

Analisis Bibliometrik tentang Solusi Berkelanjutan dalam Pengelolaan Limbah Plastik

Farida Arinie Soelistianto¹, Mochammad Junus², Martono Dwi Atmadja³, Harrij Mukti Khristiana⁴

¹ Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang dan farida.arinie@polinema.ac.id

² Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang dan mochammad.junus@polinema.ac.id

³ Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang dan martono.dwi@polinema.ac.id

⁴ Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang dan harrij@polinema.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji evolusi dan klusterisasi tema dalam pengelolaan limbah berkelanjutan menggunakan teknik analisis jaringan VOSviewer. Melalui visualisasi data bibliometrik, kami mengidentifikasi fokus utama dalam literatur terkait pengelolaan limbah, yang mencakup teknologi daur ulang, integrasi keberlanjutan dalam kebijakan pengelolaan limbah, serta dampak pandemi global terhadap praktik pengelolaan limbah. Analisis menunjukkan bahwa ada transisi dari pendekatan yang berfokus pada teknologi ke strategi yang lebih holistik yang mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan. Kami juga mengeksplorasi kolaborasi antar penulis dan mengidentifikasi area riset potensial yang belum banyak dieksplorasi, seperti penggunaan plastik biodegradable dan penilaian siklus hidup yang lebih efisien. Studi ini menawarkan wawasan yang berharga bagi pembuat kebijakan dan peneliti untuk meningkatkan strategi pengelolaan limbah dan mendorong inisiatif yang lebih berkelanjutan.

Kata Kunci: Pengelolaan Limbah Berkelanjutan, Limbah Plastik, Analisis Bibliometrik, VOSviewer

ABSTRACT

This study examines the evolution and clustering of themes in sustainable waste management using VOSviewer network analysis techniques. Through bibliometric data visualization, we identified the main focuses in the literature related to waste management, which include recycling technologies, the integration of sustainability in waste management policies, and the global pandemic's impact on waste management practices. The analysis reveals a shift from technology-focused approaches to more holistic strategies supporting sustainable development goals. We also explored collaborations among authors and identified potential research areas that remain underexplored, such as the use of biodegradable plastics and more efficient life cycle assessments. This study provides valuable insights for policymakers and researchers to enhance waste management strategies and promote more sustainable initiatives.

Keywords: Sustainable Waste Management, Plastic Waste, Bibliometric Analysis, VOSviewer

PENDAHULUAN

Dalam dekade terakhir, pertumbuhan ekonomi global yang signifikan telah diiringi oleh peningkatan dramatis dalam produksi dan penggunaan plastik. Sebagai material yang serba guna, plastik telah menjadi bagian integral dari hampir setiap aspek kehidupan modern. Namun, keberlanjutan penggunaan plastik ini menimbulkan persoalan serius terkait dengan pengelolaan limbah. Setiap tahun, jutaan ton limbah plastik dihasilkan, dan hanya sebagian kecil yang berhasil di daur ulang. Sisanya menumpuk di tempat pembuangan akhir, mengotori lautan, atau terbakar, melepaskan polutan berbahaya ke atmosfer. Krisis limbah plastik ini telah mendorong penelitian intensif mengenai solusi berkelanjutan untuk pengelolaannya, yang tidak hanya mencakup aspek teknis tetapi juga implikasi sosial, ekonomi, dan lingkungan (El-Rayes et al., 2023; Helm et al., 2022; Lomwongson & Varrone, 2022; Salahuddin et al., 2023; Zarembowitch et al., 2018).

Dalam konteks ini, analisis bibliometrik muncul sebagai alat yang krusial untuk memahami landscape penelitian terkini dan evolusi tren dalam studi tentang pengelolaan limbah plastik. Dengan mengaplikasikan metodologi bibliometrik, peneliti dapat mengidentifikasi perkembangan utama, aktor kunci, kolaborasi antar negara, dan gap pengetahuan dalam domain ini. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk memetakan cakupan luas literatur yang ada dan mengidentifikasi arah penelitian yang paling menjanjikan untuk mengembangkan solusi berkelanjutan (El-Rayes et al., 2023; Kelana et al., 2023; Oyewale et al., 2023; Rafiq et al., 2023; Yang et al., 2023).

Limbah plastik menyajikan tantangan unik karena sifatnya yang tahan lama dan berpotensi beracun. Material ini membutuhkan waktu yang sangat lama untuk terdegradasi di lingkungan, dengan perkiraan waktu yang bisa mencapai ratusan tahun. Selama proses degradasi tersebut, plastik sering terurai menjadi mikroplastik, yang kemudian dapat memasuki rantai makanan dan mengakibatkan dampak negatif yang signifikan terhadap kehidupan laut dan kesehatan manusia. Selain itu, pembakaran plastik sebagai metode disposisi menghasilkan emisi gas rumah kaca dan polutan lainnya yang berkontribusi terhadap perubahan iklim dan polusi udara. Oleh karena itu, pengelolaan limbah plastik yang efektif dan efisien merupakan salah satu agenda utama dalam diskursus global tentang keberlanjutan (González et al., 2022; Hammami et al., 2023; Kibria et al., 2023; Pandey et al., 2023; Rafey et al., 2023).

Analisis bibliometrik memberikan kerangka kerja yang objektif untuk mengevaluasi dan menginterpretasikan data publikasi ilmiah. Melalui teknik ini, peneliti dapat memantau pertumbuhan dan pola publikasi, identifikasi subjek yang dominan, serta tren kolaborasi antar peneliti dan institusi. Hal ini penting dalam penelitian limbah plastik, di mana inovasi dan interdisiplinairitas sering menjadi kunci dalam mengembangkan solusi yang efektif. Kajian ini akan menelusuri volume dan distribusi geografis literatur terkait, mengungkap dinamika kolaboratif antara negara-negara maju dan berkembang, serta mengidentifikasi tema penelitian yang potensial untuk pengembangan lebih lanjut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis bibliometrik yang komprehensif tentang solusi berkelanjutan dalam pengelolaan limbah plastik. Khususnya, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis tren publikasi global dan regional dalam konteks pengelolaan limbah plastik.
2. Menilai fokus utama dalam penelitian terkait, termasuk teknologi daur ulang, strategi pengurangan penggunaan plastik, dan kebijakan pengelolaan limbah.
3. Memetakan kolaborasi antar peneliti untuk mengidentifikasi pola dan peluang kerja sama yang mungkin mempercepat pengembangan solusi.
4. Mengidentifikasi dan merekomendasikan arah penelitian masa depan berdasarkan gap yang ada dalam literatur saat ini.

LANDASAN TEORI

A. Penelitian Tentang Limbah Plastik

Penelitian mengenai limbah plastik telah berkembang secara signifikan selama beberapa dekade terakhir. Awalnya, fokus utama adalah pada identifikasi dan pengukuran dampak lingkungan dari limbah plastik, khususnya dalam konteks pencemaran lautan dan

habitat air tawar. Studi-studi awal menunjukkan bahwa plastik merupakan salah satu polutan paling persisten di lingkungan, dengan dampak jangka panjang pada ekosistem dan spesies laut. Penelitian oleh (Jambeck et al., 2015) dalam jurnal *Science*, misalnya, menyoroti bahwa lebih dari 8 juta ton plastik masuk ke lautan setiap tahun, sebuah situasi yang memicu peningkatan penelitian terhadap strategi pengurangan, pengelolaan, dan pencegahan limbah plastik.

B. Teknologi Daur Ulang dan Pengelolaan Limbah Plastik

Daur ulang plastik telah menjadi area penelitian yang intensif, karena dianggap sebagai salah satu solusi paling efektif untuk mengurangi jumlah limbah plastik. Teknologi daur ulang berkisar dari metode mekanik, yang melibatkan penghancuran dan peleburan plastik menjadi produk baru, hingga metode kimia yang lebih baru, seperti pirolisis dan gasifikasi, yang mengubah plastik menjadi bahan bakar atau produk kimia lainnya. Penelitian dalam bidang ini sering fokus pada peningkatan efisiensi proses dan mengurangi biaya operasional, seperti yang diungkapkan dalam studi oleh (Ragaert et al., 2017), yang mengeksplorasi inovasi dalam teknologi daur ulang plastik termoplastik.

C. Kebijakan dan Regulasi Pengelolaan Limbah Plastik

Pada tingkat global, banyak negara telah mengimplementasikan berbagai kebijakan dan regulasi untuk mengatasi masalah limbah plastik. Uni Eropa, misalnya, telah mengadopsi strategi ekonomi sirkular yang bertujuan untuk mengurangi pembuangan plastik melalui peningkatan daur ulang dan desain ulang produk. Studi oleh (Leal Filho et al., 2021) menggambarkan bagaimana regulasi tersebut mempengaruhi industri plastik dan mendorong inovasi dalam pengelolaan limbah. Di sisi lain, negara-negara berkembang sering kali menghadapi tantangan yang berbeda, seperti infrastruktur daur ulang yang kurang berkembang dan tingkat kesadaran publik yang rendah, yang memerlukan pendekatan yang disesuaikan, sebagaimana dijelaskan oleh (Brooks et al., 2018) dalam penelitian mereka tentang perdagangan limbah plastik global.

D. Analisis Bibliometrik dalam Penelitian Limbah Plastik

Analisis bibliometrik yang dilakukan dalam konteks ini tidak hanya mengidentifikasi topik-topik penelitian yang telah banyak dianalisis tetapi juga menyoroti area yang masih jarang diteliti. Hasil dari analisis ini seringkali menunjukkan kebutuhan untuk lebih banyak studi interdisipliner yang menggabungkan ilmu lingkungan, teknik, dan ilmu sosial untuk mengembangkan solusi yang efektif dan praktis. Sebagai contoh, analisis oleh (Tsuchimoto & Kajikawa, 2022) menunjukkan tren penelitian terkini yang menekankan pada solusi inovatif dan berkelanjutan untuk mengatasi masalah limbah plastik.

METODE PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, penelitian ini akan menggunakan database publikasi ilmiah Google Scholar. Data akan diekstraksi menggunakan kata kunci yang relevan dan disaring berdasarkan kriteria inklusi yang ditetapkan. Analisis akan meliputi teknik kuantitatif seperti analisis ko-sitasi, analisis ko-kepenulisan, dan analisis konten untuk mengungkap pola, tren, dan hubungan antar penelitian. Hasil dari analisis ini diharapkan memberikan wawasan mendalam tentang status quo penelitian pengelolaan limbah plastik dan mengarahkan masa depan penelitian menuju solusi yang lebih berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Matriks Data Penelitian

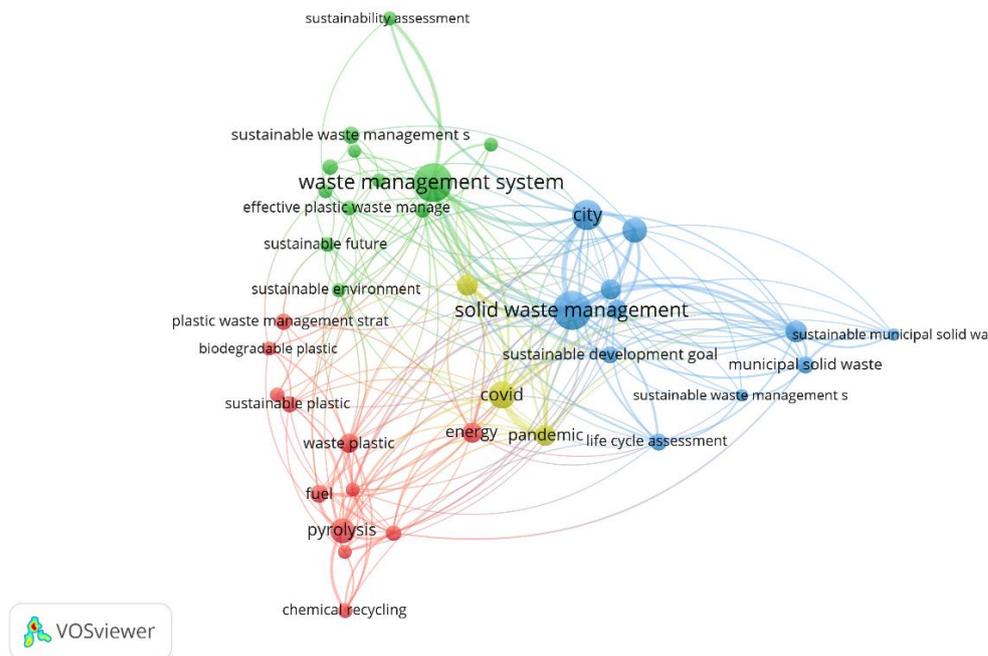
Tabel 1. Metrik Data Penelitian

<i>Publication years</i>	: 1992-2024
<i>Citation years</i>	: 32 (1992-2024)
<i>Paper</i>	: 980
<i>Citations</i>	: 120906
<i>Cites/year</i>	: 3778.31
<i>Cites/paper</i>	: 123.37
<i>Cites/author</i>	: 43084.83
<i>Papers/author</i>	: 389.40
<i>Author/paper</i>	: 3.25
<i>h-index</i>	: 163
<i>g-index</i>	: 333
<i>hI,norm</i>	: 92
<i>hI,annual</i>	: 2.88
<i>hA-index</i>	: 63
<i>Papers with ACC</i>	: 1,2,5,10,20:826,753,592,438,258

Sumber: Publish or Perish Output, 2024

Tabel 1 menyajikan berbagai metrik bibliometrik yang dihasilkan dari analisis penelitian terkait pengelolaan limbah plastik selama periode 32 tahun dari 1992 hingga 2024, menggunakan data dari Publish or Perish pada tahun 2024. Dalam periode tersebut, terdapat total 980 publikasi yang menghasilkan 120,906 sitasi, yang mengindikasikan tingginya relevansi dan pengaruh topik ini dalam komunitas ilmiah dengan rata-rata 123.37 sitasi per kertas dan 3778.31 sitasi per tahun. Produktivitas dan kolaborasi penulis tergambar dari metrik yang menunjukkan rata-rata 389.40 kertas per penulis dan 3.25 penulis per kertas. Indeks h sebesar 163 dan indeks g sebesar 333 menggambarkan substansialnya dampak akademis dari penelitian ini, dengan 826 kertas yang memiliki lebih dari satu sitasi, menegaskan kedalaman dan luasnya pengaruhnya dalam literatur. Indeks hI,norm sebesar 92 dan hI,annual sebesar 2.88 lebih lanjut menegaskan kualitas konsisten dari output penelitian ini. Indeks hA sebesar 63 menunjukkan tingkat otonomi yang tinggi dari para penulis dalam menghasilkan karya berdampak tinggi.

B. Pemetaan Jaringan Istilah



Gambar 1. Visualisasi Jaringan

Sumber: Data Diolah, 2024

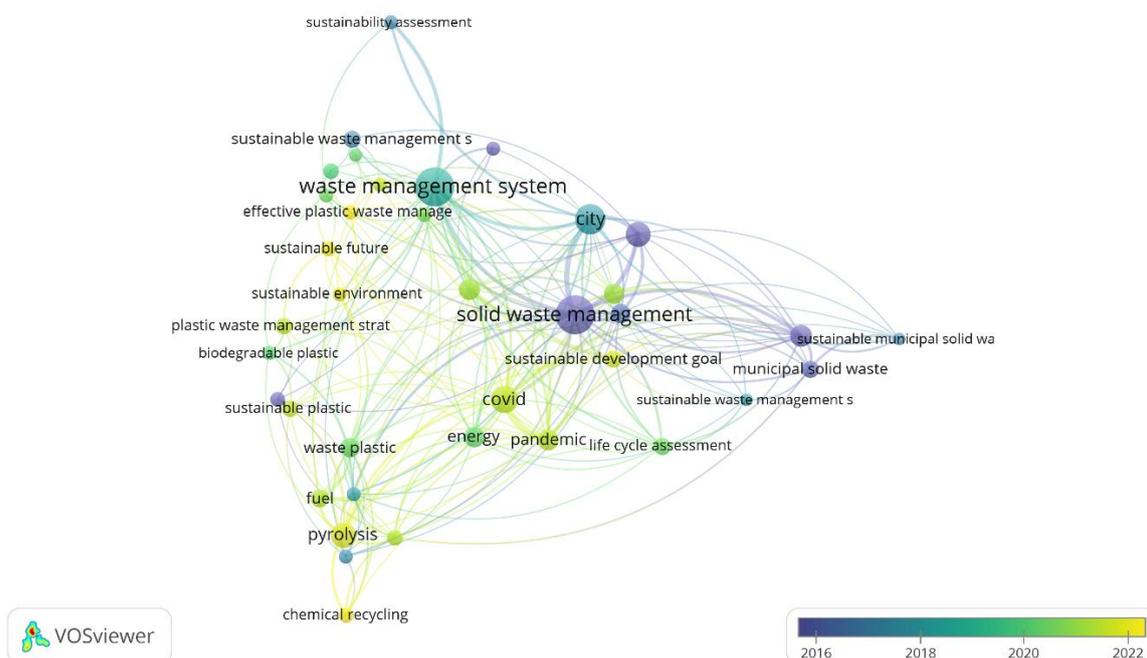
Gambar 1 di atas adalah visualisasi jaringan dari VOSviewer yang menunjukkan hubungan antar topik dalam konteks pengelolaan limbah, khususnya pengelolaan limbah plastik dan solid, dengan fokus pada keberlanjutan dan dampaknya terhadap lingkungan. Setiap node mewakili kata kunci atau tema, dan garis yang menghubungkan node menunjukkan seberapa sering tema tersebut muncul bersama dalam literatur yang sama.

1. Klaster Merah (Kiri-Bawah): Fokus pada teknologi pengolahan limbah plastik, dengan penekanan khusus pada metode seperti pirolisis dan daur ulang kimia. Topik-topik seperti 'fuel', 'pyrolysis', dan 'chemical recycling' menunjukkan penelitian yang terfokus pada konversi limbah plastik menjadi bahan bakar atau produk kimia lain, sebagai alternatif keberlanjutan daripada pembuangan tradisional.
2. Klaster Hijau (Kiri-Atas): Berkaitan dengan penilaian dan strategi pengelolaan limbah yang berkelanjutan, mencakup 'sustainable waste management', 'sustainable environment', dan 'effective plastic waste manage'. Ini menunjukkan pendekatan yang lebih holistik dan strategis terhadap pengelolaan limbah, mengintegrasikan keberlanjutan dalam kebijakan dan praktik.
3. Klaster Biru (Kanan): Berkaitan dengan pengelolaan limbah pada skala kota dan munisipalitas, dengan kata kunci seperti 'city', 'solid waste management', 'municipal solid waste'. Klaster ini mencerminkan fokus pada implementasi praktik pengelolaan limbah yang berkelanjutan di tingkat lokal, termasuk pembuangan dan daur ulang.
4. Klaster Kuning (Tengah): Menggambarkan dampak pandemi COVID-19 terhadap pengelolaan limbah dan hubungannya dengan 'sustainable development goal'. Hal ini

menunjukkan pengaruh keadaan global terkini pada prioritas dan metode pengelolaan limbah.

Peta ini menunjukkan bahwa literatur dalam pengelolaan limbah sangat terkait dengan teknologi inovatif dan keberlanjutan, serta adaptasi terhadap perubahan global dan lokal. Interkoneksi antara tema-tema ini menyoroti pentingnya solusi yang bersifat lintas disiplin dan multiskala, dari teknologi daur ulang hingga kebijakan publik. Pengelolaan limbah yang efektif memerlukan kerja sama antara inovasi teknologi, kebijakan yang berkelanjutan, dan adaptasi terhadap tantangan global seperti pandemi, semuanya ditujukan untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan.

C. Analisis Tren Penelitian



Gambar 2. Visualisasi *Overlay*
 Sumber: Data Diolah, 2024

Gambar 2 di atas menunjukkan visualisasi jaringan dari VOSviewer yang mengilustrasikan tren riset dalam pengelolaan limbah dari tahun ke tahun, dengan fokus pada keberlanjutan, pengelolaan limbah plastik, dan limbah padat. Node pada peta mewakili kata kunci atau topik, dan garis yang menghubungkan node menunjukkan frekuensi topik tersebut muncul bersama dalam literatur. Warna pada node mengindikasikan periode waktu, berdasarkan skala warna dari biru (tahun yang lebih awal) ke kuning (tahun yang lebih baru).

1. Fokus Awal pada Pyrolysis dan Chemical Recycling (Biru Tua): Topik seperti 'pyrolysis' dan 'chemical recycling' tampak mendominasi pada tahun-tahun awal (warna biru tua), mengindikasikan bahwa pada awal periode yang ditampilkan (sekitar tahun 2016), ada fokus signifikan pada penemuan teknologi baru untuk mengelola limbah plastik melalui metode konversi energi.

2. Transisi ke Sustainable Plastic dan Energy (Biru Muda): Kemudian, diskusi berkembang untuk meliputi 'sustainable plastic' dan 'energy', menunjukkan penelitian yang berkaitan dengan pembuatan plastik yang lebih berkelanjutan dan pemulihan energi sebagai bagian dari siklus hidup produk.
3. Konsentrasi pada Solid Waste Management dan COVID-19 (Hijau ke Kuning): Menjelang pertengahan hingga akhir periode (warna hijau ke kuning), terlihat adanya peningkatan minat pada 'solid waste management' dan dampak pandemi COVID-19. Ini menunjukkan bahwa pandemi telah mempengaruhi riset dalam pengelolaan limbah, mungkin karena perubahan mendadak dalam pola konsumsi dan produksi limbah.
4. Integrasi dengan Sustainable Development Goals (Kuning): Menuju tahun-tahun terakhir yang ditampilkan (warna kuning), topik seperti 'sustainable development goal' menjadi lebih menonjol, menunjukkan adanya usaha untuk mengintegrasikan strategi pengelolaan limbah dengan tujuan pembangunan berkelanjutan secara global.

Visualisasi ini menunjukkan bahwa terdapat evolusi yang signifikan dalam topik penelitian pengelolaan limbah dari tahun ke tahun, mulai dari fokus teknis pada daur ulang kimia dan konversi energi, menuju pendekatan yang lebih terintegrasi dan holistik yang mencakup keberlanjutan dan respons terhadap krisis global seperti pandemi. Evolusi ini mencerminkan respons terhadap tantangan global yang berubah, serta peningkatan kesadaran terhadap kebutuhan untuk pendekatan yang lebih berkelanjutan dan terintegrasi dalam pengelolaan limbah.

D. Top Cited Literature

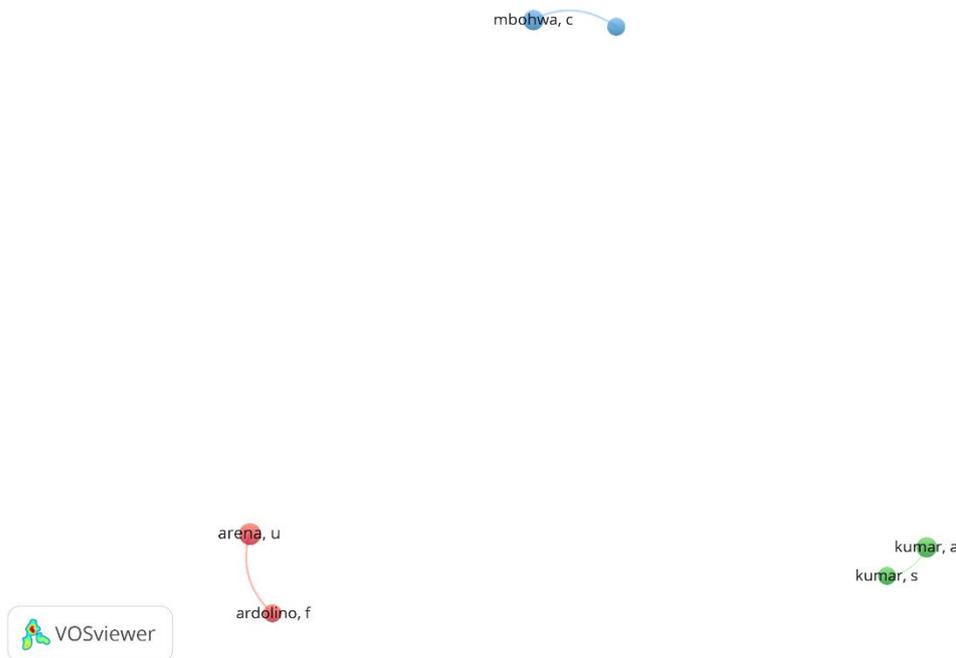
Tabel 2. Literatur Teratas yang Disitir

Citations	Authors and year	Title
13504	(Geyer et al., 2017)	Production, use, and fate of all plastics ever made
12541	(Jambeck et al., 2015)	Plastic waste inputs from land into the ocean
2681	(Al-Salem et al., 2009)	Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review
2326	(Ragaert et al., 2017)	Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste
1770	(Borrelle et al., 2020)	Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution
1696	(Lebreton & Andrady, 2019)	Future scenarios of global plastic waste generation and disposal
1267	(Siddique et al., 2008)	Use of recycled plastic in concrete: A review
1075	(Panda et al., 2010)	Thermolysis of waste plastics to liquid fuel: A suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products – A world prospective
1016	(Troschinetz & Mihelcic, 2009)	Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries
1003	(Klemeš et al., 2020)	Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19

Sumber: Output Publish or Perish, 2024

Tabel 2 menampilkan daftar literatur teratas yang paling banyak disitir dalam konteks pengelolaan limbah plastik, menurut data dari Publish or Perish tahun 2024. Artikel dengan sitasi terbanyak adalah karya Geyer, Jambeck, dan Law (2017) yang mendalami produksi, penggunaan, dan nasib seluruh plastik yang pernah dibuat, menonjol dengan 13,504 sitasi. Ini diikuti oleh penelitian Jambeck et al. (2015) tentang masukan sampah plastik dari darat ke lautan, yang memiliki pengaruh signifikan dengan 12,541 sitasi. Penelitian ini mencerminkan minat yang kuat pada isu global seperti pencemaran lautan dan efisiensi daur ulang. Selain itu, topik lain yang sering dikaji meliputi rute daur ulang dan pemulihan untuk limbah plastik padat serta penggunaan plastik daur ulang dalam beton. Karya-karya ini menggarisbawahi pentingnya inovasi dalam teknologi daur ulang dan strategi mitigasi untuk mengurangi beban limbah plastik, menyoroti urgensi dan pentingnya penelitian berkelanjutan dalam bidang ini.

E. Analisis Kolaborasi Penulis

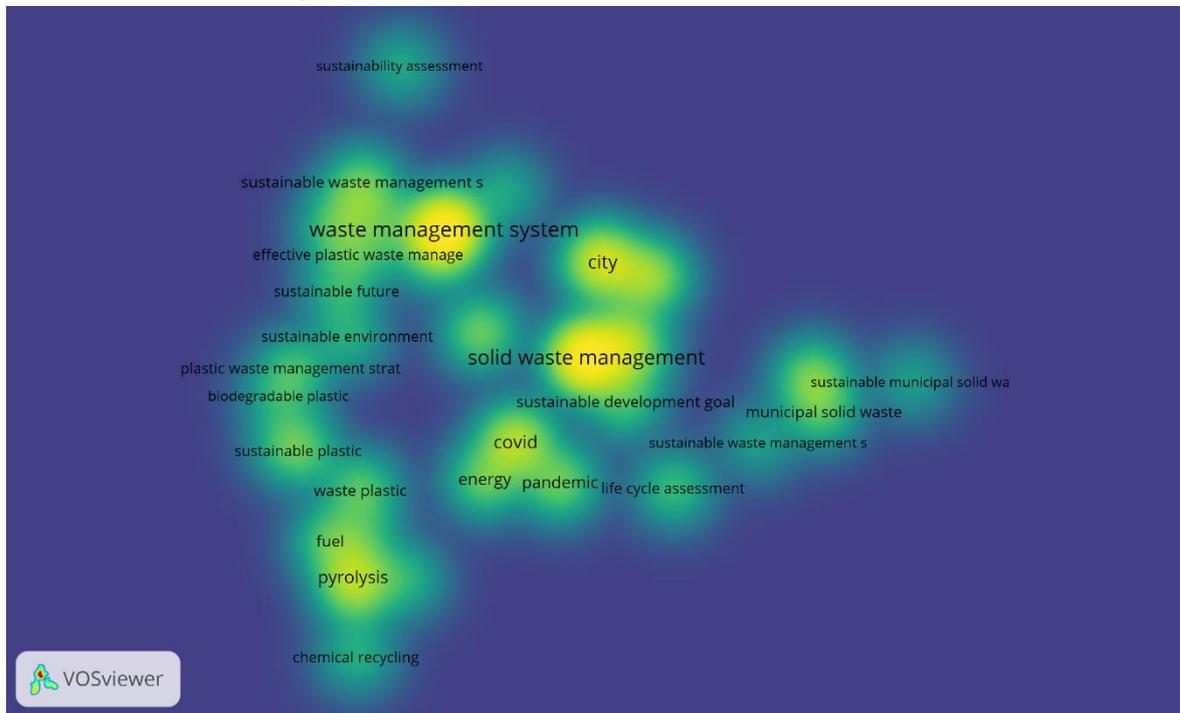


Gambar 3. Analisis Kolaborasi Penulis
 Sumber: Data Diolah, 2024

Gambar 3 menunjukkan sebuah visualisasi jaringan menggunakan VOSviewer, yang tampaknya berfokus pada hubungan kolaborasi antara peneliti atau topik-topik tertentu, ditandai dengan nama yang muncul pada node. Di gambar ini, terlihat empat node yang mewakili empat entitas berbeda, yakni "mbobhwa, c", "arena, u", "ardolino, f", serta "kumar, a" dan "kumar, s". Hubungan yang terlihat di antara "arena, u" dan "ardolino, f" (ditunjukkan dengan garis merah) mengindikasikan adanya kolaborasi atau hubungan tematik antara kedua entitas tersebut. Tidak adanya garis penghubung antara entitas lain menunjukkan bahwa tidak ada hubungan langsung atau kolaborasi yang tercatat dalam dataset ini antara mereka dengan "arena, u" dan "ardolino, f" atau satu sama lain. Visualisasi ini mungkin digunakan untuk mengidentifikasi bagaimana

kolaborasi atau diskusi tematik berkembang antara individu-individu atau grup dalam suatu bidang penelitian.

F. Analisis Peluang Penelitian



Gambar 4. Visualisasi Densitas

Sumber: Data Diolah, 2024

Gambar 4 adalah peta kepadatan kata kunci menggunakan VOSviewer, yang menampilkan distribusi topik penelitian dalam konteks pengelolaan limbah berkelanjutan. Area yang terang menunjukkan konsentrasi tinggi publikasi atau penelitian mengenai topik tertentu, sedangkan area yang redup menunjukkan area dengan aktivitas penelitian yang lebih sedikit. Area yang redup ini sering kali mengindikasikan peluang untuk riset lebih lanjut yang dapat mengisi celah dalam literatur yang ada.

Dari visualisasi ini, area yang redup muncul di sekitar topik "biodegradable plastic", "energy", dan "life cycle assessment". Ini menunjukkan bahwa meskipun ada banyak diskusi dan penelitian tentang pengelolaan limbah dan daur ulang, ada peluang lebih lanjut untuk mengeksplorasi pengembangan dan pemanfaatan plastik biodegradable sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan. Riset di area ini bisa fokus pada pengembangan material baru, efektivitas biodegradasi di berbagai kondisi lingkungan, dan dampak sosioekonomi dari pengadopsian plastik biodegradable. Selain itu, penelitian tentang "energy" dan "life cycle assessment" dalam konteks pengelolaan limbah plastik bisa lebih ditingkatkan. Penelitian ini dapat mencakup analisis siklus hidup komprehensif dari berbagai teknik pengelolaan limbah untuk menentukan pendekatan yang paling efisien secara energi dan paling rendah dampak lingkungannya. Ini akan membantu dalam merumuskan kebijakan yang lebih efektif dan praktek yang berkelanjutan dalam pengelolaan limbah.

KESIMPULAN

Dari analisis visualisasi jaringan VOSviewer yang terkait dengan pengelolaan limbah, klusterisasi tema, dan tren penelitian, kita dapat mengidentifikasi perkembangan dan arah dari studi di bidang ini. Analisis kluster menunjukkan fokus pada aspek teknis seperti pirolisis dan daur ulang kimia serta integrasi prinsip keberlanjutan dalam pengelolaan limbah pada tingkat kota dan munisipalitas. Pemetaan tren menunjukkan evolusi dari teknologi daur ulang menuju pendekatan yang lebih holistik yang mencakup tujuan pembangunan berkelanjutan, dipengaruhi signifikan oleh dampak pandemi global. Analisis kolaborasi antar penulis menunjukkan hubungan tematik yang terbatas, menyoroti kebutuhan akan kerjasama lintas disiplin ilmu lebih lanjut. Terakhir, area riset yang redup seperti pemanfaatan plastik biodegradable dan penilaian siklus hidup menawarkan peluang untuk riset mendalam yang dapat memajukan praktik pengelolaan limbah menjadi lebih berkelanjutan. Kesimpulannya, visualisasi ini membuka wawasan baru tentang bagaimana riset di bidang pengelolaan limbah berkelanjutan berkembang dan saling terhubung, sekaligus mengidentifikasi celah yang masih bisa dieksplorasi lebih lanjut.

REFERENSI

- Al-Salem, S. M., Lettieri, P., & Baeyens, J. (2009). Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. *Waste Management*, 29(10), 2625–2643.
- Borrelle, S. B., Ringma, J., Law, K. L., Monahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., Murphy, E., Jambeck, J., Leonard, G. H., & Hilleary, M. A. (2020). Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science*, 369(6510), 1515–1518.
- Brooks, A. L., Wang, S., & Jambeck, J. R. (2018). The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade. *Science Advances*, 4(6), eaat0131.
- El-Rayes, N., Chang, A., & Shi, J. (2023). Plastic Management and Sustainability: A Data-Driven Study. *Sustainability*, 15(9), 7181.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.
- González, S. M., Cruz, C. A., & Herrera, M. M. (2022). Plastic management to reduce environmental pollution. *UNACIENCIA: Revista de Estudios e Investigaciones*, 15(29), 15–28.
- Hammami, K., Souissi, Y., Cherif, A., & Neifar, M. (2023). Sustainable bioconversion of synthetic plastic wastes to polyhydroxyalkanoate (PHA) bioplastics: recent advances and challenges. *MedCrave Online Journal of Applied Bionics and Biomechanics*, 7(1), 48–62.
- Helm, L. T., Murphy, E. L., McGivern, A., & Borrelle, S. B. (2022). Impacts of plastic waste management strategies. *Environmental Reviews*, 31(1), 45–65.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771.
- Kelana, J. B., Setiyadi, R., & Suhandi, A. (2023). Reviewing a Decade of Zero Waste Research: Bibliometric Analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(6), 73–80.
- Kibria, M. G., Masuk, N. I., Safayet, R., Nguyen, H. Q., & Mourshed, M. (2023). Plastic waste: Challenges and opportunities to mitigate pollution and effective management. *International Journal of Environmental Research*, 17(1), 20.
- Klemeš, J. J., Van Fan, Y., Tan, R. R., & Jiang, P. (2020). Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127, 109883.
- Leal Filho, W., Salvia, A. L., Bonoli, A., Saari, U. A., Voronova, V., Klōga, M., Kumbhar, S. S., Olszewski, K., De Quevedo, D. M., & Barbir, J. (2021). An assessment of attitudes towards plastics and bioplastics in Europe.

- Science of the Total Environment*, 755, 142732.
- Lebreton, L., & Andrady, A. (2019). Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Communications*, 5(1), 1–11.
- Lomwongsopon, P., & Varrone, C. (2022). Critical review on the progress of plastic bioupcycling technology as a potential solution for sustainable plastic waste management. *Polymers*, 14(22), 4996.
- Oyewale, J. A., Tartibu, L. K., & Okokpujie, I. P. (2023). A review and bibliometric analysis of sorting and recycling of plastic wastes. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 18(1), 63–74.
- Panda, A. K., Singh, R. K., & Mishra, D. K. (2010). Thermolysis of waste plastics to liquid fuel: A suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products—A world prospective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), 233–248.
- Pandey, P., Dhiman, M., Kansal, A., & Subudhi, S. P. (2023). Plastic waste management for sustainable environment: techniques and approaches. *Waste Disposal & Sustainable Energy*, 5(2), 205–222.
- Rafey, A., Pal, K., Bohre, A., Modak, A., & Pant, K. K. (2023). A state-of-the-art review on the technological advancements for the sustainable management of plastic waste in consort with the generation of energy and value-added chemicals. *Catalysts*, 13(2), 420.
- Rafiq, M., Dastane, O., & Mushtaq, R. (2023). Waste reduction as ethical behaviour: A bibliometric analysis and development of future agenda. *Journal of Global Responsibility*, 14(3), 360–379.
- Ragaert, K., Delva, L., & Van Geem, K. (2017). Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management*, 69, 24–58.
- Salahuddin, U., Sun, J., Zhu, C., Wu, M., Zhao, B., & Gao, P. (2023). Plastic Recycling: A Review on Life Cycle, Methods, Misconceptions, and Techno-Economic Analysis. *Advanced Sustainable Systems*, 7(7), 2200471.
- Siddique, R., Khatib, J., & Kaur, I. (2008). Use of recycled plastic in concrete: A review. *Waste Management*, 28(10), 1835–1852.
- Troschinetz, A. M., & Mihelcic, J. R. (2009). Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. *Waste Management*, 29(2), 915–923.
- Tsuchimoto, I., & Kajikawa, Y. (2022). Recycling of Plastic Waste: A Systematic Review Using Bibliometric Analysis. *Sustainability*, 14(24), 16340.
- Yang, T., Liu, J., Zhu, H., Zhu, L., Kong, T., & Tai, S. (2023). The Bibliometric Analysis of Microplastics in Soil Environments: Hotspots of Research and Trends of Development. *Sustainability*, 15(9), 7122.
- Zarembowitch, J., Varret, F., Hauser, A., Real, J.-A., & Boukheddaden, K. (2018). Preface and introduction. *Comptes Rendus. Chimie*, 21(12), 1056–1059.