

Tren Penelitian IoT dalam Pembelajaran Berbasis STEM pada Pendidikan Fisika: *Bibliometric Analysis*

Algi Nurahman Miladanta*, Chaerul Rochman, Yulia Sukmawardani, dan Ade Yeti Nuryantini

Program Studi Magister Tadris IPA Pascasarjana, UIN Sunan Gunung Djati Bandung

*E-mail: anm130600@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini mengkaji tren penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam pembelajaran fisika berbasis STEM. Tujuannya adalah untuk menelusuri perkembangan penelitian dalam konteks pendidikan serta mengungkap pola kolaborasi dan dampak ilmiahnya. Metode analisis bibliometrik digunakan dengan bantuan *Publish or Perish* (PoP) dan *VOSviewer* untuk mengumpulkan data kutipan, memetakan tren topik, dan memvisualisasikan jejaring kolaborasi. Analisis dari *Google Scholar* dan *Scopus* menunjukkan peningkatan minat terhadap integrasi IoT dalam pendidikan STEM, meskipun masih menghadapi tantangan dalam hal visibilitas dan dampak penelitian. Hasil temuan menegaskan pentingnya penguatan fokus pada implementasi IoT dalam pembelajaran fisika dan peningkatan kerja sama antara peneliti. Penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk lebih menekankan aspek penerapan, memperluas kolaborasi, serta meningkatkan kontribusi riset terhadap perkembangan pendidikan STEM.

Kata kunci: *Internet of Things, Pembelajaran Fisika, STEM, Bibliometrik*

Abstract. This study explores trends in the application of the Internet of Things (IoT) in physics education within the STEM framework. It aims to examine the development of research in educational contexts and to identify patterns of collaboration and scientific impact. A bibliometric analysis was conducted using Publish or Perish (PoP) and VOSviewer to collect citation data, map research trends, and visualize collaboration networks. Analysis from Google Scholar and Scopus indicates a growing interest in integrating IoT into STEM education, although challenges remain regarding research visibility and impact. The findings highlight the need to strengthen the focus on IoT implementation in physics education and to enhance collaboration among researchers. Future research is recommended to emphasize practical application, expand collaborative efforts, and increase contributions to the advancement of STEM-based education.

Keywords: *Internet of Things, Physics Learning, STEM, Bibliometric*

1. Pendahuluan

Perkembangan era digital yang sangat maju menjadikan tantangan besar dalam dunia pendidikan [1]. Kebutuhan akan keterampilan yang terkait dengan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) semakin mendesak [2]. Kemampuan untuk berpikir kritis, berinovasi, dan memecahkan masalah kompleks menjadi semakin penting di tengah perkembangan teknologi yang pesat [3]. Pendidikan STEM menjadi solusi yang menekankan juga pada penerapan praktisnya di

dunia nyata [4]. Pendekatan STEM bertujuan untuk mengembangkan keterampilan generasi muda agar siap menghadapi tantangan masa depan [5]. Inovasi teknologi yang sangat relevan dengan pendidikan STEM saat ini salah satunya adalah *Internet of Things* (IoT) [6], [7].

IoT dapat menciptakan ekosistem yang saling terintegrasi sehingga memungkinkan berbagai perangkat untuk terhubung dan berkomunikasi melalui internet [8]. Teknologi ini menawarkan peluang besar dalam konteks pendidikan untuk meningkatkan proses pembelajaran [9]. Hal ini sejalan dengan penelitian Ritonga (2020) di SMK Jakarta 1 yang menunjukkan bahwa pelatihan IoT menggunakan sensor cahaya dan suhu dalam skema monitoring mampu meningkatkan kompetensi siswa secara signifikan melalui pendekatan kerja kelompok dan pembelajaran kontekstual [10]. Selain itu pada penelitian Puspita (2025) berhasil mengembangkan alat pendekripsi banjir berbasis sensor ultrasonik, ESP-32, dan sistem notifikasi *real-time* juga terbukti efektif sebagai media pembelajaran fisika pada konsep fluida dinamis di SMA Negeri 9 Sigi [11]. Sensor IoT dapat digunakan dalam eksperimen fisika untuk menyediakan data *real-time*. Hal ini dapat meningkatkan keakuratan data dan membuat pembelajaran lebih interaktif dan menarik [12].

Penerapan teori fisika dalam praktik nyata sering kali menjadi tantangan di lingkungan sekolah. Implementasi IoT dalam pembelajaran fisika dapat menjadi solusi untuk masalah ini [13]. Penggunaan perangkat IoT memungkinkan peserta didik melakukan eksperimen fisika yang lebih mendalam dan akurat. Sensor IoT dapat secara langsung mengukur berbagai parameter fisika seperti kecepatan, suhu, dan tekanan [14]. Penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini meningkatkan pemahaman dan keterlibatan peserta didik dalam belajar fisika [15].

Diperlukan analisis bibliometrik untuk mengidentifikasi sejauh mana penelitian tentang penerapan IoT dalam pembelajaran fisika berbasis STEM telah berkembang. Metode analisis bibliometrik digunakan untuk menelusuri literatur ilmiah, mengidentifikasi tren penelitian, serta menentukan pengaruh dan pola kolaborasi di antara peneliti [16]. Metode ini sangat berguna dalam bidang pendidikan untuk memahami dinamika dan arah perkembangan penelitian STEM dan IoT. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa analisis bibliometrik dapat mengidentifikasi topik-topik tren temporal dan memetakan jaringan kolaborasi antara peneliti [17].

Tren penelitian saat ini lebih berfokus pada pengembangan media IoT secara umum daripada penerapannya secara spesifik dalam pembelajaran fisika di sekolah [18], [19]. Hal ini mencerminkan upaya dalam memanfaatkan teknologi IoT untuk meningkatkan pengalaman belajar peserta didik dalam fisika. Meskipun pada implementasinya masih terbatas atau sedang berkembang [20]. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pemetaan tren penelitian mengenai penerapan IoT dalam pembelajaran fisika berbasis STEM di sekolah menggunakan analisis bibliometrik. Penelusuran dilakukan dengan literatur berupa publikasi jurnal ilmiah yang terbit dalam rentang waktu 2019 hingga 2024. Penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai perkembangan penelitian IoT dalam pembelajaran fisika berbasis STEM.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis bibliometrik dengan tahap pengumpulan data dimulai dari identifikasi, penyaringan, kelayakan dan inklusi [21]. Bibliometrik bertujuan untuk mengukur kemajuan publikasi artikel ilmiah dan kontribusi ilmiah [22]. Tahap identifikasi melibatkan pencarian kata kunci "IoT", "STEM" dan "Physics Learning" di basis data ilmiah *Google Scholar* dan *Scopus* dari tahun 2019-2024 untuk mengidentifikasi artikel jurnal ilmiah yang relevan. Artikel yang sesuai akan masuk pada tahap penyaringan berdasarkan kriteria inklusi yang mencakup fokus pada penelitian IoT dalam pendidikan fisika berbasis STEM. Kriteria ini akan memastikan bahwa hanya artikel-artikel yang relevan dan berkontribusi signifikan terhadap topik ini yang

dipertimbangkan lebih lanjut [23]. Pada tahap kelayakan artikel-artikel yang lolos akan dievaluasi untuk menentukan kelayakannya berdasarkan kualitas metodologi dan relevansi terhadap topik penelitian. Terakhir dalam tahap inklusi, artikel-artikel yang memenuhi semua kriteria inklusi akan dimasukkan ke dalam analisis bibliometrik.

Analisis bibliometrik ini akan menggunakan alat bantu *software Publish or Perish* (PoP) tahun 2024 versi v8.2.3944.8118 dari pengembang Tarma Software Research Ltd. POP digunakan untuk mengumpulkan data kutipan. Selanjutnya *software VOSViewer* tahun 2023 versi v1.6.20 dari pengembang Leiden University's untuk memvisualisasikan jaringan kolaborasi antar peneliti serta memetakan tren penelitian secara grafis [24].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pemetaan Bibliometrik Hasil Google Scholar

Pengumpulan data hasil *Google Scholar* pada pemetaan bibliometrik secara keseluruhan mencakup data matriks kutipan, jumlah publikasi, *network visualization*, *overlay visualization*, *density visualization* yang kemudian hasilnya akan dianalisis. Hasil pemetaan bibliometrik *Google Scholar* pada matriks kutipan disajikan pada Gambar 1.

Citation metrics		Help
Publication years:	2019-2024	
Citation years:	5 (2019-2024)	
Papers:	500	
Citations:	12641	
Cites/year:	2528.20	
Cites/paper:	25.28	
Authors/paper:	3.35	
h-index:	55	
g-index:	100	
hI,norm:	27	
hI,annual:	5.40	
hA-index:	31	
Papers with ACC >= 1,2,5,10,20:	373,299,187,113,55	

Gambar 1. Matriks Kutipan *Google Scholar*

Berdasarkan hasil penelusuran metadata tentang IoT pada Pembelajaran Fisika berbasis STEM dari metrik kutipan luaran *PoP database Google Scholar* lima tahun terakhir (2019-2024) diperoleh sebanyak 500 artikel. Jumlah artikel tersebut mengumpulkan 12.641 kutipan dengan rata-rata 25,28 kutipan per artikel. Hal ini mengindikasikan pengakuan dan pengaruh yang luas. Indeks h sebesar 55 dan indeks g sebesar 100 mencerminkan banyaknya artikel yang sangat sering dikutip. Sementara indeks *hI,norm* sebesar 27 dan *hI,annual* sebesar 5,40 menunjukkan konsistensi dan dampak tahunan yang signifikan. Kolaborasi antar penulis juga terlihat dengan rata-rata 3,35 penulis per artikel. Sebanyak 55 artikel memiliki setidaknya 20 kutipan, menegaskan dasar penelitian yang kuat dan berpengaruh. Secara keseluruhan, metrik ini menyoroti kontribusi penting penelitian IoT dalam pendidikan STEM berbasis pembelajaran terhadap pendidikan fisika, menunjukkan bahwa bidang ini tidak hanya produktif tetapi juga relevan dan berdampak besar di komunitas akademik.

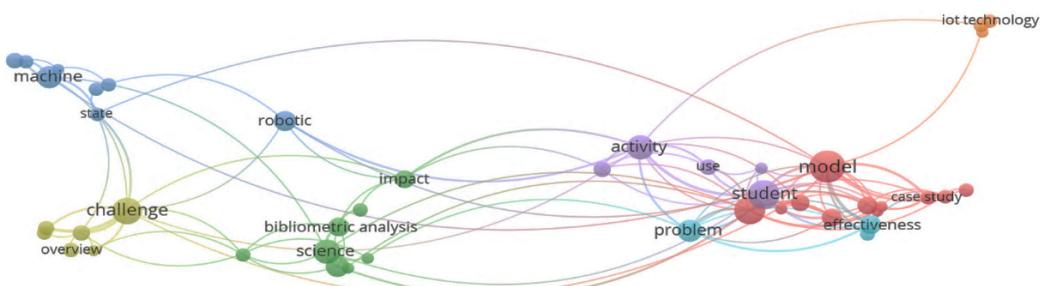
Distribusi jumlah artikel selama lima tahun terakhir terlihat pada Tabel 1. Jumlah publikasi terbanyak pada tahun 2023 sebanyak 124 artikel. Pengambilan data pada 28 Juni 2024 tahun ini sudah sebanyak 44 publikasi. Jumlah publikasi paling sedikit pada tahun 2019 sebanyak 46 artikel.

Distribusi hasil jumlah artikel ini kemudian dilakukan pemetaan *network visualization* yang terlihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Sebuah tabel yang sedikit lebih kompleks dengan keterangan yang sempit.

Tahun Publikasi	Jumlah Publikasi
2019	46
2020	82
2021	97
2022	107
2023	124
2024	44
Total	500

Network visualization pada gambar 2 mengungkapkan bahwa penelitian di bidang ini sangat berfokus pada pengembangan model pembelajaran berbasis IoT yang efektif untuk peserta didik, mengatasi masalah pembelajaran, dan menilai efektivitasnya. Kata kunci seperti "student," "model," dan "effectiveness" berada di pusat jaringan yang artinya menunjukkan pentingnya topik ini. Tantangan dan pandangan umum tentang penerapan IoT dalam pendidikan STEM juga menjadi perhatian utama, tercermin dalam koneksi yang kuat dengan "challenge" dan "overview". Penelitian tentang penggunaan mesin dan robotik dalam pendidikan juga terlihat signifikan dengan keterkaitan kata kunci "machine" dan "robotic."

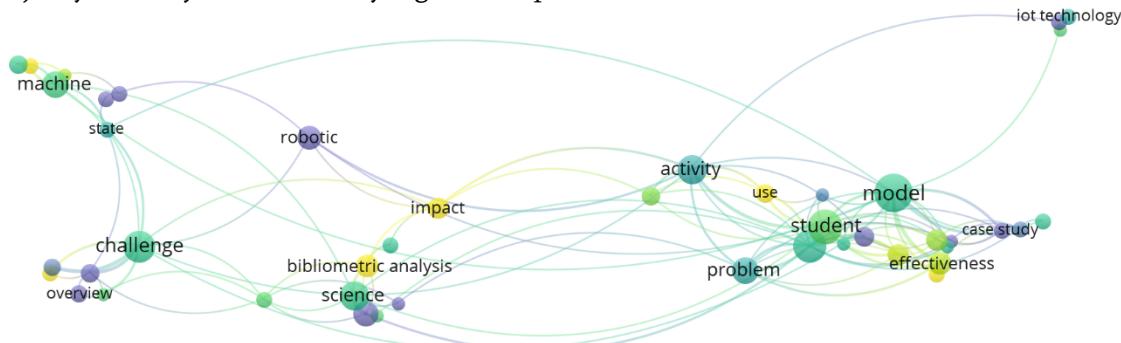


Gambar 2. Network Visualization Google Scholar

Network visualization mengidentifikasi beberapa klaster tematik yang terpisah berdasarkan warna. Klaster merah mendominasi dengan fokus pada "student," "model," dan "problem," menekankan pengembangan model pembelajaran IoT dan penilaian efektivitasnya. Klaster kuning berfokus pada "challenge" dan "overview," mencerminkan tantangan umum dan pandangan menyeluruh dalam penelitian ini. Klaster biru berkaitan dengan "machine," "state," dan "robotic," menunjukkan penelitian pada penggunaan teknologi mesin dan robotik dalam pendidikan STEM. Klaster hijau menyoroti "bibliometric analysis," "impact," dan "science," menunjukkan pentingnya analisis bibliometrik dalam mengukur dampak ilmiah penelitian ini. Klaster ungu menghubungkan "activity," "use," dan "problem," yang menunjukkan fokus pada aktivitas pembelajaran dan penggunaan teknologi IoT.

Analisis bibliometrik, yang berhubungan dengan "impact" dan "science," digunakan secara luas untuk mengukur dampak ilmiah dari penelitian ini, mendukung pengembangan lebih lanjut dalam sains pendidikan. Visualisasi ini menunjukkan interaksi kompleks berbagai tema penelitian IoT dalam pendidikan STEM dan mengidentifikasi klaster tematik yang saling berhubungan. Maka dapat

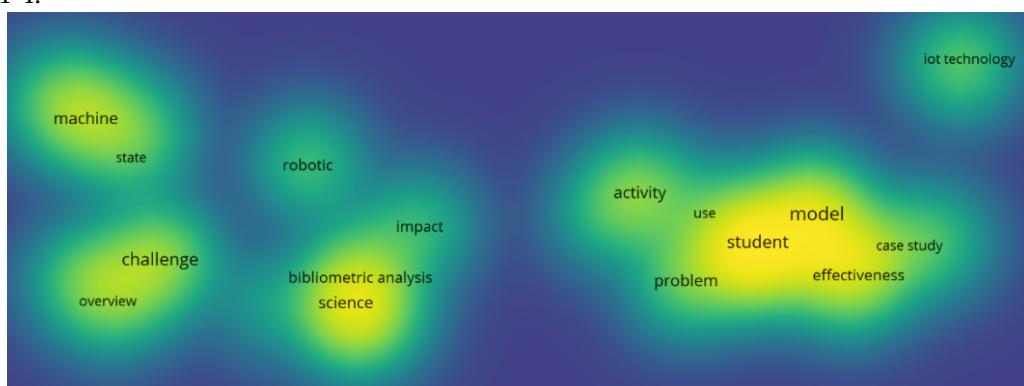
memberikan pandangan mendalam tentang tren dan fokus utama dalam bidang ini. Pemetaan selanjutnya *overlay visualization* yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Overlay Visualization Google Scholar

Pada pemetaan *overlay visualization* menunjukkan perkembangan temporal dari berbagai topik penelitian di bidang ini. Topik terbaru yang ditandai dengan warna kuning, seperti "impact," "science," "use," "effectiveness," dan "case study," menunjukkan peningkatan minat dalam mengukur dampak dan efektivitas implementasi IoT dalam pendidikan STEM melalui studi kasus. Di sisi lain, topik yang diteliti lebih awal dengan warna biru, seperti "machine," "state," "robotic," "challenge," dan "overview," mencerminkan fokus awal penelitian pada teknologi dasar dan tantangan dalam penerapannya.

Topik yang konsisten menjadi fokus penelitian dari waktu ke waktu, yang ditandai dengan warna hijau, meliputi "student," "model," dan "problem," menunjukkan prioritas berkelanjutan dalam pengembangan model pembelajaran IoT untuk peserta didik dan penyelesaian masalah implementasi. Keterkaitan antara "activity," "impact," dan "bibliometric analysis" mencerminkan usaha untuk tidak hanya mengimplementasikan teknologi IoT tetapi juga mengevaluasi dampaknya secara ilmiah. Secara keseluruhan, visualisasi ini memberikan pandangan mendalam tentang bagaimana fokus penelitian telah berkembang dari teknologi dasar ke evaluasi dampak dan efektivitas implementasi IoT dalam pendidikan STEM, mencerminkan tren dan prioritas yang dinamis dalam bidang ini. Pemetaan terakhir melihat peta *density visualization* yang disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Density Visualization Google Scholar

Peta *density visualization* yang dihasilkan melalui *VOSviewer* menyoroti beberapa klaster tematik utama. Klaster paling menonjol, yang berpusat pada istilah seperti "student," "model," "activity," dan "effectiveness," menunjukkan fokus kuat pada implementasi praktis dan dampak teknologi IoT dalam pengaturan pendidikan. Klaster yang mengandung istilah "challenge",

"*overview*", dan "*science*" mengindikasikan pemeriksaan menyeluruh tentang kesulitan dan kondisi umum IoT dalam pendidikan STEM. Kehadiran istilah seperti "*machine*", "*robotic*", dan "*impact*" dalam klaster lain menekankan aspek teknologi dan analitis dari bidang penelitian ini. Selain itu, "*bibliometric analysis*" dan "*science*" menekankan pendekatan metodologis yang digunakan dalam studi ini. Secara keseluruhan, peta ini secara visual merepresentasikan berbagai area penelitian dan menekankan sifat multidisipliner dari aplikasi IoT dalam pendidikan STEM, khususnya dalam konteks fisika

3.2. Pemetaan Bibliometrik Hasil Scopus

Pengumpulan data hasil *Scopus* pada pemetaan bibliometrik juga secara keseluruhan mencakup data matriks kutipan, jumlah publikasi, *network visualization*, *overlay visualization*, *density visualization* yang kemudian akan dianalisis hasilnya. Hasil pemetaan bibliometrik *Scopus* pada matriks kutipan terlihat pada Gambar 5.

Citation metrics		Help
Publication years:	2019-2024	
Citation years:	5 (2019-2024)	
Papers:	6	
Citations:	29	
Cites/year:	5.80	
Cites/paper:	4.83	
Authors/paper:	1.00	
h-index:	3	
g-index:	5	
hI,norm:	3	
hI,annual:	0.60	
hA-index:	2	
Papers with ACC >= 1,2,5,10,20:		
	5,2,0,0,0	

Gambar 5. Matriks Kutipan *Scopus*

Berdasarkan matriks bibliometrik dari *Scopus* menunjukkan hasil yang menarik. Selama periode 2019-2024 terdapat 6 artikel yang diterbitkan dengan total 29 kutipan. Kutipan per tahun menghasilkan rata-rata 5.80 dan 4.83 kutipan per artikel. Setiap artikel ditulis oleh rata-rata 1 penulis. Indeks h yang dicapai adalah 3, sementara *g-index* mencapai 5. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun jumlah publikasi terbatas namun beberapa artikel memiliki dampak yang signifikan. Indeks lainnya seperti *hI,norm* 3 dan *hA-index* 2 mencerminkan produktivitas dan pengaruh penulis dalam jangka panjang. Distribusi artikel dengan jumlah kutipan tertentu (ACC \geq 1, 2, 5, 10, 20) menunjukkan bahwa terdapat 5 artikel yang memiliki setidaknya satu kutipan dan 2 artikel yang memiliki dua kutipan, namun tidak ada artikel yang mencapai lebih dari lima kutipan. Data ini menyoroti tantangan dalam meningkatkan visibilitas dan dampak penelitian terkait IoT dalam pendidikan STEM berbasis fisika di *database Scopus* [25]. Hasil artikel *Scopus* selama lima tahun terakhir terkait penerapan IoT pada pembelajaran Fisika berbasis STEM terlihat pada Tabel 2. Kata kunci yang digunakan sama dengan pencarian pada *Google Scholar*. Jumlah publikasi artikel setiap tahunnya memiliki jumlah yang sama dengan jumlah 6 artikel selama 5 tahun terakhir. Data tahun 2024 bisa saja bertambah atau masih dengan jumlah pengambilan saat ini.

Distribusi hasil pemetaan *network visualization* disajikan pada Gambar 6. *Network visualization* *Scopus* yang disajikan dalam gambar 6 menunjukkan tren penelitian yang saling terkait tentang IoT dalam pembelajaran STEM, khususnya yang berkontribusi pada pendidikan fisika. Kata kunci

seperti "work progress" dan "IoT lab" menyoroti perkembangan dan penerapan praktis teknologi IoT dalam lingkungan pendidikan.

Tabel 2. Jumlah publikasi Scopus IoT pada pembelajaran Fisika berbasis STEM 2019-2024

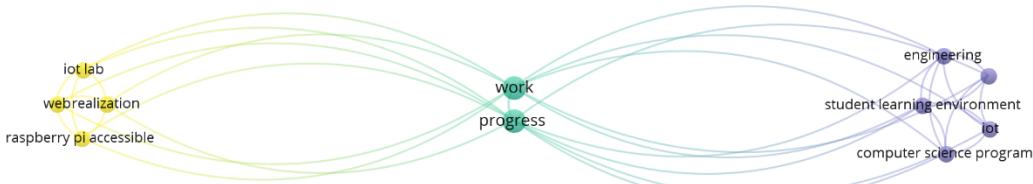
Tahun Publikasi	Jumlah Publikasi
2019	1
2020	1
2021	1
2022	1
2023	1
2024	1
Total	6

Koneksi yang ditunjukkan mengindikasikan adanya hubungan yang kuat antara implementasi praktis seperti "raspberry pi accessible" dan "webrealization" dan kerangka akademik seperti "student learning environment" dan "computer science program". Visualisasi ini menekankan sifat interdisipliner dari penelitian IoT dalam STEM, yang menghubungkan bidang teknik dan ilmu komputer dengan metodologi pendidikan. Analisis komprehensif ini menyoroti upaya kolaboratif dan lanskap yang berkembang dari integrasi IoT dalam pendidikan fisika, memberikan wawasan mengenai arah masa depan untuk meningkatkan kurikulum STEM.



Gambar 6. Network Visualization Scopus

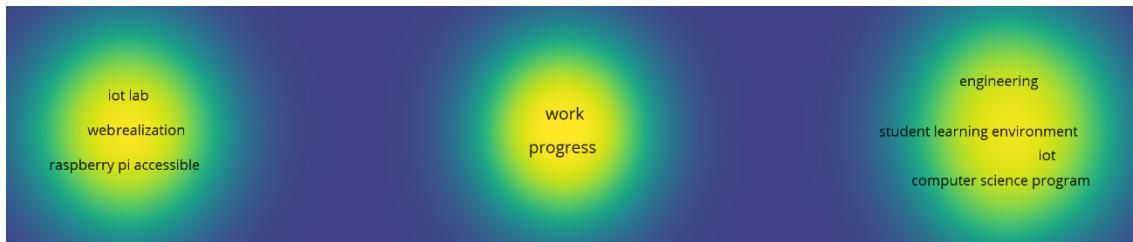
Pemetaan selanjutnya, hasil distribusi *overlay visualization Scopus* terlihat pada Gambar 7. Visualisasi *overlay* yang ditampilkan dalam gambar ini menggambarkan perkembangan temporal dari tren penelitian tentang IoT dalam pembelajaran berbasis STEM, khususnya yang berkontribusi pada pendidikan fisika. Warna gradien menunjukkan evolusi waktu, di mana warna kuning menunjukkan penelitian terbaru pada tahun 2024, sementara warna biru menunjukkan penelitian yang lebih awal pada tahun 2022. Node seperti "iot lab" dan "webrealization" menunjukkan penelitian awal yang berfokus pada pengembangan laboratorium IoT dan realisasi web. Sementara itu, node seperti "engineering", "student learning environment", dan "computer science program" yang berada di area berwarna lebih terang menunjukkan fokus penelitian yang lebih baru dan lebih relevan terhadap lingkungan belajar peserta didik dan program ilmu komputer.



Gambar 7. Overlay Visualization Scopus

Visualisasi ini memberikan wawasan mengenai arah perkembangan penelitian dan bagaimana fokus penelitian telah bergeser dari implementasi teknis ke aplikasi praktis dalam pendidikan. Hal ini

menyoroti pentingnya integrasi teknologi IoT dalam kurikulum STEM untuk meningkatkan pengalaman belajar peserta didik dalam pendidikan fisika. Berikut disajikan hasil *density visualization Scopus* pada Gambar 8.



Gambar 8. Density Visualization Scopus

Analisis *density visualization* terhadap tren penelitian IoT dalam pembelajaran berbasis STEM mengidentifikasi tiga area utama yaitu implementasi praktis melalui pengembangan *IoT lab*, pemanfaatan perangkat keras terjangkau seperti *raspberry pi accessible*, dan keberlanjutan arah penelitian dan integrasinya ke dalam program pendidikan yang lebih luas seperti teknik dan ilmu komputer. Klaster pertama menyoroti aspek praktis dan eksperimental dari IoT dalam pendidikan STEM, menunjukkan tren menuju lingkungan belajar yang praktis dan dapat diakses. Klaster kedua menunjukkan sifat dinamis dan berkembang dari penelitian IoT, dengan fokus pada upaya dan kemajuan berkelanjutan. Klaster ketiga menghubungkan domain pendidikan yang lebih luas dan program spesifik yang mengintegrasikan IoT, menunjukkan pendekatan multidisipliner yang mencakup berbagai bidang STEM dengan fokus pada peningkatan lingkungan belajar peserta didik. Visualisasi ini memberikan gambaran jelas tentang tren penelitian saat ini dalam IoT di pendidikan STEM, menyoroti aspek praktis, penelitian, dan pendekatan interdisipliner untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik.

Berdasarkan analisis bibliometrik yang dilakukan terhadap penelitian tentang penerapan IoT dalam pembelajaran fisika berbasis STEM terdapat perbedaan signifikan antara hasil yang diperoleh dari *Google Scholar* dan *Scopus*. *Google Scholar* menunjukkan tingginya minat dan pengakuan terhadap topik ini. Sedangkan hasil *Scopus* menunjukkan keterbatasan visibilitas dan dampak penelitian terkait IoT dalam pendidikan STEM berbasis fisika. Meskipun demikian beberapa artikel dalam *Scopus* memiliki dampak yang signifikan. Hal ini menyoroti potensi penelitian yang lebih terfokus dan berkualitas tinggi untuk meningkatkan pengaruh penelitian dalam bidang ini. Dengan demikian, perbandingan ini memberikan gambaran komprehensif tentang minat, visibilitas, dan dampak penelitian IoT dalam pendidikan fisika berbasis STEM. Hal ini juga menunjukkan arah untuk penelitian lebih lanjut guna meningkatkan kualitas dan relevansi penelitian di masa depan.

Penelitian IoT dalam pembelajaran fisika berbasis STEM di masa depan terdapat beberapa rekomendasi. Peneliti diharapkan untuk lebih memperkuat pengembangan media IoT yang spesifik dalam konteks pembelajaran fisika di sekolah. Sejalan dengan tren penelitian yang menunjukkan fokus pengembangan media IoT secara umum daripada penerapannya secara spesifik dalam pembelajaran fisika [26]. Hal ini didasari oleh analisis distribusi artikel *Scopus* yang menyoroti tantangan dalam meningkatkan visibilitas dan dampak penelitian terkait IoT dalam pendidikan STEM berbasis fisika [27]. Rekomendasi ini selaras dengan temuan Ardiyanti (2022) yang menunjukkan bahwa bahan ajar fisika berbasis STEM untuk kelas X telah berhasil dikembangkan dan divalidasi dengan hasil sangat layak digunakan sebagai sumber belajar [28]. Kolaborasi antara peneliti juga perlu ditingkatkan untuk memperluas wawasan, mempercepat inovasi, dan meningkatkan kualitas penelitian. Rekomendasi ini diharapkan menjadi panduan

untuk penelitian di masa depan dalam meningkatkan pembelajaran dan pengalaman peserta didik serta pengembangan pendidikan fisika berbasis STEM.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa terdapat minat yang signifikan dari para peneliti dalam menggali potensi teknologi IoT untuk meningkatkan pengalaman belajar peserta didik dalam fisika. Meskipun terdapat perbedaan dalam hasil analisis antara *Google Scholar* dan *Scopus*, kedua platform menunjukkan pentingnya pengembangan media IoT yang spesifik dalam konteks pembelajaran fisika di sekolah. Rekomendasi untuk penelitian di masa depan mencakup peningkatan fokus pada penerapan IoT dalam pembelajaran fisika, kolaborasi antara peneliti yang lebih erat, serta upaya untuk meningkatkan visibilitas dan dampak penelitian terkait IoT dalam pendidikan STEM berbasis fisika. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami tren penelitian dan arah pengembangan penelitian IoT dalam pendidikan fisika berbasis STEM, serta memberikan landasan untuk upaya penelitian yang lebih terarah dan berdampak di masa depan.

Daftar Pustaka

- [1] Ainun F P, Mawarni H S, Sakinah L, Lestari N A dan Purna T H 2022 Identifikasi Transformasi Digital Dalam Dunia Pendidikan Mengenai Peluang dan Tantangan di Era Disrupsi *J. Kewarganegaraan* **6**(1) p 1570–1580.
- [2] Manurung L M I, Sukoco Y C dan Sinuhaji M S C 2024 Mengapa Perspektif Kurikulum STEAM penting di abad ke-21? *J. Pembelajaran IPA Terpadu PELITA* **4**(1) p 47–56.
- [3] Guan N H, Bunyamin M A H dan Khamis N 2020 Perspectives of STEM Education from Physics Teachers' Points of View: A Quantitative Study *Univers. J. Educ. Res.* **8**(11C) p 72–82.
- [4] Puspitasari E, Dwi Aristya Putra P dan Handayani R D 2021 Pengembangan Buku Ajar Fisika Berbasis Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) pada Pokok Bahasan Suhu dan Kalor di SMA *J. Literasi Pendidik. Fis.* **2**(1) p 44–52.
- [5] Viviyanti M 2023 Pendidikan STEM: Mempersiapkan Siswa untuk Masa Depan yang Teknologi-Centric *GUAU J. Pendidik. Profesi Guru Agama Islam* **3**(7) p 207–215.
- [6] Habib K, Kai E E T, Saad M H M, Hussain A, Ayob A, dan Ahmad A S S 2021 Internet of Things (IoT) Enhanced Educational Toolkit for Teaching and Learning of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) *IEEE 11th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)* 194–199. doi:10.1109/ICSET53708.2021.9612579.
- [7] Abichandani P, Sivakumar V, Lobo D, Iaboni C and Shekhar P 2022 Internet-of-Things Curriculum, Pedagogy, and Assessment for STEM Education: A Review of Literature *IEEE Access* **10** p 38351–38369.
- [8] Paolone G, Iachetti D, Paesani R, Pilotti F, Marinelli M and Paolino D F 2022 A Holistic Overview of the Internet of Things Ecosystem *IoT* **3**(4) p 398–434.
- [9] Nanade S and Nanade A 2023 Internet of Things (IoT) and Its Important Role In The Progress of Education *J. Namibian Stud. Hist. Polit. Cult.* **33** p 2197–5523.
- [10] Ritonga A F, Wahyu S and Purnomo F O 2020 Implementasi Internet of Things (IoT) untuk Meningkatkan Kompetensi Siswa SMK Jakarta 1 *Risenologi* **5** p 1–8.
- [11] Puspita J, Gustina G, Wahyono U, Untara K A A, Santoso R dan Ilmianih R 2025 Pengembangan Alat Pendekripsi Banjir Berbasis Internet of Things (IoT) sebagai

- Media Pembelajaran Fisika untuk Siswa SMA *JPFT (Jurnal Pendidik. Fis. Tadulako Online)* **12** p 169–177.
- [12] Liana Y R, Linuwih S and Sulhadi S 2020 The Development of Thermodynamics Law Experiment Media Based on IoT: Laboratory Activities Through Science Problem Solving for Gifted Young Scientists *J. Penelit. Pengemb. Pendidik. Fis.* **6**(1) p 51–64.
- [13] Susanti E, Maulidah R A, dan Makiyah Y S 2019 Peran Guru Fisika Di Era Revolusi Industri 4.0 *Difraction* **1**(1) p 48–52.
- [14] Alfitroh M I dan Wardana H K 2023 Rancang Bangun Sistem Monitoring Arus, Tegangan, Kecepatan Putar Turbin dan Suhu Berbasis IoT Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Mini Skala Laboratorium *Rekayasa* **16**(1) p 9–16.
- [15] Sharma S, Gupta K and Gupta D 2021 The Amalgamation of Internet of Things and Recommender Systems *J. Phys. Conf. Ser.* **1969**(1) 012040.
- [16] Kurdi M S dan Kurdi M S 2021 Analisis Bibliometrik dalam Penelitian Bidang Pendidikan: Teori dan Implementasi *J. Educ.* **3**(4) p 518–537.
- [17] Bardakci S, Soylu M Y, Akkoyunlu B and Deryakulu D 2022 Collaborations, concepts, and citations in educational technology: A trend study via bibliographic mapping *Educ. Inf. Technol.* **27**(3) p 4321–4346.
- [18] Susilawati A, Kustiawan I, Rochintaniawati D and Hasanah L 2023 Research Trends About STEM of Internet of Things for Science Teachers: a Bibliometric Analysis *J. Eng. Sci. Technol.* **18**(1) p 41–50.
- [19] Susilawati A, Rochintaniawati D, Permanasari A and Kustiawan I 2022 Research Trends About Internet of Things on Science Education: a Bibliometric Analysis *J. Eng. Sci. Technol.* **17** p 17–24.
- [20] Annisa T R and Haryani F F 2023 Internet of Things For Physics Education Future: A Scoping Review *SNPF (Seminar Nas. Pendidik. Fis.)*.
- [21] Muhammad I and Triansyah F A 2023 Bibliometric Analysis: STEM Research in High Schools (1988-2023) *J. Ilmu Pendidik. STKIP Kusuma Negara* **15**(1) p 102–113.
- [22] Khan A, Hassan M K, Paltrinieri A, Dreassi A and Bahoo S A 2020 bibliometric review of takaful literature *Int. Rev. Econ. Financ.* **69** p 389–405.
- [23] Ratnasari A and Dwisusanto Y B 2024 Pemetaan Bibliometrik Perkembangan Penelitian Biofilik di Indonesia *J. Arsit. ALUR* **7**(1) p 1–11.
- [24] Eck N J V and Waltman L 2023 VOSviewer.
- [25] Dewi I S dan Jauharyah M N R 2021 Analisis Bibliometrik Implementasi Pembelajaran Fisika Berbasis STEM pada Tahun 2011-2021 *J. Ilm. Pendidik. Fis.* **5**(3) 368.
- [26] Supriyadi E, Turmudi, Dahlan J A and Juandi D 2023 Publication Trends from STEAM in Education from Scopus Database: Bibliometric Analysis *J. Penelit. Pendidik. IPA* **9**(6) p 104–111.
- [27] Lima C C D, Schlemmer E and Morgado L 2020 Internet das Coisas e Educação: uma revisão sistemática da literatura *Res. Soc. Dev.* **9**(11) p e6039119674.
- [28] Ardiyanti F, Ristanto S dan Nuroso H 2022 Pengembangan Bahan Ajar Fisika Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) untuk SMA Kelas X Semester Ganjil *Lontar Phys. Today* **1**(3) p 113–119.