

## The Impact of Pesticide Wastewater on Environmental Health: A Bibliometric Analysis

Dhea Kasnelia Putri<sup>1\*</sup> & Elsa Yuniarti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;

### Article History

Received : April 05<sup>th</sup>, 2025

Revised : April 16<sup>th</sup>, 2025

Accepted : April 30<sup>th</sup>, 2025

\*Corresponding Author:

**Elsa Yuniarti,**

Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;  
Email:

[dr\\_elsa@fmipa.unp.ac.id](mailto:dr_elsa@fmipa.unp.ac.id)

**Abstract:** Pesticide wastewater is water containing dissolved or dispersed pesticide residues that can threaten environmental health. This study aims to assess the impact of pesticide wastewater on environmental health. The method employed was a literature review of the Scopus database using the keywords “pesticide AND wastewater AND health.” Data were analyzed with VOSviewer to map the interrelationships among keywords. The results revealed three maps with four color clusters highlighting the keywords “pesticide,” “wastewater,” and “health.” In conclusion, bibliometric analysis is effective for identifying research themes and guiding future studies. The implications of these findings are that bibliometric analysis can enhance understanding of research trends on pesticide wastewater and foster the development of more in-depth studies and more effective pesticide wastewater management strategies.

**Keywords:** health; pesticide; wastewater.

### Pendahuluan

Kualitas air merupakan salah satu indikator penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan dan kesehatan manusia. Secara umum, air dikatakan berkualitas baik jika sesuai dengan fungsi dan tujuan pemanfaatannya. Namun, aktivitas manusia yang terus meningkat, terutama di sektor pertanian dan industri, menyebabkan banyak sumber air mengalami penurunan kualitas akibat pencemaran. Salah satu zat pencemar utama yang sering ditemukan adalah residu pestisida. Pencemaran ini tidak hanya berdampak pada ekosistem perairan, tetapi juga membahayakan kesehatan manusia yang mengonsumsi atau bersentuhan langsung dengan air tersebut (Gao et al., 2019; Liu et al., 2022).

Secara konsep, pestisida merupakan zat kimia yang digunakan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman agar hasil pertanian meningkat. Namun, penggunaan pestisida yang tidak terkontrol dapat menyebabkan kontaminasi pada air permukaan dan air tanah, terutama melalui limpasan hujan atau infiltrasi dari lahan pertanian ke badan air. Menurut De Jesus et al. (2023), residu pestisida dalam air limbah

memiliki sifat toksik, persisten, dan dapat terakumulasi dalam jaringan organisme air, sehingga menimbulkan ancaman terhadap kesehatan ekosistem maupun manusia. Keberadaan pestisida dalam air juga menunjukkan tantangan besar dalam menjamin keamanan air bersih yang layak konsumsi.

Penelitian mengenai dampak pencemaran sungai terhadap ekosistem air juga dapat memberikan wawasan terkait limbah pestisida. Sebuah analisis bibliometrik terhadap topik ini menunjukkan bahwa pencemaran sungai, termasuk oleh limbah pestisida, memiliki dampak signifikan terhadap ekosistem air. Studi ini menganalisis tren penelitian, kolaborasi penulis, dan distribusi geografis publikasi terkait pencemaran sungai dan ekosistem air (Kasim et al., 2025).

Permasalahan muncul ketika air yang telah terkontaminasi pestisida digunakan oleh masyarakat tanpa melalui proses pengolahan yang memadai. Residu pestisida dalam air dapat masuk ke tubuh manusia melalui tiga jalur utama, yakni tertelan saat mengonsumsi air, terhirup saat mandi, atau melalui kontak kulit. Hasil studi Musa et al. (2019) dan Brodie &

Landos (2019) menunjukkan bahwa residu pestisida secara signifikan menurunkan kualitas air di wilayah pertanian intensif, bahkan memengaruhi ekosistem laut seperti Great Barrier Reef. Oleh karena itu, berbagai teknologi pengolahan air telah dikembangkan, termasuk *advanced oxidation processes* yang terbukti efektif dalam mengurangi kontaminan organik (Wang et al., 2020). Namun, belum semua wilayah mampu mengimplementasikan teknologi tersebut secara optimal.

Analisis bibliometrik terhadap penelitian mengenai limbah pestisida dan kesehatan lingkungan di Indonesia menunjukkan tren peningkatan publikasi dalam beberapa tahun terakhir. Salah satu studi bibliometrik yang relevan adalah analisis terhadap artikel-artikel yang membahas sanitasi, yang dapat mencakup aspek pengelolaan limbah pestisida. Studi ini mengidentifikasi perkembangan pertumbuhan publikasi, sebaran publikasi, variabel kata kunci, dan kolaborasi penulis antara tahun 2016 hingga 2021, menggunakan data dari ScienceDirect dan perangkat lunak VOSviewer (Nuraeni et al., 2020).

Analisis bibliometrik mengenai pencemaran limbah pestisida, terdapat beberapa aspek yang menjadi fokus penelitian, seperti distribusi geografi publikasi, tren kata kunci, serta kolaborasi antara peneliti dari berbagai institusi. Salah satu temuan utama adalah peningkatan jumlah publikasi yang berfokus pada efek pestisida terhadap kualitas air. Penelitian ini mencatat bahwa pestisida, yang sering digunakan dalam pertanian, dapat mencemari sumber daya air yang kemudian memengaruhi kehidupan akuatik dan kesehatan manusia.

Melihat dampak negatif yang ditimbulkan oleh pestisida terhadap lingkungan dan kesehatan, maka penting untuk melakukan kajian mendalam mengenai pengaruh limbah pestisida terhadap kualitas air dan kesehatan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sejauh mana limbah pestisida mempengaruhi kualitas air dan risiko yang ditimbulkan terhadap ekosistem serta kesehatan masyarakat. Dengan memahami pola pencemaran dan dampaknya, diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam merumuskan strategi pengelolaan lingkungan

yang berkelanjutan serta mendorong penggunaan pestisida yang lebih bijak dan ramah lingkungan.

## Bahan dan Metode

### Jenis penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk mengeksplorasi dan menganalisis perkembangan kajian ilmiah terkait dampak limbah pestisida terhadap kesehatan lingkungan melalui pendekatan bibliometrik dan tinjauan literatur.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh artikel ilmiah yang relevan dengan topik "pesticide AND wastewater AND health" yang dipublikasikan dalam kurun waktu tahun 2018 hingga 2024 dan terindeks dalam database Scopus. Populasi ini mencakup berbagai publikasi dari jurnal ilmiah internasional yang membahas kaitan antara pestisida, limbah, dan dampaknya terhadap kesehatan lingkungan.

Sampel dalam penelitian ini merupakan artikel-artikel yang dipilih berdasarkan kriteria inklusi, yaitu: artikel yang dipublikasikan dalam rentang tahun 2018–2024; Artikel yang mengandung kata kunci "pesticide AND wastewater AND health" pada bagian judul, abstrak, atau kata kunci (TITLE-ABS-KEY), Artikel yang tersedia dalam database Scopus. Jumlah artikel yang diperoleh setelah proses seleksi awal dan penyaringan akhir disesuaikan dengan kriteria inklusi di atas akan ditentukan pada tahap analisis. Variabel dalam penelitian ini berupa kata kunci (keywords) yang digunakan untuk penelusuran literatur, yaitu: pesticide, wastewater, dan health. Kata kunci tersebut digunakan secara kombinatif (AND) untuk memperoleh hasil yang spesifik sesuai dengan topik penelitian.

Sumber data diperoleh dari database Scopus ([www.scopus.com](http://www.scopus.com)), yang merupakan salah satu basis data sitasi ilmiah terbesar dan kredibel untuk jurnal-jurnal internasional bereputasi.

### Prosedur penelitian

Prosedur dalam penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan, yaitu:

1. Identifikasi dan Penelusuran Literatur  
Penelusuran artikel dilakukan melalui database Scopus dengan memasukkan kombinasi kata kunci "pesticide AND

wastewater AND health" pada fitur TITLE-ABS-KEY, dengan batasan tahun publikasi 2018–2024. Artikel yang relevan dikumpulkan dalam format ris atau CSV untuk keperluan analisis lebih lanjut.

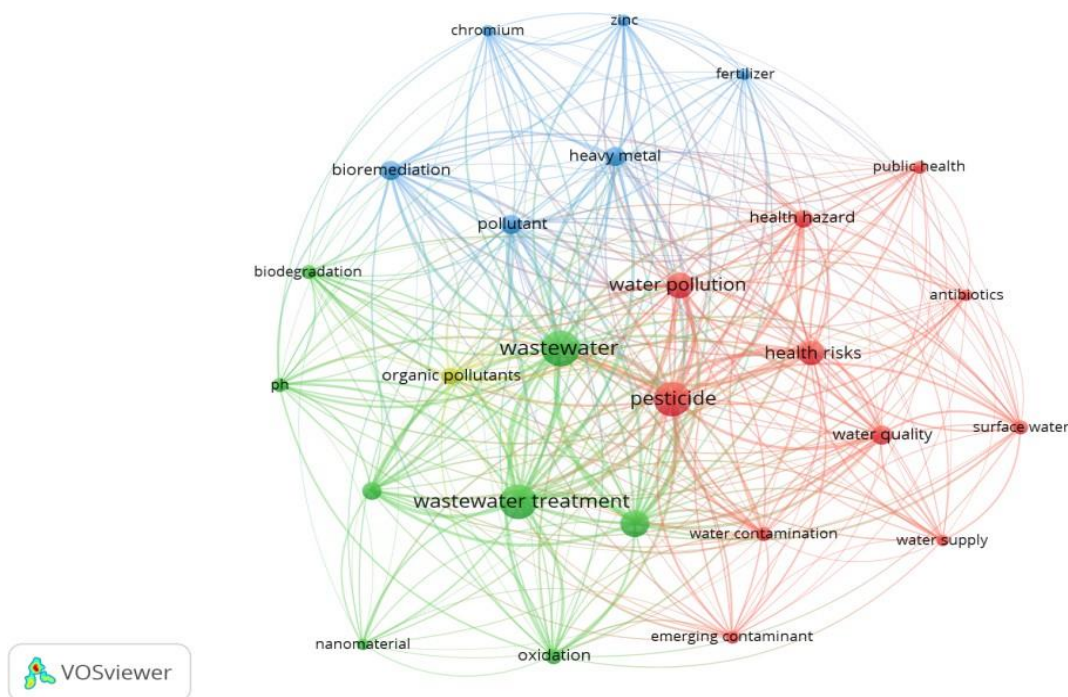
2. Tinjauan Literatur (Literature Review) Setelah data dikumpulkan, dilakukan kajian terhadap isi artikel untuk mengidentifikasi topik penelitian, temuan utama, serta arah penelitian sebelumnya. Kajian ini bertujuan untuk memperkuat argumen mengenai dampak limbah pestisida terhadap kesehatan lingkungan serta mengidentifikasi kesenjangan penelitian (research gaps).
3. Analisis Bibliometrik dengan VOSviewer Analisis bibliometrik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak VOSviewer untuk memetakan jaringan kata kunci,

4. penulis, institusi, serta tren penelitian dari artikel yang diperoleh. VOSviewer digunakan untuk membuat visualization map atau pemetaan metadata yang menunjukkan perkembangan literatur terkait topik penelitian.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil penelitian

Hasil penelusuran pada database Scopus menunjukkan terdapat 392 artikel ilmiah yang membahas kata kunci *pesticides*, *wastewater*, dan *health* selama periode 2019–2023. Namun, artikel yang secara khusus membahas *pesticide wastewater* dalam konteks kesehatan lingkungan jumlahnya masih terbatas. Hal ini menunjukkan bahwa topik ini belum menjadi fokus utama dalam riset selama lima tahun terakhir.



**Gambar 1.** Visualisasi Network Co-occurrence Keyword Pesticide Wastewater menggunakan VOSviewer

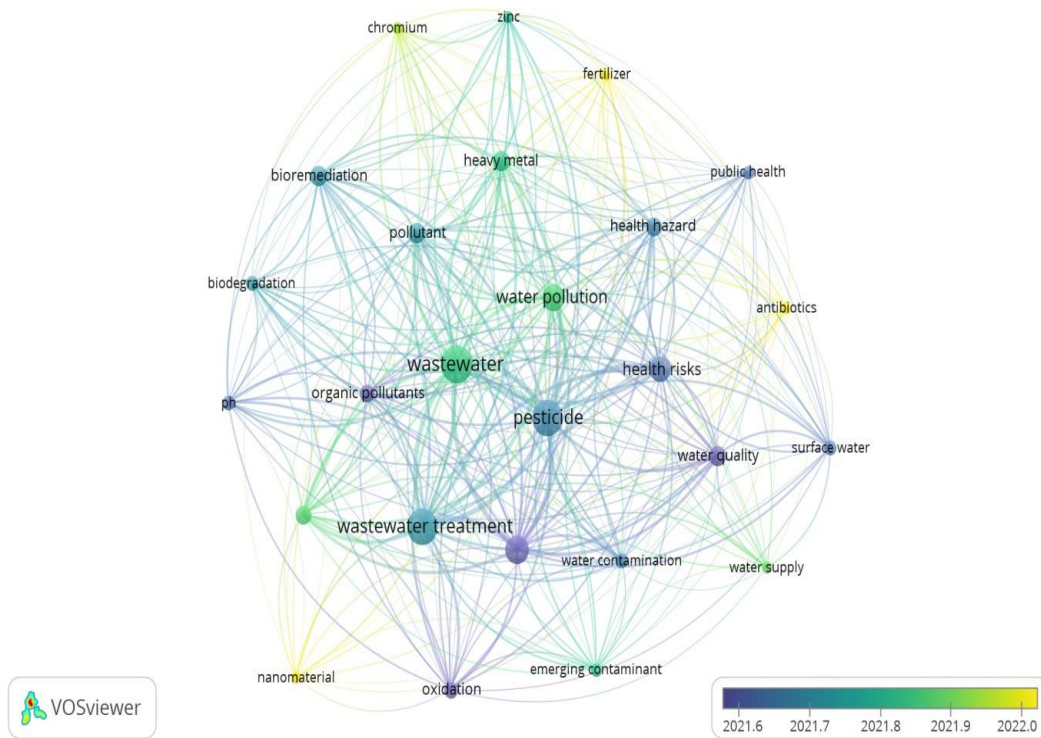
Berdasarkan visualisasi tersebut, terdapat empat kluster utama yang terbentuk. Setiap kluster menunjukkan kumpulan kata kunci yang saling berkaitan dalam satu tema penelitian. Misalnya, kluster merah berisi kata kunci seperti *pesticide*, *toxicity*, dan *public health*, yang menggambarkan fokus terhadap dampak toksik terhadap kesehatan. Ukuran lingkaran menunjukkan kata kunci *pesticide* dan *health*

paling sering muncul, yang mengindikasikan pentingnya isu ini dalam publikasi ilmiah.

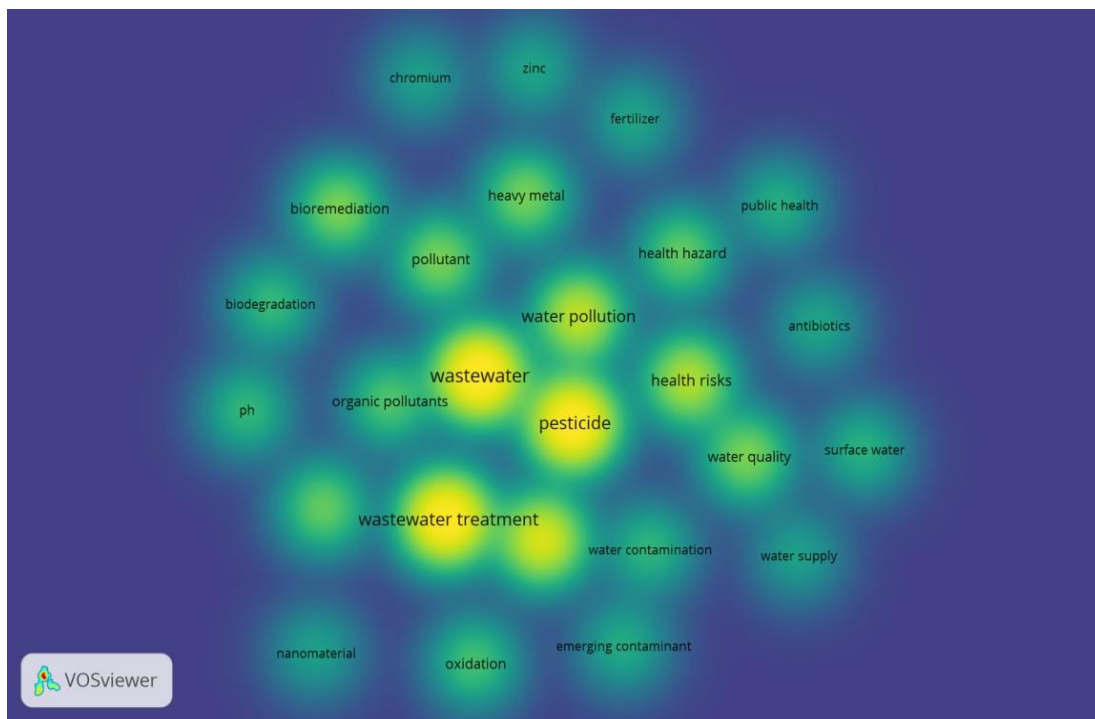
### Visualisasi Temporal dan Kepadatan Kata Kunci

Untuk melihat perkembangan penelitian dari waktu ke waktu, digunakan overlay dan density visualization. Overlay Visualization menunjukkan kata kunci terbaru yang muncul

dalam penelitian, sementara Density tertentu dalam bidang tersebut. Visualization menunjukkan kepadatan topik



**Gambar 2.** Overlay Visualization Keyword Trends



**Gambar 3.** Density Visualization Keyword Intensity

Hasil overlay visualization menunjukkan bahwa topik seperti *microplastic*, *endocrine disruptors*, dan *antibiotic resistance* mulai muncul bersamaan dengan topik *pesticide*



*wastewater*, menandakan tren integratif. Sedangkan pada density visualization, terlihat konsentrasi tertinggi berada pada kata kunci *toxicity*, *exposure*, dan *environmental risk*, yang mengindikasikan fokus utama peneliti pada bahaya paparan limbah pestisida terhadap kesehatan lingkungan.

## Pembahasan

### Minat Penelitian Terhadap Pesticide Wastewater Masih Terbatas

Analisis bibliometrik menunjukkan bahwa meskipun terdapat ratusan artikel dengan kata kunci pestisida, hanya sebagian kecil yang fokus pada limbah pestisida (*pesticide wastewater*) dalam kaitannya dengan kesehatan. Ini sejalan dengan temuan Li et al. (2021), yang menyatakan bahwa topik ini masih tergolong *emerging* dalam studi kesehatan lingkungan. Hasil serupa juga ditemukan oleh Zhou et al. (2022) yang menyatakan perlunya lebih banyak riset integratif antara pestisida, limbah, dan kesehatan publik.

Kesimpulannya, dibandingkan dengan topik lingkungan lainnya seperti *plastic pollution* atau *air quality*, penelitian mengenai *pesticide wastewater* masih kurang dieksplorasi. Hal ini dapat menjadi peluang penelitian lanjutan. Implikasi dari hasil ini adalah pentingnya mendorong studi lebih lanjut mengenai pengelolaan dan dampak limbah pestisida terhadap kesehatan manusia, terutama di negara berkembang yang penggunaannya tinggi namun sistem pengelolaannya masih lemah (Chen et al., 2020; Gómez-Ramos et al., 2023).

### Perkembangan Tren dan Klaster Penelitian

Visualisasi overlay dan density menunjukkan bahwa topik-topik baru mulai bermunculan dalam ranah ini. Hasil ini diperkuat oleh studi Zhang et al., (2020) yang menunjukkan peningkatan minat terhadap isu *emerging contaminants* seperti mikroplastik dan *pharmaceuticals* yang turut terkait dengan limbah pertanian. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih fokus pada pestisida sebagai bahan kimia, tren terkini mengarah ke analisis keberlanjutan dan risiko jangka panjang (Martínez et al., 2021). Hal ini menunjukkan adanya pergeseran fokus dari aspek toksikologi semata ke pendekatan sistemik.

Implikasi dari temuan ini adalah pentingnya interdisiplin antara toksikologi lingkungan, teknik pengolahan air limbah, dan kesehatan masyarakat dalam membentuk strategi pengelolaan limbah pestisida yang komprehensif. Gambar 1 menunjukkan hasil dari analisis keyword Co-occurrence berdasarkan Network Visualization (visualisasi jaringan) adalah teknik yang digunakan untuk mendeskripsikan dan menganalisis hubungan antar elemen data bibliometrik, seperti artikel, penulis, jurnal, atau kata kunci. Tujuannya untuk memetakan struktur dan pola materi agar lebih mudah dipahami dan dianalisis. Dalam visualisasi jaringan, node mewakili entitas seperti penulis atau artikel, sedangkan edge mewakili hubungan atau interaksi antara entitas tersebut, seperti kolaborasi antar penulis atau kutipan antar artikel. seperti "wastewater", "pesticide", "health risks", "wastewater treatment", dan "water pollution" di network visualization yang memiliki hubungan atau keterkaitan satu sama lain.

Gambar 2 menunjukkan hasil dari analisis keyword Co-occurrence berdasarkan Overlay visualization adalah teknik yang digunakan untuk menampilkan data tahun publikasi terbanyak. Pada hasil gambar menunjukkan rentang tahun yang digunakan yaitu 2021-2022. Mayoritas penelitian yang dilakukan pada tahun 2022 memiliki skema warna biru dan istilah "pesticide" sering muncul di dalamnya. Penelitian yang lebih baru memiliki warna kuning. Menurut analisis, air limbah dan kesehatan lingkungan sudah menjadi subjek dari banyak penelitian yang terkait erat dengan kata kunci lain di baris yang sama. Hal ini menyiratkan bahwa tidak ada penelitian yang sebanding yang telah dilakukan pada istilah-istilah yang tidak terkait satu sama lain.

Gambar 3 menunjukkan hasil berdasarkan tampilan kepadatan (density visualization). Mode tampilan ringkas menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian membahas dampak air limbah terhadap ancaman kesehatan lingkungan, yaitu "pesticide", "wastewater treatment", "wastewater", dan "health risk". Ini ditampilkan dengan warna kuning cerah, dimana menunjukkan semakin cerah warnanya, semakin banyak penelitian yang dilakukan. Area yang sejauh ini hanya sedikit penelitian yang dilakukan dan ditandai dengan warna abu-abu

adalah “zinc”, “chromium”, “nanomaterial”, dan “emerging material”. Karena begitu banyak penelitian yang ditemukan mengandung kesalahan warna, para ilmuwan sekarang memiliki kesempatan untuk melakukan lebih banyak penelitian yang akan memperluas pemahaman kita tentang efek air limbah yang menimbulkan risiko kesehatan bagi lingkungan. Analisis bibliometrik menggunakan Vosviewer juga menunjukkan cluster-cluster. Hasil analisis menunjukkan terdapat 4 cluster yaitu cluster 1, cluster 2, cluster 3, dan cluster 4. Pada hasil analisis terdapat beberapa items yang ada di semua cluster.

**Tabel 1.** Pengelompokan dalam analisis bibliometrik

Cluster	items
Cluster 1	<i>Emerging contaminant, water supply, surface water, water quality, antibiotics, health risk, pesticide, water pollution, public health, health hazard</i>
Cluster 2	<i>Nanomaterial, oxidation, wastewater treatment, water pollutant, water purification, ph, biodegradation, oxidation, wastewater</i>
Cluster 3	<i>Pollution, heavy metal, fertilizer, zinc, chromium, bioremediation</i>

Tren ini mencerminkan kekhawatiran dan minat penelitian yang berkembang terhadap dampak limbah pestisida terhadap kesehatan lingkungan, terutama antara tahun 2020 hingga 2022, dengan puncak publikasi sebelum penurunan minor pada tahun berikutnya. Dari hasil analisis kluster, dapat dilihat bahwa penelitian terkait limbah pestisida dan dampaknya terhadap kesehatan lingkungan semakin berkembang, terutama dalam konteks polusi air dan pengolahan limbah. Sebagai contoh, kluster pertama menunjukkan perhatian besar terhadap *kontaminan yang muncul* dan dampaknya terhadap kesehatan manusia dan ekosistem. Pestisida sebagai salah satu kontaminan yang muncul sering ditemukan dalam berbagai studi mengenai polusi air dan kualitas air (Jiang et al., 2019; Yu et al., 2021).

Pestisida berisiko mengkontaminasi sumber air, yang berpotensi menyebabkan kerusakan kesehatan dalam jangka panjang, terutama bagi masyarakat yang bergantung pada air tersebut untuk konsumsi dan irigasi pertanian. Penelitian oleh Smith et al. (2020) menunjukkan bahwa residu pestisida dalam air dapat mengganggu sistem hormonal manusia dan hewan, serta meningkatkan risiko kanker pada manusia.

Kluster kedua, yang fokus pada penggunaan *nanomaterial* untuk pengolahan limbah, penelitian terbaru menunjukkan bahwa teknologi nanomaterial, seperti graphene oxide dan nanotube karbon, dapat digunakan untuk menghilangkan polutan air, termasuk residu pestisida, lebih efisien dibandingkan metode konvensional (Zhang et al., 2021; Wang et al., 2020). Hal ini penting karena proses pengolahan limbah yang efektif akan mengurangi dampak negatif pestisida terhadap ekosistem dan kesehatan manusia. Beberapa studi terbaru juga menunjukkan bahwa penggunaan nanomaterial dapat memperbaiki kualitas air yang tercemar oleh pestisida, dengan tingkat pengurangan polutan yang lebih tinggi, sehingga dapat menjadi solusi inovatif untuk masalah limbah pestisida yang terus berkembang.

Kluster ketiga yang membahas *logam berat* dan bioremediasi menunjukkan pentingnya penelitian terhadap teknologi bioremediasi dalam mengatasi kontaminasi air oleh logam berat seperti kromium dan seng. Meskipun fokus utama dari kluster ini adalah pada logam berat, banyak studi yang menggabungkan masalah pencemaran oleh pestisida dan logam berat dalam analisis mereka, karena keduanya dapat menyebabkan efek kesehatan yang merugikan bagi manusia dan organisme akuatik (Sharma et al., 2018; Kumar et al., 2017). Penelitian terbaru oleh Zhang et al. (2020) menyatakan bahwa bioremediasi dengan menggunakan mikroorganisme atau tanaman tertentu dapat mengurangi tingkat kontaminasi logam berat dan pestisida dalam air secara signifikan, yang memungkinkan perbaikan kualitas air dan mitigasi risiko kesehatan yang terkait dengan polusi tersebut.

Kluster terakhir yang berfokus pada *polusi organik* juga relevan dalam konteks limbah pestisida, meskipun cakupannya lebih sempit. Polusi organik, yang sering kali berasal dari limbah domestik dan industri, dapat berinteraksi

dengan pestisida dalam badan air, meningkatkan potensi risiko toksik bagi organisme akuatik dan manusia (Gao et al., 2019; Liu et al., 2022). Menurut penelitian oleh Wilson et al. (2019), polusi organik yang terakumulasi dalam air dapat mengurangi kadar oksigen terlarut, yang memperburuk dampak dari pestisida pada ekosistem air dan memperburuk dampak kesehatan bagi manusia yang mengonsumsi air tersebut.

Segi tren publikasi, terlihat bahwa penelitian mengenai limbah pestisida terhadap kesehatan lingkungan terus berkembang, dengan puncaknya pada tahun 2021. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kesadaran dan perhatian terhadap dampak jangka panjang dari limbah pestisida. Menurut kajian terbaru oleh Li et al. (2021), dampak limbah pestisida terhadap kesehatan manusia tidak hanya terbatas pada efek langsung, tetapi juga dapat mempengaruhi ketahanan pangan dan kualitas ekosistem yang pada gilirannya mempengaruhi kesehatan manusia secara keseluruhan. Penurunan jumlah artikel pada tahun 2023 dapat disebabkan oleh penyebaran penelitian yang lebih luas ke topik-topik lain yang terkait, seperti bioteknologi, polusi plastik, dan perubahan iklim yang juga berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan.

## Kesimpulan

Analisis bibliometrik dengan VOSViewer serta metadata yang didapatkan dari Scopus mengenai pengaruh air limbah terhadap ancaman kesehatan lingkungan. Dari 392 peta visualisasi dari tahun 2019-2023 menunjukkan kata kunci “*pesticide*”, “*wastewater treatment*”, dan “*wastewater*” paling banyak dicari. Hasil-hasil ini menunjukkan bahwa masih banyak penelitian lebih lanjut mengenai bahaya air limbah dan risiko kesehatan lingkungan yang perlu dilakukan, dengan menggunakan pendekatan dan faktor yang lebih luas dan konsep-konsep tambahan.

## Referensi

Aqilla, A. R., Razaq, A., Yuniarti, E., & Handayuni, L. (2024). Pentingnya sanitasi bagi kesehatan lingkungan di pertanian. *Jurnal Pertanian Agros*, 26(1), 4355-4359.

- Aryani, D., Sunardi, & Melanie. (2013). Uji toksisitas sedimen Sungai Citarum terhadap mortalitas larva *Hydropsyche sp.* (Trichoptera: Hydropsychidae). *Jurnal Biotika*, 11(2), 140-146.
- Bornmann, L., & Mutz, R. (2015). Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 66(11), 2215–2222.
- Brodie, J., & Landos, M. (2019). Pesticides in Queensland and Great Barrier Reef waterways: Potential impacts on aquatic ecosystems and the failure of national management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 230, 106447.
- Chen, J., Liu, X., & Yang, Y. (2020). Emerging contaminants in water and their impact on public health: A review. *Environmental Science & Technology*, 54(10), 5873-5890.
- De Jesus, R. A., Barros, G. P., Bharagava, R. N., Liu, J., Mulla, S. I., Azevedo, L. C. B., & Ferreira, L. F. R. (2023). Occurrence of pesticides in wastewater: Bioremediation approach for environmental safety and its toxicity. In *Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection* (Vol. 9, pp. 17-33). Elsevier.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296.
- Gao, X., Sun, Y., & Zhang, L. (2019). Organic pollution and aquatic ecosystems: A comprehensive review. *Aquatic Sciences*, 81(3), 45-62.
- Hellar, K. (2011). Pesticide residues in four rivers running through an intensive agricultural area, Kilimanjaro, Tanzania. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 15(2), 307-316.
- Jiang, X., Zhang, W., & Wang, S. (2019). Effects of pesticide residues on human health and aquatic ecosystems. *Environmental Pollution*, 249, 229-236.
- Kasim, S. I., Longkop, S. A., Iqbal, M., Kapi, F. B., & Husain, I. H. (2025). Analisis

- Bibliometrik Dampak Pencemaran Sungai Terhadap Ekosistem Air. *Jurnal Biogenerasi*, 10(2), 881-886.
- Kumar, N., Gupta, A., & Mishra, S. (2017). Phytoremediation of heavy metals: A green technology. *Environmental Pollution Journal*, 221, 275-285.
- Li, X., Zhang, H., & Wu, J. (2019). Water pollution and its impact on human health: A systematic review. *Water Research*, 164, 114899.
- Liu, R., Chen, X., & Wang, Y. (2022). Impact of organic pollution on water quality and ecosystem health. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(8), 579.
- Musa, M., Buwono, N. R., Iman, M. N., Ayuning, S. W., & Lusiana, E. D. (2019). Pesticides in Kalisat River: Water and sediment assessment. *AACL Bioflux*, 15(5), 1806-1813.
- Nuraeni, A., Nurasa, H., & Widianingsih, I. (2022). Analisis bibliometrik penelitian sanitasi (sanitation research bibliometric analysis). *Jurnal Green Growth Dan Manajemen Lingkungan*, 11(2), 75-84.
- Saputra, H. M., Sari, M., Purnomo, T., Suhartawan, B., Asnawi, I., Palupi, I. F. J., Sahabuddin, E. S., Sinaga, J., Juhanto, A., Yuniarti, E., & Nur, S. (2023). *Analisis kualitas lingkungan*. Get Press Indonesia.
- Sharma, P., Kumar, V., & Singh, D. (2018). Bioremediation of heavy metals: Current trends and future prospects. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(9), 3893-3907.
- Small, H., Boyack, K. W., & Klavans, R. (2022). Identifying emerging topics in science and technology. *Scientometrics*, 127(4), 2519–2536.
- Smith, A., Lee, C., & Harris, T. (2020). *Pesticides and human health: A global perspective*. *Journal of Environmental Health*, 82(1), 46-59.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2014). *Visualizing bibliometric networks*. Springer.
- Vryzas, Z., Ramwell, C., & Sans, C. (2020). Pesticide prioritization approaches and limitations in environmental monitoring studies: From Europe to fruits and vegetables and fecundability in a North American preconception cohort study. *Journal of Environment International*, 139, 105693.
- Wang, J., Liu, H., & Chen, B. (2020). Advanced oxidation processes in wastewater treatment: Recent advances. *Chemical Engineering Journal*, 387, 124178.
- Yu, X., Zeng, H., & Xu, J. (2021). *Pesticide contamination and its impact on environmental health*. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(5), 4877-4889.
- Zakiyyah, F. N., Winoto, Y., & Rohanda, R. (2022). Pemetaan bibliometrik terhadap perkembangan penelitian arsitektur informasi pada Google Scholar menggunakan VOSviewer. *Information: Journal of Library and Information Science*, 2(1), 43. <https://doi.org/10.24198/inf.v2i1.37766>
- Zhang, J., Yu, Q., & Zheng, F. (2020). Mapping the scientific research on sustainability: A bibliometric analysis using VOSviewer. *Sustainability*, 12(8), 3211.
- Zhang, Y., Wang, T., & Li, M. (2021). Application of nanomaterials in wastewater treatment: A review. *Journal of Nanomaterials and Environmental Science*, 45(2), 123-135.