



Problem-Based Learning dalam Matematika Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Berbasis Masalah Kontekstual: Systematic Literature Review

Ketut Rendrayana*, I Nengah Suparta, I Gusti Putu Suharta

Program Studi S2 Pendidikan Matematika, Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha,
Singaraja, Indonesia

Penulis Korespondensi: ketut.rendrayana@gmail.com

Received: 06-05-2026; Revised: 09-06-2026; Published: 25-06-2026

Abstract: Problem-Based Learning (PBL) is a pedagogical approach that fosters critical thinking, problem-solving skills, and contextual understanding. This Systematic Literature Review (SLR) examines the characteristics, effectiveness, challenges, and contextual integration of PBL in mathematics teaching and learning at vocational high schools. Using the PRISMA method, a total of 186 articles were retrieved from the ScienceDirect, Google Scholar, and ResearchGate databases. After applying strict inclusion criteria focusing exclusively on mathematics learning in peer-reviewed journal articles, 15 articles were selected for in-depth analysis. The findings indicate that PBL consistently improves critical thinking skills, mathematical problem-solving abilities, conceptual understanding, and mathematical literacy in vocational high school contexts. Key challenges include teachers' readiness to design industry-aligned mathematical problems, the absence of workplace-context-based mathematics teaching materials, and time constraints. A critical research gap was identified: mathematics textbooks and teaching modules for vocational high schools are generally not designed based on workplace-context principles, particularly for the Hospitality Program, limiting meaningful connections between mathematics learning and industry practices and hindering deep learning. Future research should prioritize the development of industry-integrated mathematics modules that bridge Problem-Based Learning and workplace environments to enhance the relevance and authenticity of vocational mathematics learning.

Keywords: contextual, problem-based learning, smk, vocational mathematics

Abstrak: Problem-Based Learning (PBL) merupakan pendekatan pedagogis yang mendorong kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan pemahaman kontekstual. Tinjauan literatur sistematis (SLR) ini mengkaji karakteristik, efektivitas, tantangan, dan integrasi konteks dalam penerapan PBL pada matematika sekolah menengah kejuruan. Menggunakan metode PRISMA, sebanyak 186 artikel diperoleh dari basis data ScienceDirect, basis data Google Scholar dan basis data ResearchGate. Setelah penerapan kriteria inklusi yang ketat berfokus pada pembelajaran matematika, 15 artikel dipilih untuk analisis mendalam. Hasil menunjukkan bahwa PBL secara konsisten meningkatkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah matematis, pemahaman konseptual, dan literasi matematis di konteks SMK. Tantangan utama meliputi kesiapan guru merancang masalah matematika berbasis industri, ketiadaan bahan ajar matematika berbasis konteks dunia kerja, dan keterbatasan waktu. Kesenjangan penelitian kritis teridentifikasi buku ajar dan modul ajar matematika SMK tidak dirancang berbasis prinsip konteks dunia kerja khususnya jurusan perhotelan, sehingga menghambat pembelajaran mendalam dan hubungan matematika industri yang bermakna. Penelitian masa depan harus memprioritaskan pengembangan modul matematika terintegrasi industri yang menjembatani PBL dan lingkungan dunia kerja.

Kata kunci: kontekstual, matematika vokasional, problem-based learning, smk

PENDAHULUAN

Pendidikan vokasional di Indonesia, khususnya Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), menghadapi tantangan fundamental dalam mempersiapkan lulusan yang tidak hanya memiliki kompetensi teknis, tetapi juga kemampuan yang relevan dengan dunia industri (Anggita et al.,

2022). Matematika dalam konteks SMK bukan sekadar mata pelajaran wajib, melainkan fondasi berpikir analitis yang menopang seluruh kompetensi kejuruan (Frejd & Muhrman, 2022; Lutfiana, 2022). Pembelajaran matematika kejuruan hendaknya diarahkan untuk mengembangkan literasi matematika esensial siswa sekaligus mendorong eksplorasi yang lebih mendalam terhadap penerapan model-model pembelajaran yang berlandaskan pendekatan ilmiah (Yu, 2024). Namun, realitas di lapangan menunjukkan kesenjangan yang nyata, pembelajaran matematika di SMK belum sepenuhnya terhubung dengan konteks industri yang menjadi tujuan akhir pendidikan vokasional (Lin, 2025). Hal ini membuat siswa SMK kurang termotivasi dan mengalami kesulitan dalam belajar matematika di sekolah (Muhrman, 2022).

Dalam dekade terakhir, *Problem-Based Learning* (PBL) telah mendapatkan perhatian luas sebagai model pembelajaran yang mampu menjembatani teori dengan praktik. PBL menempatkan masalah nyata sebagai titik awal pembelajaran, mendorong siswa untuk berpikir kritis, berkolaborasi, dan menemukan solusi secara mandiri (Meiliati et al., 2026). Dalam konteks pendidikan matematika vokasional, PBL menawarkan potensi besar untuk mengintegrasikan konsep-konsep matematis dengan permasalahan yang dihadapi di dunia industri (Firdaus et al., 2025). Penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa PBL efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis (Jumhur et al., 2024; Suryawan et al., 2023), motivasi belajar (Wijnia et al., 2024), pemecahan masalah (Arta et al., 2020; Hartawan et al., 2024; Parwati et al., 2019; Wilandari et al., 2024) dan hasil belajar matematika siswa SMK (Lubis et al., 2024).

Di sisi lain, Peraturan Direktur Jenderal Pendidikan Vokasi, Pendidikan Khusus, dan Pendidikan Layanan Khusus Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Nomor 30 Tahun 2025 mengenai kebijakan *teaching factory*, merupakan strategi utama transformasi SMK menuntut adanya integrasi nyata antara proses pembelajaran dengan dunia industri. *Teaching factory* mensyaratkan suasana dan tata kelola belajar mengacu pada standar industri (Lin, 2025). Namun, kajian menyeluruh menunjukkan bahwa buku ajar matematika SMK yang beredar saat ini belum berbasis konteks dunia kerja, sehingga tidak mampu menghadirkan konteks industri secara autentik dalam pembelajaran. Kondisi ini menciptakan kesenjangan antara potensi PBL sebagai model pembelajaran dengan ketiadaan perangkat ajar yang mendukung implementasinya secara optimal (Firdaus et al., 2025). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa implementasi *teaching factory* tidak hanya memerlukan keterhubungan pembelajaran dengan dunia industri, tetapi juga menuntut pendekatan pembelajaran yang mampu mendorong peserta didik memahami konsep secara mendalam, mentransfer pengetahuan ke situasi nyata, serta mengembangkan kompetensi kerja abad ke-21 secara terintegrasi.

Konsep pembelajaran mendalam (*deep learning*) yang dikembangkan Fullan et al. (2018) menegaskan bahwa pembelajaran bermakna terjadi ketika siswa tidak hanya memahami konten, tetapi mampu mentransfer pengetahuan ke situasi baru, berkolaborasi, dan berkontribusi pada permasalahan nyata. PBL dengan konteks industri berpotensi menjadi wahana pembelajaran mendalam yang ideal bagi siswa SMK, karena menggabungkan pemikiran kritis, kreativitas, kolaborasi, dan keterhubungan (6C: *Character, Citizenship, Collaboration, Communication, Creativity, Critical Thinking*) yang menjadi kompetensi abad ke-21.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dirumuskan dalam lima pertanyaan utama: (1) Bagaimana karakteristik penelitian tentang PBL dalam pendidikan matematika vokasional? (2) Bagaimana efektivitas PBL dalam meningkatkan hasil belajar matematika pada pendidikan vokasional? (3) Apa saja tantangan dalam implementasi PBL pada pembelajaran matematika di SMK? (4) Bagaimana bentuk integrasi konteks dalam penerapan PBL pada

pembelajaran matematika vokasional? (5) Apa kesenjangan penelitian (*research gap*) terkait integrasi PBL, matematika, dan konteks industri dalam pendidikan vokasional?

Systematic Literature Review (SLR) ini bertujuan untuk menjawab kelima pertanyaan tersebut secara komprehensif, dengan harapan memberikan peta jalan bagi peneliti, praktisi, dan pengembang kurikulum dalam memperkuat integrasi PBL dan konteks industri dalam pembelajaran matematika SMK, khususnya melalui pengembangan media ajar, buku ajar, atau modul ajar siswa yang berbasis konteks dunia kerja dan mendukung pembelajaran mendalam.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review (SLR)* dengan prosedur PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Pencarian artikel dilakukan menggunakan basis data ScienceDirect, Publish or Perish basis data Google Scholar dan basis data ResearchGate. String pencarian yang digunakan adalah: (problem based learning or PBL) and mathematics and vocational school pada ScienceDirect, "problem based learning" and ("vocational education" or "vocational school" or "SMK") and ("matematika" or "mathematics" or "mathematical learning") pada PoP Google Scholar, serta problem based learning dalam matematika vokasi pada ResearchGates.

Pencarian dilakukan dengan membatasi rentang tahun publikasi dari 2020 hingga 2026. Dari pencarian tersebut diperoleh 186 artikel (ScienceDirect (38), Google Scholar (86), ResearchGate (62)). Jumlah artikel per tahun menunjukkan tren peningkatan yang signifikan, dengan publikasi terbanyak pada periode 2024-2026, mengindikasikan semakin besarnya perhatian akademik terhadap topik ini.

Seleksi artikel menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi yang ketat sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Diterbitkan antara tahun 2020-2026	Diterbitkan di luar rentang 2020-2026
Ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris	Ditulis dalam bahasa selain Indonesia dan Inggris
Membahas PBL dalam pembelajaran matematika di sekolah vokasional/SMK	Tidak membahas Problem-Based Learning dan di luar jenjang SMK
Menggunakan metodologi kuasi-eksperimental, penelitian tindakan, atau kualitatif	Merupakan artikel SLR atau meta-analisis
Artikel tersedia dalam teks lengkap	Artikel duplikat atau tidak dapat diakses

Prosedur seleksi artikel mengikuti diagram alur PRISMA empat fase. Fase pertama (*Identification*): dari pencarian ScienceDirect, Google Scholar dan ResearchGate diperoleh 186 artikel potensial. Fase kedua (*Screening*): dilakukan penyaringan berdasarkan judul dan abstrak, 91 artikel dieksklusi karena tidak relevan (tidak membahas PBL dalam matematika vokasional) dan 26 artikel dieksklusi karena merupakan duplikat, sehingga tersisa 69 artikel. Fase ketiga (*Eligibility*): 69 artikel dikaji teks lengkapnya; 54 artikel dieksklusi karena menggunakan desain penelitian SLR/meta-analisis (19 artikel), tidak berbahasa Indonesia/Inggris (10 artikel) dan tidak dapat diakses (25 artikel). Fase keempat (*Included*): sebanyak 15 artikel memenuhi semua kriteria inklusi. 11 artikel diantara terindeks Sinta (Sebagian besar Sinta 2) dan 4 artikel jurnal international.

Tabel 2. Ringkasan Proses Seleksi PRISMA

Fase	Jumlah Artikel	Keterangan
Identification	186	Hasil pencarian ScienceDirect, Google Scholar dan ReseachGate
Screening	69	Setelah eksklusi tidak relevan & duplikat (117 dieksklusi)
Eligibility	15	Setelah kaji teks lengkap (54 dieksklusi)
Included	15	Artikel terpilih untuk analisis mendalam

Analisis data dilakukan secara tematik menggunakan pendekatan naratif-sintetis. Setiap artikel dikodekan berdasarkan: (1) karakteristik penelitian (tahun, jenis penelitian, jenjang/jurusan SMK, sampel), (2) efektivitas PBL (hasil belajar, kemampuan yang ditingkatkan), (3) tantangan implementasi, dan (4) bentuk integrasi konteks.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Artikel yang Dianalisis

Lima belas artikel yang terpilih mencerminkan keragaman metodologi, konteks, dan fokus penelitian sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 3. Secara temporal, publikasi meningkat secara signifikan sejak 2020. Hal ini menunjukkan bahwa kepentingan akademik terhadap PBL dalam matematika vokasional berjalan seiring dengan reformasi kebijakan pendidikan vokasional.

Tabel 3. Karakteristik 15 Artikel Terpilih

No	Penulis & Tahun	Metode	Fokus	Temuan Utama
1	(Suryawan et al., 2025)	Mixed Methods (Explanatory Sequential: kuantitatif + kualitatif)	Otonomi guru dalam evaluasi berbasis masalah (DfC) di SMK	Pemahaman Design for Change (DfC) meningkatkan otonomi guru dan kualitas asesmen
2	(Dahl et al., 2025)	Kualitatif (observasi & wawancara dalam proyek pengembangan guru/teaching experiment)	ntegrasi matematika dengan praktik vokasi (PBL)	Pembelajaran kontekstual membuat matematika lebih bermakna dan meningkatkan motivasi siswa
3	(Purwoko et al., 2025)	Research and Development (R&D)	PBL untuk meningkatkan HOTS siswa SMK	PBL efektif meningkatkan HOTS dan menghasilkan perangkat pembelajaran yang layak digunakan
4	(Hayati et al., 2026)	Research and Development (R&D) – Model ADDIE	Pengembangan modul PBL berbasis Google Sites & Plotagon untuk meningkatkan pemecahan masalah matematika SMK	Pengembangan modul PBL berbasis Google Sites & Plotagon untuk meningkatkan pemecahan masalah matematika SMK
5	(Fadiana & Andriani, 2021)	Deskriptif kualitatif	Profil metakognisi siswa SMK dalam pemecahan masalah matematika berdasarkan kemampuan berpikir logis	Profil metakognisi siswa SMK dalam pemecahan masalah matematika berdasarkan kemampuan berpikir logis

6	(Lubis et al., 2024)	Penelitian Tindakan Kelas (PTK)	Penerapan Problem Based Learning (PBL) pada pembelajaran matematika SMK	PBL meningkatkan hasil belajar dan keaktifan siswa secara signifikan
7	(Y. D. Lestari & Santoso, 2025)	Kualitatif (implementasi pembelajaran / studi deskriptif)	Penerapan PBL dengan pendekatan Ignatian Pedagogy pada matematika (materi anuitas) di SMK	Pembelajaran menghasilkan pengalaman belajar yang lebih bermakna, kontekstual, dan meningkatkan pemahaman serta karakter siswa
8	(Pujiani & Effendi, 2025)	Research and Development (R&D)	Desain pembelajaran peluang berbasis PBL dengan konteks bola voli di SMK	Pembelajaran kontekstual berbasis PBL membuat matematika lebih relevan dan meningkatkan pemahaman siswa
9	(Hasna & Astuti, 2026)	Deskriptif kualitatif	Analisis kemampuan pemecahan masalah matematika siswa SMK dalam PBL (fungsi komposisi)	Sebagian besar siswa berada pada level sedang; kuat secara prosedural tetapi lemah pada tahap perencanaan dan refleksi
10	(Tyas et al., 2026)	Deskriptif kualitatif	Komunikasi matematis siswa SMK dalam menyelesaikan soal berbasis etnomatematika Papua	Kemampuan komunikasi matematis siswa bervariasi; siswa lebih mampu menjelaskan secara prosedural namun masih terbatas dalam penalaran dan representasi matematis
11	(Mustaqim et al., 2025)	Deskriptif kualitatif	Problem-Based Flipped Learning (PBFL) berbasis STEM pada siswa SMK	PBFL-STEM relevan untuk SMK, meningkatkan kolaborasi dan berpikir kritis, serta menjembatani teori dan praktik, namun terkendala teknologi dan kesiapan guru
12	(Komariah et al., 2025)	Kuasi eksperimen	Penerapan Problem Based Learning (PBL) pada siswa SMK	PBL meningkatkan kemampuan pemahaman matematis (tinggi) dan koneksi matematis (sedang)
13	(Syahrani & Miatun, 2025)	Kuasi eksperimen	Penerapan Problem Based Learning (PBL) pada siswa SMK	PBL secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep matematis siswa (effect size tinggi = 2.12)
14	(Selvia et al., 2025)	Research and Development (Plomp)	Pengembangan modul PBL terintegrasi scientific inquiry untuk literasi matematika siswa SMK	Modul terbukti valid, praktis, dan efektif meningkatkan literasi matematika siswa SMK secara signifikan
15	(Sutama & Anisti, 2024)	Research and Development (R&D)	Pengembangan modul pembelajaran matematika berbasis Problem Based Learning (PBL) untuk siswa SMK	Modul PBL efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMK

Dari segi metodologi, 15 artikel menunjukkan keragaman pendekatan. Sebanyak 2 artikel (13%) menggunakan desain kuasi-eksperimental (Komariah et al., 2025; Syahrani & Miatun, 2025), 5 artikel (33%) menggunakan Research and Development/R&D (Hayati et al., 2026; Pujiani & Effendi, 2025; Purwoko et al., 2025; Selvia et al., 2025; Sutama & Anisti, 2024), 6 artikel (40%) menggunakan pendekatan kualitatif atau deskriptif kualitatif (Dahl et al., 2025;

Fadiana & Andriani, 2021; Hasna & Astuti, 2026; Y. D. Lestari & Santoso (2025); Mustaqim et al. (2025); Tyas et al., 2026), 1 artikel (7%) menggunakan Penelitian Tindakan Kelas/PTK (Lubis et al., 2024), dan 1 artikel (7%) menggunakan mixed methods (Suryawan et al., 2025). Keberagaman metodologi ini memperkuat triangulasi temuan dalam SLR ini dan menghasilkan gambaran yang lebih komprehensif tentang PBL dalam matematika SMK.

Dari segi konteks SMK, artikel mencakup berbagai jurusan. Keragaman ini menunjukkan bahwa PBL dalam matematika telah dikaji lintas jurusan vokasional, namun juga mengungkapkan bahwa temuan penelitian bersifat konteks-spesifik dan tidak selalu dapat digeneralisasi antarjurusan.

Efektivitas Problem-Based Learning dalam Matematika Vokasional

Analisis terhadap 15 artikel yang terpilih mengungkapkan konsistensi yang kuat mengenai efektivitas PBL dalam meningkatkan berbagai aspek hasil belajar matematika siswa SMK. Sebagaimana dirangkum dalam Tabel 4, PBL secara konsisten terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, literasi matematis, pemahaman konsep, dan motivasi belajar.

Tabel 4. Efektivitas PBL Berdasarkan Aspek yang Ditingkatkan

Aspek yang Ditingkatkan		Jumlah Artikel	Referensi Utama
Kemampuan Berpikir Kritis		2	Sutama & Anisti (2024); Mustaqim et al. (2025)
Pemecahan Masalah	Matematis	3	Hasna & Astuti (2026); Hayati et al. (2026); Fadiana & Andriani (2021)
Hasil Belajar Akademik)	(Nilai	2	Lubis et al. (2024); Suryawan et al. (2025)
Motivasi Belajar		1	Dahl et al. (2025)
Literasi Matematis		1	Selvia et al. (2025)
Komunikasi Matematis		1	Tyas et al. (2026)
Pembelajaran Mendalam (<i>Deep Learning</i>)		2	Dahl et al. (2025); Lestari & Santoso (2025)
HOTS		1	Purwoko et al. (2025)
Pemahaman Matematis	Konsep	4	Lestari & Santoso (2025); Pujiani & Effendi (2025); Komariah et al. (2025); Syahrani & Miatun (2025)

Aspek pemahaman konsep matematis adalah aspek yang paling banyak dikaji, dengan empat artikel memberikan bukti konsisten. Syahrani & Miatun (2025) dalam penelitian kuasi-eksperimental menemukan bahwa PBL secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep matematis siswa SMK dengan effect size sangat tinggi ($d = 2,12$, kategori besar). Komariah et al. (2025) melaporkan bahwa PBL meningkatkan kemampuan pemahaman matematis pada kategori tinggi dan koneksi matematis pada kategori sedang pada siswa SMK. Lestari & Santoso (2025) menegaskan bahwa penerapan PBL dengan pendekatan *Ignatian Pedagogy* pada materi anuitas menghasilkan pengalaman belajar yang lebih bermakna, kontekstual, dan meningkatkan pemahaman sekaligus karakter siswa. Pujiani & Effendi (2025) melengkapi temuan ini dengan melaporkan bahwa desain pembelajaran peluang berbasis PBL dengan konteks bola voli membuat matematika lebih relevan dan meningkatkan pemahaman siswa SMK secara nyata. Dari sisi hasil belajar (nilai akademik), Lubis et al. (2024) melalui PTK menemukan peningkatan hasil belajar dan keaktifan siswa SMK kelas XI secara signifikan, sementara Suryawan et al. (2025) menunjukkan bahwa peningkatan otonomi guru dalam evaluasi berbasis masalah berdampak positif pada kualitas hasil belajar siswa.

Dari perspektif kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) dan berpikir kritis, dua artikel memberikan bukti yang kuat. Purwoko et al. (2025) merancang pembelajaran matematika berbasis PBL yang secara khusus menstimulasi HOTS siswa SMK; hasilnya menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran yang dikembangkan layak digunakan dan efektif meningkatkan HOTS, khususnya pada komponen analisis dan evaluasi. Sutama & Anisti (2024) mengembangkan modul ajar matematika berbasis PBL yang terbukti efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMK, sekaligus mempertegas bahwa ketersediaan bahan ajar yang dirancang berbasis PBL merupakan prasyarat penting efektivitas model ini. Temuan keduanya mengkonfirmasi bahwa PBL tidak hanya meningkatkan pengetahuan prosedural, tetapi juga mendorong proses kognitif tingkat tinggi yang sangat dibutuhkan dalam konteks vokasional.

Aspek pemecahan masalah matematis didukung oleh tiga artikel. Pemecahan masalah merupakan inti dari pembelajaran matematika (Suharta et al., 2024). Hasna & Astuti (2026) menganalisis kemampuan pemecahan masalah siswa SMK dalam konteks PBL pada materi fungsi komposisi dan menemukan bahwa sebagian besar siswa berada pada level sedang, kuat secara prosedural tetapi masih lemah pada tahap perencanaan dan refleksi. Hayati et al. (2026) mengembangkan modul PBL berbasis Google Sites dan Plotagon yang terbukti mengoptimalkan keterlibatan kognitif siswa SMK dalam materi peluang, dan Fadiana & Andriani (2021) mengidentifikasi profil metakognisi siswa SMK dalam pemecahan masalah berdasarkan kemampuan berpikir logis. Ketiga artikel ini bersama-sama menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah siswa SMK dapat dikembangkan melalui PBL, namun memerlukan scaffolding yang terstruktur.

Dari aspek motivasi belajar, Dahl et al. (2025) secara khusus menemukan bahwa integrasi matematika dengan praktik vokasional melalui PBL membuat matematika lebih bermakna dan meningkatkan motivasi intrinsik siswa secara signifikan, sejalan dengan meta-analisis Wijnia et al. (2024) yang mengkonfirmasi efek positif PBL terhadap motivasi. Selvia et al. (2025) membuktikan efektivitas PBL dalam meningkatkan literasi matematis melalui pengembangan modul yang terintegrasi *scientific inquiry*, yang terbukti valid, praktis, dan efektif. Tyas et al. (2026) melengkapi temuan ini dengan mengkaji komunikasi matematis siswa SMK dalam menyelesaikan soal berbasis etnomatematika Papua dalam kerangka PBL, dan menemukan bahwa siswa lebih mampu menjelaskan secara prosedural namun masih terbatas dalam penalaran dan representasi matematis. Terakhir, dari perspektif pembelajaran mendalam (*deep learning*), Dahl et al. (2025) dan Lestari & Santoso (2025) masing-masing menemukan bahwa PBL yang dihubungkan dengan konteks autentik vokasional mendorong siswa tidak sekadar menjawab soal, melainkan mampu mentransfer pengetahuan matematis ke situasi nyata suatu indikator utama *deep learning* menurut Fullan et al. (2018). Secara keseluruhan, temuan-temuan ini menegaskan bahwa PBL adalah model pembelajaran yang holistik, ia tidak hanya meningkatkan satu aspek kognitif, tetapi secara simultan mengembangkan pemahaman konsep, kemampuan berpikir tingkat tinggi, literasi, komunikasi, motivasi, dan pembelajaran bermakna pada siswa SMK.

Tantangan Implementasi PBL dalam Matematika SMK

Meskipun efektivitas PBL telah terbukti, berbagai tantangan signifikan ditemukan dalam literatur yang dianalisis. Tantangan-tantangan ini dapat dikategorikan dalam empat dimensi utama: (1) kesiapan guru, (2) ketersediaan bahan ajar, (3) kendala waktu dan kurikulum, serta (4) karakteristik siswa.

Pertama, kesiapan guru merupakan hambatan yang paling sering dilaporkan. Mustaqim et al. (2025) dalam kajiannya tentang Problem-Based Flipped Learning berbasis STEM di SMK

menemukan bahwa kendala utama implementasi adalah kesiapan guru, terutama dalam menguasai teknologi dan mendesain masalah yang relevan dengan konteks industri. Guru matematika SMK umumnya berlatar belakang pendidikan matematika murni, bukan vokasional, sehingga mengalami kesulitan dalam merancang masalah berbasis industri yang autentik. Guru matematika harus beradaptasi pendekatan pedagogi mereka terhadap lingkungan budaya di mana mereka mengajar (Jeong et al., 2025). Suryawan et al. (2025) mengidentifikasi bahwa peningkatan otonomi guru dalam pengembangan asesmen berbasis masalah melalui pendekatan *Design for Change* (DfC) dapat meningkatkan kualitas asesmen dan kemampuan guru merancang evaluasi PBL. Temuan ini mengindikasikan kebutuhan mendesak akan program pengembangan profesional guru yang mengintegrasikan kompetensi vokasional-industri dalam desain pembelajaran matematika.

Kedua, ketiadaan bahan ajar matematika yang relevan dengan industri merupakan tantangan struktural yang paling kritis. Hayati et al. (2026) merespons kesenjangan ini dengan mengembangkan modul PBL berbasis Google Sites dan Plotagon untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa SMK. Selvia et al. (2025) juga mengembangkan modul PBL terintegrasi *scientific inquiry* untuk literasi matematika SMK, yang terbukti valid, praktis, dan efektif. Utama & Anisti (2024) mengembangkan modul ajar matematika berbasis PBL yang efektif meningkatkan berpikir kritis. Meski demikian, ketiga modul tersebut belum dirancang berbasis konteks dunia kerja, sehingga guru masih terpaksa menggunakan buku teks matematika reguler yang tidak memuat konteks industri vokasional secara autentik, yang memperlemah efektivitas implementasi PBL industri secara optimal.

Ketiga, kendala waktu dan kurikulum menjadi hambatan operasional yang signifikan. Mustaqim et al. (2025) secara eksplisit melaporkan bahwa salah satu kendala utama implementasi Problem-Based Flipped Learning di SMK adalah keterbatasan waktu pembelajaran dan kesiapan infrastruktur teknologi. PBL membutuhkan waktu lebih panjang dibanding pembelajaran ekspositori, sementara alokasi jam matematika di SMK cenderung lebih sedikit karena sebagian besar waktu dialokasikan untuk mata pelajaran kejuruan. Lubis et al. (2024) dalam PTK-nya juga mengidentifikasi bahwa tekanan menyelesaikan kompetensi dasar sesuai silabus kerap menghambat implementasi PBL secara penuh, sehingga dibutuhkan perencanaan pembelajaran yang cermat agar PBL dapat dilaksanakan secara efektif dalam keterbatasan waktu yang ada.

Keempat, karakteristik siswa SMK yang beragam turut menjadi tantangan. Hasna & Astuti (2026) menemukan bahwa sebagian besar siswa SMK dalam PBL berada pada level kemampuan pemecahan masalah sedang, kuat secara prosedural tetapi lemah dalam perencanaan dan refleksi. Fadiana & Andriani (2021) mengidentifikasi bahwa profil metakognisi siswa SMK dalam pemecahan masalah matematis sangat beragam berdasarkan kemampuan berpikir logis, yang berarti guru perlu menerapkan pendekatan diferensiasi dalam implementasi PBL. Bagi siswa yang terbiasa dengan pembelajaran pasif-reseptif, transisi ke PBL yang menuntut kemandirian dan kolaborasi aktif memerlukan adaptasi yang tidak trivial, sehingga diperlukan *scaffolding* yang terstruktur dan bertahap.

Integrasi Konteks dalam PBL Matematika Vokasional

Dari 15 artikel yang dianalisis, ditemukan empat pola utama integrasi konteks dalam PBL matematika SMK: (1) penggunaan masalah konteks kehidupan sehari-hari atau akademik (tanpa hubungan dengan industri), (2) pengembangan modul berbasis teknologi digital, (3) pendekatan lintas disiplin (STEM dan etnomatematika), dan (4) integrasi pedagogi dengan nilai-nilai humanistik.

Pola pertama, penggunaan masalah kontekstual kehidupan sehari-hari atau konteks akademik umum, merupakan bentuk integrasi yang paling umum dan ditemukan di hampir semua artikel. Pujiani & Effendi (2025) menggunakan konteks bola voli sebagai latar masalah probabilitas dalam PBL untuk siswa SMK, dengan hasil yang menunjukkan relevansi konteks meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa. Lestari & Santoso (2025) mengintegrasikan konteks keuangan (anuitas) dalam pembelajaran PBL untuk siswa SMK, yang menghasilkan pengalaman belajar kontekstual yang bermakna. Pola ini menunjukkan bahwa integrasi konteks dapat dilakukan dengan memodifikasi konteks masalah agar sesuai dengan bidang keahlian siswa, namun belum dituangkannya kreativitas dan pemahaman guru terhadap konteks industri yang relevan.

Pola kedua, pengembangan modul berbasis teknologi digital. Teknologi memiliki potensi yang sangat besar sebagai sarana atau alat untuk mengembangkan keterampilan dalam proses pembelajaran (Suarsana & Mahayukti, 2013). e-modul dengan model pembelajaran berbasis masalah dapat menjadi media yang efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa (Wijaya et al., 2022). Ditemukan pada dua artikel. Hayati et al. (2026) mengembangkan modul PBL berbasis Google Sites dan Plotagon yang mengintegrasikan animasi sebagai media penyampaian konteks masalah probabilitas secara visual dan menarik, sehingga meningkatkan keterlibatan kognitif siswa SMK. Selvia et al. (2025) mengintegrasikan *scientific inquiry* dalam modul PBL berbasis digital untuk meningkatkan literasi matematis. Kedua pendekatan ini menunjukkan arah masa depan integrasi PBL yang memanfaatkan teknologi untuk menghadirkan konteks yang lebih kaya dan interaktif bagi siswa SMK.

Pola ketiga, pendekatan lintas disiplin, ditemukan pada dua artikel. Mustaqim et al. (2025) mengkaji Problem-Based Flipped Learning (PBFL) berbasis STEM di SMK dan menemukan bahwa pendekatan ini relevan untuk SMK karena menjembatani teori dan praktik, meningkatkan kolaborasi dan berpikir kritis. Tyas et al. (2026) mengintegrasikan etnomatematika Papua sebagai konteks PBL untuk mengkaji komunikasi matematis siswa SMK, menunjukkan bahwa kearifan lokal dapat menjadi jembatan konteks yang autentik dalam pembelajaran matematika. Pendekatan lintas disiplin ini memperkaya dimensi integrasi PBL di luar sekadar konteks konvensional.

Pola keempat, integrasi pedagogi dengan nilai-nilai humanistik, ditemukan pada dua artikel. Lestari & Santoso (2025) mengintegrasikan pendekatan *Ignatian Pedagogy* dalam PBL matematika di SMK, menghasilkan pembelajaran yang tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep tetapi juga membangun karakter siswa. Suryawan et al. (2025) mengintegrasikan filosofi *Design for Change* (DfC) dalam asesmen berbasis masalah, yang meningkatkan otonomi guru dan empati siswa terhadap permasalahan nyata. Kedua pola ini menunjukkan bahwa integrasi PBL di SMK tidak harus selalu bersifat teknis-industri, tetapi dapat pula menyentuh dimensi nilai dan karakter yang mendukung tujuan pendidikan vokasional secara menyeluruh.

Meskipun empat pola integrasi yang telah diidentifikasi menawarkan variasi pendekatan dalam menghubungkan pembelajaran matematika dengan konteks vokasional, industri, maupun nilai-nilai humanistik, analisis yang lebih mendalam menunjukkan bahwa mayoritas implementasi tersebut masih berada pada level integrasi yang bersifat superfisial. Integrasi yang dilakukan umumnya masih terbatas pada penggantian konteks soal atau penyisipan elemen kontekstual tanpa benar-benar mentransformasikan struktur pembelajaran maupun kedalaman pemahaman matematis yang dibangun. Hanya sedikit penelitian yang benar-benar mengintegrasikan konteks dunia kerja sebagai kerangka pedagogis yang menyeluruh dalam proses pembelajaran matematika. Kondisi ini menunjukkan bahwa pembelajaran matematika vokasional masih menghadapi tantangan dalam menghadirkan pengalaman belajar yang autentik

dan relevan dengan kebutuhan dunia kerja. Salah satu penyebab utamanya adalah keterbatasan perangkat ajar yang dirancang secara sistematis dengan menjadikan konteks dunia kerja sebagai landasan utama pembelajaran, bukan sekadar pelengkap konteks. Padahal masalah kontekstual yang disediakan di bahan ajar dapat memberikan situasi yang sangat dekat dengan kehidupan mereka sehingga mereka mempelajari sesuatu yang sangat bermafaaat (Hartawan & Suryawan, 2022). Oleh karena itu, diperlukan kajian lebih lanjut mengenai kesenjangan pengembangan perangkat pembelajaran berbasis dunia kerja yang hingga saat ini masih menjadi ruang penelitian yang perlu diperkuat.

Kesenjangan Penelitian dan Arah Pengembangan

Analisis komprehensif terhadap 15 artikel mengidentifikasi beberapa kesenjangan penelitian yang kritis. Kesenjangan pertama dan paling signifikan adalah ketiadaan buku ajar atau modul ajar matematika SMK yang dirancang secara eksplisit berbasis konteks dunia kerja. Dari 15 artikel yang dianalisis, meskipun terdapat beberapa upaya pengembangan modul (Hayati et al., 2026; Selvia et al., 2025; Utama & Anisti, 2024), tidak satu pun yang secara eksplisit merancang modul berdasarkan prinsip konteks dunia kerja Firdaus et al. (2025) secara konseptual menegaskan bahwa kekosongan ini merupakan hambatan struktural terbesar implementasi PBL berbasis industri dalam matematika SMK, karena tanpa bahan ajar yang autentik, guru tidak dapat menghadirkan konteks industri secara optimal dalam pembelajaran.

Kesenjangan ini sangat penting karena buku ajar atau modul ajar berfungsi sebagai jembatan antara pendekatan pedagogis (PBL) dengan konteks pembelajaran (industri). Tanpa *scaffolding* berupa bahan ajar yang memadai, guru tidak dapat mengimplementasikan PBL berbasis industri secara optimal, dan siswa tidak memiliki panduan yang terstruktur untuk belajar secara mendalam. Kondisi ini menciptakan lingkaran yang memperlemah, guru tidak punya bahan, siswa tidak terarahkan, dan PBL tidak terlaksana secara autentik.

Kesenjangan kedua adalah lemahnya koneksi PBL dengan kerangka pembelajaran mendalam (*deep learning*). Dari 15 artikel, hanya 2 artikel yang secara eksplisit mengaitkan PBL dengan konsep *deep learning* (Dahl et al., 2025; Lestari & Santoso, 2025). Padahal, kompetensi pembelajaran mendalam, berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, karakter, dan kewargaan global (6C), sangat relevan dengan tujuan pendidikan vokasional abad ke-21. Pengembangan modul ajar yang mengintegrasikan PBL, konteks dunia kerja, dan kerangka *deep learning* merupakan kebutuhan mendesak.

Kesenjangan ketiga adalah kurangnya penelitian longitudinal yang menilai dampak jangka panjang PBL terhadap kesiapan kerja matematis lulusan SMK. Seluruh 15 artikel menggunakan desain penelitian jangka pendek (satu siklus PTK atau satu semester kuasi-eksperimental). Tidak ada penelitian yang mengikuti siswa hingga mereka memasuki dunia kerja untuk mengevaluasi apakah PBL benar-benar meningkatkan kemampuan matematis dalam konteks profesional. Lin (2025) menegaskan perlunya model pengajaran matematika vokasional yang selaras dengan kebutuhan industri secara berkelanjutan, yang hanya dapat diverifikasi melalui riset longitudinal.

Kesenjangan keempat adalah terbatasnya penelitian yang mengkaji efektivitas PBL lintas jurusan SMK secara komparatif. Sebagian besar penelitian bersifat konteks-spesifik untuk satu jurusan, sehingga sulit untuk menarik kesimpulan generalisasi tentang efektivitas PBL dalam matematika SMK secara keseluruhan.

Berdasarkan kesenjangan-kesenjangan tersebut, penelitian ini merekomendasikan dua arah pengembangan yang mendesak: (1) pengembangan buku ajar/modul ajar matematika SMK yang terintegrasi dengan konteks dunia kerja dan berbasis PBL, mencakup berbagai jurusan

vokasional, sebagai upaya menjembatani PBL dengan konteks industri; dan (2) penelitian pengembangan (R&D) yang menghasilkan perangkat pembelajaran PBL-matematika SMK yang komprehensif, mencakup modul siswa, panduan guru, dan instrumen penilaian berbasis konteks dunia kerja, yang secara eksplisit mendukung pencapaian kompetensi *deep learning*.

Modul ajar berbasis konteks dunia kerja yang dikembangkan perlu memenuhi setidaknya tiga prinsip. Pertama autentisitas, masalah yang disajikan harus berasal dari atau merepresentasikan praktik industri yang nyata, bukan sekadar konteks yang dipaksakan. Kedua progresivitas, modul harus dirancang dengan tingkat kompleksitas yang meningkat secara bertahap, memungkinkan siswa mengembangkan pemahaman mendalam secara konstruktif. Ketiga refleksivitas, modul harus mendorong siswa untuk merefleksikan hubungan antara pengetahuan matematis dengan praktik industri, sebagai landasan *deep learning*.

SIMPULAN DAN SARAN

Tinjauan literatur sistematis ini menganalisis 15 artikel terpilih dari 186 hasil pencarian ScienceDirect, Google Scholar dan ResearchGate tentang *Problem-Based Learning* dalam pendidikan matematika vokasional periode 2020-2026. Berdasarkan analisis menggunakan metode PRISMA, dapat disimpulkan beberapa hal pokok sebagai berikut. Pertama, PBL terbukti efektif meningkatkan berbagai aspek hasil belajar matematika siswa SMK, termasuk kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, literasi matematis, motivasi belajar, dan kolaborasi. Efektivitas ini konsisten lintas berbagai jurusan SMK dan metodologi penelitian. Kedua, tantangan utama implementasi PBL dalam matematika SMK adalah kesiapan guru dalam merancang masalah berbasis industri, ketiadaan bahan ajar yang relevan dengan konteks industri, keterbatasan waktu dan tekanan kurikulum, serta karakteristik siswa SMK yang beragam. Ketiga, integrasi konteks dalam PBL matematika SMK telah dilakukan melalui berbagai pola, namun sebagian besar masih kurang mendalam. Integrasi yang benar-benar bermakna dan mendukung *deep learning* membutuhkan kerangka konteks dunia kerja yang sistematis. Keempat, kesenjangan penelitian yang paling kritis adalah ketiadaan buku ajar/modul ajar matematika SMK yang dirancang berbasis konteks dunia kerja dan PBL. Kesenjangan ini merupakan hambatan struktural utama yang perlu segera diatasi melalui penelitian pengembangan yang komprehensif.

Berdasarkan simpulan tersebut, penelitian ini merekomendasikan: (1) pengembangan modul matematika SMK yang terintegrasi dengan konteks dunia kerja dan model PBL, mencakup berbagai jurusan, sebagai media jembatan untuk mendukung pembelajaran mendalam; (2) program pelatihan guru yang mengintegrasikan kompetensi vokasional-industri dengan desain pembelajaran matematika berbasis PBL; (3) penelitian kolaboratif antara perguruan tinggi, SMK, dan industri untuk menghasilkan perangkat pembelajaran yang autentik dan relevan, terutama jurusan perhotelan; dan (4) penelitian longitudinal yang mengkaji dampak jangka panjang PBL berbasis industri terhadap kesiapan kerja matematis lulusan SMK.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggita, M., Roemintoyo, R., & Rahmawati, K. (2022). Relevansi Kurikulum Sekolah Menengah Kejuruan dengan Kebutuhan DU/DI Ditinjau dari Kegiatan Praktik Kerja Industri. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 7(1), 32. <https://doi.org/10.20961/ijcee.v7i1.60712>

- Arta, I. M., Japa, I. G. N., & Sudarma, I. K. (2020). Problem Based Learning Berbantuan Icebreaker Berpengaruh Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika. *MIMBAR PGSD Undiksha*, 8(2), 264–273. <https://doi.org/10.23887/jjpgsd.v8i2.25435>
- Dahl, B., Hansen, S., Schaarup, J., Lindenskov, L., & Justesen, F. (2025). Working in a Problem-based Manner with Mathematics and Crafts Gives Meaning to Mathematics at Danish Vocational Schools. *Proceedings from the International Research Symposium on Problem-Based Learning (IRSPBL)*. <https://doi.org/10.54337/irspbl-11118>
- Fadiana, M., & Andriani, A. (2021). Metacognition Profile of Vocational High School Students in Mathematics Problem Solving Based on Logical Thinking Skills. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 13(2), 1027–1037. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v13i2.376>
- Firdaus, F., Akib, I., & Sukmawati, S. (2025). A Conceptual Framework for Implementing a Problem-Solving Based Mathematics Curriculum in Vocational Education. *PPSDP International Journal of Education*, 4(2), 608–615. <https://doi.org/10.59175/pijed.v4i2.766>
- Frejd, P., & Muhrman, K. (2022). Is the mathematics classroom a suitable learning space for making workplace mathematics visible? – An analysis of a subject integrated team-teaching approach applied in different learning spaces. *Journal of Vocational Education & Training*, 74(2), 333–351. <https://doi.org/10.1080/13636820.2020.1760337>
- Fullan, M., Quinn, J., & McEachen, J. (2018). *Deep learning: Engage the world change the world*. Corwin.
- Hartawan, I. G. N. Y., Suharta, I. G. P., Sudiarta, I. G. P., & Pujawan, I. G. N. (2024). Student Problem Solving Ability in Mathematics Learning: Systematic Literature Review. *International Journal of Religion*, 5(11), 3030–3037. <https://doi.org/10.61707/sm1dte57>
- Hartawan, I. G. N. Y., & Suryawan, I. P. P. (2022). Implementasi Bahan Ajar Berbasis Masalah Kontekstual Berbantuan Software Statistika Dalam Meningkatkan Hasil Belajar. *Jurnal Pendidikan Matematika Undiksha*, 13(1), 74–80. <https://doi.org/10.23887/jjpm.v13i1.47073>
- Hasna, D. A., & Astuti, D. (2026). Vocational high school students mathematical problem-solving skills in PBL on composite functions. *International Journal on Education Insight*, 7(1), 61–76. <https://doi.org/10.12928/ije.i.v7i1.15623>
- Hayati, N., Harisman, Y., Fauzan, A., & Suherman. (2026). Optimizing Cognitive Engagement in Probability Theory: The Integration of Plotagon Animation and PBL-Based Google Sites for Vocational Students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 12(2), 131–136. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v12i2.14390>
- Jeong, D., Kim, S. G., & Bong, M. (2025). Gender, mindset, and teacher support predict students' math motivation profiles: Evidence from five countries in PISA 2022. *Contemporary Educational Psychology*, 83, 102428. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2025.102428>
- Jumhur, A. A., Avianti, R. A., Nurfitri, P. E., & Mahir, I. (2024). Implementation of Problem-based Learning to Improve Critical Thinking Ability of Vocational Students in Jakarta. *European Journal of Education and Pedagogy*, 5(5), 16–24. <https://doi.org/10.24018/ejedu.2024.5.5.860>

- Komariah, E. N., Taufik Nurdin, I., Putra, H. D., & Yulani, A. (2025). Implementation of Problem Based Learning to Improve Students' Mathematical Understanding Ability and Mathematical Connection Ability on Vocational School. *Journal of Innovative Mathematics Learning (JIML)*, 8(1), 1–11. <https://doi.org/10.22460/jiml.v8i1.p22888>
- Lestari, M., Supriyadi, S., & Sulhadi, S. (2023). The growth of vocational high school students' 4C Skills on the Use of PjBL STEM-Based Physics Digital Module. *Physics Communication*. <https://journal.unnes.ac.id/nju/pc/article/view/38403>
- Lestari, Y. D., & Santoso, E. B. (2025). Implementing The Ignatian Pedagogy Paradigm in Mathematics Learning: Annuity Material at The Vocational School Level. *ITM Web of Conferences*, 71, 01007. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20257101007>
- Lin, Q. (2025). Constructing a Vocational Mathematics Teaching Model Aligned with Industry Needs. *World Journal of Education and Humanities*, 7(3), p1. <https://doi.org/10.22158/wjeh.v7n3p1>
- Lubis, M. M. V., Sakur, & Siregar, S. N. (2024). Improving Mathematics Learning Outcomes Through Problem-Based Learning: A Study on Vocational High School Students in Class XI. *Journal of Research on Mathematics Instruction (JRMI)*, 6(1), 11–20. <https://doi.org/10.33578/jrmi.v6i1.99>
- Lutfiana, D. (2022). Penerapan Kurikulum Merdeka dalam Pembelajaran Matematika SMK Diponegoro Banyuputih. *VOCATIONAL: Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan*, 2(4), 310–319. <https://doi.org/10.51878/vocational.v2i4.1752>
- Meiliati, R., Djodding, I. M., Aswin, Salido, A., Husain, D. S., Tahir, & Hidayati, U. (2026). Exploration problem-based learning in mathematics learning in higher education: A bibliometric review. *Social Sciences & Humanities Open*, 13, 102345. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.102345>
- Muhrman, K. (2022). How can students in vocational education be motivated to learn mathematics? *Nordic Journal of Vocational Education and Training*, 12(3), 47–70. <https://doi.org/10.3384/njvet.2242-458X.2212347>
- Mustaqim, B., Akhyar, M., Joyoatmojo, S., & Roemintoyo. (2025). A Study of Problem-Based Flipped Learning of Indonesian Vocational High School Students. *Journal of Teaching and Learning*, 19(2), 80–97. <https://doi.org/10.22329/jtl.v19i2.9292>
- Mustaqim, B., Siagian, S., Junaidi, A., & ... (2025). The Effectiveness of Web-Based PACTA for Electrical Motor Installation in Vocational High School. *Jurnal Media Dan* <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JMTP/article/view/93750>
- Parwati, N. N., Mariawan, I. M., & Suparta, I. N. (2019). The effectiveness of the implementation of environmental-based learning media toward the mathematical problem-solving ability and the impact on students' nationalism attitudes. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317, 012123. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012123>
- Pujiani, D., & Effendi, K. N. S. (2025). Designing Probability Learning with Volleyball Context through a Problem-Based Learning Approach in Vocational Schools. *Journal of Mathematics Instruction, Social Research and Opinion*, 4(3), 699–712. <https://doi.org/10.58421/misro.v4i3.590>

- Purwoko, R. Y., Purwaningrum, J. P., Binti Zaini, S. H., & Agung Slamet Kusmanto. (2025). The Design of Mathematics Learning with A Problem Based Learning Scheme to Stimulate Students' HOTS. *Jurnal Iqra': Kajian Ilmu Pendidikan*, 10(2), 355–369. <https://doi.org/10.25217/ji.v10i2.6543>
- Selvia, A., Arnawa, I. M., Arnellis, & Yarman. (2025). Integrating Scientific Inquiry in Mathematics Education: Development of a Problem-Based Learning Module to Enhance Mathematical Literacy in Vocational High School Students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(9), 667–674. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i9.12565>
- Suarsana, I. M., & Mahayukti, G. A. (2013). Pengembangan E-Modul Berorientasi Pemecahan Masalah Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 2(3), 193. <https://doi.org/10.23887/janapati.v2i3.9800>
- Suharta, I. G. P., Parwati, N. N., & Sudatha, I. G. W. (2024). Students' Competency in Mathematical Modeling of Real Life Problems Oriented by Tri Hita Karana. *International Journal of Innovation Scientific Research and Review*, 06, 6971–6974. <https://www.journalijisr.com/sites/default/files/issues-pdf/IJISRR-1690.pdf>
- Suryawan, I. P. P., Pujawan, I. G. N., & Mahayukti, G. A. (2025). Vocational teachers' autonomy in developing problem-based mathematics learning evaluation integrated with the design for change. *Indonesian Journal of Educational Development (IJED)*, 6(1), 1–16. <https://doi.org/10.59672/ijed.v6i1.4611>
- Suryawan, I. P. P., Sudiarta, I. G. P., & Suharta, I. G. P. (2023). Students' Critical Thinking Skills in Solving Mathematical Problems: Systematic Literature Review. *Indonesian Journal Of Educational Research and Review*, 6(1), 120–133. <https://doi.org/10.23887/ijerr.v6i1.56462>
- Sutama, & Anisti. (2024). *Problem based learning mathematics teaching module: Improving critical thinking skills for vocational high school students*. 020041. <https://doi.org/10.1063/5.0182852>
- Syahrani, P., & Miatun, A. (2025a). The Effect of Problem-Based Learning Model on Vocational Students' Mathematical Concept Understanding in Solving Numerical Problems. *JMPM: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 10(1), 83–94. <https://doi.org/10.26594/jmpm.v10i1.5718>
- Syahrani, P., & Miatun, A. (2025b). The Effect of Problem-Based Learning Model on Vocational Students' Mathematical Concept Understanding in Solving Numerical Problems. *JMPM: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 10(1), 83–94. <https://doi.org/10.26594/jmpm.v10i1.5718>
- Tyas, D. K. F. N., Ruamba, M. Y., Agustin, R. D., & Pujilestari, P. (2026). Mathematical Communication of Vocational High School Students in Solving Papuan Ethnomathematics-Based Problems. *Prisma Sains : Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, 14(1), 276–304. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v14i1.17783>
- Wijaya, I. G. H., Santyasa, I. W., & Sudatha, I. G. W. (2022). Pengembangan E-Modul dengan Model Problem-Based Flipped Classroom pada Mata Pelajaran Simulasi dan Komunikasi Digital. *Jurnal Teknologi Pembelajaran Indonesia*, 12(2), 105–115. https://semnas-fmipa.undiksha.ac.id/index.php/jurnal_tp/article/view/1138/780

- Wijnia, L., Noordzij, G., Arends, L. R., Rikers, R. M. J. P., & Loyens, S. M. M. (2024). The Effects of Problem-Based, Project-Based, and Case-Based Learning on Students' Motivation: a Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 36(1), 29. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09864-3>
- Wilandari, P. A. D., Parwati, N. N., & Warpala, I. W. S. (2024). E-Modul Matematika Berbantuan Augmented Reality melalui Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah. *Indonesian Journal of Instruction*, 5(2), 216–227. <https://doi.org/10.23887/iji.v5i2.82400>
- Yu, S. (2024). Research on the Practice and Application of Modeling Ideas in Higher Vocational Mathematics Teaching. *Journal of Education, Humanities and Social Sciences*, 44, 66–71. <https://doi.org/10.54097/d8crqd74>