

STEM-PjBL dan Kaitannya dengan Kompetensi 6C dalam Penelitian Pendidikan Fisika: Analisis Bibliometrik

Winda Rachman Putri¹, Rasyid Zuhdi², Andika Febrian³, Andyta Ma'rifatul Usnia⁴,
Aziza Karenina⁵, Nuris Fattahillah⁶

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Banten, Indonesia

¹ winda.rachman@untirta.ac.id*; rasyid.zuhdi@untirta.ac.id; andika.febrian@untirta.ac.id;
andyta.marifatul@untirta.ac.id; aziza.karenina@untirta.ac.id; nuris.fattahillah@untirta.ac.id

*korespondensi penulis

ARTICLE HISTORY

Received: 8 January 2026

Revised: 21 January 2026

Accepted: 26 January 2026

ABSTRAK

Era disrupsi yang membutuhkan keterampilan abad 21 sebagai bekal dalam menghadapi tantangan dunia nyata, termasuk didalamnya dunia kerja dan tuntutan masyarakat global merupakan latar belakang utama dari penelitian ini. Keterampilan abad 21 yang dimaksud merujuk pada kompetensi 6C (*citizenship, critical thinking, creativity, collaboration, dan communication*). Tujuan utama penelitian ini adalah memetakan keterkaitan STEM-PjBL dalam pembelajaran Fisika dengan kompetensi 6C, menemukan *research gap* berdasarkan pemetaan tersebut, dan memberikan rekomendasi bagi para pendidik terkait pembelajaran yang berorientasi pada keterampilan abad 21. Oleh sebab itu, penelitian ini masuk dalam kategori studi pustaka menggunakan analisis bibliometrik berbantuan aplikasi *VOSViewer*. Adapun artikel-artikel yang berkaitan dengan kata kunci STEM-PjBL dan kompetensi 6C dihimpun melalui basis data *Scopus* dan *Google Scholar* dengan bantuan aplikasi *Publish or Perish*. Pola yang dihasilkan dari 968 data menunjukkan bahwa tren penelitian tentang STEM-PjBL dalam kurun waktu 2015-2025 cenderung mengalami peningkatan. Selain itu, pola visualisasi *network* juga menunjukkan bahwa STEM-PjBL berkaitan dengan kompetensi 6C, namun masih diarea yang jarang diteliti. Kemudian, *character* dan *citizenship* sebagai bagian dari kompetensi 6C tidak muncul sama sekali dalam item yang dipetakan oleh *VOSViewer*. Artinya ini merupakan kebaruan penelitian dan tantangan bagi penelitian masa depan tentang bagaimana melatihkan kompetensi 6C secara holistik dalam sebuah pembelajaran. Pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM direkomendasikan sebagai alat untuk melatihkan kompetensi 6C atau keterampilan abad 21, sebab temuan berbagai penelitian menunjukkan bahwa STEM-PjBL memberikan dampak multidimensional dalam pembelajaran.

Kata kunci : Keterampilan abad 21, kompetensi 6C, PjBL, STEM

ABSTRACT

Bibliometric Mapping of STEM-PjBL in Physics Education Research: A 6Cs Competency Perspective. The era of disruption that requires 21st-century skills as a provision in facing real-world challenges, including the world of work and the demands of global society, is the main background of this research. The 21st-century skills in question refer to the 6C competencies (*citizenship, critical thinking, creativity, collaboration, and communication*). The main objectives of this study are to map the relationship between STEM-PjBL in physics learning with the 6C competency, find research gaps based on the mapping, and provide recommendations for educators related to 21st-century skills-oriented learning. Therefore, this study is included in the category of literature studies using bibliometric analysis assisted by the *VOSViewer* application. The articles related to the keywords STEM-PjBL and the 6C competencies were compiled through the *Scopus* and *Google Scholar* databases with the help of the *Publish or Perish* application. The pattern generated from 968 data shows that the trend of research on STEM-PjBL in the period 2015-2025 tends to increase. In addition, the network visualization pattern also shows that STEM-PjBL is related to the 6C competencies, but it is still an area that is rarely studied. *VOSViewer's* items don't include character and citizenship as part of the 6C competency. This means that this is a novelty of research and a challenge for future research on how to holistically practice 6C competencies in learning. Project-based learning with a STEM approach is recommended as a tool to train 6C competencies, or 21st-century skills, as the findings of various studies show that STEM-PjBL has a multidimensional impact on learning.

Keywords: 6Cs Competency, 21st-century skills, PjBL, STEM

Pendahuluan

Revolusi industri 4.0 dan *society* 5.0 telah membuat perubahan yang signifikan terhadap keterampilan yang dibutuhkan atau perlu diajarkan dalam dunia pendidikan. Dalam era ini, penguasaan keterampilan abad 21 yang terdiri dari *character*, *citizenship*, *critical thinking*, *creativity*, *collaboration*, dan *communication* (6C) disebut yang paling utama (Dwi Arianda et al., 2024; Akturk et al., 2022; Karim et al., 2021; Lase, 2019). Istilah 6C pertama kali dikenalkan oleh Fullan & Scott (2014) sebagai inovasi pedagogi baru untuk mendukung pembelajaran mendalam (*Deep learning*). Menurut Fullan & Scott (2014), urgensi dari 6C ini merujuk pada kebutuhan dan tantangan dunia nyata yang tidak hanya berkonsentrasi pada pengembangan kompetensi saat ini, tetapi juga untuk masa depan yang berkelanjutan. Karakter dan kewargaan bukan sekedar pelengkap, melainkan menjadi pondasi moral dan sosial yang membuat keterampilan kognitif 4C menjadi bermakna dan berdampak (Fullan et al., 2018). Kompetensi 6C tidak hanya membuat seseorang “pintar berpikir”, tetapi juga bertanggung jawab atas pembelajarannya, peduli terhadap isu nyata, serta berkontribusi pada masyarakat lokal dan global (Fullan et al., 2018). Sederhananya, kerangka 6C menyatukan keterampilan kognitif, sosial, dan moral, sehingga pembelajaran lebih utuh, bermakna, dan berdampak (Astuti, 2024).

Revolusi industri 4.0 ditandai dengan kombinasi antara teknologi otomatis dan teknologi siber yang berkaitan dengan kecerdasan buatan, *Internet of Things* (IoT) dan integrasi teknologi dalam berbagai bidang kehidupan (Quy et al., 2023; Rohida, 2018; Sardjono et al., 2024). Secara sederhana, revolusi industri 4.0 melibatkan interaksi antara manusia dengan teknologi buatan (Ana et al., 2018; Elayyan, 2021). Sementara itu, *Society* 5.0 berfokus untuk menciptakan tatanan kehidupan bermasyarakat yang berbasis teknologi, namun tetap berpusat pada manusia dengan mengembalikan peran manusia sebagai pusat kehidupan (Shah & Kamaruddin, 2022; Sudibjo et al., 2019; Salgues, 2018). Pada tahap ini, pendidikan dituntut untuk menyiapkan generasi yang adaptif dan inovatif.

Keterampilan abad 21 bukan hanya menjadi tujuan pembelajaran, namun juga menjadi jalan dan acuan untuk menghasilkan Sumber Daya Manusia yang sesuai dengan tuntutan global. *Character* dan *Citizenship* menjadi komponen penting untuk membangun individu yang berintegritas, dapat diandalkan, *resilience*, serta memiliki kepekaan terhadap lingkungan sekitar tempat individu bertumbuh dan berinteraksi (Dwi Arianda et al., 2024). Sedangkan untuk bertahan di era digital, dimana inovasi menjadi kunci utama dalam setiap aspek, seorang individu perlu mengandalkan keterampilan berpikir kritis dan kreativitasnya (Ariana et al., 2025; Kembara et al., 2022; Karim et al., 2021). *Organization for Economic Co-operation and Development* (OECD) bahkan menyebut bahwa kemampuan berpikir kritis dan kreatif adalah *skill* paling penting yang harus dimiliki oleh seorang pelajar pada tahun 2030 (Lancrin et al., 2019). Sementara itu, kemampuan kolaborasi dan komunikasi memungkinkan individu bekerja secara efektif dalam sebuah kelompok lintas disiplin, produktif dalam berbagai kegiatan, dan memberi dampak lebih bagi perkembangan dunia (Jufriadi et al., 2022).

Penelitian terdahulu menyatakan bahwa keterampilan abad 21 (6C) perlu dikembangkan dalam proses pembelajaran untuk menyiapkan peserta didik menghadapi tantangan masa depan (Rochmah, 2023). Sejalan dengan itu, Redhana (2019) dan Lase (2019) juga berpendapat bahwa upaya untuk memenuhi penguasaan kompetensi 6C sebagai bagian dari keterampilan

abad 21 efektif ditempuh melalui jalur pendidikan. Sementara itu, Akpan & Kennedy (2020) menyatakan bahwa kreativitas dan inovasi pembelajaran menjadi rekomendasi utama untuk mempersiapkan peserta didik menghadapi era digital. Pendidik perlu menitikberatkan pembelajaran pada kompetensi 6C dan mendesain pembelajaran dengan cermat, sebab kompetensi tersebut sulit dilatihkan jika hanya menjadi dampak iringan (Schleicher, 2012). Dalam konteks ini, berbagai inovasi pembelajaran mulai diterapkan dalam sistem pendidikan, salah satunya adalah model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL). *Project Based Learning* merupakan pembelajaran inovatif yang mendorong peserta didik melakukan investigasi dalam sebuah kelompok secara aktif melalui proyek-proyek yang relevan dengan dunia nyata (Solihin et al., 2021). Proyek tersebut mencakup aktivitas penelitian yang melibatkan peserta didik dalam tugas-tugas kompleks seperti mendesain pemecahan masalah dan pengambilan keputusan (Lou et al., 2017). Hasil akhir bukan menjadi fokus dari model pembelajaran ini, melainkan juga proses pengembangan keterampilan yang dapat mendukung individu untuk menyelesaikan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari melalui kegiatan menggali mendalam, membuat solusi yang efektif dan kreatif, serta berkolaborasi dengan rekan sejawat untuk menciptakan pengalaman belajar yang bermakna dan menyenangkan.

Dalam pengembangan inovasi pembelajaran, PjBL dapat diintegrasikan dengan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, dan Mathematics*). STEM diluncurkan oleh *National Science Foundation* pada tahun 1990-an. Pembelajaran dengan pendekatan STEM kemudian diadopsi oleh beberapa negara sebagai upaya menjembatani kesenjangan antara kebutuhan dan ketersediaan keahlian yang diperlukan dunia kerja abad 21 (Putri et al., 2020). STEM fokus pada pemecahan masalah sistematis yang membuat peserta didik mampu memanfaatkan pengetahuan untuk kehidupan sehari-hari melalui integrasi sains, teknologi, teknik dan matematika sebagai inti (Oonsim & Chanprasert, 2017; Tseng et al., 2013). Artinya, STEM merupakan disiplin ilmu yang saling terhubung, sains membutuhkan matematika sebagai bahasa atau alat untuk mengolah data, sedangkan teknologi dan teknik merupakan terapan dari sains (Afriana et al., 2016; Torlakson, 2014). Penyusunan aktivitas belajar dalam STEM diyakini mampu meningkatkan penguasaan konsep (Fathoni et al., 2020; Thibaut et al., 2018), membantu mengembangkan keterampilan memecahkan masalah, keterampilan berpikir kritis dan kreatif, serta kemampuan dalam menguasai teknologi (Fathoni et al., 2020; Putri et al., 2020; Thibaut et al., 2018; Oonsim & Chanprasert, 2017). STEM memberikan tantangan, memotivasi peserta didik, membantu peserta didik membawa apa yang dipelajari di sekolah dalam konteks dunia nyata, melatih kemampuan analitis, dan meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (Capraro et al., 2013).

Uraian diatas menjadi dasar bagi penulis untuk mengkaji peta penelitian terkait STEM-PjBL dalam pembelajaran Fisika berdasarkan perspektif kompetensi 6C sebagai bagian dari keterampilan abad 21. Selain itu, hingga saat ini belum ditemukan penelitian yang secara sistematis memetakan publikasi tentang penerapan STEM-PjBL serta dampaknya terhadap pengembangan kompetensi 6C secara komprehensif. Informasi terkait tren dan peta penelitian ini dapat dijadikan rujukan untuk menemukan celah (*research gap*) dan arah pengembangan ke depan tentang penerapan STEM-PjBL yang mendukung penguatan kompetensi 6C. Oleh sebab itu, penelitian ini difokuskan untuk mengkaji: (1) Bagaimana tren publikasi terkait STEM-PjBL dalam penelitian pendidikan Fisika?; (2) Bagaimana peta publikasi STEM-PjBL

dalam penelitian pendidikan Fisika dan kaitannya dengan kompetensi 6C? Luaran utama dari penelitian ini diharapkan mampu menyediakan dasar bagi pendidik dan peneliti untuk merancang pembelajaran fisika yang berbasis proyek dan berorientasi pada kompetensi abad 21.

Metode

Studi pustaka menggunakan analisis bibliometrik merupakan jenis dari penelitian ini. Data yang ditampilkan secara visual melalui bibliometrik analisis sangat dibutuhkan dalam era digital, sebab mampu menghasilkan deskripsi dari berbagai informasi terkait perkembangan ilmu pengetahuan, kinerja penelitian, dan *gap* antar penelitian (Nandiyanto et al., 2020). Analisis bibliometrik dapat dilakukan melalui aplikasi *VOSViewer* (Garcia, 2020). *VOSViewer* merupakan *software* untuk membuat pemetaan berdasarkan data jaringan dan memvisualisasikan data tersebut untuk kemudian dieksplorasi dan dianalisis (Eck & Waltman, 2017, 2023). Alur pengumpulan dan pengolahan data untuk penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1.

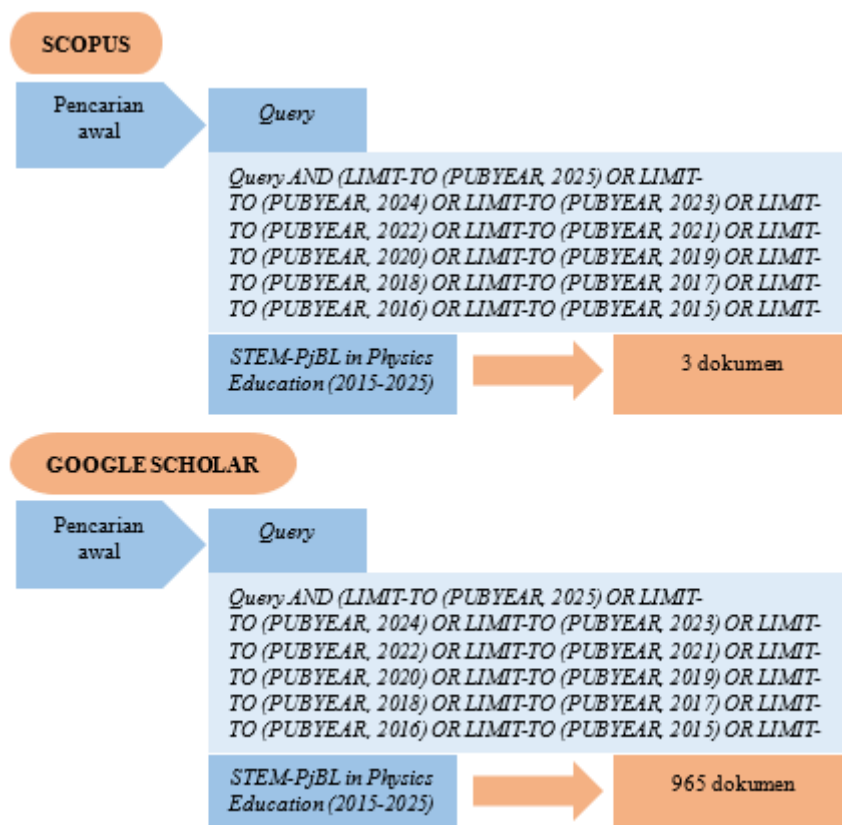


Gambar 1. Tahapan Analisis Bibliometrik

Sumber: Adaptasi dari Solihin et al. (2021); Suprpto et al. (2021); dan Masitoh et al. (2020)

Penentuan kata kunci pencarian menjadi hal mendasar, sebab akurasi dokumen yang didapatkan bergantung pada kata kunci atau *query* yang digunakan pada aplikasi *Publish or Perish*, dengan menggunakan *query* ("STEM" OR "STEM education") AND ("Project-Based Learning" OR "PjBL") AND ("Physics Education" OR "Physics Learning") AND ("21st Century Skills" OR "6Cs" OR "Critical thinking" OR "Communication" OR "Collaboration" OR "Creativity" OR "Citizenship" OR "Character") didapat 3 dokumen dari *database scopus* dan 965 dokumen dari *database google scholar*. Gambar 2 adalah ilustrasi alur pencarian pada *publish or perish*.

Hasil pencarian awal dapat disortir kembali sebelum diekstrak dalam format RIS untuk selanjutnya diolah pada aplikasi *VOSViewer*. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada hasil pemetaan bibliometrik dari aplikasi *VOSviewer* yang menerapkan kalkulasi *Co-Occurance* antar istilah dengan mengekstrak judul dan abstrak artikel (Eck & Waltman, 2023). Selain itu, untuk memetakan tren publikasi, sumber dokumen, serta *top cites* digunakan program *microsoft excel*.



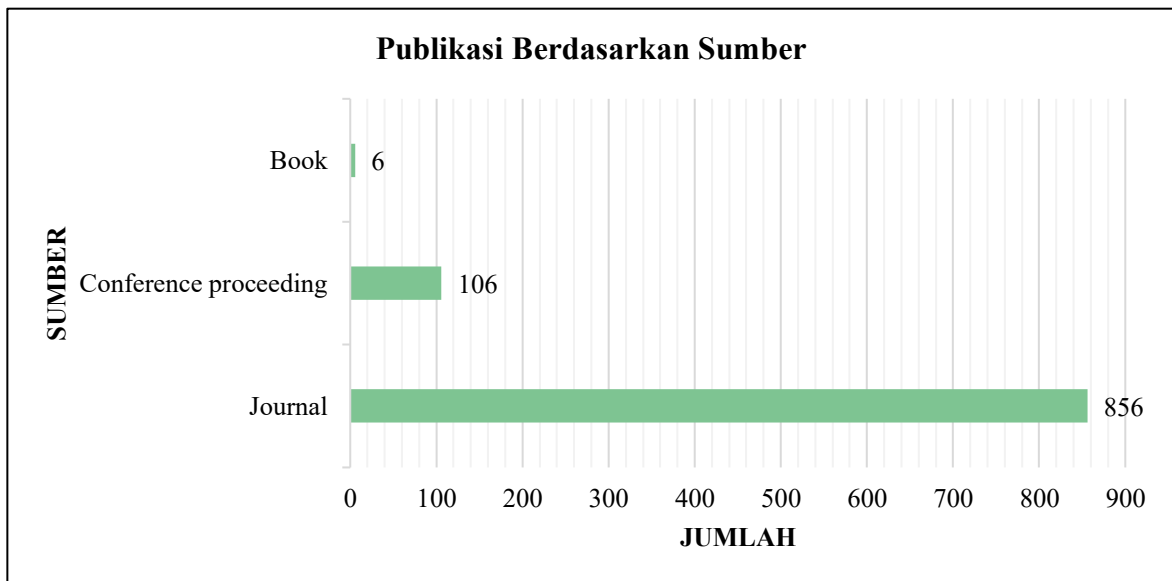
Gambar 2. Alur Pencarian pada *Publish or Perish*

Sumber: Adaptasi dari Suprpto et al. (2021)

Hasil dan Pembahasan

A. Tren penelitian tentang STEM-PjBL dalam pembelajaran Fisika dan Sumber Dokumen

Terdapat total 968 dokumen yang berhubungan dengan STEM-PjBL dalam pembelajaran Fisika dari *database Scopus* dan *google scholar* yang terdiri dari tiga jenis sumber dokumen, diantaranya jurnal, buku, serta *conference proceeding* (lihat Gambar 3). Gambar 3 menunjukkan bahwa jenis sumber dokumen untuk penelitian ini didominasi oleh *journal article* dan *conference proceeding*. Sementara itu, tren penelitian dan publikasi yang didedikasikan untuk STEM-PjBL dalam pembelajaran Fisika sepanjang tahun 2015-2025 ditunjukkan pada Gambar 4. Dari grafik tersebut terlihat adanya kecenderungan peningkatan jumlah publikasi dari tahun 2015 hingga 2025, dengan lonjakan paling tinggi terjadi pada tahun 2017. Namun, pada tahun 2025 terjadi penurunan jumlah publikasi sebesar 41%. Penurunan jumlah publikasi ini tidak lantas menunjukkan bahwa sebuah topik penelitian tidak lagi menarik, namun beberapa faktor dapat menjadi sebab, seperti perubahan fokus penelitian, diversifikasi tema ke arah pendekatan lain, perubahan kebijakan pendanaan dan riset, ataupun siklus alamiah dinamika penelitian (Utomo et al., 2025; Edelweiss et al., 2023).



Gambar 3. Pemetaan Publikasi Berdasarkan Sumber



Gambar 4. Grafik Tren Publikasi dari Tahun 2015-2025

Tabel 1 menunjukkan sepuluh penulis dengan jumlah sitasi paling tinggi terkait penelitian STEM-PjBL. Adapun artikel-artikel yang paling banyak dirujuk mencerminkan karya-karya kunci dibidang pendidikan abad 21 dan revolusi industri 4.0 (Zulyusri et al., 2023; Purwaningsih et al., 2021; Hanif et al., 2019; Lestari et al., 2018; Mulyani, 2019; Gunawan et al., 2017). Hanif et al. (2019) sebagai penulis yang karyanya paling banyak disitasi menyoroti upaya mengoptimalkan kreativitas peserta didik melalui *STEM-Project Based Learning*. Penelitian itu memberikan kesimpulan bahwa peserta didik yang menerapkan pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM memiliki kreativitas yang baik dalam dimensi resolusi, elaborasi, dan kebaruan. Sementara itu, Lestari et al. (2018) fokus pada peningkatan keterampilan proses sains dan kemampuan berpikir kreatif

peserta didik pada pendidikan dasar melalui STEM-PjBL. Gunawan et al. (2017); Purwaningsih et al. (2021); dan Zulyusri et al. (2023) menyoroti potensi PjBL maupun STEM-PjBL untuk melibatkan peserta didik dalam aktivitas pemecahan masalah nyata yang mendorong keterlibatan kognitif mendalam dan meningkatkan keterampilan abad 21 seperti berpikir kritis maupun berpikir kreatif. Gunawan et al. (2017) terutama menekankan peran guru dalam mendukung pengajaran berbasis teknologi. Terakhir, Mulyani (2019) fokus pada peran STEM untuk menghadapi revolusi industri 4.0 yang berkorelasi dengan keterampilan abad 21.

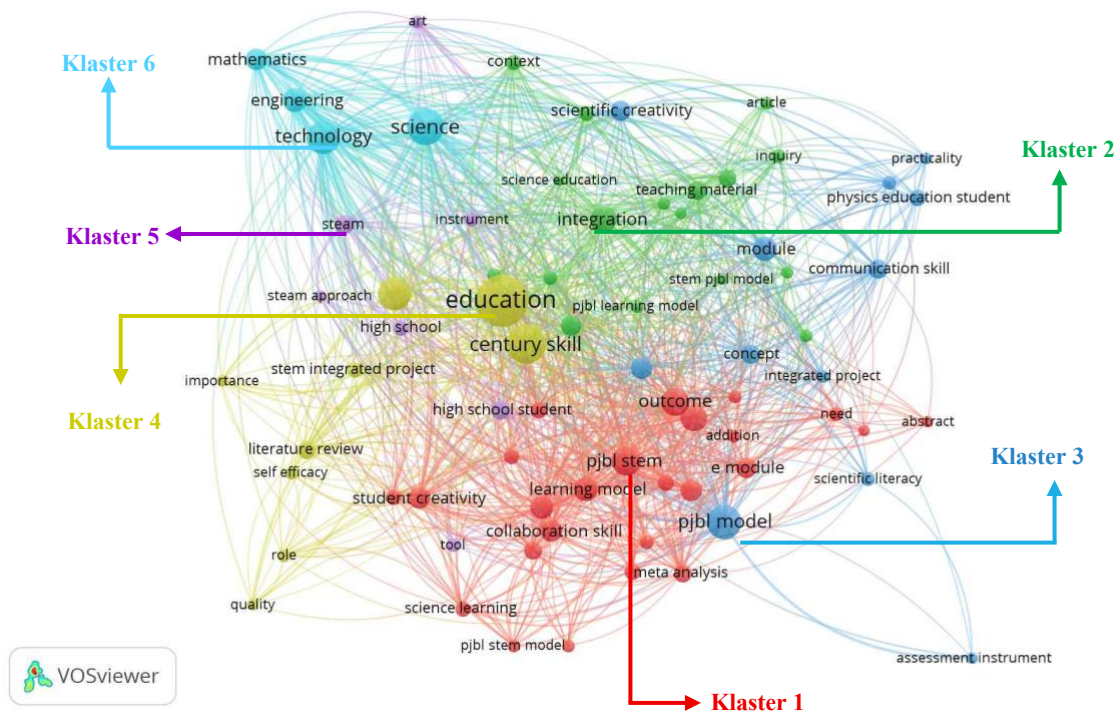
Tabel 1. *Top Cites* dalam Penelitian Terkait STEM-PjBL

<i>Author</i>	<i>Judul Artikel</i>	<i>Σsitasi</i>
Hanif, Wijaya, & Winarno (2019)	Enhancing Students' Creativity through STEM Project-Based Learning	327
Siew, Amir, & Chong (2015)	The Perceptions of pre-service and in-service Teachers Regarding a Project Based STEM Approach to Teaching science	313
Mulyani (2019)	Pendekatan Pembelajaran STEM untuk Menghadapi Revolusi Industri 4.0	231
Gunawan, Sahidu, Harjono, & Suranti (2017)	The Effect of Project Based Learning with Virtual Media Assistance on Student's Creativity in Physics	226
Santyasa, Rapi, & Sara (2019)	Project Based Learning and Academic Procrastination of Students in Learning Physics	207
Zulyusri, Elfira, Lufri, & Santosa (2023)	Literature study: Utilization of the PjBL Model in Science Education to Improve Creativity and Critical Thinking Skills	195
Kertil & Gurel (2016)	Mathematical Modeling: A Bridge to STEM Education	186
Purwaningsih, Sari, Sari, & Suryadi (2020)	The effect of STEM-PJBL and Discovery Learning on Improving Students' Problem-Solving Skills of Impulse and Momentum Topic	183
Samsudin, Jamali, Zain, & Nader (2020)	The Effect of STEM Project Based Learning on Self-Efficacy among High-School Physics Students	178
Lestari, Sarwi, & Sumarti (2018)	STEM-Based Project Based Learning Model to Increase Science Process and Creative Thinking Skills of 5 th Grade	156

B. Peta Bibliometrik STEM-PjBL dalam Pembelajaran Fisika dan Kaitannya dengan Kompetensi 6C

Tren penelitian dari 968 dokumen yang terkait dengan STEM-PjBL dari basis data *scopus* dan *google scholar* divisualisasikan dengan bantuan aplikasi perangkat lunak *VOSViewer*. Selain membantu menemukan kebaruan penelitian, visualisasi ini juga dapat menunjukkan parameter penting dalam penelitian terkait STEM-PjBL. Lingkaran berwarna menunjukkan kata kunci atau item, sedangkan ukuran lingkaran menunjukkan

seberapa sering penelitian terkait topik itu dilakukan. Jika ukuran lingkaran semakin besar, maka semakin sering juga kata kunci dalam lingkaran tersebut muncul

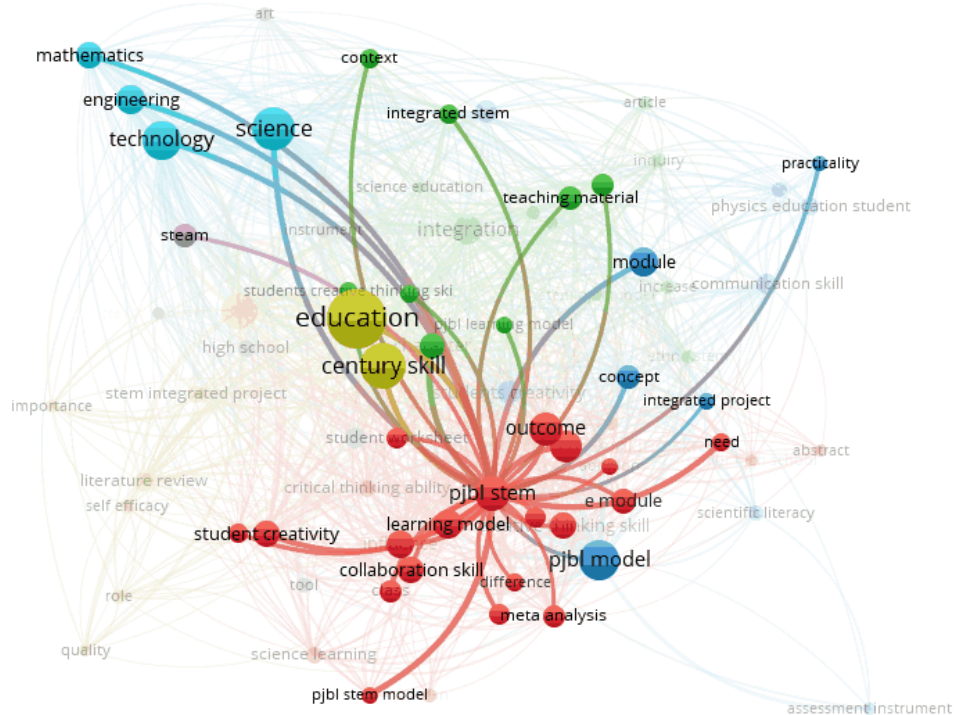


Gambar 5. Pemetaan Publikasi Berdasarkan Sumber

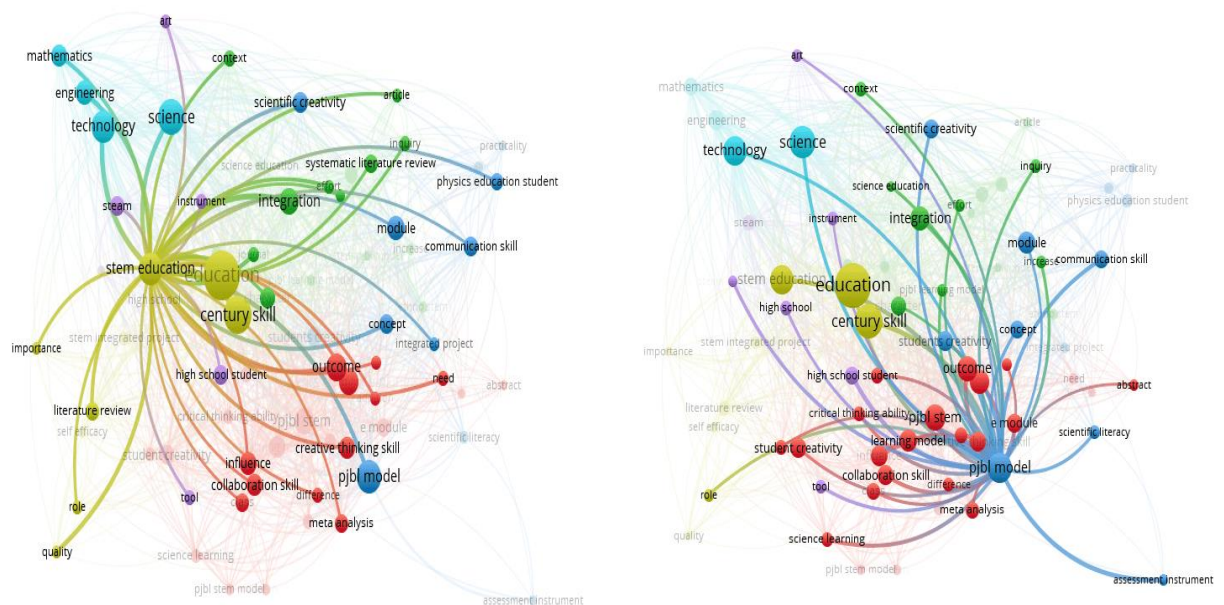
Dari hasil pemetaan, terdapat 6 klaster (merah, hijau, biru, kuning, ungu, biru muda) yang menunjukkan hubungan satu topik dengan topik yang lain (Gambar 5). Fokus penelitian ini adalah kata kunci STEM-PjBL dan kaitannya dengan kompetensi 6C (*character, citizenship, critical thinking, creativity, collaboration, dan communication*) yang berada di klaster 1 (Gambar 6). Keterampilan kolaborasi dan kreativitas peserta didik berada satu klaster yang sama dengan STEM-PjBL. Hal ini menunjukkan bahwa kata kunci tersebut memiliki hubungan yang dekat. Selain berada pada satu klaster, keterampilan kolaborasi dan kreativitas peserta didik berkaitan secara langsung dengan STEM-PjBL. Hubungan ini dapat dikatakan logis, seperti yang dinyatakan oleh Selfiana et al. (2024); Hanif et al. (2019); dan Lestari et al. (2018) dalam penelitiannya bahwa implementasi pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM mampu meningkatkan kreativitas dan kemampuan kolaborasi.

Sementara itu, jika item “STEM Education” yang berada di klaster 2 dan “PjBL model” yang berada di klaster 3 ditelaah lebih lanjut, maka penulis menemukan bahwa item tersebut berkaitan pula dengan kompetensi 6 C yang lain (Gambar 7a dan 7b), seperti *communication skill* dan *critical thinking ability*. Busnawir et al. (2024) menyatakan bahwa temuan yang paling signifikan dari penelitiannya adalah peningkatan yang jelas dalam hal keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah diterapkannya pembelajaran dengan pendekatan STEM. Temuan dalam penelitian Busnawir et al. (2024) ini menjadi bukti konkret bahwa pendekatan STEM dapat menjadi sebuah alat yang kuat dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Sementara itu, dalam penelitian lain, Bulu & Tanggur (2021) menyatakan bahwa selain meningkatkan keterampilan berpikir kritis,

pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM mampu meningkatkan sikap kolaboratif peserta didik. Penerapan PjBL dengan pendekatan STEM mendorong peserta didik berkolaborasi secara intensif, sehingga mampu meningkatkan keterampilan komunikasi, berpikir kritis, dan kreativitas mereka dalam mengatasi tantangan dunia nyata (Khotimah et al., 2024). Pernyataan-pernyataan di atas juga didukung oleh Sahrir et al. (2024), bahwa pembelajaran STEM-PjBL menjadi pilihan utama ataupun alternatif dalam mencapai keterampilan abad 21 yang akrab dengan teknologi di era disrupsi.



Gambar 6. Visualisasi yang Berfokus Pada Kata STEM-PjBL



Gambar 7. Visualisasi yang Berfokus Pada Kata “STEM Education” dan “PjBL Model”

pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM (STEM-PjBL) berkorelasi dengan upaya meningkatkan penguasaan keterampilan abad 21 (Kompetensi 6C). Dalam penelitian ini kata kunci seperti *critical thinking*, *creativity*, *collaboration*, dan *communication* saling terhubung dengan kata kunci STEM *Education*, STEM-PjBL, maupun PjBL *Model*. Walaupun masih diarea yang jarang diteliti, hal ini tetap dapat dijadikan bahan rujukan untuk penelitian-penelitian berikutnya tentang bagaimana kontribusi STEM-PjBL dalam pengembangan kompetensi 6C. Selain itu, *character* dan *citizenship* sebagai bagian dari kompetensi 6C tidak muncul sama sekali dalam item yang dipetakan oleh *VOSViewer*. Ini menjadi kebaruan penelitian yang merujuk pada pertanyaan inti bagaimana mengukur kompetensi 6C secara holistik dalam sebuah pembelajaran, sehingga kedepannya perlu dilakukan penelitian tentang pengembangan instrumen untuk mengukur kompetensi 6C secara komprehensif. Ketiga, pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM direkomendasikan sebagai alat untuk melatih kompetensi 6C atau keterampilan abad 21. Oleh sebab itu, arah penelitian kedepan juga perlu difokuskan pada implementasi STEM-PjBL yang secara eksplisit menargetkan pengembangan kompetensi 6C, terutama memuat kompetensi *character* dan *citizenship* yang masih relatif *understudied* dibandingkan kompetensi yang lain.

Referensi

- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau dari Gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202–212. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>
- Akpan, B., & Kennedy, T. J. (2020). *Science Education in Theory and Practice*. Springer.
- Akturk, C., Talan, T., & Cerasi, C. C. (2022). Education 4.0 and University 4.0 from Society 5.0 Perspective. *International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, 577–582. <https://doi.org/10.1109/ACIT54803.2022.9913099>
- Ana, A., Meirawan, D., Dwiyantri, V., & Saripudin, S. (2018). Character of Industrial 4.0 Skilled Workers. *International Journal of Engineering & Technology*, 166–170.
- Ariana, I. M., Prahani, B. K., & Kurtulus, M. A. (2025). Literature Review : The Effect of Science , Technology Engineering , Arts , and Mathematics (STEAM) -Based Worksheet to Improve Learners Creativity in Physics Learning. *Ournal of Innovative Technology and Sustainability Education*, 1(1), 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.63230/jitse.1.1.46>
- Astuti, M. L. (2024). The Role of 6C Skills in 21st Century Learning of Elementary School Students. *Jurnal Pendidikan Sekolah Dasar*, 7(2).
- Bulu, V. R., & Tanggur, F. (2021). The Effectiveness of STEM-based PjBL on Student's Critical Thinking Skills and Collaborative Attitude. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(1), 219–228.
- Busnawir, Kiri, I., & Dara, C. (2024). The Influence of STEM-Based Learning on Students' Critical Thinking Skills. *International Journal of Educational Narratives*, 3(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.70177/ijen.v3i1.2157>
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach (2nd edition)*. Sense Publisher.
- Dwi Arianda, Y., Ichsan, K., Supriadi, W., Mahdiyah, & Sarifah, I. (2024). Trends in Project

- Based Learning Models in Increase 6C Skills (Character, Citizenship, Critical Thinking, Creative, Collaborative, and Communication). *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 41(2), 143–152.
- Eck, N. J., & Waltman, L. (2017). Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics*, 111(2), 1053–1070. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2300-7>
- Eck, N. J. Van, & Waltman, L. (2023). *VOSviewer Manual* (Issue October). Universiteit Leiden.
- Edelweiss, M. P., Deta, U. A., Nurlailiyah, A., Ain, T. N., Misbah, & Saregar, A. (2023). Physics Community Services: Analisis Bibliometrik dari Tahun 1965 Hingga 2023 dan Dampaknya Terhadap Bidang Fisika. *Journal of Community Engagement and Empowerment*, 2(1), 25–34. <https://doi.org/https://doi.org/10.58706/dedikasi>
- Elayyan, S. (2021). The future of education according to the fourth industrial revolution. *Journal of Educational Technology*, 4(1), 24–30. <https://doi.org/http://doi.org/10.31681/jetol.737193>
- Fathoni, A., Muslim, S., Ismayati, E., Rijanto, T., Munoto, & Nurlaela, L. (2020). STEM : Inovasi dalam Pembelajaran Vokasi. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 17(1), 33–42.
- Fullan, M., Quinn, J., & McEachen, J. (2018). *Deep Learning*. Corwin.
- Fullan, M., & Scott, G. (2014). *Education Plus*. Collaborative Impact SPC.
- Garcia, I. (2020). e-Leadership: A Bibliometric Analysis. *International Journal of Advanced Corporate Learning*, 13(1), 19–34. <https://doi.org/https://doi.org/10.3991/ijac.v13i1.10589>
- Gunawan, Sahidu, H., Harjono, A., & Suranti, N. M. Y. (2017). The Effect of Project Based Learning With Virtual Media Assistance on Student's Creativity in Physics. *Cakrawala Pendidikan*, 36(2), 167–179.
- Hanif, S., Wijaya, A. F. C., & Winarno, N. (2019). Enhancing Students' Creativity through STEM Project-Based Learning. *Journal of Science Learning*, 2(2), 50–57. <https://doi.org/10.17509/jsl.v2i2.13271>
- Jufriadi, A., Huda, C., Aji, S. D., Pratiwi, H. Y., & Ayu, H. D. (2022). 21 st Century Skills Analysis through The Implementation of Merdeka Belajar Kampus Merdeka Curriculum. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 7(1), 39–53. <https://doi.org/10.24832/jpnk.v7i1.2482>
- Karim, E., Safran, N. A. A., Shuib, N. H., & Azmi, A. (2021). Level of 6Cs Global Competencies among Trainee Teachers upon the Implementation of Pedagogical Capacity for Deep Learning based on Rasch Measurement. *International Research Journal of Education and Sciences (IRJES)*, 5(2), 49–55.
- Kembara, M. D., Rozak, R. W. A., Maftuh, B., & Hadian, V. A. (2022). Research Based Learning to Improve Students 6C Skills During the Pandemic. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 658, 107–111.
- Khotimah, S., Bambang, Purwanti, A. S., & Aysi, S. A. H. (2024). Enhancing The 6Cs as 21st Century Skills Among Higher Education Students Through An Entrepreneurial Project Learning. *Jurnal Hasil Penelitian Dan Kajian Kepustakaan Di Bidang Pendidikan, Pengajaran Dan Pembelajaran*, 10(4), 1528–1536.

<https://doi.org/https://doi.org/10.33394/jk.v10i4.13117>

- Lancrin, S. V., Sancho, C. G., Bouckaert, M., Luca, F. de, Barrerra, M. F., Jacotin, G., Urgel, J., & Vidal, Q. (2019). *Fostering Students' Creativity and Critical Thinking*.
- Lase, D. (2019). Pendidikan di Era Revolusi Industri 4.0. *Journal Science for Society*. <https://doi.org/https://doi.org/10.36588/sundermann.v1i1.18>
- Lestari, T. P., Sarwi, & Sumarti, S. S. (2018). STEM-Based Project Based Learning Model to Increase Science Process and Creative Thinking Skills of 5th Grade. *Journal of Primary Education*, 7(1).
- Lou, S.-J., Chou, Y.-C., Shih, R.-C., & Chung, C.-C. (2017). A Study of Creativity in CaC2 Steamship-derived STEM Project Based Learning. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(6), 2387–2404. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01231a>
- Masitoh, P. N. A., Latifah, S., Saregar, A., Aziz, A., Suharto, & Jamaluddin, W. (2020). Bibliometric analysis of physics problem solving. *Young Scholar Symposium on Science Education and Environment*, 1–9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012009>
- Mulyani, T. (2019). Pendekatan Pembelajaran STEM untuk menghadapi Revolusi Industry 4.0. *Seminar Nasional Pascasarjana 2019*.
- Nandiyanto, A. B. D., Biddinika, M. K., & Triawan, F. (2020). How Bibliographic Dataset Portrays Decreasing Number of Scientific Publication from Indonesia. *Indonesian Journal of Science & Technology*, 5(1), 154–175.
- Oonsim, W., & Chanprasert, K. (2017). Developing Critical Thinking Skills of Grade 11 Students by STEM Education: A Focus on Electrostatic in Physics. *Rangsit Journal of Educational Studies*, 4(1), 54–59. <https://doi.org/10.14456/rjes.2017.4>
- Purwaningsih, E., Sari, S. P., Sari, A. M., & Suryadi, A. (2021). The Effect of STEM-PjBL and Discovery Learning on Improving Students' Problem-Solving Skills of The Impulse and Momentum Topic. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(4), 465–476. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i4.26432>
- Putri, W. R., Supardi, Z. A. I., & Sudibyo, E. (2020). The Effectiveness of Learning Device Through The STEM Approaches to Train Students' Critical Thinking. *Jurnal Education and Development*, 8(2), 281–284.
- Quy, V. K., Thanh, B. T., Chehri, A., Linh, D. M., & Tuan, D. A. (2023). AI and Digital Transformation in Higher Education : Vision and Approach of a Specific University in Vietnam. *Journal Sustainability*, 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su151411093>
- Redhana, I. W. (2019). Mengembangkan Keterampilan Abad Ke-21 dalam Pembelajaran Kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 13(1), 2239–2253. <https://doi.org/https://doi.org/10.15294/jipk.v13i1.17824>
- Rochmah, E. N. (2023). Learning Environments as STEAM Support to Sharpen Elementary School Students' 21st Century Skills. *Jurnal Pendidikan Sekolah Dasar*, 6(1), 61–70. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/didaktika.v6i1.61373>
- Rohida, L. (2018). Pengaruh Era Revolusi Industri 4.0 terhadap Kompetensi Sumber Daya Manusia. *Jurnal Manajemen Bisnis Indonesia*, 6(1), 114–136.

- Sahrir, D. C., Madnasri, S., Indriyanti, D. R., & Sapitri, R. (2024). Research Trends in Ethno-STEAM-PjBL and Religion Integration oriented Educational Sustainable Development in Science Learning through Bibliometric Analysis. *Indonesian Journal of Science Education*, 12(2), 403–417. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.24815/jpsi.v12i2.36084>
- Salgues, B. (2018). *Society 5.0: Industry of the Future, Technologies, Methods and Tools*. Wiley.
- Sardjono, W., Gui, A., & Perdana, W. G. (2024). The Impact of the Industrial Revolution 4.0 Transformation on the Circular Economy in Indonesia The Impact of the Industrial Revolution 4.0 Transformation on the Circular Economy in Indonesia. *The 7th International Conference on Eco Engineering Development (ICEED)*, 0–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1324/1/012083>
- Schleicher, A. (2012). *Preparing Teachers and Developing School Leaders for the 21st Century: Lessons from Around the World*. OECD.
- Selfiana, Putri, R. E., Sari, M. P., Yurnetti, & Muttaqin, A. (2024). Pengaruh Penerapan Model PjBL Terintegrasi STEM terhadap Hasil Belajar dan Keterampilan Kolaborasi Siswa Kelas VIII SMP. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(3), 43424–43430.
- Shah, M. M., & Kamaruddin, M. (2022). Kompetensi 6C Siswa Guru dalam Pelaksanaan “Inovasi Digital Dalam Pengajaran dan Pembelajaran.” *Journal of ICT in Education (JICTIE)*, 9(2), 87–102. <https://doi.org/https://doi.org/10.37134/jictie.vol9.2.7.2022>
- Solihin, A., Wibowo, F. C., & Astra, I. M. (2021). Review of Trends Project Based Learning (PjBL) Integrated STEM in Physics Learning. *The 10th National Physics Seminar (SNF 2021)*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2019/1/012031>
- Sudibjo, N., Idawati, L., & Harsanti, H. R. (2019). Characteristics of Learning in the Era of Industry 4.0 and Society 5.0. *International Conference on Education Technology (ICoET 2019)*, 372, 276–278.
- Sumarni, W. (2020). *PjBL-ETNO-STEM: Potensi dan Kontribusinya dalam Peningkatan Keterampilan Abad 21 dan Karakter Konservasi Mahasiswa*. Universitas Negeri Semarang.
- Suprpto, N., Prahani, B. K., & Deta, U. A. (2021). Research Trend on Ethnoscience through Bibliometric Analysis (2011-2020) and The Contribution of Indonesia. *Library Philosophy and Practice*, 1–17.
- Thibaut, L., Ceuppens, S., Loof, H. De, Meester, J. De, Goovaerts, L., Struyf, A., Pauw, J. B., Dehaene, W., Deprez, J., Cock, M. De, Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., & Struyven, K. (2018). Integrated STEM Education : A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education Practices in Secondary Education*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Torlakson, T. (2014). *Innovative: A Blueprint for Science, Technology, Engineering, and Mathematics in California Public Education*. California Departement Of Education.
- Tseng, K., Chang, C., Lou, S., & Chen, W. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *Int J Technol Des Educ*, 23, 87–102. <https://doi.org/10.1007/s10798-011-9160-x>
- Utomo, R. H., Sudiyanto, & Supianto. (2025). The Role of STEM-Based Project-Based Learning in Developing Future Competencies: A Systematic Review. *Teknodika*, 23(1), 12–25. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.20961/teknodika.v23i1.97895>

Zulyusri, Elfira, I., Lufri, & Santosa, T. A. (2023). Literature Study : Utilization of the PjBL Model in Science Education to Improve Creativity and Critical Thinking Skills. *Journal of Research in Science Education*, 9(1), 133–143. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.2555>