

**BIBLIOMETRIC ANALYSIS: THE EFFECT OF STEM-BASED PJBL AND E-LEARNING
MODELS ON STUDENT LEARNING MOTIVATION IN ELEMENTARY SCHOOL**

Alifaturrahmah¹, Qonithatu Namora Hasibuan², Sarah Nur Azizah³

Email: alifaturrahmah01@gmail.com¹, qonithatunhsb@gmail.com², saraahnazz@gmail.com³

Abstract: This study aims to analyze the influence of the STEM-based Project-Based Learning (PJBL) model and e-learning on elementary school students' learning motivation through a bibliometric approach. The method used was bibliometric analysis with the help of VOSviewer software to map research trends based on publication data from the Crossreff database. The analysis revealed six main keyword clusters: PJBL integration in STEM, technology and e-learning, motivation and engagement, evaluation of learning outcomes, the role of teachers and curriculum, and implementation challenges. These findings demonstrate that the global research focus is shifting toward active learning supported by digital technology and centered on students. In conclusion, the STEM-based PJBL approach integrated with e-learning contributes positively to increasing student learning motivation. It is recommended that teacher training and digital infrastructure support be improved to maximize the effectiveness of implementation at the elementary school level.

Keywords: E-learning, Evaluation, Motivation, PJBL, STEM

ANALISIS BIBLIOMETRIK: PENGARUH MODEL PJBL BERBASIS STEM DAN E-LEARNING TERHADAP MOTIVASI BELAJAR SISWA SEKOLAH DASAR

Alifaturrahmah¹, Qonithatu Namora Hasibuan², Sarah Nur Azizah³

Email: alifaturrahmah01@gmail.com¹, qonithatunhsb@gmail.com², saraahnazz@gmail.com³

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh model Project-Based Learning (PJBL) berbasis STEM dan e-learning terhadap motivasi belajar siswa sekolah dasar melalui pendekatan bibliometrik. Metode yang digunakan adalah analisis bibliometrik dengan bantuan perangkat lunak VOSviewer untuk memetakan tren penelitian berdasarkan data publikasi dari database Crossreff. Hasil analisis menunjukkan enam klaster utama kata kunci, yaitu integrasi PJBL dalam STEM, teknologi dan e-learning, motivasi dan keterlibatan, evaluasi hasil belajar, peran guru dan kurikulum, serta tantangan implementasi. Temuan ini memperlihatkan bahwa fokus penelitian global bergeser ke arah pembelajaran aktif yang didukung teknologi digital dan berpusat pada siswa. Kesimpulannya, pendekatan PJBL berbasis STEM yang terintegrasi dengan e-learning berkontribusi positif terhadap peningkatan motivasi belajar siswa. Disarankan untuk meningkatkan pelatihan guru dan dukungan infrastruktur digital guna memaksimalkan efektivitas implementasi di tingkat sekolah dasar.

Kata Kunci: *E-learning*, Evaluasi, Motivasi, PJBL, STEM

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital dalam dua dekade terakhir telah membawa transformasi besar di berbagai sektor, tidak terkecuali dalam dunia pendidikan. Inovasi dalam teknologi informasi dan komunikasi (TIK) secara langsung mengubah pola pembelajaran tradisional yang sebelumnya didominasi oleh metode ceramah pasif menjadi lebih dinamis, interaktif, dan berbasis teknologi (Rahiem, 2020). Perubahan ini tidak hanya terjadi di tingkat pendidikan tinggi, tetapi juga mulai menyentuh ranah pendidikan dasar yang menjadi fondasi penting dalam membentuk karakter dan kompetensi awal peserta didik.

Transformasi ini sejalan dengan pergeseran paradigma pendidikan dari *teacher-centered* menuju *student-centered learning*. Dalam hal ini, peran guru berubah menjadi fasilitator yang membimbing siswa untuk aktif membangun pengetahuannya sendiri melalui pengalaman langsung dan eksploratif. Salah satu pendekatan yang sejalan dengan paradigma ini adalah model *Project-Based Learning* (PJBL). Model PJBL menekankan pada keterlibatan aktif siswa dalam merancang dan menyelesaikan proyek nyata yang relevan dengan kehidupan mereka. Pendekatan ini diyakini mampu mengembangkan berbagai keterampilan abad ke-21 seperti kolaborasi, komunikasi, pemecahan masalah, dan berpikir kritis (Kim et al., 2019; Shafie et al., 2019).

Seiring dengan meningkatnya tuntutan global terhadap penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi, pendekatan pembelajaran PJBL semakin banyak diintegrasikan dengan prinsip STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Pendekatan PJBL berbasis STEM bertujuan untuk mengaitkan materi pelajaran dengan konteks dunia nyata melalui proyek-proyek yang mendorong pemahaman konseptual secara mendalam dan lintas disiplin (Malik, 2018). Melalui proyek-proyek berbasis STEM, siswa tidak hanya dituntut untuk menghafal fakta, tetapi juga untuk mengembangkan solusi kreatif atas permasalahan nyata dengan pendekatan ilmiah dan teknologi.

Selain pendekatan pedagogis, kehadiran teknologi digital juga membuka peluang besar dalam memperluas akses pembelajaran melalui *e-learning*. *E-learning* memungkinkan terjadinya proses belajar yang fleksibel, personal, dan adaptif terhadap kebutuhan siswa. *Platform e-learning* menawarkan berbagai fitur seperti video pembelajaran, forum diskusi, kuis interaktif, dan sistem umpan balik otomatis yang memperkaya pengalaman belajar siswa. Di era pascapandemi COVID-19, penggunaan *e-learning* tidak lagi menjadi pilihan tambahan, tetapi telah menjadi bagian integral dari sistem pembelajaran modern, termasuk di tingkat sekolah dasar (Ridwan et al., 2022).

Integrasi antara PJBL berbasis STEM dan *e-learning* menghadirkan pendekatan pembelajaran hibrida yang tidak hanya relevan dengan kebutuhan pendidikan kontemporer, tetapi juga potensial dalam meningkatkan motivasi belajar siswa. Motivasi belajar merupakan salah satu indikator penting dalam keberhasilan proses pembelajaran (Hämäläinen, 2019). Siswa yang termotivasi cenderung lebih aktif, memiliki rasa ingin tahu tinggi, dan mampu mempertahankan minat dalam belajar dalam jangka waktu yang lebih lama. Oleh karena itu, penting untuk memahami bagaimana kombinasi antara PJBL, STEM, dan *e-learning* dapat memengaruhi tingkat motivasi siswa, terutama pada jenjang sekolah dasar yang merupakan masa krusial dalam pembentukan minat belajar.

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa model PJBL mampu meningkatkan motivasi intrinsik siswa karena memberikan ruang bagi eksplorasi, kreativitas, dan otonomi dalam belajar (Li et al., 2018; Zhou et al., 2020). Sementara itu, pendekatan STEM menambah dimensi praktis dan relevansi kontekstual dalam pembelajaran, sehingga siswa merasa bahwa apa yang mereka pelajari memiliki manfaat langsung dalam kehidupan nyata. Di sisi lain, *e-learning* berkontribusi dalam menyediakan akses yang lebih luas terhadap sumber belajar dan memungkinkan personalisasi pembelajaran sesuai dengan kebutuhan individu siswa. Ketiga pendekatan ini, jika diterapkan secara sinergis, diyakini dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih menarik dan bermakna bagi siswa sekolah dasar.

Namun demikian, meskipun potensi integrasi PJBL-STEM dan *e-learning* telah banyak dibahas dalam literatur, masih terdapat kesenjangan dalam pemahaman terkait bagaimana tren penelitian global dalam bidang ini berkembang, khususnya dalam konteks motivasi belajar siswa sekolah dasar (Juliani et al., 2018; Zhai et al., 2021). Untuk itu, diperlukan pemetaan sistematis terhadap publikasi-publikasi ilmiah yang relevan guna memahami perkembangan kajian, kontribusi ilmuwan, negara yang aktif melakukan penelitian, serta topik-topik dominan yang muncul.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh model *Project-Based Learning* (PJBL) berbasis STEM yang didukung oleh *e-learning* terhadap motivasi belajar siswa sekolah dasar, dengan pendekatan analisis bibliometrik. Fokus utama terletak pada pemetaan literatur yang membahas integrasi ketiga elemen tersebut dan keterkaitannya dengan peningkatan motivasi belajar. Melalui pemahaman terhadap tren dan jaringan penelitian yang ada, diharapkan studi ini dapat memberikan kontribusi teoretis sekaligus arahan praktis bagi pengembangan model pembelajaran yang efektif, adaptif, dan berkelanjutan dalam pendidikan dasar.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan bibliometrik sebagai metode utama untuk mengkaji tren global dan keterkaitan antar tema penelitian yang berfokus pada *Project-Based Learning* (PJBL) berbasis STEM dan *e-learning* dalam kaitannya dengan *motivasi belajar* siswa sekolah dasar. Metode bibliometrik dipilih karena mampu memberikan pemetaan yang komprehensif terhadap struktur literatur ilmiah melalui analisis kuantitatif terhadap publikasi ilmiah. Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif, karena berfokus pada pemetaan dan penggambaran pola literatur ilmiah berdasarkan data yang diperoleh dari database *CrossRef*.

Populasi dalam penelitian ini adalah publikasi ilmiah internasional yang relevan dengan tema *PJBL*, *STEM*, *e-learning*, dan *motivasi belajar* pada jenjang pendidikan dasar. Sumber data diambil dari database *CrossRef*, yang merupakan salah satu basis data publikasi ilmiah terbesar dan paling kredibel secara global. Sampel terdiri dari 500 artikel ilmiah yang dipublikasikan dalam rentang waktu 2015 hingga 2025. Artikel-artikel ini diperoleh dengan menggunakan kata kunci gabungan seperti "*PJBL*", "*STEM*", "*e-learning*", "*learning motivation*", dan "*elementary school*". Artikel yang diseleksi harus memenuhi syarat relevansi topik, memiliki metadata lengkap, dan tersedia dalam format yang dapat dianalisis oleh VOSviewer (.ris).

Desain penelitian berbentuk eksploratif dan deskriptif. Eksploratif karena bertujuan menemukan dan menjelaskan struktur pengetahuan ilmiah di area yang masih berkembang, serta deskriptif karena menyajikan gambaran kuantitatif terhadap relasi antar topik dan penulis. Adapun tahapannya, meliputi: 1) Pengumpulan metadata artikel dari *CrossRef*, 2) Ekstraksi kata kunci dan nama penulis, 3) Analisis *co-occurrence* kata kunci, 4) Analisis *co-authorship* antar peneliti, 5) Visualisasi jaringan menggunakan VOSviewer. 6) Interpretasi hasil klaster dan hubungan kolaboratif (García-Holgado et al., 2020).



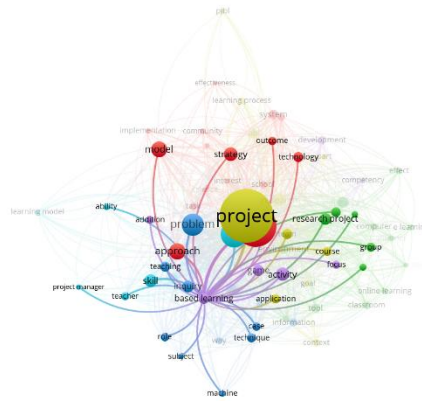
Selanjutnya, didapatkan kluster ketiga sebagai berikut:



Selain itu, didapatkan kluster keempat sebagai berikut:

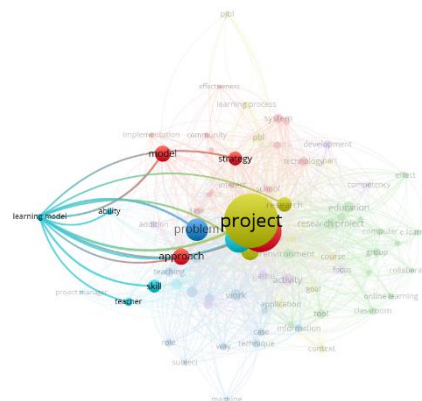


Selain itu, didapatkan kluster kelima sebagai berikut:



Gambar Kluster Kelima

Pada kluster 5, menitikberatkan pada bagaimana guru mendesain kurikulum berbasis proyek dan teknologi, serta peran mereka dalam mendampingi siswa selama proses pembelajaran. Selain itu, didapatkan kluster keenam sebagai berikut:

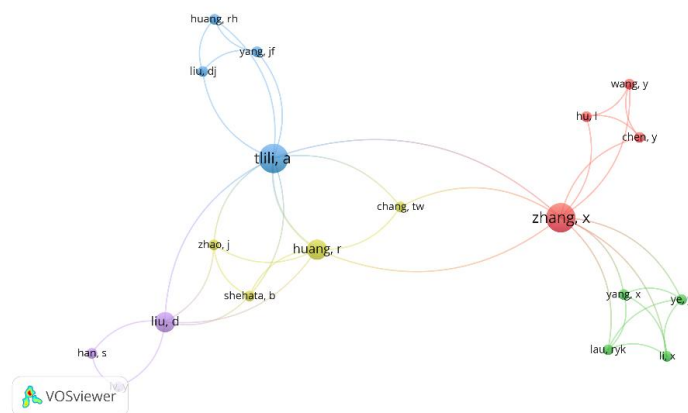


Gambar Kluster Keenam

Pada kluster 6, berfokus pada hambatan dan kesiapan dalam pelaksanaan PjBL dan *e-learning* di sekolah dasar, terutama di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur.

Co-authorship

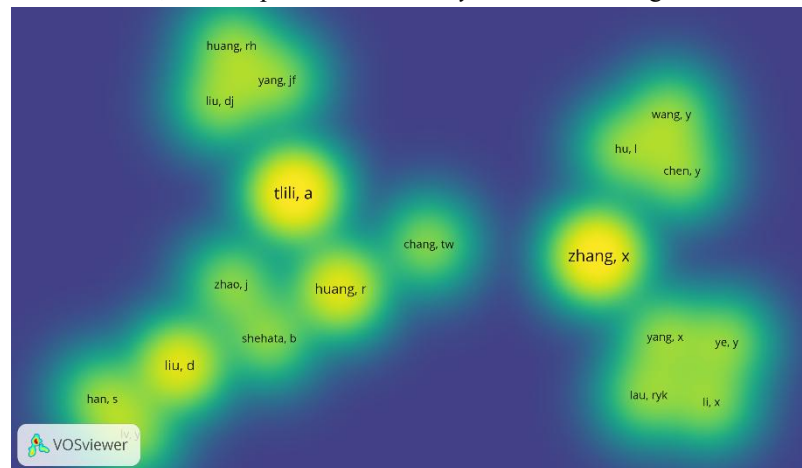
Selain melakukan pengolahan dengan menggunakan co-occurrence, peneliti juga menggunakan co-authorship untuk mengetahui hubungan antarpengarang. Adapun hasilnya yang digunakan dalam penelitian ini terbagi atas network visualization dan density visualization sebagai berikut:



Gambar Network Visualization

Berdasarkan gambar 8 di atas, didapatkan hasil bahwa *co-authorship* menunjukkan terbentuknya lima kluster kolaboratif utama antarpengulis. Masing-masing kluster merepresentasikan kelompok peneliti yang saling terhubung dan memiliki fokus riset yang relatif serupa, seperti pengembangan *e-learning*, integrasi gamifikasi dalam pembelajaran STEM, desain kurikulum berbasis proyek, serta implementasi pembelajaran digital dan *hybrid* di berbagai konteks pendidikan. Kolaborasi ini mencerminkan arah perkembangan penelitian global di bidang pendidikan berbasis teknologi.

Selain itu, hal ini dapat dilihat dari *density visualization* sebagai berikut:



Gambar *Density Visualization*

PEMBAHASAN

Pemetaan Kluster Utama dalam Penelitian PJBL-STEM dan *E-Learning*

Berdasarkan hasil *co-occurrence*, ditemukan enam kluster utama. Masing-masing kluster mencerminkan fokus penelitian dominan yang menjadi arah tren kajian dalam bidang ini. Keberadaan kluster ini memberikan gambaran menyeluruh tentang kompleksitas topik, dimensi kajian yang saling terkait, serta isu-isu utama yang sering diteliti oleh para akademisi di seluruh dunia.

Adapun kluster tersebut adalah:

Tabel Isu Utama Kluster

No	Kluster	Fokus Penelitian	Kata Kunci Dominan
1	Integrasi PJBL dalam STEM	Penerapan PJBL sebagai metode utama pembelajaran STEM	<i>project-based learning, STEM, collaboration, creativity, critical thinking</i>
2	Teknologi dan <i>E-learning</i>	Digitalisasi dan platform pembelajaran daring	<i>e-learning, digital tools, LMS, remote learning</i>
3	Motivasi dan Keterlibatan	Pengaruh pendekatan inovatif terhadap afeksi siswa	<i>student motivation, engagement, learning interest, self-directed learning</i>
4	Evaluasi dan Hasil Belajar	Penilaian efektivitas pembelajaran inovatif	<i>learning outcomes, assessment, academic performance, evaluation</i>
5	Peran Guru dan Kurikulum SD	Desain kurikulum dan peran guru dalam PJBL-STEM	<i>teacher role, primary education, curriculum design, pedagogical strategies</i>
6	Tantangan Implementasi	Hambatan dan kesiapan dalam penerapan PJBL dan <i>e-learning</i>	<i>barriers, readiness, access, support, rural schools</i>

Berdasarkan tabel di atas, ditemukan bahwa kluster pertama merupakan kluster terbesar dan paling sentral, menggambarkan fokus utama penelitian tentang penerapan *project-based learning* dalam konteks pendidikan STEM. Kata kunci seperti “*project-based learning*”, “*STEM*”, “*collaboration*”, “*creativity*”, dan “*critical thinking*” mendominasi hasil visualisasi VOSviewer, menunjukkan bahwa

integrasi PJBL dalam pembelajaran STEM menjadi pendekatan yang sangat populer dalam literatur terkini. Penelitian dalam klaster ini umumnya mengeksplorasi bagaimana PJBL dapat meningkatkan keterampilan abad ke-21 siswa, termasuk berpikir kritis, kolaboratif, dan kreatif, serta kemampuan menyelesaikan masalah dunia nyata. Penerapan proyek-proyek berbasis sains dan teknologi menjadi strategi pedagogis yang menjembatani konsep teoritis dengan pengalaman praktik, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna bagi siswa sekolah dasar.

Selaras dengan pendekatan berbasis proyek tersebut, klaster kedua memperlihatkan pergeseran signifikan ke arah digitalisasi pembelajaran. Fokus pada pemanfaatan teknologi digital dan *e-learning* dalam mendukung PJBL-STEM tergambar jelas dari kemunculan kata kunci seperti "*e-learning*", "*digital tools*", "*LMS*" (*Learning Management System*), dan "*remote learning*". Pandemi COVID-19 mempercepat adaptasi teknologi dalam dunia pendidikan, mendorong berbagai penelitian yang menyoroti penggunaan aplikasi pembelajaran, media interaktif, dan sistem pengelolaan kelas daring. PJBL yang dikombinasikan dengan teknologi digital menawarkan fleksibilitas dan perluasan akses pembelajaran, terutama dalam konteks pembelajaran jarak jauh atau *hybrid* yang kini semakin lazim diterapkan di berbagai negara.

Tidak dapat dipisahkan dari dua klaster sebelumnya, klaster ketiga memberi penekapan pada aspek afektif siswa, khususnya dalam hal motivasi dan keterlibatan belajar. Kata kunci seperti "*student motivation*", "*engagement*", "*learning interest*", dan "*self-directed learning*" menandakan bahwa keberhasilan PJBL-STEM berbasis teknologi tidak hanya bergantung pada metode atau *platform* yang digunakan, tetapi juga pada sejauh mana siswa merasa termotivasi dan terlibat secara aktif. Dalam sekolah dasar, membangun rasa ingin tahu dan minat belajar merupakan elemen kunci agar siswa dapat terlibat secara optimal. Pendekatan PJBL yang berorientasi pada pemecahan masalah nyata serta penggunaan teknologi interaktif terbukti mampu meningkatkan motivasi intrinsik dan kemandirian belajar siswa.

Beranjak dari aspek motivasional, klaster keempat menitikberatkan pada evaluasi dan hasil belajar sebagai indikator keberhasilan pendekatan PJBL-STEM. Kata kunci dominan seperti "*learning outcomes*", "*assessment*", "*academic performance*", dan "*evaluation*" mencerminkan upaya ilmiah dalam mengembangkan instrumen dan metode penilaian yang relevan dengan karakteristik pembelajaran berbasis proyek dan teknologi. Penelitian dalam klaster ini mengkaji bagaimana rubrik proyek, portofolio digital, dan asesmen formatif dapat digunakan untuk menilai ketercapaian kompetensi siswa secara menyeluruh. Dengan adanya metode evaluasi yang tepat, proses pembelajaran dapat dimonitor dan disesuaikan, sehingga hasil belajar siswa dapat ditingkatkan secara berkelanjutan.

Terkait dengan keberhasilan implementasi PJBL-STEM di lapangan, klaster kelima mengarahkan perhatian pada peran sentral guru dan desain kurikulum di tingkat sekolah dasar. Kemunculan kata kunci seperti "*teacher role*", "*primary education*", "*curriculum design*", dan "*pedagogical strategies*" menegaskan pentingnya kesiapan tenaga pendidik dalam menjalankan peran sebagai fasilitator pembelajaran berbasis proyek dan teknologi. Guru diharapkan tidak hanya menguasai materi, tetapi juga mampu merancang aktivitas yang menantang, membimbing eksplorasi siswa, serta mengintegrasikan konten STEM ke dalam kurikulum yang kontekstual. Banyak penelitian menyoroti perlunya pelatihan profesional guru agar mampu mengadaptasi strategi PJBL dengan pendekatan digital secara efektif, khususnya dalam konteks pendidikan dasar yang membutuhkan pendekatan pedagogis yang sesuai dengan tahap perkembangan anak.

Pada klaster keenam atau terakhir mengangkat dimensi kritis dalam penerapan PJBL dan teknologi pendidikan, yaitu berbagai tantangan implementasi yang dihadapi di lapangan. Kata kunci seperti "*barriers*", "*readiness*", "*access*", "*support*", dan "*rural schools*" mengindikasikan bahwa kendala teknis, struktural, maupun sosial masih menjadi hambatan besar, terutama di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur atau sumber daya pendidikan. Beberapa studi mengungkapkan kesenjangan akses antara sekolah di daerah perkotaan dan pedesaan, serta keterbatasan dalam pelatihan guru atau dukungan teknis. Oleh karena itu, penting untuk menyusun kebijakan pendidikan yang inklusif dan menyediakan dukungan berkelanjutan guna memastikan bahwa model PJBL-STEM berbasis teknologi dapat diterapkan secara merata dan efektif di seluruh satuan pendidikan dasar.

Berdasarkan semua klaster yang ada menunjukkan bahwa hasil analisis *co-occurrence* ini membentuk gambaran komprehensif mengenai arah dan fokus riset global terkait pengaruh model PJBL berbasis STEM dan *e-learning* terhadap motivasi belajar siswa sekolah dasar. Masing-masing klaster saling melengkapi, mencerminkan keterkaitan erat antara pendekatan pembelajaran, pemanfaatan

teknologi, faktor afektif siswa, sistem evaluasi, peran pendidik, dan tantangan implementasi yang kompleks.

Pemetaan Peneliti Utama dalam Penelitian PJBL-STEM dan E-Learning

Setelah dilakukan pengolahan data menggunakan *VOSviewer*, peneliti menerapkan pendekatan *co-authorship* untuk mengidentifikasi kolaborasi antar-peneliti yang aktif dalam topik *Project-Based Learning* (PJBL) dan integrasinya dengan pembelajaran berbasis STEM serta *e-learning*. Teknik ini memungkinkan visualisasi hubungan dan intensitas kerja sama di antara penulis yang tergolong produktif di bidang tersebut. Melalui hasil visualisasi dan pemetaan, ditemukan lima klaster utama yang menggambarkan jejaring kolaboratif dalam publikasi ilmiah terkait topik PJBL-STEM dan inovasi pendidikan digital.

Kelima klaster tersebut menunjukkan adanya diferensiasi fokus riset dan wilayah kerja sama, baik dari segi topik maupun keterlibatan geografis. Hal ini mencerminkan dinamika dan arah pengembangan keilmuan yang tidak hanya ditentukan oleh topik penelitian, tetapi juga oleh komunitas peneliti yang saling terkoneksi dalam upaya mengembangkan pendekatan pedagogis yang lebih relevan dengan tantangan zaman.

Berikut ini disajikan tabel hasil klasterisasi peneliti berdasarkan analisis *co-authorship*:

Tabel Hasil Analisis *Co-authorship* Berdasarkan Klaster Peneliti

No	Klaster	Peneliti Kunci	Fokus Kolaborasi
1	Biru	Liu et al., 2020; Tong et al., 2019; H. M. Yang et al., 2018	<i>E-learning</i> , gamifikasi, motivasi digital siswa
2	Merah	C. H. Chen & Yang, 2019; X. Chen et al., 2022; Cheng et al., 2019; X. Yang et al., 2018	PJBL teknologi, keterlibatan siswa SD di Tiongkok
3	Hijau	Felder & Brent, 2024; Stehle & Peters-Burton, 2019; Tang et al., 2021; Wan et al., 2022	Modul STEM berbasis proyek dan evaluasi motivasi
4	Kuning	Aranda et al., 2020; Martín-Páez et al., 2019; Ryoo & Winkelmann, 2021; Thibaut et al., 2018	Desain kurikulum STEM dan asesmen hasil belajar
5	Ungu	Martawijaya et al., 2023; Mutakinati et al., 2018; Rizaldi et al., 2020; Vallera & Bodzin, 2020	Kesiapan guru dan hambatan infrastruktur e-learning

Kelima klaster tersebut memiliki ciri khas yang merepresentasikan arah dan kontribusi masing-masing terhadap diskursus pendidikan berbasis proyek dan teknologi.

Klaster Biru: Fokus pada E-learning dan Gamifikasi

Peneliti utama dalam klaster biru seperti Liu et al., 2020; Tong et al., 2019; H. M. Yang et al., 2018 berfokus pada topik *e-learning* dengan pendekatan gamifikasi sebagai strategi meningkatkan motivasi siswa di era digital. Dalam kolaborasinya, para peneliti ini banyak mengangkat isu motivasi belajar dalam lingkungan daring melalui pengembangan media interaktif, aplikasi edukasi berbasis permainan, serta studi persepsi siswa terhadap platform pembelajaran digital. Kolaborasi ini memperlihatkan bahwa *e-learning* bukan sekadar alat, tetapi sistem yang dapat dioptimalisasi untuk menggugah minat belajar jika dirancang secara tepat dan menyenangkan.

Klaster Merah: PJBL Teknologi dan Siswa Sekolah Dasar

Peneliti seperti C. H. Chen & Yang, 2019; X. Chen et al., 2022; Cheng et al., 2019; X. Yang et al., 2018 menonjol dalam klaster merah dengan fokus pada penerapan PJBL berbasis teknologi di kalangan siswa sekolah dasar, khususnya di Tiongkok. Kolaborasi mereka meneliti bagaimana integrasi teknologi dalam PJBL dapat meningkatkan keterlibatan dan pemahaman konseptual siswa, terutama pada mata pelajaran STEM. Dengan menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif, mereka mengevaluasi efektivitas penggunaan perangkat digital, video pembelajaran, dan laboratorium virtual untuk mendukung proyek kolaboratif.

Klaster Hijau: Modul STEM dan Evaluasi Motivasi

Klaster hijau yang dipelopori oleh Felder & Brent, 2024; Stehle & Peters-Burton, 2019; Tang et al., 2021; Wan et al., 2022 lebih fokus pada pengembangan modul STEM berbasis proyek dan pengukuran motivasi siswa. Mereka meneliti bagaimana modul pembelajaran terstruktur dapat membantu siswa mengembangkan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis dan pemecahan masalah. Riset-riset dari klaster ini menggabungkan pendekatan desain instruksional dengan instrumen evaluatif yang memadai untuk mengukur aspek afektif dan kognitif siswa selama proses pembelajaran berlangsung.

Klaster Kuning: Desain Kurikulum dan Asesmen STEM

Peneliti utama dalam klaster kuning seperti Aranda et al., 2020; Martín-Páez et al., 2019; Ryoo & Winkelmann, 2021; Thibaut et al., 2018 memberikan kontribusi pada desain kurikulum STEM berbasis PJBL. Mereka juga menyoroti pentingnya asesmen formatif dan sumatif untuk mengevaluasi hasil belajar siswa secara lebih menyeluruh. Penelitian dalam klaster ini menekankan bahwa pembelajaran berbasis proyek tidak cukup hanya menyajikan pengalaman belajar yang menarik, tetapi juga harus memiliki kerangka evaluatif yang kuat untuk mengukur hasil secara valid dan reliabel.

Klaster Ungu: Kesiapan Guru dan Hambatan Implementasi

Sementara itu, Martawijaya et al., 2023; Mutakinati et al., 2018; Rizaldi et al., 2020; Vallera & Bodzin, 2020 dalam klaster ungu menyoroti tantangan implementasi PJBL dan *e-learning*, terutama dalam konteks kesiapan guru, dukungan infrastruktur, serta kesenjangan digital di sekolah-sekolah. Penelitian mereka menyoroti perbedaan signifikan antara sekolah di daerah urban dan rural dalam hal kesiapan sumber daya dan literasi teknologi. Kolaborasi ini memberikan insight penting tentang perlunya pelatihan berkelanjutan bagi guru serta perencanaan kebijakan pendidikan yang inklusif dan adaptif terhadap kondisi lokal.

Hasil analisis bibliometrik dan visualisasi menggunakan VOSviewer menunjukkan bahwa integrasi *project-based learning* (PJBL) berbasis STEM dan *e-learning* memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan motivasi belajar siswa sekolah dasar. Kombinasi antara pendekatan pembelajaran berbasis proyek dan pemanfaatan teknologi digital memberikan stimulus baru yang lebih menarik, aktif, dan berpusat pada siswa. Dalam konteks pembelajaran STEM, model PJBL terbukti mendorong siswa untuk berpikir kritis, bekerja kolaboratif, dan menghasilkan solusi kreatif terhadap masalah yang kontekstual. Dukungan *e-learning* dalam hal ini tidak hanya memperkuat akses terhadap sumber belajar, tetapi juga menciptakan ruang belajar yang fleksibel dan terpersonalisasi, sehingga berdampak langsung pada peningkatan minat dan keterlibatan siswa dalam proses belajar.

Temuan ini juga mengindikasikan bahwa paradigma pendidikan dasar mulai bergeser dari model tradisional yang bersifat pasif dan *teacher-centered* menuju pendekatan aktif dan *student-centered* yang lebih sesuai dengan kebutuhan abad ke-21. Hal ini ditunjukkan dari dominasi kata kunci seperti *engagement*, *self-directed learning*, *digital tools*, dan *collaboration* yang muncul secara konsisten dalam klaster hasil co-occurrence. Artinya, pendidikan dasar kini semakin berorientasi pada pengembangan keterampilan belajar sepanjang hayat (*lifelong learning skills*) melalui integrasi teknologi dan strategi pembelajaran yang inovatif. Model PJBL berbasis STEM memberikan kesempatan bagi siswa untuk membangun pemahaman melalui pengalaman langsung, sedangkan *e-learning* berperan sebagai penguat yang mendukung proses belajar menjadi lebih adaptif terhadap perkembangan zaman.

Kemudian, pada hasil analisis *co-authorship* memperlihatkan pentingnya kolaborasi antarpeneliti dalam mengembangkan praktik baik pembelajaran inovatif. Peneliti dari berbagai negara, terutama dari kawasan Asia seperti Tiongkok dan Taiwan, menunjukkan kontribusi aktif dalam publikasi ilmiah mengenai topik ini. Kolaborasi tersebut tidak hanya memperkuat basis pengetahuan, tetapi juga memungkinkan adanya pertukaran gagasan lintas budaya dan konteks pendidikan. Misalnya, fokus penelitian klaster biru dan hijau menunjukkan perhatian terhadap pengembangan motivasi siswa

melalui gamifikasi dan modul STEM yang terintegrasi dengan PJBL, sementara kluster kuning dan ungu menyoroti pentingnya peran guru dan kesiapan infrastruktur sebagai faktor penentu keberhasilan implementasi *e-learning*.

Dengan demikian, implikasi dari temuan ini tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga praktis bagi pengembangan kebijakan pendidikan dasar. Sekolah dasar dan pembuat kebijakan pendidikan dapat memanfaatkan hasil temuan ini untuk merancang kurikulum yang lebih responsif terhadap kebutuhan zaman, dengan mengadopsi pendekatan PJBL berbasis STEM yang diperkuat oleh *e-learning*. Selain itu, penting untuk memperkuat kompetensi guru dalam menerapkan teknologi pembelajaran serta memberikan dukungan infrastruktur yang memadai, terutama di daerah yang masih memiliki keterbatasan akses digital. Upaya tersebut diyakini mampu meningkatkan motivasi belajar siswa secara menyeluruh serta mendorong terciptanya ekosistem pendidikan yang inovatif, inklusif, dan berkelanjutan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis bibliometrik menggunakan VOSviewer, penelitian tentang pengaruh model *Project-Based Learning* (PJBL) berbasis STEM dan *e-learning* terhadap motivasi belajar siswa sekolah dasar menunjukkan tren yang semakin kuat dan relevan dalam dunia pendidikan. Temuan dari analisis *co-occurrence* memperlihatkan adanya enam kluster utama yang menyoroti tema-tema seperti integrasi PJBL dalam STEM, pemanfaatan teknologi dan *e-learning*, serta pentingnya keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Sementara itu, analisis *co-authorship* menunjukkan adanya jejaring kolaboratif antarpemilisi dari berbagai negara, yang menandai tingginya perhatian global terhadap pendekatan pembelajaran inovatif ini. Secara umum, penelitian ini menegaskan bahwa penerapan PJBL berbasis STEM dan *e-learning* mampu mendorong motivasi belajar siswa melalui pembelajaran aktif, kolaboratif, dan berbasis teknologi.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi lebih dalam implementasi model PJBL berbasis STEM di berbagai konteks sosial dan geografis, seperti sekolah di daerah terpencil atau dengan keterbatasan infrastruktur digital. Pendidik dan pengambil kebijakan juga perlu meningkatkan kompetensi guru dalam merancang dan mengelola pembelajaran berbasis proyek secara digital, serta menyediakan sarana pendukung yang memadai. Selain itu, kolaborasi internasional antarpemilisi dan institusi pendidikan sebaiknya terus didorong untuk memperkaya praktik dan inovasi pembelajaran, agar lebih adaptif terhadap kebutuhan abad ke-21 dan memperkuat motivasi belajar siswa sejak usia dini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aranda, C. G., García, A. M., Balsera, M. M., & ... (2020). *Creativity and innovation skills in university stem education: The chet project approach*. oa.upm.es. <https://oa.upm.es/65481>
- Chen, C. H., & Yang, Y. C. (2019). Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: A meta-analysis investigating moderators. *Educational Research Review*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X19300211>
- Chen, X., Zou, D., Xie, H., Cheng, G., & Liu, C. (2022). Two decades of artificial intelligence in education. *Educational Technology & Society*. <https://www.jstor.org/stable/48647028>
- Cheng, L., Ritzhaupt, A. D., & Antonenko, P. (2019). Effects of the flipped classroom instructional strategy on students' learning outcomes: A meta-analysis. *Educational Technology Research* <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9633-7>
- Felder, R. M., & Brent, R. (2024). *Teaching and learning STEM: A practical guide*. books.google.com. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=7ST7EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&dq=project+based+learning&ots=NGxQrITnmV&sig=DbMpyL6DuOwiuJaY28YvEkjNmvE>
- García-Holgado, A., Marcos-Pablos, S., & García-Peñalvo, F. (2020). *Guidelines for performing systematic research projects reviews*. reunir.unir.net. <https://reunir.unir.net/handle/123456789/12757>
- Hämäläinen, M. (2019). A framework for a smart city design: digital transformation in the Helsinki smart city. ... and the Community: A Multidisciplinary Perspective on https://doi.org/10.1007/978-3-030-23604-5_5
- Juliani, A., Berges, V. P., Teng, E., Cohen, A., & ... (2018). Unity: A general platform for intelligent agents. *ArXiv Preprint ArXiv* <https://arxiv.org/abs/1809.02627>

- Kim, S., Raza, M., & Seidman, E. (2019). Improving 21st-century teaching skills: The key to effective 21st-century learners. *Research in Comparative and ...* <https://doi.org/10.1177/1745499919829214>
- Li, J., Chen, B. M., & Lee, G. H. (2018). So-net: Self-organizing network for point cloud analysis. *Proceedings of the IEEE* http://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2018/html/Li_SO-Net_Self-Organizing_Network_CVPR_2018_paper.html
- Liu, W., Wang, X., Owens, J., & Li, Y. (2020). Energy-based out-of-distribution detection. *Advances in Neural* <https://proceedings.neurips.cc/paper/2020/hash/f5496252609c43eb8a3d147ab9b9c006-Abstract.html>
- Malik, R. S. (2018). Educational challenges in 21st century and sustainable development. *Journal of Sustainable Development Education and* <https://ejournal.upi.edu/index.php/jsder/article/view/12266>
- Martawijaya, M. A., Rahmadhanningsih, S., & ... (2023). The effect of applying the Ethno-STEM-Project-based learning model on students' higher-order thinking skill and misconception of physics topics related to Lake *Jurnal Pendidikan* <https://journal.unnes.ac.id/nju/jpii/article/view/38703>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., & ... (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science* <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Mutakinati, L., Anwari, I., & Kumano, Y. (2018). Analysis of students' critical thinking skill of middle school through stem education project-based learning. *Jurnal Pendidikan IPA* <https://journal.unnes.ac.id/nju/jpii/article/view/10495>
- Rahiem, M. D. H. (2020). The emergency remote learning experience of university students in Indonesia amidst the COVID-19 crisis. *International Journal of Learning, Teaching and* <http://ijlter.net/index.php/ijlter/article/view/301>
- Ridwan, A., Fatimah, C., & ... (2022). Development of 21st century skills in Acid-Base learning through STEAM projects. *JTK (Jurnal Tadris* <http://journal.uinsgd.ac.id/index.php/tadris-kimiya/article/view/4913>
- Rizaldi, D. R., Nurhayati, E., & ... (2020). The correlation of digital literation and STEM integration to improve indonesian students' skills in 21st century. ... *Journal of Asian* <https://www.journal-asia.mpi-iainpalopo.ac.id/index.php/data/article/view/36>
- Ryoo, J., & Winkelmann, K. (2021). *Innovative learning environments in STEM higher education: Opportunities, challenges, and looking forward*. library.oapen.org. <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/47325>
- Shafie, H., Majid, F. A., & Ismail, I. S. (2019). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) in teaching 21st century skills in the 21st century classroom. *Asian Journal of University* <https://ir.uitm.edu.my/id/eprint/29765/>
- Stehle, S. M., & Peters-Burton, E. E. (2019). Developing student 21st Century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM Education*. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0192-1>
- Tang, Y. M., Chen, P. C., Law, K. M. Y., Wu, C. H., Lau, Y., & ... (2021). Comparative analysis of Student's live online learning readiness during the coronavirus (COVID-19) pandemic in the higher education sector. *Computers &* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131521000889>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., Loof, H. De, Meester, J. De, & ... (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of* <https://eric.ed.gov/?id=EJ1178347>
- Tong, H., Liu, B., Wang, S., & Li, Q. (2019). Transfer-learning oriented class imbalance learning for cross-project defect prediction. *ArXiv Preprint ArXiv:1901.08429*. <https://arxiv.org/abs/1901.08429>
- Vallera, F. L., & Bodzin, A. M. (2020). Integrating STEM with AgLIT (Agricultural Literacy Through Innovative Technology): The Efficacy of a Project-Based Curriculum for Upper-Primary Students. *International Journal of Science and Mathematics* <https://doi.org/10.1007/s10763-019-09979-y>

Journal of Physical Education, Health and Sports Recreation (JPEHSR)
Vol. 3 (2), Desember 2025: 52 – 64

- Wan, Z. H., So, W. M. W., & Zhan, Y. (2022). Developing and validating a scale of STEM project-based learning experience. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09965-3>
- Yang, H. M., Zhang, X. Y., Yin, F., & ... (2018). Robust classification with convolutional prototype learning. *Proceedings of the IEEE*
http://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2018/html/Yang_Robust_Classification_With_CVP_R_2018_paper.html
- Yang, X., Ye, Y., Li, X., Lau, R. Y. K., Zhang, X., & ... (2018). Hyperspectral image classification with deep learning models. *IEEE Transactions on*
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8340197/>
- Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Istenic, A., & ... (2021). A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020. <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>
- Zhou, L., Wu, S., Zhou, M., & Li, F. (2020). “School’s out, but class” on’, the largest online education in the world today: Taking China’s practical exploration during The COVID-19 epidemic prevention and control *Best Evid Chin Edu*.
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3555520