

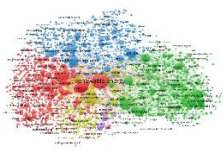

**PEMETAAN STRUKTUR PENGETAHUAN DAN TREN PENELITIAN
ENERGI AIR DALAM TRANSISI ENERGI BERKELANJUTAN:
ANALISIS BIBLIOMETRIK**

**(Mapping the Knowledge Structure and Research Trends in Hydropower
within the Context of the Sustainable Energy Transition: A Bibliometric
Analysis)**

Hernita Zaida Nisrina¹, Rizky Setiawan Ramadhan², Ryan Adriansyah³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar Medan

Corresponding Author: hernitazaidanisrina@email.com

Article Info	ABSTRACT
<p>Page : 52 – 62</p> <p>Submission Date: 17 / April / 2026</p> <p>Accepted Date: 21 / Mei / 2026</p> <p>Published Date: 1 / Juni / 2026</p>	<p><i>This study aims to map the knowledge structure and research trends of water energy within the context of sustainable energy transition using a bibliometric analysis approach. The data were collected from the Scopus database, consisting of 2000 documents published between 2021 and 2026. The analysis was conducted using VOSviewer and RStudio (bibliometrix) to identify publication trends, scientific collaboration patterns, keyword structures, and thematic evolution. The results indicate a significant increase in water energy research, with dominant themes including renewable energy, hydrogen production, and sustainability. Network analysis reveals strong interconnections among topics, reflecting the multidisciplinary nature of the field. In addition, scientific collaboration is still dominated by developed countries, while research themes are shifting toward integration with technologies such as energy storage and electrolysis. This study contributes to understanding research development directions and supports future research strategies and sustainable energy policies.</i></p>
<p>Keywords: water energy, sustainable energy transition, bibliometric analysis, knowledge structure, research trends</p>	
EMAIL	ABSTRAK
<p>hernitazaidanisrina@email.com setiawanrizky0510@email.com ryanadriansyah000@email.com</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk memetakan struktur pengetahuan dan tren penelitian energi air dalam konteks <i>sustainable energy transition</i> menggunakan pendekatan <i>bibliometric analysis</i>. Data diperoleh dari database Scopus sebanyak 2000 dokumen periode 2021–2026. Analisis dilakukan menggunakan VOSviewer dan RStudio (<i>bibliometrix</i>) untuk mengidentifikasi tren publikasi, pola kolaborasi ilmiah, struktur kata kunci, serta perkembangan tematik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa publikasi energi air mengalami peningkatan signifikan, dengan dominasi tema <i>renewable energy</i>, <i>hydrogen production</i>, dan <i>sustainability</i>. Analisis jaringan mengungkap adanya keterkaitan kuat antar topik yang mencerminkan sifat multidisipliner bidang ini. Selain itu, kolaborasi ilmiah masih didominasi oleh negara maju, sementara tema penelitian berkembang menuju integrasi dengan teknologi seperti <i>energy storage</i> dan <i>electrolysis</i>. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam memahami arah perkembangan energi air serta mendukung perumusan strategi penelitian dan kebijakan energi berkelanjutan.</p>
<p>Kata kunci: energi air, transisi energi berkelanjutan, analisis bibliometrik, struktur pengetahuan, tren penelitian</p> <p>Main Figure</p>  	

PENDAHULUAN

Krisis energi global yang ditandai oleh peningkatan permintaan listrik, ketergantungan terhadap energi fosil, serta tekanan kuat untuk menurunkan emisi karbon telah mendorong percepatan *sustainable energy transition* di berbagai negara [1], [2]. Dalam konteks ini, agenda global seperti *Sustainable Development Goals* (SDGs) dan target *net-zero emission* menuntut transformasi sistem energi menuju sumber energi terbarukan yang bersih, andal, dan berkelanjutan [3], [4]. Energi air (*hydropower*) dipandang sebagai salah satu pilar utama dalam transisi ini karena merupakan teknologi matang (*mature technology*) yang mampu menyediakan energi dalam skala besar dengan tingkat keandalan tinggi. Selain itu, integrasi energi air dalam sistem energi modern menjadi semakin penting dalam mendukung stabilitas dan fleksibilitas sistem kelistrikan berbasis energi terbarukan [5], [6], [7].

Dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lain seperti energi surya dan angin yang bersifat intermiten, energi air memiliki keunggulan berupa *capacity factor* yang relatif stabil dan kemampuan menyediakan daya secara kontinu [8], [9]. Peran strategis energi air semakin diperkuat dengan adanya teknologi *pumped storage hydropower* yang berfungsi sebagai sistem penyimpanan energi skala besar untuk mendukung *grid stability* dan *load balancing* [10]. Selain itu, pengembangan teknologi *micro-hydro* dan *pico-hydro* membuka peluang pemanfaatan energi air dalam skala kecil untuk meningkatkan akses energi di wilayah terpencil. Dalam kerangka *water-energy nexus*, energi air juga memainkan peran penting dalam mengintegrasikan pengelolaan sumber daya air dengan produksi energi secara berkelanjutan [11].

Namun demikian, penelitian mengenai energi air berkembang secara kompleks dan multidisipliner, mencakup berbagai bidang seperti *hydropower engineering*, *sustainability assessment*, kebijakan energi, hingga integrasi dalam *hybrid renewable systems* [12]. Keragaman domain ini menyebabkan literatur menjadi terfragmentasi dan tersebar, sehingga menyulitkan identifikasi *knowledge structure*, tren penelitian, serta arah perkembangan ilmu secara komprehensif [13]. Selain itu, pendekatan penelitian yang dominan masih berfokus pada aspek teknis, model optimasi, dan analisis kebijakan, sehingga belum mampu memberikan gambaran makro mengenai evolusi penelitian energi air dalam konteks transisi energi global [12].

Oleh karena itu, pendekatan *bibliometric mapping* menjadi penting untuk memetakan struktur pengetahuan, mengidentifikasi tren penelitian global, menganalisis kolaborasi ilmiah (*co-authorship*), serta mengevaluasi pengaruh publikasi melalui analisis sitasi [14]. Penelitian ini menggunakan dataset Scopus sebanyak 2000 dokumen periode 2021–2026 dan dianalisis menggunakan VOSviewer serta RStudio (*bibliometrix/biblioshiny*) untuk menghasilkan pemetaan yang komprehensif. Secara spesifik [15], [16], penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren publikasi, mengidentifikasi struktur pengetahuan berbasis *co-occurrence keywords*, memetakan kolaborasi ilmiah, mengevaluasi dampak publikasi, serta mengidentifikasi perkembangan tematik dan *future research directions*. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat mengisi kesenjangan literatur serta memberikan kontribusi teoretis, metodologis, dan praktis dalam pengembangan studi energi air dalam kerangka *sustainable energy transition* [17], [18].

METODE

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis *bibliometric analysis* untuk memetakan *knowledge structure* dan tren penelitian energi air dalam konteks *sustainable energy transition* [19], [20]. Data diperoleh dari database Scopus dengan menggunakan kata kunci seperti “hydropower”, “water-energy nexus”, dan “sustainable energy transition” pada periode 2021–2026. Setelah melalui proses seleksi dan *data cleaning*, diperoleh sebanyak 2000 dokumen yang dianalisis untuk memastikan kualitas dan konsistensi data [21].

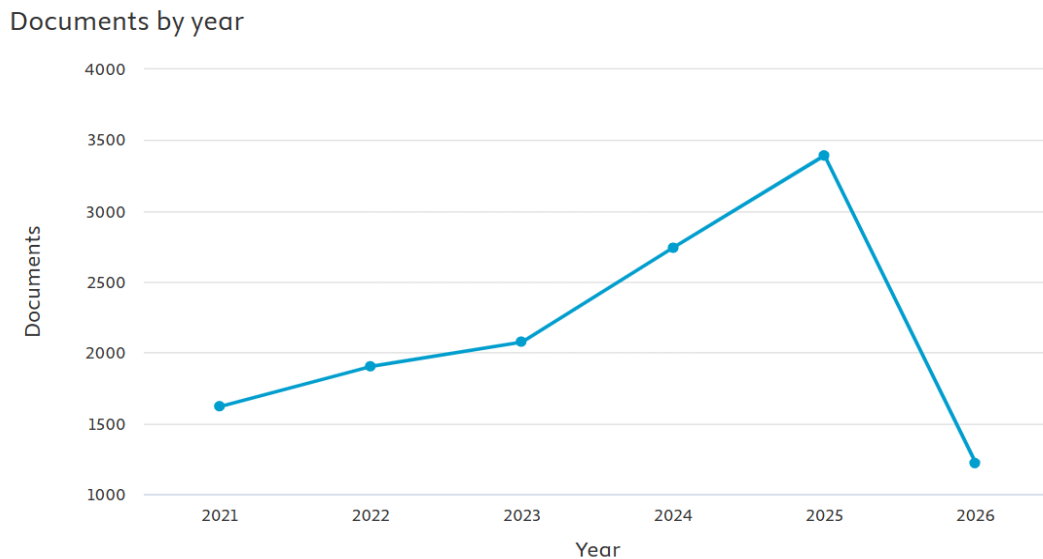
Analisis dilakukan menggunakan VOSviewer dan RStudio (*bibliometrix*) untuk mengidentifikasi pola *co-occurrence keywords*, *co-authorship*, tren publikasi, serta analisis sitasi [22]. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, pra-pemrosesan, analisis bibliometrik,

dan interpretasi hasil. Pendekatan ini memungkinkan pemetaan tren global, struktur pengetahuan, serta kolaborasi ilmiah dalam penelitian energi air secara sistematis dan komprehensif[23].

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tren Perkembangan Jumlah Publikasi Penelitian Energi Air dalam Konteks Transisi Energi Berkelanjutan Periode 2021–2026 Berdasarkan Data Scopus

Grafik menunjukkan tren pertumbuhan publikasi yang meningkat secara konsisten dari tahun 2021 hingga mencapai puncaknya pada tahun 2025.

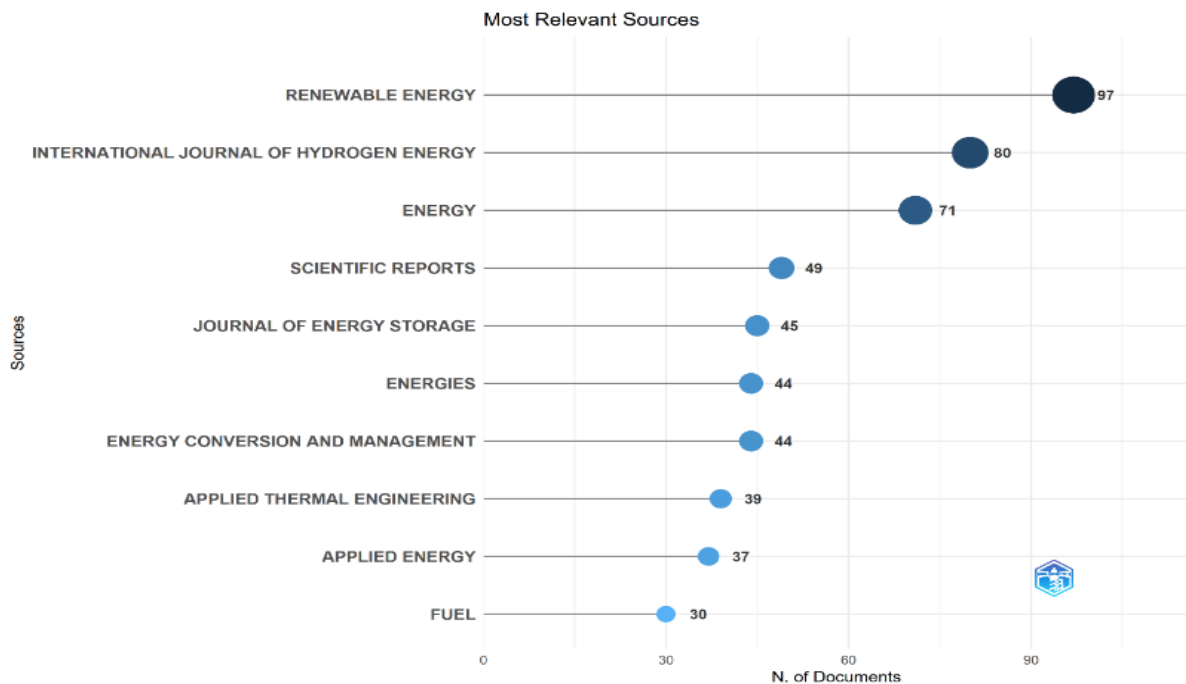


Gambar 1. Tren publikasi penelitian energi air (2021–2026).

Peningkatan ini mencerminkan semakin besarnya perhatian komunitas ilmiah terhadap isu *sustainable energy transition*, khususnya dalam pengembangan energi terbarukan termasuk energi air. Lonjakan signifikan pada periode 2023–2025 mengindikasikan percepatan aktivitas penelitian yang kemungkinan dipengaruhi oleh komitmen global terhadap target *net-zero emission*, peningkatan investasi riset energi bersih, serta dorongan kebijakan internasional. Sementara itu, penurunan pada tahun 2026 tidak dapat diinterpretasikan sebagai penurunan aktual, melainkan lebih disebabkan oleh keterbatasan data (*data indexing*) karena tahun tersebut belum sepenuhnya terdata dalam database Scopus. Dengan demikian, tren keseluruhan menunjukkan bahwa bidang ini berada dalam fase pertumbuhan yang kuat (*growing research field*)[17].

2. Distribusi Sumber Publikasi Ilmiah Paling Relevan dalam Penelitian Energi Air Berdasarkan Jumlah Dokumen pada Database Scopus

Hasil analisis menunjukkan bahwa jurnal *Renewable Energy* mendominasi sebagai sumber publikasi utama, diikuti oleh *International Journal of Hydrogen Energy* dan *Energy*.

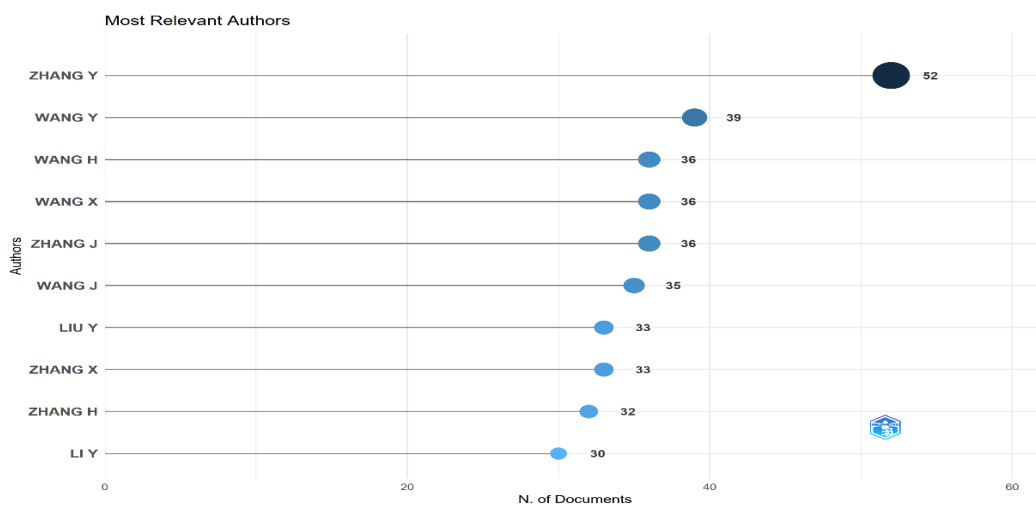


Gambar 2. Sumber publikasi utama penelitian energi air

Dominasi jurnal-jurnal ini mengindikasikan bahwa penelitian energi air memiliki keterkaitan erat dengan isu energi terbarukan secara umum serta pengembangan teknologi masa depan seperti hidrogen. Kehadiran jurnal seperti *Journal of Energy Storage* dan *Energy Conversion and Management* juga menunjukkan bahwa penelitian tidak hanya berfokus pada produksi energi, tetapi juga pada aspek penyimpanan energi dan efisiensi sistem. Selain itu, variasi sumber publikasi mencerminkan sifat multidisipliner dari penelitian energi air yang mencakup aspek teknik, lingkungan, ekonomi, dan kebijakan. Hal ini memperkuat bahwa energi air merupakan bagian integral dalam sistem energi modern yang kompleks[24].

3. Penulis Paling Produktif dalam Penelitian Energi Air Berdasarkan Jumlah Publikasi pada Periode 2021–2026

Selanjutnya, analisis difokuskan pada aktor utama dalam penelitian untuk mengidentifikasi penulis yang paling produktif dan berpengaruh.

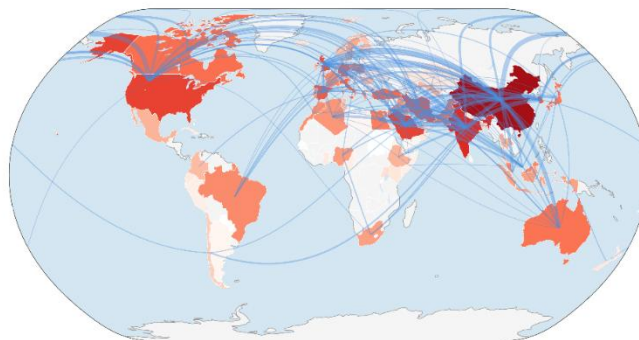


Gambar 3. Penulis paling produktif dalam penelitian energi air

Gambar menunjukkan bahwa penulis seperti ZHANG Y memiliki jumlah publikasi tertinggi, diikuti oleh WANG Y, WANG H, dan beberapa penulis lainnya. Tingginya produktivitas penulis-penulis ini menunjukkan adanya kelompok riset yang sangat aktif dan berkontribusi signifikan dalam pengembangan bidang energi, khususnya energi terbarukan dan hidrogen. Pola ini juga mengindikasikan konsentrasi penelitian di negara tertentu, terutama China, yang dikenal memiliki investasi besar dalam riset energi dan teknologi berkelanjutan. Selain itu, distribusi jumlah publikasi yang relatif berdekatan antar penulis menunjukkan adanya kompetisi ilmiah yang sehat serta kolaborasi yang intens dalam komunitas penelitian. Hal ini menegaskan bahwa kemajuan ilmu dalam bidang ini sangat dipengaruhi oleh jejaring peneliti yang kuat[25].

4. Peta Kolaborasi Ilmiah Global Antar Negara dalam Penelitian Energi Air Berdasarkan Analisis Co-authorship

Peta kolaborasi menunjukkan jaringan kerja sama internasional yang luas dengan pusat utama berada di negara-negara seperti China, Amerika Serikat, dan negara-negara Eropa.

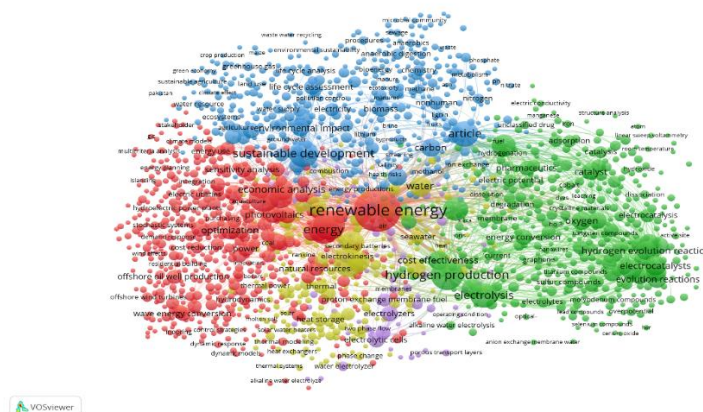


Gambar 4. Peta kolaborasi global penelitian energi air

China tampak sebagai hub utama dengan intensitas kolaborasi yang sangat tinggi, diikuti oleh negara maju lainnya. Garis koneksi yang padat menunjukkan adanya pertukaran pengetahuan dan kolaborasi lintas negara yang intensif. Selain itu, keterlibatan negara berkembang menunjukkan bahwa isu energi air dan transisi energi bersifat global dan inklusif.

5. Visualisasi Jaringan Co-occurrence Kata Kunci untuk Mengidentifikasi Struktur Pengetahuan (Knowledge Structure) dalam Penelitian Energi Air

Untuk mengidentifikasi struktur pengetahuan dan keterkaitan antar topik penelitian, dilakukan analisis jaringan kata kunci (*co-occurrence*).



Gambar 5. Jaringan co-occurrence kata kunci energi air

Visualisasi jaringan memperlihatkan bahwa “renewable energy” menjadi pusat utama (*core node*) yang menghubungkan berbagai topik penelitian lainnya. Teridentifikasi beberapa klaster besar, di antaranya: (1) klaster energi dan optimasi sistem, (2) klaster hidrogen dan *electrolysis*, (3) klaster lingkungan dan *sustainability*, serta (4) klaster teknologi material dan elektrokatalisis. Keterhubungan yang kuat antar klaster menunjukkan bahwa penelitian energi air berkembang secara multidisipliner dan terintegrasi dengan bidang lain seperti kimia, lingkungan, dan ekonomi energi. Munculnya kata kunci seperti “hydrogen production” dan “electrolysis” menandakan adanya pergeseran fokus menuju integrasi energi air dengan teknologi hidrogen sebagai bagian dari solusi energi masa depan. Kepadatan jaringan juga menunjukkan tingginya intensitas penelitian dan kematangan bidang ini [22], [26].

Berdasarkan hasil visualisasi jaringan kata kunci, diperlukan penyajian yang lebih terstruktur untuk mengidentifikasi tema utama penelitian. Oleh karena itu, pengelompokan klaster hasil analisis *co-occurrence* dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Klaster kata kunci berdasarkan analisis *co-occurrence* penelitian energi air

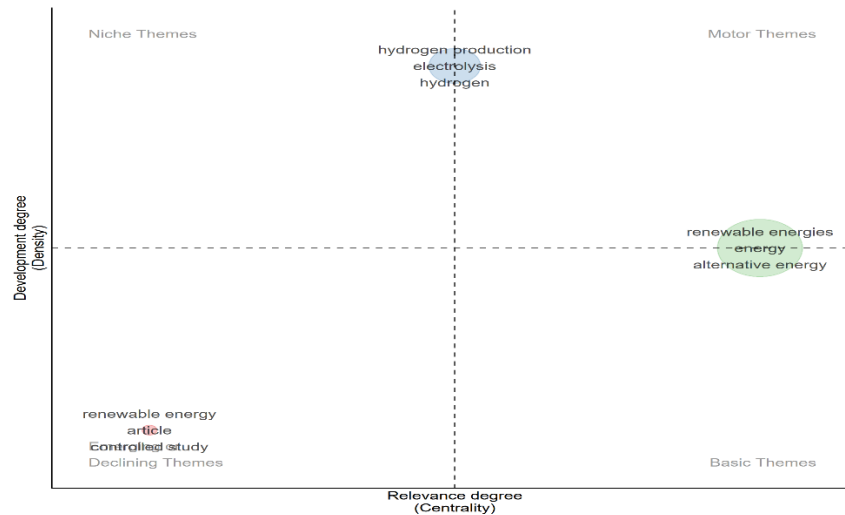
No	Klaster	Kata Kunci Utama	Fokus Penelitian	Interpretasi Ilmiah
1	Energi Terbarukan & Sistem Energi	renewable energy, energy, efficiency, optimization	Sistem energi berkelanjutan dan optimasi energi	Klaster ini merupakan inti penelitian yang menekankan integrasi energi air dalam sistem energi berkelanjutan dan efisiensi sistem energi global
2	Hidrogen & Teknologi Elektrokimia	hydrogen production, electrolysis, fuel cell, green hydrogen	Produksi hidrogen berbasis energi terbarukan	Menunjukkan pergeseran penelitian menuju pemanfaatan energi air sebagai pendukung produksi hidrogen hijau
3	Lingkungan & Keberlanjutan	sustainability, carbon emission, environmental impact, climate change	Dampak lingkungan dan dekarbonisasi	Menggambarkan fokus pada pengurangan emisi karbon dan kontribusi energi air terhadap tujuan keberlanjutan
4	Water-Energy Nexus	water-energy nexus, water management, resource management	Integrasi air dan energi	Menunjukkan hubungan erat antara pengelolaan sumber daya air dan produksi energi dalam sistem berkelanjutan
5	Teknologi & Material Energi	catalysis, nanomaterials, energy storage, batteries	Inovasi teknologi dan material energi	Klaster ini mencerminkan pengembangan teknologi pendukung untuk meningkatkan efisiensi dan performa sistem energi

Tabel ini menyajikan hasil analisis *co-occurrence keywords* yang mengelompokkan topik penelitian energi air ke dalam beberapa klaster utama berdasarkan keterkaitan antar kata kunci. Setiap klaster merepresentasikan fokus penelitian tertentu, mulai dari sistem energi terbarukan, teknologi hidrogen, aspek keberlanjutan, *water-energy nexus*, hingga inovasi teknologi dan material energi.

Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa penelitian energi air berkembang secara multidisipliner dan terintegrasi dengan isu global seperti dekarbonisasi, pengembangan hidrogen hijau, serta efisiensi sistem energi. Dominasi klaster energi terbarukan dan hidrogen mengindikasikan arah penelitian yang semakin berfokus pada integrasi energi air dalam sistem energi masa depan yang berkelanjutan [27], [28].

6. Peta Tematik (Thematic Map) yang Menggambarkan Klasifikasi dan Perkembangan Tema Penelitian Energi Air Berdasarkan Centrality dan Density

Analisis lanjutan dilakukan untuk memahami posisi dan perkembangan tema penelitian menggunakan peta tematik (*thematic mapping*).



Gambar 6. Peta tematik penelitian energi air

Peta tematik membagi topik penelitian ke dalam empat kategori utama berdasarkan *centrality* dan *density*. Tema seperti “renewable energies” dan “energy” berada pada kuadran *motor themes*, yang menunjukkan bahwa topik tersebut memiliki tingkat relevansi dan perkembangan tinggi serta menjadi penggerak utama penelitian. Tema “hydrogen production” dan “electrolysis” berada pada area yang menunjukkan perkembangan pesat dan berpotensi menjadi tema kunci di masa depan. Sementara itu, beberapa tema pada kuadran *basic themes* berperan sebagai fondasi penelitian, sedangkan tema pada kuadran *emerging/declining* menunjukkan area yang masih berkembang atau mulai ditinggalkan. Temuan ini mengindikasikan adanya transformasi fokus penelitian dari energi konvensional menuju integrasi teknologi energi baru seperti hidrogen dan sistem penyimpanan energi.

Tabel 2. Sintesis temuan dan arah penelitian energi air dalam transisi energi berkelanjutan

No	Aspek Utama	Temuan Kunci	Makna (Insight)	Ilmiah	Arah Lanjutan	Riset
1	Tren Publikasi	Meningkat signifikan (2021–2025)	Bidang pesat	berkembang	Prediksi	dinamika riset
2	Sumber Ilmiah	Didominasi energi bereputasi	Bersifat multidisipliner		Integrasi lintas disiplin	
3	Produktivitas Penulis	Terkonsentrasi pada peneliti tertentu	Pusat keunggulan riset		Kolaborasi global	
4	Kolaborasi Global	Didominasi negara maju	Ketimpangan pengetahuan		Inklusi negara berkembang	
5	Struktur Pengetahuan	Klaster: renewable, hydrogen, sustainability	Bidang terintegrasi	kompleks &	Integrasi antar domain	
6	Tema Dominan	Renewable energy & hydrogen	Pergeseran ke masa depan	ke energi	Sistem hydropower–hydrogen	
7	Teknologi	Storage & electrolysis berkembang	Fleksibilitas energi	sistem	Inovasi teknologi	
8	Keberlanjutan	Fokus emisi & lingkungan	Dukungan dekarbonisasi		Kebijakan energi hijau	

Sebagai bagian akhir dari analisis hasil dan pembahasan, diperlukan sintesis komprehensif untuk merangkum temuan utama sekaligus mengidentifikasi implikasi ilmiah dan arah penelitian selanjutnya. Oleh karena itu, hasil analisis bibliometrik dirangkum secara sistematis dalam Tabel 2.

Tabel 2. menyajikan sintesis strategis dari hasil analisis bibliometrik yang mencakup aspek tren publikasi, sumber ilmiah, produktivitas penulis, kolaborasi global, struktur pengetahuan, hingga perkembangan tema dan teknologi. Secara umum, hasil menunjukkan bahwa penelitian energi air mengalami pertumbuhan signifikan dan berkembang secara multidisipliner dengan fokus utama pada *renewable energy* dan teknologi hidrogen.

Selain itu, dominasi negara maju dalam kolaborasi ilmiah mengindikasikan adanya ketimpangan dalam distribusi pengetahuan global, sementara kemunculan topik seperti *energy storage* dan *electrolysis* menandakan arah inovasi menuju sistem energi yang lebih fleksibel dan berkelanjutan. Dengan demikian, tabel ini tidak hanya merangkum temuan utama, tetapi juga menegaskan bahwa energi air memiliki peran strategis dalam mendukung *sustainable energy transition* serta membuka peluang penelitian lanjutan yang lebih terintegrasi di masa depan[29], [30].

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan struktur pengetahuan dan tren penelitian energi air dalam kerangka *sustainable energy transition* melalui pendekatan *bibliometric analysis* terhadap 2000 dokumen Scopus periode 2021–2026. Hasil analisis menunjukkan bahwa publikasi penelitian mengalami peningkatan yang signifikan, yang menandakan semakin tingginya perhatian global terhadap peran energi air dalam mendukung dekarbonisasi dan sistem energi berkelanjutan. Struktur pengetahuan yang terbentuk didominasi oleh tema *renewable energy*, *hydrogen production*, dan *sustainability*, yang mengindikasikan adanya integrasi yang kuat antara energi air dengan teknologi energi masa depan.

Selain itu, pola kolaborasi ilmiah menunjukkan dominasi negara maju, sementara perkembangan tematik mengarah pada integrasi dengan teknologi seperti *energy storage* dan *electrolysis*. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa energi air memiliki peran strategis tidak hanya sebagai sumber energi, tetapi juga sebagai bagian penting dalam sistem energi terintegrasi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu difokuskan pada penguatan kolaborasi global, integrasi teknologi, serta pengembangan kebijakan yang mendukung transisi energi berkelanjutan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Universitas Al-Azhar Medan yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini.
2. Scopus Data Base yang telah menyediakan sampel dan data pendukung untuk penelitian ini.
3. Laboratorium Universitas Al-Azhar Medan yang telah memfasilitasi pengujian sampel dengan standar akurasi tinggi.

Semua pihak yang telah berkontribusi dan memberikan dukungan hingga terselesaikannya penelitian dan penulisan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Hailelule Yemane, L. Deso Abo, M. Jayakumar, S. Manivannan, and G. Baskar, "Hybrid waste-derived heterogeneous catalyst from waste banana peel and animal bone for efficient biodiesel synthesis from *Jatropha curcas* seed oil," *Biomass and Bioenergy*, vol. 208, 2026, doi: 10.1016/j.biombioe.2025.108800.
- [2] Z. Yang *et al.*, "Nano/Micro Metal–Organic Framework-Derived Ceramics for Sustainable Energy Saving/Capturing," *Adv. Mater.*, vol. 38, no. 2, 2026, doi: 10.1002/adma.202512289.

- [3] M. Malatji, T. P. Mashifana, S. J. Baloyi, K. L. Muedi, and V. Masindi, "An update on the use of forward osmosis desalination technology for water treatment: Current trends and future research outlooks," *Desalin. Water Treat.*, vol. 326, 2026, doi: 10.1016/j.dwt.2026.101744.
- [4] Z. H. Siregar, S. L. Siregar, and A. Effendi, "From the experimental results of briquettes using a portable," *J. Vor.*, vol. 02, no. 02, p. 115, 2021.
- [5] A. Aytac, "Environmental and socio-economic impact comparison of solar and hydroelectric systems," *Sci. Rep.*, vol. 16, no. 1, 2026, doi: 10.1038/s41598-025-10377-4.
- [6] Z. H. Siregar *et al.*, "Optimalisasi sistem plumbing hemat air di Rusun Brimob Sampali Medan: edukasi teknologi dan manajemen limbah cair," *J. Derma Pengabd. Dosen Perguru. Tinggi (Jurnal DEPUTI)*, vol. 5, no. 1, pp. 329–340, 2025, doi: 10.54123/deputi.v5i1.399.
- [7] Z. H. Siregar *et al.*, "Pengembangan aliran sungai sebagai potensi Pembangkit Listrik Mikro Hidro serta edukasi dan akulturasi di Desa Meranti Tengah Dusun Batu Rangin Kecamatan Pintu Pohan Meranti Kabupaten Tobasa," *J. Derma Pengabd. Dosen Perguru. Tinggi (Jurnal DEPUTI)*, vol. 4, no. 1, pp. 264–269, 2024, doi: 10.54123/deputi.v4i1.325.
- [8] S. M. G. Rocha *et al.*, "The impact of small-scale variations in floating photovoltaics surface coverage and 'light island' designs on gravel pit thermal structure," *J. Environ. Manage.*, vol. 404, 2026, doi: 10.1016/j.jenvman.2026.129415.
- [9] Z. H. Siregar, M. Hasanah, and M. D. Agusdiandy, "Pengaruh Variasi Temperatur Sumber Panas Terhadap Temperatur Udara Dalam Heater Mesin Stirling Effect of Variation in Heat Source Temperature on Air Temperature in Stirling Engine Heater," *IRA J. Tek. Mesin dan Apl.*, vol. 1, no. 1, pp. 11–16, 2022.
- [10] A. Kolioukou, A. Zisos, and A. Efstratiadis, "Effective Planning and Management of Hybrid Renewable Energy Systems Through Graph Theory," *Energies*, vol. 19, no. 5, 2026, doi: 10.3390/en19051381.
- [11] V. Uniyal, V. P. Singh, S. Singh, and A. Karn, "Performance characterisation of an archimedes screw turbine using experimental data and machine learning regression techniques," *Eng. Res. Express*, vol. 8, no. 3, 2026, doi: 10.1088/2631-8695/ae3f82.
- [12] B. Lin and J. Li, "Sustainable hydropower development under the Belt and Road Initiative: Role of international cooperation and its carbon reduction effects," *J. Environ. Manage.*, vol. 403, 2026, doi: 10.1016/j.jenvman.2026.129084.
- [13] B. Zhou *et al.*, "Wave energy converters: a comprehensive review of research progress, key challenges, and future trends," *Appl. Energy*, vol. 413, 2026, doi: 10.1016/j.apenergy.2026.127722.
- [14] A. Tiktas and A. Hepbasli, "Africa's green hydrogen trajectory: A multidimensional review of technology, economics, infrastructure, and social justice," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 225, 2026, doi: 10.1016/j.ijhydene.2026.154321.
- [15] S. Suryanto *et al.*, "Composite Buckling Performances for Energy Structures and Infrastructures: A Milestone Analysis Based on Finite Element Research (2000–

- 2025),” *ES Mater. Manuf.*, vol. 31, 2026, doi: 10.30919/mm1992.
- [16] D. Jiménez-Islas, M. E. Perez-Romero, J. A. García, and I. Ventura-Cruz, “Trend in publications related to biomethane using a bibliometric approach,” *Int. J. Des. Nat. Ecodynamics*, vol. 18, no. 3, pp. 565–572, 2023, doi: 10.18280/ijdne.180308.
- [17] T. Mesin *et al.*, “deputi,+1.+GREEN+TEKNOLOGI+hal.%5B1-5%5D,” vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2021.
- [18] S. B. Yang, J.-H. Kim, S. Y. Nam, and D.-J. Kwon, “Triboelectric properties of recycled poly(ethylene terephthalate) nanofibrous web from waste clothes,” *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 717, 2025, doi: 10.1016/j.colsurfa.2025.136803.
- [19] G. Shyamala, G. Ravindran, G. U. Alaneme, R. T, and S. Dhanapalan, “Harnessing the future of renewable energy: Integrated insights of ocean energy,” *Energy Nexus*, vol. 21, 2026, doi: 10.1016/j.nexus.2025.100622.
- [20] D. P. Pandara *et al.*, “Advancing solar steam generation for seawater desalination: Global research trends, photothermal materials, structural innovations, and future directions,” *Desalination*, vol. 618, 2026, doi: 10.1016/j.desal.2025.119496.
- [21] W. M. Rezk, A. A. Bedaiwy, B. S. Alrumaih, and M. M. Helali, “Green Economy and Institutional Sustainability in Saudi Higher Education: Empirical Evidence Under Vision 2030,” *Sustain.*, vol. 18, no. 6, 2026, doi: 10.3390/su18063078.
- [22] J. Wu, W. Jiang, and T. Yang, “A bibliometric analysis of oscillating-water-column wave energy converters: emerging trends and research frontiers,” *Energy*, vol. 340, 2025, doi: 10.1016/j.energy.2025.139365.
- [23] A. Qadeer and E. Bouri, “Analysis of intellectual and thematic progress of the Journal of Environmental Management – Section V: Environmental Policy, Economics, and Social Science,” *J. Environ. Manage.*, vol. 397, 2026, doi: 10.1016/j.jenvman.2025.128022.
- [24] M. Saniya, S. Raza, and T. Ahmad, “Demystifying hydrogen evolution: the role of advanced functional materials in powering breakthroughs,” *Chem. Commun.*, vol. 62, no. 17, pp. 4914–4946, 2026, doi: 10.1039/d5cc06180f.
- [25] L. K. S. Bonagiri *et al.*, “Probing the molecular structure at graphite–water interfaces by correlating 3D-AFM and SHINERS,” *Nat. Commun.*, vol. 17, no. 1, 2026, doi: 10.1038/s41467-026-68667-y.
- [26] H. Swarnkar, R. Jain, and A. Tiwari, “Multi-objective genetic algorithm in optimization of performance analysis of IoT based temperature monitoring box type solar cooker with ANN modeling,” *Int. J. Interact. Des. Manuf.*, 2026, doi: 10.1007/s12008-026-02544-2.
- [27] S. Sharma, K. Singh, M. Singh, F. M. Hamzah, S. Raghuvanshi, and P. Gupta, “Sustainable Innovations in Wastewater Treatment: Bridging Artificial Intelligence and Green Technologies,” *Macromol. Symp.*, vol. 415, no. 1, 2026, doi: 10.1002/masy.70152.
- [28] S. Bathini, P. V Naga Prapurna, and P. R. Redapangu, “Life cycle assessment of polypropylene waste recycling through chemical depolymerization,” *Chem. Prod.*

Process Model., 2026, doi: 10.1515/cppm-2025-0055.

- [29] A. Kálmán, M. Chappon, and K. Bene, “Combining interbasin water replenishment and solar capacities for sustainable energy and water management in the catchment of Lake Velence,” *Adv. Geosci.*, vol. 67, pp. 129–136, 2026, doi: 10.5194/adgeo-67-129-2026.
- [30] M. Han *et al.*, “Multi-dimensional environmental assessments of China’s typical photovoltaic- and wind-driven seawater desalination in coastal areas,” *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 227, 2026, doi: 10.1016/j.techfore.2026.124647.