

## STUDI LITERATUR LIMBAH OBAT RUMAH TANGGA

### LITERATURE REVIEW ON HOUSEHOLD PHARMACEUTICAL WASTE

Dwi Subarti<sup>1\*</sup>, Rani Tiara Desty<sup>2</sup>, Dessy Ratnasari<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Poltekkes Kemenkes Surakarta

\*Email corresponding author: [dwisubarti01@gmail.com](mailto:dwisubarti01@gmail.com)

Diterima : 17 Maret 2026

Disetujui : 11 Juni 2026

Terbit : 30 Juni 2026

#### ABSTRACT

*This study employed a descriptive qualitative approach through literature review to examine household pharmaceutical waste disposal pathways and their impacts on aquatic environments. Using the PICO framework, the review focused on Indonesian households (P) practicing improper disposal methods such as trash bins or drainage systems (I), compared to safe practices like take-back programs (C), with outcomes including water contamination and antimicrobial resistance (O). The literature selection followed the PRISMA flowchart, screening over 500 articles from Google Scholar, PubMed, and Scopus (2017-2025) to yield 30 relevant sources. Findings revealed that over 70% of respondents dispose of medications improperly, leading to pharmaceutical residues (antibiotics, analgesics) detected in groundwater and rivers, posing risks to aquatic ecosystems and human health. Recommendations include intensive pharmacist-led education and national medication return programs to mitigate environmental risks.*

**Keywords:** household, pharmaceutical, waste, medication, disposal

#### ABSTRAK

Studi ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif melalui tinjauan literatur untuk meneliti jalur pembuangan limbah farmasi rumah tangga dan dampaknya terhadap lingkungan perairan. Menggunakan kerangka PICO, tinjauan ini berfokus pada rumah tangga di Indonesia (P) yang mempraktikkan metode pembuangan tidak tepat seperti tempat sampah atau sistem drainase (I), dibandingkan dengan praktik aman seperti program pengembaliannya (C), dengan hasil yang mencakup kontaminasi air dan resistensi antimikroba (O). Seleksi literatur mengikuti diagram alir PRISMA, menyaring lebih dari 500 artikel dari Google Scholar, PubMed, dan Scopus (2017-2025) untuk menghasilkan lebih dari 30 sumber relevan. Temuan mengungkapkan bahwa lebih dari 70% responden membuang obat-obatan secara tidak tepat, yang menyebabkan residu farmasi (antibiotik, analgesik) terdeteksi dalam air tanah dan sungai, menimbulkan risiko bagi ekosistem perairan dan kesehatan manusia. Rekomendasi mencakup pendidikan intensif yang dipimpin oleh apoteker dan program pengembalian obat nasional untuk memitigasi risiko lingkungan.

**Kata kunci:** rumah tangga, farmasi, limbah, obat-obatan, pembuangan

## PENDAHULUAN

Obat adalah bagian penting dalam upaya menjaga kesehatan. Namun, tidak semua obat yang diperoleh, baik melalui pembelian maupun resep, digunakan sampai habis, sehingga akhirnya menumpuk dan menjadi limbah di lingkungan rumah tangga (Rizqiyana et al., 2025). Masalah ini diperparah oleh kurangnya pengetahuan masyarakat mengenai cara pembuangan yang aman, sehingga banyak obat sisa maupun kedaluwarsa akhirnya dibuang ke tempat sampah umum atau saluran pembuangan air yang dapat mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan (Ambianti et al., 2022; Pramestutie et al., 2021). Pembuangan obat yang tidak tepat, seperti melalui wastafel atau toilet, berpotensi mengontaminasi air tanah dan air limbah yang digunakan untuk irigasi, sehingga menimbulkan risiko pada rantai makanan dan kesehatan manusia (Ambianti et al., 2022; Prasmawari et al., 2021). Selain dampak lingkungan, praktik pembuangan obat yang sembarangan juga berkontribusi terhadap penyalahgunaan obat dan peredaran obat palsu, karena kemasan obat yang tidak dimusnahkan dengan benar dapat dimanfaatkan kembali oleh pihak yang tidak bertanggung jawab (Ambianti et al., 2022; Kartika et al., 2023).

Penelitian di berbagai daerah menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan masyarakat mengenai pengelolaan obat yang aman masih rendah, meskipun mereka menyadari pentingnya pembuangan obat yang benar untuk mencegah dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan (Prasmawari et al., 2021; Sari et al., 2021). Kurangnya edukasi dari tenaga kesehatan, khususnya apoteker, mengenai cara penyimpanan dan pemusnahan obat menjadi salah satu faktor utama ketidaktahuan masyarakat dalam menangani limbah farmasi di rumah tangga (Ambianti et al., 2022; Prasmawari et al., 2021). Peraturan publik di berbagai negara juga belum mengatur secara spesifik mengenai pembuangan obat, sehingga alur pembuangan menjadi tidak teratur dan berkontribusi terhadap meluasnya limbah domestik serta polusi lingkungan (Kurniawan et al., 2021).

Senyawa obat yang terbuang ke lingkungan dapat mencemari air tanah dan sumber air lainnya dengan kadar yang tidak terukur karena keterbatasan alat deteksi, sehingga berpotensi masuk kembali ke dalam rantai makanan dan mengancam kesehatan masyarakat dalam jangka panjang (Prasmawari et al., 2021; Savira et al., 2020). Selain itu, pembuangan obat yang tidak sesuai prosedur berkontribusi terhadap munculnya resistensi mikroba baru serta pencemaran tanah dan air (Ambianti et al., 2022; Insani et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan perhatian serius terhadap pengelolaan limbah obat rumah tangga untuk meminimalkan risiko kesehatan dan kerusakan ekosistem yang terus meningkat seiring dengan konsumsi obat yang tinggi di masyarakat. Hal ini diperparah oleh temuan penelitian yang menunjukkan bahwa lebih dari separuh responden tidak membuang obat dengan cara yang benar dan cenderung langsung membuangnya ke tempat sampah tanpa pemisahan (Savira et al., 2020). Praktik ini berbahaya karena obat yang dibuang ke tempat sampah dapat terurai dan mencemari tanah serta air, sementara pembuangan melalui saluran air dapat menyebabkan kontaminasi pada perairan umum dan memicu resistensi mikroba (Alfian et al., 2021; Michelin et al., 2023). Permasalahan ini semakin mendesak karena adanya dampak global dari keberadaan zat farmasi di lingkungan yang timbul akibat penggunaan dan pembuangan yang tidak tepat. Oleh sebab itu, diperlukan langkah untuk menekan penggunaan obat secara berlebihan sekaligus mengembangkan sistem pengelolaan atau pengumpulan obat yang sudah tidak terpakai maupun telah kedaluwarsa (Rogowska & Zimmermann, 2022).

Pembuangan obat yang tidak tepat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius, termasuk kontaminasi tanah dan air oleh senyawa farmasi seperti antibakteri yang berpotensi memicu munculnya strain bakteri resisten (Pramestutie et al., 2021; Samydaï et al., 2022). Selain itu, sisa obat yang tidak terpakai juga menimbulkan risiko keracunan tidak sengaja pada anak-anak serta penyalahgunaan yang dapat menyebabkan efek samping dan toksisitas obat (More et al., 2024). Peningkatan produksi dan konsumsi produk farmasi oleh manusia telah menyebabkan terdeteksinya residu obat di lingkungan, yang mencemari air permukaan, tanah, dan air tanah, serta bahkan dapat ditemukan jejaknya pada air minum yang telah diolah (Lunghi et al., 2024). Kontaminasi ini menimbulkan ancaman kesehatan yang serius karena dapat memicu resistensi mikroba serta mengganggu keseimbangan ekosistem perairan (Lunghi et al., 2024; Michelin et al., 2023).

Residu obat yang persisten di lingkungan perairan juga berpotensi menyebabkan gangguan endokrin pada organisme akuatik dan memicu resistensi antimikroba yang merupakan ancaman kesehatan masyarakat global (Ajekiigbe et al., 2025; al-otabi et al., 2023). Senyawa farmasi seperti etinil estradiol, misalnya, telah terbukti mengganggu perkembangan seksual ikan dan menyebabkan feminisasi pada jumlah yang sangat sedikit (Hoque & Rafi, 2023; Lunghi et al., 2024). Selain itu, penggunaan antibiotik yang berlebihan dan pembuangannya ke lingkungan air berkontribusi terhadap evolusi bakteri resisten antibiotik serta penyebaran gen resistensi antibiotik yang dapat mengompromikan keberhasilan pengobatan medis dan mengganggu keseimbangan komunitas mikroba di lingkungan (Eapen et al., 2024). Kontaminasi lingkungan oleh residu obat juga menimbulkan dampak toksikologis langsung pada organisme akuatik, seperti perubahan perilaku dan gangguan sistem reproduksi yang berdampak kaskading pada seluruh ekosistem (Khan & Barros, 2023; Luís & Rossoni, 2023). Selain itu, obat psikoaktif seperti fluoxetine terbukti mengubah perilaku ikan menjadi kurang waspada terhadap pemangsa, sementara penggunaan diklofenak yang tidak terkendali telah menyebabkan kepunahan burung nazar dan hilangnya layanan ekosistem penting (Lunghi et al., 2024).

Paparan berbagai dampak ekologis dan kesehatan tersebut menegaskan urgensi penanganan limbah obat rumah tangga sebagai isu lingkungan yang tidak dapat diabaikan. Kontaminasi lingkungan oleh senyawa farmasi ini tidak hanya menimbulkan dampak ekologis, tetapi juga berpotensi mengancam kesehatan manusia melalui jalur paparan air dan makanan yang tercemar (Kusturica et al., 2022; Lunardelli et al., 2017). Penelitian di berbagai negara mengonfirmasi bahwa zat-zat aktif obat sulit terurai secara alami dan mampu bertahan lama dalam ekosistem perairan, sehingga menembus sistem pengolahan air konvensional dan mencemari air minum yang dikonsumsi masyarakat (Lunghi et al., 2024; Sheer et al., 2021). Beberapa studi melaporkan bahwa residu obat telah terdeteksi dalam air permukaan, air tanah, hingga air minum, serta tanah, yang menandakan penyebaran luas polutan farmasi ini di lingkungan (Antri-Bouzar, 2017; Domínguez-García et al., 2025; Praveen et al., 2017). Dampak jangka panjang dari paparan kronis terhadap campuran senyawa farmasi ini masih belum dipahami secara menyeluruh, namun bukti yang ada menunjukkan potensi gangguan kesehatan manusia seperti efek neurotoksik dan masalah reproduksi (Eapen et al., 2024).

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan studi literatur untuk mengkaji jalur pembuangan limbah obat rumah tangga dan dampaknya terhadap lingkungan perairan. Pendekatan ini dirancang dengan kerangka PICO untuk merumuskan pertanyaan penelitian secara spesifik dan diagram PRISMA untuk memastikan proses seleksi literatur yang transparan dan sistematis.

Kerangka PICO digunakan untuk merumuskan batasan masalah yang spesifik. Komponen populasi (*Population*) berfokus pada masyarakat rumah tangga di Indonesia yang menghasilkan limbah obat sisa atau kedaluwarsa. Faktor intervensi (*Intervention*) yang dikaji adalah praktik pembuangan obat yang tidak tepat, seperti membuangnya langsung ke tempat sampah atau saluran air. Praktik buruk tersebut dibandingkan (*Comparison*) dengan pembuangan yang benar dan aman, termasuk lewat edukasi apoteker dan program pengembalian obat (*take-back program*). Melalui komparasi ini, hasil (*Outcome*) yang dianalisis menitikberatkan pada dampak negatif residu farmasi terhadap lingkungan perairan (seperti kontaminasi air) serta ancaman kesehatan masyarakat, khususnya risiko resistensi antimikroba yang dapat dijabarkan dalam Tabel 1. Kerangka PICO

**Tabel 1. Kerangka PICO**

<b>Komponen PICO</b>	<b>Deskripsi Lengkap</b>
<b>Population (P)</b>	Masyarakat rumah tangga di Indonesia yang menghasilkan limbah obat sisa, kedaluwarsa, atau tidak terpakai dari praktik swamedikasi dan resep medis, studi literatur limbah obat rumah tangga.
<b>Intervention (I)</b>	Praktik pembuangan limbah obat yang tidak tepat, seperti membuang ke tempat sampah rumah tangga, saluran air, wastafel, atau toilet tanpa pengolahan khusus, studi literatur limbah obat rumah tangga.
<b>Comparison (C)</b>	Praktik pembuangan yang benar dan aman, termasuk program pengembalian obat ( <i>take-back program</i> ) ke apotek, edukasi apoteker, atau pemusnahan terkontrol sesuai pedoman. studi literatur limbah obat rumah tangga.
<b>Outcome (O)</b>	Dampak negatif terhadap lingkungan perairan (kontaminasi air tanah, sungai, danau oleh residu farmasi seperti antibiotik dan hormon) serta kesehatan (resistensi antimikroba, gangguan ekosistem akuatik, dan risiko manusia melalui rantai makanan), studi literatur limbah obat rumah tangga.

Pertanyaan penelitian PICO: Pada masyarakat rumah tangga Indonesia (P), apakah praktik pembuangan limbah obat yang tidak tepat (I) dibandingkan dengan pembuangan yang benar (C) meningkatkan risiko kontaminasi lingkungan perairan dan dampak kesehatan (O).

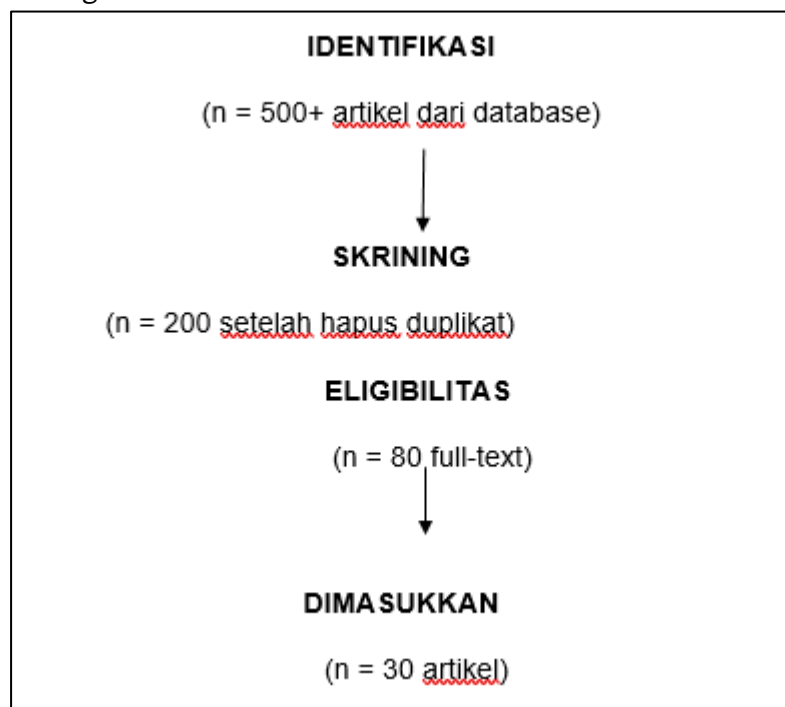
Proses seleksi literatur dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis mengikuti standar diagram alir *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) guna menjamin transparansi dan kualitas rujukan yang digunakan. Pada tahap awal, yaitu identifikasi (*identification*), pencarian artikel dilakukan secara elektronik maupun manual melalui berbagai database reputasi seperti Google Scholar, PubMed, dan Scopus, yang berhasil mengumpulkan

lebih dari 500 artikel relevan. Setelah itu, memasuki tahap skrining (screening), seluruh dokumen diperiksa untuk menghapus adanya duplikasi artikel sehingga menyisakan sebanyak 200 artikel untuk disaring lebih lanjut.

Pada tahap berikutnya, yaitu kelayakan (*eligibility*), evaluasi mendalam dilakukan terhadap 80 artikel teks lengkap (*full-text*) berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Dalam proses ini, artikel yang berfokus pada limbah industri atau rumah sakit, non-farmasi, serta rujukan yang tidak memiliki kejelasan metode atau berkualitas rendah langsung dieliminasi. Melalui seleksi ketat tersebut, tahap akhir menghasilkan 30 artikel primer dan sekunder pilihan yang disertakan (*included*) untuk dianalisis secara naratif dan disintesis ke dalam tema jalur pembuangan serta dampak klinis maupun ekologis dari limbah obat rumah tangga.

Proses seleksi literatur mengikuti standar *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) untuk memastikan kelengkapan dan reproduktibilitas. Berikut diagram alur PRISMA yang disesuaikan dengan studi literatur ini:

GAMBAR 1. Diagram Alur Prisma



Strategi Pencarian dan Kriteria Seleksi dilakukan secara manual dan elektronik dengan kriteria ketat untuk menjaga kualitas bukti. Database: Google Scholar, PubMed, Scopus, Garuda (portal jurnal Indonesia), dan referensi silang dari artikel terkait.

Keyword dan Boolean: ("limbah obat rumah tangga" OR "pembuangan obat tidak terpakai" OR "household pharmaceutical waste") AND ("dampak lingkungan" OR "environmental impact" OR "pencemaran perairan" OR "water contamination") AND (Indonesia OR Asia Tenggara). Rentang waktu: 2017–2025, prioritas studi Indonesia dan global terkini. Kriteria inklusi: Artikel primer/sekunder tentang praktik pembuangan limbah obat rumah tangga, dampak ekologis/kesehatan, berbahasa Indonesia/Inggris, full-text tersedia. Kriteria eksklusi: Studi tentang limbah rumah sakit/industri, non-farmasi, opini/editorial, duplikat, kualitas rendah (tanpa metode jelas). Bahasa: Indonesia dan Inggris.

Analisis data dilakukan dengan melakukan ekstraksi data diekstrak secara naratif tanpa meta-analisis, dengan fokus sintesis tematik pada jalur pembuangan (sampah/toilet), residu terdeteksi (antibiotik, analgesik), dan rekomendasi (edukasi apoteker, take-back program). Penilaian kualitas menggunakan skala adaptasi MMAT untuk studi campuran, dengan risiko bias rendah pada 80% artikel terpilih.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian literatur mengindikasikan bahwa praktik membuang obat yang tidak digunakan melalui toilet maupun sampah rumah tangga memberikan kontribusi besar terhadap masuknya sisa senyawa farmasi ke instalasi pengolahan air limbah, yang selanjutnya dapat mencemari air tanah serta perairan permukaan (Caban & Stepnowski, 2021; Paupitz et al., 2024). Studi di Yogyakarta melaporkan bahwa lebih dari 70% penduduk membuang obat yang tidak terpakai bersama sampah rumah tangga tanpa pengolahan yang tepat, sementara penelitian lain menunjukkan bahwa metode paling umum dalam menangani obat sisa adalah membuangnya ke tempat sampah atau menyiramnya ke toilet (Hidayati et al., 2023; NARVAEZ & JIMÉNEZ, 2012). Praktik pembuangan ini menyebabkan senyawa farmasi dengan sifat polar dan tidak volatil terlarut dalam cairan di tempat pembuangan akhir, yang kemudian merembes dan mencemari air tanah serta perairan lainnya (García-Morales et al., 2021).

Kontaminasi diperparah oleh kenyataan bahwa instalasi pengolahan air limbah konvensional tidak dirancang untuk mengeliminasi residu farmasi secara efektif, sehingga memungkinkan senyawa-senyawa tersebut terus ada dalam siklus hidrologi dan berpotensi menimbulkan dampak toksikologis jangka panjang bagi organisme akuatik maupun kesehatan. Residu obat yang terdeteksi di berbagai sumber air, mulai dari air sungai, air limbah, air tanah, hingga air minum, memiliki konsentrasi yang bervariasi dalam rentang ng/L hingga µg/L, dengan jenis obat yang paling sering ditemukan meliputi antibiotik, analgesik, penurun lipid darah, antihipertensi, dan β-blocker (Eapen et al., 2024).

Kehadiran senyawa-senyawa tersebut di badan air menimbulkan kekhawatiran serius karena potensi toksisitasnya, persistensi dalam lingkungan, serta kemampuan untuk memicu resistensi mikroba, meskipun pada konsentrasi yang relatif rendah (Checa-Artos et al., 2021; O'Flynn et al., 2021). Berdasarkan temuan tersebut, diperlukan strategi pengelolaan limbah obat yang terintegrasi melalui program pengembalian obat (take-back program) dan edukasi masyarakat untuk mengurangi pelepasan residu farmasi ke lingkungan perairan (Benítez-Rico et al., 2023; Caban & Stepnowski, 2021).

Pembuangan obat yang tidak tepat oleh masyarakat, seperti membuangnya ke tempat sampah atau menyiramnya ke saluran pembuangan air, telah diidentifikasi sebagai kontributor utama terhadap masuknya polutan farmasi ke dalam ekosistem perairan (Adedeji-Adenola et al., 2022; Dweik et al., 2024). Kurangnya kesadaran masyarakat mengenai dampak pembuangan obat yang tidak tepat terhadap lingkungan dan kesehatan menjadi faktor utama yang memperparah masalah ini, di mana lebih dari separuh responden penelitian di Indonesia menyatakan tidak mengetahui bahwa pembuangan obat yang tidak aman dapat mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan populasi (Alfian et al., 2021).

Selain itu, temuan di berbagai negara menunjukkan bahwa praktik pembuangan obat yang tidak tepat tidak hanya mencemari perairan tetapi juga berkontribusi terhadap munculnya bakteri

resisten antibiotik di tanah serta menimbulkan efek merugikan pada organisme liar seperti ikan dan burung pemakan bangkai (Alfian et al., 2021; Pramestutie et al., 2021). Residu farmasi ini dalam ekosistem perairan menimbulkan dampak toksikologis yang signifikan, di mana bahkan pada konsentrasi rendah sekalipun, senyawa tersebut dapat menyebabkan perubahan biologis dan fisiologis pada organisme akuatik seperti alga, moluska, krustasea, dan ikan (Luís et al., 2021; Tahrim et al., 2018).

Senyawa farmasi ini menimbulkan ancaman serius bagi ekosistem akuatik karena aktivitas biologisnya yang inheren serta resistensinya terhadap inaktivasi, sehingga berisiko menimbulkan efek toksik pada organisme non-target bahkan pada konsentrasi yang rendah (Pérez-Coyotl et al., 2019). Senyawa-senyawa tersebut, termasuk di antaranya obat antiinflamasi nonsteroid, antibiotik, antihipertensi, dan obat antidiabetes seperti metformin, glibenklamid, serta asetaminofen, telah terbukti berkontribusi terhadap stres oksidatif dan toksisitas pada embrio ikan (Nairat et al., 2023; Pérez-Coyotl et al., 2019). Temuan ini menegaskan bahwa instalasi pengolahan air limbah konvensional tidak mampu mengeliminasi residu obat secara efektif, sehingga memungkinkan kontaminan farmasi yang berasal dari pembuangan limbah rumah tangga terus ada dalam perairan dan menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia serta menghambat pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kurangnya kesadaran masyarakat mengenai dampak pembuangan obat yang tidak tepat merupakan faktor utama yang menyebabkan tingginya prevalensi residu farmasi di lingkungan perairan (Alfian et al., 2021; Ambianti et al., 2022). Praktik swamedikasi yang tinggi di Indonesia, di mana 35,2% rumah tangga menyimpan obat, memperparah masalah ini karena masyarakat sering membuang obat sisa atau kedaluwarsa ke sembarang tempat tanpa mempertimbangkan aturan pengelolaan limbah yang aman (Ambianti et al., 2022).

Kurangnya pengetahuan ini diperkuat oleh temuan penelitian di Surabaya yang menunjukkan 57,9% responden tidak membuang obat dengan benar, yakni langsung ke tempat sampah tanpa pemisahan, sehingga berpotensi mencemari air tanah, sungai, danau, hingga air minum (Sari et al., 2021). Kontaminasi ini diperparah oleh kenyataan bahwa instalasi pengolahan air limbah konvensional tidak dirancang untuk mengeliminasi residu farmasi secara efektif, sehingga senyawa-senyawa tersebut yang memiliki aktivitas biologis inheren dan resisten terhadap inaktivasi dapat terus ada dalam siklus hidrologi dan berisiko menimbulkan efek toksik pada organisme non-target bahkan pada konsentrasi yang rendah (Pérez-Coyotl et al., 2019; Rubio et al., 2017).

Hal ini sejalan dengan temuan bahwa kurangnya informasi mengenai cara penyimpanan dan pembuangan obat yang benar, serta minimnya edukasi dari tenaga kesehatan, menyebabkan masyarakat membuang obat kedaluwarsa melalui limbah rumah tangga atau saluran pembuangan air (Prasmawari et al., 2021). Selain itu, sisa farmaseutik yang terdeteksi di dalam air juga disebabkan oleh metode pembuangan obat yang salah karena terdapat individu yang membuang obat-obatan yang tidak digunakan atau telah kedaluwarsa ke dalam wastafel (Azizee & Tahrim, 2022). Praktik ini menyebabkan zat aktif obat masuk ke sistem air limbah dan mencapai perairan, karena instalasi pengolahan air limbah konvensional tidak dirancang untuk mengeliminasi residu farmasi secara efektif (Hanafiah et al., 2023; Rizqiyana et al., 2025). Oleh karena itu, diperlukan penguatan program pengelolaan limbah farmasi yang mencakup sistem pengumpulan obat

kedaluwarsa dan edukasi masyarakat secara berkelanjutan untuk mencegah pelepasan senyawa berbahaya tersebut ke lingkungan (Insani et al., 2020; Rogowska & Zimmermann, 2022).

Peningkatan konsumsi farmasi secara global telah menimbulkan kesadaran internasional mengenai masalah obat yang tidak terpakai di rumah tangga serta dampak lingkungan dan kesehatan dari pembuangan yang tidak tepat (Kusturica et al., 2022; Rogowska & Zimmermann, 2022). Masalah ini diperparah oleh kurangnya pemahaman masyarakat tentang cara membuang obat yang tepat. Banyak responden dilaporkan belum pernah mendapatkan edukasi atau penyuluhan mengenai pengelolaan obat yang sudah tidak digunakan maupun telah melewati masa kedaluwarsa (Ambianti et al., 2022; Sari et al., 2021). Keadaan ini membuka peluang bagi pihak yang tidak bertanggung jawab untuk menyalahgunakan obat yang tidak dimusnahkan secara tepat, misalnya dengan mengubah tanggal kedaluwarsa pada kemasan sehingga dapat diedarkan kembali sebagai obat palsu (Kartika et al., 2023). Selain itu, diperlukan kolaborasi yang kuat antara pemerintah, tenaga kesehatan, dan sektor farmasi untuk mengembangkan fasilitas pengumpulan obat yang tidak terpakai serta kampanye edukasi nasional guna meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya pengelolaan limbah obat yang aman (Michelin et al., 2023; Prasmawari et al., 2021). Pemerintah perlu mengimplementasikan program nasional seperti kampanye kesadaran publik melalui berbagai media untuk mengedukasi masyarakat tentang praktik pembuangan obat yang benar dan dampaknya terhadap lingkungan (Alfian et al., 2021; Kurniawan et al., 2021). Kolaborasi dan koordinasi antar pemangku kepentingan menjadi kunci keberhasilan rencana pengumpulan nasional, mengingat produk farmasi telah lolos dari batas industri dan domestik serta mencapai lingkungan, sebagaimana ditunjukkan oleh temuan fluoroquinolones di perairan yang menimbulkan risiko tinggi bagi organisme akuatik (Michelin et al., 2023). Upaya edukasi yang berkelanjutan dari tenaga kesehatan serta ketersediaan program pengembalian obat ke apotek terbukti dapat meningkatkan praktik pembuangan obat yang benar dan mengurangi kerusakan lingkungan (Alfian et al., 2021; Kusuma et al., 2023).

Peran apoteker penting dalam mengimplementasikan kewajiban hukum pengumpulan limbah farmasi dari masyarakat juga menjadi faktor penentu keberhasilan sistem pengelolaan limbah yang berkelanjutan (Shinde et al., 2025). Kolaborasi antara peneliti, pemerintah, dan masyarakat lokal menjadi faktor krusial untuk memastikan keberlanjutan sumber daya alam serta pengembangan sistem pengelolaan limbah yang efektif (Afham et al., 2025). Pengelolaan limbah farmasi rumah tangga merupakan tantangan kesehatan, ekologi, dan sosial yang signifikan, sehingga memerlukan pendekatan sistem yang terintegrasi dan lintas disiplin ilmu untuk meminimalkan dampak negatifnya terhadap lingkungan dan kesehatan publik (Ravinetto et al., 2025; Rogowska & Zimmermann, 2022). Peran tenaga kesehatan, khususnya apoteker, sangat krusial dalam memberikan edukasi kepada masyarakat mengenai praktik pembuangan obat yang aman, meskipun masih terdapat kekurangan dalam kurikulum pendidikan dan pelatihan terkait pembuangan limbah obat di kalangan profesional kesehatan (Alfian et al., 2024; Hiew & Low, 2024).

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Pengelolaan limbah obat rumah tangga memerlukan pendekatan sistem yang terintegrasi dan lintas disiplin ilmu untuk mengatasi tantangan kesehatan, ekologi, dan sosial yang signifikan akibat pembuangan farmasi yang tidak tepat. Pemerintah perlu membangun kebijakan yang jelas

dan memperluas edukasi masyarakat untuk mengatasi keterbatasan kesadaran dan layanan dalam pengelolaan limbah obat. Kolaborasi yang kuat antara pemerintah, tenaga kesehatan, dan sektor farmasi menjadi kunci untuk mengembangkan fasilitas pengumpulan obat sisa serta kampanye edukasi nasional guna meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya pengelolaan limbah obat yang aman. Penerapan tanggung jawab produsen yang diperluas dan penguatan regulasi limbah padat juga diperlukan untuk menutup celah kebijakan yang saat ini masih membiarkan limbah farmasi tidak terkelola dengan baik.

#### **Saran**

Perlu dilakukan Penelitian tentang gambaran obat pembuangan obat di masyarakat. Penelitian tersebut diharapkan dapat menggambarkan keadaan yang terjadi dimasyarakat.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Adedeji-Adenola, H., Adesina, A., Obon, M., Onedo, T., Okafor, U. G., Longe, M., & Oyawole, M. (2022). Knowledge, perception and practice of pharmaceutical waste disposal among the public in Lagos State, Nigeria. *Pan African Medical Journal*, 42, Artikel 106. <https://doi.org/10.11604/pamj.2022.42.106.34529>
- Afham, M., Sulisty, R. G. P., Ramadani, P., & Mandali, S. N. (2025). Mini review: Ethnobotany and the potential of medicinal plants in Riau Islands. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1559(1), Artikel 012016. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1559/1/012016>
- Ajekigbe, V. O., Agbo, C. E., Ogieuhi, I. J., Anthony, C. S., Onuigbo, C. S., Falayi, T. A., Oluwapelumi, O. Z., Amusa, O. D., Adeniran, G. O., Ogunleke, P. O., & Bakare, I. S. (2025). The increasing burden of global environmental threats: Role of antibiotic pollution from pharmaceutical wastes in the rise of antibiotic resistance. *Discover Public Health*, 22(1), Artikel 50. <https://doi.org/10.1186/s12982-025-00506-9>
- Al-Otabi, M. S., Sharif, M. A. A., Alhuzali, F. M., Alghamdi, A. A., Awaji, M. A., Al-Zahrani, A. S., Al-Amri, E. H., Assiri, H. O., Alamri, H. A., Al-Harbi, S. J., Al-Faridi, F. A., Waznah, A. S., & Alhazmi, B. M. (2023). The impact of disposal of expired medicines on the environment. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 10(55), 2110–2123. <https://doi.org/10.53555/sfs.v10i5.2218>
- Alfian, S. D., Insani, W. N., Halimah, E., Qonita, N. A., Jannah, S. S., Nuraliyah, N. M., Supadmi, W., Gatera, V. A., & Abdulah, R. (2021). Lack of awareness of the impact of improperly disposed of medications and associated factors: A cross-sectional survey in Indonesian households. *Frontiers in Pharmacology*, 12, Artikel 630434. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.630434>
- Ambianti, N., Hardani, R., Tandah, M. R., & Putro, H. (2022). Gambaran pembuangan obat yang tidak digunakan di kalangan masyarakat Kota Palu. *PREPOTIF: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(1), 925–932. <https://doi.org/10.31004/prepotif.v6i1.3700>
- Antri-Bouzar, C. (2017). The legal management of risks linked to medicinal drugs pollution [Tesis Doktorat, Université de Limoges]. HAL. <https://theses.hal.science/tel-01885506>
- Ariffin, M. (2024). Regulatory gaps in pharmaceutical waste management: A case study of Malaysia. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 8(10), 813–822. <https://doi.org/10.47772/ijriss.2024.8100066>

- 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](https://doi.org/10.4103/mtsp.mtsp_15_23)
- Astuti, M. P., Notodarmojo, S., Priadi, C. R., & Padhye, L. P. (2022). Contaminants of emerging concerns (CECs) in a municipal wastewater treatment plant in Indonesia. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(8), 21512–21525. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23567-8>
- Aziz, K. H. H., Mustafa, F. S., Karim, M. A. H., & Hama, S. (2025). Pharmaceutical pollution in the aquatic environment: Advanced oxidation processes as efficient treatment approaches: A review. *Materials Advances*, 6(11), 3433–3461. <https://doi.org/10.1039/d4ma01122h>
- Azizee, W. Y. I. W., & Tahrim, N. A. (2022). Pengoptimuman penyingkiran sulfamethoxazole melalui kaedah gerak balas permukaan menggunakan reka bentuk komposit berpusatkan muka. *Sains Malaysiana*, 51(12), 3995–4007. <https://doi.org/10.17576/jsm-2022-5112-10>
- Belle, G., Moodley, B., Moodley, R., Omotola, E. O., Truter, C., Olatunji, O. S., & Oberholster, P. J. (2025). Occurrence and detection of selected pharmaceuticals of emerging concern: Potential risks for aquatic ecosystems and human health. *Discover Applied Sciences*, 7(10), Artikel 312. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07716-5>
- Benítez-Rico, A., Pérez, A., Muñoz-López, B. I., Roaro, L. M., Alegría-Baños, J. A., Vergara-Castañeda, A., & Islas-García, A. (2023). Medical household waste as a potential environmental hazard: An ecological and epidemiological approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(7), Artikel 5366. <https://doi.org/10.3390/ijerph20075366>
- Caban, M., & Stepnowski, P. (2021). How to decrease pharmaceuticals in the environment? A review. *Environmental Chemistry Letters*, 19(4), 3115–3139. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01194-y>
- Chandran, P., Suresh, S., Balasubramain, B., Gangwar, J., Raj, A. S., Aarathy, U. L., Meyyazhagan, A., Pappuswamy, M., & Joseph, K. S. (2023). Biological treatment solutions using bioreactors for environmental contaminants from industrial waste water. *Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences*, 12(3), 241–255. <https://doi.org/10.1007/s43994-023-00071-4>
- Checa-Artos, M., Sosa, D., Ruíz-Barzola, O., & Barcos-Arias, M. (2021). Presencia de productos farmacéuticos en el agua y su impacto en el ambiente. *Bionatura*, 6(1), 1618–1625. <https://doi.org/10.21931/rb/2021.06.01.27>
- Dijk, J. V., Dekker, S. C., Kools, S. A. E., & Wezel, A. P. van. (2023). European-wide spatial analysis of sewage treatment plants and the possible benefits to nature of advanced treatment to reduce pharmaceutical emissions. *Water Research*, 241, Artikel 120157. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120157>
- Domanovac, M. V., Runjavec, M. Š., Janton, N., & Grgić, D. K. (2019). Bioremedijacija farmaceutske otpadne vode. *Kemija u Industriji*, 68(9-10), 437–446. <https://doi.org/10.15255/kui.2019.028>
- Domínguez-García, P., Tchantchane, C., Artigues, M., Cuadros, J., & Gómez-Canela, C. (2025). Application of direct injection LC–MS/MS for pharmaceutical monitoring in wastewater and reclaimed water from the 14 wastewater treatment plants in Costa Brava (Catalonia, Spain). *Applied Water Science*, 15(11), Artikel 240. <https://doi.org/10.1007/s13201-025-02615-x>

- Dweik, R. A., Ajaj, R., & Hafez, W. (2024). Public awareness of medication disposal and its impact on environmental and public health: A cross-sectional study in the United Arab Emirates. *Informatics in Medicine Unlocked*, 50Trace, Artikel 101580. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2024.101580>
- Eapen, J. V., Thomas, S., Antony, S. A., George, P. R., & Antony, J. (2024). A review of the effects of pharmaceutical pollutants on humans and aquatic ecosystem. *Environmental Disease*, 9(2), 48–57. <https://doi.org/10.37349/eds.2024.00058>
- Espinosa, A. (2022). Toward the development of sustainable pharmaceutical compounds: Characterizing the degradation and the ecotoxicological effects of an eco-designed anticancer drug analog [Tesis Doktoral, Université de Paris]. HAL. <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-03710362>
- Ferreira, F. N., Ribeiro, H. M. C., Beltrão, N. E. S., & Pontes, A. N. (2018). Política Nacional de Resíduos Sólidos: Um estudo sobre o descarte de medicamentos e a responsabilidade compartilhada na cidade de Belém, Pará, Brasil. *Revista de Direito da Cidade*, 10(4), 2541–2567. <https://doi.org/10.12957/rdc.2018.30262>
- Ferron, A. (2016). La micropollution pharmaceutique dans les eaux du Bassin d’Arcachon: Pratiques de consommation de produits pharmaceutiques et perception du risque environnemental (Rapport de stage). HAL. <https://hal.inrae.fr/hal-02605571>
- Francesca, R., Giunchi, V., Matilde, B., Rossana, M., Emanuele, T., Elisabetta, P., Giorgia, M., & Carlotta, L. (2024). The environmental impact of pharmaceuticals: An evidence-mapping review of recent data on aquatic concentrations and predictable effects. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2024.11.07.622417>
- García-Morales, M. A., Contreras-Rodríguez, A., Arreola, M. G. A., Ruíz, E. A., & García, M. R. M. (2021). Manejo de residuos de fármacos: Una breve revisión. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 37, 435–449. <https://doi.org/10.20937/rica.53505>
- Gogoi, A., Mazumder, P., Tyagi, V. K., Chaminda, T., An, A. K., & Kumar, M. (2018). Occurrence and fate of emerging contaminants in water environment: A review. *Groundwater for Sustainable Development*, 6, 169–188. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2017.12.009>
- Gupta, A., Kumar, S., Bajpai, Y., Chaturvedi, K., Johri, P. K., Tiwari, R., Vivekanand, V., & Trivedi, M. (2024). Pharmaceutically active micropollutants: Origin, hazards and removal. *Frontiers in Microbiology*, 15, Artikel 1339469. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1339469>
- Hanafiah, Z. M., Mohtar, W. H. M. W., Manan, T. S. B. A., Bachi’, N. A., Tahrir, N. A., Hamid, H. H. A., Ghanim, A. A. J., Ahmad, A., Rasdi, N. W., & Aziz, H. A. (2023). Determination and risk assessment of pharmaceutical residues in the urban water cycle in Selangor Darul Ehsan, Malaysia. *PeerJ*, 11, Artikel e14719. <https://doi.org/10.7717/peerj.14719>
- Hidayati, A., Pramsa, E. F., & Supadmi, W. (2023). Proper practice of unused medicine disposal: Opinions of patients at Puskesmas 1 Umbulharjo Yogyakarta. *Pharmaciana*, 13(1), 77–86. <https://doi.org/10.12928/pharmaciana.v13i1.25679>
- Hiew, S. Y., & Low, B. Y. (2024). A systematic review of the knowledge, attitude and practice of healthcare professionals and healthcare professional students towards household pharmaceutical waste disposal. *Exploratory Research in Clinical and Social Pharmacy*, 17Trace, Artikel 100556. <https://doi.org/10.1016/j.rcsop.2024.100556>

- Hoque, M., & Rafi, I. K. (2023). Practice and awareness about unused and expired drug disposal among village people and city people in Bangladesh. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 24(3), 132–141. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2023.24.3.0377>
- Insani, W. N., Qonita, N. A., Jannah, S. S., Nuraliyah, N. M., Supadmi, W., Gatera, V. A., Alfian, S. D., & Abdulah, R. (2020). Improper disposal practice of unused and expired pharmaceutical products in Indonesian households. *Heliyon*, 6(7), Artikel e04551. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04551>
- Kartika, E. Y., Khaerunnisa, A., Jayanti, D. D., Ernawati, E. E., Junaedi, C., Indriatmoko, D. D., Rudiana, T., Novi, C., Setiawan, A., Siswanti, D. M. J., Nurhayati, G. S., Susilo, H., & Oktavia, S. (2023). Penyuluhan DAGUSIBU obat sebagai upaya peningkatan pengetahuan masyarakat di Desa Kutakarang – Cibitung, Kabupaten Pandeglang. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 8(4), 1050–1058. <https://doi.org/10.30653/jppm.v8i4.662>
- Khan, A. H. A., & Barros, R. (2023). Pharmaceuticals in water: Risks to aquatic life and remediation strategies. *Hydrobiology*, 2(2), 395–412. <https://doi.org/10.3390/hydrobiology2020026>
- Kurniawan, A. H., Yusmaniar, Y., & Fajri, P. (2021). Pengaruh media kartu tilik terhadap pengetahuan dan perilaku pengelolaan Dagusibu obat di wilayah Jakarta Pusat berdasarkan Home Pharmacy Care. *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 6(2), 203–214. <https://doi.org/10.20961/jpscr.v6i2.43256>
- Kusturica, M. P., Jevtić, M., & Ristovski, J. T. (2022). Minimizing the environmental impact of unused pharmaceuticals: Review focused on prevention. *Frontiers in Environmental Science*, 10, Artikel 1077974. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1077974>
- Kusuma, F., Munir, M., Yuda, A., & Hermansyah, A. (2023). Assessment of medicines and potential pharmaceutical wastes management among households in Lamongan, Indonesia. *Pharmacy Education*, 23(4), 145–148. <https://doi.org/10.46542/pe.2023.234.145148>
- Lam, J., Nsouli, D. E., Lee, E. L., Alqaisi, T., Kane, R., Mcgonagle, I., Laparidou, D., Nelson, D., & Armani, K. (2024). Assessing the knowledge, attitudes and practices of healthcare staff and students regarding disposal of unwanted medications: A systematic review. *BMJ Open*, 14(12), Artikel e093636. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-093636>
- Luís, R. O., & Rossoni, H. A. V. (2023). Descarte de resíduos de medicamentos e identificação de prováveis destinos ambientais: Avaliação realizada em Unidade Básica de Saúde de um município de pequeno porte do Centro-Oeste de Minas Gerais. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 12(1), Artikel e10248. <https://doi.org/10.59306/rgsa.v12e12023e10248>
- Luís, S., Moura, R., Lima, M. L., Poggio, L., Aragonés, J. I., & Camilo, C. (2021). Judging pharmaceutical environmental risk by its cover? The effects of prescription medication and disease severity on environmental risk perception. *Risk Analysis*, 42(10), 2231–2244. <https://doi.org/10.1111/risa.13856>
- Lunardelli, A., Machado, I. D., & Monteiro, S. da C. (2017). Programa de descarte apropriado do rejeito medicamentoso como ferramenta institucional educacional. *Revista Eletrônica de Farmácia*, 14(1), 24–35. <https://doi.org/10.5216/ref.v14i1.42775>
- Lunghi, C., Valetto, M. R., Caracciolo, A. B., Bramke, I., Caroli, S., Bottoni, P., Castiglioni, S., Crisafulli, S., Cuzzolin, L., Deambrosis, P., Giunchi, V., Grisotto, J., Marcomini, A., Moretti, U., Murgia, V., Pandit, J. J., Polesello, S., Poluzzi, E., Romizi, R., ... Paolone, G. (2024). Call to action:

- Pharmaceutical residues in the environment: Threats to ecosystems and human health. *Drug Safety*, 48(4), 315–327. <https://doi.org/10.1007/s40264-024-01497-3>
- Mazhandu, Z. S., & Mashifana, T. (2024). Active pharmaceutical contaminants in drinking water: Myth or fact. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 32(2), 925–943. <https://doi.org/10.1007/s40199-024-00536-9>
- Meghea, I., Ștefan, D. S., Ioniță, F., Lesnic, M., & Manea-Saghin, A. (2025). An integrative approach to hazardous effects caused by pharmaceutical contaminants on aquatic effluents. *Molecules*, 30(17), Artikel 3483. <https://doi.org/10.3390/molecules30173483>
- Michelin, A. de F., Bonifacio, N. A., Nagata, W. B., Silva, V. M. S. da, Gobbo, L. E. M., & Bresciani, K. D. S. (2023a). Disposal of household medications: Practices and attitudes of pharmacists when dispensing medication. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2425615/v1>
- Michelin, A. de F., Bonifacio, N. A., Nagata, W. B., Silva, V. M. S. da, Gobbo, L. E. M., & Bresciani, K. D. S. (2023b). Guidance provided by pharmacists to customers regarding to destination of unused household medications: Disposal of household medications. *BMC Health Services Research*, 23(1), Artikel 1120. <https://doi.org/10.1186/s12913-023-10319-8>
- More, S., Gupta, K., Kharat, A., & Mishra, P. (2024). Knowledge, attitude, and practice about storage and safe disposal of unused medicines among medical and dental personnel: Ecopharmacovigilance perspective. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 17(5), 191–197. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2024.v17i5.49800>
- Nairat, L. L., Abahri, N. A., Hamdan, Y. A., Abdel-khaliq, R. T., Odeh, S. M., Abutaha, S., Al-Jabi, S. W., Koni, A., Abushanab, A. S., & Zyoud, S. H. (2023). Assessment of practices and awareness regarding the disposal of unwanted pharmaceutical products among community pharmacies: A cross-sectional study in Palestine. *BMC Health Services Research*, 23(1), Artikel 724. <https://doi.org/10.1186/s12913-023-09888-5>
- Narvaez, J. F., & Jiménez, C. (2012). Pharmaceutical products in the environment: Sources, effects and risks. *Revista Vitae*, 19(1), 92–108. <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.10865>
- Nehme, T. M., Martins, G. E. C., Calvelli, J. M. F. F. B., & Santos, L. V. de S. (2023). Contaminantes emergentes (p. 11). Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.1322331082>
- OECD. (2019). *Pharmaceutical residues in freshwater: Hazards and policy responses*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c936f42d-en>
- O’Flynn, D., Lawler, J., Yusuf, A., Parle-McDermott, A., Harold, D., Cloughlin, T. M., Holland, L., Regan, F., & White, B. (2021). A review of pharmaceutical occurrence and pathways in the aquatic environment in the context of a changing climate and the COVID-19 pandemic. *Analytical Methods*, 13(5), 575–594. <https://doi.org/10.1039/d0ay02098b>
- Ortúzar, M., Esterhuizen-Londt, M., Olicón-Hernández, D. R., González-López, J., & Aranda, E. (2022). Pharmaceutical pollution in aquatic environments: A concise review of environmental impacts and bioremediation systems. *Frontiers in Microbiology*, 13Trace, Artikel 869332. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.869332>
- Paupitz, B. R., Barbieri, P. A., Lupepsa, L., Fernandes, C. A., Portela-Castro, A. L. de B., & Borin-Carvalho, L. A. (2024). Environmental concentrations of the antidiabetic Metformin cause liver damage in *Astyanax lacustris* (Lütken, 1875) individuals after chronic exposure. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4031547/v1>

- Pérez-Coyotl, I., Galár-Martínez, M., García-Medina, S., Gómez-Oliván, L. M., Pérez, E. G., Martínez-Galero, E., Islas-Flores, H., Pérez-Pastén-Borja, R., Barceló, D., Alda, M. L. de, Pérez, S., Serra-Roig, M. P., Montemurro, N., Peña-Herrera, J. M., & Sánchez-Aceves, L. M. (2019). Polluted water from an urban reservoir (Madín dam, México) induces toxicity and oxidative stress in *Cyprinus carpio* embryos. *Environmental Pollution*, 251, 510–522. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.04.095>
- Pramestutie, H. R., Illahi, R. K., Hariadini, A. L., Ebtavanny, T. G., & Savira, M. (2021). Pengetahuan dan ketepatan apoteker dalam pemusnahan obat sisa, obat rusak dan obat kadaluarsa di Apotek Malang Raya. *Jurnal Farmasi dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 8(3), 250–258. <https://doi.org/10.20473/jfiki.v8i32021.250-258>
- Pramestutie, H. R., Illahi, R. K., Hariadini, A. L., Ebtavanny, T. G., & Aprilia, T. E. (2021). Faktor yang berhubungan dengan tingkat pengetahuan masyarakat dalam mengelola obat sisa, obat rusak dan obat kedaluwarsa. *Jurnal Manajemen dan Pelayanan Farmasi (Journal of Management and Pharmacy Practice)*, 11(1), 25–34. <https://doi.org/10.22146/jmpf.58708>
- Prasmawari, S., Hermansyah, A., & Rahem, A. (2021). Identifikasi pengetahuan, sikap, tindakan masyarakat dalam memusnahkan obat kedaluwarsa dan tidak terpakai di rumah tangga. *Jurnal Farmasi dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 7(1S1), 31–38. <https://doi.org/10.20473/jfiki.v7i1si2020.31-38>
- Praveen, S., Gramle, A., & Reddy, S. (2017). Drug disposing behavior and awareness of the concept of ecopharmacovigilance among the medical faculty. *International Journal of Basic & Clinical Pharmacology*, 6(5), 1142–1148. <https://doi.org/10.18203/2319-2003.ijbcp20171666>
- Ravinetto, R., Lates, J., Jonkman, L., Nangombe, V., Hauner, A., Coetzee, R., Tarrafeta, B., Bradley, H., Ronse, M., Grietens, K. P., Noortgate, J. V. den, & Aljadeeah, S. (2025). Inadequate last-mile pharmaceutical waste management is a neglected threat to environmental and public health: A call to action. *BMJ Global Health*, 10(7), Artikel e019544. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2025-019544>
- Rizqiyana, F., Nida, S. K., Fakhrunnisa, F., & Maghfiroh, D. R. (2025). Penyuluhan kesehatan cara membuang obat kedaluwarsa. *Jurnal Pengabdian Mandiri*, 4(2), 259–266. <https://doi.org/10.53625/jpm.v4i2.9812>
- Rogowska, J., & Zimmermann, A. (2022). Household pharmaceutical waste disposal as a global problem—A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23), Artikel 15798. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315798>
- Roslan, N. N., Lau, H. L. H., Suhaimi, N. A. A., Shahri, N. N. M., Verinda, S. B., Nur, M., Lim, J. W., & Usman, A. (2024). Recent advances in advanced oxidation processes for degrading pharmaceuticals in wastewater—A review. *Catalysts*, 14(3), Artikel 189. <https://doi.org/10.3390/catal14030189>
- Rubio, D. I. C., Delgado, D. R., & Amaya, A. O. (2017). Normatividad ambiental dirigida a regular la presencia de los productos farmacéuticos residuales en ambientes acuáticos. *Revista Jurídica Piélagus*, 16(1), 121–134. <https://doi.org/10.25054/16576799.1445>
- Saka, O. M. (2024). Investigation of the prevalence of expired and unused pharmaceuticals in the Ankara region. *Ankara Universitesi Eczacilik Fakultesi Dergisi*, 48(3), 612–624. <https://doi.org/10.33483/jfpau.1473405>

- 
- Salazar, J. L. P., & Evangelista, G. D. (2024). Removal of ibuprofen and amoxicillin in domestic wastewater using activated carbon soaps and moringa seed powder at the laboratory level. *Revista Ciencia y Tecnología*, 20(1), 63–75. <https://doi.org/10.17268/rev.cyt.2024.01.05>
- Samyda, A. A., Hajleh, M. N. A., Samyda, M. A., Al-Halaseh, L., Alkhayyat, D., Saef, S. A., Bahloul, H. S., Haitham, L., & Askender, M. W. (2022). The quandary of incorrect practice toward unused and expired pharmaceutical products in households. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 12(6), 210–218. <https://doi.org/10.7324/japs.2022.120620>
- Santos, R. M. S. dos, Nascimento, R. F. do, Silva, L. C. da, Filho, J. A. A. de C., & Paiva, A. L. R. de. (2023). Contaminação dos recursos hídricos por micropoluentes emergentes e os possíveis métodos de tratamento para sua remoção. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 8(2), 70–85. <https://doi.org/10.24221/jeap.8.2.2023.4392.070-085>
- Sari, O. M., Anwar, K., & Putri, I. P. (2021). Level of knowledge about storage and disposal of medicine at home in the community of Banjarbaru City, South Kalimantan. *Cendekia Journal of Pharmacy*, 5(2), 145–155. <https://doi.org/10.31596/cjp.v5i2.141>
- 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), 38–46. <https://doi.org/10.20473/jfk.v7i2.21804>
- Sheer, F. A., Deuschle, R. A. N., Bonfanti, G., & Deuschle, V. C. K. N. (2021). Descarte de medicamentos: Uma análise da prática de usuários de uma farmácia pública no noroeste do Rio Grande do Sul. *Multitemas*, 26(61), 7–23. <https://doi.org/10.20435/multi.v25i61.2343>
- Shinde, M. C., Hatwar, P., & Sanap, G. (2025). Recycling and waste management ideas for pharma industry. *International Journal of Science and Research Archive*, 14(1), 1–12. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2025.14.1.2640>
- Silva, V. W. P. da, Figueira, K. L., Silva, F. G. da, Zagui, G. S., & Meschede, M. S. C. (2023). Descarte de medicamentos e os impactos ambientais: Uma revisão integrativa da literatura. *Ciência & Saúde Coletiva*, 28(4), 1113–1124. <https://doi.org/10.1590/1413-81232023284.05752022>
- Souza, H. de O., Costa, R. dos S., Quadra, G. R., & Fernandez, M. A. dos S. (2021). Pharmaceutical pollution and sustainable development goals: Going the right way?. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 21Trace, Artikel 100428. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2021.100428>
- Tahrim, N. A., Abdullah, M. P., & Aziz, Y. F. A. (2018). Pengoptimuman kaedah dan analisis farmaseutik dalam air kumbahan dan air sungai. *Sains Malaysiana*, 47(5), 931–939. <https://doi.org/10.17576/jsm-2018-4705-08>
- Vrček, V. (2017). Farmakoeкологија – okolišna sudbina lijekova. *Kemija u Industriji*, 66(3-4), 135–144. <https://doi.org/10.15255/kui.2016.013>
- Wang, L., Xu, Y., Qin, T., Wu, M., Chen, Z., Zhang, Y., Liu, W., & Xie, X. (2023). Global trends in the research and development of medical/pharmaceutical wastewater treatment over the half-century. *Chemosphere*, 331, Artikel 138775. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138775>
- Watkins, S. C., Barnett, J., Standage, M., Kasprzyk-Hordern, B., & Barden, R. (2022). Household disposal of pharmaceuticals: Attitudes and risk perception in a UK sample. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 24(6), 2455–2469. <https://doi.org/10.1007/s10163-022-01494-7>

Zillien, C., Loon, C. van, Gülpen, M., Tipatet, K. S., Hanssen, B., Beeltje, H., Roex, E., Oldenkamp, R., Posthuma, L., & Ragas, A. M. J. (2019). Risk-management tool for environmental prioritization of pharmaceuticals based on emissions from hospitals. *The Science of The Total Environment*, 694, Artikel 133733. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133733>