

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS STEAM DENGAN
PENDEKATAN *PROBLEM BASED LEARNING* UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH DAN
SELF-EFFICACY SISWA DITINJAU DARI KESIAPAN BELAJAR**

WIWI WIYANTI

ABSTRAK

Wiyanti(2026) : Pengembangan E-Modul Berbasis STEAM dengan Pendekatan *Problem Based Learning* untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah dan *Self-Efficacy* Siswa Ditinjau dari Kesiapan Belajar

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas E-Modul berbasis *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* dan *Problem-Based Learning* (STEAM-PBL) terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematika dan *self-efficacy* (keyakinan diri) siswa SMK ditinjau dari tingkat kesiapan belajar. Penelitian ini menggunakan pendekatan Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods* dengan tipe *The Embedded Design* yang dipadukan dengan metode *Research and Development* (R&D) menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Subjek penelitian terdiri dari 21 siswa kelas XII SMK Kejuruan Maritim (Teknika Kapal Niaga) yang dibagi ke dalam tiga kelompok kesiapan belajar: tinggi, sedang, dan rendah. Data kemampuan pemecahan masalah dikumpulkan melalui tes berbasis indikator NCTM pada materi Barisan dan Deret, sedangkan data *self-efficacy* diukur melalui angket yang mencakup dimensi *Magnitude, Strength, dan Generality*. Data dianalisis secara kuantitatif (uji *Shapiro-Wilk* dan korelasi *Spearman's Rho*) dan diperkuat dengan analisis kualitatif deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa E-Modul STEAM-PBL mampu merespons kebutuhan belajar siswa yang beragam secara proporsional. Pada aspek kognitif, siswa kelompok tinggi semakin cepat menyelesaikan soal dan menggunakan petunjuk (*scaffolding*) untuk menguji strategi mereka; siswa kelompok sedang lebih terstruktur dalam merencanakan langkah penyelesaian; sedangkan siswa kelompok rendah terbantu oleh tampilan interaktif modul sehingga beban belajar mereka berkurang. Pada aspek *self-efficacy*, E-Modul membuat siswa kelompok sedang memiliki penilaian diri yang lebih jujur dan realistis setelah menyelesaikan tugas kejuruan. Sementara pada kelompok rendah, fitur petunjuk bertahap terbukti memberikan dukungan psikologis yang berhasil memindahkan siswa keluar dari kategori *self-efficacy* rendah menuju kategori sedang. Peningkatan keyakinan diri ini juga mencerminkan nilai-nilai keislaman (QS. Al-Insyirah: 5–6 dan QS. Ali 'Imran: 139) dalam hal pantang menyerah dan terus berusaha saat menghadapi kesulitan belajar. Secara keseluruhan, E-Modul STEAM-PBL terbukti efektif meningkatkan kemampuan pemecahan masalah sekaligus menguatkan keyakinan diri siswa sesuai dengan tingkat kesiapan belajarnya.

Kata Kunci: E-Modul STEAM-PBL, Integrasi Keislaman, Kesiapan Belajar Pemecahan Masalah Matematika, *Self-Efficacy*.

ABSTRACT

Wiyanti (2026): Development of a STEAM-Based E-Module with a Problem-Based Learning Approach to Enhance Students' Problem-Solving Ability and Self-Efficacy Viewed from Learning Readiness.

This study aims to analyze the effectiveness of a Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics and Problem-Based Learning (STEAM-PBL) based E-Module on improving mathematical problem-solving ability and self-efficacy of vocational high school (SMK) students viewed from their learning readiness levels. This research utilized a mixed-methods approach with The Embedded Design, combined with Research and Development (R&D) methodology using the ADDIE development model (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). The research subjects consisted of 21 twelfth-grade students of Maritime Vocational High School (Teknika Kapal Niaga) categorized into three learning readiness groups: high, medium, and low. Data on problem-solving ability were collected through tests based on NCTM indicators on Sequences and Series, while self-efficacy data were measured using a questionnaire covering Magnitude, Strength, and Generality dimensions. Data were analyzed quantitatively (Shapiro-Wilk normality test and Spearman's Rho correlation) and supported by qualitative descriptive analysis. The results demonstrated that the STEAM-PBL E-Module is capable of proportionally responding to diverse student learning needs. On the cognitive aspect, students in the high-readiness group solved problems more rapidly and utilized scaffolding prompts to test their strategies; the medium group showed a more structured approach in planning solution steps; while the low group was significantly assisted by the interactive visual displays of the module, thereby reducing their cognitive load. On the self-efficacy aspect, the E-Module led students in the medium group to develop more honest and realistic self-assessments after completing vocational tasks. Meanwhile, in the low group, guided step-by-step scaffolding features proved to provide psychological support that successfully shifted students out of the low self-efficacy category into the medium category. This enhancement in self-efficacy also reflects Islamic values (QS. Al-Insyirah: 5–6 and QS. Ali 'Imran: 139) in terms of perseverance and continuous effort when facing learning difficulties. Overall, the STEAM-PBL E-Module is proven effective in enhancing mathematical problem-solving ability while strengthening students' self-efficacy in accordance with their learning readiness levels.

Keywords: Islamic Integration, Mathematical Problem-Solving, Learning Readiness, Self-Efficacy, STEAM-PBL E-Module.

ABSTRAK

Wiyanti (2026): Ngamekarkeun E-Modul dumasar STEAM kalawan Pendekatan Problem Based Learning pikeun Ngaronjatkeun Kamampuh Ngaresepsikeun Masalah jeung Self-Efficacy Siswa Ditilik tina Kesiapan Belajar.

Ieu panalungtikan mibanda tujuan pikeun nganalisis efektivitas E-Modul dumasar *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* jeung *Problem-Based Learning* (STEAM-PBL) kana ngaronjatna kamampuh ngaresepsikeun masalah matematika jeung *self-efficacy* (kayakinan diri) siswa SMK ditilik tina tingkatan kesiapan belajar. Panalungtikan ieu ngagunakeun pendekatan *mixed methods* kalawan tipe *The Embedded Design* nu dipadukeun jeung metode *Research and Development* (R&D) ngagunakeun modél pangembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Subjek panalungtikan ngawakup 21 siswa kelas XII SMK Jurusan Maritim (Teknika Kapal Niaga) nu dibagi kana tilu kelompok kesiapan belajar: luhur, sedeng, jeung handap. Data kamampuh ngaresepsikeun masalah dikumpulkeun ngaliwatan tés dumasar indikator NCTM dina materi Barisan jeung Deret, sedengkeun data *self-efficacy* diukur ngaliwatan angket nu ngawakup diménsi *Magnitude, Strength*, jeung *Generality*. Data dianalisis sacara kuantitatif (uji *Shapiro-Wilk* jeung korélasi *Spearman's Rho*) sarta dikuatkeun ku analisis kualitatif déskriptif. Hasil panalungtikan nembongkeun yen E-Modul STEAM-PBL mampuh ngawaler kabutuhan belajar siswa nu rupa-rupa sacara proporsional. Dina aspék kognitif, siswa kelompok luhur leuwih gancang ngaresepsikeun soal sarta ngagunakeun pituduh (*scaffolding*) pikeun nguji stratégi maranéhanana; siswa kelompok sedeng leuwih terstruktur dina ngarancang léngkah paméréhan masalah; sedengkeun siswa kelompok handap katulungan ku tampilan interaktif modul sahingga beban belajar maranéhanana ngurangan. Dina aspék *self-efficacy*, E-Modul ngajadikeun siswa kelompok sedeng mibanda peunteun diri nu leuwih jujur jeung réalistik sanggeus ngaresepsikeun tugas kejuruan. Sedengkeun dina kelompok handap, fitur pituduh bertahap kabukti méré panyorong psikologis nu hasil mindahkeun siswa tina kategori *self-efficacy* handap ka kategori sedeng. Ngaronjatna kayakinan diri ieu ogé ngagambarkeun nilai-nilai kaislaman (QS. Al-Insyirah: 5–6 jeung QS. Ali 'Imran: 139) dina hal pantang menyerah sarta terus ihtiar dina nyanghareupan kasusah belajar. Sacara gembleng, E-Modul STEAM-PBL kabukti éféktif ngaronjatkeun kamampuh ngaresepsikeun masalah kalawan sakaligus nguatkeun kayakinan diri siswa saluyukeun jeung tingkatan kesiapan belajarna.

Kecap Kunci: E-Modul STEAM-PBL, Integrasi Kaislaman, Kesiapan Belajar, Ngaresepsikeun Masalah Matematika, *Self-Efficacy*.

Pendekatan STEAM telah diakui sebagai salah satu pendekatan yang efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa. STEAM mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu untuk menciptakan pembelajaran yang lebih kontekstual dan relevan dengan kehidupan nyata. Dalam penerapannya, STEAM tidak hanya menekankan pada penguasaan konsep, tetapi juga pada kemampuan siswa untuk memecahkan masalah secara kreatif dan inovatif melalui sintesis berbagai disiplin ilmu. Penerapan e-modul interaktif berbasis digital terbukti efektif dalam memfasilitasi kemampuan berpikir kritis serta membentuk kemandirian dan rasa percaya diri siswa (Yaniawati et al., 2021). Selain itu, pembelajaran yang dirancang dengan pendekatan berorientasi pemecahan masalah dapat melatih kesiapan belajar dan meningkatkan *self-efficacy* siswa, karena mereka dibiasakan untuk mandiri dan bertanggung jawab atas proses analisis mereka sendiri (Supianti et al., 2022).

Sejalan dengan itu, penggunaan media pembelajaran digital semakin relevan dalam menjawab kebutuhan era digital. Salah satu media yang sangat efektif adalah e-modul digital interaktif, yang memungkinkan proses pembelajaran berlangsung secara mandiri, fleksibel, serta dapat disesuaikan dengan tingkat kesiapan belajar siswa (Duisanto, 2025). Jika e-modul ini dirancang berbasis STEAM dan diintegrasikan dengan model *Problem-Based Learning* (PBL), siswa akan dihadapkan pada masalah-masalah dunia nyata (autentik) yang memicu rasa ingin tahu, melatih proses berpikir matematis, dan mendorong keterlibatan aktif dalam pemecahan masalah. Pemanfaatan media pembelajaran berbasis digital yang terstruktur terbukti mampu memfasilitasi kebutuhan belajar siswa yang beragam, memicu kesiapan belajar, serta meningkatkan hasil belajar dan *self-efficacy* siswa secara signifikan (Supianti et al., 2025).

Penggunaan e-modul berbasis STEAM dengan model PBL dapat membantu menyajikan materi pembelajaran secara lebih konkret dan aplikatif. Penggunaan model pembelajaran berbasis masalah yang dikombinasikan dengan media pembelajaran interaktif merangsang kemampuan berpikir matematis siswa, meningkatkan motivasi, serta membentuk *self-efficacy* yang positif melalui pengalaman belajar yang terstruktur (Supianti et al., 2022). Melalui tahapan PBL dalam e-modul, siswa dilatih untuk menganalisis masalah secara bertahap mulai

dari tingkat kesiapan awal mereka hingga mampu menuntaskan tantangan kompleks yang diberikan.

Pentingnya perbaikan kualitas pembelajaran matematika ini juga didukung oleh data internasional. Hasil survei *Programme for International Student Assessment* (PISA) 2022 menunjukkan bahwa kemampuan matematika siswa Indonesia masih berada di bawah rata-rata negara OECD, meskipun terdapat peningkatan peringkat dibandingkan tahun sebelumnya (PISA, 2023). Hal ini mengindikasikan perlunya upaya nyata dan berkelanjutan untuk meningkatkan kemampuan berpikir matematis siswa, terutama dalam memahami konsep-konsep dasar seperti barisan dan deret melalui pemecahan masalah nyata. Berdasarkan uraian tersebut, penulis memandang penting untuk mengembangkan e-modul berbasis STEAM dengan model *Problem-Based Learning* (PBL) sebagai media pembelajaran yang interaktif, aplikatif, dan kontekstual. Pengembangan e-modul ini diharapkan dapat mengakomodasi kesiapan belajar siswa, serta secara efektif meningkatkan kemampuan berpikir matematis dan *self-efficacy* siswa di SMKN 2 Subang. Dengan pendekatan ini, pembelajaran matematika diharapkan menjadi lebih menarik, relevan, dan mampu menghasilkan lulusan yang kompeten serta siap menghadapi tantangan pada era globalisasi.

Tujuan penelitian secara umum adalah mengembangkan e-modul berbasis STEAM dengan pendekatan Problem Based Learning (PBL) yang valid, praktis, serta memberikan gambaran kemampuan pemecahan masalah matematis dan *self-efficacy* siswa SMK. Adapun tujuan penelitian secara khusus adalah sebagai berikut (1) Mendeskripsikan proses pengembangan e-modul berbasis STEAM dengan pendekatan PBL yang digunakan dalam pembelajaran matematika di SMK, (2) Menganalisis tingkat kelayakan e-modul berbasis STEAM dengan pendekatan PBL berdasarkan hasil validasi ahli dan respons siswa, (3) Menganalisis kemampuan pemecahan masalah setelah menggunakan e-modul berbasis STEAM dengan pendekatan PBL ditinjau dari kesiapan belajar (tinggi, sedang, dan rendah)., (4) Menganalisis *self-efficacy* siswa setelah menggunakan e-modul berbasis STEAM dengan pendekatan PBL ditinjau dari kesiapan belajar (tinggi, sedang, dan rendah)., (5) Mengetahui korelasi antara *self-efficacy* siswa dengan kemampuan pemecahan masalah setelah menggunakan e-modul berbasis STEAM dengan pendekatan PBL.

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan kontekstual melalui penggunaan e-modul berbasis STEAM. Dengan pendekatan ini, siswa tidak hanya memahami konsep matematika secara teoritis, tetapi juga mampu mengaplikasikannya dalam kehidupan nyata melalui pemecahan masalah yang menantang. Selain itu, kemampuan pemecahan masalah matematis dan *self-efficacy* yang merupakan keterampilan abad 21 dapat terasah secara sistematis, sehingga siswa lebih siap menghadapi tantangan akademik maupun dunia kerja.

Penelitian ini juga menyediakan alternatif strategi pembelajaran yang inovatif dan relevan dengan perkembangan zaman. E-modul berbasis STEAM yang dikembangkan dapat dijadikan sebagai sumber belajar yang mendukung guru dalam mengintegrasikan teknologi, sains, seni, dan matematika ke dalam proses pengajaran. Dengan demikian, guru tidak hanya menjadi fasilitator, tetapi juga inovator dalam menciptakan pembelajaran yang adaptif dan inspiratif.

Luaran dari penelitian ini berkontribusi dalam meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah, khususnya pada mata pelajaran matematika. Melalui penerapan media pembelajaran digital yang berbasis STEAM dan pendekatan *Problem Based Learning*, sekolah dapat menumbuhkan budaya belajar yang aktif, kreatif, dan kolaboratif. Hal ini tentu sejalan dengan visi sekolah untuk mencetak lulusan yang berdaya saing tinggi, tidak hanya di tingkat lokal, tetapi juga global.

Penelitian ini menjadi wadah pengembangan diri peneliti sebagai akademisi sekaligus praktisi pendidikan. Selain memperluas wawasan dalam bidang pembelajaran berbasis digital dan pendekatan STEAM, proses penelitian ini juga memperkuat kompetensi peneliti dalam mengembangkan media pembelajaran yang inovatif dan responsif terhadap kebutuhan siswa masa kini. Temuan penelitian ini juga berpotensi menjadi referensi bagi penelitian-penelitian lanjutan dalam ranah pengembangan media dan model pembelajaran pada era digital.

Integrasi STEAM dan PBL didasarkan pada adanya hubungan antara pembelajaran kontekstual, pemecahan masalah, dan penggunaan konsep lintas disiplin. PBL memberikan struktur proses pembelajaran yang dimulai dari masalah, sedangkan STEAM memberikan perspektif integratif yang dapat digunakan siswa untuk memahami dan menganalisis masalah tersebut.

Dalam integrasi ini, masalah kontekstual menjadi titik awal pembelajaran. Siswa tidak langsung diarahkan pada penggunaan rumus atau prosedur tertentu, tetapi terlebih dahulu memahami situasi dan mengidentifikasi berbagai informasi yang relevan. Selanjutnya, siswa melakukan eksplorasi konsep dan penyelidikan untuk mengembangkan solusi.

Pada tahap memahami masalah, unsur *Science* dapat digunakan untuk memahami fenomena atau konteks yang mendasari masalah. Unsur *Technology* dapat dimanfaatkan untuk mengakses informasi, mengolah data, membuat visualisasi, atau melakukan simulasi. Unsur *Engineering* muncul dalam proses merancang dan mengevaluasi alternatif solusi. Unsur *Arts* dapat digunakan dalam kreativitas, representasi visual, serta penyajian solusi. Sementara itu, unsur *Mathematics* digunakan untuk mengenali pola, membangun model, melakukan perhitungan, dan menganalisis hasil.

Dengan demikian, STEAM dan PBL tidak diposisikan sebagai dua pendekatan yang berjalan secara terpisah. PBL berfungsi sebagai model yang mengorganisasikan tahapan pembelajaran, sedangkan STEAM berfungsi sebagai pendekatan yang memperkaya konteks dan aktivitas penyelesaian masalah.

Implementasi e-modul berbasis STEAM dengan model PBL dalam penelitian ini dirancang untuk menghubungkan konsep matematika dengan konteks yang relevan bagi siswa. E-modul dapat memuat masalah kontekstual, materi pendukung, aktivitas eksplorasi, petunjuk penyelidikan, media digital, latihan, dan kegiatan refleksi.

Dalam konteks siswa SMK, masalah yang digunakan dapat disesuaikan dengan bidang keahlian. Penyesuaian konteks penting agar siswa dapat melihat bahwa matematika memiliki keterkaitan dengan bidang vokasional dan berbagai situasi nyata.

Pada materi barisan dan deret, misalnya, masalah dapat dikaitkan dengan pola perubahan atau pertumbuhan dalam konteks maritim, seperti perubahan konsumsi bahan bakar, penambahan kebutuhan logistik, perubahan biaya operasional, atau pola penjadwalan. Siswa kemudian diarahkan untuk mengidentifikasi pola yang terjadi, menentukan jenis barisan atau deret yang sesuai, membangun model

matematika, melakukan perhitungan, dan menafsirkan hasil dalam konteks masalah.

Pada aktivitas tersebut, unsur STEAM dapat diintegrasikan secara fungsional. *Science* digunakan untuk memahami fenomena, *Technology* untuk membantu pengolahan atau visualisasi data, *Engineering* untuk merancang alternatif solusi, *Arts* untuk menyajikan hasil secara komunikatif, dan *Mathematics* untuk melakukan analisis serta pemodelan.

Melalui sintaks PBL, siswa menjalani proses pembelajaran secara bertahap sehingga mereka tidak langsung dihadapkan pada persoalan kompleks tanpa bantuan. E-modul dapat memberikan *scaffolding* berupa pertanyaan pemandu, contoh representasi, petunjuk penyelidikan, dan aktivitas bertahap.

Kemampuan pemecahan masalah merupakan salah satu kemampuan penting yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran matematika. Pemecahan masalah tidak hanya berkaitan dengan kemampuan siswa memperoleh jawaban akhir, tetapi juga mencakup proses memahami situasi, mengidentifikasi informasi yang relevan, menentukan strategi, menggunakan konsep matematika, serta mengevaluasi solusi yang diperoleh.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) menempatkan pemecahan masalah sebagai salah satu standar proses dalam pembelajaran matematika. Dalam *Principles and Standards for School Mathematics*, NCTM menegaskan bahwa pemecahan masalah bukan hanya tujuan dari pembelajaran matematika, tetapi juga merupakan salah satu cara utama untuk belajar matematika. Dengan demikian, pemecahan masalah merupakan bagian yang terintegrasi dalam pembelajaran matematika dan tidak seharusnya dipandang sebagai bagian yang terpisah dari aktivitas belajar matematika (NCTM, 2000).

Berdasarkan standar proses pemecahan masalah yang dikemukakan oleh NCTM, kemampuan pemecahan masalah matematis dapat diuraikan ke dalam empat indikator utama sebagai berikut, menerapkan dan menyesuaikan berbagai strategi untuk menyelesaikan masalah, menyelesaikan masalah dalam matematika dan dalam konteks lain, membangun pengetahuan matematika baru melalui pemecahan masalah, memantau dan merefleksikan proses pemecahan masalah.

Self-efficacy merupakan keyakinan individu terhadap kemampuan dirinya dalam mengorganisasikan dan melaksanakan tindakan yang diperlukan untuk mencapai tujuan tertentu. Bandura (2023) menjelaskan bahwa *self-efficacy* merupakan penilaian individu terhadap kemampuan dirinya yang berperan dalam memengaruhi proses kognitif, motivasional, afektif, dan pilihan tindakan. Dengan demikian, *self-efficacy* tidak hanya berkaitan dengan kemampuan yang dimiliki seseorang, tetapi juga keyakinan bahwa dirinya mampu menggunakan kemampuan tersebut untuk menghadapi tugas tertentu.

Dalam pembelajaran matematika, *self-efficacy* berkaitan dengan keyakinan siswa terhadap kemampuannya dalam memahami materi, mengerjakan tugas, menyelesaikan masalah, menggunakan strategi, dan menghadapi kesulitan matematika. *Self-efficacy* bersifat spesifik terhadap tugas dan situasi, sehingga pengukurannya perlu disesuaikan dengan aktivitas yang menjadi fokus pembelajaran. Muhtadi et al. (2022) menunjukkan adanya hubungan positif dan signifikan antara *self-efficacy* dengan kemampuan belajar matematika siswa di Indonesia. Hasil meta-analisis Kamsurya et al. (2022) juga menunjukkan bahwa *self-efficacy* memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap kemampuan matematika siswa. Menurut Bandura (1997), *self-efficacy* dapat dilihat melalui tiga dimensi, yaitu *magnitude (level)*, *strength*, dan *generality*.

Kesiapan belajar merupakan kondisi yang menunjukkan bahwa siswa memiliki kesiapan untuk mengikuti dan terlibat dalam proses pembelajaran. Kesiapan tersebut tidak hanya berkaitan dengan kondisi fisik, tetapi juga mencakup kesiapan psikologis, kognitif, motivasional, serta kemampuan yang mendukung siswa dalam menjalankan aktivitas belajar. Dalam konteks pembelajaran yang memanfaatkan teknologi, kesiapan belajar juga berkaitan dengan kemampuan siswa dalam menggunakan sumber belajar digital dan mengelola aktivitas pembelajaran. Belawati et al. (2023) menunjukkan bahwa kesiapan belajar siswa sekolah menengah dalam lingkungan pembelajaran daring merupakan konstruk yang dapat diukur secara multidimensional. Penelitian tersebut mengembangkan instrumen untuk siswa sekolah menengah di Indonesia dan menghasilkan instrumen yang terdiri atas 36 butir dengan dimensi *self-concept*, *self-concept of independent learning skills*, *motivation to learn*, *access to technology*, *use of technology in daily*

activities, serta *digital skills/literacy for online learning*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa instrumen memiliki reliabilitas dan validitas konstruk yang baik.

Kesiapan belajar dalam lingkungan berbasis teknologi juga mencakup kemampuan siswa dalam memanfaatkan teknologi, mengatur proses belajar, memiliki motivasi, serta memiliki keterampilan yang diperlukan untuk mengikuti pembelajaran digital. Penelitian dalam *Heliyon* oleh Reyes et al. (2023) mengidentifikasi tujuh dimensi *online learning readiness*, yaitu kemampuan teknologi, keterampilan membaca dan menulis, kebiasaan belajar, kesediaan mengikuti pembelajaran jarak jauh, minat dan motivasi, regulasi diri dalam belajar, serta pengorganisasian waktu. Temuan tersebut menunjukkan bahwa kesiapan belajar dalam lingkungan digital merupakan kondisi yang multidimensional dan tidak hanya ditentukan oleh kemampuan menggunakan perangkat teknologi.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods* (metode kombinasi) dengan tipe *The Embedded Design* (Gambar 3.1) yang dipadukan dengan metode *Research and Development* (R&D) menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Penggunaan pendekatan *mixed methods* dengan tipe *The Embedded Design* (desain penyisip) memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan data kuantitatif dan kualitatif secara bersamaan, di mana salah satu metode berperan sebagai metode sekunder yang mendukung metode utama (Creswell & Creswell, 2018; Yaniawati & Indrawan, 2024). Dalam penelitian ini, metode kuantitatif digunakan sebagai metode utama untuk mengukur kelayakan produk, tingkat kesiapan belajar, kemampuan pemecahan masalah matematika (skor *post-test* NCTM), serta *self-efficacy* siswa. Sementara itu, data kualitatif digunakan sebagai data pendukung untuk memperkuat analisis deskriptif mengenai kendala siswa, respon siswa, serta proses analisis kebutuhan dalam pengembangan E-Modul.

Metode pengembangannya menerapkan rancangan R&D yang bertujuan untuk menghasilkan produk bahan ajar berupa E-Modul STEAM berbasis *Problem Based Learning* (PBL) serta menguji keefektifan dan kepraktisan produk tersebut dalam pembelajaran matematika (Sugiyono, 2019; Branch, n.d.) Alur

pengembangan produk diselaraskan dengan lima tahapan sistematis pada model ADDIE.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XII di SMK Negeri 2 Subang Tahun Pelajaran 2026/2027. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah kelas XII Teknik Kapal Niaga (TKN) yang berjumlah 20 orang siswa. Sampel ini berperan sebagai kelas uji coba (*one-group trial class*) untuk menerapkan E-Modul STEAM berbasis *Problem Based Learning* (PBL) serta mengukur kesiapan belajar, kemampuan pemecahan masalah matematika, dan *self-efficacy* siswa. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *Purposive Sampling* (sampling pertimbangan atau bertujuan).

Instrumen dalam penelitian ini adalah tes dan nontes. Instrumen tes terdiri dari tes kemampuan pemecahan, angket *self-efficacy* siswa, dan angket kesiapan belajar. Sedangkan instrumen non tes berupa observasi dan wawancara guru dan siswa.

Proses pengembangan E-Modul berbasis STEAM dengan pendekatan *Problem-Based Learning* (PBL) dilaksanakan dengan menerapkan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Pengembangan diawali dengan analisis kebutuhan (*needs analysis*) dan kurikulum di SMK kejuruan maritim. Hasil analisis menunjukkan perlunya inovasi bahan ajar digital yang dapat menjembatani konsep matematika abstrak (barisan dan deret) dengan aplikasi praktis dunia kejuruan. Selain itu, diidentifikasi kebutuhan akan media interaktif yang mampu memfasilitasi kemampuan berpikir tingkat tinggi (*HOTS*) dan penguatan karakter afektif siswa.

Pada tahap perancangan (*design*), dirancang kerangka konseptual E-Modul yang menyatukan lima elemen STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, dan Mathematics*) ke dalam lima sintaks utama PBL. Langkah-langkah perancangan meliputi penyusunan peta struktur dan alur materi barisan-deret berkonteks kejuruan, perancangan tata letak (*layout*), navigasi interaktif, dan antarmuka visual digital, penyusunan instrumen tes kemampuan pemecahan masalah (berdasarkan indikator NCTM), angket *self-efficacy* (dimensi *Magnitude, Strength, Generality*), serta lembar validasi dan kepraktisan. Tahapan perancangan modul berbasis PBL pada materi barisan dan deret ini sejalan dengan penelitian

(Nurhasanah et al., 2022) dan (Putra et al., 2025) yang menegaskan bahwa materi barisan dan deret sangat efektif dikemas dalam bentuk E-Modul interaktif berbasis masalah untuk memfasilitasi alur berpikir pemecahan masalah matematika.

Pada tahap pengembangan (*Development*) berfokus pada memproduksi draf awal E-Modul berbasis STEAM-PBL beserta instrumen pendukungnya. Setelah produk awal selesai dikembangkan, dilanjutkan dengan uji validasi oleh para ahli (validator ahli materi, media, dan bahasa) untuk menilai kelayakan isi, media, dan bahasa. Masukan serta revisi dari validator dijadikan dasar dalam menyempurnakan draf modul hingga dinyatakan valid dan layak untuk diujicobakan.

E-Modul yang telah dinyatakan layak kemudian diimplementasikan dalam uji coba pembelajaran matematika nyata di kelas ($N = 21$). Selama proses intervensi, pembelajaran difasilitasi dengan memanfaatkan fitur-fitur interaktif E-Modul, di mana siswa diajak memecahkan masalah nyata kejuruan berbasis STEAM-PBL secara mandiri maupun berkolaborasi dalam kelompok.

Pengintegrasian lima disiplin ilmu STEAM ke dalam sintaks PBL mendukung temuan (Rahmatjati et al., 2023) dan (Nurjanah et al., 2026), yang membuktikan bahwa perpaduan PBL dan STEAM mampu menciptakan alur pembelajaran yang lebih sistematis dan kontekstual dibanding PBL konvensional.

Evaluasi dilakukan secara berkelanjutan, baik secara formatif pada setiap akhir tahapan ADDIE maupun secara sumatif di akhir implementasi. Evaluasi sumatif bertujuan untuk menganalisis dampak penggunaan E-Modul terhadap pencapaian kognitif (kemampuan pemecahan masalah), pergeseran aspek afektif (*self-efficacy*), serta tingkat kepraktisan media berdasarkan respon siswa dan guru.

Secara menyeluruh, penerapan kelima tahapan ADDIE yang terstruktur ini memastikan bahwa E-Modul STEAM berbasis PBL yang dihasilkan tidak hanya bernilai akademis, tetapi juga relevan dengan karakteristik siswa dan kebutuhan dunia kejuruan di SMK.

Berbeda dengan penelitian (Hendriko et al., 2024) dan (Maghfiroh et al., 2024) yang berfokus pada pengembangan E-Modul PBL secara umum tanpa muatan interdisiplin, E-Modul dalam penelitian ini berhasil memberikan nilai tambah (*novelty*) berupa penyajian integrasi STEAM yang disesuaikan secara khusus dengan konteks kejuruan maritim/SMK.

Pengembangan E-Modul STEAM berbasis *Problem-Based Learning* (PBL) ini dirancang untuk memenuhi kriteria kualitas media pembelajaran. Suatu bahan ajar berbasis produk dikatakan berkualitas jika memenuhi kriteria validitas (kelayakan), kepraktisan, dan keefektifan. Kelayakan E-Modul diukur berdasarkan penilaian para ahli (validator) yang mencakup beberapa aspek utama yaitu aspek materi/isi, aspek media/tampilan, dan aspek bahasa.

Hasil validasi materi menunjukkan bahwa materi barisan dan deret yang diintegrasikan dengan konteks kejuruan maritim serta pendekatan STEAM tergolong dalam kriteria Sangat Layak. Pengintegrasian lima disiplin ilmu (*Science, Technology, Engineering, Arts, dan Mathematics*) dalam sintaks PBL membantu siswa mengoneksikan konsep matematis dengan realita lapangan. Hal ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang menyatakan bahwa pengetahuan dibentuk secara aktif oleh siswa melalui pemecahan masalah nyata.

Penilaian dari ahli media mengonfirmasi bahwa E-Modul memiliki navigasi yang intuitif, keterbacaan visual yang baik, serta integrasi elemen multimedia yang responsif. Tampilan interaktif ini berperan penting dalam menjaga keterlibatan (*engagement*) siswa selama proses belajar mandiri.

Kepraktisan E-Modul dievaluasi melalui angket respon yang diisi oleh siswa dan guru matematika setelah proses pembelajaran berlangsung. Siswa memberikan respon yang sangat positif terhadap kemudahan akses E-Modul melalui perangkat digital masing-masing. Fitur-fitur seperti petunjuk pengerjaan proyek, alur masalah kejuruan yang runtut, dan *scaffolding* visual memudahkan mereka dalam mengikuti tahap demi tahap PBL tanpa kendala teknis yang berarti. Dari sudut pandang guru, E-Modul ini praktis digunakan karena mempermudah fasilitasi pembelajaran berbasis proyek di kelas. Guru tidak lagi berperan sebagai satu-satunya sumber informasi (*teacher-centered*), melainkan sebagai fasilitator yang mengarahkan diskusi dan penalaran siswa. Siswa memberikan respon yang sangat positif terhadap kemudahan akses E-Modul melalui perangkat digital masing-masing. Fitur-fitur seperti petunjuk pengerjaan proyek, alur masalah kejuruan yang runtut, dan *scaffolding* visual memudahkan mereka dalam mengikuti tahap demi tahap PBL tanpa kendala teknis yang berarti. Dari sudut pandang guru, E-Modul ini praktis digunakan karena mempermudah fasilitasi pembelajaran

berbasis proyek di kelas. Guru tidak lagi berperan sebagai satu-satunya sumber informasi (*teacher-centered*), melainkan sebagai fasilitator yang mengarahkan diskusi dan penalaran siswa.

Tingginya tingkat kelayakan dan kepraktisan yang diperoleh E-Modul ini sekaligus memperkuat dan memperluas hasil-hasil penelitian terdahulu. Kriteria validitas dan kepraktisan pada kategori sangat tinggi ini sejalan dengan temuan Maghfiroh et al. (2024) serta Hendriko et al. (2024) yang melaporkan bahwa pengembangan E-Modul berbasis PBL memperoleh respon sangat positif dari ahli maupun siswa. Selain itu, kualitas tampilan digital E-Modul yang mendukung alur berpikir mandiri siswa turut mendukung kajian Nurhasanah et al. (2022) dan Putra et al. (2025) mengenai efektivitas penyajian visual terstruktur pada materi barisan dan deret. Apabila penelitian Hendriko et al. (2024) dan Maghfiroh et al. (2024) berfokus pada E-Modul matematika secara umum, E-Modul dalam penelitian ini memberi nilai kebaruan (*novelty*) dengan membuktikan bahwa pengintegrasian pendekatan STEAM yang disesuaikan khusus dengan konteks kejuruan maritim tetap menghasilkan tingkat kepraktisan dan keterbacaan yang sangat tinggi bagi siswa SMK. Pemenuhan kriteria kelayakan dan kepraktisan ini menjadi fondasi yang kokoh sebelum E-Modul diuji keefektifannya terhadap peningkatan kemampuan kognitif maupun penyesuaian dimensi afektif siswa.

Dinamika pencapaian kognitif siswa dalam menyelesaikan masalah matematika berdasarkan indikator NCTM setelah menggunakan E-Modul STEAM-PBL, dianalisis secara spesifik menurut tingkatan kesiapan belajar (*learning readiness*). Siswa pada kelompok kesiapan belajar tinggi menunjukkan akselerasi kognitif yang cepat dalam menyelesaikan tahapan pemecahan masalah matematika. Ketersediaan masalah kontekstual berbasis STEAM memicu keterlibatan kognitif mereka secara optimal. Mereka memanfaatkan fitur *scaffolding* E-Modul bukan sebagai bantuan dasar, melainkan sebagai media konfirmasi atas strategi matematis yang telah dirancang secara mandiri.

Siswa pada kelompok belajar sedang merupakan porsi mayoritas yang mengalami dampak penyesuaian kognitif paling signifikan. Integrasi STEAM dalam sintaks PBL memberikan visualisasi konkret yang membantu menjembatani konsep matematika abstrak pada materi Barisan dan Deret, sehingga mempermudah

mereka dalam merencanakan serta mengeksekusi langkah-langkah pemecahan masalah.

Intervensi E-Modul STEAM-PBL memberikan dukungan struktur (*support system*) yang sangat krusial bagi kelompok siswa dengan kesiapan belajar rendah. Berdasarkan teori *Zone of Proximal Development* (Vygotsky), fitur petunjuk sistematis dan visualisasi interaktif pada E-Modul bertindak sebagai *scaffolding* yang berhasil menurunkan beban kognitif (*cognitive load*). Hal ini terbukti secara empiris dengan terbangunnya keberanian awal serta kemampuan dasar mereka dalam mengoperasikan langkah-langkah pemecahan masalah matematika.

Dinamika pencapaian kognitif siswa pada ketiga tingkatan kesiapan belajar ini memperkuat dan memperluas temuan dari berbagai literatur terdahulu. Temuan bahwa PBL berbasis STEAM mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada berbagai tingkat kesiapan belajar sejalan dengan penelitian Rahmatjati et al. (2023), Nurjanah et al. (2026), serta temuan Ali et al. (2021) yang mengonfirmasi keberhasilan penerapan model *Problem-Based Learning* dalam memfasilitasi dan mendongkrak kemampuan pemecahan masalah matematis siswa. Lebih lanjut, penggunaan media E-Modul dalam materi Barisan dan Deret memperkuat temuan Nurhasanah et al. (2022), Putra et al. (2025), serta hasil studi Malik (2021) yang membuktikan bahwa pengembangan bahan ajar interaktif berbentuk E-Modul sangat efektif dalam memfasilitasi alur berpikir matematis siswa. Penelitian ini juga melengkapi temuan Djaman et al. (2026) dengan membuktikan bahwa keterlibatan (*engagement*) siswa pada topik Barisan dan Deret berbasis STEAM tidak hanya berlaku umum, tetapi juga terbukti responsif terhadap taraf kesiapan belajar yang berbeda.

Pembahasan pada bagian ini membedah penyesuaian dimensi afektif (*self-efficacy*) siswa yang mencakup dimensi *Magnitude*, *Strength*, dan *Generality* (Bandura) setelah melalui intervensi E-Modul STEAM-PBL ditinjau dari kesiapan belajarnya. Dari segi afektif, kelompok kesiapan belajar tinggi memiliki *self-efficacy* yang mantap pada dimensi *Magnitude* dan *Generality*. Ketersediaan tantangan dalam E-Modul mendorong mereka memanfaatkan bahan ajar ini untuk memperluas jangkauan pemecahan masalah ke ranah kejuruan yang lebih kompleks.

Pada variabel *self-efficacy*, kelompok kesiapan belajar sedang mengalami pergeseran persepsi diri yang paling terukur. Pengalaman dihadapkan pada masalah kejuruan nyata memicu fenomena *response shift bias*, di mana siswa merekalibrasi standar penilaian diri mereka dari keyakinan awal yang bersifat semu menjadi lebih objektif dan realistis berbasis pembuktian tugas.

E-Modul STEAM berbasis PBL memberikan penguatan afektif yang sangat nyata bagi kelompok kesiapan belajar rendah. Penurunan beban kognitif yang difasilitasi oleh fitur *scaffolding* secara langsung berdampak pada kondisi psikologis mereka. Hal ini terbukti secara empiris dengan berhasil dipindahkannya 100% siswa keluar dari kategori *self-efficacy* rendah.

Keberhasilan E-Modul dalam meningkatkan aspek afektif siswa selaras dengan hasil penelitian Hidayat et al. (2022), Irfan et al. (2022), Febriani et al. (2026), serta temuan Mulyani (2020) yang melaporkan peningkatan simultan pada *self-efficacy* dan kemampuan pemecahan masalah melalui pembelajaran berbasis masalah. Penyesuaian skor pada dimensi *Strength* juga mendukung kerangka analisis Azkiah et al. (2025) mengenai keterkaitan tiga dimensi *self-efficacy* (*Magnitude, Strength, Generality*) dalam PBL.

Penyesuaian *self-efficacy* dan ketahanan afektif siswa selama memanfaatkan E-Modul STEAM-PBL ini juga mencerminkan nilai-nilai pedagogi keislaman. Proses adaptasi saat menghadapi tantangan tugas kejuruan yang rumit selaras dengan prinsip dalam QS. Al-Insyirah (94): 5–6 bahwa setelah kesulitan selalu ada kemudahan melalui ikhtiar kognitif yang sistematis. Perubahan keyakinan diri dari *overconfidence* menjadi lebih realistis juga sejalan dengan firman Allah SWT dalam QS. Ali 'Imran (3): 139 untuk tidak bersikap lemah dan bersedih hati. Fitur *scaffolding* dalam E-Modul bertindak sebagai sarana *ta'awun* (saling menolong) dalam menuntun siswa kesiapan rendah membangun keyakinan diri. Temuan ini memperkuat kajian Fitrah & Kusnadi (2022) yang mengonfirmasi bahwa model pembelajaran berbasis masalah yang terintegrasi dengan nilai-nilai Islam efektif memfasilitasi pembentukan karakter, keyakinan diri, dan ketangguhan belajar siswa.

Berbeda dengan penelitian Belawati et al. (2023) dan Ahmad et al. (2026) yang meninjau kesiapan belajar (*preparedness/readiness*) secara umum atau dalam

lingkungan daring mandiri, penelitian ini membuktikan bahwa kesiapan belajar siswa SMK berpengaruh signifikan terhadap bagaimana mereka merespons *scaffolding* E-Modul STEAM-PBL. Siswa kesiapan rendah memerlukan *scaffolding* teknis untuk membangun keyakinan diri (*mastery experience* Bandura), sedangkan siswa kesiapan tinggi memanfaatkan E-Modul untuk memperluas jangkauan pemecahan masalah (*Generality*). Secara keseluruhan, E-Modul STEAM berbasis PBL terbukti bersifat akomodatif dan inklusif terhadap diferensiasi kesiapan belajar siswa, di mana setiap kelompok memperoleh manfaat kognitif maupun penguatan afektif yang proporsional sesuai dengan kebutuhan belajarnya.

Analisis korelasi dilakukan menggunakan uji non-parametrik *Spearman's Rho* (r_s), mengingat data tidak memenuhi asumsi parametrik untuk uji Pearson Product Moment (terutama pada aspek distribusi normal data). Analisis korelasi *Spearman's Rho* antara variabel *self-efficacy* dan kemampuan pemecahan masalah matematika menghasilkan koefisien korelasi sebesar $r_s = 0,398$ dengan nilai signifikansi $p = 0,074$ ($p > 0,05$). Nilai $r_s = 0,398$ menunjukkan adanya hubungan berarah positif dengan tingkat keeratan hubungan kategori sedang antara keyakinan diri siswa dan kemampuan mereka dalam memecahkan masalah matematika. Arah hubungan positif ini bermakna bahwa semakin tinggi dan terkalibrasi keyakinan diri siswa, maka semakin tinggi pula kecenderungan kemampuan mereka dalam menyusun strategi pemecahan masalah (NCTM). Secara teoritis, temuan hubungan sedang ini sejalan dengan teori *Self-Efficacy* Bandura yang menyatakan bahwa keyakinan atas kemampuan diri bertindak sebagai generator motivasi kognitif yang mendorong individu untuk bertahan saat menghadapi tugas-tugas kompleks.

Meskipun secara deskriptif menunjukkan korelasi positif bernilai sedang, statistik uji hipotesis menunjukkan hasil yang tidak signifikan secara statistik pada taraf nyata 5% ($p > 0,05$). Ketidaksignifikanan secara statistik ini dipengaruhi oleh keterbatasan ukuran sampel ($N = 21$), di mana pada sampel kecil nilai koefisien korelasi memerlukan variabilitas yang lebih ekstrem untuk mencapai batas signifikansi formal. Selain itu, kondisi ini juga dipengaruhi oleh fenomena *response shift bias* dan *Dunning-Kruger effect* selama proses intervensi. Pada tahap awal pembelajaran berbasis masalah nyata maritim, siswa yang sebelumnya memiliki

keyakinan diri semu (*overconfident*) mengalami penyesuaian (*re-calibration*) terhadap batas kemampuan diri mereka yang sebenarnya. Akibatnya, terjadi pergeseran kognitif dan afektif yang dinamis di mana skor *self-efficacy* mengalami penyesuaian objektif sementara kemampuan kognitif pemecahan masalah mereka baru mulai berkembang.

Temuan korelasi positif kategori sedang ini mengonfirmasi dan melengkapi hasil penelitian terdahulu yang terdapat pada kajian relevan. Keberadaan hubungan positif antara dimensi *self-efficacy* dengan indikator pemecahan masalah mendukung hasil penelitian Azkiah et al. (2025) yang menemukan keterkaitan erat antara dimensi *magnitude*, *strength*, dan *generality* terhadap kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah matematis pada model PBL. Temuan ini juga searah dengan hasil studi Irfan et al. (2022), Hidayat et al. (2022), serta Febriani et al. (2026) yang sama-sama menunjukkan pergerakan simultan antara perbaikan afektif *self-efficacy* dan peningkatan kemampuan kognitif siswa dalam pembelajaran berbasis proyek maupun masalah.

Meskipun demikian, tidak ditemukannya hubungan yang signifikan secara statistik ($p > 0,05$) memberikan gambaran kebaruan (*novelty*) serta pembeda dari penelitian Hidayat et al. (2022) dan Febriani et al. (2026). Pembeda utama terletak pada kenyataan bahwa perubahan dimensi afektif (*self-efficacy*) dalam pembelajaran interdisipliner STEAM-PBL berbasis E-Modul memerlukan durasi intervensi yang lebih panjang untuk menghasilkan hubungan linier yang signifikan secara statistik dibanding perubahan pada dimensi kognitif semata. Dengan demikian, *self-efficacy* berfungsi sebagai fondasi afektif yang mendukung proses penalaran, tetapi tingkat keyakinan diri siswa SMK tidak secara otomatis berbanding lurus secara signifikan terhadap skor pemecahan masalah tanpa melalui pembiasaan latihan pemecahan masalah yang berkelanjutan.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengembangan E-Modul STEAM berbasis *Problem-Based Learning* (PBL) pada materi Barisan dan Deret di SMK, diperoleh kesimpulan sebagai berikut, (1) Pengembangan E-Modul berbasis STEAM-PBL berhasil dilaksanakan dengan mengadaptasi lima tahapan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Proses ini menghasilkan produk bahan ajar digital yang terintegrasi dengan isu

kontekstual kejuruan maritim, serta memuat fitur interaktif yang mendukung alur berpikir pemecahan masalah dan penguatan karakter afektif siswa; (2) E-Modul STEAM berbasis PBL dinyatakan memenuhi kriteria kualitas media pembelajaran. Produk ini memperoleh tingkat kelayakan (validitas) pada kriteria Sangat Layak berdasarkan penilaian ahli materi, media, dan bahasa. Selain itu, E-Modul juga memenuhi kriteria kepraktisan yang sangat tinggi berdasarkan respon positif dari siswa dan guru matematika, baik dari aspek kemudahan penggunaan (*usability*) maupun efisiensi fasilitasi pembelajaran di kelas; (3) Secara umum, E-Modul STEAM berbasis PBL terbukti efektif memfasilitasi peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematika siswa, meskipun rata-rata pencapaian nilai akhir belum sepenuhnya mencapai target yang diharapkan. Tetapi, E-Modul ini terbukti mampu mengakomodasi diferensiasi kognitif siswa secara proporsional sesuai dengan tingkat kesiapan belajarnya. Kelompok kesiapan tinggi semakin cepat menyelesaikan soal dan memanfaatkan fitur *scaffolding* untuk menguji strategi matematis mereka. Kelompok kesiapan sedang menjadi lebih terstruktur dalam merencanakan langkah penyelesaian masalah melalui bantuan visualisasi STEAM. Sementara itu, kelompok kesiapan rendah sangat terbantu oleh tampilan interaktif modul yang secara nyata menurunkan beban kognitif (*cognitive load*) mereka dalam memahami materi; (4) Pada aspek *self-efficacy*, E-Modul membuat siswa kelompok sedang memiliki penilaian diri yang lebih jujur dan realistis setelah menyelesaikan tugas kejuruan. Sementara pada kelompok rendah, fitur petunjuk bertahap terbukti memberikan dukungan psikologis yang berhasil memindahkan siswa keluar dari kategori *self-efficacy* rendah menuju kategori sedang; (5) Terdapat korelasi berarah positif dengan tingkat keeratan hubungan kategori sedang antara *self-efficacy* dan kemampuan pemecahan masalah matematika siswa. Namun, korelasi tersebut tidak signifikan secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun keyakinan diri bertindak sebagai fondasi afektif yang mendukung proses penalaran, peningkatan *self-efficacy* membutuhkan durasi pembiasaan intervensi yang lebih panjang untuk dapat berbanding lurus secara signifikan terhadap peningkatan kemampuan kognitif pemecahan masalah siswa SMK.

Hasil penelitian ini memberikan implikasi yang berarti, baik secara teoritis maupun praktis, yaitu (1) Penelitian ini memperkaya literatur pedagogi mengenai

efektivitas sintaks *Problem-Based Learning* yang diintegrasikan dengan pendekatan interdisipliner STEAM, khususnya dalam konteks pendidikan kejuruan (SMK); (2) Temuan ini menegaskan bahwa pengembangan aspek kognitif (pemecahan masalah) dan afektif (*self-efficacy*) tidak selalu berjalan secara linier dalam jangka pendek. Penggunaan media digital terstruktur memicu proses perubahan persepsi diri, di mana pemahaman siswa terhadap kompleksitas masalah nyata mendewasakan tingkat keyakinan diri mereka menjadi lebih realistis, (3) Penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa fitur *scaffolding* interaktif dalam E-Modul mampu berfungsi sebagai penopang kognitif yang akomodatif bagi siswa dengan tingkat kesiapan belajar rendah tanpa menghambat akselerasi siswa kesiapan tinggi; (4) E-Modul ini menjadi alternatif bahan ajar digital yang siap pakai untuk mengontekstualisasikan materi matematika abstrak (seperti Barisan dan Deret) ke dalam dunia kejuruan nyata (seperti sektor maritim), sekaligus mempermudah peran guru sebagai fasilitator pembelajaran berbasis proyek; (5) Menjadi acuan desain teknis dalam merancang E-Modul interaktif yang tidak hanya berfokus pada kelayakan visual dan isi, melainkan memperhatikan aspek *user experience* dan tingkat keterbacaan yang ramah bagi siswa kejuruan.

Guru disarankan memanfaatkan E-Modul STEAM berbasis PBL ini secara konsisten dalam pembelajaran matematika di SMK untuk membangun kebiasaan berpikir analitis dan pemecahan masalah siswa. Dalam penerapannya, guru perlu memberikan perhatian ekstra pada fase *scaffolding* untuk kelompok siswa dengan kesiapan belajar rendah, serta terus memotivasi siswa agar tidak mengalami penurunan *self-efficacy* saat menghadapi rekaliabrasi tugas-tugas kejuruan yang kompleks.

Peneliti selanjutnya disarankan untuk menguji coba produk pada skala sampel yang lebih luas) dan melibatkan beberapa sekolah SMK yang berbeda agar dapat meningkatkan kekuatan statistik serta ketergeneralisasian hasil korelasi. Disarankan untuk memperpanjang waktu pembelajaran agar proses pembiasaan siswa terhadap sintaks STEAM-PBL dapat berjalan lebih optimal, sehingga dampak pergeseran *self-efficacy* terhadap kemampuan kognitif dapat terukur secara signifikan. Peneliti berikutnya juga dapat mengembangkan E-Modul berbasis STEAM-PBL pada materi matematika lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M., Junus, K., Santoso, H. B., & Prasetyo, K. F. (2026). Unveiling the role of student preparedness in cognitive and social presences development in online collaborative learning environments. *Discover Education*, 1–30. <https://doi.org/10.1007/s44217-026-01653-0>
- Albert Bandura; Daniel Cervone. (2023). *Social Cognitive Theory: An Agentic Perspective on Human Nature*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781394259069.ch3>
- Ali, A., Setiawan, D. T., & Taryudi, T. (2022). Problem Based Learning: Meningkatkan Kemampuan Penalaran Matematis Siswa SMK Berdasarkan Motivasi Belajar. *Pasundan Journal of Mathematics Education : Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(1), 1–14. <https://doi.org/10.23969/pjme.v12i1.5292>
- Azkiah, F., Sumartini, T. S., Apriyanti, H. S. N., Yani, I., & Putri, K. (2025). Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Ditinjau dari Self Efficacy Siswa dalam Problem Based Learning Terintegrasi Prinsip Understanding by Design. *Juring (Journal for Research in Mathematics Learning)*, 8(1), 021–030. <https://doi.org/10.24014/juring.v8i1.35701>
- Belawati, T., Daryono, D., Sugilar, S., & Kusmawan, U. (2023). Development of an instrument to assess independent online learning readiness of high school students in Indonesia. *Asian Association of Open Universities Journal*, 18(1), 34–45. <https://doi.org/10.1108/AAOUJ-09-2022-0139>
- Branch, R. M. (n.d.). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Department of Educational Psychology and Instructional Technology.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications.
- Djaman, N., Ashari, N. W., Amrin, I. P., Nabila Putri Amelia, Jabal Nur. D, & Anwar, N. I. (2026). Participatory Action Research on the Implementation of STEAM-Integrated Problem-Based Learning. *STEAM Journal For Elementary School Education*, 2(01), 46–62. <https://doi.org/10.26740/sjese.2.01.2026.3>
- Duisanto, A. R. (2025). Development of Interactive E-Modules Based on Problem-

- Based Learning (PBL) on Temperature, Heat, and Heat Transfer Using the Canva Application to Improve Conceptual Understanding of Grade XI High School Students. *JOPHRA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(1), 24–35. <https://jophra.uho.ac.id/index.php/journal/article/view/24>
- Febriani, A., Yuntawati, & Eliska Juliangkary. (2026). Efektivitas Pembelajaran Berbasis Proyek Berbantuan Geogebra dalam Meningkatkan Self-Efficacy Matematis dan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Siswa. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dasar*, 11(02), 309–328.
- Fitrah. M & Kusnadi D. (2022). Integrasi Nilai-Nilai Islam Dalam Membelajarkan Matematika Sebagai Bentuk Penguatan Karakter Siswa. *Jurnal Eduscience (JES)*, 09, No. 1(1), 152–167.
- Hendriko, N., Syafriandi, Armianti, & Jamaan, E. Z. (2024). Praktikalitas E-Modul Berbasis Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 13(3), 870–884.
- Hidayat, Dayat; Taufiqurrahman, M. (2022). Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Dan Self-Efficacy Siswa Melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan Matematika Dan Sains*, 6(1), 1–12. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i3.5117>
- Hikmah, A., Imamuddin, M., Risnawita, & Rahmat, T. (2025). Pengembangan Modul Pembelajaran Matematika Terintegrasi Nilai-Nilai Islam. *TA'DIBAN: Journal of Islamic Education*, 5(2), 89–104. https://ojs.institutidayatullahbatam.ac.id/index.php/tadibanjournals/article/view/263?utm_source=chatgpt.com
- Irfan, L., Jailani, & Susanti, D. (2022). Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis dan Self Efficacy Siswa melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning. *Aksioma: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(3), 2142–2150.
- Krummenauer, J., Kuntze, S., Friesen, M., Skilling, K., Samkova, L., Fernandez, C., Ivars, P., & Llinares, S. (2022). Cartoons in Mathematics Education Research, Teacher Professional Development, and in the Mathematics Classroom. In *Proceedings of the International Group for the Psychology of*

Mathematics Education (Vol. 1).

- Maghfiroh, K., Dwijanto, & Cahyono, A. N. (2024). Development of Mathematics Module Based on Problem Based Learning to Improve Students' Mathematical Problem Solving Ability and Learning Independence. *Unnes Journal of Mathematics Education*, 13(3), 231–240. <https://doi.org/10.15575/jp.v8i2.305>
- Malik, A. S. (2021). Pengembangan E-Modul Berbantuan Sigil Software Dan Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Pasundan Journal of Mathematics Education: Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(1), 18–35. <https://doi.org/10.23969/pjme.v11i1.3731>
- Mulyani, H. (2015). Penggunaan Pembelajaran Berbasis Masalah Untuk Pengaruhnya Terhadap Self Regulated Learning Siswa Ssekolah Menengah Pertama. *Pasundan Jurnal of Mathematics Education*, 5(1), 66–79.
- NCTM. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Nindiasari, H., Pranata, M. F., Sukirwan, Sugiman, Fathurrohman, M., Ruhimat, A., & Yuhana, Y. (2024). The Use of Augmented Reality To Improve Students' Geometry Concept Problem-Solving Skills Through the Steam Approach. *Infinity Journal*, 13(1), 119–138. <https://doi.org/10.22460/infinity.v13i1.p119-138>
- Nurhasanah, F., Sumarni, & Riyadi, M. (2022). Pengembangan E-Modul Materi Barisan dan Deret untuk Memfasilitasi Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(2), 104–117.
- Nurjanah, Wulandari; Ihsanudin; Mustafa, A. N. (2026). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning dengan Pendekatan STEAM terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 11(2), 238–248. <https://doi.org/10.22202/economica.2017.v6.i1.1941>
- PISA. (2023). PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education. In *OECD Publishing: I*. <https://www.oecd.org/publication/pisa-2022-results/country-notes/malaysia-1dbe2061/>
- Putra, K. H. N., Suparta, I. N., & Sudiarta, I. G. P. (2025). Developing Interactive E-Module to Enhancing Mathematical Problem-Solving Ability through

Computational Thinking. *International Journal of Education, Management, and Technology*, 3(1), 375–384.

Rahmatjati, A. M., Ardiansyah, A. S., & Rochmad, R. (2023). Effectiveness of Problem Based Learning Integrated STEAM on Students' Mathematical Problem Solving Ability. *Unnes Journal of Mathematics Education*, 12(3), 270–279. <https://doi.org/10.15294/ujme.v12i3.78959>

Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitataif, dan R&D*. CV Alfabeta.

Supianti, I. I., Yaniawati, P., Bonyah, E., Hasbiah, A. W., & Rozalini, N. (2025). STEAM approach in project-based learning to develop mathematical literacy and students' character. *Infinity Journal*, 14(2), 283–302. <https://doi.org/10.22460/infinity.v14i2.p283-302>

Supianti, I. I., Yaniawati, P., Osman, S. Z. M., Al-Tamar, J., & Lestari, N. (2022). Development of Teaching Materials for E-Learning-Based Statistics Materials Oriented Towards the Mathematical Literacy Ability of Vocational High School Students. *Infinity Journal*, 11(2), 237–254. <https://doi.org/10.22460/infinity.v11i2.p237-254>

Yaniawati, P., & Indrawan, R. (2024). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Campuran*. PT Refika Aditama.

Yaniawati, P., Supianti, I. I., Fisher, D., & Sa'adah, N. (2021). Development and effectiveness of mobile learning teaching materials to increase students' creative thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/4/042081>