



Analisis Masalah dan Tantangan Kurikulum Pembelajaran IPA Sains di Sekolah: Systematic Literature Review dan analisis Bibliometric terhadap Publikasi Tahun 2021-2025

Sri Nur Koimah^{1*}, Chaerul Rochman², Adam Malik³

^{1,2,3}Program Studi Tadris IPA, Pascasarjana, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung, Indonesia.

DOI: <https://doi.org/10.29303/jppipa.v6i1.264>

Received: 02 January 2026

Revised: 23 March 2026

Accepted: 30 March 2026

Abstract: This study analyzes the main issues and challenges in implementing the science curriculum in schools through a Systematic Literature Review (SLR) approach combined with bibliometric analysis of 200 indexed international journal articles published between 2021 and 2025. Data were collected using a structured search strategy with clear inclusion criteria, then analyzed quantitatively using VosViewer software through keyword co-occurrence analysis and clustering to map the research theme landscape and interrelationships between concepts. The review results highlight the misalignment between curriculum objectives and classroom learning practices, the limitations of authentic assessment, the lack of laboratory facilities, and barriers to the integration of digital innovation and STEM in science education. Bibliometric analysis shows that “problem,” “challenge,” “curriculum,” and “science education” are central keywords that cluster into several main clusters, accompanied by an upward trend in publications over the past decade and a pattern of collaboration that remains concentrated in developed countries with limited contributions from developing countries. These findings indicate the need to strengthen curriculum policies that are more adaptive to the demands of the 21st century, provide more systematic support for infrastructure and authentic assessment, and encourage further research exploring contextual science curriculum design and more inclusive international research collaboration.

Keywords: Science Curriculum, Systematic Literature Review, Bibliometric Analysis, STEM, Science Education, 21st Century Education.

Abstrak: Penelitian ini menganalisis isu dan tantangan utama dalam implementasi kurikulum pembelajaran IPA Sains di sekolah melalui pendekatan Systematic Literature Review (SLR) yang dipadukan dengan analisis bibliometrik terhadap 200 artikel jurnal internasional terindeks yang dipublikasikan dalam rentang tahun 2021-2025. Data dikumpulkan menggunakan strategi pencarian terstruktur dengan kriteria inklusi yang jelas, kemudian dianalisis secara kuantitatif menggunakan perangkat lunak VosViewer melalui analisis co-occurrence kata kunci dan clustering untuk memetakan lanskap tema riset serta keterkaitan antarkonsep. Hasil review menyoroti ketidakselarasan antara tujuan kurikulum dan praktik pembelajaran di kelas, keterbatasan asesmen autentik, kurangnya fasilitas laboratorium, serta hambatan integrasi inovasi digital dan STEM dalam pembelajaran IPA Sains. Analisis bibliometrik menunjukkan bahwa “problem”, “challenge”, “curriculum”, dan “science education” merupakan kata kunci sentral yang mengelompok dalam beberapa kluster utama, disertai tren peningkatan publikasi dalam satu dekade terakhir dan pola kolaborasi yang masih terkonsentrasi pada negara-negara maju dengan kontribusi terbatas dari konteks negara berkembang. Temuan ini mengindikasikan perlunya penguatan kebijakan kurikulum yang lebih adaptif terhadap tuntutan abad ke-21, dukungan sarana-prasarana dan asesmen autentik yang lebih sistematis, serta mendorong penelitian lanjutan

yang mengeksplorasi desain kurikulum IPA Sains kontekstual dan kolaborasi riset internasional yang lebih inklusif.

Kata Kunci: Kurikulum IPA, Systematic Literatur Review, analisis Bibliometric, STEM, Pendidikan sains, Pendidikan abad 21.

Pendahuluan

Pendidikan merupakan proses terencana untuk menciptakan lingkungan belajar yang memungkinkan peserta didik mengembangkan potensi spiritual, intelektual, sosial, dan keterampilan yang dibutuhkan bagi dirinya, masyarakat, bangsa, dan negara (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional). Dalam konteks pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) Sains, tujuan tersebut diterjemahkan ke dalam pengembangan peserta didik yang tidak hanya menguasai konten ilmiah, tetapi juga memiliki kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif sebagai bagian dari keterampilan abad ke-21 (Antini, et al., 2024; Binkley et al., 2012; Fraillon, et al, 2020; Selamat, 2023).

Tuntutan abad ke-21 menegaskan perlunya reorientasi kurikulum pendidikan, termasuk kurikulum IPA Sains, dari sekadar penekanan pada hafalan konsep menuju pengembangan kompetensi berpikir tingkat tinggi dan literasi sains yang relevan dengan kehidupan nyata (Fullan & Langworthy, 2014; Fullan et al, 2018; Usmeldi et al, 2017). Kurikulum dipahami sebagai seperangkat rencana dan pengaturan mengenai tujuan, isi, dan bahan pelajaran serta cara yang digunakan sebagai pedoman penyelenggaraan pembelajaran untuk mencapai tujuan pendidikan (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003). Sejalan dengan itu, Biggs dan Moore (1993) yang menekankan bahwa kurikulum merupakan program pengalaman belajar yang dirancang secara sistematis, sedangkan pembelajaran adalah proses dan strategi yang digunakan guru untuk mengaktualisasikan program tersebut dalam interaksi belajar di kelas.

Kurikulum IPA Sains di sekolah idealnya tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga diarahkan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, komunikasi, dan kolaborasi (4C) melalui pengalaman belajar yang bermakna dan kontekstual (Binkley et al., 2012; Cahayu et al, 2024; Usmeldi et al., 2017). Berbagai studi menunjukkan bahwa praktik pembelajaran IPA di lapangan masih didominasi pendekatan konvensional yang berpusat pada guru, berorientasi pada penyelesaian materi dan ujian, dengan pemanfaatan sarana laboratorium dan teknologi digital yang belum optimal (Faizah et al, 2022; Sudirman et al, 2023). Kondisi ini diperkuat oleh temuan tentang keterbatasan asesmen autentik dan kesiapan

guru dalam mengelola penilaian yang menilai kompetensi secara komprehensif, termasuk aspek proses, produk, dan sikap ilmiah (Komariyah et al, 2021; Rahmi et al, 2025; Setiawan & Triminarsih, 2012).

Sejalan dengan pergeseran paradigma tersebut, berbagai model dan pendekatan pembelajaran inovatif telah dikembangkan untuk mewujudkan kurikulum IPA Sains yang berorientasi pada kompetensi abad ke-21, seperti project-based learning, problem-based learning, inquiry-based learning, dan pendekatan berbasis STEM maupun IBSE (Bybee, 2010; Doulougeri et al, 2024; Portillo-Blanco et al, 2024). Penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek dan penilaian autentik dapat meningkatkan literasi sains dan keterlibatan belajar peserta didik (He et al, 2023; Safitri & Kusnawan, 2024; Wijayanti & Siswanto, 2020), sementara integrasi STEM dan pembelajaran inkuiri terbukti mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah (Gencer & Doğan, 2024; Pujasmara et al., 2023; van Wyk, 2025). Namun, implementasi pendekatan-pendekatan tersebut di berbagai konteks, termasuk Indonesia, masih menghadapi tantangan berupa keterbatasan sarana prasarana, perbedaan kesiapan guru, dan kesenjangan antara tuntutan kurikulum dengan realitas pembelajaran di kelas (Kaptan & Timurlenk, 2012; Haryati et al., 2023; Maoet al., 2024).

Perkembangan teknologi digital dan kecerdasan artifisial juga menghadirkan peluang sekaligus tantangan baru dalam pembelajaran IPA Sains. Sejumlah studi menggarisbawahi potensi AI dan teknologi digital untuk memperkaya pengalaman belajar, personalisasi pembelajaran, serta mendukung penilaian autentik (Aini et al., 2024; Gontina & Asyhar, 2023; Kemendikdasmen, 2025). Di sisi lain, kesenjangan akses TIK, kesiapan guru, dan perbedaan konteks sosial-ekonomi berpengaruh terhadap implementasi pembelajaran IPA berbasis teknologi dan deep learning yang benar-benar bermakna (Fraillon et al., 2019; Kim et al., 2015; Nabila et al., 2025). Hal ini menunjukkan bahwa isu kurikulum IPA Sains tidak hanya terkait isi dan tujuan, tetapi juga menyangkut integrasi teknologi, asesmen, dan dukungan kebijakan yang berkelanjutan.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji pembelajaran IPA abad ke-21, integrasi STEM, implementasi Kurikulum Merdeka, maupun pemanfaatan teknologi dan asesmen autentik di kelas sains (Bahtiar & Ibrahim, 2025; Cahayu et al., 2024; I.N. Selamat, 2023; Mayangsari et al., 2024). Namun,

sebagian besar kajian tersebut berfokus pada studi empirik di satu sekolah atau jenjang tertentu, atau menelaah satu aspek spesifik seperti model pembelajaran, literasi sains, atau asesmen, sehingga peta masalah dan tantangan kurikulum IPA Sains secara utuh belum tergambar komprehensif (De Jong et al., 2013; Lestari et al., 2025; Susana et al., 2025). Di sisi lain, penelitian yang menggabungkan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) dengan analisis bibliometrik untuk memetakan isu-isu kurikulum IPA Sains mulai dari tren publikasi, struktur kata kunci, hingga jejaring kolaborasi ilmiah masih relatif terbatas, terutama dalam konteks negara berkembang dan wacana global secara bersamaan (Portillo-Blanco et al., 2024; Strat et al., 2024; Teplá & Distler, 2025). Research gap ini menunjukkan perlunya kajian yang bukan hanya menginventarisasi permasalahan pembelajaran IPA, tetapi juga memetakan lanskap riset tentang masalah dan tantangan kurikulum IPA Sains secara sistematis dan terukur.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dirancang untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut: (1) isu dan tantangan apa saja yang paling dominan dalam implementasi kurikulum pembelajaran IPA Sains di sekolah berdasarkan hasil SLR terhadap artikel-artikel penelitian yang relevan; (2) bagaimana tren publikasi, struktur kata kunci, dan klaster tema riset yang berkaitan dengan masalah dan tantangan kurikulum IPA Sains berdasarkan analisis bibliometrik; dan (3) bagaimana pola jejaring kolaborasi penulis dan/atau negara dalam penelitian mengenai kurikulum IPA Sains.

Sejalan dengan itu, tujuan penelitian ini adalah: (1) mengidentifikasi dan mensintesis secara sistematis berbagai masalah dan tantangan utama dalam implementasi kurikulum pembelajaran IPA Sains di sekolah menggunakan metode SLR; (2) menganalisis tren publikasi, frekuensi dan keterkaitan kata kunci, serta klaster tema utama dalam riset tentang kurikulum IPA Sains menggunakan analisis bibliometrik berbantuan perangkat lunak seperti VOSviewer; dan (3) memetakan jaringan kolaborasi penulis maupun negara dalam penelitian kurikulum IPA Sains untuk melihat distribusi dan pusat-pusat produksi pengetahuan di bidang ini. Tujuan-tujuan tersebut dirumuskan secara operasional agar dapat memandu proses seleksi, pengkodean, dan analisis dokumen dalam SLR sekaligus prosedur analisis co-occurrence dan clustering pada data bibliometrik.

Secara metodologis, studi ini berkontribusi dengan mengintegrasikan pendekatan SLR dan analisis bibliometrik untuk menyajikan gambaran yang lebih kaya dan terstruktur mengenai peta masalah dan tantangan kurikulum IPA Sains, meliputi dimensi isi

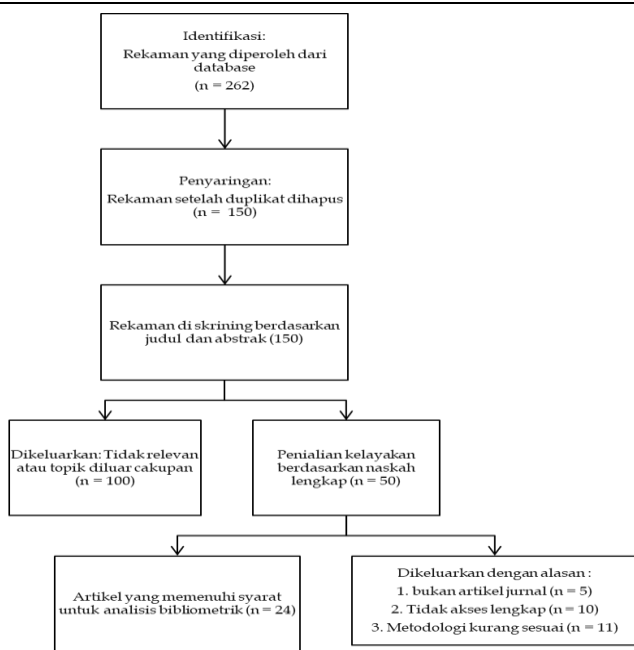
kajian, tren perkembangan, dan jaringan kolaborasi ilmiah (Portillo-Blanco et al., 2024; Strat et al., 2024; Teplá & Distler, 2025). Secara substantif, hasil penelitian ini diharapkan memberikan dasar evidensial bagi pengambil kebijakan, pengembang kurikulum, dan pendidik dalam merumuskan strategi penguatan kurikulum IPA Sains yang lebih adaptif, kontekstual, dan sejalan dengan tuntutan kompetensi abad ke-21, termasuk integrasi teknologi digital, asesmen autentik, dan model pembelajaran inovatif yang berkelanjutan (Aini et al., 2024; Lestari et al., 2025; Nabila et al., 2025).

Metode

Peneliti menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dalam penelitian ini dengan pendekatan bibliometrik untuk mengkaji secara luas masalah dan tantangan dalam kurikulum pembelajaran IPA. Prosedur penelitian dirancang secara terstruktur, transparan, dan dapat direplikasi, mengacu pada kerangka PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*).

Pencarian literatur dilakukan pada bulan Oktober 2025 menggunakan aplikasi *Publish or Perish* (PoP) dengan menargetkan database ilmiah terindeks seperti Google Scholar dan SINTA (*Science and Technology Index*) Kata kunci yang digunakan adalah kombinasi dari: "curriculum" OR "kurikulum" AND "problem" OR "challenge" OR "kendala" AND "science education" OR "pendidikan IPA". Pencarian dibatasi pada rentang publikasi tahun 2021 hingga 2025. Proses seleksi artikel mengikuti Diagram Alir PRISMA seperti pada gambar 1 yang terdiri dari empat tahap utama:

1. **Identifikasi:** Artikel yang ditemukan dari semua database dikumpulkan dan duplikat dihilangkan.
2. **Penyaringan (Screening):** Artikel dinilai berdasarkan relevansi judul dan abstraknya.
3. **Kelayakan (Eligibility):** Artikel yang lolos screening dinilai kelayakannya dengan membaca naskah lengkap berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi.
4. **Inklusi (Included):** Artikel yang memenuhi semua kriteria akhirnya dianalisis.



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA

Hasil dan Pembahasan

Profil Literatur yang Dianalisis

Sebanyak 24 artikel jurnal memenuhi kriteria inklusi untuk dianalisis. Distribusi publikasi berdasarkan tahun (2021-2023) menunjukkan peningkatan perhatian yang signifikan terhadap topik ini, terutama pasca-2020, yang mungkin dipicu oleh dinamika kebijakan kurikulum dan tantangan pembelajaran selama pandemi. Tabel 1. Meunjukkan statistik deskriptif Literatur terpilih sebanyak 24 sebagai berikut.

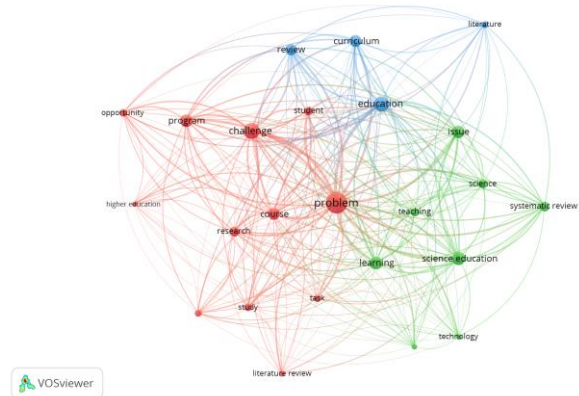
Tabel 1. Statistik Deskriptif Literatur Terpilih

Kategori	Deskripsi	Jumlah (n)	Persentase (%)
Tahun	2021	6	25%
	2022	17	71%
	2023	1	4%
Bahasa	Bahasa Indonesia	4	17%
	Bahasa Inggris	20	83%
Jurnal Utama (>3 artikel)	<i>Studies in Science Education (LSE)</i>	6	25%
	<i>Science Education (CBE – Life Sciences)</i>	3	12,5%

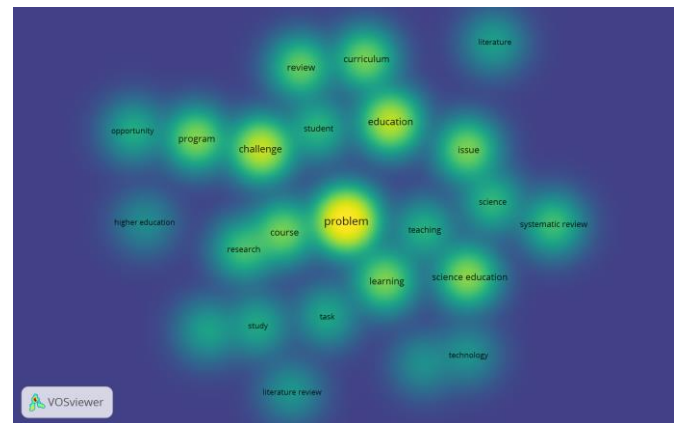
Hasil Analisis Bibliometrik dengan VOSviewer

Analisis *co-occurrence* terhadap 30 kata kunci yang memenuhi ambang batas (min. 5 kemunculan) menghasilkan peta jaringan (*network visualization*) yang terbagi dalam tiga kluster utama, sebagaimana

ditunjukkan pada Gambar 2. Klasterisasi ini merefleksikan fokus penelitian yang berbeda namun saling berkaitan dalam wacana masalah kurikulum IPA.



Gambar 2. Visual jaringan pola hubungan



Gambar 3. Pola Densitas

Peta densitas pada Gambar 2 menunjukkan kepadatan dan konektivitas kata kunci dalam korpus artikel ditampilkan melalui visualisasi densitas. Area dengan frekuensi dan kekuatan tautan tertinggi ditunjukkan dengan warna kuning terang pada peta di gambar 3, sedangkan area dengan densitas lebih rendah ditunjukkan dengan warna hijau dan biru. Berikut Interpretasi mendalam terkait masing-masing kluster berdasarkan gambar 2.

Kluster Merah terdiri dari 12 item yang membahas Problematika Implementasi dan Tantangan Dasar. Kluster ini menjadi pusat analisis, dengan kata kunci inti seperti "problem", "challenge", "implementation", dan "science education". Ini menunjukkan bahwa mayoritas literatur berfokus pada mendiagnosis hambatan antara kebijakan kurikulum (*curriculum as intended*) dengan realitas di kelas (*curriculum in practice*). Kata kunci seperti "secondary school", "teacher", dan "student" menegaskan bahwa lokus masalah banyak ditemui pada tingkat sekolah menengah, dengan guru dan peserta didik sebagai aktor utama. Kluster ini secara eksplisit membahas tema

spesifik seperti rendahnya keterampilan proses sains, pembelajaran yang berpusat pada guru (teacher-centered), dan ketidaksesuaian antara tujuan kurikulum dengan praktik asesmen.

Kluster Hijau dengan 10 item mengenai Inovasi Pedagogi dan Integrasi Teknologi. Kluster ini berkisar pada kata kunci "science", "learning", "technology", dan "systematic review". Ini merepresentasikan respons akademik terhadap tantangan yang diidentifikasi dalam Kluster Merah, yaitu upaya mencari solusi melalui pendekatan inovatif. Keterkaitan kata kunci "technology" dengan "learning" dan "science" menunjukkan tren penelitian yang kuat mengenai integrasi alat digital, media simulasi, dan platform e-learning dalam pembelajaran IPA. Kehadiran "systematic review" dalam kluster ini mengindikasikan bahwa bidang ini telah mencapai kematangan tertentu, sehingga memerlukan kajian sistematis untuk memetakan efektivitas berbagai inovasi.

Terakhir Kluster Biru dengan delapan item yang membahas Kajian Kurikulum dan Evaluasi Kebijakan. Kluster ini berpusat pada kata kunci "curriculum", "education", dan "review". Kluster ini mewakili penelitian yang berada pada level lebih makro, yaitu menganalisis kerangka kurikulum itu sendiri, kebijakan pendidikan, dan evaluasi menyeluruh terhadap penerapannya. Kata kunci seperti "framework" dan "development" yang muncul di sini menunjukkan fokus pada aspek desain, pengembangan, dan perbaikan model kurikulum. Kluster ini berfungsi sebagai landasan teoretis dan kebijakan yang mendasari problematika di Kluster Merah dan solusi di Kluster Hijau.

Integrasi Temuan SLR dan Analisis Bibliometrik: Sebuah Sintesis Kritis

Analisis bibliometrik tidak hanya memvalidasi temuan substantif dari SLR, tetapi juga mengungkap pola dan tren dalam tubuh penelitian. Peta VOSviewer memperlihatkan dengan jelas bahwa "problem" dan "challenge" adalah node terbesar dan paling terhubung (Gambar 3), yang mengkonfirmasi bahwa bidang ini masih didominasi oleh studi diagnostik yang mengungkap ketimpangan. Namun, keberadaan Kluster Hijau yang kohesif menunjukkan pergeseran fokus yang sehat dari sekadar mengidentifikasi masalah menuju eksplorasi solusi berbasis "technology" dan inovasi pedagogi.

Temuan SLR tentang lima isu utama (kesenjangan tujuan-praktik, asesmen, sarana prasarana, kompetensi guru, dan integrasi digital) secara langsung tercermin dalam struktur kluster. Kluster Merah menampung isu tentang guru, siswa, dan implementasi; Kluster Hijau menampung solusi teknologi dan pembelajaran; sedangkan akar

kebijakannya dibahas dalam Kluster Biru. Sebagai contoh, temuan bahwa "assessment" memiliki link strength yang kuat dengan "challenge" (dalam Kluster Merah) sekaligus dengan "learning" (di perbatasan dengan Kluster Hijau) secara bibliometrik mendukung argumen SLR bahwa asesmen autentik merupakan titik kritis yang menjembatani masalah dan solusi.

Identifikasi Celah Penelitian

Berdasarkan pemetaan bibliometrik dan kajian mendalam terhadap literatur, beberapa celah penelitian dapat diidentifikasi untuk agenda studi ke depan. Kurangnya Penelitian Longitudinal dan Evaluatif karena menggambarkan kondisi pada satu waktu, sehingga memiliki celah minimnya penelitian yang melacak dampak suatu perubahan kurikulum atau inovasi pedagogi terhadap kompetensi siswa secara berkelanjutan (>1 tahun).

Analisis menunjukkan dominasi penelitian dari Indonesia dan beberapa negara Barat. Sehingga, masih sedikit studi mendalam dari konteks negara berkembang lain, daerah pedesaan/terpencil, atau setting pendidikan inklusif dalam konteks kurikulum IPA. Kluster Hijau kuat membahas teknologi, keterkaitannya dengan kata kunci seperti "local wisdom" atau "culture" sangat lemah dalam peta pencarian. Sehingga menimbulkan celah penelitian tentang integrasi kearifan lokal (ethnoscience) dengan pendekatan STEM/IBSE berbantuan teknologi masih jarang dan belum terbentuk jaringan konseptual yang kuat dalam literatur.

Analisis kebijakan dalam skala mikro yang digambarkan pada kluster Biru cenderung membahas kurikulum sebagai dokumen makro. Celahnya yaitu Penelitian tentang bagaimana guru menafsirkan (*sense-making*) dan melakukan adaptasi lokal (*enactment*) terhadap kebijakan kurikulum di tingkat sekolah/madrasah masih terbatas.

Pembahasan Temuan Substantif dan Rekomendasi

Temuan SLR mengonfirmasi bahwa jantung permasalahan kurikulum IPA terletak pada kesenjangan epistemologis antara hakikat sains sebagai proses inkuiri dengan praktik pembelajaran yang masih sering reduktif menjadi kumpulan fakta.

Keselarasan Tujuan dan Praktik pada Tabel 1 menunjukkan konsistensi temuan lintas studi tentang gap ini. Rekomendasi tidak hanya pada level pelatihan guru, tetapi perlu diformulasikan dalam bentuk *pedagogical content knowledge* (PCK) yang spesifik konteks Indonesia, dilengkapi dengan contoh rencana pembelajaran (RPP) yang operasional dan alat bantu asesmen formatif yang mudah diadopsi (Junnah & Zain, 2023).

Asesmen Autentik dan Digitalisasi merupakan tren bibliometrik yang menguatkan bahwa solusi terintegrasi dengan teknologi (e-portfolio, simulasi untuk asesmen) adalah jalan ke depan (Rochman, et al., 2018). Pembahasan perlu dikritisi dengan menyoroti risiko baru, seperti beban administratif digital guru dan kesenjangan digital antar sekolah.

Tantangan Integrasi STEM/IBSE dan AI tidak hanya membutuhkan pelatihan guru, tetapi juga re-desain kurikulum yang lebih fleksibel, memungkinkan alokasi waktu blok untuk proyek, serta kolaborasi dengan pelaku industri dan komunitas sains. Integrasi AI harus diimbangi dengan literasi etika digital bagi guru dan siswa (Strat, et al., 2024).

Keterbatasan Studi

Studi yang dilakukan dengan metode SLR dan Bibliometrik ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui mulai dari Cakupan Database hasil Pencarian utama berbasis Google Scholar via Publish or Perish, yang meskipun luas, memiliki kekurangan dalam hal konsistensi metadata dan kontrol kualitas dibandingkan database berbayar seperti Scopus atau Web of Science, beberapa publikasi bereputasi mungkin terlewat. Bias konteks dalam kriteria inklusi konteks sosio-kultural dan sistem pendidikan yang sangat spesifik dari studi-studi dominan membatasi transferabilitas rekomendasi ke negara lain.

Keterbatasan Analisis Bibliometrik, dimana VOSviewer menganalisis hubungan kata kunci yang dideklarasikan penulis, yang bisa jadi tidak selalu merefleksikan konten artikel secara utuh atau terkendala oleh inkonsistensi terminologi. Analisis ini juga lebih menonjolkan kuantitas hubungan, bukan kualitas argumen dalam artikel. Serta Proses Seleksi Subjektivitas, meskipun telah menggunakan kriteria eksplisit dan proses review, penilaian kelayakan dan penilaian kualitas artikel tetap mengandung unsur subjektivitas.

Terlepas dari keterbatasan tersebut, studi ini telah berupaya menerapkan protokol SLR yang ketat dan analisis bibliometrik yang transparan, sehingga memberikan peta awal yang komprehensif dan dasar yang kuat untuk penelitian lanjutan serta pengambilan kebijakan di bidang kurikulum IPA.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis sistematis terhadap literatur terkini (2021-2025), penelitian ini menyimpulkan bahwa implementasi kurikulum IPA di sekolah menghadapi tiga tantangan inti (1) kesenjangan antara visi kurikulum berorientasi keterampilan abad 21 dengan praktik pembelajaran yang masih konvensional dan teoritis, (2) keterbatasan kompetensi guru dalam

asesmen autentik dan integrasi teknologi, serta (3) hambatan struktural berupa sarana prasarana yang tidak memadai dan kurikulum yang kurang fleksibel untuk mengakomodasi inovasi seperti STEM dan AI.

Implikasi praktis yang langsung dapat diadopsi bagi pembuat kebijakan yaitu penyediaan panduan implementasi dan instrumen asesmen autentik siap pakai, bagi guru dalam pembentukan komunitas praktisi (MGMP) untuk berbagi RPP/Modul Ajar inovatif dan bagi lembaga pelatihan dengan adanya penyelenggaraan pelatihan mikro berbasis *Pedagogical Content Knowledge*.

Rekomendasi penelitian lanjutan difokuskan pada: (1) studi longitudinal untuk melacak dampak inovasi kurikulum, (2) penelitian kebijakan mikro tentang proses *enactment* kurikulum di tingkat kelas, dan (3) pengembangan model teknologi-pedagogi yang kontekstual dan berbiaya rendah. Penelitian ini memberikan peta *evidence-based* untuk percepatan perbaikan kualitas pembelajaran IPA di Indonesia.

Referensi

- Aini, R. P., Yuliati, Y., Febriyanto, B., & Safira, R. F. (2024). Meretas Paradigma Baru: Artificial Intelligence (AI) dalam Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. Seminar Nasional Pendidikan FKIP UNMA.
- Adrias, Fitria, Y., Ladiva, H. B., Ruswandi, A., & Erita, Y. (2023a). The Ability and Readiness of Prospective Elementary School Teachers in Facing Digital-Based Learning Era. *International Journal of Elementary Education*, 7(3), 363–374. <https://doi.org/10.23887/ijee.v7i3.57737>
- Al-Zahro, R. I. R. A., Cahyanto, T., Agustina, T. W., Rochman, C., & Malik, A. (2024). Desain Pembelajaran IPA Berbasis Problem-Solving pada Materi Zat Aditif dan Adiktif Berwawasan Literasi Halal. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Biologi*, 5(2), 84–89.
- Bahtiar, & Ibrahim. (2025). STEM-Based Physics Learning : Enhancing Conceptual Understanding in 21st Century Education. *Journal of Classroom Action Research*, 7.
- Biggs, J., & Moore, P. (1993). *The Process of Learning: How Students Approach Their Learning*. Prentice Hall.
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., & Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. In P. Griffin, B. McGaw, & E. Care (Eds.). *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17–66).
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30–35.

- Cahayu, S. A., Asyhar, R., Hariyadi, B., & Haris, M. (2024). Literature Review: 21st Century Skill-Based Learning Model in Junior High School Science Learning Available. *Indonesian Journal of Education Research*, 9(1), 30–37. <https://doi.org/https://doi.org/10.30631/ijer.v9i1.266>
- Doulougeri, K., Vermunt, J. D., Gunter Bombaerts, & Bots, M. (2024). Challenge-based learning implementation in engineering education: A systematic literature review. *Journal of Engineering Education*, 1076–1106. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jee.20588>
- Faizah, L. N., Marmoah, S., & Hadiyah, H. (2022). Analisis permasalahan praktikum pada pembelajaran IPA kelas V di MI. *Didaktika Dwija Indria*, 9(1), 88–92. <https://doi.org/10.20961/ddi.v9i1.49898>
- Fraillon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T., & Duckworth, D. (2020). *Preparing For Life In A Digital World Preparing for Life in a Digital World*. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-38781-5>
- Fullan, M., & Langworthy, M. (2014). *A rich seam: How new pedagogies find deep learning*. Pearson.
- Fullan, M., Quinn, J., & McEachen, J. (2018). *Deep Learning: Engage the world, change the world*. SAGE.
- He, P., Krajcik, J., & Schneider, B. (2023). Transforming standards into classrooms for knowledge-in-use: an effective and coherent project-based learning system. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s43031-023-00088-z>
- I.N. Selamat. (2023). Keterampilan Abad Ke-21 Pada Pembelajaran Sains Dengan Konteks Socio-Scientific Issues Di Indonesia: Tinjauan Literatur Sistematis. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran IPA Indonesia*, 11(2), 14–21. <https://doi.org/10.23887/jppii.v11i2.60895>
- Junnah, H., & Zain, M. I. (2023). Penerapan Technological Pedagogical And Content Knowledge (TPACK) Berbasis High Order Thinking Skills (HOTS) di Sekolah Dasar. *JournalofClasroomActionResearch*, 5(2).
- Komariyah, N., Yuliani, H., & Syar, N. I. (2021). Analisis IKebutuhan LKS IBERbasis STEMikelas IXI IMateri IFluida IDinamis. *Kappa Journal Program Studi Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Hamzanwadi*, 5(2), 289–297.
- Portillo-Blanco, A., Deprez, H., De Cock, M., Guisasola, J., & Zuza, K. (2024). A Systematic Literature Review of Integrated STEM Education: Uncovering Consensus and Diversity in Principles and Characteristics. *Education Sciences*, 14(9), 8–10. <https://doi.org/10.3390/educsci14091028>
- Rahmi, S., Na'im, Z., Adawiyah, & Rahmawati, I. (2025). Kepemimpinan Strategis Kepala Sekolah Dalam Membangun Citra Sekolah Unggul: Studi Kasus Di Sma Al Aulia, 4(Juni), 21–25.
- Rochman, C., Mahen, E. C. S., & Nasrudin, D. (2018). Authentic Assessment Based on Teaching and Learning Trajectory With Student Activity Sheet (Sas) on Basic Physics Courses. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.17509/wapfi.v3i1.10373>
- Safitri, A. N. A., & Kusnawan, A. (2024). Penguatan Pemahaman konsep IPA di Sekolah Indonesia Riyadh melalui Pendekatan Proyek untuk Siswa SMA. *Al-Khidmat*, 7(2), 50–58. <https://doi.org/10.15575/jak.v7i2.40230>
- Setiawan, A., & Trimiarsih, Z. A. (2012). Implementasi E-learning dengan Pendekatan Personal Learning Environments dan Addie Model. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI), 2012(Snati)*, 15–16.
- Strat, T. T. S., Henriksen, E. K., & Jegstad, K. M. (2024). Inquiry-based science education in science teacher education: a systematic review. *Studies in Science Education*, 60(2), 191–249. <https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2207148>
- Sudirman, S., Kennedy, D., & Soeharto, S. (2023). The teaching of physics at upper secondary school level: A comparative study between Indonesia and Ireland. *Frontiers in Education*, 8(March), 1–9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1118873>
- Usmeldi, Amini, R., & Trisna, S. (2017). The development of research-based learning model with science, environment, technology, and society approaches to improve critical thinking of students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 2(6), 318–325. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i2.10680>
- Wijayanti, R., & Siswanto, J. (2020). Profil Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA pada Materi Sumber-sumber Energi. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 11(1), 109–113. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v11i1.5533>