

## INOVASI DALAM PENGELOLAAN LIMBAH FARMASI: STRATEGI EFISIEN UNTUK MENGURANGI DAMPAK LINGKUNGAN DAN MENJAGA KESEHATAN MASYARAKAT

Irma Nadia Yanti<sup>1</sup>, Marisa Susanti<sup>2</sup>, Nor Latifah<sup>3</sup>

Program Studi S1 Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin<sup>1,2,3</sup>

Email: [irmanadiayanti@gmail.com](mailto:irmanadiayanti@gmail.com)<sup>1</sup>, [marizasusantri@gmail.com](mailto:marizasusantri@gmail.com)<sup>2</sup>

### Keywords

*Keywords:*  
*Pharmaceutical Waste,*  
*Waste Management,*  
*Environmentally Friendly*  
*Technology, Circular*  
*Economy*

*Kata Kunci: Limbah*  
*Farmasi, Pengelolaan*  
*Limbah, Teknologi Ramah*  
*Lingkungan, Ekonomi*  
*Sirkular*

### Abstract

*Pharmaceutical waste has become an increasingly urgent issue, particularly with the rising amounts of expired medicines and unused pharmaceuticals. Improper management of pharmaceutical waste can lead to contamination of water, soil, and air, posing risks to ecosystems and human health. This article discusses innovations and efficient strategies for managing pharmaceutical waste, including the use of environmentally friendly processing technologies, the implementation of circular economy principles, and the repurposing of pharmaceutical waste into other products. Additionally, it highlights the importance of collaboration between the government, industry, and society in managing pharmaceutical waste more effectively and efficiently. It is hoped that the implementation of these solutions will make pharmaceutical waste management more sustainable, benefiting both human health and environmental preservation.*

*Limbah farmasi merupakan masalah lingkungan dan kesehatan yang semakin mendesak, terutama dengan meningkatnya jumlah obat-obatan kadaluarsa dan sisa obat yang tidak terpakai. Pengelolaan limbah farmasi yang tidak tepat dapat menyebabkan pencemaran air, tanah, dan udara, yang berpotensi membahayakan ekosistem serta kesehatan manusia. Artikel ini membahas inovasi dan strategi efisien dalam pengelolaan limbah farmasi, termasuk penggunaan teknologi pengolahan yang ramah lingkungan, penerapan prinsip ekonomi sirkular, serta pemanfaatan limbah farmasi untuk produk lain. Selain itu, artikel ini mengulas pentingnya kolaborasi antara pemerintah, industri, dan masyarakat dalam mengelola limbah farmasi dengan lebih efektif dan efisien. Diharapkan dengan penerapan solusi ini, pengelolaan limbah farmasi dapat lebih berkelanjutan dan memberikan manfaat bagi kesehatan manusia serta kelestarian lingkungan.*

## 1. PENDAHULUAN

Limbah farmasi merujuk pada segala jenis produk atau bahan yang berasal dari industri farmasi yang tidak lagi digunakan, seperti obat-obatan kadaluarsa, kemasan obat, atau sisa obat yang tidak terpakai. Pengelolaan limbah farmasi merupakan aspek yang sangat penting dalam menjaga kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat. Limbah farmasi yang tidak dikelola dengan baik dapat mencemari lingkungan, baik tanah, udara, maupun sumber daya air, yang pada gilirannya akan berisiko terhadap

kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Pengaruhnya dapat sangat signifikan, mengingat banyak bahan kimia dalam limbah farmasi yang bersifat toksik dan bioakumulatif.

Dalam beberapa tahun terakhir, semakin banyak penelitian yang menunjukkan bahwa limbah farmasi yang terbuang ke lingkungan dapat menyebabkan kontaminasi pada ekosistem. Kandungan bahan aktif dalam obat-obatan yang tidak terolah dengan baik dapat mencemari air tanah dan sungai, mengganggu keseimbangan ekosistem air, dan bahkan menimbulkan dampak negatif pada organisme akuatik. Oleh karena itu, pengelolaan limbah farmasi yang efektif dan efisien sangat penting untuk melindungi lingkungan dan mencegah dampak buruk terhadap kesehatan masyarakat.

Pengelolaan limbah farmasi menghadirkan tantangan yang cukup kompleks. Salah satunya adalah pencemaran lingkungan yang terjadi akibat pembuangan obat-obatan kadaluarsa atau sisa obat yang tidak digunakan dengan cara yang tidak benar. Banyak masyarakat dan fasilitas kesehatan yang tidak memiliki sistem yang memadai untuk menangani limbah farmasi ini. Banyak limbah farmasi yang dibuang sembarangan, baik melalui saluran pembuangan air atau bahkan dibakar, yang dapat meningkatkan emisi gas berbahaya ke atmosfer.

Selain itu, terdapat risiko kesehatan yang ditimbulkan dari pengelolaan limbah farmasi yang buruk. Beberapa obat yang dibuang ke lingkungan dapat mencemari sumber air yang digunakan oleh masyarakat, yang berpotensi menyebabkan penyakit atau gangguan kesehatan lainnya. Sisa obat yang tertinggal dalam sistem pembuangan air dapat mempengaruhi kualitas air minum yang digunakan oleh konsumen. Hal ini meningkatkan risiko terjadinya gangguan kesehatan kronis, seperti masalah ginjal, gangguan hormon, atau bahkan resistensi antibiotik.

Masalah lainnya adalah kurangnya kesadaran masyarakat dan industri farmasi tentang pentingnya pengelolaan limbah farmasi secara benar. Banyak pihak yang belum mengetahui cara yang tepat untuk membuang obat kadaluarsa atau sisa obat yang tidak terpakai, dan sistem pengelolaan limbah farmasi di banyak tempat belum memadai atau belum terstandarisasi. Oleh karena itu, diperlukan upaya yang lebih terorganisir dan sistematis dalam mengatasi masalah pengelolaan limbah farmasi ini.

Artikel ini bertujuan untuk menjelaskan inovasi terbaru dalam pengelolaan limbah farmasi yang dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Dengan perkembangan teknologi yang pesat, beberapa inovasi pengelolaan limbah farmasi kini mulai diperkenalkan untuk meningkatkan efisiensi dalam pengolahan limbah ini. Teknologi seperti pemanfaatan sistem biodegradasi mikroorganisme, teknologi pemusnahan limbah berbasis energi, serta penggunaan prinsip ekonomi sirkular dalam pengolahan limbah farmasi diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih berkelanjutan.

Selain itu, artikel ini juga bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai strategi-strategi efisien dalam pengelolaan limbah farmasi, yang melibatkan kolaborasi antara pemerintah, industri farmasi, dan masyarakat. Dengan memperkenalkan sistem pengumpulan limbah yang lebih baik, meningkatkan kesadaran publik mengenai pentingnya pengelolaan limbah farmasi yang tepat, serta mengembangkan regulasi yang lebih ketat, diharapkan akan tercapai pengelolaan limbah farmasi yang lebih aman dan ramah lingkungan.

Melalui pembahasan inovasi dan strategi-strategi tersebut, diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam menjaga kelestarian lingkungan dan memastikan kesehatan masyarakat tetap terjaga, mengingat pentingnya pengelolaan limbah farmasi dalam mencegah dampak jangka panjang bagi generasi mendatang.

## **2. METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan dalam artikel ini adalah review literatur, yang bertujuan untuk menganalisis dan menyintesis berbagai hasil penelitian yang relevan terkait dengan pengelolaan limbah farmasi. Penelusuran literatur dilakukan melalui berbagai sumber akademik yang terpercaya, seperti jurnal ilmiah, buku, laporan penelitian, serta dokumen kebijakan yang berkaitan dengan pengelolaan limbah farmasi dan dampaknya terhadap lingkungan serta kesehatan masyarakat. Proses seleksi literatur difokuskan pada studi yang membahas inovasi terbaru dalam pengelolaan limbah farmasi, teknologi yang digunakan untuk pengolahan limbah, serta kebijakan yang diterapkan di berbagai negara untuk menangani masalah limbah farmasi.

Dalam analisis literatur, data yang diperoleh akan dikelompokkan dan disintesis berdasarkan tema-tema tertentu, seperti teknologi pengolahan limbah, regulasi dan kebijakan pengelolaan limbah farmasi, serta tantangan dan solusi yang dihadapi dalam implementasi strategi efisien. Dengan pendekatan ini, penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi tren terbaru dalam pengelolaan limbah farmasi, serta memberikan pemahaman lebih dalam mengenai bagaimana inovasi dan strategi tersebut dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Literatur yang digunakan akan mencakup penelitian yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir untuk memastikan bahwa informasi yang digunakan relevan dan mencerminkan perkembangan terkini dalam bidang ini.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Definisi Limbah Farmasi**

Limbah farmasi merujuk pada segala jenis bahan atau produk yang berasal dari industri farmasi yang tidak lagi digunakan atau sudah tidak efektif lagi. Limbah ini meliputi berbagai jenis sisa obat yang tidak terpakai, obat kadaluarsa, serta kemasan obat yang tidak dapat digunakan kembali. Limbah farmasi umumnya dihasilkan baik oleh rumah sakit, apotek, pabrik farmasi, maupun oleh konsumen yang tidak lagi membutuhkan obat tersebut. Terdapat beberapa kategori limbah farmasi, termasuk limbah farmasi cair, padat, dan gas, yang masing-masing memerlukan penanganan yang berbeda untuk mengurangi risiko terhadap kesehatan dan lingkungan.

Jenis limbah farmasi yang paling sering ditemui adalah obat-obatan yang sudah kadaluarsa. Obat yang sudah melewati tanggal kedaluwarsa berisiko tidak hanya kehilangan efektivitasnya, tetapi juga dapat membahayakan apabila tetap digunakan. Selain itu, banyak juga limbah berupa sisa obat yang tidak digunakan oleh pasien, yang umumnya terjadi setelah terapi medis dihentikan atau dosis obat diubah. Kemasan obat, baik itu botol, blister pack, maupun dus obat, juga merupakan jenis limbah farmasi yang perlu dikelola dengan tepat. Pengelolaan yang tidak benar terhadap limbah ini dapat menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan, seperti kontaminasi tanah dan air.

Limbah farmasi yang tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius. Banyak bahan kimia dalam obat-obatan, terutama yang tidak

terurai secara alami, dapat mencemari tanah dan sumber air jika dibuang sembarangan. Kontaminasi ini bisa berdampak langsung pada kualitas air tanah dan sungai yang digunakan oleh masyarakat, serta mengganggu ekosistem akuatik. Beberapa obat yang dibuang ke lingkungan juga dapat berakumulasi dalam tubuh organisme, termasuk manusia, yang dapat mengarah pada masalah kesehatan serius, seperti keracunan atau gangguan hormon.

Selain dampak terhadap lingkungan, limbah farmasi juga membawa risiko kesehatan bagi manusia. Salah satu dampak yang paling signifikan adalah kontaminasi air minum, yang dapat mengandung sisa obat-obatan berbahaya. Ketika limbah farmasi tidak dikelola dengan benar, sisa obat yang terlarut dalam air dapat mempengaruhi kualitas air yang digunakan untuk konsumsi. Hal ini bisa menyebabkan penyakit atau gangguan kesehatan, seperti gangguan sistem saraf, masalah pencernaan, atau bahkan resistensi antibiotik akibat penggunaan obat yang tidak tepat. Oleh karena itu, pengelolaan limbah farmasi yang baik sangat penting untuk melindungi kesehatan manusia.

Untuk mengatasi masalah tersebut, banyak negara telah mengembangkan regulasi dan kebijakan pengelolaan limbah farmasi. Beberapa negara telah menetapkan peraturan yang mewajibkan fasilitas kesehatan dan apotek untuk melakukan pengumpulan dan pemusnahan limbah farmasi dengan cara yang aman dan ramah lingkungan. Kebijakan ini sering kali melibatkan penggunaan teknologi canggih dalam pengolahan limbah, seperti metode incineration atau biodegradasi menggunakan mikroorganisme. Selain itu, kesadaran masyarakat juga sangat penting dalam pengelolaan limbah farmasi, dengan semakin banyaknya kampanye yang mengajarkan cara yang benar dalam membuang obat kadaluarsa atau sisa obat yang tidak terpakai.

### **Dampak Lingkungan Limbah Farmasi**

Limbah farmasi yang tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran serius di berbagai ekosistem, termasuk pencemaran air, tanah, dan udara. Salah satu cara limbah farmasi mencemari lingkungan adalah melalui pembuangan sisa obat dan kemasan yang tidak terkelola dengan baik ke sistem saluran pembuangan. Obat-obatan yang dibuang ke perairan dapat mencemari sungai, danau, atau air tanah, mengganggu kualitas air yang digunakan oleh manusia dan hewan. Banyak obat-obatan yang

mengandung bahan kimia yang sulit terurai secara alami, sehingga mereka tetap bertahan dalam lingkungan dalam jangka waktu yang lama, berpotensi mencemari sumber air yang digunakan untuk keperluan domestik dan industri.

Pencemaran air oleh limbah farmasi tidak hanya terbatas pada dampaknya terhadap kualitas air minum, tetapi juga dapat mengganggu kehidupan akuatik. Obat-obatan yang masuk ke dalam ekosistem perairan dapat mempengaruhi organisme air, seperti ikan, krustasea, dan tumbuhan akuatik. Beberapa bahan aktif dalam obat-obatan, seperti antibiotik, dapat merusak keseimbangan mikrobiota di perairan, sementara senyawa lain dapat menjadi racun bagi makhluk hidup. Sebagai contoh, paparan terhadap bahan kimia farmasi yang tidak terurai dapat menyebabkan penurunan kelangsungan hidup ikan dan hewan akuatik lainnya, bahkan memengaruhi kemampuan reproduksi mereka.

Selain itu, limbah farmasi yang terbuang sembarangan juga dapat mencemari tanah. Obat-obatan yang dibuang ke tanah, terutama melalui limbah rumah tangga atau fasilitas kesehatan, dapat meresap ke dalam tanah dan mengkontaminasi sumber air tanah. Bahan kimia yang terkandung dalam limbah farmasi sering kali bersifat stabil dan tidak mudah terurai, sehingga dapat bertahan dalam tanah selama bertahun-tahun. Hal ini dapat mengganggu kesehatan tanaman dan organisme tanah, serta memengaruhi ketahanan tanah dalam mendukung kehidupan. Akibatnya, proses pertanian dan produksi pangan dapat terpengaruh jika tanah tercemar oleh senyawa berbahaya ini.

Pencemaran udara juga menjadi isu serius dalam pengelolaan limbah farmasi. Beberapa metode pengolahan limbah farmasi, seperti pembakaran, dapat menghasilkan emisi gas berbahaya yang mencemari udara. Pembakaran obat-obatan, terutama yang mengandung bahan kimia berbahaya, dapat menghasilkan polutan seperti dioksin, furans, dan senyawa organik berbahaya lainnya yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan hewan. Paparan jangka panjang terhadap polutan ini dapat menyebabkan gangguan pernapasan, iritasi mata, dan bahkan meningkatkan risiko kanker. Oleh karena itu, penting untuk menggunakan teknologi pengolahan limbah farmasi yang ramah lingkungan dan tidak menghasilkan emisi berbahaya.

Dampak pencemaran limbah farmasi terhadap ekosistem juga mencakup potensi gangguan pada rantai makanan. Senyawa kimia yang terkandung dalam obat-obatan

yang dibuang ke lingkungan dapat terakumulasi dalam tubuh organisme yang lebih tinggi dalam rantai makanan, termasuk manusia. Akumulasi bahan kimia berbahaya ini dapat menyebabkan keracunan jangka panjang, merusak sistem saraf, hati, atau ginjal, dan berpotensi meningkatkan risiko penyakit kronis. Oleh karena itu, pengelolaan limbah farmasi yang efektif sangat penting untuk melindungi ekosistem dan kesehatan manusia, dengan mengurangi kontaminasi yang dapat mengancam kelangsungan hidup spesies dan keseimbangan ekosistem secara keseluruhan.

### **Dampak Kesehatan Masyarakat**

Limbah farmasi yang tidak dikelola dengan baik dapat membawa potensi bahaya serius bagi kesehatan manusia, terutama melalui kontaminasi makanan dan air minum. Sisa obat yang dibuang secara sembarangan, baik oleh konsumen maupun fasilitas kesehatan, dapat mencemari sumber air yang digunakan oleh masyarakat. Banyak obat-obatan yang mengandung bahan kimia yang bersifat bioakumulatif, artinya senyawa tersebut dapat terakumulasi dalam tubuh organisme seiring waktu. Jika bahan kimia tersebut masuk ke dalam rantai makanan, maka akan ada risiko bagi manusia yang mengkonsumsi makanan atau air yang tercemar. Kontaminasi ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang berkepanjangan.

Kontaminasi air minum oleh limbah farmasi menjadi salah satu sumber risiko kesehatan terbesar. Obat-obatan yang dibuang ke saluran pembuangan atau sungai sering kali mengandung bahan aktif yang tidak sepenuhnya terurai. Meskipun proses pengolahan air di fasilitas pengolahan air minum dapat mengurangi beberapa jenis kontaminan, senyawa kimia tertentu tetap dapat bertahan dalam air dan mencapai konsumen. Hal ini dapat berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan, seperti keracunan akut atau masalah kesehatan jangka panjang, termasuk kerusakan pada sistem organ vital seperti ginjal dan hati.

Selain itu, kontaminasi makanan melalui limbah farmasi juga menjadi perhatian serius. Obat-obatan yang masuk ke dalam tanah atau perairan dapat mempengaruhi kualitas hasil pertanian. Tanaman yang tumbuh di tanah tercemar atau air yang terkontaminasi dapat menyerap sisa obat-obatan tersebut. Ketika tanaman tersebut dikonsumsi oleh manusia atau hewan, bahan kimia yang terkandung di dalamnya dapat masuk ke dalam tubuh dan berpotensi menyebabkan berbagai gangguan kesehatan.

Penggunaan pestisida atau bahan kimia lain yang terkontaminasi limbah farmasi juga dapat menambah risiko bagi kesehatan manusia.

Dampak kesehatan masyarakat juga mencakup peningkatan risiko terhadap perkembangan resistensi antibiotik. Limbah farmasi, terutama antibiotik yang dibuang ke lingkungan, dapat menyebabkan bakteri yang ada di lingkungan menjadi resisten terhadap pengobatan. Resistensi antibiotik adalah salah satu masalah kesehatan global yang serius, di mana infeksi yang sebelumnya dapat diobati dengan antibiotik kini menjadi lebih sulit diatasi. Akumulasi limbah farmasi yang mengandung antibiotik dapat mempercepat penyebaran bakteri resisten, sehingga meningkatkan angka kematian dan morbiditas akibat infeksi yang sulit diobati. Oleh karena itu, pengelolaan limbah farmasi yang lebih baik sangat diperlukan untuk mengurangi dampak negatif ini pada kesehatan masyarakat.

### **Peraturan dan Kebijakan Terkait**

Pengelolaan limbah farmasi merupakan isu penting yang telah mendapat perhatian serius di berbagai negara, baik pada tingkat nasional maupun internasional. Beberapa negara telah mengembangkan kebijakan dan peraturan yang bertujuan untuk mengurangi dampak negatif dari limbah farmasi terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Di Indonesia, misalnya, terdapat regulasi terkait pengelolaan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), yang mencakup limbah farmasi. Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah dan peraturan pemerintah terkait, seperti PP No. 101 Tahun 2014, memberikan dasar hukum bagi pengelolaan limbah farmasi dengan cara yang aman dan ramah lingkungan. Regulasi ini mengatur tentang pengelolaan limbah medis, termasuk limbah farmasi, yang dihasilkan dari rumah sakit, apotek, dan fasilitas kesehatan lainnya.

Selain itu, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia juga memiliki kebijakan terkait pengelolaan limbah farmasi, yang menekankan pada pentingnya pengurangan limbah melalui penerapan prinsip *reduce, reuse, dan recycle* (3R). Selain itu, peraturan yang lebih spesifik terkait pengelolaan limbah farmasi juga ada di tingkat pemerintah daerah, yang menyesuaikan dengan kondisi lokal dan kebutuhan pengelolaan yang lebih terfokus. Meskipun regulasi ini ada, implementasi di lapangan masih menghadapi tantangan, seperti kurangnya fasilitas pengolahan limbah farmasi

yang memadai dan kesadaran masyarakat yang rendah mengenai cara membuang obat-obatan yang tidak digunakan.

Di tingkat internasional, pengelolaan limbah farmasi diatur oleh berbagai organisasi dan badan regulasi, seperti Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) dan Program Lingkungan PBB (UNEP). WHO mengeluarkan pedoman mengenai pengelolaan limbah farmasi yang aman, yang mencakup penyimpanan, pengumpulan, dan pembuangan limbah farmasi dengan cara yang dapat meminimalkan risiko terhadap manusia dan lingkungan. Selain itu, UNEP memberikan panduan tentang pengelolaan limbah farmasi berbahaya, yang mendorong negara-negara untuk mengadopsi teknologi pengolahan yang ramah lingkungan dan untuk meningkatkan kolaborasi antara sektor publik dan swasta dalam pengelolaan limbah medis.

Meskipun kebijakan dan peraturan terkait pengelolaan limbah farmasi telah ada, implementasinya sering kali terhambat oleh faktor-faktor seperti keterbatasan infrastruktur, rendahnya kesadaran masyarakat, dan kurangnya pengawasan yang ketat. Oleh karena itu, diperlukan upaya bersama antara pemerintah, industri farmasi, dan masyarakat untuk meningkatkan pengelolaan limbah farmasi secara efektif. Hal ini mencakup peningkatan fasilitas pengolahan limbah, edukasi kepada masyarakat tentang pentingnya pembuangan obat yang benar, dan penegakan hukum yang lebih tegas untuk mengurangi dampak negatif dari limbah farmasi terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

### **Inovasi dalam Pengelolaan Limbah Farmasi**

Inovasi dalam teknologi pengolahan limbah farmasi semakin berkembang seiring dengan meningkatnya kesadaran akan dampak lingkungan dan kesehatan masyarakat yang ditimbulkan oleh limbah farmasi. Salah satu teknologi yang semakin banyak digunakan adalah metode daur ulang limbah farmasi, yang memungkinkan bahan-bahan tertentu untuk diproses ulang menjadi produk yang dapat digunakan kembali. Proses daur ulang ini melibatkan pemisahan komponen obat yang masih dapat digunakan dari bahan lainnya, yang kemudian diproses lebih lanjut untuk menghasilkan produk baru. Teknologi ini tidak hanya mengurangi jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan, tetapi juga meminimalkan kebutuhan untuk memproduksi bahan baru.

Selain daur ulang, teknologi pemusnahan limbah farmasi dengan cara yang aman juga telah berkembang. Salah satu metode canggih yang digunakan adalah pembakaran pada suhu tinggi dalam fasilitas insinerasi yang dirancang khusus untuk limbah farmasi. Proses ini memastikan bahwa obat-obatan berbahaya dimusnahkan sepenuhnya tanpa meninggalkan residu berbahaya. Selain itu, teknologi biodegradasi juga semakin diperkenalkan untuk mengolah limbah farmasi. Dalam metode ini, mikroorganisme digunakan untuk menguraikan senyawa kimia yang ada dalam limbah farmasi, sehingga menghasilkan produk akhir yang lebih aman bagi lingkungan. Penggunaan mikroorganisme sebagai agen biodegradasi ini dianggap sebagai solusi yang ramah lingkungan dan lebih berkelanjutan.

Konsep solusi berkelanjutan semakin diterapkan dalam pengelolaan limbah farmasi, terutama dengan menggunakan teknologi ramah lingkungan. Salah satu prinsip yang paling banyak diterapkan adalah ekonomi sirkular, yang bertujuan untuk mengurangi, menggunakan kembali, dan mendaur ulang sumber daya untuk mengurangi pemborosan dan meminimalkan dampak lingkungan. Dalam konteks limbah farmasi, ekonomi sirkular dapat diimplementasikan dengan cara mendaur ulang kemasan obat, mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya dalam proses produksi, serta meminimalkan limbah yang dihasilkan oleh industri farmasi.

Penggunaan teknologi berkelanjutan, seperti sistem pengolahan air limbah berbasis biofilter atau teknologi pemrosesan limbah dengan energi terbarukan, juga merupakan bagian dari upaya menuju solusi pengelolaan limbah yang lebih ramah lingkungan. Penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam industri farmasi juga dapat mencakup inisiatif untuk mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan, seperti desain kemasan yang dapat digunakan kembali atau didaur ulang, serta penggunaan bahan-bahan yang lebih aman dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip ini, diharapkan industri farmasi dapat mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan sambil tetap mempertahankan efisiensi operasional.

Selain pengolahan limbah untuk mengurangi dampaknya, beberapa inovasi juga berfokus pada pemanfaatan limbah farmasi untuk menghasilkan produk berguna lainnya. Salah satu contoh yang menarik adalah pemanfaatan limbah farmasi untuk menghasilkan energi. Limbah farmasi yang tidak terpakai atau telah kadaluarsa dapat

dimanfaatkan melalui proses termal atau biokonversi untuk menghasilkan energi, seperti biogas atau listrik. Pemanfaatan ini tidak hanya mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan tetapi juga dapat menyediakan alternatif sumber energi terbarukan yang bermanfaat.

Selain energi, limbah farmasi juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri lain. Misalnya, beberapa bahan aktif dalam obat-obatan dapat diekstraksi dan digunakan dalam produk industri lainnya, seperti kosmetik atau bahan baku untuk produk pembersih. Pemanfaatan limbah farmasi untuk produk-produk ini tidak hanya mengurangi pemborosan, tetapi juga menciptakan nilai tambah bagi bahan yang seharusnya dibuang. Inovasi semacam ini membuka peluang baru dalam pengelolaan limbah yang lebih kreatif dan memberikan manfaat ekonomi sekaligus menjaga lingkungan.

Pengelolaan limbah farmasi yang efektif tidak hanya bergantung pada teknologi pengolahan, tetapi juga pada sistem pengumpulan dan penanganan yang tepat. Salah satu inovasi yang mulai diterapkan adalah program pengembalian obat oleh konsumen. Dalam program ini, konsumen dapat mengembalikan obat-obatan yang sudah kadaluarsa atau tidak terpakai ke apotek atau fasilitas kesehatan untuk kemudian diproses atau dibuang dengan cara yang aman. Program ini tidak hanya mengurangi jumlah limbah farmasi yang dibuang sembarangan, tetapi juga meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan limbah farmasi yang benar.

Selain itu, aplikasi digital juga semakin digunakan untuk mempermudah pelaporan dan pengumpulan limbah farmasi. Dengan memanfaatkan teknologi, masyarakat dan fasilitas kesehatan dapat melaporkan jenis dan jumlah limbah farmasi yang dihasilkan, sehingga pengelolaan limbah dapat dilakukan dengan lebih efisien dan transparan. Aplikasi ini juga dapat membantu dalam pemantauan dan evaluasi proses pengelolaan limbah farmasi di berbagai daerah. Selain itu, sistem pengelolaan berbasis komunitas juga mulai diperkenalkan, di mana masyarakat dapat bekerja sama dalam mengumpulkan dan mengelola limbah farmasi secara kolektif, dengan dukungan dari pemerintah atau sektor swasta.

Industri farmasi di berbagai negara mulai menyadari pentingnya pengelolaan limbah yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Penerapan inovasi dalam teknologi

pengolahan limbah, sistem pengumpulan yang lebih baik, serta pemanfaatan kembali limbah farmasi, semakin menjadi perhatian. Selain itu, kebijakan dan regulasi yang mendukung pengelolaan limbah farmasi yang baik juga semakin diperkuat oleh pemerintah. Hal ini menciptakan ekosistem yang mendukung keberlanjutan, di mana industri farmasi dapat beroperasi dengan lebih efisien dan bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Meskipun demikian, tantangan dalam penerapan inovasi ini masih ada, terutama terkait dengan pembiayaan, infrastruktur yang terbatas, dan kesadaran masyarakat yang masih rendah. Untuk itu, diperlukan upaya kolaboratif antara sektor publik, swasta, dan masyarakat dalam menciptakan sistem pengelolaan limbah farmasi yang lebih baik. Dengan terus mengembangkan inovasi dan teknologi yang ramah lingkungan, diharapkan pengelolaan limbah farmasi akan semakin efisien, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, dan memberikan manfaat yang lebih luas bagi masyarakat.

Inovasi dalam pengelolaan limbah farmasi menunjukkan kemajuan yang signifikan dalam menciptakan solusi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Melalui teknologi pengolahan limbah yang canggih, seperti daur ulang, insinerasi, dan biodegradasi, serta penerapan prinsip ekonomi sirkular, industri farmasi dapat mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan. Selain itu, pemanfaatan limbah farmasi untuk produk lain, seperti energi dan bahan baku industri, memberikan peluang baru dalam pengelolaan yang lebih kreatif. Sistem pengumpulan dan penanganan limbah yang inovatif, seperti program pengembalian obat dan aplikasi digital, juga berkontribusi pada efisiensi pengelolaan limbah farmasi. Ke depannya, kolaborasi antara sektor-sektor terkait akan menjadi kunci dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan limbah farmasi secara global.

### **Strategi Efisien dalam Pengelolaan Limbah Farmasi**

Salah satu aspek yang sangat penting dalam pengelolaan limbah farmasi adalah meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai cara yang benar untuk membuang obat-obatan yang sudah kadaluarsa atau tidak terpakai. Banyak masyarakat yang belum memahami potensi bahaya dari limbah farmasi dan sering kali membuang obat-obatan secara sembarangan, seperti membuangnya ke saluran pembuangan atau bahkan ke tempat sampah. Hal ini dapat menyebabkan kontaminasi terhadap lingkungan dan

meningkatkan risiko kesehatan. Oleh karena itu, pendidikan yang baik mengenai pengelolaan limbah farmasi sangat diperlukan, baik melalui kampanye publik, program edukasi di sekolah, maupun penyuluhan yang dilakukan oleh fasilitas kesehatan dan apotek.

Peningkatan kesadaran ini juga harus dilengkapi dengan informasi mengenai cara yang tepat untuk membuang obat, seperti menggunakan fasilitas pengembalian obat yang disediakan oleh apotek atau rumah sakit. Dengan adanya informasi yang jelas dan mudah dipahami, diharapkan masyarakat akan lebih peduli terhadap pengelolaan limbah farmasi dan lebih cermat dalam membuang obat dengan cara yang aman. Program pendidikan ini akan sangat bermanfaat dalam menciptakan budaya sadar lingkungan yang lebih baik, serta mengurangi pencemaran yang disebabkan oleh limbah farmasi.

Pengelolaan limbah farmasi yang efektif memerlukan kerjasama antara berbagai pihak, termasuk pemerintah, industri farmasi, dan masyarakat. Pemerintah memiliki peran penting dalam menciptakan kebijakan dan regulasi yang mendukung pengelolaan limbah farmasi secara efisien dan ramah lingkungan. Kebijakan tersebut bisa meliputi pengawasan yang lebih ketat terhadap pengelolaan limbah, pengaturan standar pengolahan limbah yang lebih baik, serta penerapan sanksi bagi pihak-pihak yang tidak mematuhi peraturan. Selain itu, pemerintah juga dapat memfasilitasi program-program yang mendukung pengumpulan dan pemusnahan limbah farmasi secara aman.

Industri farmasi juga memainkan peran penting dalam pengelolaan limbah ini dengan mengembangkan teknologi pengolahan limbah yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Perusahaan farmasi harus bertanggung jawab atas limbah yang dihasilkan selama proses produksi dan distribusi obat. Selain itu, mereka dapat membantu meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan limbah farmasi melalui kampanye dan penyuluhan. Di sisi lain, masyarakat sebagai konsumen juga memiliki tanggung jawab untuk membuang obat-obatan dengan cara yang benar dan mengikuti petunjuk yang telah diberikan oleh pemerintah dan industri. Dengan adanya kolaborasi ini, pengelolaan limbah farmasi dapat lebih terorganisir dan efektif.

Prinsip zero waste, yang bertujuan untuk mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan hingga mendekati nol, semakin banyak diterapkan dalam berbagai sektor, termasuk industri farmasi. Penerapan prinsip ini dalam industri farmasi mencakup

upaya untuk merancang produk yang menghasilkan limbah lebih sedikit, serta mengoptimalkan penggunaan bahan baku sehingga tidak ada yang terbuang percuma. Salah satu cara untuk menerapkan prinsip zero waste adalah dengan mendesain kemasan obat yang dapat digunakan kembali atau didaur ulang, serta menggunakan bahan-bahan yang lebih ramah lingkungan dan mudah terurai.

Industri farmasi juga dapat mengurangi limbah dengan mengadopsi teknologi yang lebih efisien dalam proses produksinya. Misalnya, teknologi pemrosesan yang mengurangi limbah produksi atau menggunakan bahan baku yang lebih sedikit. Penerapan prinsip zero waste juga melibatkan pengurangan jumlah obat yang terbuang, misalnya dengan menyediakan ukuran kemasan yang lebih sesuai dengan kebutuhan konsumen dan mendorong penggunaan obat secara lebih efisien. Dengan langkah-langkah ini, industri farmasi tidak hanya mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga dapat mengurangi biaya operasional yang terkait dengan pengelolaan limbah.

Penggunaan teknologi untuk memantau dan melaporkan proses pengelolaan limbah farmasi adalah langkah penting untuk memastikan pengelolaan limbah yang tepat dan efisien. Teknologi digital, seperti aplikasi pelacakan limbah dan sistem berbasis cloud, dapat digunakan untuk memantau limbah farmasi mulai dari tahap pengumpulan hingga pemrosesan akhir. Dengan sistem pelacakan ini, semua informasi terkait limbah farmasi, seperti jenis limbah, jumlah, dan lokasi pengumpulan, dapat tercatat secara real-time dan mudah diakses oleh pihak yang berwenang.

Selain itu, teknologi ini juga dapat membantu memastikan bahwa limbah farmasi diproses sesuai dengan peraturan yang berlaku, mengurangi potensi pelanggaran terhadap kebijakan lingkungan. Sistem pelaporan berbasis aplikasi juga memungkinkan masyarakat untuk melaporkan pengelolaan limbah farmasi yang tidak sesuai atau memberikan informasi mengenai tempat-tempat yang menyediakan fasilitas pengumpulan obat kadaluarsa. Dengan memanfaatkan teknologi, pengelolaan limbah farmasi dapat dilakukan dengan lebih transparan dan efisien, serta memudahkan pengawasan oleh pihak terkait.

Meskipun teknologi dapat berperan penting dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah farmasi, penerapannya membutuhkan dukungan dari berbagai pihak. Pemerintah perlu memastikan adanya regulasi yang mendukung penggunaan

teknologi dalam pengelolaan limbah farmasi, sementara industri farmasi harus berinvestasi dalam pengembangan dan penerapan teknologi yang ramah lingkungan. Masyarakat juga harus diberikan akses dan pengetahuan untuk menggunakan teknologi ini, misalnya dengan menyediakan aplikasi atau platform digital yang mudah diakses untuk pelaporan dan pengelolaan limbah.

Kolaborasi antara sektor publik dan swasta juga diperlukan untuk mendorong inovasi dalam teknologi pengelolaan limbah farmasi. Pemerintah dapat memberikan insentif atau dukungan untuk riset dan pengembangan teknologi baru yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah farmasi. Industri farmasi, di sisi lain, dapat berperan aktif dalam memastikan bahwa teknologi yang diterapkan tidak hanya menguntungkan secara ekonomi, tetapi juga ramah lingkungan dan dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

Dengan adanya peningkatan kesadaran, kolaborasi yang lebih erat antara pemerintah, industri, dan masyarakat, serta penerapan prinsip-prinsip efisiensi dan keberlanjutan seperti zero waste, pengelolaan limbah farmasi di masa depan diharapkan akan lebih baik dan lebih efektif. Implementasi teknologi pemantauan yang lebih canggih akan memastikan bahwa setiap tahap pengelolaan limbah farmasi dilakukan dengan cara yang aman dan sesuai dengan peraturan yang ada. Selain itu, edukasi masyarakat tentang pengelolaan limbah farmasi yang benar juga akan terus meningkatkan partisipasi aktif mereka dalam menjaga lingkungan.

Ke depan, perluasan penggunaan teknologi dan inovasi dalam pengelolaan limbah farmasi harus didorong lebih lanjut, tidak hanya dalam hal pengolahan limbah, tetapi juga dalam hal pengurangan limbah di sumbernya. Dengan mengoptimalkan desain produk, proses produksi yang lebih efisien, serta sistem pengumpulan yang lebih baik, kita dapat menciptakan sistem pengelolaan limbah farmasi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan, memberikan manfaat jangka panjang bagi kesehatan manusia dan kelestarian lingkungan.

Pengelolaan limbah farmasi yang efisien dan berkelanjutan memerlukan kerjasama antara pemerintah, industri, dan masyarakat. Penerapan teknologi yang tepat, penerapan prinsip zero waste, serta peningkatan kesadaran masyarakat adalah langkah-langkah penting yang dapat mengurangi dampak negatif limbah farmasi terhadap lingkungan.

Kolaborasi antara sektor-sektor ini akan memungkinkan pengelolaan limbah yang lebih baik dan lebih efektif, mengarah pada sistem pengelolaan yang lebih ramah lingkungan dan berdampak positif bagi kesehatan masyarakat.

### **Studi Kasus dan Implementasi**

Beberapa negara dan kota di dunia telah berhasil mengimplementasikan pengelolaan limbah farmasi yang inovatif dan efisien. Salah satunya adalah Swiss, yang dikenal dengan sistem pengelolaan limbah farmasi yang sangat baik. Di Swiss, pengelolaan limbah farmasi dilakukan melalui sistem pengumpulan terpusat yang melibatkan berbagai pihak, seperti rumah sakit, apotek, dan konsumen. Masyarakat didorong untuk mengembalikan obat-obatan yang sudah kadaluarsa atau tidak terpakai ke apotek untuk diproses lebih lanjut. Obat-obatan yang dikembalikan kemudian dimusnahkan melalui metode incinerasi yang aman dan ramah lingkungan, yang memastikan bahwa bahan kimia berbahaya tidak mencemari lingkungan.

Selain itu, sistem pelaporan dan pemantauan limbah farmasi di Swiss juga menggunakan teknologi digital yang memungkinkan semua proses pengelolaan limbah tercatat secara otomatis dan transparan. Pemerintah Swiss berperan aktif dalam memberikan regulasi yang ketat serta mendukung inovasi dalam pengelolaan limbah farmasi, termasuk pemberian insentif bagi industri farmasi untuk menggunakan teknologi ramah lingkungan dalam proses produksinya. Kesuksesan sistem pengelolaan limbah farmasi di Swiss menunjukkan bahwa dengan adanya kerjasama antara sektor publik dan swasta, serta dukungan dari pemerintah, pengelolaan limbah farmasi dapat dilakukan dengan sangat efisien dan ramah lingkungan.

Meskipun ada banyak contoh sukses, penerapan pengelolaan limbah farmasi yang efektif dan efisien tidak terlepas dari tantangan. Salah satu hambatan terbesar yang dihadapi adalah keterbatasan infrastruktur. Di banyak negara, terutama di negara berkembang, fasilitas untuk pengumpulan dan pemrosesan limbah farmasi masih terbatas, dan banyak apotek atau fasilitas kesehatan yang tidak memiliki sistem pengelolaan limbah yang memadai. Di beberapa daerah, masyarakat juga masih kurang paham tentang cara yang benar untuk membuang obat-obatan yang sudah kadaluarsa atau tidak terpakai, sehingga banyak limbah farmasi yang dibuang secara sembarangan.

Selain itu, keterbatasan dana juga menjadi masalah dalam implementasi pengelolaan limbah farmasi yang efisien. Banyak negara atau kota yang belum memiliki anggaran yang cukup untuk mengembangkan teknologi pengolahan limbah yang ramah lingkungan atau untuk membangun fasilitas pengolahan limbah yang canggih. Tanpa dukungan finansial yang memadai, sulit bagi pemerintah atau sektor swasta untuk mengadopsi solusi inovatif dalam pengelolaan limbah farmasi. Bahkan di beberapa negara maju, meskipun teknologi tersedia, biaya implementasi yang tinggi masih menjadi penghalang untuk penerapan teknologi secara luas.

Studi kasus tentang pengelolaan limbah farmasi di negara-negara yang berhasil menerapkan sistem ini menunjukkan bahwa tantangan yang ada dapat diatasi dengan pendekatan yang tepat. Salah satu pelajaran penting yang dapat dipetik adalah pentingnya kerjasama antara pemerintah, industri, dan masyarakat. Pemerintah harus berperan aktif dalam menyediakan regulasi yang jelas dan mendukung pengembangan infrastruktur pengelolaan limbah farmasi. Selain itu, pemerintah juga dapat memberikan insentif atau dukungan finansial untuk industri farmasi agar mereka dapat berinvestasi dalam teknologi yang lebih ramah lingkungan.

Pendidikan masyarakat juga memainkan peran yang sangat penting. Untuk memastikan bahwa masyarakat membuang limbah farmasi dengan cara yang benar, program edukasi yang melibatkan penyuluhan di sekolah-sekolah, rumah sakit, dan apotek harus digalakkan. Program ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik kepada masyarakat tentang pentingnya pengelolaan limbah farmasi yang benar dan dampak yang dapat ditimbulkan jika tidak dilakukan dengan cara yang tepat. Dengan meningkatkan kesadaran masyarakat, diharapkan jumlah limbah farmasi yang dibuang sembarangan dapat berkurang secara signifikan.

Salah satu solusi yang dapat diambil untuk mengatasi keterbatasan infrastruktur dan dana adalah penerapan teknologi yang lebih murah dan efisien. Penggunaan aplikasi digital untuk pelaporan limbah farmasi dan sistem pelacakan digital memungkinkan pengelolaan limbah dilakukan dengan lebih transparan dan efisien. Teknologi ini dapat mengurangi biaya operasional, karena mempermudah pengumpulan data dan pemantauan proses pengelolaan limbah. Pemerintah juga dapat berinvestasi dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah yang ramah lingkungan dengan biaya yang

lebih terjangkau, misalnya melalui penggunaan teknologi mikroorganisme untuk biodegradasi limbah farmasi, yang memiliki biaya operasional yang lebih rendah.

Pemerintah memegang peranan penting dalam mendukung pengelolaan limbah farmasi yang inovatif dan efisien. Salah satu langkah yang dapat diambil adalah dengan memberikan insentif atau subsidi untuk pengembangan teknologi pengolahan limbah yang ramah lingkungan. Selain itu, kebijakan yang mendukung pengelolaan limbah farmasi, seperti regulasi tentang pengumpulan obat kadaluarsa dan pembatasan penggunaan bahan kimia berbahaya dalam produk farmasi, harus ditegakkan dengan ketat. Pemerintah juga harus bekerja sama dengan sektor swasta untuk meningkatkan fasilitas pengolahan limbah farmasi di daerah-daerah yang membutuhkan, sehingga sistem pengelolaan limbah farmasi dapat berjalan secara lebih merata.

Untuk mengoptimalkan pengelolaan limbah farmasi, partisipasi aktif dari masyarakat sangat dibutuhkan. Masyarakat harus didorong untuk mengembalikan obat-obatan yang sudah kadaluarsa atau tidak terpakai ke fasilitas pengumpulan yang telah disediakan oleh pemerintah atau apotek. Selain itu, masyarakat perlu diberikan pelatihan atau panduan mengenai cara membuang obat dengan benar, seperti dengan menggunakan fasilitas pengembalian obat atau mengikuti prosedur pembuangan yang telah ditetapkan. Jika masyarakat dilibatkan secara aktif dalam pengelolaan limbah farmasi, maka masalah pencemaran yang disebabkan oleh limbah farmasi dapat diminimalkan secara signifikan.

Studi kasus tentang negara atau kota yang berhasil dalam pengelolaan limbah farmasi menunjukkan bahwa keberhasilan pengelolaan limbah farmasi dapat dicapai melalui kolaborasi antara pemerintah, industri, dan masyarakat, serta dengan penerapan teknologi yang efisien. Meskipun ada tantangan terkait infrastruktur dan dana, penerapan kebijakan yang mendukung, insentif bagi sektor industri, dan pendidikan masyarakat dapat membantu mengatasi hambatan-hambatan ini. Dengan kerja sama yang baik dan pemanfaatan teknologi, pengelolaan limbah farmasi yang efisien dan ramah lingkungan dapat terwujud, memberikan manfaat bagi kesehatan masyarakat dan kelestarian lingkungan.

#### **4. KESIMPULAN**

Pengelolaan limbah farmasi yang efektif memerlukan kolaborasi yang erat antara pemerintah, industri farmasi, dan masyarakat. Studi kasus yang diambil dari negara-negara seperti Swiss menunjukkan bahwa dengan sistem pengumpulan dan pemrosesan yang terstruktur serta penerapan teknologi canggih, pengelolaan limbah farmasi dapat dilakukan dengan efisien dan ramah lingkungan. Meskipun tantangan seperti keterbatasan infrastruktur dan dana masih menjadi hambatan utama, penerapan teknologi digital untuk pemantauan dan pengelolaan limbah serta edukasi masyarakat dapat membantu mengatasi masalah tersebut. Kolaborasi yang kuat dan regulasi yang mendukung sangat penting untuk menciptakan sistem yang lebih baik dan efektif.

Untuk meningkatkan pengelolaan limbah farmasi, perlu ada kebijakan yang lebih kuat dari pemerintah untuk memberikan insentif kepada industri farmasi guna mengadopsi teknologi ramah lingkungan dan meningkatkan infrastruktur pengelolaan limbah. Program edukasi dan kesadaran masyarakat juga harus diperkuat melalui kampanye yang melibatkan sekolah, rumah sakit, apotek, dan media sosial, guna memastikan masyarakat lebih peduli dan tahu cara membuang limbah farmasi dengan benar. Selain itu, penerapan prinsip zero waste dalam industri farmasi dan penggunaan teknologi pemantauan berbasis digital harus lebih digalakkan untuk memastikan pengelolaan limbah yang efisien dan transparan. Dengan langkah-langkah ini, pengelolaan limbah farmasi dapat menjadi lebih berkelanjutan, mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan.

#### **5. DAFTAR PUSTAKA**

- Mellyana, F., Sulistyarini, A., Zairina, E., & Nugraheni, G. (2025). Peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pengelolaan sampah obat yang tepat dan berkelanjutan. *Jurnal Inovasi Hasil Pengabdian Masyarakat (JIPEMAS)*, 8(1), 162–172. <https://doi.org/10.33474/jipemas.v8i1.22831>
- Hiew, S. Y. & Low, B. Y. (2024). The knowledge, attitude, and practice of the public regarding household pharmaceutical waste disposal: a systematic review (2013–2023). *International Journal of Pharmacy Practice*, XX, 1–13. <https://doi.org/10.1093/ijpp/riae001>.

- Ionescu, A. M. & Cazan, C. (2024). Pharmaceutical Waste Management: A Comprehensive Analysis of Romanian Practices and Perspectives. *Sustainability*, 16, 6571. <https://doi.org/10.3390/su16156571>.
- Lima, M. L., Luis, S., Poggio, L., Aragones, J. I., Courtier, A., Roig, B. & Blanchard, C. C. (2020). The importance of household pharmaceutical products disposal and its risk management: Example from Southwestern Europe. *Waste Management*, 104, 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.01.008>.
- Mustofani, D., & Hariyani, H. (2023). Penerapan Uji Korelasi Rank Spearman Untuk Mengetahui Hubungan Tingkat Pengetahuan Ibu Terhadap Tindakan Swamedikasi Dalam Penanganan Demam Pada Anak. *UJMC (Unisda Journal of Mathematics and Computer Science)*, 9(1), 9-13. <https://doi.org/10.52166/ujmc.v9i1.4272>.
- Nanda, M., Dalimunthe, H. S., Sitompul, M. R. R., Saragih, D. A., Ritonga, I. R. & Hasibuan, I. L. (2024). Hubungan Tingkat Pendidikan, Pengetahuan Dan Sikap Dengan Perilaku Pengelolaan Sampah Masyarakat Di Lorong Mesjid Lk Iv Bagan Deli Belawan. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 5(3), 8427-8433. <https://doi.org/10.31004/jkt.v5i3.31177>.
- Prasmawari, S., Rahem, A. & Hermansyah, A. (2020). Identifikasi Pengetahuan, Sikap, Tindakan Masyarakat dalam Memusnahkan Obat Kedaluwarsa dan Tidak Terpakai Di Rumah Tangga. *Jurnal Farmasi Dan Ilmu Kefarmasian Indonesia Special Issue: Seminar Inovasi Teknologi dan Digitalisasi Pada Pelayanan Kefarmasian 2020*, 7(1SI), 31-38. <https://doi.org/10.20473/jfiki.v7i1SI2020.31-38>.
- Savira, M., Ramadhani, F. A., Nadhirah, U., Lailis, S. R., Ramadhan, E. G., Febriani, K., Patamani, M. Y., Savitri, D. R., Awang, M. R., Hapsari, M. W., Rohmah, N. N., Ghifari, A. S., Majid, M. D. A., Duka, F. G. & Nugraheni, G. (2020). Praktik Penyimpanan Dan Pembuangan Obat Dalam Keluarga. *Jurnal Farmasi Komunitas*, 7(2), 38-47. <https://doi.org/10.20473/jfk.v7i2.21804>.
- Tandah, M. R., Adisaputra, A. D., Hardani, R. & Diana, K. (2024). Pelatihan Pengelolaan Dan Pemusnahan Limbah Obat Rusak Dan Kadaluarsa Di Desa Kotapulu Kabupaten Sigi. *Jurnal Pengabdian Farmasi dan Sains (JPFS)*, 02(02), 29 – 37.

<https://doi.org/10.22487/jpsf.2024.v2.i2.17096>.

Nuryeti Y, Ilyas Y. Pengelolaan Obat Kedaluwarsa dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Lingkungan di Puskesmas Wilayah Kerja Kota Serang. Hig J Kesehat Lingkung [Internet]. 2018;4(3):138–42. Available from: <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/higiene/article/view/6265>

Diana K, Tandah MR, Basuki M. Pelaksanaan Standar Pelayanan Kefarmasian Di Apotek Kota Palu. J Ilm As-Syifaa [Internet]. 2019;11(1):45–54. <https://doi.org/10.33096/ja.v11i1.504>