

Visualisasi dan Analisis Bibliometrik Terhadap Tren Penelitian Menara Pendingin

Angga Tegar Setiawan^{1,*}, Eriek Aristya Pradana Putra², Jumaddil Hair³

¹Teknik Perawatan Mesin, Politeknik Industri Logam Morowali, Jl. Trans Sulawesi Kecamatan Bahodopi Kabupaten Morowali.

²Teknik Perawatan Mesin, Politeknik Industri Logam Morowali, Jl. Trans Sulawesi Kecamatan Bahodopi Kabupaten Morowali.

³Teknologi Rekayasa Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Jl. Soekarno Hatta Km 9. Kota Palu

*angga@pilm.ac.id

Diterima: 04 06 2024

Direvisi: 11 07 2024

Disetujui: 29 07 2024

ABSTRAK

Salah satu cara paling praktis dan ekonomis untuk menghilangkan sejumlah besar panas yang dihasilkan oleh berbagai jenis peralatan adalah dengan menggunakan menara pendingin tertutup, karena menara pendingin menawarkan keuntungan penting berupa kontak langsung antar cairan. Untuk mendukung pengembangan penelitian baru yang memberikan kontribusi penting terhadap topik tersebut, perlu dilakukan analisis tren penelitian. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis *bibliometrik* publikasi yang terindeks dalam database Scopus selama sepuluh dekade terakhir (1922-2023). Dalam studi ini, total 178 publikasi menara pendingin dievaluasi untuk menilai tren produksi publikasi, negara, bahasa utama, institusi, penulis, jurnal besar, dan kata kunci. Hasil penelitian menunjukkan tren jumlah artikel yang fluktuatif selama periode tersebut dengan fokus utama pada *cooling tower*. Negara-negara seperti China dan Amerika Serikat menunjukkan produktifitas yang tinggi dalam penelitian ini. Penulis seperti guan dan gurgenci memiliki kontribusi yang signifikan dalam penelitian *cooling tower*. Kata kunci yang umum digunakan meliputi *cooling tower* dan *design cooling tower*. Implikasi dari temuan ini dapat membantu peneliti, akademisi, penerbit, dan pemangku kepentingan lainnya dalam memahami dan mengoptimalkan kontribusi mereka dalam bidang studi *cooling tower*. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi berharga dalam memperkaya pemahaman tentang perkembangan penelitian dalam domain *cooling tower*.

Kata kunci: *Cooling tower*, Bibliometric Analysis, VosViewer.

ABSTRACT

One of the most practical and economical ways to dissipate large amounts of heat generated by different types of equipment is to use enclosed cooling towers, as cooling towers offer the important advantage of direct contact between liquids. To support the development of new research that makes an important contribution to the topic, it is necessary to analyze research trends. The approach used in this study is a bibliometric analysis of publications indexed in the Scopus database over the last ten decades (1922-2023). In this study, a total of 178 cooling tower publications were evaluated to assess publication production trends, countries, primary languages, institutions, authors, major journals, and keywords. The results showed a fluctuating trend in the number of articles during the period with the main focus on cooling towers. Countries such as China and the United States showed high productivity in this study. Authors such as guan and gurgenci have significant contributions in cooling tower research. Commonly used keywords include cooling tower and cooling tower design. The implications of these findings can help researchers, academics, publishers, and other stakeholders in understanding and optimizing their contributions in the field of study of cooling towers. Thus, this research makes a valuable contribution in enriching the understanding of research developments in the cooling tower domain

Keywords: *Cooling tower*, Bibliometric Analysis, VosViewer.

PENDAHULUAN

Cooling tower merupakan perangkat pelepas panas yang digunakan dalam industri-industri yang menghasilkan panas. Terdapat dua bentuk *cooling tower* yaitu *rectangular* dan *circular cooling tower*. *Cooling tower* merupakan perangkat penolak panas yang digunakan untuk menolak panas sisa ke atmosfer melalui pendinginan aliran air menjadi suhu yang lebih rendah [7]. Pentingnya *cooling tower* dalam berbagai industri untuk membuang panas ke lingkungan. *Cooling tower* memiliki dua tipe utama, yaitu *mechanical draft* dan *natural draft*, dengan desain-desain seperti *counter-flow* dan *cross-flow*. *Cooling tower natural draft* digunakan di pembangkit listrik untuk laju aliran air tinggi, sementara *cooling tower mechanical draft* menggunakan kipas untuk sirkulasi udara [9]. Pengembangan desain baru dari tower pendingin basah memiliki potensi untuk meningkatkan kinerja pendinginan dan efisiensi energi secara signifikan dibandingkan dengan desain konvensional [12]. *Cooling tower* biasanya digunakan oleh industri pembangkit listrik untuk menurunkan suhu air (biasanya dalam jumlah banyak) secara efisien dan ekonomis [1]. Model dan optimisasi desain *cooling tower* tipe basah (wet type) dalam menghadapi perubahan iklim dapat berpengaruh terhadap terhadap *efisiensi cooling tower* dan produktivitas pembangkit listrik termal [2]. Dalam industri proses, kapasitas pendinginan merupakan faktor penting yang memungkinkan fasilitas memproduksi produk sesuai spesifikasi. Jaringan air pendingin merupakan bagian penting dari keseluruhan sistem pendingin [15].

Cooling tower yang dirancang untuk memiliki kecepatan udara keluar yang tinggi dapat mengurangi kemungkinan re-sirkulasi udara panas. diberikan pada *induced draft cooling tower* yang memiliki kipas di bagian atas tower untuk meningkatkan sirkulasi udara dan mencegah re-sirkulasi udara panas [7]. desain baru tower pendingin basah (NDWCT) menunjukkan kinerja yang lebih baik, penghematan biaya, dan keberlanjutan lingkungan dibandingkan dengan tower pendingin basah konvensional. Ini disimpulkan dari penggunaan air yang lebih efisien, peningkatan kinerja dengan pemasangan penukar panas, pengurangan penghancuran eksergi, penghematan biaya dengan periode pengembalian investasi yang singkat, dan pengurangan emisi partikulat [8]. Desain yang tepat dapat meningkatkan efisiensi proses pendinginan dan mengoptimalkan kinerja sistem. Oleh karena itu, penelitian tentang desain dan analisis *cooling tower* sangat penting untuk meningkatkan efisiensi operasional dan kinerja industri yang bergantung pada proses pendinginan [9]. Meningkatkan kapasitas transfer panas dari tower pendingin tanpa memerlukan energi tambahan, sehingga menghasilkan peningkatan efektivitas, penolakan panas, dan karakteristik tower yang lebih baik [12]. Beberapa faktor berbeda yang mempengaruhi kinerja menara pendingin pada saat merancang yaitu konstruksi, prinsip kerja, klasifikasi, faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja menara pendingin dan desain menara pendingin aliran balik [1]. Desain dan *optimisasi cooling tower* agar tetap efisien dan dapat menghadapi tantangan lingkungan yang semakin kompleks [2].

Bibliometrik diperlukan dalam penelitian *cooling tower* untuk menganalisis tren penelitian. Dengan menggunakan metode *bibliometrik*, dapat mengidentifikasi dan mengevaluasi produktivitas publikasi internasional, jurnal utama, penulis yang paling produktif, dan kata kunci yang paling umum terkait penelitian *cooling tower*. Melalui analisis *bibliometrik*, informasi yang luas dapat diorganisir, diukur secara kuantitatif, dan dievaluasi dengan bantuan alat komputasi tambahan. Dengan demikian, *bibliometrik* memainkan peran penting dalam memberikan wawasan mendalam tentang perkembangan penelitian terkait menara pendingin, termasuk partisipasi jurnal ilmiah, institusi, negara, dan peneliti yang terlibat dalam topik ini [11]. Analisis *bibliometrik* diperlukan dalam penelitian karena memberikan pendekatan kuantitatif yang objektif untuk mengeksplorasi dan mengevaluasi tren penelitian. Analisis *bibliometrik* membantu dalam memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang perkembangan penelitian, serta memberikan panduan untuk arah penelitian selanjutnya [6]. Analisis *bibliometrik* membantu mengidentifikasi topik hangat, tren, dan kelompok penelitian di bidang pendingin tenaga surya, membantu merencanakan upaya penelitian di masa depan, dan mengidentifikasi negara-negara terkemuka [13]. Analisis *bibliometrik* membantu mengeksplorasi dan menganalisis data ilmiah dalam jumlah besar, menyoroti area-area yang muncul di bidang tertentu [3]. *Bibliometrik* diperlukan karena memberikan manfaat yang beragam dalam dunia penelitian dan akademis. Beberapa alasan mengapa *bibliometrik* diperlukan adalah *bibliometrik* membantu dalam mengidentifikasi tren penelitian, topik yang sedang tren, dan perkembangan dalam suatu bidang penelitian tertentu. Hal ini membantu peneliti untuk memahami arah perkembangan penelitian dan

mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan. *Bibliometrik* digunakan untuk mengevaluasi kinerja peneliti, jurnal, institusi, atau negara dalam hal produktivitas penelitian, dampak publikasi, dan kolaborasi ilmiah. Hal ini membantu dalam pengambilan keputusan terkait pembiayaan penelitian, promosi akademis, dan pengembangan kebijakan. *Bibliometrik* membantu dalam mengukur dampak penelitian dengan menganalisis jumlah kutipan yang diterima oleh suatu publikasi. Hal ini membantu peneliti untuk memahami sejauh mana penelitiannya memberikan kontribusi dalam bidangnya. *Bibliometrik* membantu dalam mengidentifikasi kolaborasi antara peneliti, institusi, atau negara. Hal ini memungkinkan untuk memahami jaringan kolaborasi ilmiah dan potensial untuk kerjasama lebih lanjut. Analisis *bibliometrik* dapat membantu peneliti dalam merencanakan penelitian masa depan dengan mengidentifikasi area penelitian yang belum terjamah atau mendapatkan perhatian yang kurang. Dengan demikian, *bibliometrik* memberikan wawasan yang berharga bagi para peneliti, akademisi, penerbit, dan pemangku kepentingan lainnya dalam dunia penelitian untuk memahami dan mengoptimalkan kontribusi mereka dalam bidang penelitian yang mereka geluti [5].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan penelitian terkait *cooling tower* dari tahun 1922 hingga 2023. Analisis *bibliometrik* berkontribusi dalam membantu peneliti memahami dan meningkatkan desain *cooling tower* [11]. Peran *bibliometrik* dalam menganalisis tren penelitian terkait menara pendingin sangat penting karena memberikan pendekatan kuantitatif yang sistematis untuk memahami perkembangan, produktivitas, dan dampak publikasi [11]. Memungkinkan untuk melacak dan menganalisis tren publikasi terkait menara pendingin dari waktu ke waktu, termasuk peningkatan jumlah publikasi, perubahan fokus penelitian, dan perkembangan topik yang mendapat perhatian. Mengidentifikasi negara-negara dan institusi-institusi yang paling produktif dalam penelitian menara pendingin, memberikan wawasan tentang pusat-pusat keunggulan dan kolaborasi internasional yang signifikan [11]. Analisis bibliometrik terkait penelitian *cooling tower* telah dilakukan dari tahun 2007 hingga 2017. Melalui analisis *bibliometrik*, informasi yang luas dapat diorganisir, diukur secara kuantitatif, dan dievaluasi dengan bantuan alat komputasi tambahan, seperti perangkat lunak HistCiteTM [11]. Melalui visualisasi dan analisis data *bibliometrik* menggunakan VOSviewer, para peneliti dapat mengidentifikasi kesenjangan penelitian, tren yang muncul, dan area potensial untuk penyelidikan masa depan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan visibilitas keluaran penelitian tetapi juga berkontribusi pada pengembangan strategi penelitian dan penyebaran pengetahuan di lapangan [11]. Oleh karena itu penelitian ini akan memberikan kontribusi penting dalam memahami tren penelitian terkait menara pendingin dari tahun 1922 hingga 2023 melalui pendekatan *bibliometrik*. Visualisasi dan analisis data penelitian terkait *cooling tower* menggunakan VOSviewer. Sehingga dapat memahami dan menginterpretasikan tren penelitian terkait menara pendingin, yang dapat memberikan wawasan berharga bagi peneliti, institusi, dan praktisi dalam bidang ini.

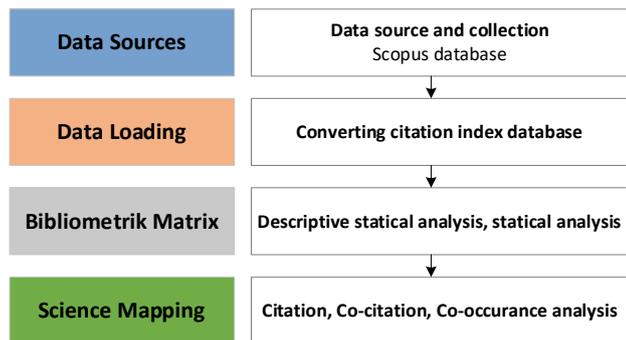
Penelitian ini membahas metodologi secara rinci, khususnya prosedur penelitian dan cara pengumpulan dan analisis data. Pada bagian berikut, hasilnya disajikan dan kesimpulannya dibahas. Berikut ini adalah bagian mengenai implikasi teoretis dan praktis. Bagian terakhir membahas arah dan kesimpulan penelitian di masa depan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian *bibliometrik* digunakan dalam berbagai penelitian untuk menganalisis dan mensintesis literatur yang relevan. Pendekatan *bibliometrik* memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi tren, pola, dan kontribusi penelitian yang ada dalam domain tertentu. Dengan menggunakan metode penelitian *bibliometrik*, peneliti dapat menyajikan gambaran yang komprehensif tentang perkembangan penelitian [14]. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi tren, pola, dan kontribusi peneliti dalam literatur akademis [5]. Dengan menggunakan metode ini, penelitian dapat menyajikan informasi yang komprehensif tentang tren penelitian terkait menara pendingin, produktivitas negara dan institusi, penulis yang paling berkontribusi, serta kata kunci yang paling umum digunakan dalam publikasi terkait topik ini. Metode ini memberikan kerangka kerja yang kuat untuk menganalisis dan memahami evolusi penelitian dalam domain menara pendingin secara *bibliometric* [11]. Sehingga pada penelitian ini akan menggunakan analisis bibliometric untuk mengetahui tren dan perkembangan penelitian terkait *cooling tower* yang terindeks di dalam database Scopus.

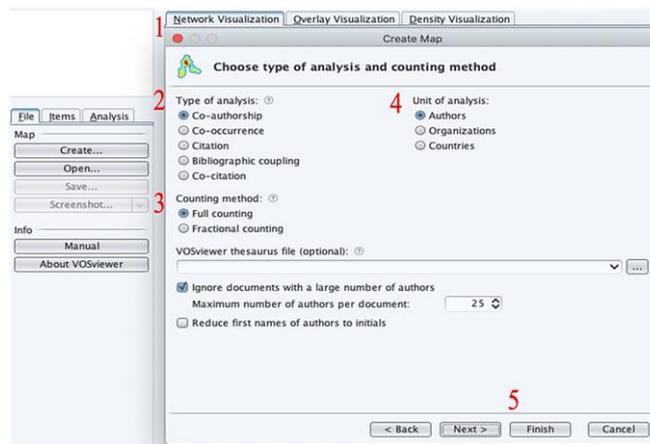
Scopus dipilih sebagai sumber utama pengambilan data karena cakupannya yang komprehensif terhadap dokumen penelitian yang relevan dengan kajian inovasi dan tantangan besar dalam konteks penelitian. Scopus

menyediakan akses ke berbagai publikasi ilmiah yang telah ditinjau oleh para ahli (peer-reviewed) dari berbagai disiplin ilmu. Dengan menggunakan Scopus, peneliti dapat mengakses beragam artikel jurnal, makalah konferensi, bab buku, dan sumber informasi ilmiah lainnya yang relevan dengan topik penelitian mereka. Selain itu, Scopus juga menyediakan berbagai fitur analitik dan *bibliometrik* yang memungkinkan peneliti untuk melakukan analisis yang mendalam terkait tren penelitian, keterkaitan antar artikel, serta dampak dari karya ilmiah yang dipublikasikan. Oleh karena itu, penggunaan data dari Scopus dapat memberikan dasar yang kuat dan komprehensif untuk analisis penelitian yang dilakukan [10]. Penelitian ini menggunakan sumber data dari basis data indeksasi ilmiah online Scopus untuk mengidentifikasi publikasi terkait menara pendingin yang diterbitkan antara tahun 1922 hingga 2023. Pencarian dokumen penelitian terkait *cooling tower* dilakukan dengan menggunakan kata kunci “*cooling tower*” dan “*cooling tower design*” didalam pencarian Scopus. Dari hasil penelusuran dokumen ditemukan sejumlah 178 dokumen penelitian tentang *cooling tower* selama rentan 10 dekade. Kriteria evaluasi yang digunakan untuk publikasi yang diidentifikasi dalam database adalah tahun penerbitan, jurnal utama, negara paling produktif, institusi paling produktif, penulis paling produktif, dan kata kunci penulis. Dalam studi ini, kami menilai berbagai pilihan fungsional sistem dan secara akurat menganalisis pertumbuhan publikasi dan pusat penelitian terkait *cooling tower*. Hasil analisis ini akan berkontribusi pada pengembangan *cooling tower*. Detail tentang langkah-langkah untuk ini penelitian ditunjukk-an pada gambar 1.



Gambar 1. Visualization analysis and science-mapping workflow

VOSviewer digunakan untuk menggabungkan informasi bibliografis dari publikasi, seperti judul, penulis, tanggal publikasi, alamat penulis, referensi, dan lainnya, serta untuk melakukan tugas analisis dan visualisasi bibliometric. Teknik pengelompokan VOSviewer didasarkan pada hubungan antara fungsi klusternya (misalnya, pengandengan bibliografi dan hubungan penulisan bersama) dan kekuatan di antara objek yang diminati (badan literatur ilmiah). Teknik visualisasi ini membangun matriks kesamaan dari matriks kejadian bersama menggunakan ukuran kesamaan dengan kekuatan asosiasi, dan membangun tampilan dua dimensi dimana posisi objek diperhalus dan jarak antara pasangan objek yang berbeda dihitung. akurat berdasarkan kemiripannya. Analisis pemetaan VOSviewer dirancang untuk meminimalkan jumlah tertimbang jarak Euclidean kuadrat di antara semua pasangan elemen melalui peningkatan proses. Hal ini memungkinkan pemeriksaan melalui tiga tampilan (tampilan label, tampilan kepadatan, dan tampilan kepadatan cluster).



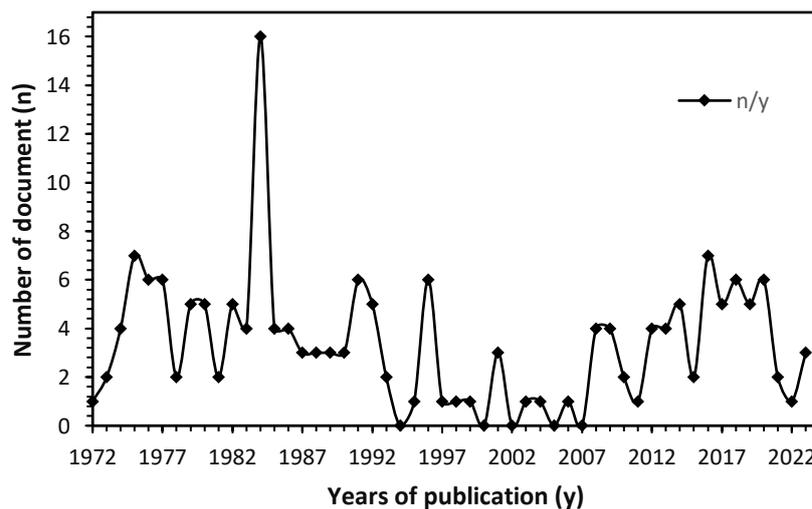
Gambar 2. VOSviewer science-mapping workflow

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini meliputi jumlah publikasi, tren, dan sitasi masing-masing negara. Selanjutnya kinerja penulis dan kata kunci didokumentasikan oleh masing-masing negara juga disajikan. Penilaian kinerja suatu negara dan fitur-fitur lainnya merupakan hal yang penting elemen studi *bibliometrik*, seperti yang didokumentasikan, misalnya, dalam studi *bibliometrik* baru-baru ini oleh [11].

Publication output

Analisis bibliometric yang di ambil dari tahun 1922 hingga 2023 dimana total dokumen 178 yang diperoleh dari database Scopus tentang *cooling tower* diidentifikasi. Data hasil pengolahan menunjukkan hasil jumlah publikasi pertahun. Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 3 menunjukkan jumlah dokumen publikasi yang berbeda ditiap tahunnya. Dokumen publikasi menunjukkan grafik yang fluktuatif disetiap tahun publikasi. Publikasi tertinggi terdapat pada tahun 1984 dengan jumlah dokumen 16 yang terindeks scopus.



Gambar 3. Number of published documents from 1972 to 2022

Publication per country

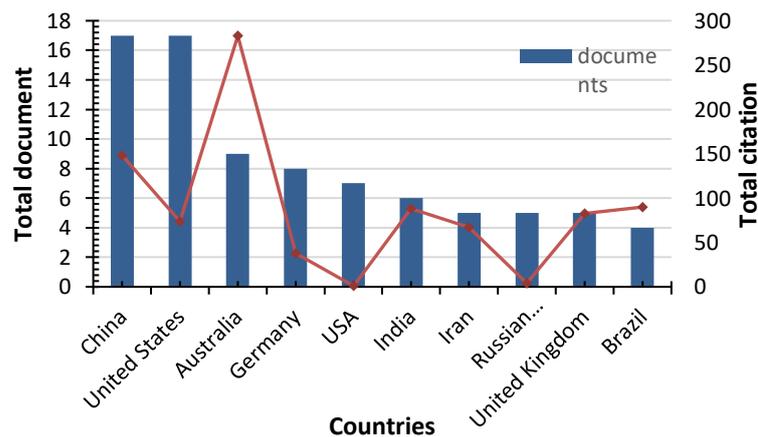
Dari total artikel yang diteliti, negara-negara tersebut menunjukkan jumlah publikasi yang bervariasi. Pada tabel 1 menunjukkan jumlah dokumen publikasi tertinggi berada di China dan United State dengan jumlah 17 publikasi. Selanjutnya Australia memiliki jumlah publikasi sebanyak 9 dokumen. Ketiga negara diatas merupakan tiga negara teratas dalam jumlah publikasi dibidang penelitian *cooling tower*. India, Iran, Rusia, United Kingdom, dan Brazil memiliki jumlah publikasi paling

sedikit. Sedangkan Jerman termasuk peringkat tengah dalam jumlah dokumen. Tabel 1 merupakan jumlah dokumen tiap negara dalam 10 dekade terakhir.

Pada gambar 4 menunjukkan jumlah dokumen dan kutipan ilmiah berdasarkan negara. Grafik ini memiliki dua sumbu y yang berbeda: sumbu y di sebelah kiri dengan skala 0 hingga 18 untuk jumlah total dokumen (ditunjukkan dengan batang berwarna biru), dan sumbu y di sebelah kanan dengan skala 0 hingga 300 untuk jumlah total kutipan (ditunjukkan dengan garis berwarna oranye). Berdasarkan grafik, China menghasilkan jumlah dokumen terbanyak, diikuti oleh Amerika Serikat. Jumlah kutipannya juga tinggi, tetapi tidak sebanyak yang dihasilkan oleh Amerika Serikat. Amerika Serikat memiliki jumlah kutipan yang sangat tinggi dibandingkan dengan negara-negara lain, menunjukkan bahwa meskipun jumlah dokumennya lebih sedikit dibandingkan dengan China, karya-karya dari Amerika Serikat lebih banyak dikutip. Jerman menempati posisi ketiga dalam hal jumlah dokumen dan kutipan, dengan jumlah dokumen yang lebih banyak tetapi jumlah kutipan yang lebih sedikit dibandingkan dengan Amerika Serikat. Negara-negara lain yang disajikan dalam grafik, yaitu Australia, Canada, India, Iran, Federasi Rusia, Inggris Raya, dan Brasil, memiliki jumlah dokumen dan kutipan yang lebih rendah dibandingkan dengan China, Amerika Serikat, dan Jerman. Grafik pada gambar 4 berguna untuk membandingkan performa ilmiah berbagai negara berdasarkan output yang dihasilkan dan dampak kutipan.

Tabel 1. Dokumen and Citation per country

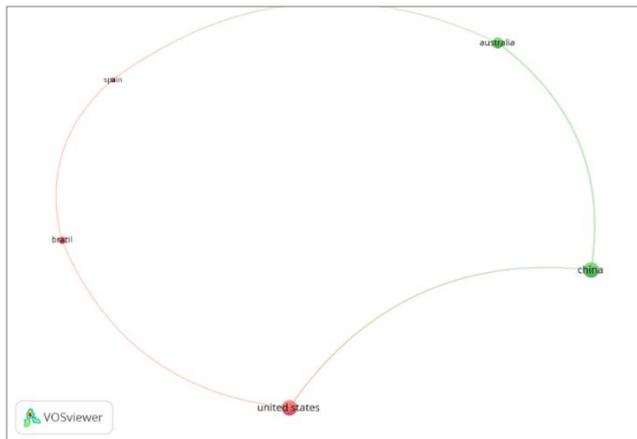
No	Country	Documents	Citations
1	China	17	148
2	United States	17	74
3	Australia	9	283
4	Germany	8	38
5	USA	7	1
6	India	6	88
7	Iran	5	67
8	Russian Federation	5	4
9	United Kingdom	5	83
10	Brazil	4	90



Gambar 4. Number and citation of publications in each country

Gambar 5 menunjukkan hubungan dalam jaringan kolaborasi. Pentingnya jaringan kolaborasi ini, di mana simpul-simpul berhubungan dengan negara, adalah bahwa simpul yang lebih besar mengindikasikan lebih banyak publikasi yang disumbangkan oleh negara yang bersangkutan. Warna lingkaran menunjukkan bobot dari item yang dikutip, dengan warna yang lebih kontras lebih penting dari pada warna yang lain. Peta ini menyoroti sejauh mana kolaborasi penelitian internasional terkait. Sebanyak dua kelompok terlihat. Negara dengan jumlah publikasi terbanyak adalah Amerika Serikat

(klaster 1, 3 item, merah), dan China (kalster 2, 2 item, hijau). Negara-negara ini membentuk klaster dengan jumlah publikasi tertinggi.

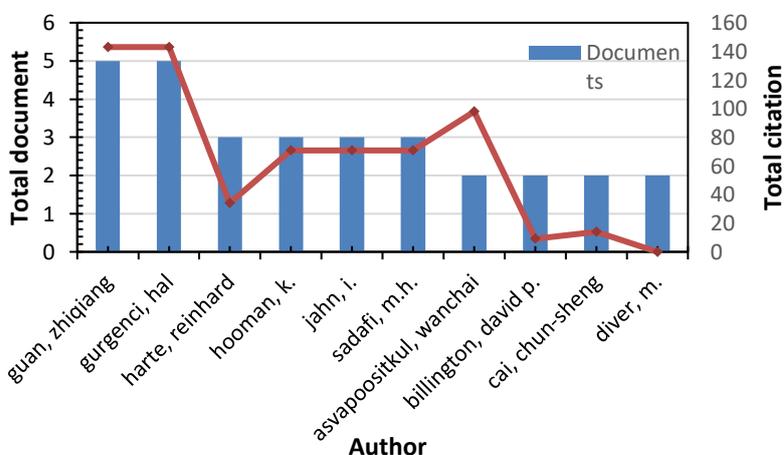


Gambar 5. VOSviewer network visualization of research collaborations among countries

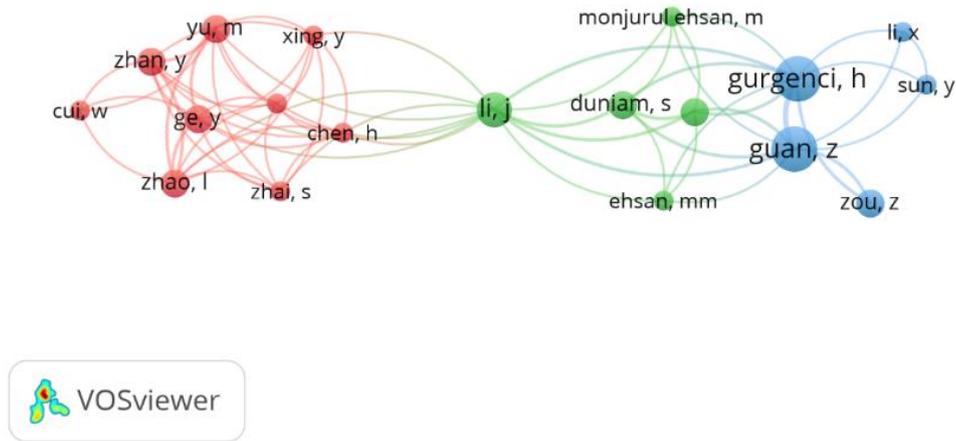
Disiplinary Colaboration based on Co-Authorship

Gambar 6 menunjukkan diagram batang dan garis yang menggambarkan hubungan antara jumlah dokumen dan jumlah sitasi berdasarkan penulis. Dari gambar ini, bisa melihat pola distribusi publikasi dan sitasi berdasarkan penulisnya. Guan, zhiqiang dan gurgenci,hal memiliki jumlah publikasi yang tinggi dengan sitasi yang lebih tinggi juga dibandingkan dengan beberapa penulis lainnya. Hal ini menandakan bahwa beberapa karya penulis dapat lebih berpengaruh atau lebih sering dirujuk dalam karya akademik oleh peneliti lain.

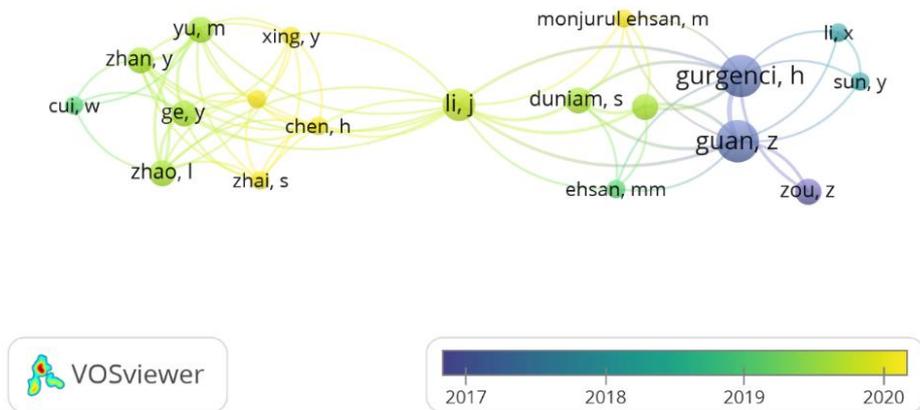
Sedangkan pada gambar 7 menampilkan sebuah jaringan peta kerja sama penulis atau kerja sama antar institusi. Dalam gambar tersebut, terdapat beberapa titik (node) yang terhubung dengan garis. Setiap titik mewakili entitas tertentu dan garis yang menghubungkannya menunjukkan adanya hubungan atau kolaborasi. Warna berbeda pada titik dan garis menandakan cluster atau kelompok yang berbeda, yang menunjukkan sub-kelompok dalam jaringan yang lebih besar. Seperti pada gambar menampilkan 3 cluster yaitu guan dan gurgenci (cluster 3, 5 item, biru), lij (cluster 2, 5 item, hijau), dan Zhan (cluster 1, 9 item, merah). Seperti penelitian yang dilakukan oleh Guan dan gurgenci membentuk cluster dengan jumlah publikasi tertinggi. Selain itu, gambar 8 menunjukkan jejaring keterkaitan antar peneliti berdasarkan tahun penelitiannya. Seperti warna hijau terang menunjukkan penelitian yang masih sangat baru untuk diteliti oleh peneliti. Seperti peneitian dalam tahun terakhir telah dilakukan oleh xing, chen, zhai dan monjurul Ehsan. Sedangankan Guan dan gurgenci merupakan peneliti dengan jumlah publikasi terbanyak namun penelitian yang dilakukan sudah lama



Gambar 6. Bibliometric analysis of the most active co-authors' relationships.

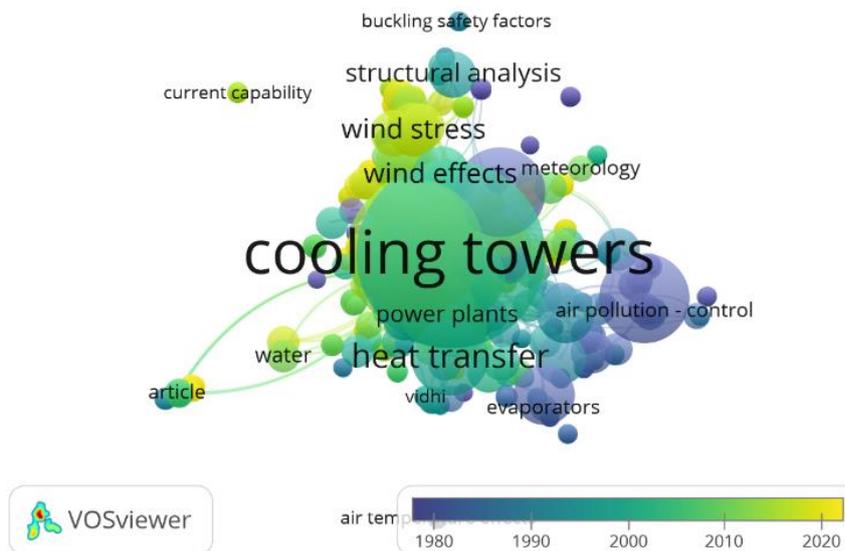


Gambar 7. Co-Authorship network visualization.

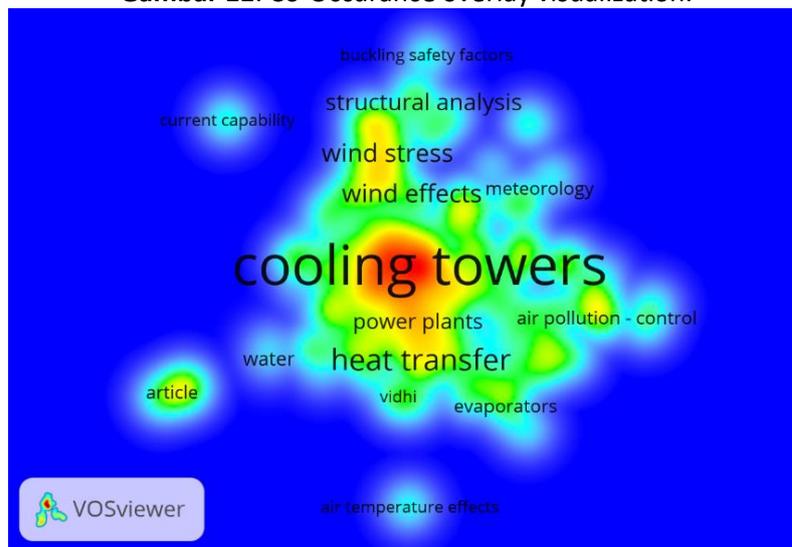


Gambar 8. Co-Authorship overlay visualization.

Temuan ini menunjukkan bahwa penelitian *cooling tower* berfokus pada mekanisme, analisis, dan rancangannya. Data ini dapat membantu para peneliti berspekulasi tentang arah penelitian *cooling tower* di masa depan. Selain itu, pengelolaan *cooling tower* tetap menjadi topik penelitian yang paling penting. Seperti yang ditunjukkan dalam visualisasi overlay pada Gambar 11, menyajikan hasil visualisasi overlay yang mengklasifikasikan koneksi jaringan yang dijelaskan dari tahun 1990 hingga 2020. Warna dan ukuran lingkaran yang berbeda berkorelasi positif dengan frekuensi kemunculannya di dalam makalah. Dengan kata lain, warna dari sebuah item ditentukan dengan mencocokkan nilai warna dari sebuah item dengan nilai warna (tahun) dalam file warna overlay. Dapat diamati bahwa kata kunci *water cooling tower* memiliki frekuensi kemunculan yang lebih tinggi dalam penelitian *cooling tower* antara tahun 1990 dan 2000. Selama tahun 2000-2020, kata kunci yang terkait dengan *cooling tower*, *design cooling tower*, dan *mass transfer* lebih sering muncul. Gambar 12 menunjukkan keterkaitan intensitas kata kunci, diilustrasikan dengan gradien warna biru ke kuning. Kata kunci yang paling mencolok menampilkan dalam area kuning besar, adalah *cooling tower*.



Gambar 11. Co-Occurance overlay visualization.



Gambar 12. Co-Occurance density visualization.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis bibliometric terhadap hasil publikasi yang terindeks pada database Scopus, produktivitas internasional, jurnal utama, penulis paling produktif, dan kata kunci dengan menggunakan perangkat lunak VOSviewer, kecenderungan penelitian diseluruh dunia yang terkait *cooling tower* dari tahun 1922 hingga 2023 telah dilakukan. Jumlah publikasi bervariasi jika ditinjau dari tahun publikasinya. China, amerika serikat, Australia, german dan india merupakan negara yang memimpin dalam jumlah publikasi dengan masing-masing 17, 17, 9, 8, dan 6 dokumen. Selain itu, analisis bibliometric dan visualisasi memberikan gambaran terkait tren publikasi mengenai penelitian *cooling tower*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anjarlekar, S. D., Ayare, A. A., Bakshi, D. R., Bhosale, S. T., & Goikar, S. S. (2018). Study and Design of *Cooling tower*. International Journal of Engineering Science and Computing. Retrieved from <http://ijesc.org/>.
- [2] Ayoub, A., Gjorgiev, B., & Sansavini, G. (2018). *Cooling towers* performance in a changing climate: Techno-economic modeling and design optimization. *Energy*, 160, 1133–1143.
- [3] Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview

- and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296.
- [4] Gu, Z., Meng, F., & Farrukh, M. (2021). Mapping the Research on Knowledge Transfer: A Scientometrics Approach. *IEEE Access*, 9, 34647–34659.
- [5] Harsanto, B., & Firmansyah, E. A. (2023). A twenty years bibliometric analysis (2002–2021) of business economics research in ASEAN. *Cogent Business and Management*. Cogent OA.
- [6] Huang, N. C., Wu, Y. L., & Chao, R. F. (2022). Visualization and Bibliometric Analysis of Research Trends on Hyperbaric Oxygen Therapy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13).
- [7] Kalpana, M., & Muniprasad, D. (2018). Analysis And Design of *Cooling tower*. *International Journal of Pure and Applied Mathematics, ISSN*, 119(17), 1314–3395.
- [8] Kumar, D., Zehra, T., Junejo, A., Bhanbhro, S. A., & Basit, M. (2020). 4E (energy, exergy, economic and environmental) analysis of the novel design of wet *cooling tower*. *Journal of Thermal Engineering*, 6(3), 253–267.
- [9] Patil, M. M., Patil, S. J., Patil, P. S., & Mehta, S. J. (2018). Design and Analysis of *Cooling tower*. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 05(02), 2240–2245.
- [10] Pereira, V., Temouri, Y., Wood, G., Bamel, U., & Budhwar, P. (2023). How do grand challenges determine, drive and influence the innovation efforts of for-profit firms? A multidimensional analysis. *Journal of Product Innovation Management*.
- [11] Quinones, L. O., Forero, J. D., & Ochoa, G. V. (2018). Research evolution of *cooling towers*: a bibliometric analysis. *Contemporary Engineering Sciences*, 11(74), 3689–3696.
- [12] Raj, G., Chandra, P., & Pathak, P. K. (2019). Experimental and thermal analysis of energy efficient novel design wet *cooling towers*. *Heat Transfer - Asian Research*, 48(7), 3115–3127.
- [13] Saikia, K., Vallès, M., Fabregat, A., Sáez, R., & Boer, D. (2020). A bibliometric analysis of trends in solar cooling technology. *Solar Energy*, 199, 100-114.
- [14] Usman, A., Azis, Y., Harsanto, B., & Azis, A. M. (2022). Airport service quality dimension and measurement: a systematic literature review and future research agenda. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 39(10), 2302–2322.
- [15] Viljoen, JH, Muller, CJ, & Craig, IK (2018). Pemodelan dinamis menara pendingin draft terinduksi dengan penukar panas paralel, pompa dan jaringan air pendingin. *Jurnal Pengendalian Proses* , 68 , 34–51.