



ANALISIS BIBLIOMETRIK DENGAN VOSVIEWER : PENELITIAN KENYAMANAN TERMAL DAN EFISIENSI ENERGI MENGGUNAKAN CFD

Najwa Farenza Aqilah¹, Muhammad Ismail Hasan², Ratih Widiastuti³

Teknik Infrastruktur Sipil Dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

E-mail: najwafarenzaaqilah@students.undip.ac.id, hasan@lecturer.undip.ac.id, ratihwidiastuti@lecturer.undip.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:
18 Maret 2026

Direvisi:
13 April 2026

Disetujui terbit:
15 Mei 2026

Diterbitkan:
Cetak:
29 Juni 2026

Online
29 Juni 2026

Abstract: Thermal comfort and energy efficiency in buildings are essential aspects in supporting sustainable development. This study aims to explore research patterns and map the relationships among topics related to thermal comfort and energy efficiency using a Computational Fluid Dynamics (CFD) approach. The method applied is a quantitative bibliometric analysis using data obtained from the Scopus database. Data collection was conducted using relevant keywords and limited based on publication years and subject areas. The analysis was carried out using VOSviewer to visualize publication trends, country contributions, and relationships among keywords. The results indicate that the number of publications increased from 2020 to 2026, with a peak occurring in 2024. China is identified as the country with the highest number of publications, followed by several other countries. The keyword mapping results reveal strong relationships among topics such as air temperature, airflow, ventilation systems, and indoor environmental conditions. The findings also indicate that research in this field is still dominated by technical, simulation-based approaches, particularly in the context of airflow and thermal parameters. This study is expected to serve as a reference for further research in improving building energy efficiency and thermal comfort.

Keyword: Thermal comfort, energy efficiency, CFD

Abstrak: Kenyamanan termal dan efisiensi energi di dalam bangunan merupakan aspek penting untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi pola penelitian dan memetakan keterkaitan antar topik yang berkaitan dengan kenyamanan termal dan efisiensi energi menggunakan CFD. Teknik yang diterapkan adalah analisis bibliometrik kuantitatif menggunakan data dari basis data Scopus. Proses pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan kata kunci yang relevan dan dibatasi berdasarkan tahun terbit serta bidang studi. Analisis dilakukan menggunakan VOSviewer untuk menggambarkan tren publikasi, kontribusi negara, serta hubungan antar kata kunci. Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah publikasi meningkat dari tahun 2020 hingga 2026, puncaknya terjadi pada tahun 2024. China menjadi negara dengan tingkat publikasi tertinggi, diikuti oleh negara-negara lain. Hasil pemetaan kata kunci menunjukkan adanya hubungan yang erat antara topik seperti suhu udara, aliran udara, sistem ventilasi, dan kondisi lingkungan. Penelitian ini menunjukkan bahwa kajian ini masih didominasi pendekatan teknis berbasis simulasi, terutama dalam konteks aliran udara dan termal. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai acuan untuk pengembangan studi lebih lanjut dalam upaya meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan termal bangunan.

Kata Kunci: Kenyamanan termal, Efisiensi energi, CFD

PENDAHULUAN

Kondisi lingkungan termal yang tidak nyaman dapat menurunkan kinerja dan konsentrasi pengguna bangunan. Apabila kondisi termal tidak memadai, pengguna Gedung tersebut cenderung akan meningkatkan penggunaan pendingin udara yang selanjutnya dapat menyebabkan pemborosan energi (Wargocki 2011). Di sisi lain, meningkatnya kebutuhan energi bangunan, terutama untuk system pendinginan, menjadi tantangan dalam mencapai efisiensi energi dan pembangunan berkelanjutan. Oleh karena itu dibutuhkan pendekatan yang dapat mengoptimalkan desain bangunan agar tetap nyaman secara termal tanpa meningkatkan

konsumsi energi secara signifikan. Perkembangan teknologi simulasi, terutama Coputational Fluid Dynamics (CFD), telah banyak dimanfaatkan dalam penelitian untuk menganalisis distribusi suhu, pola aliran udara, serta peforma termal suatu bangunan. Selain itu, peningkatan jumlah publikasi ilmiah yang berkaitan dengan kenyamanan termal dan efisiensi energi menunjukkan bahwa topik ini menjadi fokus penting dalam bidang arsitektur dan Teknik bangunan. Namun, hingga saat ini, masih sedikit kajian yang secara khusus menganalisis perkembangan tren penelitian serta hubungan antar topik dalam bidang ini secara komprehensif. Simulasi CFD saat ini banyak digunakan sebagai

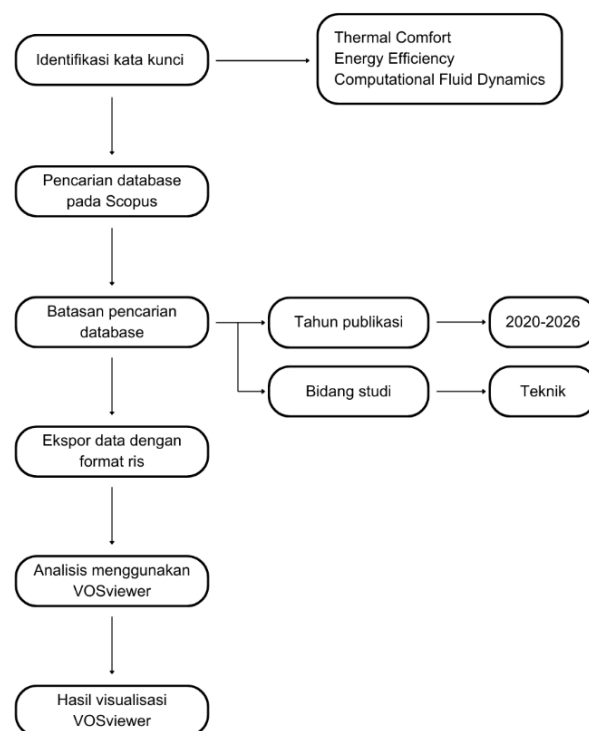
salah satu metode penelitian dalam pengembangan alternatif rancangan penghawaan alami. Hal ini karena simulasi CFD relatif lebih murah dan kondisi batasan objek penelitian yang mudah dikontrol (Santamouris dan Allard, 1998). Berdasarkan hal tersebut, diperlukan suatu pendekatan untuk mengidentifikasi dan memetakan perkembangan penelitian secara sistematis. Analisis bibliometric merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi tren publikasi, kontribusi peneliti dan negara, serta hubungan antar kunci dalam suatu bidang penelitian. Dengan menggunakan VOSviewer, data bibliografi dapat divisualisasikan, sehingga memberikan Gambaran yang lebih jelas mengenai arah perkembangan penelitian. VOSviewer merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk memvisualisasikan dan menganalisis jaringan bibliometrik, seperti hubungan antar kata kunci, penulis, maupun publikasi, sehingga memudahkan dalam memahami struktur dan perkembangan suatu bidang penelitian (Van Eck dan Waltman, 2010).

Hasil dari analisis ini diharapkan dapat menunjukkan pola pertumbuhan publikasi, distribusi kontribusi menurut negara, dan hubungan antar kata kunci yang muncul dalam penelitian ini. Tujuan utama analisis ini adalah untuk mengkaji tren penelitian serta memetakan hubungan antar kunci dalam kajian tentang kenyamanan termal dan efisiensi energi bangunan yang menggunakan CFD. Selain itu, analisis ini juga bertujuan untuk mengenali arah perkembangan penelitian di masa depan serta memberikan masukan kepada peneliti dan praktisi dalam menciptakan inovasi desain bangunan yang lebih hemat energi dan berkelanjutan. Dengan demikian, diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang arsitektur dan teknik bangunan, khususnya yang berkaitan dengan kenyamanan termal dan efisiensi energi.

METODOLOGI PENELITIAN

Analisis ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan analisis bibliometric untuk meneliti perkembangan tren riset serta keterkaitan antara topik pada bidang kenyamanan termal dan efisiensi energi bangunan yang berbasis pada Computational Fluid Dynamics (CFD). Metode ini dapat memberikan Gambaran yang terstruktur tentang pola publikasi akademik dan membantu dalam mengidentifikasi arah perkembangan penelitian dengan lebih sistematis.

Bibliometrik adalah metode statistik yang digunakan untuk menganalisis buku, artikel, dan publikasi ilmiah lainnya guna mengungkap pola dan dinamika dalam produksi pengetahuan (Aria dan Cuccurullo, 2017). Sumber data yang digunakan dalam studi ini diambil dari database Scopus, yang merupakan salah satu basis data literatur ilmiah terkemuka dengan cakupan yang luas. Pemilihan Scopus dilakukan karena kekayaan data dan kualitas publikasi yang terdaftar di dalamnya, sehingga hasil analisis yang diperoleh menjadi lebih akurat dan terpercaya.



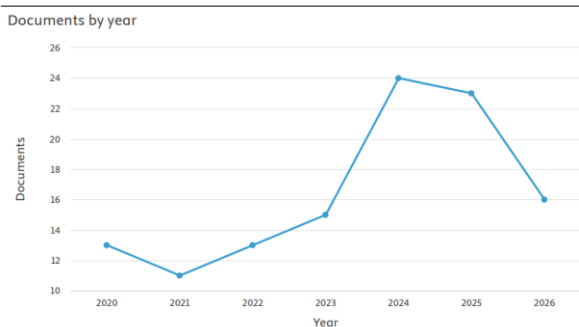
Gambar 2. 1 Proses Analisis kata kunci

Data dikumpulkan melalui penentuan kombinasi kata kunci yang relevan dengan topik penelitian. Kata kunci ini digunakan baik secara Tunggal maupun dalam kombinasi untuk mendapatkan hasil pencarian yang lebih luas dan representatif.

Dalam pencarian data, berbagai batasan diterapkan untuk meningkatkan relevansi hasil yang diperoleh. Batasan tersebut meliputi rentang tahun publikasi, serta bidang studi terkait teknik. Setelah proses tersebut selesai, semua data yang dikumpulkan kemudian diorganisir dan diekspor dalam format ris untuk analisis selanjutnya.

Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan terhadap data yang telah dipublikasi dan memastikan kesesuaian topik penelitian. Data yang tidak relevan akan dihapus sehingga hanya data yang sesuai yang akan digunakan dalam analisis. Selain itu, penyerderhanaan terhadap kata kunci juga dilakukan dengan menggabungkan istilah yang memiliki makna yang sama agar lebih konsisten. Setelah data disiapkan, analisis dilakukan dengan menggunakan VOSviewer yang berfungsi untuk memvisualisasikan hubungan di antara data dalam format peta jaringan yang memudahkan pemahaman mengenai ketertarikan elemen-elemen dalam penelitian. Jenis analisis yang dilakukan mencakup analisis tren publikasi, analisis kontribusi berdasarkan negara, dan analisis hubungan antar kunci. Dalam analisis ini dapat diamati perubahan jumlah publikasi dari waktu ke waktu, mengetahui negara mana yang memiliki peran dominan dalam bidang penelitian ini.

Berdasarkan data jumlah publikasi per tahun, penelitian terkait kenyamanan termal dan efisiensi energi berbasis CFD pada tahun 2024 mencapai 24 dokumen, yang merupakan nilai tertinggi selama periode pengamatan.



Gambar 2. 2 Analisis Publikasi Tahun 2020-2026 (sumber:Scopus, 2026)

Analisis hubungan antara kata kunci untuk mengenali keterkaitan antar berbagai topik penelitian dilakukan dengan mengamati seberapa sering kata kunci muncul bersamaan dalam berbagai publikasi. Hasil dari analisis tersebut kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta jaringan yang mengindikasikan kelompok-kelompok topik penelitian yang saling berhubungan. Dengan visualisasi ini dapat dipahami topik utama yang banyak diteliti dan bagaimana hubungan antar topik tersebut berkembang.

Hasil visualisasi yang didapat dari VOSviewer dianalisis secara deskriptif untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam terkait tren dan arah perkembangan penelitian. Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan pola interaksi antar kata kunci, ukuran elemen dalam peta, serta pengelompokan topik yang terbentuk. Hasil dari analisis ini selanjutnya menjadi dasar untuk menarik Kesimpulan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil visualisasi pemetaan kata kunci menggunakan VOSviewer, dapat dilihat bahwa studi tentang kenyamanan termal dan efisiensi energi pada bangunan yang menggunakan CFD membentuk sejumlah kelompok (cluster) yang saling terkait. Tiap kelompok diberi warna yang berbeda dan menggambarkan tema penelitian yang berkembang di area ini.

Year ↓	Documents ↑
2026	16
2025	23
2024	24
2023	15
2022	13
2021	11
2020	13

Gambar 3. 1 Jumlah Publikasi tahun 2020-2026 (Sumber: Scopus,2026)

Pada hasil analisis tren publikasi, terdapat fluktuasi dalam penelitian mengenai kenyamanan termal dan efisiensi energi menggunakan CFD, namun secara keseluruhan menunjukkan adanya peningkatan. Pada tahun 2020, tercatat 13 publikasi, yang kemudian menyusut menjadi 11 publikasi pada tahun 2021. Namun, jumlah publikasi Kembali naik secara bertahap dengan 13 publikasi pada tahun 2022 dan 15 publikasi pada tahun 2023.

Terjadi lonjakan signifikan pada tahun 2024, di mana jumlah publikasi mencapai 24 publikasi, angka tertinggi selama periode pengamatan ini. Walaupun pada tahun 2025 mengalami sedikit penurunan menjadi 23 publikasi, jumlah tersebut tetap dianggap tinggi dan mencerminkan adanya minat dalam penelitian di bidang ini. Di tahun 2026, jumlah publikasi turun menjadi 16 publikasi, tetapi tetap lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah publikasi di awal periode penelitian.

Secara keseluruhan, arah perkembangan ini menunjukkan bahwa studi tentang kenyamanan suhu dan efisiensi energi menggunakan CFD semakin meningkat, terutama dari tahun 2023 dan mencapai titik tertingginya di tahun 2024. Perubahan yang terjadi mungkin dipengaruhi oleh berbagai elemen, seperti kemajuan teknologi, focus penelitian global, serta jumlah publikasi yang tersedia dalam basis data yang digunakan. Meskipun begitu peningkatan jumlah publikasi menunjukkan bahwa tema ini semakin menarik perhatian dalam penelitian mengenai bangunan yang berkelanjutan.



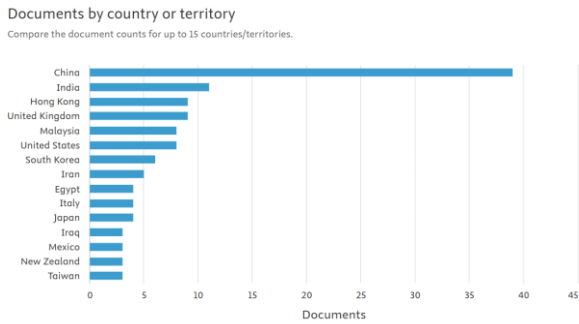
Gambar 3. 2 Analisis Kontribusi Negara Menggunakan VOSviewer (Sumber:VOSviewer, Scopus, 2026)

Hasil dari visualisasi dengan menggunakan VOSviewer memperlihatkan struktur kolaborasi berdasarkan sebaran publikasi antar negara. China berada pada posisi sentral dengan ukuran node terbesar, yang menandakan dominasi dalam jumlah publikasi serta Tingkat keterhubungan (link strength) yang tinggi terhadap negara lain.

Secara structural, jaringan ini terdiri dari beberapa kluster yang saling berkaitan, dengan China sebagai pusat yang menghubungkan berbagai negara seperti India, Hongkong, dan Inggris. Kedekatan lokasi antar node dalam visualisasi ini menunjukkan adanya intensitas kolaborasi atau kesamaan tema penelitian yang cukup kuat. Negara-negara yang berdekatan dengan China menunjukkan adanya interaksi ilmiah yang lebih aktif, baik dalam hal penulis Bersama maupun dalam keterkaitan topik penelitian.

Sebaliknya, beberapa negara seperti Korea Selatan tampak berada pada posisi yang lebih tepi dalam jaringan. Ini menunjukkan bahwa meskipun negara tersebut juga berkontribusi pada publikasi, Tingkat koneksi atau kolaborasi internasionalnya lebih rendah dibandingkan dengan negara-negara utama.

Jarak antar node dalam visualisasi VOSviewer pada dasarnya mencerminkan Tingkat asosiasi, di mana jarak yang lebih jauh menunjukkan hubungan yang lebih lemah

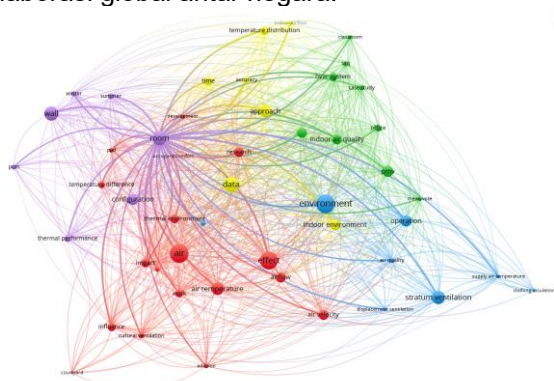


Gambar 3. 3 Analisis Kontribusi Negara (Sumber: Scopus, 2026)

Analisis penyebaran publikasi berdasarkan negara atau wilayah menunjukkan adanya ketidakseimbangan yang cukup signifikan. China mendominasi dengan jumlah publikasi sebanyak 39 publikasi, jauh di atas negara lainnya. India berada di urutan kedua, dengan jumlah publikasi yang lebih sedikit sebanyak 11 publikasi, tetapi tetap memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang penelitian ini.

Negara yang memberikan kontribusi menengah terdiri dari Hongkong (9 publikasi), Inggris (9 publikasi), Malaysia (8 publikasi), dan Amerika Serikat (8 publikasi). Di sisi lain, negara-negara seperti Korea Selatan (6 publikasi), Iran (5 publikasi), Italia (4 publikasi), Jepang (4 publikasi), dan Mesir (4 publikasi) termasuk dalam kontribusi sedang hingga rendah. Sementara itu negara-negara seperti Irak (3 publikasi), Meksiko (3 publikasi), Selandia Baru (3 publikasi), dan Taiwan (3 publikasi) menunjukkan Tingkat produktivitas paling rendah dalam data yang di analisis.

Secara keseluruhan, hasil analisis ini menunjukkan bahwa system produksi pengetahuan di area studi ini sangat terpusat, dengan dominasi kuat oleh satu negara utama. Selain itu, pola Kerjasama internasional cenderung menghasilkan jaringan yang terfokus pada beberapa negara inti dan sejumlah negara yang kurang terlibat. Ketidakseimbangan dalam penyebaran publikasi ini mencerminkan adanya perbedaan dalam kapasitas penelitian, akses terhadap sumber daya serta Tingkat kolaborasi global antar negara.



Gambar 3. 4 Analisis Kata Kunci Menggunakan VOSviewer (Sumber: VOSviewer, Scopus, 2026)

Berdasarkan hasil visualisasi pemetaan kata kunci dengan menggunakan VOSviewer, terlihat bahwa studi mengenai kenyamanan termal dan efisiensi energi pada bangunan yang berbasis CFD membentuk beberapa kelompok (cluster) yang saling terkait. Setiap kelompok diberi warna yang berbeda dan mencerminkan tema penelitian yang sedang berkembang dalam bidang ini.

Dalam hasil visualisasi tersebut, tampak bahwa kata kunci “environment” dan “room” memiliki ukuran node yang cukup besar dan berada di posisi yang cukup strategis. Ini menunjukkan bahwa kedua kata kunci tersebut Adalah topik utama yang sering muncul dan memiliki hubungan erat dengan berbagai penelitian lain. Selain itu, kata seperti “air”, “effect”, dan “data” juga memiliki ukuran yang cukup besar, yang menunjukkan bahwa elemen lingkungan dalam ruangan, aliran udara, serta analisis data menjadi focus utama dalam penelitian ini.

Cluster (items)	Warna	Kata Kunci
Cluster 1 (18 items)	merah	addition air air temperature air velocity airflow courtyard development effect impact influence natural ventilation occupant comfort ppd research temperature difference term thermal environment work
Cluster 2 (9 items)	hijau	case study classroom energy saving hvac system iaq indoor air quality mean vote office pmv
Cluster 3 (8 items)	biru	air quality ceiling fan clothing insulation displacement ventilation environment operation stratum ventilation supply air temperature
Cluster 4 (7 items)	kuning	accuracy approach data indoor airflow indoor environment temperature distribution time
Cluster 5 (7 items)	ungu	configuration pcm room summer thermal performance wall winter

Gambar 3. 5 Tabel Kata Kunci per cluster Cluster yang berwarna merah menunjukkan focus penelitian pada aspek aliran udara dan parameter termal. Ini menunjukkan bahwa banyak studi menganalisis kinerja ventilasi dan distribusi suhu

dalam ruang. Sementara itu, cluster berwarna hijau lebih berhubungan dengan sistem bangunan dan kualitas udara dalam ruangan. Cluster ini menekankan pentingnya pengkondisian udara untuk mendukung kenyamanan termal.

Cluster yang berwarna biru menunjukkan ketertarikan dengan aspek operasional dan sistem ventilasi yang menunjukkan bahwa ada penelitian yang berusaha mengembangkan sistem ventilasi yang lebih efisien. Selain itu, cluster yang berwarna kuning menggambarkan pendekatan penelitian dan distribusi suhu yang menunjukkan metode dan teknik analisis yang diaplikasikan dalam penelitian.

Di sisi lain, cluster berwarna ungu menunjukkan aspek material dan kondisi bangunan, ini menandakan bahwa elemen selubung bangunan dan kondisi lingkungan luar juga berperan penting dalam penelitian terkait kenyamanan termal.

Secara keseluruhan, hasil dari pemetaan ini mengindikasikan bahwa studi mengenai kenyamanan termal dan efisiensi energi yang menggunakan CFD memiliki hubungan yang erat antara berbagai elemen, mulai dari aliran udara, sistem ventilasi, kualitas udara di dalam ruangan, hingga kinerja bangunan. Hubungan antar kelompok menunjukkan bahwa penelitian ini tidak berdiri sendiri, melainkan saling terhubung dalam mendukung perkembangan bangunan yang nyaman serta efisien energi.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis bibliometrik yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penelitian mengenai kenyamanan termal dan efisiensi energi menggunakan CFD menunjukkan peningkatan tren dalam beberapa tahun terakhir. Ini menunjukkan bahwa topik tersebut semakin mendapat perhatian dalam mendukung prinsip bangunan yang berkelanjutan. Analisis kontribusi menurut negara menunjukkan dominasi beberapa negara yang mencerminkan adanya pusat-pusat penelitian yang berkembang dalam bidang ini.

Selain itu, hasil pemetaan kata kunci menunjukkan adanya ketertarikan kuat antar topik. Dominasi dalam aspek teknis, menunjukkan bahwa penelitian masih berfokus pada simulasi dan analisis kuantitatif. Di sisi lain, aspek seperti material bangunan dan faktor pengguna masih memiliki peluang untuk dikembangkan lebih lanjut.

Secara keseluruhan, Analisis ini memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai tren dan struktur penelitian dalam bidang kenyamanan termal dan efisiensi energi menggunakan CFD. Diharapkan hasil analisis ini dapat menjadi landasan bagi pengembangan di masa yang akan datang serta mendorong inovasi dalam desain bangunan yang lebih efisien dalam penggunaan energi dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan bimbingan dalam penyusunan penelitian ini,

semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya bidang studi kenyamanan termal dan efisiensi energi bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Santamouris, M., & Allard, F. (1998). *Natural Ventilation in Buildings: A Design Handbook*. London: James & James Science Publishers.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538.
- Wargocki, P., Wyon, D. P., Lan, L., & Lian, Z. (2011). *Effects of thermal discomfort in an office on perceived air quality, SBS symptoms, physiological responses, and human performance*. *Indoor Air*, 21(5), 376–390.
- Aria, Massimo, dan Cuccurullo, Corrado. 2017. "Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis." *Journal of Informetrics* 11(4): 959–975.