanjutkan penguraian dengan bantuan oksigen, sehingga mengurangi kadar polutan secara signifikan. Sementara itu, dalam metode anaerob-koagulasi, tahap pertama adalah pengolahan anaerobik yang serupa, tetapi diikuti oleh proses koagulasi, di mana bahan kimia koagulan ditambahkan untuk mengendapkan partikel tersuspensi dan polutan lainnya, sehingga menghasilkan air limbah yang lebih bersih dan siap untuk pembuangan atau pemrosesan lebih lanjut (Crisnaningtyas & Vistanty 2016)

Pengelolaan Limbah Industri Farmasi dalam Bentuk Gas

1. Pembakaran (*Incineration*)



Gambar 11. Incinerator untuk Limbah Gas

Proses pembakaran limbah organik padat untuk menghasilkan residu dan bahan gas. Metode ini dapat diterapkan baik dalam skala kecil maupun besar dan diakui sebagai metode yang layak untuk membuang limbah berbahaya. Namun, pembakaran memerlukan perhatian

khusus terhadap emisi gas yang dihasilkan dan abu dari incinerator yang harus dibuang di *landfill* yang aman (Bansod & Deshmukh 2023).

2. Teknologi Pengolahan Limbah Gas (*Gas Waste Treatment Technology*)



Gambar 12. Gambar Teknologi Pengolahan Limbah Gas Berkapasitas Besar

Teknologi canggih digunakan untuk mengolah gas buang sebelum dilepaskan ke atmosfer. Ini termasuk penggunaan scrubber, yang menghilangkan komponen berbahaya dari gas buang, dan sistem penyaringan lain yang dirancang untuk menangkap senyawa organik yang mudah menguap (VOC) dan gas berbahaya lainnya (Bansod & Deshmukh 2023).

KESIMPULAN

Pengelolaan limbah industri farmasi merupakan tantangan besar yang harus dihadapi dengan metode yang tepat untuk mencegah dampak berbahaya pada kesehatan dan lingkungan. Berdasarkan tinjauan literatur, terdapat berbagai metode yang efektif dalam menangani limbah padat, cair, dan gas yang dihasilkan industri farmasi. Beberapa metode yang sering digunakan termasuk inertisasi, penimbunan aman, pembakaran, pengkapsulan, dan penguburan dalam untuk limbah padat; desinfeksi kimia, pembuangan melalui saluran pembuangan, dan pengolahan di pabrik pengolahan air limbah untuk limbah cair; serta teknologi pengolahan limbah gas untuk limbah gas.

Di Indonesia, perusahaan seperti PT Indofarma Tbk telah menerapkan berbagai metode pengelolaan limbah yang menunjukkan keseriusan industri farmasi dalam mengatasi masalah ini. Pendekatan yang digunakan termasuk reduksi, reuse, pewadahan dan pengumpulan, pengangkutan intern, pengolahan internal, penyimpanan sementara, pengangkutan ekstern, dan outplant treatment. Pengelolaan limbah farmasi dengan metode yang tepat dapat membantu meminimalisir risiko bagi kesehatan lingkungan dan masyarakat serta memastikan keberlanjutan industri farmasi.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Alnahas, F., Yeboah, P., Fliedel, L., Abdin, A.Y. & Alhareth, K., 2020, *Expired medication: Societal, regulatory and ethical aspects of a wasted opportunity*, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3).
- [2] Azzahra, L. & Saptarini, N.M., 2021, 'Pharmaceutical Industrial Waste Regulation in Five Countries in Asia', *Indonesian Journal of Pharmaceutics*, 3(1), 9.
- [3] Bansod, H.S. & Deshmukh, P., 2023, 'Biomedical Waste Management and Its Importance: A Systematic Review', *Cureus*.
- [4] Bungau, S., Tit, D.M., Fodor, K., Cioca, G., Agop, M., Iovan, C., Cseppento, D.C.N., Bumbu, A. & Bustea, C., 2018, 'Aspects regarding the pharmaceutical waste management in Romania', *Sustainability (Switzerland)*, 10(8).

- [5] Crisnaningtyas, F. & Vistanty, H., 2016, 'Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi Formulasi dengan Metode Anaerob-Aerob dan Anaerob-Koagulasi', *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 7(1), 13–22.
- [6] Sharma, H.B., Vanapalli, K.R., Cheela, V.S., Ranjan, V.P., Jaglan, A.K., Dubey, B., Goel, S. & Bhattacharya, J., 2020, 'Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic', *Resources, Conservation and Recycling*, 162.
- [7] Shukla, T., Bajaj, R., Khanna, S., Prakash Pandey, S., Dubey, R. & Upmanyu, N., 2017, 'Role of Pharmacist in Pharmaceutical Waste Management', *World Journal of Environmental Biosciences*, 6(2), 1–13.
- [8] Soewanko, V.F., 2018, *LAPORAN PRAKTEK KERJA PROFESI DI PT INDOFARMA (PERSERO) TBK*, Surabaya.
- [9] Tóth, A.J., Fózser, D., Mizsey, P., Varbanov, P.S. & Klemeš, J.J., 2022, *Physicochemical methods for process wastewater treatment: Powerful tools for circular economy in the chemical industry*, *Reviews in Chemical Engineering*.
- [10] Vasudha, V. & Laiju, A.R., 2024, *A Sustainable Approach Towards Wastewater Treatment in Pharmaceutical Industry: A Review*, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1326, Institute of Physics.
- [11] Vindrola-Padros, C. & Johnson, G.A., 2020, *Rapid Techniques in Qualitative Research: A Critical Review of the Literature*, *Qualitative Health Research*, 30(10), 1596–1604.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN