

Analisis Bibliometrik Tren Riset *Internet of Things* (IoT) untuk Pemantauan Kualitas Udara

Hozairi^{1*}, Moh. Wakid², Tamara Adjuah³, Fitri Aulia⁴

^{1,2,3,4}Teknik Informatika/Universitas Islam Madura

¹Email: dr.hozairi@gmail.com

²Email: moh.wakid45@gmail.com

³Email: tamaraadjuah@gmail.com

⁴Email: fi4020308@gmail.com

*) Corresponding Author

ABSTRACT

The application of the IoT in the environmental field has made significant contributions, especially in real-time and continuous air quality monitoring systems. This study aims to determine the trend of writing IoT articles for Air Quality Monitoring, the trend of articles that have the highest number of citations, the country of origin of the journal, and map the direction of development of international scientific publications based on data from the Scopus base. The method used in this study is bibliometric analysis. The population includes 1,334 articles obtained through data searches using the Scopus website from 2016-2025, from this number, 251 articles were selected as samples based on predetermined keyword matches. The data was saved in Microsoft Excel format and then analyzed and visualized using VOSviewer software. The aim was to obtain a mapping in publication trends. The analysis results show that the publication of articles on IoT for air quality monitoring has increased significantly since 2018, with the highest peak in 2023. The VOSviewer software mapping analysis has three topics related to IoT for air quality monitoring, namely "sensor network", "anomaly detection", and "deep learning". These three topics are still relatively rarely explored, so they have the potential to be the focus of future research.

Keywords: Bibliometric; Internet of Things; Air Quality Monitoring; VOSviewer.

ABSTRAK

Penerapan IoT dalam bidang lingkungan telah memberikan kontribusi signifikan, khususnya dalam sistem pemantauan kualitas udara secara *real-time* dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tren penulisan artikel IoT untuk pemantauan kualitas udara, tren artikel yang memiliki jumlah sitasi tertinggi, negara asal jurnal, serta memetakan arah perkembangan publikasi ilmiah internasional berdasarkan data dari pangkalan Scopus. Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah analisis bibliometrik. Adapun populasi mencakup 1.334 artikel yang diperoleh melalui penelusuran data menggunakan *website* Scopus dari tahun 2016-2025, dari jumlah tersebut, terpilih 251 artikel sebagai sampel berdasarkan kecocokan kata kunci yang telah ditentukan. Data disimpan dalam format *Microsoft Excel* untuk kemudian dianalisis dan divisualisasi menggunakan *software VOSviewer*. Tujuannya adalah untuk memperoleh pemetaan dalam tren publikasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa publikasi artikel mengenai IoT untuk pemantauan kualitas udara mengalami peningkatan signifikan sejak 2018, dengan puncak tertinggi pada 2023. Analisis pemetaan *software VOSviewer* memiliki tiga topik terkait IoT untuk pemantauan kualitas udara yaitu "*sensor network*", "*anomaly detection*", dan "*deep learning*". Ketiga topik ini masih relatif jarang dieksplorasi, sehingga berpotensi menjadi fokus penelitian lanjutan di masa mendatang.

Keywords: Bibliometrik, Internet of Things, Pemantauan Kualitas Udara, VOSviewer.

A. PENDAHULUAN

Kualitas udara merupakan faktor penting yang mempengaruhi kesehatan dan kenyamanan manusia, terutama di ruang tertutup dan padat aktivitas seperti sekolah, asrama, dan perkantoran. Lingkungan yang sehat sangat berperan dalam menjaga kondisi fisik dan mental penghuni. Kualitas udara yang baik merupakan salah satu penunjang utama terciptanya lingkungan yang sehat, dimana kadar oksigen yang cukup menjadi indikator utamanya. Meskipun demikian, udara juga mengandung berbagai unsur lain seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), formaldehid, jamur, virus, bakteri, serta partikel debu, yang mana dapat berdampak negatif terhadap kesehatan apabila melebihi ambang batas aman [1].

Untuk menjaga kualitas udara yang sehat di ruang tertutup, diperlukan sistem pemantauan yang mampu mendeteksi perubahan komponen udara secara *real-time*. Sistem semacam ini penting terutama di lingkungan dengan aktivitas tinggi dan sirkulasi udara yang terbatas, seperti ruang kelas, ruang rapat, atau area kerja bersama. Dengan memantau parameter seperti suhu, kelembaban, kadar karbon dioksida (CO₂), partikel debu dan senyawa berbahaya lainnya, sistem ini dapat memberikan peringatan dini terhadap potensi risiko kesehatan. Sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan berbasis IoT umumnya menggunakan mikrokontroler (Arduino/Raspberry Pi), sensor multiparameter, dan koneksi nirkabel, untuk menyediakan data *real-time* serta akurasi tinggi [2]. Selain sebagai alat pemantau, sistem ini juga berperan dalam meningkatkan kesadaran yang lebih besar tentang masalah kualitas udara, mendorong tindakan proaktif untuk memperbaiki kondisi lingkungan [3].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT dengan variasi rancangan perangkat dan sensor. Dalam karya berjudul “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbiaya Rendah Berbasis IoT” bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan dengan menggunakan modul ESP8266 yang dikombinasikan dengan Atmega 2560 [4]. Sistem serupa dikembangkan menggunakan NodeMCU ESP8266 yang dipadukan dengan sensor gas MQ-7 dan sensor debu Sharp GP2Y1010AU0F, yang di fokuskan untuk pemantauan kualitas udara dalam ruangan tertutup [5]. Penelitian lain menambahkan inovasi berupa integrasi aplikasi Android, sehingga pengguna dapat memantau data kualitas udara secara *real-time* melalui perangkat mobile, dan juga menekankan pentingnya optimasi sensor untuk meningkatkan akurasi pembacaan data seperti CO, CO₂, dan partikel debu [6].

Melakukan pendekatan lebih lanjut, tidak hanya melakukan pemantauan, tetapi juga mengontrol kualitas udara secara otomatis [7]. Sistem tersebut memanfaatkan mikrokontroler ESP32 yang dikombinasikan dengan sensor MQ-2 (asap), MQ-7 (CO), dan GP2Y1010AU0F (partikel debu), serta dilengkapi kipas DC yang diaktifkan secara otomatis saat polutan melebihi ambang batas. Data pemantauan ditransmisikan ke web server secara *real-time* menggunakan konektivitas IoT.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tren perkembangan riset penggunaan IoT untuk pemantauan kualitas udara melalui pendekatan bibliometrik. Fokus utama mencakup identifikasi pertumbuhan publikasi, kata kunci dominan, penulis dan institusi paling produktif, serta pola kolaborasi ilmiah.

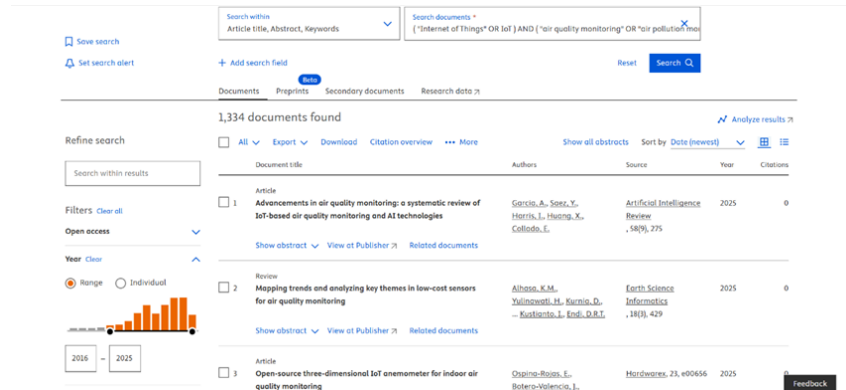
B. METODE

Penelitian ini menggunakan metode analisis bibliometrik terhadap publikasi ilmiah yang membahas IoT untuk pemantauan kualitas udara. Analisis bibliometrik adalah pendekatan yang memanfaatkan metode statistik dan matematika terhadap buku, artikel, serta media komunikasi ilmiah lainnya [8]. Pada penelitian ini, digunakan analisis bibliometrik deskriptif untuk menggambarkan karakteristik literatur yang relevan. Analisis bibliometrik dilakukan untuk mengidentifikasi tren yang muncul dalam publikasi ilmiah, mengungkap topik dominan, serta melihat pola kolaborasi antara penulis, institusi, atau negara [9].

Ada 2 teknik analisis bibliometrik, yaitu analisis kinerja dan pemetaan ilmiah. Keduanya digunakan dalam penelitian ini: analisis kinerja untuk menilai kontribusi penulis, institusi, dan negara dalam publikasi ilmiah, serta pemetaan ilmiah untuk menggambarkan hubungan tematik antar kata kunci,

penulis, dan referensi melalui visualisasi jaringan menggunakan perangkat lunak seperti *VOSviewer* [10].

Pengumpulan data dilakukan secara langsung melalui *website* Scopus dengan menggunakan data dari Scopus.



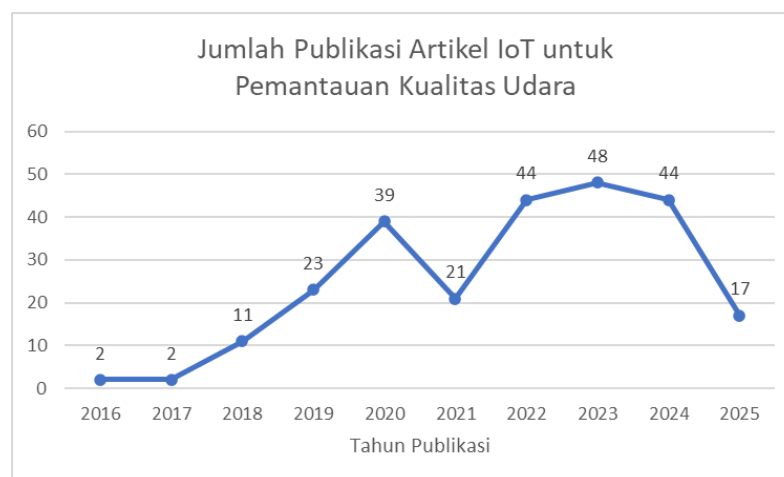
Gambar 1. Hasil Penelusuran Data Scopus

Gambar 1 menunjukkan tahapan awal dalam proses pengumpulan data yang dilakukan melalui *website* Scopus dengan menggunakan kata kunci: (*"Internet of Things" OR IoT*) AND (*"air quality monitoring" OR "air pollution monitoring"*), dan rentang tahun publikasi antara 2016 hingga 2025. Dari hasil pencarian tersebut, diperoleh sebanyak 1.334 artikel yang dijadikan populasi penelitian. Dari jumlah tersebut, terpilih 251 artikel sebagai sampel penelitian karena memenuhi kriteria penelitian, yaitu artikel yang diterbitkan dalam bentuk jurnal dan membahas topik IoT untuk pemantauan kualitas udara. Seluruh data disimpan dalam format CSV untuk keperluan pengolahan dan visualisasi data menggunakan *software VOSviewer*. Aplikasi *VOSviewer* dimanfaatkan untuk memetakan tren publikasi ilmiah internasional berdasarkan data Scopus terkait IoT untuk pemantauan kualitas udara, dengan fokus pada analisis kata kunci.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mengacu pada studi yang dilakukan oleh peneliti [8]. Terdapat dua jenis analisis kinerja meliputi: jumlah publikasi per tahun, artikel paling sering dikutip, serta jurnal dengan jumlah publikasi terbanyak, dan pemetaan sains berupa: *Circles Network Visualization*, *Frames Overlay Visualization*, *Density Visualization*.

Hasil pencarian artikel terindeks Scopus mengenai tren IoT untuk pemantauan kualitas udara dengan kurun waktu 2016 sampai 2025 menunjukkan tren yang fluktuatif seperti disajikan pada gambar berikut.



Gambar 2. Jumlah Publikasi Artikel IoT untuk Pemantauan Kualitas Udara

Gambar 2 menampilkan data dengan jumlah publikasi artikel terkait IoT untuk pemantauan kualitas udara dari tahun 2016 hingga 2025 menunjukkan tren yang fluktuatif. Pada tahun 2016 dan 2017, jumlah publikasi masih sangat rendah, masing-masing hanya sebanyak 2 artikel. Kenaikan mulai terlihat pada tahun 2018 dengan 11 artikel, kemudian meningkat signifikan pada tahun 2019 menjadi 23 artikel, dan mencapai puncaknya pada tahun 2020 dengan 39 artikel. Namun, terjadi penurunan cukup tajam pada tahun 2021 menjadi 21 artikel. Tren kembali meningkat secara drastis pada tahun 2022 dan mencapai puncak tertinggi pada tahun 2023 dengan 48 publikasi. Meskipun demikian, jumlah ini sedikit menurun menjadi 44 pada tahun 2024, dan mengalami penurunan tajam pada tahun 2025 menjadi 17 artikel. Grafik tersebut menunjukkan pola yang mirip dengan hasil penelitian [11], yang mengilustrasikan jumlah publikasi per tahun mengalami peningkatan membentuk kurva pertumbuhan eksponensial selama periode 1996 hingga 2014. Pola serupa juga ditemukan dalam studi [12], yang mencakup rentang waktu dari tahun 1980 hingga 2020.

Artikel yang diterbitkan dalam jurnal terindeks Scopus umumnya menjadi rujukan dalam berbagai penelitian lain. Semakin tinggi jumlah sitasi menunjukkan bahwa hasil penelitian tersebut banyak dimanfaatkan sebagai referensi oleh peneliti. Berdasarkan pencarian melalui *website* Scopus, ditemukan bahwa 251 artikel yang diterbitkan antara tahun 2016 hingga 2025 telah memperoleh sebanyak 5639 kutipan. Daftar artikel dengan sitasi tertinggi ditampilkan pada Gambar 3.

	Document title	Authors	Source	Year	Citations
1	Article Internet of things mobile-air pollution monitoring system (IoT-Mobair)	Dhingra, S. , Madda, R.B. , Gandomi, A.H. , Patan, R. , Daneshmand, M.	IEEE Internet of Things Journal , 6(3), pp. 5577–5584, 8663367	2019	291
	Show abstract View at Publisher Related documents				
2	Article • Open access A modular IoT platform for real-time indoor air quality monitoring	Benammar, M. , Abdaoui, A. , Ahmad, S.H.M. , Touati, F. , Kadri, A.	Sensors Switzerland , 18(2), 581	2018	191
	Show abstract View at Publisher Related documents				
3	Article • Open access Development of an IoT-Based indoor air quality monitoring platform	Jo, J. , Jo, B. , Kim, J. , Kim, S. , Han, W.	Journal of Sensors , 2020, 8749764	2020	182
	Show abstract View at Publisher Related documents				

Gambar 3. Artikel dengan Jumlah Kutipan Terbanyak

Gambar 3 menunjukkan bahwa artikel berjudul *Internet of Things Mobile-Air Pollution Monitoring System (IoT-Mobair)* [13] merupakan artikel yang paling banyak disitasi, sebanyak 291 kutipan. Dilanjutkan dengan artikel yang berjudul *A Modular IoT Platform for Real-Time Indoor Air Quality Monitoring* [14] yang memiliki 191 kutipan, serta artikel dengan judul *Development of an IoT-Based Indoor Air Quality Monitoring Platform* [15] yang memperoleh 182 kutipan. Hal ini dapat dijadikan acuan penting dalam penelitian lanjutan mengenai penerapan IoT untuk pemantauan kualitas udara.

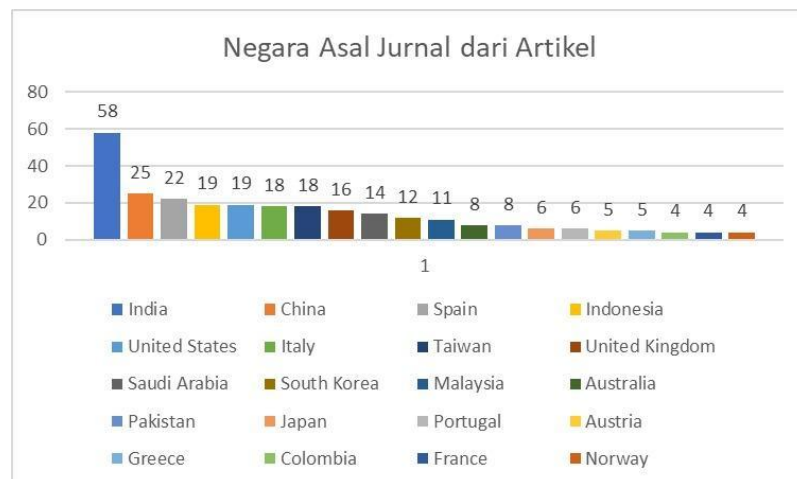
Publikasi yang membahas topik IoT dalam pemantauan kualitas udara umumnya diterbitkan dalam jurnal internasional terindeks Scopus. Sepuluh jurnal yang paling banyak memuat artikel terkait topik ini disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Jurnal dengan Artikel Paling Banyak Tentang IoT untuk Pemantauan Kualitas Udara

No	Nama Jurnal	Jumlah Artikel
1	<i>Sensors</i>	23
2	<i>IEEE Internet of Things Journal</i>	16
3	<i>Sensors Switzerland</i>	12
4	<i>IEEE Access</i>	8
5	<i>IEEE Sensors Journal</i>	7
6	<i>International Journal of Advanced Computer Science and Applications</i>	6
7	<i>Wireless Personal Communications</i>	6
8	<i>Electronics Switzerland</i>	5
9	<i>Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science</i>	5
10	<i>Hardwarex</i>	4

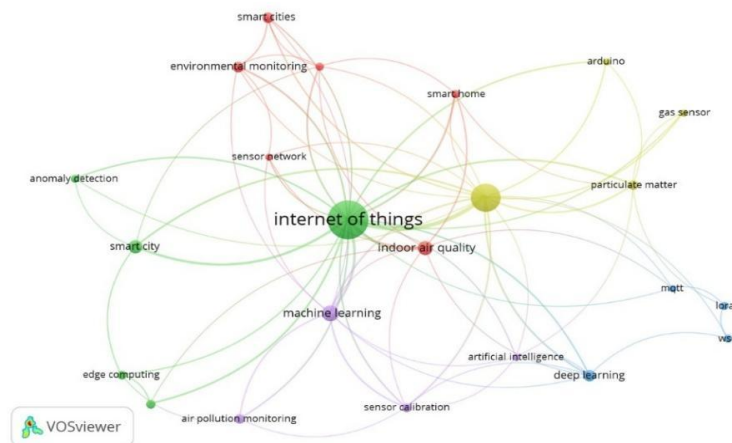
Tabel 1 menampilkan tren publikasi dalam jurnal-jurnal terindeks Scopus yang memiliki jumlah artikel terbanyak tentang IoT untuk pemantauan kualitas udara. Jurnal *Sensors* menjadi yang paling produktif dalam bidang ini dengan jumlah 23 artikel. Kesepuluh jurnal yang tercantum pada tabel 1 dapat dijadikan sebagai sumber referensi utama dalam penelitian selanjutnya.

Sementara itu, gambar berikut memperlihatkan distribusi negara asal dari jurnal yang memuat artikel mengenai penerapan IoT untuk pemantauan kualitas udara.



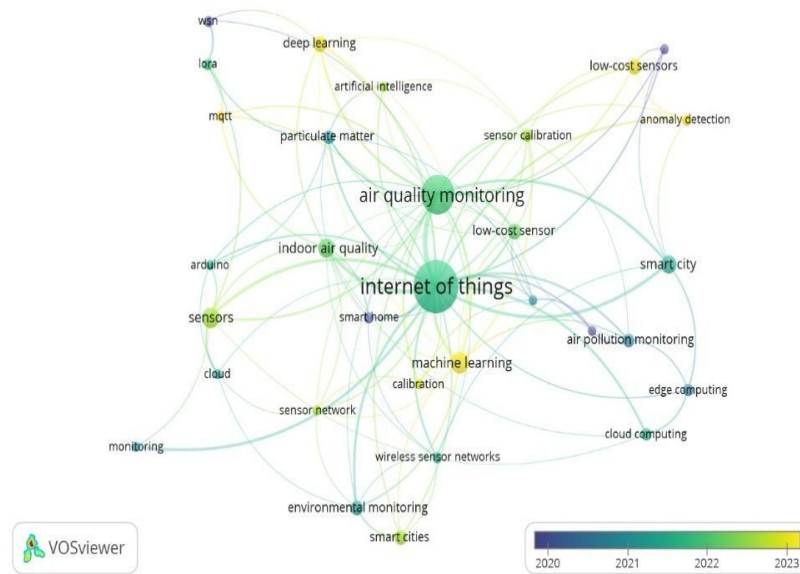
Gambar 4. Negara Asal Jurnal dari Artikel IoT untuk Pemantauan Kualitas Udara

Gambar 4 memperlihatkan bahwa India merupakan negara paling aktif dalam menerbitkan artikel terkait topik IoT untuk pemantauan kualitas udara, dengan total 58 publikasi dalam kurun waktu 2016 hingga 2025. Publikasi artikel terbanyak kedua adalah China, disusul oleh Spanyol di posisi ketiga, dan kemudian negara-negara lainnya. Berdasarkan diagram tersebut, tercatat sebanyak 20 negara telah menerbitkan artikel sesuai dengan kata kunci penelitian dalam rentang waktu tersebut. Data dari *website* Scopus disimpan dalam format CSV, yang kemudian digunakan dalam perangkat lunak *VOSviewer* untuk mencapai hasil analisis bibliometrik. Setelah data CSV dimasukkan pada *software VOSviewer* diperoleh 734 istilah dengan 26 istilah paling mendekati. Dengan memilih jumlah kemunculan minimal kata berulang yang digunakan adalah 5 istilah, diperoleh tampilan seperti Gambar 5.

Gambar 5. Visualisasi Perolehan Istilah Menggunakan *Software VOSviewer*Gambar 6. *Circles Network Visualization*

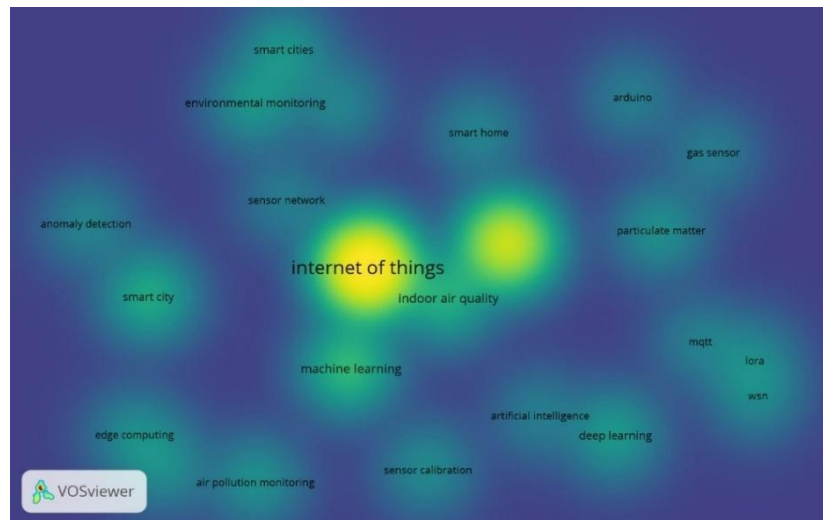
Berdasarkan hasil visualisasi jaringan, yang dihasilkan melalui *VOSviewer* pada Gambar 6, memperlihatkan lima kluster utama yang mencakup 20 topik terkait penerapan IoT dalam pemantauan kualitas udara, yaitu:

1. Kluster pertama (berwarna hijau) mencakup empat topik, yaitu: *internet of things*, *smart city*, *anomaly detection*, dan *edge computing*.
2. Kluster kedua (berwarna merah) mencakup lima topik, yaitu: *environmental monitoring*, *sensor network*, *smart cities*, *indoor air quality*, dan *smart home*.
3. Kluster ketiga (berwarna kuning) mencakup tiga topik, yaitu: *arduino*, *gas sensor*, dan *particulate matter*.
4. Kluster keempat (berwarna ungu) mencakup tiga topik, yaitu: *machine learning*, *sensor calibration*, dan *air pollution monitoring*.
5. Kluster kelima (berwarna biru) mencakup lima topik, yaitu: *mqtt*, *lora*, *wsn*, *artificial intelligence*, dan *deep learning*.



Gambar 7. *Frames Overlay Visualization*

Gambar 7 menunjukkan tren tahunan topik artikel dalam jurnal yang diindeks oleh Scopus. Skema warna ungu, biru, biru kehijauan, hijau tua, hijau muda, kuning menunjukkan tren dari tahun terlama ke tahun terbaru. Hal ini diartikan bahwa topik “indoor air quality”, “sensors”, dan “sensor network” dengan warna hijau muda dan “machine learning”, “deep learning”, “low-cost sensors”, dan “anomaly detection” dengan warna kuning adalah topik terbaru yang berhubungan dengan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT. Topik ini dapat menjadi referensi keterbaruan untuk penelitian selanjutnya.



Gambar 8. *Density Visualization*

Gambar 8 menunjukkan hasil visualisasi kerapatan *VOSviewer*. Warna kuning yang lebih terang menunjukkan kerapatan topik penelitian. Semakin terang warna sebuah topik, semakin banyak penelitian yang telah dilakukan. Warna yang lebih gelap menunjukkan bahwa penelitian tentang subjek tersebut belum banyak dilakukan. Topik yang tidak terlalu terang seperti “sensor network”, “deep learning”, “anomaly detection”, “air pollution monitoring”, “arduino”, “smart home”, “gas sensor”, “artificial intelligence”, “sensor calibration”, edge computing adalah topik yang dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian yang akan datang.

Hasil analisis pemetaan pada Gambar 7 dan Gambar 8 memiliki topik yang terkait yaitu “*sensor network*”, “*anomaly detection*”, dan “*deep learning*”. Artinya topik tersebut masih jarang diteliti dalam penelitian terkait IoT untuk pemantauan kualitas udara, dan ini dapat menjadi topik baru mengenai penelitian dan sumber referensi untuk kemajuan penelitian tambahan, serta dapat membuka peluang inovasi baru dalam pengembangan sistem pemantauan udara yang lebih cerdas, efisien, dan adaptif terhadap dinamika lingkungan dan perkembangan teknologi terkini.

D. KESIMPULAN

Tren penulisan artikel tentang IoT untuk pemantauan kualitas udara mengalami fluktuasi selama periode 2016–2025. Peningkatan signifikan terjadi mulai 2018 dan mencapai dua puncak pada tahun 2020 dan 2023. Namun, jumlah publikasi artikel menurun dari tahun 2024–2025. *Internet of things mobile-air pollution monitoring system (IoT-Mobair)* merupakan artikel tentang IoT untuk pemantauan kualitas udara dengan jumlah kutipan paling banyak. Jurnal yang memuat artikel tentang IoT untuk pemantauan kualitas udara terbanyak yaitu *Sensors*. India adalah negara yang paling banyak menerbitkan artikel tentang IoT untuk pemantauan kualitas udara. Hasil Analisis pemetaan yang dilakukan menggunakan *software VOSViewer* mencakup tiga topik yang berkaitan dengan IoT untuk pemantauan kualitas udara, yaitu “*sensor network*”, “*anomaly detection*”, dan “*deep learning*” yang masih jarang diteliti dan menjadi subjek penelitian baru. Hal ini dapat menjadi peluang untuk penelitian berikutnya.

E. DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Waworundeng and O. Lengkong, “Sistem Monitoring dan... v Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruangan dengan Platform IoT Indoor Air Quality Monitoring and Notification System with IoT Platform”.
- [2] J. Saini, M. Dutta, and G. Marques, “Indoor air quality monitoring systems based on internet of things: A systematic review,” Jul. 02, 2020, *MDPI AG*. doi: 10.3390/ijerph17144942.
- [3] M. A. Duesa and K. R. T. P. Sari, “Monitoring and Notification System Air Quality Against Carbon Monoxide in The Study Room IoT based,” *INTENSIF: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Penerapan Teknologi Sistem Informasi*, vol. 5, no. 1, pp. 121–133, Feb. 2021, doi: 10.29407/intensif.v5i1.14844.
- [4] R. Purbakawaca and S. A. Fauzan, “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbiaya Rendah Berbasis IoT,” *Jurnal Talenta Sipil*, vol. 5, no. 1, p. 118, Feb. 2022, doi: 10.33087/talentsipil.v5i1.104.
- [5] N. Wanabil, A. Rosadi, A. Haq, and U. M. Surabaya, “Prosiding Nasional,” 2024.
- [6] F. A. Habibi and U. Zaky, “SISTEM MONITORING TINGKAT KUALITAS UDARA DAN OPTIMASI SENSOR MENGGUNAKAN INTERNET OF THINGS BERBASIS ANDROID,” *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains*, vol. 7, no. 2, pp. 650–658, 2025, [Online]. Available: <https://commons.wikimedia.org/>
- [7] Fredy Agung Dwi Cahyono and Denny Irawan, “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Dan Kontrol Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Iot,” *Elkom: Jurnal Elektronika dan Komputer*, vol. 17, no. 2, pp. 468–476, Dec. 2024, doi: 10.51903/elkom.v17i2.2208.
- [8] N. Donthu, S. Kumar, D. Mukherjee, N. Pandey, and W. M. Lim, “How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines,” *J Bus Res*, vol. 133, pp. 285–296, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.jbusres.2021.04.070.
- [9] M. Aria and C. Cuccurullo, “bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis,” *J Informetr*, vol. 11, no. 4, pp. 959–975, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>.

- [10] L. Setiyani and Y. Rostiani, "Analisis Bibliometrik Perkembangan Penelitian Adopsi E-Commerce Menggunakan VOSViewer," *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol. 6, no. 2, p. 207, Dec. 2021, doi: 10.31544/jtera.v6.i2.2021.207-214.
- [11] J. B. Hernández, S. Chalela, J. V. Arias, and A. V. Arias, "Research trends in the study of ICT based learning communities: A bibliometric analysis," *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 13, no. 5, pp. 1539–1562, May 2017, doi: 10.12973/eurasia.2017.00684a.
- [12] R. Julius *et al.*, "Bibliometric Analysis of Research in Mathematics Education using Scopus Database," 2021, *Modestum LTD*. doi: 10.29333/EJMSTE/11329.
- [13] S. Dhingra *et al.*, "Internet of Things Mobile-Air Pollution Monitoring System (IoT-Mobair)," *IEEE Internet Things J*, vol. XX, 2018, [Online]. Available: http://www.ieee.org/publications_standards/publications/rights/index.html
- [14] M. Benammar, A. Abdaoui, S. H. M. Ahmad, F. Touati, and A. Kadri, "A modular IoT platform for real-time indoor air quality monitoring," *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 2, Feb. 2018, doi: 10.3390/s18020581.
- [15] J. Jo, B. Jo, J. Kim, S. Kim, and W. Han, "Development of an IoT-Based indoor air quality monitoring platform," *J Sens*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/8749764.