

## Dampak Pengolahan Air Limbah Industri terhadap Pencemaran Sungai: Sebuah Tinjauan Evaluasi Teknologi

Diterima: 7 Januari 2025  
Revisi: -  
Terbit: 7 Januari 2025

<sup>1</sup>Sutarti, <sup>3</sup>Derri Mochmad Fadillah, Kusnadi Jarek  
<sup>1,2,3</sup>Universitas Doktor Nugroho Magetan  
<sup>1</sup>Magetan, Indonesia  
<sup>1,2,3</sup>Email: [tarti@udn.ac.id](mailto:tarti@udn.ac.id), [derymochamadfadillah@udn.ac.id](mailto:derymochamadfadillah@udn.ac.id),  
[gamalielkjarek@udn.ac.id](mailto:gamalielkjarek@udn.ac.id)

**Abstract**-Water pollution due to industrial wastewater has become an increasingly critical environmental issue, particularly regarding inadequate wastewater treatment. Rivers, which serve as sources of clean water and natural ecosystems, are often used as disposal sites for industrial waste, leading to environmental contamination. Various industrial wastewater treatment technologies, including physical, chemical, and biological treatments, have been applied to reduce pollution levels. However, despite the effectiveness of some technologies in removing certain pollutants, significant challenges remain, especially in managing persistent pollutants such as heavy metals and hazardous chemicals. This study aims to evaluate the impact of industrial wastewater treatment on river water quality by reviewing existing treatment technologies and providing recommendations for improving their effectiveness. This study suggests the development of more environmentally friendly technologies and the implementation of strict policies in industrial waste management, as well as the importance of further research for sustainable solutions.

**Keywords:** Wastewater treatment, river pollution, industrial treatment technologies, heavy metals, persistent pollutants, waste management policies, environmentally friendly technologies.

**Abstrak**-Pencemaran air akibat limbah industri merupakan isu lingkungan yang semakin krusial, terutama terkait dengan pengolahan air limbah yang tidak memadai. Sungai yang berfungsi sebagai sumber air bersih dan ekosistem alami seringkali menjadi tempat pembuangan limbah industri yang mencemari lingkungan. Berbagai teknologi pengolahan air limbah industri, termasuk pengolahan fisik, kimia, dan biologis, telah diterapkan untuk mengurangi dampak pencemaran. Namun, meskipun beberapa teknologi efektif dalam mengurangi kadar polutan tertentu, tantangan besar masih ada, terutama dalam mengelola polutan yang bersifat persisten seperti logam berat dan bahan kimia berbahaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak pengolahan air limbah industri terhadap kualitas air sungai dengan meninjau teknologi-teknologi pengolahan yang ada dan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan efektivitasnya. Penelitian ini menyarankan pengembangan teknologi yang lebih ramah lingkungan dan penerapan kebijakan yang ketat dalam pengelolaan limbah industri, serta pentingnya penelitian lanjutan untuk solusi berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Pengolahan air limbah, pencemaran sungai, teknologi pengolahan industri, logam berat, polutan persisten, kebijakan pengelolaan limbah, teknologi ramah lingkungan.

## Pendahuluan

Pencemaran air yang disebabkan oleh limbah industri telah menjadi masalah lingkungan yang sangat penting dalam beberapa dekade terakhir. Aktivitas industri yang tidak terkelola dengan baik menghasilkan limbah cair yang sering dibuang langsung ke perairan tanpa proses pengolahan yang memadai, sehingga menyebabkan kerusakan pada ekosistem dan menurunnya kualitas air. Sungai, yang merupakan sumber utama air bersih, irigasi, dan ekosistem alami, seringkali menjadi tempat pembuangan limbah industri yang tidak dikelola dengan benar. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pembuangan limbah industri yang sembarangan dapat mencemari air, mengancam kelangsungan hidup organisme air, serta membahayakan kesehatan manusia (Suhardi, 2020). Pencemaran air oleh limbah industri juga meningkatkan konsentrasi bahan kimia berbahaya yang dapat mencemari rantai makanan dan merusak habitat alami bagi berbagai spesies air (Suryanto et al., 2021).

Meskipun berbagai teknologi pengolahan air limbah industri telah diterapkan, masalah pencemaran sungai masih terus berlangsung. Beragam teknologi, seperti pengolahan fisik, kimia, dan biologis, telah digunakan untuk mengurangi dampak pencemaran air. Pengolahan fisik, seperti filtrasi dan koagulasi, diterapkan untuk menghilangkan partikel padat dan bahan berbahaya dari air limbah, sementara pengolahan kimia memanfaatkan bahan kimia untuk mengendapkan kontaminan berbahaya (Baharuddin et al., 2022). Namun, meskipun metode-metode tersebut cukup efektif dalam menghilangkan sebagian kontaminan, mereka sering kali tidak mampu mengatasi polutan organik dan mikroorganisme patogen yang lebih sulit untuk dihilangkan. Oleh karena itu, metode pengolahan biologis yang memanfaatkan mikroorganisme untuk mengurai bahan organik semakin populer. Sebagai contoh, penggunaan bioreaktor atau sistem biofilter dalam pengolahan air limbah industri menunjukkan hasil yang cukup menjanjikan dalam mengurangi beban organik dan meningkatkan kualitas air (Amir et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak pengolahan air limbah industri terhadap kualitas air sungai dengan cara mengevaluasi berbagai teknologi pengolahan yang diterapkan di sektor industri. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan teknologi pengolahan limbah industri yang lebih efisien dapat secara signifikan meningkatkan

kualitas air sungai, meskipun masih ada tantangan yang berkaitan dengan biaya yang tinggi dan efisiensi operasional teknologi tersebut (Raharjo & Suryana, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun teknologi tersebut memiliki potensi besar dalam memperbaiki kualitas air, implementasinya sering terkendala oleh faktor ekonomi dan kemampuan operasional yang terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini juga akan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan efektivitas pengolahan limbah industri, antara lain dengan meningkatkan kesadaran industri untuk mengadopsi teknologi yang lebih ramah lingkungan dan lebih efisien dalam pengelolaan limbah mereka. Salah satu rekomendasi utama yang diusulkan adalah penerapan sistem pengelolaan limbah yang lebih terintegrasi, yang tidak hanya memperhatikan aspek teknis, tetapi juga mempertimbangkan dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan secara bersamaan, guna mencapai keseimbangan yang berkelanjutan dalam pengelolaan limbah industri (Haryono, 2021).

### **Metode Penelitian**

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah tinjauan pustaka yang bersifat deskriptif dan analitis. Tinjauan pustaka ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai berbagai teknologi pengolahan air limbah industri serta dampaknya terhadap pencemaran sungai. Sebagaimana dijelaskan oleh Creswell (2015), tinjauan pustaka deskriptif memiliki peran penting dalam memberikan wawasan yang lebih dalam terhadap isu yang diteliti dengan cara mengumpulkan dan menyusun data dari berbagai sumber yang relevan dan terpercaya. Dalam penelitian ini, sumber pustaka yang dianalisis mencakup jurnal ilmiah, buku, laporan penelitian, serta data dan studi kasus yang berkaitan dengan teknologi pengolahan air limbah industri yang diterapkan di berbagai sektor, seperti industri tekstil, makanan dan minuman, serta industri kimia. Fokus utama penelitian ini adalah pada pengolahan limbah cair yang dihasilkan oleh industri, yang diketahui memiliki dampak signifikan terhadap kualitas air sungai. Sebagai contoh, industri tekstil dikenal sebagai salah satu sektor industri yang paling banyak menyumbang pencemaran air melalui pembuangan zat pewarna serta bahan kimia berbahaya lainnya, yang dapat merusak ekosistem perairan dan mengancam kesehatan manusia (Liu et al., 2018).

Dalam analisis ini, penulis akan memetakan berbagai teknologi pengolahan air limbah yang diterapkan di industri, termasuk pengolahan fisik, kimia, dan biologis. Pengolahan fisik seperti filtrasi dan koagulasi digunakan untuk menghilangkan partikel padat, sementara

pengolahan kimia memanfaatkan bahan kimia untuk mengendapkan kontaminan yang sulit dihilangkan (Nasr et al., 2017). Pengolahan biologis dengan mikroorganisme juga semakin banyak diterapkan, seperti penggunaan biofilter yang efektif mengurangi bahan organik dan meningkatkan kualitas air (Gonzalez et al., 2020). Tinjauan ini juga mencakup evaluasi efektivitas dan tantangan teknologi-teknologi tersebut, terutama dalam menangani polutan organik dan beracun (Duncan et al., 2018). Penelitian ini menyoroti perlunya pengembangan teknologi yang lebih ramah lingkungan dan hemat biaya, serta kebijakan yang mendukung pengelolaan limbah industri berkelanjutan. Selain itu, penulis akan membahas bagaimana teknologi ini dapat disesuaikan dengan berbagai jenis industri dan tingkat pencemaran, dengan mempertimbangkan karakteristik limbah dan sumber daya yang tersedia (Wang et al., 2021). Tantangan biaya dan implementasi juga menjadi hambatan, terutama di negara berkembang, di mana kesadaran industri terhadap teknologi ramah lingkungan masih terbatas (Mulyanto & Tohari, 2020).

### **Temuan dan Pembahasan**

Berdasarkan tinjauan pustaka yang dilakukan, berbagai teknologi pengolahan air limbah industri telah diterapkan secara luas dengan masing-masing kelebihan dan keterbatasannya. Beberapa teknologi utama yang diterapkan dalam pengelolaan limbah industri meliputi pengolahan fisik, kimia, dan biologis. Pengolahan fisik, seperti filtrasi dan adsorpsi, digunakan untuk menghilangkan partikel padat dan bahan kimia tertentu dalam air limbah. Meskipun teknologi ini efektif dalam mengurangi kadar padatan terlarut dan beberapa polutan organik, namun sering kali tidak cukup untuk menangani polutan yang lebih kompleks, seperti senyawa organik berbahaya yang sulit terurai (Ali & Gupta, 2016). Zhao et al. (2017) menjelaskan bahwa meskipun pengolahan fisik dapat mengurangi pencemaran fisik secara signifikan, teknologi ini memerlukan pembaruan berkelanjutan untuk mengatasi jenis limbah yang lebih beragam. Hal ini mendorong penggabungan metode, di mana filtrasi fisik dipadukan dengan proses kimia untuk meningkatkan efektivitas pengolahan.

Pengolahan kimia merupakan metode yang sering digunakan dalam industri untuk mengurangi tingkat polutan dalam air limbah, dengan proses seperti koagulasi-flokulasi dan oksidasi kimia yang memungkinkan penghilangan logam berat dan bahan organik terlarut. Walaupun proses kimia ini dapat menurunkan konsentrasi bahan pencemar, mereka sering kali menghasilkan limbah kimia sekunder yang memerlukan pengelolaan lebih lanjut. Zhang et al.

(2018) mengungkapkan bahwa meskipun metode ini efektif dalam mengatasi logam berat, pengelolaan limbah kimia sekunder yang dihasilkan dalam proses ini tetap menjadi tantangan utama. Selain itu, penggunaan bahan kimia dalam pengolahan air limbah dapat berisiko terhadap lingkungan jika tidak dikelola dengan baik (Kaur & Mehra, 2019). Oleh karena itu, riset terus berfokus pada pengembangan metode kimia yang lebih efisien dan ramah lingkungan dengan mengurangi limbah kimia tambahan.

Selain pengolahan fisik dan kimia, pengolahan biologis telah menjadi solusi yang lebih ramah lingkungan untuk menangani polutan organik dalam air limbah. Teknologi biologis, seperti sistem aerob dan anaerob, memanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah. Sistem aerob mengandalkan oksigen untuk mendekomposisi bahan organik, sementara sistem anaerob beroperasi tanpa oksigen, keduanya telah terbukti efektif dalam mengurangi beban polutan organik (Mulyanto et al., 2020). Namun, teknologi ini memerlukan pengelolaan yang cermat terkait dengan kondisi operasional seperti ketersediaan oksigen dan suhu yang optimal. Wang et al. (2020) menyatakan bahwa keberhasilan sistem biologis sangat tergantung pada pengelolaan lingkungan mikro yang stabil, yang bisa menjadi tantangan besar, terutama dalam skala industri. Meskipun demikian, keunggulan utama sistem biologis adalah kemampuannya untuk mengurangi dampak lingkungan dengan memanfaatkan mikroorganisme yang terbarukan.

Inovasi teknologi pengolahan air limbah terus berkembang, salah satunya melalui penggunaan membran filtrasi dan fotokatalisis yang menunjukkan potensi besar dalam mengurangi pencemaran air. Teknologi membran filtrasi menggunakan membran semipermeabel untuk memisahkan partikel kecil, seperti logam berat dan senyawa organik terlarut, dan terbukti efektif dalam mengatasi polutan yang lebih halus (Mochizuki et al., 2019). Di sisi lain, fotokatalisis menggunakan cahaya untuk mengaktifkan reaksi kimia dalam penguraian polutan, dan sedang diteliti sebagai teknologi yang lebih efisien untuk pengolahan limbah (Fang et al., 2020). Meskipun keduanya menunjukkan potensi yang signifikan, keduanya menghadapi tantangan terkait biaya yang tinggi dan kompleksitas operasional. Biaya investasi yang besar dan kebutuhan untuk pengelolaan sistem yang canggih sering menjadi hambatan utama dalam penerapan teknologi ini di industri.

Evaluasi dampak pengolahan air limbah industri terhadap pencemaran sungai menunjukkan bahwa meskipun teknologi pengolahan air limbah dapat mengurangi tingkat

pencemaran, beberapa polutan yang bersifat persisten, seperti logam berat dan bahan kimia berbahaya, masih mencemari sungai. Polutan yang bersifat tahan lama ini sulit diuraikan dan dapat bertahan dalam ekosistem air dalam waktu lama. Kumar et al. (2021) meneliti bahwa polutan persisten ini dapat terakumulasi dalam tubuh organisme air dan berpotensi merusak rantai makanan serta mengancam keberlanjutan ekosistem sungai. Bahkan setelah pengolahan, limbah tersebut dapat kembali masuk ke ekosistem melalui pembuangan air limbah yang tidak dikelola dengan baik, memperburuk kualitas air dan mengancam ekosistem sungai sebagai sumber kehidupan bagi banyak spesies (Suryanto et al., 2020).

Beberapa teknologi pengolahan air limbah industri juga menghasilkan limbah sekunder yang perlu diproses lebih lanjut. Sebagai contoh, dalam proses koagulasi-flokulasi, limbah kimia berupa lumpur yang mengandung bahan kimia berbahaya harus dikelola dengan hati-hati untuk menghindari pencemaran lebih lanjut. Liu et al. (2019) menjelaskan bahwa limbah sekunder ini menambah kompleksitas dalam pengelolaan limbah industri, karena memerlukan proses pengolahan tambahan yang dapat meningkatkan biaya dan waktu pengolahan. Oleh karena itu, pengelolaan limbah sekunder ini menjadi aspek yang penting untuk diperhatikan dalam usaha mengurangi dampak pencemaran dari industri. Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya pengelolaan limbah yang berkelanjutan, banyak industri mulai beralih ke teknologi pengolahan yang lebih ramah lingkungan dan hemat biaya.

## **Penutup**

### **Kesimpulan**

Dampak pengolahan air limbah industri terhadap pencemaran sungai sangat bergantung pada jenis teknologi yang diterapkan dan efektivitas pengelolaannya. Meskipun beberapa teknologi, seperti pengolahan fisik, kimia, dan biologis, terbukti efektif mengurangi polutan, tantangan besar masih ada, terutama dalam mengatasi polutan persisten seperti logam berat dan bahan kimia berbahaya. Penggunaan teknologi ramah lingkungan dan efisien sangat penting untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, yang harus didukung oleh kebijakan dan pengawasan yang ketat.

### **Saran**

Industri diharapkan lebih memperhatikan penerapan teknologi pengolahan air limbah yang efisien dan ramah lingkungan, dengan mempertimbangkan dampaknya terhadap ekosistem air. Kombinasi teknologi yang lebih terintegrasi, seperti pengolahan fisik, kimia, dan biologis, dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan limbah. Pembaruan teknologi juga

perlu diutamakan, terutama untuk menangani polutan yang sulit terurai. Pemerintah harus memperkuat kebijakan dan pengawasan agar pembuangan limbah industri memenuhi standar keselamatan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

### Rekomendasi

1. **Inovasi Teknologi:** Mengembangkan dan menerapkan teknologi pengolahan limbah yang efisien dan ramah lingkungan, seperti fotokatalisis dan membran filtrasi, untuk mengatasi polutan organik dan kimia berbahaya.
2. **Peningkatan Kebijakan:** Pemerintah perlu memperketat kebijakan pengelolaan limbah industri dan memberikan insentif bagi industri yang mengadopsi teknologi ramah lingkungan.
3. **Penelitian Lanjutan:** Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi kombinasi teknologi pengolahan yang efektif dalam mengatasi pencemaran sungai dan mengidentifikasi solusi pengelolaan limbah industri yang lebih berkelanjutan.

### Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyelesaian penelitian ini, khususnya kepada ahli dan praktisi yang berbagi pengetahuan mengenai teknologi pengolahan air limbah industri. Terima kasih juga kepada lembaga yang menyediakan akses data yang sangat bermanfaat. Semoga penelitian ini dapat berkontribusi positif dalam menjaga kualitas air sungai dan menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan berkelanjutan.

### Daftar Pustaka

- Amir, M. et al. (2020). "Biological Treatment of Industrial Wastewater: A Sustainable Approach". *Environmental Science and Technology*, 35(2), 142-153.
- Baharuddin, S. et al. (2022). "Chemical and Physical Methods in Wastewater Treatment". *Journal of Environmental Engineering*, 40(5), 421-429.
- Haryono, T. (2021). "Sustainable Wastewater Management for Industrial Application". *International Journal of Environmental Protection*, 28(1), 58-64.
- Raharjo, H. & Suryana, I. (2019). "Cost-Effectiveness of Wastewater Treatment Technologies in the Industry". *Journal of Industrial Waste Management*, 44(6), 785-792.
- Suhardi, B. (2020). *Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Suryanto, D. et al. (2021). "Impact of Industrial Wastewater on River Ecosystems". *Environmental Pollution Research*, 32(3), 1015-1023.

**Daftar Pustaka:**

Creswell, J. W. (2015). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications.

Duncan, J., Caron, M., & Booth, S. (2018). "Challenges in Industrial Wastewater Treatment: A Review of Recent Advances." *Environmental Science and Pollution Research*, 25(10), 9873-9886.

Gonzalez, M., Vasquez, C., & Ferrer, M. (2020). "Application of Biofiltration for Wastewater Treatment in the Textile Industry." *Journal of Environmental Management*, 261, 110268.

Kaur, S., & Mehra, A. (2019). "Biological Treatment of Industrial Effluents: A Review of Recent Developments." *Bioresource Technology*, 292, 121996.

Liu, Y., Li, H., & Chen, X. (2018). "Textile Industry Wastewater Treatment: Technologies and Applications." *Water Science and Technology*, 77(1), 1-15.

Mulyanto, R., & Tohari, M. (2020). "Technological Barriers in Industrial Wastewater Treatment in Developing Countries." *Asian Journal of Environmental Science*, 13(2), 213-223.

Nasr, M., Taha, M., & El-Hadidy, R. (2017). "Chemical Treatment Methods in Wastewater Treatment: A Review." *Journal of Hazardous Materials*, 323, 46-59.

Wang, J., Liu, Y., & Wang, Z. (2021). "Optimizing Wastewater Treatment Technologies for Sustainable Development: Challenges and Opportunities." *Environmental Sustainability Journal*, 12(3), 350-365.

**Daftar Pustaka:**

Ali, I., & Gupta, V. K. (2016). "Adsorption Techniques for the Removal of Pollutants from Water." *Environmental Science and Pollution Research*, 23(12), 11601-11620.

Fang, Y., Liu, W., & Zhang, J. (2020). "Photocatalytic Degradation of Organic Pollutants in Wastewater Using Titanium Dioxide." *Environmental Chemistry Letters*, 18(3), 611-624.

Kaur, S., & Mehra, A. (2019). "Biological Treatment of Industrial Effluents: A Review of Recent Developments." *Bioresource Technology*, 292, 121996.

Kumar, M., Mishra, D., & Saha, S. (2021). "Persistent Pollutants in Water Systems: Their Impact on Ecosystems and Human Health." *Water Research*, 201, 117298.

Liu, Y., Li, H., & Chen, X. (2019). "Textile Industry Wastewater Treatment: Technologies and Applications." *Water Science and Technology*, 77(1), 1-15.

Mulyanto, R., & Tohari, M. (2020). "Technological Barriers in Industrial Wastewater Treatment in Developing Countries." *Asian Journal of Environmental Science*, 13(2), 213-223.

Mochizuki, A., Yamaguchi, T., & Saito, M. (2019). "Membrane Filtration Technology for Industrial Wastewater Treatment: A Review." *Journal of Membrane Science and Technology*, 41(5), 234-243.

Wang, Z., Li, J., & Zhang, Y. (2020). "Aerobic and Anaerobic Biological Wastewater Treatment: A Review." *Environmental Pollution Control Journal*, 55(4), 89-101.

Zhao, D., Zhai, X., & Huang, X. (2017). "Challenges in Wastewater Treatment Technology: A Review of Recent Advances." *Environmental Science and Pollution Research*, 24(4), 3401-3415.