

Analisis Dinamika Penelitian Pencemaran Air Sungai berdasarkan Studi Bibliometrik 10 tahun terakhir

Mia Erpinda, Nur Faizaturrohmah*, Suci Wulandari

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan,
Institut Teknologi Sumatera, Lampung

*Koresponden email: nur.faizaturrohmah@tl.itera.ac.id.

Diterima: 4 Oktober 2024

Disetujui: 11 Oktober 2024

Abstract

This study analyses the research dynamics on river water pollution over the last decade (2014-2024) using bibliometric analysis. Data were collected using Publish or Perish software with Google Scholar as the main source, using keywords such as 'river pollution', 'river water quality', 'river contamination' and 'river water pollution'. Articles published between 2014 and 2024 were selected, resulting in a total of 1,000 relevant publications. The bibliometric analysis was conducted using VOSviewer version 1.6.20, which allowed mapping of research trends and visualisation of key themes through network, overlay and density visualisation. The results identified five major clusters in river pollution research, with three dominant themes: "water quality index", "metal pollution" and "microplastics". The overlay visualisation showed an increasing focus on emerging themes such as urbanisation and climate change since 2017, and microplastics as a major concern since 2019. This bibliometric analysis provides valuable insights to guide future research by identifying trends and gaps in river pollution studies. It also supports the development of evidence-based environmental policies and highlights the need for interdisciplinary collaboration to effectively address pressing water pollution challenges.

Keywords: *bibliometric, VOSviewer, river water pollution, water quality, microplastic*

Abstrak

Penelitian ini menganalisis dinamika penelitian mengenai pencemaran air sungai selama 10 tahun terakhir (2014-2024) dengan menggunakan analisis bibliometrik. Data dikumpulkan menggunakan perangkat lunak *Publish or Perish* dengan Google Scholar sebagai sumber utama, menggunakan kata kunci "river pollution," "river water quality," "river contamination," dan "river water pollution." Studi ini memilih artikel yang diterbitkan dalam rentang waktu 2014 hingga 2024, dengan total 1000 publikasi yang relevan. Analisis bibliometrik dilakukan menggunakan perangkat lunak *VOSviewer* versi 1.6.20, yang memungkinkan pemetaan tren penelitian dan visualisasi tema utama melalui visualisasi jaringan, overlay, dan kepadatan. Hasil menunjukkan terdapat lima kluster utama dalam penelitian pencemaran air sungai, dengan tiga tema dominan yaitu "water quality index," "metal pollution," dan "microplastic." Visualisasi overlay menunjukkan peningkatan fokus pada topik-topik baru, seperti urbanisasi dan perubahan iklim setelah 2017, serta mikroplastik yang menjadi perhatian utama sejak 2019. Analisis bibliometrik ini memberikan wawasan yang berharga untuk memandu penelitian di masa depan dengan mengidentifikasi tren dan celah dalam studi pencemaran air sungai. Penelitian ini juga mendukung pengembangan kebijakan lingkungan berbasis bukti dan menyoroti perlunya kolaborasi lintas disiplin untuk secara efektif menangani tantangan pencemaran air yang mendesak.

Kata Kunci: *bibliometric, VOSviewer, pencemaran air sungai, kualitas air, mikroplastik*

1. Pendahuluan

Air merupakan elemen dasar dan komoditas penting untuk kehidupan seluruh makhluk hidup di bumi. Tanpa adanya air, manusia tidak mampu bertahan hidup. Selain itu, air mempunyai karakteristik unik dan berperilaku secara anomali. Air juga berperan sebagai pembawa zat yang universal dan pelarut. Proses fundamental di geosfer dan biosfer dipengaruhi oleh air. Iklim dan air di bumi pun sangat erat kaitannya. Air mempengaruhi iklim dan dipengaruhi oleh iklim [1]. Salah satu akibat dari bertambahnya populasi manusia dan industrialisasi adalah adanya ancaman terhadap pencemaran air. Pencemaran air terjadi karena adanya pelepasan zat ke dalam danau, sungai, muara, air tanah di bawah permukaan atau lautan sehingga zat-zat tersebut mengganggu penggunaan air atau fungsi alami ekosistem. Tidak hanya pelepasan zat-zat, seperti sampah, bahan kimia, atau mikroorganisme, polusi air juga dapat berupa pelepasan energi, dalam bentuk radioaktif atau panas, ke dalam badan air [2].

Badan air yang telah tercemar polutan dapat menjadi ancaman besar bagi kesehatan manusia dan ekosistem perairan [3]. Dampak pencemaran air pada kesehatan dari kontaminasi air sangat banyak dan beragam. Paparan air yang terkontaminasi dapat menyebabkan efek kesehatan akut atau kronis, tergantung pada kontaminan spesifik dan durasi serta tingkat paparan. Penyakit yang ditularkan melalui air dapat menyebabkan gangguan pencernaan, dehidrasi, dan bahkan kondisi yang mengancam jiwa, terutama pada populasi yang rentan seperti anak-anak, orang tua, dan individu dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah. Paparan jangka panjang terhadap kontaminan tertentu dapat menyebabkan kerusakan organ, masalah perkembangan, masalah reproduksi, dan peningkatan risiko kanker [4]. Dampak dari kualitas air yang buruk akibat konsentrasi polutan yang tinggi yaitu membahayakan banyak spesies air, dan mengurangi keanekaragaman hayati.

Sungai berperan sebagai wadah utama yang menampung air dari suatu kawasan, mengalirkan air hujan, limpasan permukaan, serta berbagai sumber air lainnya menuju hilir [5]. Sebagai badan air terbuka, sungai secara alami menerima masukan dari beragam sumber, termasuk limbah domestik, pertanian, dan industri yang dihasilkan oleh aktivitas manusia di sekitarnya [6]. Karakteristiknya yang terbuka dan mudah dijangkau membuat sungai sangat rentan terhadap pencemaran. Kualitas air sungai sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia di sekitarnya, semakin intensif dan beragam aktivitas tersebut, semakin besar potensi masuknya zat pencemar ke dalam sungai.

Pencemaran ini berdampak pada penurunan kualitas air sungai, yang sebelumnya dapat dimanfaatkan untuk keperluan seperti minum, memasak, dan mencuci. Ketika air sungai tercemar, fungsi-fungsi ini tidak lagi dapat dipenuhi [7]. Di beberapa negara yang masih menjadikan sungai sebagai sumber air baku, penurunan kualitas air sungai dapat menjadi masalah serius. Studi mengenai pencemaran air sungai telah dilakukan di berbagai negara, dengan perkembangan penelitian yang bervariasi setiap tahunnya. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang mendalam mengenai dinamika penelitian pencemaran air sungai untuk mengidentifikasi sumber pencemar dominan pada setiap periode, sehingga dapat dilakukan upaya pencegahan dan penanganan yang tepat.

Penelitian ini mengkaji mengenai dinamika penelitian pencemaran air sungai pada periode sepuluh tahun terakhir menggunakan bibliometric. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas air sungai terus bertambah sejalan dengan perubahan dinamika kehidupan masyarakat [8], [9], [10]. Meningkatnya polusi dari sektor pertanian (budidaya, peternakan dan budidaya perikanan), industri dan polusi rumah tangga semuanya berkontribusi terhadap penurunan kualitas air [11]. Penelitian di wilayah Brazil dan Indonesia menunjukkan bahwa kontaminan terjadi pada perairan alami disebabkan praktik pertanian menggunakan pestisida untuk meningkatkan produksi tanaman sehingga penggunaan pestisida harus diminimalkan [12], [13]. Studi pencemaran sungai telah banyak dilakukan diberbagai wilayah namun belum banyak penelitian ilmiah yang menganalisis perkembangan dinamika topik penelitian terkait dengan pencemaran sungai secara global. Dalam studi ini, analisis bibliometrik dilakukan untuk mengeksplorasi tren penelitian mengenai pencemaran air sungai pada rentang sepuluh tahun 2014-2024. Analisis bibliometric pada penelitian akan memberikan kontribusi pada literatur yang terkait [14], [15].

Penelitian ini menggunakan analisis klaster kata kunci, analisis frekuensi kata kunci, tren perkembangan berdasarkan tahun publikasi serta analisis ko-occurrence dari visualisasi koneksi antara jaringan kata kunci. Analisis bibliometrik ini memberikan informasi untuk para peneliti dalam mengembangkan penelitian sesuai dengan topik yang sedang berkembang di dunia dan menjadi dasar kolaborasi akademis antara peneliti dengan topik penelitian yang relevan. Selain itu penelitian ini menganalisis faktor pencemar air sungai serta faktor-faktor lain yang secara langsung dan tidak langsung mempengaruhi kualitas air sungai dengan menggunakan analisis literatur serta memberikan saran penelitian di masa depan.

2. Metode Penelitian

2.1. Penentuan Topik dan Pengumpulan data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan data yang diperoleh dari Publish or Perish 8 dengan sumber data google scholar yang mudah diakses secara gratis. Publish or Perish dipilih sebagai software yang membantu pengumpulan artikel secara komprehensif dengan cakupan analisis bibliometric yang luas. Database pada penelitian ini yaitu google scholar dengan pencarian melingkupi judul, abstrak dan hasil penelitian menggunakan kata kunci “*river pollution*”, “*river water quality*”, “*river contamination*”, “*river water pollution*”. Studi ini hanya memilih jurnal dalam bahasa Inggris dengan mempertimbangkan sebagian besar karya ilmiah pada google scholar menggunakan bahasa inggris. *Software Publish or Perish* membantu pencarian kata kunci tersebut pada rentang waktu tahun 2014-2024. Pencarian artikel ini dilakukan pada tanggal 14 September 2024. Artikel yang diperoleh dari Publish or

Perish selanjutnya dilakukan tahapan screening untuk meninjau kesesuaian kata kunci agar fokus pada topik penelitian pencemaran air sungai. Dalam tahapan penyaringan artikel, diperoleh 1000 artikel yang relevan selama 10 tahun (2014-2024). Tahap selanjutnya artikel diekspor dalam format RIS untuk menjalankan analisis bibliometrik.

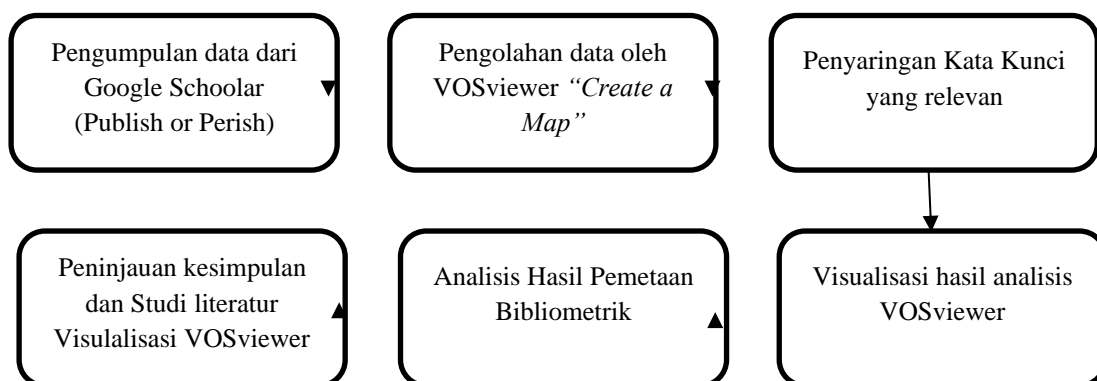
2.2. Analisis Bibliometrik

Analisis bibliometrik penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak open source VOSviewer versi 1.6.20. VOSviewer adalah perangkat lunak yang menerbitkan data untuk dibuat peta web, bibliometrik, analisis jaringan, dan visualisasi data yang memungkinkan pengguna menganalisis dan memvisualisasikan data yang rumit, khususnya dalam konteks penelitian ilmiah [16], [17], [18]. VOSviewer dapat menganalisis jumlah artikel yang diterbitkan, lembaga penerbitan, penulis, tren penelitian serta sumber literatur dan dapat divisualisasikan secara kuantitatif dan komprehensif [9], [19].

VOSviewer memiliki keunggulan unik; itu menganalisis jaringan yang kompleks dan menampilkan domain pengetahuan pemetaan. Penulisan bersama antara penulis, negara, dan lembaga dilakukan untuk mengembangkan peta jaringan, yang membantu menghubungkan satu sama lain berdasarkan total keluaran publikasi yang mereka tulis bersama. Setiap peta jaringan menunjukkan bahwa garis yang menghubungkan node dengan ketebalan didasarkan pada “kekuatan tautan” dan mewakili koneksi jaringan, kejadian bersama, atau kutipan bersama. Ukuran node tercermin dari “kekuatan tautan total” yang pada akhirnya menentukan publikasi atau frekuensi keluaran [14], [20]. jarak antar node yang paling pendek, yang menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara penulis dalam kelompok [21].

VOSviewer adalah perangkat lunak bibliometrik, yang memasukkan contoh data literatur ke dalamnya dan menggambar peta pengetahuan perangkat lunak ini memiliki keunggulan unik, terutama dalam analisis pengelompokan [22]. Metode bibliometrik bertujuan untuk menganalisis publikasi, kutipan, dan sumber informasi [15]. Aplikasi VOSviewer dijalankan dengan memasukkan hasil pencarian yang telah disimpan dalam format RIS. Jumlah minimum kemunculan kata kunci ditetapkan minimal 4 (empat) sehingga didapatkan sebanyak 36 kata kunci yang relevan dalam 5 klaster pada **Tabel 1**. Visualisasi dari bantuan VOSViewer ini menghasilkan 3 bentuk visualisasi yang berbeda, yaitu network visualization, overlay visualization, dan density visualization. Kata kunci yang dimaksud di atas ditandai dengan bentuk bulatan yang besarnya berbeda. Semakin besar dan semakin jelas ukurannya, mengindikasikan bahwa kata kunci tersebut semakin sering dibahas [16].

Tahapan dalam analisis VOSviewer sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan perangkat lunak VOSviewer

2.3. Analisis Literatur

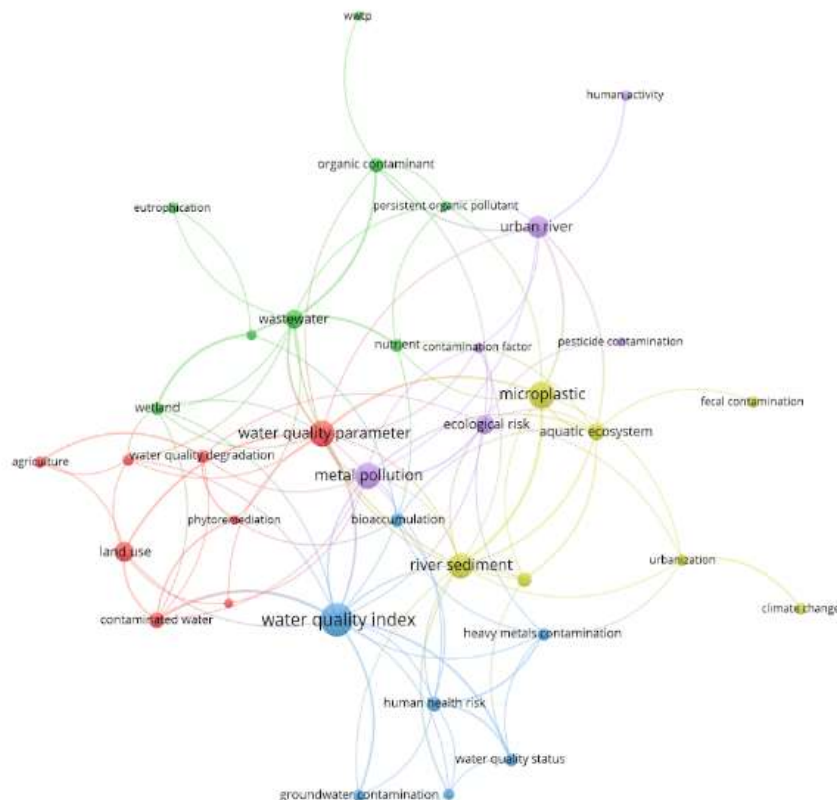
Metode SALSA (*Search, Appraisal, Synthesis, and Analysis*) merupakan pendekatan sistematis untuk analisis literatur yang digunakan pada penelitian ini dalam melakukan analisis komprehensif, menawarkan metode terstruktur dan mengatur literatur [23], [24], [25]. Metode ini bertujuan untuk meminimalkan subyektivitas sekaligus memastikan detail hasil analisis literatur. Langkah pertama *Search* adalah pencarian basis data dan artikel penelitian terkait pencemaran air sungai. Langkah kedua yaitu pemilihan artikel penelitian sesuai dengan kriteria, relevansi dan evaluasi kualitas artikel penelitian. Langkah ketiga yaitu *Synthesis* melakukan proses sintesis pengkategorian data untuk dilakukan analisis lanjut. Langkah terakhir dari metode SALSA adalah fase analisis, peneliti memeriksa data,

mendeskripsikan temuan yang paling penting, dan menarik kesimpulan menyeluruh untuk meninjau dan menyintesis hasil penelitian bibliometric ini.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Network Visualization (Visualisasi Jaringan)

Visualisasi yang dihasilkan dari analisis bibliometrik menggunakan metode VOSviewer mencakup tiga jenis visualisasi utama: *network visualization*, *overlay visualization*, dan *density visualization*. Hasil visualisasi ini diperoleh dengan memasukkan XX kata kunci yang dikumpulkan dari 1000 artikel ilmiah (lihat Gambar). Visualisasi tersebut menampilkan lima kluster berbeda yang direpresentasikan dengan warna yang berbeda [26]. Ukuran lingkaran dalam setiap kluster mencerminkan frekuensi penggunaan kata kunci; semakin besar lingkaran, semakin sering kata kunci tersebut digunakan dalam literatur. Terdapat lima kluster berdasarkan analisis dinamika penelitian pencemaran air sungai selama 10 tahun terakhir menggunakan VOSviewer. Hasil dari bibliometrik network visualization ditunjukkan pada **Gambar 2** dibawah ini.



Gambar 2. Network Visualization

Sumber : Hasil Pengolahan Data pada VosViewer, 2024

Analisis menunjukkan adanya tema dominan dalam setiap kluster. Kluster berwarna biru didominasi oleh kata kunci "*water quality index*", yang memiliki keterkaitan dengan isu "*groundwater contamination*", "*bioaccumulation*", "*human health risk*", "*heavy metal contamination*", dan "*water quality status*". Sementara itu, kluster ungu berfokus pada topik "*metal pollution*", dengan kata kunci pendukung seperti "*ecological risk*", "*urban river*", "*human activity*", "*contamination factor*", dan "*pesticide contamination*". Kluster merah menonjol dengan dominasi kata kunci "*water quality parameter*" dan "*land use*". Di sisi lain, kluster kuning menyoroti isu "*microplastic*" dan "*river sediment*", yang menjadi fokus penelitian pada topik tersebut. Terakhir, kluster berwarna hijau didominasi oleh tema "*waste water*" dan "*organic contaminant*". Setiap kluster menunjukkan area penelitian utama yang telah banyak dibahas dalam studi pencemaran air sungai selama 10 tahun terakhir, memberikan gambaran menyeluruh tentang tren penelitian dan topik yang paling relevan dalam literatur ilmiah.

Kluster satu terdiri dari delapan topik penelitian yang meliputi pertanian, kontaminan kimia, air terkontaminasi, penggunaan lahan, fitoremediasi, sumber titik, degradasi kualitas air dan parameter kualitas air. Kluster dua terdiri dari delapan topik penelitian meliputi eutrofikasi, nutrisi, kontaminan organik,

polutan organik persisten, air limbah, perbaikan kualitas air, lahan basah dan instalasi pengolahan air limbah. Kluster tiga terdiri dari tujuh topik penelitian yaitu bioakumulasi, kualitas air minum, kontaminan air tanah, kontaminan logam berat, risiko kesehatan manusia, indeks kualitas air, status kualitas air. Kluster empat terdiri dari tujuh topik, yang terdiri dari ekosistem akuatik, perubahan iklim, sumber kontaminasi, kontaminasi fecal, mikroplastik, sedimen sungai, dan urbanisasi. Terakhir, kluster lima terdiri dari enam topik penelitian yakni faktor kontaminasi, risiko ekologi, aktivitas manusia, polusi logam, kontaminasi pestisida, dan sungai urban. Jumlah keseluruhan topik penelitian pencemaran air sungai selama 10 tahun terakhir sebanyak 36 item. **Tabel 1** dibawah ini menunjukkan 5 kluster tren penelitian pencemaran air sungai beserta itemnya.

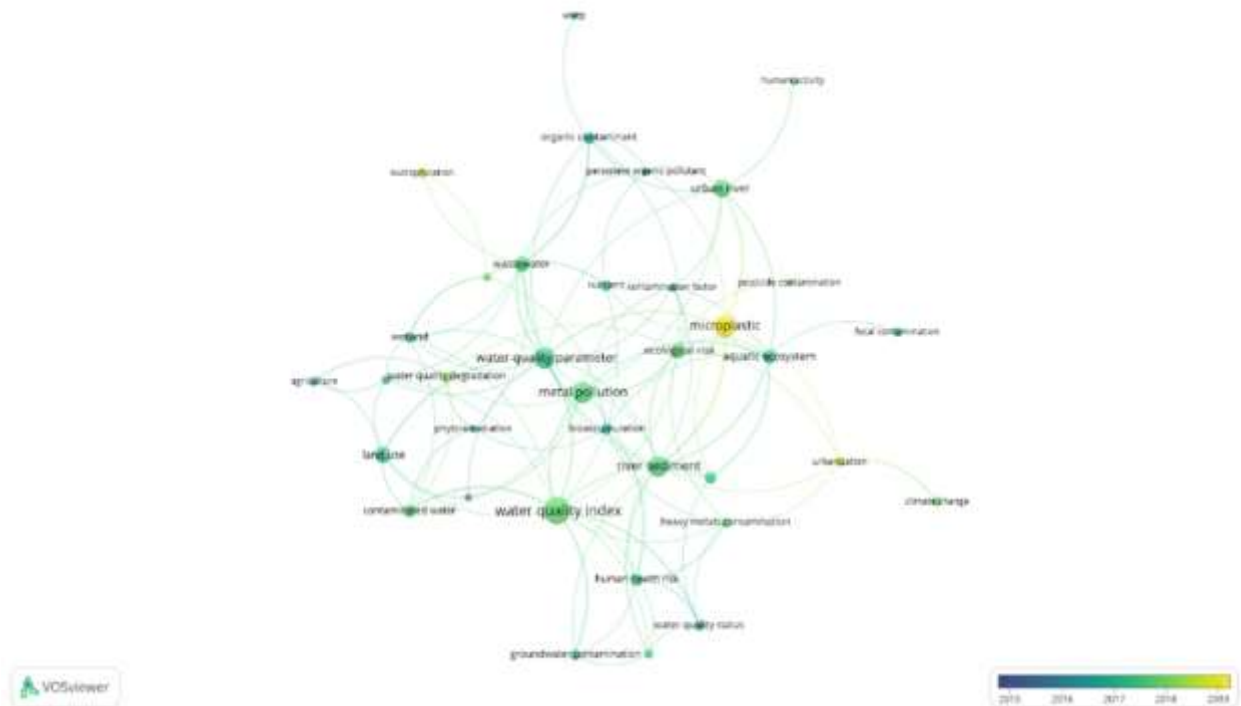
Tabel 1. Kluster Tren Penelitian Pencemaran Air Sungai Berdasarkan VOSviewer

Kluster 1	<i>Agriculture, Chemical contaminant, contaminated water, land use, phytoremediation, point source, water quality degradatic, water quality parameter</i>
Kluster 2	<i>Eutrophication, nutrient, organic contaminant, persistent organic pollution, wastewater, water quality improvement, wetland, wwtp</i>
Kluster 3	<i>Bioaccumulation, drinking water quality, groundwater contaminant, heavy metals contaminant, human health risk, water quality index, water quality status</i>
Kluster 4	<i>Aquatic ecosystem, climate change, contamination source, fecal contamination, microplastic, river sediment, urbanization</i>
Kluster 5	<i>Contamination factor, ecological risk, human activity, metal pollution, pesticide contamination, urban river</i>

3.2 Overlay Visualization (Visualisasi Hampanan)

Analisis kata kunci dari waktu ke waktu dapat memberikan wawasan perkembangan tren penelitian (Nobanee et al., 2021). Pada visualisasi ini, digambarkan bagaimana kata kunci berkembang dan terhubung satu sama lain. *Overlay visualization* pada **Gambar 3** menunjukkan jejak waktu publikasi dari suatu penelitian [26], [27].

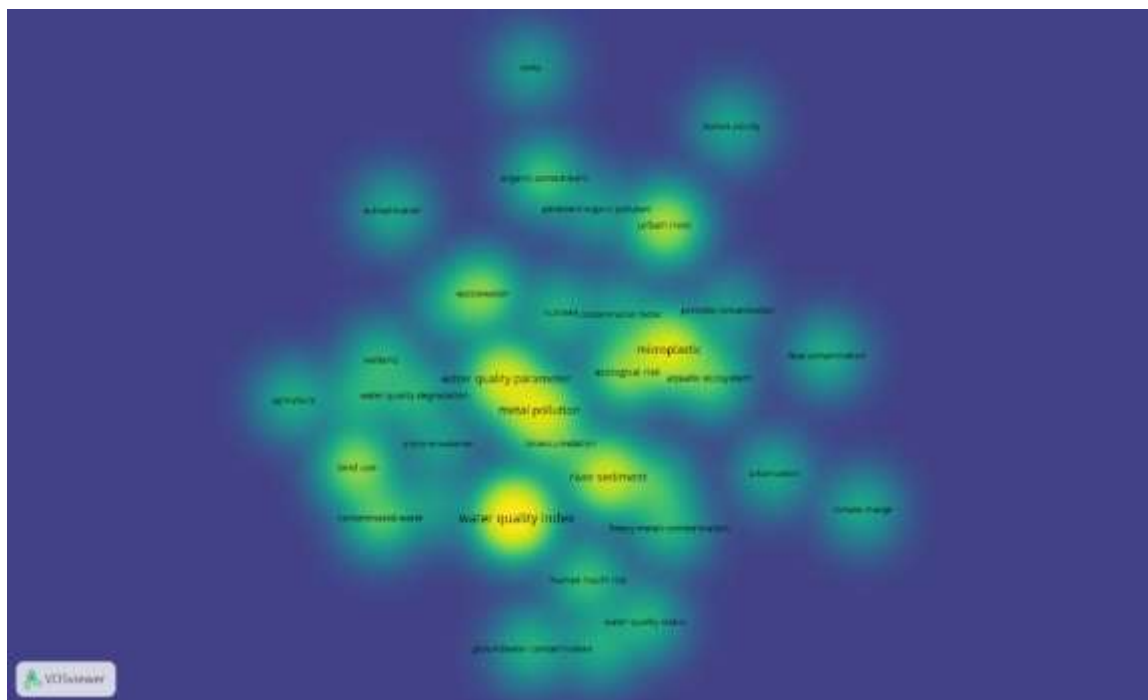
Kata kunci berwarna biru tua menunjukkan publikasi pada tahun rata-rata 2015 hingga 2014 awal, sedangkan arah warna hijau muda dan kuning cerah menunjukkan kata kunci yang baru muncul. Gambar 3.2 menunjukkan bahwa *Water River Pollution* telah diteliti sejak tahun sebelum 2015 berwarna biru gelap meliputi *contamination factor, fecal contamination, dan water quality status*. Penelitian ini semakin populer di tahun 2016, seperti terlihat pada gambar bahwa mayoritas warna adalah pada tahun 2016-2017 dengan kata kunci antara lain *land use, water quality index, metal pollution, ecological risk, river sediment dan human health risk*. Pada tahun 2017 ke atas yang ditunjukkan oleh warna biru memudar ke arah hijau muda menguning, topik yang muncul yaitu *urbanization, climate change dan microplastic*. Mikroplastik menjadi topik paling baru dibahas ditunjukkan dengan warna kuning, yang baru muncul pada tahun 2019. Kata kunci yang terlihat pada rentang warna sebelum tahun 2015 sampai dengan setelah tahun 2019 menggambarkan peningkatan kata kunci penelitian *river water pollution*.



Gambar 3. *Overlay Visualization*
Sumber : Hasil Pengolahan Data pada VosViewer, 2024

3.3 Density Visualization (Visualisasi Densitas / Kepadatan)

Metode analisis bibliometrik menunjukkan visualisasi densitas/kepadatan dari sebuah topik penelitian. Terdapat fitur *density visualization* pada VOSviewer, dimana kepadatan topik penelitian dapat dilihat dari warna titik dan kepadatan itemnya [29]. Jika warna titik semakin terang/cerah menandakan bahwa makin banyak penelitian pada item tersebut. Gambaran visualisasi kepadatan ditunjukkan pada **Gambar 4** ini.



Gambar 4. *Visualisasi Kepadatan (Density Visualization)*
Sumber : Hasil Pengolahan Data pada VosViewer, 2024

Gambar 4 diatas menunjukkan titik yang mempunyai warna paling terang adalah indeks kualitas air (*water quality index*). Hasil ini selaras dengan frekuensi topik pada *network* dan *overlay visualization*, yang memperlihatkan beberapa item yang terhubung dengan item indeks kualitas air (*water quality index*). Selanjutnya, kepadatan item terbanyak lainnya jatuh pada topik mikroplastik (*microplastic*) dan polusi logam (*metal pollution*). Hasil ini didukung oleh **Tabel 2** dan menguatkan bukti bahwa ketiga topik ini menjadi topik perhatian dan paling sering dikaji oleh para peneliti dan akademisi.

Tabel 2. Sebaran Kata Kunci Penelitian Pencemaran Air Sungai

No.	Kata Kunci	Frekuensi
1	<i>Water quality index</i>	69
2	<i>Microplastic</i>	43
3	<i>Metal pollution</i>	41
4	<i>Water quality paramter</i>	40
5	<i>River sediment</i>	38
6	<i>Urban river</i>	29
7	<i>Land use</i>	24
8	<i>Ecological risk</i>	22
9	<i>Wastewater</i>	22
10	<i>Organic contaminant</i>	14
11	<i>Bioaccumulation</i>	12
12	<i>Agriculture</i>	9
13	<i>Heavy metal contamination</i>	10
14	<i>Fecal contamination</i>	9
15	<i>Climate change</i>	8
16	<i>Pesticide</i>	6

Pada **Tabel 2** diatas menjelaskan berbagai topik penelitian pencemaran air sungai. Indeks kualitas air menjadi topik yang paling sering diteliti dibandingkan topik lainnya. Sedangkan topik pestisida menjadi topik yang paling sedikit diteliti. Topik mikroplastik juga menjadi topik kedua paling banyak diteliti, diikuti oleh topik polusi logam.

3.4 Analisis Literatur Pencemaran Air Sungai

Tren penelitian terkait pencemaran lingkungan menunjukkan peningkatan perhatian terhadap berbagai polutan yang mencemari ekosistem air tawar, termasuk logam berat, pestisida, dan mikroplastik. Dalam beberapa tahun terakhir, mikroplastik telah menjadi salah satu polutan yang paling banyak diteliti, seiring dengan meningkatnya kesadaran global tentang dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Pemetaan bibliometrik mengungkapkan bahwa dari berbagai faktor pencemar, mikroplastik muncul sebagai salah satu topik utama yang paling banyak dibahas dalam konteks pencemaran air, terutama setelah tahun 2019. Hal ini sejalan dengan temuan dalam penelitian ini yang menyoroti mikroplastik sebagai pencemar dominan di sungai, dengan dampaknya yang meluas pada ekosistem perairan dan potensi risiko bagi manusia melalui rantai makanan [18], [27], [30]. Pencemaran mikroplastik di lingkungan air tawar, terutama di sungai, telah menjadi fokus penelitian global dalam beberapa tahun terakhir.

Mikroplastik ditemukan memiliki keterkaitan erat dengan urbanisasi dan aktivitas manusia di sekitar daerah aliran sungai, di mana konsentrasi mikroplastik meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan kegiatan industri. Mikroplastik yang mencemari sungai dapat berdampak buruk pada ekosistem perairan, terutama terhadap biota akuatik, yang kemudian terakumulasi dalam rantai makanan dan berpotensi mencapai manusia, sehingga menimbulkan risiko kesehatan [18], [27], [30]. Dalam visualisasi tren penelitian yang menggunakan perangkat lunak seperti VOSviewer, mikroplastik muncul sebagai topik utama yang terkait dengan biokumulasi, kualitas air minum, dan risiko kesehatan manusia, menunjukkan bahwa perhatian global terhadap polutan ini semakin mendesak [29], [31], [32].

Selain mikroplastik, pencemaran air sungai juga diperparah oleh polutan lain seperti logam berat, pestisida, dan kontaminasi mikroba yang berasal dari kegiatan pertanian, industri, dan urbanisasi [12], [32]. Hasil studi bibliometrik menunjukkan bahwa pencemaran logam berat terutama terjadi di wilayah industri, sementara pestisida banyak ditemukan di wilayah pertanian, khususnya selama musim hujan [32]. Dampak negatif dari polutan ini tidak hanya berpengaruh pada kesehatan manusia melalui konsumsi air minum dan ikan yang terkontaminasi, tetapi juga merusak ekosistem sungai yang merupakan habitat bagi banyak

spesies. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi sumber-sumber polutan ini dan memperkuat upaya pengelolaan kualitas air secara terpadu guna menjaga keseimbangan ekologi dan kesehatan lingkungan [27], [34].

Penelitian terbaru juga menunjukkan adanya peningkatan fokus pada dampak urbanisasi terhadap kualitas air di sungai-sungai perkotaan di berbagai belahan dunia, termasuk Afrika [40]. Urbanisasi yang cepat mengakibatkan akumulasi signifikan polutan di hilir sungai, di mana indikator pencemaran seperti nitrogen total (TN), fosfat (PO_4^{3-}), dan COD (Chemical Oxygen Demand) menunjukkan penurunan kualitas air yang signifikan [40]. Dengan tantangan yang dihadapi, seperti keterbatasan fasilitas pengujian di beberapa negara berkembang, diperlukan upaya yang lebih besar untuk memantau kualitas air secara real-time. Implementasi kebijakan pengelolaan yang efektif dan sistematis sangat penting untuk mencegah degradasi lebih lanjut terhadap kualitas air sungai, guna melindungi kesehatan manusia dan ekosistem perairan di masa depan [37], [38].

4. Kesimpulan

Telah dilakukan analisis dinamika penelitian pencemaran air sungai berdasar studi bibliometrik selama 10 tahun terakhir (2014-2024). Studi bibliometrik dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak *open source VOSviewer*. Hasil analisis menunjukkan terdapat 5 kluster penelitian pencemaran air sungai. Terdapat tema dominan dalam setiap klusternya. Kluster berwarna biru didominasi oleh kata kunci "*water quality index*" dan kluster ungu berfokus pada topik "*metal pollution*". Kluster merah menonjol dengan dominasi kata kunci "*water quality parameter*" dan "*land use*". Di sisi lain, kluster kuning menyoroti isu "*microplastic*" dan "*river sediment*". Terakhir, kluster berwarna hijau didominasi oleh tema "*waste water*" dan "*organic contaminant*". Sedangkan berdasarkan *overlay visualization*, dapat dilihat bahwa pada tahun 2017 ke atas, topik penelitian terkait pencemaran air sungai yang muncul yaitu *urbanization*, *climate change* dan *microplastic*. Topik seputar mikroplastik menjadi topik baru yang sering dijadikan pembahasan pada tahun 2019 ke atas. Selanjutnya, berdasarkan kepadatan penelitian, topik indeks kualitas air (*water quality index*) menempati urutan pertama. Pada gambar visualisasi kepadatan menunjukkan titik yang mempunyai warna paling terang adalah indeks kualitas air (*water quality index*). Selanjutnya, kepadatan item terbanyak lainnya jatuh pada topik mikroplastik (*microplastic*) dan polusi logam (*metal pollution*).

Analisis dinamika penelitian bibliometrik pencemaran air sungai 10 tahun terakhir ini dapat dimanfaatkan untuk memandu riset di masa depan dengan mengidentifikasi tren dan celah dalam studi pencemaran air, serta mendukung kebijakan lingkungan berbasis data. Selain itu, analisis ini dapat digunakan oleh para pemangku kepentingan untuk merumuskan dan mendukung terciptanya kebijakan publik terkait dengan pengendalian pencemaran air sungai. Rekomendasi penelitian selanjutnya dapat melengkapi kekurangan yang terdapat pada penelitian dan kajian sebelumnya. Bidang yang kurang terwakili, seperti polutan mikro dan dampaknya pada ekosistem lokal, memiliki potensi besar untuk dikembangkan. Rekomendasi untuk kolaborasi lintas disiplin, seperti antara ahli kimia lingkungan, bioteknologi, dan pembuat kebijakan, dapat mempercepat solusi inovatif dalam penanganan pencemaran air sungai. Kebijakan berbasis bukti yang mengintegrasikan hasil penelitian akan membantu dalam penanganan yang lebih efektif terhadap pencemaran air.

5. Daftar Pustaka

- [1] Z. W. Kundzewicz, "Hydrosphere," *Encycl. Ecol. Five-Volume Set*, vol. 1–5, pp. 1923–1930, 2008, doi: 10.1016/B978-008045405-4.00740-0.
- [2] Nathanson, "water pollution," *Water Pollut.*, pp. 1–4, 2024.
- [3] S. Madhav *et al.*, "Water Pollutants: Sources and Impact on the Environment and Human Health," no. March 2021, pp. 43–62, 2020, doi: 10.1007/978-981-15-0671-0_4.
- [4] P. Babuji, S. Thirumalaisamy, K. Duraisamy, and G. Periyasamy, "Human Health Risks due to Exposure to Water Pollution: A Review," *Water (Switzerland)*, vol. 15, no. 14, pp. 1–15, 2023, doi: 10.3390/w15142532.
- [5] E. Yogafanny, "Pengaruh Aktifitas Warga di Sempadan Sungai terhadap Kualitas Air Sungai Winongo," *J. Sains & Teknologi Lingkung.*, vol. 7, no. 1, pp. 29–40, 2015, doi: 10.20885/jstl.vol7.iss1.art3.
- [6] H. Sahabuddin, D. Harisuseno, and E. Yuliani, "Analisa status mutu air dan daya tampung beban pencemaran sungai wanggu kota kendari," *J. Tek. Pengair.*, vol. 5, pp. 19–28, 2018.
- [7] R. Yati, "Rumah Tangga Dan Dampaknya Bagi Masyarakat," *Permasalahan Pencemaran Sungai Akibat Akt. Rumah Tangga dan Dampaknya Bagi Masy.*, vol. 1, 2021.

- [8] M. Airiken, F. Zhang, N. W. Chan, and H. te Kung, "Assessment of spatial and temporal ecological environment quality under land use change of urban agglomeration in the North Slope of Tianshan, China," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 29, no. 8, pp. 12282–12299, 2022, doi: 10.1007/s11356-021-16579-3.
- [9] V. H. Pauna, E. Buonocore, M. Renzi, G. F. Russo, and P. P. Franzese, "The issue of microplastics in marine ecosystems: A bibliometric network analysis," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 149, no. August, p. 110612, 2019, doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110612.
- [10] R. P. Singh *et al.*, "A holistic review on trend, occurrence, factors affecting pesticide concentration, and ecological risk assessment," *Environ. Monit. Assess.*, vol. 195, no. 4, 2023, doi: 10.1007/s10661-023-11005-2.
- [11] H. Xu, Q. Gao, and B. Yuan, "Analysis and identification of pollution sources of comprehensive river water quality: Evidence from two river basins in China," *Ecol. Indic.*, vol. 135, p. 108561, 2022, doi: 10.1016/j.ecolind.2022.108561.
- [12] N. Morin-Crini *et al.*, "Worldwide cases of water pollution by emerging contaminants: a review," *Environ. Chem. Lett.*, vol. 20, no. 4, pp. 2311–2338, 2022, doi: 10.1007/s10311-022-01447-4.
- [13] S. Rahmawati, D. Wacano, M. Erpinda, and A. Juliani, "Risk level mapping of organophosphate pesticides application in agricultural area of Cangkringan Subdistrict, Yogyakarta, Indonesia," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 933, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/933/1/012046.
- [14] S. Kasavan, S. Yusoff, M. F. Rahmat Fakri, and R. Siron, "Plastic pollution in water ecosystems: A bibliometric analysis from 2000 to 2020," *J. Clean. Prod.*, vol. 313, no. June, p. 127946, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127946.
- [15] Z. Linglin, "A bibliometric review of zero waste in the built environment using VOSviewer: evolution, hotspots, and prospects," *Front. Environ. Sci.*, vol. 11, no. January, pp. 1–16, 2023, doi: 10.3389/fenvs.2023.1326458.
- [16] P. G. S. Anggraini and I. Yuadi, "Tren Publikasi Climate Change (Perubahan Iklim) Tahun 2020-2023 Pada Scopus," *JUPI (Jurnal Ilmu Perpust. dan Informasi)*, vol. 8, no. 2, p. 213, 2023, doi: 10.30829/jupi.v8i2.15917.
- [17] F. Yang and D. Qiu, "Exploring coal spontaneous combustion by bibliometric analysis," *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 132, pp. 1–10, 2019, doi: 10.1016/j.psep.2019.09.017.
- [18] C. Zhou, R. Bi, C. Su, W. Liu, and T. Wang, "The emerging issue of microplastics in marine environment: A bibliometric analysis from 2004 to 2020," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 179, no. November 2021, p. 113712, 2022, doi: 10.1016/j.marpolbul.2022.113712.
- [19] H. Li, Y. Xiang, W. Yang, T. Lin, Q. Xiao, and G. Zhang, "Green roof development knowledge map: A review of visual analysis using CiteSpace and VOSviewer," *Heliyon*, vol. 10, no. 3, p. e24958, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e24958.
- [20] S. Kasavan, S. Yusoff, N. C. Guan, N. S. K. Zaman, and M. F. R. Fakri, "Global trends of textile waste research from 2005 to 2020 using bibliometric analysis," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 28, no. 33, pp. 44780–44794, 2021, doi: 10.1007/s11356-021-15303-5.
- [21] G. Badareu, N. M. Doran, S. Puiu, R. M. Bădîrcea, and A. G. Manta, "Is the Relationship between Corporate Social Responsibility, Environment and Energy Sufficiently Debated Nowadays?," *Energies*, vol. 16, no. 8, 2023, doi: 10.3390/en16083405.
- [22] Y. J. Huang, S. Cheng, F. Q. Yang, and C. Chen, "Analysis and Visualization of Research on Resilient Cities and Communities Based on VOSviewer," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 19, no. 12, 2022, doi: 10.3390/ijerph19127068.
- [23] A. Bathaei and D. Štreimikienė, "A Systematic Review of Agricultural Sustainability Indicators," *Agric.*, vol. 13, no. 2, 2023, doi: 10.3390/agriculture13020241.
- [24] J. D. Broome, D. Cook, and B. Davíðsdóttir, "Heavenly lights: An exploratory review of auroral ecosystem services and disservices," *Ecosyst. Serv.*, vol. 67, no. April, 2024, doi: 10.1016/j.ecoser.2024.101626.
- [25] W. Mengist, T. Soromessa, and G. Legese, "Method for conducting systematic literature review and meta-analysis for environmental science research," *MethodsX*, vol. 7, p. 100777, 2020, doi: 10.1016/j.mex.2019.100777.
- [26] Z. Azzahrawati, Riche, and Ardiansyah, "Analisis Bibliometrik Tren Penelitian Literasi Pada Lansia dengan Menggunakan VOSviewer." *Jurnal Dokumentasi dan Informasi*, 2023.
- [27] M. Davtalab, S. Byčenkienė, and I. Uogintė, "Global research hotspots and trends on microplastics: a bibliometric analysis," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 30, no. 49, pp. 107403–107418, 2023, doi: 10.1007/s11356-023-27647-1.

- [28] H. Nobanee *et al.*, “A bibliometric analysis of sustainability and risk management,” *Sustain.*, vol. 13, no. 6, pp. 1–17, 2021, doi: 10.3390/su13063277.
- [29] T. Kataoka, Y. Nihei, K. Kudou, and H. Hinata, “Assessment of the sources and inflow processes of microplastics in the river environments of Japan,” *Environ. Pollut.*, vol. 244, pp. 958–965, 2019, doi: 10.1016/j.envpol.2018.10.111.
- [30] N. Badola, F. Sobhan, and J. S. Chauhan, “Microplastics in the River Ganga and its fishes: Study of a Himalayan River,” *Sci. Total Environ.*, vol. 901, no. May, p. 165924, 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.165924.
- [31] L. Kelleher *et al.*, “Microplastic accumulation in endorheic river basins – The example of the Okavango Panhandle (Botswana),” *Sci. Total Environ.*, vol. 874, no. March, p. 162452, 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.162452.
- [32] D. Falahudin *et al.*, “The first occurrence, spatial distribution and characteristics of microplastic particles in sediments from Banten Bay, Indonesia,” *Sci. Total Environ.*, vol. 705, p. 135304, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135304.
- [33] P. Lestari, Y. Trihadiningrum, B. A. Wijaya, K. A. Yunus, and M. Firdaus, “Distribution of microplastics in Surabaya River, Indonesia,” *Sci. Total Environ.*, vol. 726, p. 138560, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138560.
- [34] M. Sharma *et al.*, “The state of the Yamuna River: a detailed review of water quality assessment across the entire course in India,” *Appl. Water Sci.*, vol. 14, no. 8, pp. 1–24, 2024, doi: 10.1007/s13201-024-02227-x.
- [35] C. Bhan, N. Kumar, and V. Elangovan, “Microplastics pollution in the rivers, its source, and impact on aquatic life: a review,” *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, no. 0123456789, 2024, doi: 10.1007/s13762-024-05846-8.
- [36] J. Fan, L. Zou, T. Duan, L. Qin, Z. Qi, and Jiaoxia Sun, “Occurrence and distribution of microplastics in surface water and sediments in China’s inland water systems: A critical review,” *J. Clean. Prod.*, vol. 331, no. December 2021, p. 129968, 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.129968.
- [37] S. Giri, “Water quality prospective in Twenty First Century: Status of water quality in major river basins, contemporary strategies and impediments: A review,” *Environ. Pollut.*, vol. 271, p. 116332, 2021, doi: 10.1016/j.envpol.2020.116332.
- [38] R. Noor *et al.*, “A comprehensive review on water pollution, South Asia Region: Pakistan,” *Urban Clim.*, vol. 48, no. February 2022, p. 101413, 2023, doi: 10.1016/j.uclim.2023.101413.
- [39] I. K. Konstantinou, D. G. Hela, and T. A. Albanis, “The status of pesticide pollution in surface waters (rivers and lakes) of Greece. Part I. Review on occurrence and levels,” *Environ. Pollut.*, vol. 141, no. 3, pp. 555–570, 2006, doi: 10.1016/j.envpol.2005.07.024.
- [40] S. S. Chen, I. A. Kimirei, C. Yu, Q. Shen, and Q. Gao, “Assessment of urban river water pollution with urbanization in East Africa,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 29, no. 27, pp. 40812–40825, 2022, doi: 10.1007/s11356-021-18082-1.