

# Analisis Bibliometrik tentang Pemanfaatan Limbah Organik untuk Energi Terbarukan

Loso Judijanto<sup>1</sup>, Usman Tahir<sup>2</sup>, Rival Pahrijal<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IPOSS Jakarta, Indonesia dan [losojudijantobumn@gmail.com](mailto:losojudijantobumn@gmail.com)

<sup>2</sup> Universitas Sains dan Teknologi Jayapura dan [irmanustah@gmail.com](mailto:irmanustah@gmail.com)

<sup>3</sup> Universitas Nusa Putra dan [rival.pahrijal\\_mn21@nusaputra.ac.id](mailto:rival.pahrijal_mn21@nusaputra.ac.id)

## ABSTRAK

Pemanfaatan limbah organik untuk energi terbarukan telah menjadi fokus intensif dalam penelitian keberlanjutan, dengan tujuan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan mengelola limbah secara efektif. Analisis ini menyelidiki berbagai teknologi konversi energi—seperti biodigesti anaerobik dan gasifikasi—untuk mengubah limbah organik menjadi sumber energi yang berharga seperti biogas dan biofuel. Dengan menggunakan data dari studi terkini dan visualisasi dari VOSviewer, hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini tidak hanya mengurangi emisi gas rumah kaca tetapi juga mendukung pengembangan ekonomi lokal melalui penciptaan lapangan kerja dan pengembangan infrastruktur yang berkelanjutan. Selain itu, analisis ini juga menyoroti pentingnya kemitraan antar sektor dan kebijakan pemerintah dalam memfasilitasi adopsi teknologi energi terbarukan dari limbah. Kesimpulan dari studi ini menegaskan bahwa limbah organik, jika dikelola dengan teknologi yang tepat, dapat menyediakan solusi energi yang tidak hanya mendukung tujuan ekonomi tetapi juga tujuan ekologi global.

**Kata Kunci:** Energi Terbarukan, Limbah Organik, Konversi Energi, Biogas, Biofuel, Analisis Bibliometrik

## ABSTRACT

Utilizing organic waste for renewable energy has become an intensive focus in sustainability research, with the aim of reducing fossil fuel use and managing waste effectively. This analysis investigates various energy conversion technologies—such as anaerobic digestion and gasification—to convert organic waste into valuable energy sources such as biogas and biofuels. Using data from recent studies and visualizations from VOSviewer, the results show that these technologies not only reduce greenhouse gas emissions but also support local economic development through job creation and sustainable infrastructure development. In addition, the analysis also highlights the importance of inter-sectoral partnerships and government policies in facilitating the adoption of renewable energy technologies from waste. The conclusion of this study confirms that organic waste, if managed with the right technology, can provide energy solutions that not only support economic goals but also global ecological goals.

**Keywords:** Renewable Energy, Organic Waste, Energy Conversion, Biogas, Biofuel, Bibliometric Analysis

## PENDAHULUAN

Peningkatan kesadaran global terhadap isu lingkungan telah mendorong penelitian dan implementasi berbagai teknologi berkelanjutan, termasuk pemanfaatan limbah organik menjadi energi terbarukan. Limbah organik, yang mencakup sisa-sisa pertanian, limbah makanan, dan kotoran hewan, secara tradisional dikelola melalui pembuangan atau pengomposan, namun potensinya sebagai sumber energi seringkali belum tergali secara maksimal. Penggunaan limbah organik untuk energi tidak hanya menawarkan solusi pengelolaan limbah yang efektif tetapi juga membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, yang berdampak positif terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca.

Dalam dekade terakhir, teknologi seperti biodigesti anaerobik dan gasifikasi telah dikembangkan untuk mengkonversi limbah organik menjadi biogas, yang merupakan campuran metana dan karbon dioksida yang dapat digunakan sebagai bahan bakar atau untuk menghasilkan listrik. Menurut studi yang dilakukan oleh (Yildiz & Öztekin, 2024), penggunaan biogas dari limbah organik telah berhasil menunjukkan penurunan signifikan dalam emisi gas rumah kaca dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar fosil. Namun, penerapan teknologi ini masih menghadapi sejumlah hambatan teknis dan ekonomi yang memerlukan investigasi lebih lanjut.

Selain itu, pemanfaatan limbah organik juga membantu dalam meningkatkan keamanan energi di banyak negara yang kekurangan sumber daya energi konvensional. Dengan mengubah limbah menjadi sumber energi, negara-negara tersebut dapat mengurangi impor energi dan meningkatkan keberlanjutan ekonomi mereka. Dalam konteks Indonesia, sebagai contoh, limbah kelapa sawit telah dimanfaatkan secara ekstensif untuk produksi bioenergi, mendukung industri biodiesel yang berkembang (Kurniawan, 2022).

Meskipun potensi dan manfaat dari pemanfaatan limbah organik sebagai sumber energi terbarukan telah diakui, masih terdapat kekurangan dalam penyebaran informasi ilmiah yang komprehensif tentang pengembangan, penerapan, dan pengoptimalan teknologi terkait. Terdapat juga ketidakjelasan mengenai seberapa luas penelitian ini telah mengeksplorasi berbagai teknologi konversi energi dari limbah organik, serta sejauh mana hasil penelitian tersebut telah diintegrasikan ke dalam praktek industri yang berkelanjutan. Selain itu, keterbatasan dalam pembiayaan dan infrastruktur juga seringkali menjadi penghambat utama dalam aplikasi teknologi ini di beberapa wilayah.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis bibliometrik yang mendalam terhadap literatur yang tersedia mengenai pemanfaatan limbah organik untuk energi terbarukan. Dengan memanfaatkan teknik bibliometrik, studi ini akan mengidentifikasi dan menganalisis tren penelitian dalam topik tersebut, termasuk area-area penelitian yang telah banyak diteliti serta potensi celah yang masih perlu dieksplorasi lebih lanjut. Melalui analisis ini, penelitian bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas tentang perkembangan ilmu pengetahuan di bidang ini serta memberikan rekomendasi bagi peneliti dan pengambil kebijakan untuk arah penelitian masa depan yang dapat mendukung pengembangan energi terbarukan dari limbah organik secara lebih efektif dan berkelanjutan.

## LANDASAN TEORI

### A. Konsep Energi Terbarukan dari Limbah Organik

Energi terbarukan dari limbah organik merupakan solusi yang mendapatkan banyak perhatian karena potensinya dalam mengurangi limbah dan emisi gas rumah kaca. Menurut (Jús et al., 2024), limbah organik yang dimanfaatkan melalui proses seperti biodigesti anaerobik atau gasifikasi bisa menghasilkan energi dalam bentuk gas metan, yang merupakan komponen utama dari biogas. Proses ini juga menghasilkan residu yang bisa digunakan sebagai pupuk organik, sehingga tidak hanya mengurangi limbah tetapi juga menambah nilai ekonomi dari limbah tersebut.

## **B. Teknologi Konversi Limbah Organik**

Teknologi yang digunakan dalam konversi limbah organik ke energi meliputi biodigesti anaerobik dan gasifikasi. Biodigesti anaerobik melibatkan penguraian materi organik dalam kondisi tanpa oksigen, menghasilkan biogas yang kaya metana. Penelitian dari (Zhang et al., 2023) menunjukkan bahwa efisiensi konversi dan kualitas biogas bisa dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti komposisi limbah, suhu operasi, dan teknologi pretreatment yang digunakan. Di sisi lain, gasifikasi mengubah limbah organik menjadi gas sintetis melalui proses pembakaran parsial pada suhu tinggi, yang juga bisa digunakan untuk menghasilkan energi.

## **C. Implikasi Lingkungan dan Ekonomi**

Implikasi lingkungan dari pemanfaatan limbah organik sebagai sumber energi adalah signifikan. Sebuah studi oleh (Patel et al., 2023) menunjukkan bahwa dengan mengganti bahan bakar fosil dengan biogas dari limbah organik, pengurangan emisi gas rumah kaca dapat mencapai hingga 50%. Dari segi ekonomi, pemanfaatan ini bisa mengurangi biaya pengelolaan limbah dan meningkatkan efisiensi energi. Namun, biaya awal instalasi dan pemeliharaan infrastruktur dapat menjadi penghalang, meskipun studi oleh (Cayetano et al., 2022) menyatakan bahwa investasi awal ini dapat terbayarkan melalui penghematan jangka panjang dan penjualan biogas.

## **D. Kebijakan dan Regulasi**

Kebijakan dan regulasi memiliki peran penting dalam pengembangan energi terbarukan dari limbah organik. Negara-negara seperti Jerman dan Denmark telah menerapkan kebijakan yang mendukung penggunaan energi biogas, termasuk insentif pajak dan subsidi (Maegaard et al., 2019). Di Indonesia, kebijakan yang mendukung masih dalam tahap pengembangan, meskipun telah ada beberapa inisiatif pada level lokal yang menunjukkan potensi keberhasilan pengintegrasian teknologi ini dalam pengelolaan limbah dan produksi energi terbarukan.

## **E. Tantangan dan Peluang**

Salah satu tantangan utama dalam pemanfaatan limbah organik untuk energi adalah variabilitas dalam kualitas dan kuantitas limbah yang tersedia, yang dapat mempengaruhi konsistensi suplai energi. Menurut (Gomes et al., 2022), teknologi adaptif yang dapat mengolah berbagai jenis limbah organik dengan efisiensi tinggi masih perlu dikembangkan lebih lanjut. Peluangnya, bagaimanapun termasuk peningkatan kesadaran publik dan kebijakan yang lebih mendukung, dapat mendorong adopsi yang lebih luas dari teknologi ini.

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis bibliometrik, yang melibatkan pengumpulan dan evaluasi sistematis dari literatur yang tersedia mengenai pemanfaatan limbah organik untuk energi terbarukan. Data untuk analisis ini diperoleh melalui database Google Scholar, dengan kata kunci yang relevan seperti "limbah organik", "energi terbarukan", "biogas", dan "teknologi konversi energi". Seleksi publikasi dilakukan berdasarkan kriteria inklusi seperti relevansi topik, bahasa publikasi (Inggris), dan jangka waktu publikasi (1975-2024). Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak VOSviewer untuk mengidentifikasi dan memvisualisasikan tren, hubungan, dan celah pengetahuan dalam literatur yang ada.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Matriks Data Penelitian

Tabel 1. Metrik Data Penelitian

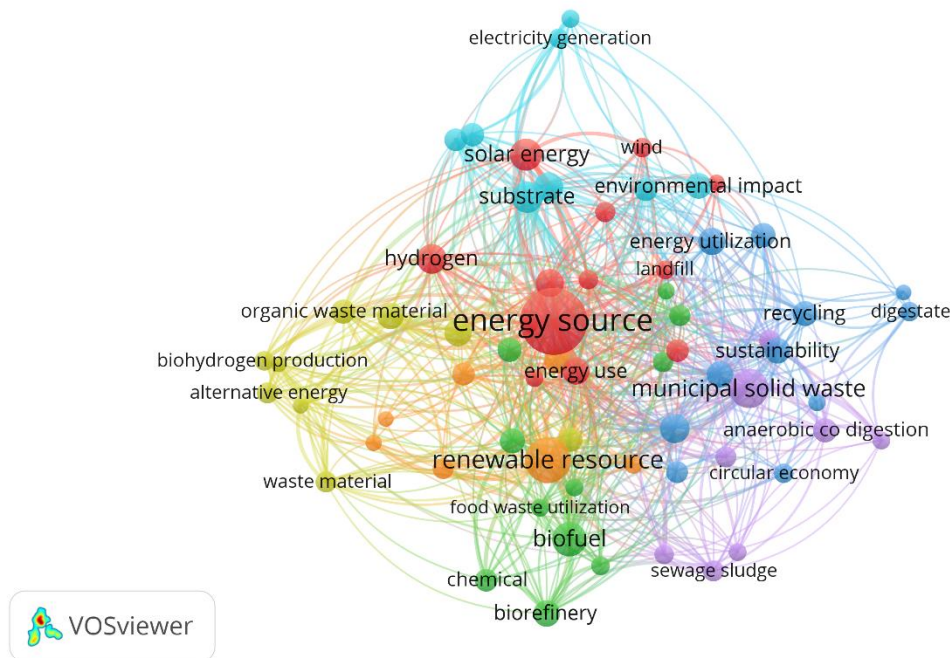
<i>Publication years</i>	: 1975-2024
<i>Citation years</i>	: 49 (1975-2024)
<i>Paper</i>	: 980
<i>Citations</i>	: 175901
<i>Cites/year</i>	: 3589.82
<i>Cites/paper</i>	: 179.49
<i>Cites/author</i>	: 63621.31
<i>Papers/author</i>	: 326.37
<i>Author/paper</i>	: 3.78
<i>h-index</i>	: 205
<i>g-index</i>	: 394
<i>hI,norm</i>	: 116
<i>hI,annual</i>	: 2.37
<i>hA-index</i>	: 70
<i>Papers with ACC</i>	: 1,2,5,10,20:945,911,785,587,345

Sumber: Publish or Perish Output, 2024

Tabel ini menyajikan metrik kinerja bibliometrik untuk kumpulan data penelitian yang mencakup publikasi dari tahun 1975 hingga 2024. Dalam rentang waktu 49 tahun ini, terdapat 980 publikasi yang mengumpulkan total 175,901 sitasi, menghasilkan rata-rata 3589.82 sitasi per tahun dan 179.49 sitasi per karya. Rasio sitasi per penulis sangat tinggi, mencapai 63,621.31, menunjukkan kontribusi signifikan dari penulis dalam literatur yang berkaitan. Jumlah karya per penulis adalah 326.37 dengan rata-rata 3.78 penulis per karya, menunjukkan kolaborasi yang kuat dalam penelitian. Indeks h mencapai 205, mengindikasikan bahwa setidaknya 205 karya telah disitasi minimal 205 kali, menegaskan pengaruh substansial dari kumpulan data ini. Indeks g yang lebih tinggi pada 394 menunjukkan bahwa publikasi paling berpengaruh memiliki sitasi yang sangat tinggi. Indeks hI,norm dan hI,annual yang berturut-turut adalah 116 dan 2.37, menunjukkan penyesuaian untuk ukuran kolaboratif dan produktivitas sitasi tahunan yang konsisten. Indeks hA mencapai 70, mencerminkan produktivitas penulis yang disesuaikan berdasarkan jumlah penulis per karya. Distribusi jumlah karya dengan sitasi terakumulasi (ACC) menunjukkan bahwa sebagian besar karya memiliki sitasi tinggi, dengan 945 karya memiliki setidaknya 1 sitasi, dan 345 karya memiliki

setidaknya 20 sitasi, memperkuat kekuatan dan pengaruh akademis dari kumpulan data ini dalam bidangnya.

**B. Pemetaan Jaringan Istilah**



Gambar 1. Visualisasi Jaringan

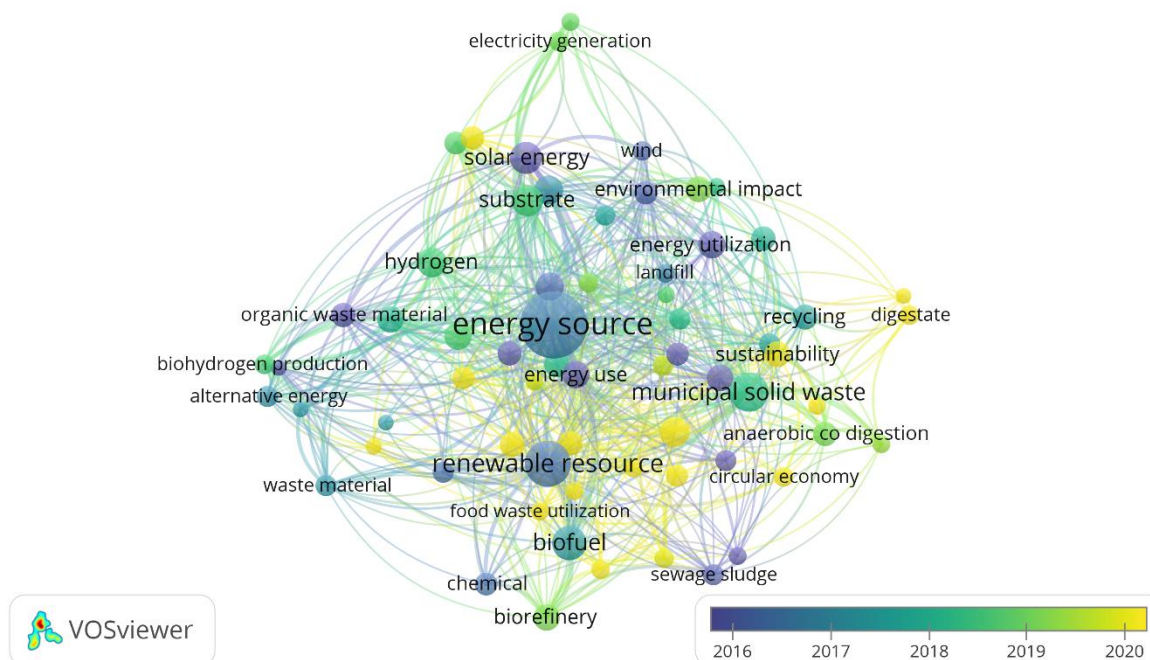
Sumber: Data Diolah, 2024

Tabel 2. Komposisi Item setiap Kluster

Klaster	Item	Keterangan
Merah	<i>Energy source, hydrogen, energy use, landfill, wind, solar energy</i>	Klaster merah menekankan pada sumber energi dan penggunaannya, termasuk sumber energi terbarukan seperti angin dan solar. Koneksi antara energi hidrogen dan penggunaan energi ini menggambarkan fokus pada teknologi bersih dan alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada tempat pembuangan akhir (landfill) dan meningkatkan efisiensi energi.
Kuning	<i>Organic waste material, biohydrogen production, alternative energy, waste material</i>	Klaster kuning mengkaji pemanfaatan bahan limbah organik untuk produksi biohidrogen dan energi alternatif. Fokusnya adalah pada inovasi dalam memanfaatkan bahan limbah sebagai sumber energi yang mampu menyediakan solusi berkelanjutan dan mengurangi limbah.
Biru Muda	<i>Electricity generation, substrate</i>	Klaster biru muda berkaitan dengan generasi listrik dan penggunaan substrat dalam proses tersebut. Ini menunjukkan penelitian terkait cara-cara inovatif menggunakan bahan baku dalam produksi energi listrik, memperluas wawasan tentang konversi energi yang efisien.
Biru Tua	<i>Energy utilization, recycling, digestate, sustainability, circular economy</i>	Klaster biru tua berfokus pada pemanfaatan energi dan recycling, dengan penekanan pada keberlanjutan dan ekonomi sirkular. Area ini melihat bagaimana energi yang dihasilkan bisa dimanfaatkan secara maksimal dan

		bagaimana produk sisa seperti digestate dapat diintegrasikan kembali ke dalam ekosistem.
Hijau	<i>Food waste utilization, biofuel, chemical, biorefinery</i>	Klaster hijau menyoroti penggunaan limbah makanan untuk produksi biofuel dan bahan kimia melalui proses biorefinery. Ini mencerminkan usaha dalam mengubah limbah menjadi produk berharga, menunjukkan integrasi antara pengelolaan limbah dan produksi industri.
Ungu	<i>Sewage sludge, anaerobic co digestion, municipal solid waste</i>	Klaster ungu berkonsentrasi pada pengelolaan dan pemanfaatan limbah kota seperti sludge dan solid waste melalui proses seperti ko-digesti anaerobik. Ini mengeksplorasi metode yang efektif untuk mengolah limbah ini menjadi sumber energi atau bahan baku lainnya.
Oranye	<i>Renewable resource</i>	Klaster oranye secara khusus mengangkat isu sumber daya terbarukan, mengindikasikan penelitian yang berfokus pada identifikasi dan eksploitasi sumber daya yang bisa diperbaharui untuk menunjang kebutuhan energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

**C. Analisis Tren Penelitian**



Gambar 2. Visualisasi *Overlay*

Sumber: Data Diolah, 2024

Gambar di atas menggambarkan visualisasi jaringan kata kunci dari penelitian tentang pemanfaatan limbah organik untuk energi terbarukan dari tahun 2016 hingga 2020, menggunakan VOSviewer. Visualisasi ini menampilkan node yang mewakili kata kunci dan hubungan antara kata kunci tersebut. Node yang lebih besar menandakan kata kunci yang lebih sering muncul dalam literatur, sedangkan warna garis antara node menunjukkan tahun publikasi, dengan gradasi warna dari biru (tahun awal) ke kuning (tahun terakhir). Kata kunci seperti "energy source," "renewable

resource," dan "biofuel" menonjol, menunjukkan bahwa ini merupakan topik utama dalam penelitian selama periode tersebut.

Fokus utama dalam penelitian tampaknya adalah pada pengembangan dan integrasi teknologi energi terbarukan, dengan penekanan khusus pada solar energy, wind energy, dan hydrogen. Perhatian juga diberikan pada keberlanjutan dan penggunaan efisien sumber daya, seperti yang ditunjukkan oleh kata kunci "sustainability" dan "circular economy". Hubungan antara berbagai teknologi dan pendekatan untuk mengelola limbah dan menghasilkan energi terbarukan, seperti melalui anaerobic co-digestion dan biorefinery, juga sangat terlihat. Penekanan pada inovasi dalam daur ulang dan pemulihan sumber daya lebih lanjut menggambarkan evolusi berkelanjutan dalam penelitian ini.

Tren waktu yang ditandai dengan perubahan warna garis menunjukkan evolusi fokus riset dari tahun ke tahun. Misalnya, mungkin ada peningkatan kepentingan dalam biofuel dan biorefinery menuju tahun-tahun terakhir dalam rentang yang ditunjukkan, mengindikasikan respons terhadap kebutuhan global untuk solusi energi yang lebih berkelanjutan. Peningkatan hubungan antara "food waste utilization" dan "chemical" dalam tahun-tahun terakhir menunjukkan gerakan menuju pendekatan yang lebih terintegrasi dan holistik dalam pengelolaan limbah, yang tidak hanya fokus pada pembangkitan energi tetapi juga pada kreasi produk bernilai tambah.

D. Top Cited Literature

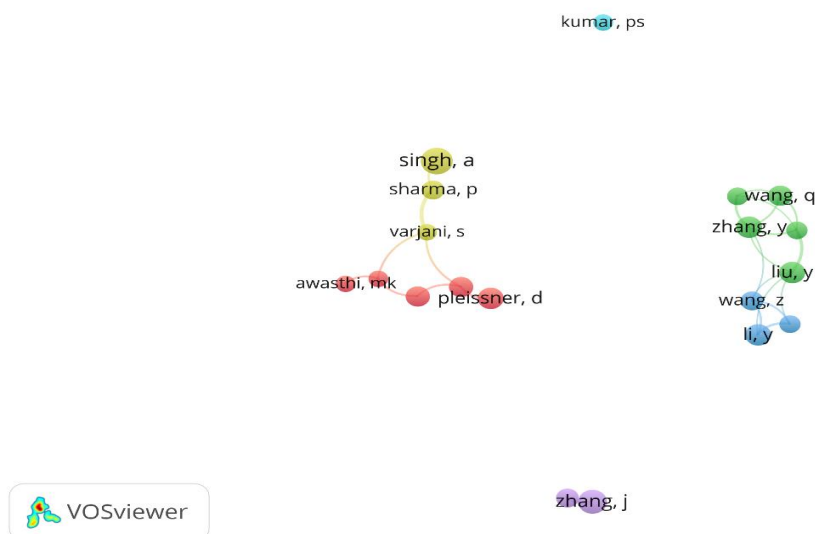
Tabel 2. Literatur Teratas yang Disitir

Kutipan	Penulis dan Tahun	Judul	Temuan
6460	(Brennan & Owende, 2010)	Biofuels from microalgae – a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products	Penelitian ini memberikan tinjauan menyeluruh tentang berbagai teknologi yang digunakan untuk produksi biofuel dari mikroalga, termasuk metode pemrosesan dan ekstraksi untuk menghasilkan biofuel dan produk sampingan.
4422	(Panwar et al., 2011)	Role of renewable energy sources in environmental protection: A review	Artikel ini mengulas peran sumber energi terbarukan dalam perlindungan lingkungan, dengan menekankan pada potensi mereka untuk menggantikan sumber energi yang lebih polutif dan mengurangi emisi karbon.
4221	(Naik et al., 2010)	Production of first and second generation biofuels: a comprehensive review	Ulasan ini membahas secara komprehensif tentang produksi biofuel generasi pertama dan kedua, termasuk bahan baku yang digunakan dan teknologi yang terlibat dalam produksi.
3198	(Deublein & Steinhauser, 2011)	Biogas from waste and renewable resources: an introduction	Buku ini mengenalkan konsep produksi biogas dari limbah dan sumber daya terbarukan, memberikan dasar teoritis dan praktis mengenai teknologi dan aplikasinya.
2986	(Tchanche et al., 2011)	Low-grade heat conversion into power using organic	Review ini menggambarkan penerapan siklus Rankine organik dalam mengkonversi panas bersuhu

Kutipan	Penulis dan Tahun	Judul	Temuan
		Rankine cycles–A review of various applications	rendah menjadi energi, mengeksplorasi berbagai aplikasi dari teknologi tersebut.
2919	(McKendry, 2002)	Energy production from biomass (part 2): conversion technologies	Artikel ini membahas berbagai teknologi konversi yang digunakan untuk menghasilkan energi dari biomassa, mencakup aspek teknis dari proses-proses tersebut.
2885	(Nigam & Singh, 2011)	Production of liquid biofuels from renewable resources	Publikasi ini mengulas produksi biofuel cair dari sumber daya terbarukan, dengan fokus pada strategi dan metode yang dapat meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan produksi.
2301	(Kapdan & Kargi, 2006)	Bio-hydrogen production from waste materials	Penelitian ini mengeksplorasi potensi produksi bio-hidrogen dari bahan limbah, menawarkan wawasan tentang proses biologis dan teknologi yang terlibat.
2252	(Pant et al., 2010)	A review of the substrates used in microbial fuel cells (MFCs) for sustainable energy production	Artikel ini memberikan tinjauan tentang berbagai substrat yang digunakan dalam sel bahan bakar mikroba untuk produksi energi berkelanjutan, menilai efektivitas dan keberlanjutan mereka.
2122	(Sarkar et al., 2012)	Bioethanol production from agricultural wastes: an overview	Ulasan ini memberikan gambaran umum tentang produksi bioetanol dari limbah pertanian, termasuk tantangan dan peluang dalam mengoptimalkan proses untuk efisiensi yang lebih tinggi.

Sumber: Output Publish or Perish, 2024

E. Analisis Kolaborasi Penulis



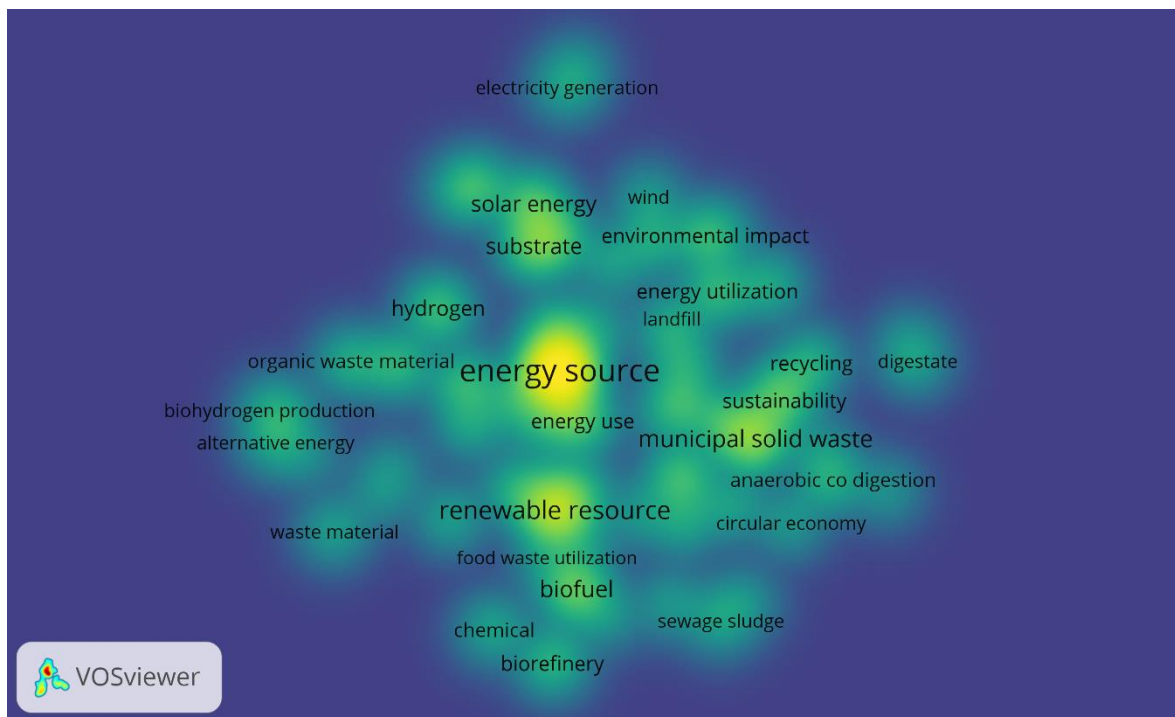
Gambar 3. Analisis Kolaborasi Penulis



Sumber: Data Diolah, 2024

Visualisasi dalam gambar ini menggambarkan peta kolaborasi peneliti, di mana tiap node mewakili seorang peneliti dan garis antar node menunjukkan adanya kolaborasi atau korelasi dalam publikasi ilmiah. Dua kluster utama tampak dalam peta ini, satu diwarnai merah dan lainnya biru dan hijau, menunjukkan kemungkinan adanya dua grup peneliti yang berbeda dengan fokus riset atau afiliasi institusional yang berbeda. Kelompok merah, yang terdiri dari peneliti seperti Awasthi, MK dan Pleissner, D, bisa jadi lebih terfokus pada area penelitian tertentu atau mungkin berasal dari region atau institusi yang sama. Di sisi lain, kelompok biru dan hijau mencakup peneliti seperti Wang, Q dan Liu, Y, yang mungkin memiliki koneksi lebih kuat satu sama lain dibandingkan dengan kelompok merah, menunjukkan kolaborasi yang lebih intensif atau mungkin fokus pada bidang riset yang berbeda. Kurangnya garis yang menghubungkan dua kluster ini menunjukkan sedikit atau tidak ada kolaborasi langsung antara dua grup tersebut, yang dapat mengindikasikan adanya spesialisasi penelitian yang sangat berbeda atau hambatan geografis dan institusional dalam kolaborasi.

#### F. Analisis Peluang Penelitian



Gambar 4. Visualisasi Densitas

Sumber: Data Diolah, 2024

Gambar di atas menampilkan heatmap dari VOSviewer yang mengilustrasikan frekuensi dan kepentingan relatif dari berbagai kata kunci dalam penelitian tentang pemanfaatan limbah untuk energi terbarukan. Kata kunci "energy source" tampak sebagai titik terang terbesar, yang menunjukkan bahwa ini adalah topik yang paling banyak dibahas dan dianggap penting dalam literatur yang relevan. Sekitar kata kunci ini, terdapat istilah-istilah lain seperti "solar energy," "wind," "hydrogen," dan "renewable resource," yang masing-masing juga menonjol, mengindikasikan

bahwa penelitian ini meliputi berbagai aspek sumber energi terbarukan dan teknologi terkait. Warna yang lebih terang dan lebih hijau di sekitar kata kunci ini menandakan bahwa istilah-istilah ini sering muncul bersama dalam literatur, mencerminkan korelasi kuat antara topik-topik ini dalam penelitian.

Sebaliknya, istilah seperti "*circular economy*," "*biorefinery*," "*food waste utilization*," dan "*sewage sludge*" terlihat lebih gelap, yang menunjukkan bahwa kata-kata ini kurang sering muncul dibandingkan dengan "*energy source*" tetapi tetap menjadi komponen penting dari diskusi keseluruhan. Istilah-istilah ini terkait dengan aplikasi spesifik dan pengelolaan limbah sebagai sumber energi, mengindikasikan penelitian yang lebih terfokus pada aplikasi praktis dan inovatif dalam konteks energi terbarukan. Ini menggambarkan bagaimana penelitian dalam bidang ini tidak hanya fokus pada generasi energi tetapi juga pada penggunaan berkelanjutan dan transformasi limbah menjadi sumber daya yang berharga.

### **Implikasi Praktis**

Dalam konteks global yang semakin memperhatikan keberlanjutan, pemanfaatan limbah organik sebagai sumber energi terbarukan menyajikan berbagai implikasi praktis yang signifikan bagi industri, pemerintah, dan masyarakat. Penggunaan limbah organik tidak hanya membantu mengurangi volume sampah yang berakhir di TPA, tetapi juga memproduksi energi yang dapat menggantikan atau mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, membawa manfaat ekonomi dan lingkungan yang luas.

Pemanfaatan limbah organik sebagai sumber energi mendukung implementasi kebijakan energi yang berkelanjutan. Pemerintah dapat menggunakan hasil riset ini untuk mengembangkan standar dan insentif yang mendorong penggunaan biogas dan biofuel dari limbah organik. Ini termasuk subsidi untuk teknologi baru, kredit pajak bagi perusahaan yang menggunakan bioenergi, dan dukungan untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut dalam teknologi ini. Penggunaan limbah organik untuk menghasilkan energi terbarukan secara langsung mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar fosil. Proses seperti anaerobic digestion yang mengubah limbah menjadi biogas dapat secara signifikan mengurangi jumlah metana—sebuah gas rumah kaca yang lebih poten dibandingkan karbon dioksida—yang dilepaskan ke atmosfer.

Transformasi limbah menjadi energi menyajikan solusi manajemen limbah yang efektif. Institusi dan perusahaan dapat mengurangi biaya pembuangan dan pengolahan limbah dengan mengubahnya menjadi sumber energi. Ini juga menurunkan penggunaan lahan untuk landfill, yang seringkali menjadi masalah di banyak area urban. Dengan mengembangkan kapasitas untuk menghasilkan energi dari sumber lokal seperti limbah organik, sebuah negara atau region dapat mengurangi ketergantungannya pada impor energi. Ini membantu meningkatkan keamanan energi dan stabilitas ekonomi, khususnya di negara berkembang yang mungkin tidak memiliki akses mudah atau terjangkau ke pasar energi global. Melalui implementasi strategi-strategi ini, pemanfaatan limbah organik untuk energi terbarukan tidak hanya merupakan solusi teknis tetapi juga menjadi alat penting dalam kebijakan pembangunan berkelanjutan.

## **KESIMPULAN**

Analisis yang telah dilakukan mengenai pemanfaatan limbah organik untuk energi terbarukan memberikan wawasan komprehensif tentang potensi dan manfaat dari sumber energi ini dalam konteks keberlanjutan global. Berdasarkan visualisasi VOSviewer, penelitian ini menunjukkan korelasi kuat antara berbagai teknologi konversi energi dan praktik pengelolaan limbah, dengan fokus khusus pada biofuel, biogas, dan penggunaan berbagai substrat organik.

Dari perspektif akademik dan praktis, hasil riset menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah organik tidak hanya mendukung kebijakan energi yang berkelanjutan tetapi juga membantu dalam mengurangi emisi gas rumah kaca secara signifikan. Pengolahan limbah menjadi energi terbarukan mengurangi ketergantungan pada landfill, meningkatkan efisiensi dalam manajemen limbah, dan membantu negara-negara mengamankan pasokan energi mereka yang lebih bersih dan lebih stabil. Implikasi praktis dari penggunaan limbah organik untuk energi meliputi aspek kebijakan, ekonomi, teknologi, dan sosial.

Dari sisi sosial dan ekonomi, pengembangan sektor bioenergi dari limbah organik dapat menciptakan lapangan kerja dan membuka peluang ekonomi baru, terutama di komunitas lokal. Inisiatif ini juga mendorong kemitraan antar sektor yang membawa inovasi teknologi dan infrastruktur berkelanjutan yang diperlukan untuk mendukung ekonomi sirkular. Secara keseluruhan, penelitian dan implementasi energi dari limbah organik adalah langkah kritical menuju masa depan yang lebih berkelanjutan. Dengan terus meningkatkan teknologi dan memperluas kesadaran serta dukungan kebijakan, energi terbarukan dari limbah organik dapat memainkan peran penting dalam transisi global menuju sistem energi yang lebih bersih dan efisien. Inisiatif ini juga sejalan dengan tujuan global untuk mengurangi dampak perubahan iklim dan mendukung pengembangan berkelanjutan.

## REFERENSI

- Brennan, L., & Owende, P. (2010). Biofuels from microalgae—a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(2), 557–577.
- Cayetano, R. D. A., Kim, G.-B., Park, J., Yang, Y.-H., Jeon, B.-H., Jang, M., & Kim, S.-H. (2022). Biofilm formation as a method of improved treatment during anaerobic digestion of organic matter for biogas recovery. *Bioresource Technology*, 344, 126309.
- Deublein, D., & Steinhauser, A. (2011). *Biogas from waste and renewable resources: an introduction*. John Wiley & Sons.
- Gomes, M. G., de Oliveira Paranhos, A. G., Camargos, A. B., Baêta, B. E. L., Baffi, M. A., Gurgel, L. V. A., & Pasquini, D. (2022). Pretreatment of sugarcane bagasse with dilute citric acid and enzymatic hydrolysis: Use of black liquor and solid fraction for biogas production. *Renewable Energy*, 191, 428–438.
- Juś, K., Ścigaj, M., Gwiazdowska, D., Marchwińska, K., & Studenna, W. (2024). Innovative Fermented Beverages Based on Bread Waste—Fermentation Parameters and Antibacterial Properties. *Applied Sciences*, 14(12), 5036.
- Kapdan, I. K., & Kargi, F. (2006). Bio-hydrogen production from waste materials. *Enzyme and Microbial Technology*, 38(5), 569–582.
- Kurniawan, M. L. A. (2022). The Application of Green Economy in the Framework of the 2025 Garbage Clean Bantul Movement (Bantul Bersama). *Asian Journal of Healthcare Analytics*, 1(2), 65–70.
- Maegaard, K., Garcia-Robledo, E., Kofoed, M. V. W., Agneessens, L. M., de Jonge, N., Nielsen, J. L., Ottosen, L. D. M., Nielsen, L. P., & Revsbech, N. P. (2019). Biogas upgrading with hydrogenotrophic methanogenic biofilms. *Bioresource Technology*, 287, 121422.
- McKendry, P. (2002). Energy production from biomass (part 2): conversion technologies. *Bioresource Technology*, 83(1), 47–54.
- Naik, S. N., Goud, V. V., Rout, P. K., & Dalai, A. K. (2010). Production of first and second generation biofuels: a comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(2), 578–597.

- Nigam, P. S., & Singh, A. (2011). Production of liquid biofuels from renewable resources. *Progress in Energy and Combustion Science*, 37(1), 52–68.
- Pant, D., Van Bogaert, G., Diels, L., & Vanbroekhoven, K. (2010). A review of the substrates used in microbial fuel cells (MFCs) for sustainable energy production. *Bioresource Technology*, 101(6), 1533–1543.
- Panwar, N. L., Kaushik, S. C., & Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1513–1524.
- Patel, S. K. S., Kalia, V. C., & Lee, J.-K. (2023). Integration of biogas derived from dark fermentation and anaerobic digestion of biowaste to enhance methanol production by methanotrophs. *Bioresource Technology*, 369, 128427.
- Sarkar, N., Ghosh, S. K., Bannerjee, S., & Aikat, K. (2012). Bioethanol production from agricultural wastes: an overview. *Renewable Energy*, 37(1), 19–27.
- Tchanche, B. F., Lambrinos, G., Frangoudakis, A., & Papadakis, G. (2011). Low-grade heat conversion into power using organic Rankine cycles—A review of various applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 3963–3979.
- Yildiz, A. Y., & Öztekin, S. (2024). Utilization of Fruit and Vegetable Wastes in Food Packaging. *Agro-Wastes for Packaging Applications*, 197.
- Zhang, W., Siyal, S., Riaz, S., Ahmad, R., Hilmi, M. F., & Li, Z. (2023). Data Security, Customer Trust and Intention for Adoption of Fintech Services: An Empirical Analysis From Commercial Bank Users in Pakistan. *SAGE Open*, 13(3), 21582440231181388.