

ABSTRAK

Pramodyowati (2026): Implementasi PjBL-STEAM Berbasis Kewirausahaan Untuk Meningkatkan Kemampuan *Critical Thinking* dan Disposisi Matematis Ditinjau dari Kepercayaan Diri Siswa.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengembangkan bahan ajar matematika berbasis *Project Based Learning* (PjBL)-STEAM terintegrasi kewirausahaan pada materi Sistem Persamaan Linear Dua Variabel (SPLDV); (2) menganalisis pengaruh implementasi PjBL-STEAM berbasis kewirausahaan terhadap kemampuan *critical thinking* matematis siswa ditinjau dari kepercayaan diri; (3) menganalisis disposisi matematis siswa ditinjau dari kepercayaan diri; serta (4) mengetahui hubungan antara kemampuan *critical thinking* matematis dan disposisi matematis siswa. Penelitian menggunakan metode *mixed method* dengan tipe *The Embedded Design* dan *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi tahap *analysis, design, development, implementation, dan evaluation*. Subjek penelitian terdiri atas siswa kelas X AKL SMK dengan kelas eksperimen yang menggunakan model PjBL-STEAM berbasis kewirausahaan dan kelas kontrol yang menggunakan pembelajaran konvensional. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui tes kemampuan *critical thinking*, angket disposisi matematis dan kepercayaan diri, observasi, wawancara, serta validasi ahli. Analisis data kuantitatif dilakukan menggunakan pendekatan *ANOVA on ranks* melalui *GLM Univariate* sebagai alternatif *Scheirer-Ray-Hare Test*, sedangkan data kualitatif dianalisis secara deskriptif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar matematika berbasis PjBL-STEAM berbasis kewirausahaan berada pada kategori layak berdasarkan validasi ahli materi dan ahli media. Respon siswa terhadap bahan ajar memperoleh persentase sebesar 77% dengan kategori kuat. Hasil analisis inferensial menunjukkan bahwa model pembelajaran berpengaruh signifikan terhadap kemampuan *critical thinking* matematis siswa, dengan rata-rata kemampuan siswa pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Namun, tingkat kepercayaan diri dan interaksi antara model pembelajaran dengan kepercayaan diri tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kemampuan *critical thinking* matematis siswa. Pada disposisi matematis, hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran, tingkat kepercayaan diri, maupun interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh signifikan. Selain itu, hasil uji korelasi Spearman menunjukkan tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kemampuan *critical thinking* matematis dan disposisi matematis siswa. Hasil wawancara menunjukkan bahwa implementasi PjBL-STEAM berbasis kewirausahaan mampu meningkatkan keterlibatan siswa, aktivitas pemecahan masalah, kolaborasi, dan pengalaman belajar kontekstual dalam pembelajaran matematika.

Kata Kunci: PjBL-STEAM, kewirausahaan, *critical thinking*, disposisi matematis, kepercayaan diri, SPLDV.

ABSTRACT

Pramodyowati (2026): *The Implementation of Entrepreneurship-Based PjBL-STEAM to Improve Students' Critical Thinking Skills and Mathematical Disposition Viewed from Self-Confidence*

This study aimed to: (1) develop entrepreneurship-integrated *Project Based Learning* (PjBL)-STEAM mathematics teaching materials on the topic of Systems of Linear Equations in Two Variables (SLETV); (2) analyze the effect of implementing entrepreneurship-based PjBL-STEAM on students' mathematical critical thinking skills in terms of self-confidence; (3) analyze students' mathematical disposition in terms of self-confidence; and (4) determine the relationship between mathematical critical thinking skills and students' mathematical disposition. The study employed a mixed-method approach with *The Embedded Design* type and *Research and Development* (R&D) using the ADDIE model, which includes the stages of analysis, design, development, implementation, and evaluation. The research subjects consisted of tenth-grade Accounting students at a vocational high school, with the experimental class using the entrepreneurship-based PjBL-STEAM model and the control class using conventional learning. Data collection techniques included critical thinking tests, mathematical disposition and self-confidence questionnaires, observations, interviews, and expert validation. Quantitative data were analyzed using the *ANOVA on ranks* approach through *GLM Univariate* as an alternative to the *Scheirer-Ray-Hare Test*, while qualitative data were analyzed descriptively.

The results showed that the entrepreneurship-based PjBL-STEAM mathematics teaching materials were categorized as feasible based on material expert and media expert validation. Students' responses to the teaching materials reached a percentage of 77%, which was categorized as strong. Inferential analysis indicated that the learning model had a significant effect on students' mathematical critical thinking skills, with the average score of the experimental class being higher than that of the control class. However, self-confidence level and the interaction between the learning model and self-confidence did not have a significant effect on students' mathematical critical thinking skills. Regarding mathematical disposition, the results revealed that the learning model, self-confidence level, and their interaction did not have a significant effect. In addition, the results of the Spearman correlation test indicated no significant relationship between mathematical critical thinking skills and students' mathematical disposition. Interview findings revealed that the implementation of entrepreneurship-based PjBL-STEAM enhanced students' engagement, problem-solving activities, collaboration, and contextual learning experiences in mathematics learning.

Keywords: PjBL-STEAM, entrepreneurship, critical thinking, mathematical disposition, self-confidence, Systems of Linear Equations in Two Variables.

ABSTRAK

Pramodyowati (2026): Implementasi PJBL-STEAM Berbasis Kewirausahaan pikeun Ngaronjatkeun Kamampuh Critical Thinking jeung Disposisi Matematis Ditingali tina Kapercayaan Diri Siswa.

Panalungtikan ieu miboga tujuan pikeun: (1) ngamekarkeun bahan ajar matematika berbasis *Project Based Learning* (PjBL)-STEAM nu diintegrasikeun jeung kewirausahaan dina matéri Sistem Persamaan Linear Dua Variabel (SPLDV); (2) nganalisis pangaruh implementasi PjBL-STEAM berbasis kewirausahaan kana kamampuh *critical thinking* matematis siswa ditingali tina kapercayaan diri; (3) nganalisis disposisi matematis siswa ditingali tina kapercayaan diri; sarta (4) mikanyaho hubungan antara kamampuh *critical thinking* matematis jeung disposisi matematis siswa. Panalungtikan ngagunakeun métode *mixed method* tipe *The Embedded Design* sarta *Research and Development* (R&D) kalawan modél ADDIE nu ngawengku tahap *analysis, design, development, implementation, jeung evaluation*. Subjek panalungtikan nyaéta siswa kelas X AKL SMK kalayan kelas ékspérimén nu ngagunakeun modél PjBL-STEAM berbasis kewirausahaan sarta kelas kontrol nu ngagunakeun pangajaran konvensional. Téhnik ngumpulkeun data dilaksanakeun ngaliwatan tés kamampuh *critical thinking*, angkét disposisi matematis jeung kapercayaan diri, observasi, wawancara, sarta validasi ahli. Analisis data kuantitatif dilaksanakeun maké pendekatan *ANOVA on ranks* ngaliwatan GLM Univariate salaku alternatif *Scheirer-Ray-Hare Test*, sedengkeun data kualitatif dianalisis sacara déskriptif.

Hasil panalungtikan némbongkeun yén bahan ajar matematika berbasis PjBL-STEAM berbasis kewirausahaan kaasup kana kategori layak dumasar kana validasi ahli matéri jeung ahli média. Réson siswa kana bahan ajar ngahontal perséntase 77% kalayan kategori kuat. Hasil analisis inferénsial némbongkeun yén modél pangajaran miboga pangaruh signifikan kana kamampuh *critical thinking* matematis siswa, kalayan rata-rata kamampuh siswa dina kelas ékspérimén leuwih luhur tibatan kelas kontrol. Sanajan kitu, tingkat kapercayaan diri jeung interaksi antara modél pangajaran jeung kapercayaan diri henteu méré pangaruh signifikan kana kamampuh *critical thinking* matematis siswa. Dina disposisi matematis, hasil panalungtikan némbongkeun yén modél pangajaran, tingkat kapercayaan diri, boh interaksi duanana henteu méré pangaruh signifikan. Sajaba ti éta, hasil uji korelasi Spearman némbongkeun yén teu aya hubungan anu signifikan antara kamampuh *critical thinking* matematis jeung disposisi matematis siswa. Hasil wawancara némbongkeun yén implementasi PjBL-STEAM berbasis kewirausahaan mampuh ningkatkeun kalibetna siswa, kagiatan ngaréngsékeun masalah, kolaborasi, sarta pangalaman diajar kontekstual dina pangajaran matematika.

Kecap Konci: PjBL-STEAM, kewirausahaan, *critical thinking*, disposisi matematis, kapercayaan diri, SPLDV

PENGEMBANGAN BAHAN AJAR PJBL-STEAM BERBASIS KEWIRAUSAHAAN UNTUK MENINGKATKAN *CRITICAL THINKING* MATEMATIS SISWA SMK

Dian Pramodyowati^{1*}, In In Supianti²

^{1*,2} Universitas Pasundan, Bandung, Indonesia

**Corresponding author*

Email: dianpramodyowati83@gmail.com^{1*}, supianti@unpas.ac.id²

Informasi Artikel

Diterima
Direvisi
Disetujui

Received
Revised
Accepted

Kata kunci:

Lembar Kerja Peserta Didik;
Modul Ajar Matematika;
Pendidikan vokasi SMK; Sains;
Teknologi

Keywords:

**Student Worksheet;
Mathematics Teaching
Module; Vocational high
school education (SMK);
Science; Technology**

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektifitas pengembangan bahan ajar matematika berbasis *Projek Based Learning* (PJBL)-STEAM berintegrasi dengan kewirausahaan. Populasi dalam penelitian ini adalah siswa kelas X salah satu SMK Negeri di Kabupaten Majalengka. Pemilihan sampel dengan cara *purposive sampling*, diperoleh siswa X AKL sebanyak 26 siswa. Metode yang digunakan adalah *research and development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE (Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, Evaluasi). Instrumen penelitian meliputi wawancara, angket ahli materi, angket ahli media dan angket respon siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) bahan ajar materi SPLDV berbasis PJBL-STEAM berintegrasi dengan kewirausahaan termasuk kategori layak dari ahli materi, layak dari ahli media dan kuat untuk hasil analisis respon siswa; (2) kemampuan *critical thinking* matematis termasuk dalam kategori sedang setelah menggunakan bahan ajar yang dikembangkan.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effectiveness of developing mathematics teaching materials based on Project-Based Learning (PjBL)-STEAM integrated with entrepreneurship. The population of this study consisted of tenth-grade students at a public vocational high school in Majalengka Regency. The sample was selected using purposive sampling, resulting in 26 students from class X AKL. This study employed a Research and Development (R&D) method using the ADDIE development model (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation). The research instruments included interviews, material expert validation questionnaires, media expert validation questionnaires, and student response questionnaires. The results showed that the PjBL-STEAM-based teaching materials on the topic of Systems of Linear Equations in Two Variables (SLETV) integrated with entrepreneurship were categorized as feasible by material experts, feasible by media experts,

and demonstrated strong positive results based on the analysis of student responses.

Copyright © 2026 by the authors

This is an open access article distributed under the terms of the CC BY-SA license.
(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>)

PENDAHULUAN

Matematika memiliki peran penting dalam pendidikan yaitu membangun kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS). Kemampuan berpikir tingkat tinggi merupakan kemampuan berpikir logis, reflektif, metakognitif dan kreatif serta menuntut berpikir kritis (Miterianifa M. dkk, 2021). Kemampuan *critical thinking* sangat penting, khususnya pada pendidikan vokasi, karena terkait dengan kesiapan kerja dan pemecahan masalah kontekstual di dunia industri (Aryasandy N. dkk, 2025). Namun, skor kemampuan *critical thinking* siswa smk rata-rata masih kategori rendah (Hardianti, A. dkk, 2022) dan sedang (Putriani, C., & Aini, I., 2022).

Kemampuan *critical thinking* siswa, khususnya di SMK, masih tergolong rendah (Hardianti A, dkk, 2022; Putriani, C., & Aini, I., 2022; Azizah, D., & Fadlikah, V., 2023; Supianti I, dkk, 2025; Irhamna I. dkk, 2020; Purnamawati P. dkk, 2022). Siswa merasa kurang percaya diri, takut salah serta motivasi belajar rendah (Putriani C., & Aini I. 2022; Supianti I. dkk, 2025). Selain itu, model dan pendekatan pembelajaran yang masih konvensional, berpusat pada guru, berfokus pada hafalan bukan eksplorasi masalah nyata (Kirana, A., & Partasiwi, N., 2023). Penerapan model atau pendekatan pembelajaran yang memungkinkan siswa belajar secara aktif dan bermakna masih belum banyak dilakukan oleh guru. Padahal, pembelajaran yang melibatkan siswa secara langsung dalam proses menemukan pengetahuan dan memecahkan masalah nyata sangat dibutuhkan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis. Oleh karena itu, diperlukan media yang dapat membantu pembelajaran agar mampu memberikan pengalaman belajar bermakna, menstimulasi kemampuan analisis, serta mendorong keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran matematika.

Penelitian ini memiliki urgensi yang tinggi mengingat rendahnya kemampuan *critical thinking dan* disposisi matematika. Jika siswa tidak memiliki kedua aspek tersebut maka siswa akan kesulitan memahami konsep matematika secara mendalam, tidak mampu menganalisis dan menyelesaikan permasalahan kontekstual, serta cenderung pasif dan mudah menyerah ketika menghadapi tantangan belajar, sehingga tujuan pembelajaran matematika dan kesiapan siswa menghadapi dunia kerja tidak dapat tercapai secara optimal.

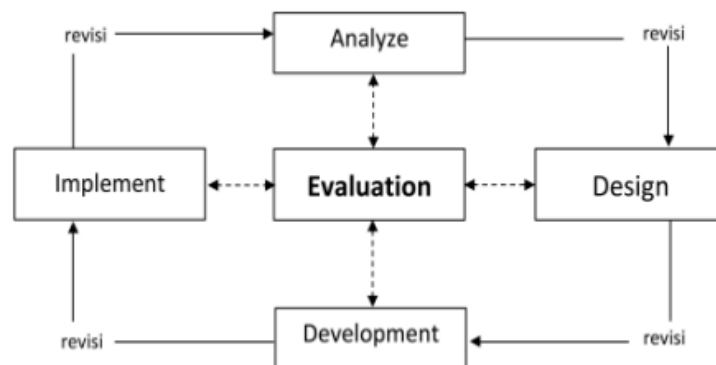
Untuk meningkatkan kemampuan berpikir *critical thinking* dan disposisi matematis siswa dilakukan strategi pengembangan bahan ajar STEAM berbasis Kewirausahaan dengan Pendekatan R&D dengan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation). Hasil studi terdahulu, STEAM dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis melalui proyek berbasis masalah nyata (Triprani E. dkk, 2023). Pembelajaran dengan STEAM dapat melatih kemampuan mengidentifikasi masalah, menganalisis lalu menyelesaikannya melalui proyek yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, seni dan matematika

(Rahman A. dkk, 2025). Melalui penggunaan bahan ajar berbasis proyek kewirausahaan, siswa diarahkan untuk merencanakan proyek, investigasi dan eksplorasi, implementasi proyek, presentasi dan refleksi serta evaluasi (Supriyatin S. dkk, 2023). Bahan ajar dirancang dengan mengintegrasikan matematika dan proyek kewirausahaan untuk mendukung pembelajaran kontekstual dan berbasis dunia kerja.

Tujuan Penelitian ini adalah untuk menghasilkan bahan ajar matematika berbasis STEAM-proyek kewirausahaan dan menganalisis kemampuan *critical thinking* matematis siswa yang menggunakan bahan ajar ini.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development (R&D)* dengan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Populasi penelitian ini adalah siswa kelas X salah satu SMK Negeri di majalengka, dengan sampel 26 siswa. Data dikumpulkan melalui wawancara, tes kemampuan *critical thinking*, angket ahli materi, angket ahli media serta angket respon siswa.



Gambar 1. Bagan ADDIE (Sugiyono, 2023)

Proses penelitian sesuai dengan tahapan pengembangan model, yakni *analysis, design, development, implementation, dan evaluation* (Sugiyono, 2023) yang penjelasannya lebih rincinya sebagai berikut:

a. Tahap *Analysis*

Tahap ini difokuskan pada identifikasi kebutuhan dan permasalahan pembelajaran matematika di SMK, khususnya pada aspek kemampuan berpikir *critical thinking* siswa. Pada tahap ini, dilakukan studi literatur, pengambilan data melalui angket serta wawancara dengan guru dan siswa untuk memahami kesenjangan antara kebutuhan pembelajaran dengan kondisi aktual.

b. Tahap *Design*

Pada tahap ini dilakukan perancangan struktur dan spesifikasi bahan ajar STEAM-Proyek Kewirausahaan, yang bertujuan untuk mendukung pengembangan berpikir *critical thinking* matematis siswa. Selain itu, disusun juga instrumen pendukung, pedoman wawancara, angket respon siswa, lembar validasi ahli dan ahli media dan tes kemampuan *critical thinking* matematis.

c. Tahap *Development*

Pada tahap ini adalah pengembangan bahan ajar yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, seni, matematika dengan proyek kewirausahaan. Selanjutnya, bahan ajar diujicobakan kepada 18 siswa di salah satu SMK Negeri di Majalengka. Pada tahap ini, instrumen penelitian dan perangkat pembelajaran divalidasi oleh ahli materi dan ahli media.

d. Tahap *Implementation*

Pada tahap ini dilakukan penggunaan bahan ajar STEAM berbasis proyek kewirausahaan kepada 26 siswa. Bahan ajar digunakan selama 6 (enam) pertemuan. Data dikumpulkan melalui *pretest* dan *posttest* untuk mengukur kemampuan berpikir *critical thinking*. Wawancara dan dokumentasi dilakukan untuk melengkapi data kuantitatif dalam mengeksplorasi kemampuan berpikir *critical thinking* siswa.

e. Tahap *Evaluation*

Tahap ini dilakukan untuk menilai kualitas dan keberhasilan penggunaan bahan ajar pada kemampuan berpikir *critical thinking* matematis siswa. Evaluasi meliputi analisis data kuantitatif terhadap hasil belajar siswa, serta refleksi terhadap umpan balik guru dan siswa. Hasil evaluasi digunakan untuk menyusun laporan akhir penelitian dan mengembangkan rekomendasi praktis bagi penerapan bahan ajar berbasis STEAM-proyek kewirausahaan dalam pembelajaran matematika yang adaptif dan inovatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap *Analysis*

Sebagai langkah awal tahap *analysis*, peneliti melakukan studi literatur dan analisis kebutuhan siswa dan guru dalam pembelajaran matematika. Analisis kebutuhan siswa diperoleh dari angket yang diisi oleh 26 orang siswa di SMK. Instrumen terdiri dari 30 butir pernyataan skala Likert dan beberapa pertanyaan terbuka terkait kesulitan dalam belajar matematika, pengalaman belajar, kebutuhan siswa, serta karakteristik bahan ajar yang dibutuhkan. Sedangkan analisis kebutuhan guru diperoleh dari angket yang diisi oleh 3 orang guru matematika di SMK. Instrumen terdiri dari 30 butir pernyataan skala Likert dan beberapa pertanyaan terbuka terkait proses pembelajaran, kebutuhan siswa, serta karakteristik bahan ajar yang dibutuhkan. Berikut adalah temuan dari setiap aspek yang terdapat pada pertanyaan angket kebutuhan siswa dan guru.

Tabel 2. Hasil Temuan Angket Kebutuhan Siswa dalam Pembelajaran Matematika

Aspek	Temuan utama	Implikasi pembelajaran
Kesulitan dalam belajar matematika	Siswa mengalami kesulitan memahami konsep abstrak matematika, khususnya SPLDV, serta kesulitan	Diperlukan bahan ajar kontekstual yang mengaitkan konsep matematika dengan permasalahan dunia nyata

	mengaitkan materi dengan masalah nyata. Pembelajaran cenderung berpusat pada guru dan prosedural.	melalui proyek berbasis STEAM agar pemahaman konsep meningkat.
Kemampuan <i>critical thinking</i>	Kemampuan <i>critical thinking</i> matematis siswa masih rendah, terutama dalam menganalisis masalah, mengevaluasi strategi penyelesaian, dan menarik kesimpulan.	Model PJBL berbasis STEAM perlu diterapkan untuk melatih kemampuan analisis, penalaran, dan pengambilan keputusan melalui aktivitas proyek dan pemecahan masalah terbuka.
Pandangan siswa tentang STEAM (sains, teknologi, rekayasa, seni dan matematika)	Sebagian besar siswa belum memahami konsep STEAM secara utuh, namun menunjukkan ketertarikan ketika pembelajaran melibatkan praktik, visualisasi, dan kerja proyek.	Pembelajaran matematika perlu diintegrasikan dengan unsur STEAM secara eksplisit agar siswa memahami keterkaitan antarbidang dan meningkatkan motivasi belajar.
Kesiapan teknologi	Siswa umumnya memiliki akses dan kemampuan dasar dalam menggunakan teknologi digital seperti smartphone, Google Form, Excel, dan aplikasi desain sederhana.	Teknologi digital dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran dan pendukung proyek, sehingga pembelajaran menjadi lebih interaktif dan relevan dengan kebutuhan abad ke-21.
Pandangan siswa terhadap kewirausahaan	Siswa memiliki minat terhadap kegiatan kewirausahaan, namun belum terbiasa mengaitkannya dengan pembelajaran matematika.	Integrasi proyek kewirausahaan dalam pembelajaran matematika dapat meningkatkan relevansi materi, menumbuhkan jiwa wirausaha, dan melatih problem solving kontekstual.
Pertanyaan terbuka (isi pokok)	Siswa mengharapkan pembelajaran yang lebih menarik, aplikatif, tidak monoton, serta berkaitan langsung dengan kehidupan sehari-hari dan dunia kerja.	Pengembangan bahan ajar PJBL–STEAM berbasis kewirausahaan menjadi solusi untuk menjawab kebutuhan dan harapan siswa terhadap pembelajaran matematika yang bermakna.

Berdasarkan tabel 2, hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep matematika, khususnya pada materi SPLDV yang bersifat abstrak dan kurang dikaitkan dengan konteks kehidupan nyata. Kondisi ini berdampak pada rendahnya kemampuan berpikir kritis matematis siswa, terutama dalam menganalisis permasalahan, menentukan strategi penyelesaian, dan menarik kesimpulan secara logis. Meskipun pemahaman siswa terhadap pendekatan STEAM masih terbatas, siswa menunjukkan ketertarikan yang tinggi terhadap pembelajaran yang melibatkan aktivitas proyek, visualisasi, dan praktik langsung. Selain itu, siswa pada umumnya telah memiliki kesiapan teknologi yang memadai untuk mendukung pembelajaran berbasis digital. Siswa juga memiliki pandangan positif terhadap kegiatan kewirausahaan, meskipun belum terbiasa mengaitkannya dengan pembelajaran matematika. Temuan ini menunjukkan bahwa pengembangan bahan ajar matematika berbasis proyek dengan pendekatan STEAM yang terintegrasi kewirausahaan relevan dengan kebutuhan dan karakteristik siswa SMK.

Tabel 3. Hasil Temuan Angket Kebutuhan Guru Dalam Pembelajaran Matematika

Aspek	Temuan utama	Implikasi
-------	--------------	-----------

Kendala dan tantangan guru dalam melaksanakan pembelajaran matematika	Guru menghadapi keterbatasan waktu, variasi kemampuan siswa yang heterogen, serta kesulitan mengaitkan materi matematika dengan konteks nyata dan dunia kerja. Pembelajaran masih cenderung berfokus pada penyampaian materi dan latihan soal.	Diperlukan perangkat pembelajaran yang sistematis, kontekstual, dan mudah diterapkan untuk membantu guru mengelola pembelajaran yang lebih bermakna dan berpusat pada siswa.
Kebutuhan guru dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik	Guru menyadari pentingnya kemampuan berpikir kritis, namun belum memiliki panduan dan bahan ajar yang secara khusus dirancang untuk melatih kemampuan tersebut dalam pembelajaran matematika.	Pengembangan bahan ajar dan LKPD yang memuat aktivitas pemecahan masalah, analisis, dan refleksi perlu dilakukan untuk mendukung pengembangan berpikir kritis siswa.
Pemahaman dan kesiapan guru dalam menerapkan pembelajaran berbasis STEAM	Sebagian guru belum sepenuhnya memahami konsep dan implementasi STEAM dalam pembelajaran matematika, terutama dalam mengintegrasikan unsur sains, teknologi, rekayasa, dan seni secara utuh.	Diperlukan model pembelajaran dan contoh implementasi STEAM berbasis kewirausahaan yang aplikatif agar guru lebih mudah menerapkannya dalam kelas.
Kesiapan dan kompetensi guru dalam memanfaatkan teknologi pembelajaran	Guru telah memiliki kemampuan dasar dalam menggunakan teknologi pembelajaran, seperti media digital dan aplikasi pembelajaran, namun pemanfaatannya masih terbatas pada penyajian materi.	Perlu pengembangan media dan bahan ajar digital interaktif yang mendorong keterlibatan siswa serta mendukung pembelajaran berbasis proyek.
Kebutuhan guru dalam mengintegrasikan nilai dan konteks kewirausahaan dalam pembelajaran matematika	Guru memandang pentingnya integrasi nilai kewirausahaan, tetapi mengalami kesulitan dalam merancang aktivitas pembelajaran matematika yang mengaitkan konsep dengan kegiatan usaha secara nyata.	Integrasi proyek kewirausahaan dalam pembelajaran matematika dapat menjadi solusi untuk meningkatkan relevansi materi sekaligus menanamkan nilai kewirausahaan.
Kebutuhan dan harapan guru terhadap pengembangan pembelajaran matematika ke depan	Guru mengharapkan pembelajaran matematika yang lebih kontekstual, inovatif, dan relevan dengan kebutuhan siswa SMK serta dunia kerja, tanpa menambah beban administratif.	Pengembangan bahan ajar berbasis PJBL-STEAM terintegrasi kewirausahaan diharapkan mampu menjawab kebutuhan guru dan meningkatkan kualitas pembelajaran matematika.

Hasil analisis kebutuhan guru matematika masih menghadapi berbagai kendala dalam melaksanakan pembelajaran, terutama keterbatasan waktu, perbedaan kemampuan siswa, serta kesulitan mengaitkan materi matematika dengan konteks kehidupan nyata dan dunia kerja. Kondisi ini menyebabkan pembelajaran cenderung berfokus pada penyampaian materi dan latihan soal, sehingga belum sepenuhnya mendorong keterlibatan aktif siswa. Guru menyadari pentingnya pengembangan kemampuan berpikir kritis peserta didik, namun masih membutuhkan panduan dan bahan ajar yang secara khusus dirancang untuk melatih kemampuan tersebut dalam pembelajaran matematika. Selain itu, pemahaman guru terhadap pembelajaran berbasis STEAM masih bervariasi, terutama dalam mengintegrasikan unsur sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika secara terpadu dalam kegiatan pembelajaran. Dari sisi pemanfaatan teknologi, sebagian besar guru telah memiliki kompetensi dasar dalam

menggunakan media digital, tetapi penggunaannya masih terbatas sebagai alat penyampaian materi. Guru juga memandang integrasi nilai kewirausahaan dalam pembelajaran matematika sebagai hal yang penting, meskipun masih mengalami kesulitan dalam merancang aktivitas yang relevan dan aplikatif. Secara umum, guru berharap adanya pengembangan pembelajaran matematika yang lebih kontekstual, inovatif, dan mudah diterapkan, sehingga mampu meningkatkan kualitas pembelajaran tanpa menambah beban administratif. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru matematika, hasilnya adalah kemampuan *critical thinking* matematis siswa masih tergolong rendah. Hal ini terlihat dari keterbatasan siswa dalam menganalisis permasalahan, mengembangkan strategi penyelesaian, serta mengevaluasi solusi yang diperoleh. Guru menyatakan bahwa siswa cenderung menunggu contoh atau arahan langsung dalam menyelesaikan soal. Rendahnya kemampuan berpikir kritis ini mengindikasikan bahwa pembelajaran belum sepenuhnya menekankan pada proses berpikir tingkat tinggi. Guru juga mengakui bahwa keterbatasan bahan ajar yang mendukung soal terbuka dan pemecahan masalah kompleks menjadi salah satu faktor penghambat. Pengembangan bahan ajar STEAM–Project Kewirausahaan perlu diarahkan untuk melatih kemampuan berpikir kritis melalui masalah terbuka, diskusi kelompok, dan refleksi hasil kerja siswa.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan siswa dan guru, ditemukan adanya **kesenjangan pembelajaran** sehingga diperlukan pengembangan **bahan ajar matematika berbasis STEAM–proyek kewirausahaan**. Dari sisi siswa, pembelajaran matematika masih monoton dan *teacher-center*. Sementara itu, dari perspektif guru, kesenjangan antara kebutuhan siswa akan pembelajaran kontekstual dan kolaboratif dengan keterbatasan guru dalam menyediakan bahan ajar yang sesuai inilah yang melatarbelakangi perlunya pengembangan bahan ajar matematika berbasis STEAM–proyek kewirausahaan sebagai solusi pembelajaran yang relevan, efektif, dan berorientasi pada penguatan *critical thinking* serta kesiapan kerja siswa SMK.

Tahap Design

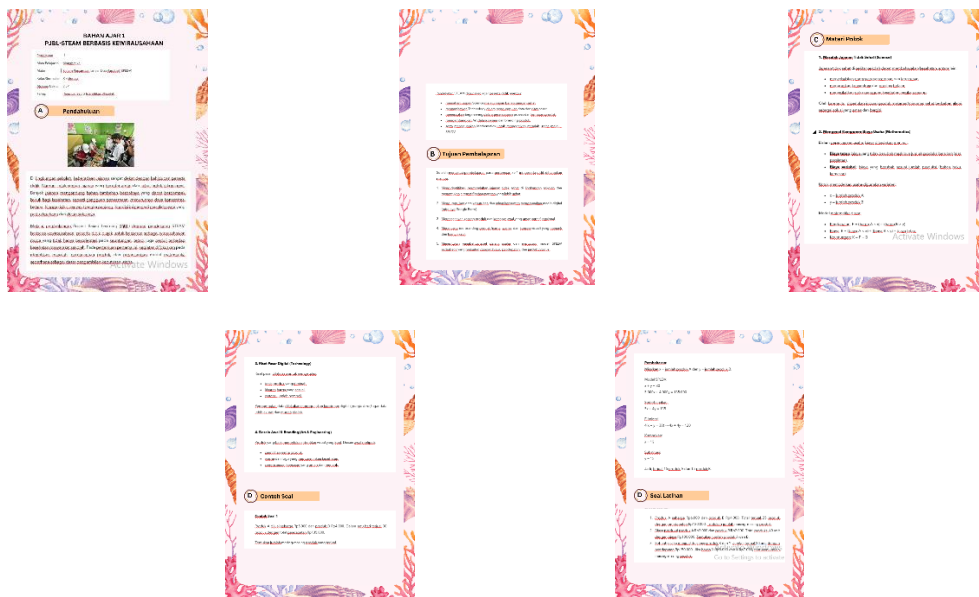
Pada tahap *design*, pengembangan bahan ajar matematika STEAM berbasis kewirausahaan difokuskan pada perancangan konten, struktur, dan alur pembelajaran yang sistematis. Bahan ajar dirancang memuat beberapa komponen utama, yaitu judul; kata pengantar; daftar isi; capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran; peta konsep; sejarah; materi (per-sub bab) yang berisi: pendahuluan, tujuan pembelajaran, materi pokok (yang memuat sains, teknologi, rekayasa, seni dan matematika), contoh soal, soal; ringkasan, penutup. Pada tahap ini, disusun juga instrument validasi kelayakan bahan ajar berupa angket daftar isian yang diberikan pada ahli media dan ahli materi.

Tahap Development

Pada tahap *development*, bahan ajar dikembangkan secara bertahap yaitu pembuatan Bahan Ajar SPLDV Berbasis STEAM-Proyek Kewirausahaan meliputi penentuan isi materi, validasi dan produksi. Pengembangan mencakup penyusunan konten materi, aktivitas proyek, lembar kerja peserta didik, serta instrumen penilaian yang terintegrasi dengan pendekatan STEAM berbasis proyek kewirausahaan. Produk awal bahan ajar kemudian divalidasi oleh ahli

materi dan ahli media untuk menilai kesesuaian isi, keterpaduan unsur STEAM, keterbacaan, serta kelayakan penggunaan dalam pembelajaran matematika SMK.

Hasil validasi menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan berada pada kategori layak dengan beberapa catatan perbaikan. Masukan dari para validator ahli materi dan ahli mesia, revisi dilakukan berdasarkan saran tersebut sehingga bahan ajar menjadi lebih sistematis, kontekstual, dan mudah dipahami oleh siswa. Pada tahap ini proses pengembangan disertai validasi dan revisi sehingga menghasilkan bahan ajar STEAM berbasis kewirausahaan yang tidak hanya valid secara akademik, tetapi juga praktis dan relevan untuk mendukung pembelajaran matematika. Tampilan dari bahan ajar SPLDV-Proyek Kewirausahaan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Struktur konten, alur pembelajaran, tampilan visual dan navigasi bahan ajar

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli Materi Pada Aspek Kelayakan Isi

Domain	Ahli Materi			Rata-rata	Kriteria
	V1	V2	V3		
Materi dalam bahan ajar dan LKPD sesuai dengan tujuan pembelajaran PJBL-STEAM berbasis kewirausahaan.	5	5	5	5	Sangat layak
Materi yang disajikan akurat, mutakhir dan relevan dengan kompetensi peserta didik	4	4	5	4,3	Layak
Bahan ajar mengintegrasikan unsur STEAM dengan konteks kewirausahaan secara nyata.	5	5	5	5	Sangat layak
TOTAL				4,76	Layak

Tabel 5. Hasil Validasi Ahli Materi Pada Aspek Kelayakan Bahasa

Domain	Ahli Materi			Rata-rata	Kriteria
	V1	V2	V3		
Bahasa yang digunakan mudah dipahami dan sesuai dengan tingkatan kognitif peserta didik.	4	5	5	4,6	Layak
Terminologi yang digunakan konsisten dan sesuai dengan konteks STEAM dan kewirausahaan.	4	4	5	4,3	Layak
Bahan ajar mengintegrasikan unsur STEAM dengan konteks kewirausahaan secara nyata.	4	5	4	4,3	Layak
TOTAL				4,4	Layak

Tabel 6. Hasil Validasi Ahli Materi Pada Aspek Kelayakan Penyajian

Domain	Ahli Materi			Rata-rata	Kriteria
	V1	V2	V3		
Bahan ajar disusun dengan struktur yang jelas dan logis, memudahkan pemahaman materi.	5	5	5	5	Sangat layak
Penyajian materi memotivasi dan melibatkan peserta didik dalam proses belajar.	5	5	5	5	Sangat layak
Metode yang digunakan bervariasi dan sesuai untuk menjelaskan konsep SPLDV.	4	4	5	4,3	Layak
TOTAL				4,76	Layak

Tabel 7. Hasil Validasi Ahli Materi Pada Aspek Kelayakan Grafis

Domain	Ahli Materi			Rata-rata	Kriteria
	V1	V2	V3		
Tata letak bahan ajar rapi dan mendukung pembelajaran.	4	5	5	4,6	Layak
Gambar, grafik dan ilustrasi mendukung penjelasan konsep SPLDV berbasis kewirausahaan.	4	4	4	4	Layak
Desain dan format bahan ajar konsisten dari awal hingga akhir.	4	5	5	4,6	Layak
TOTAL				4,4	Layak

Tabel 8. Hasil Validasi Ahli Media Pada Aspek Desain Visual dan Interaktivitas

Domain	Ahli Materi		Rata-rata	Kriteria
	V1	V2		
Kualitas desain visual	4	4	4	Layak
Kesesuaian warna dan kontras	4	4	4	Layak
Kejelasan dan keterbacaan teks	5	5	5	Sangat layak
Interaktivitas dan user experience (interaksi dan keterlibatan pengguna)	5	4	4,5	Layak
Konsistensi elemen desain (ikon, tombol, menu)	5	5	5	Sangat layak
Kesesuaian dengan prinsip desain pedagogis	5	5	5	Sangat layak
Responsivitas desain (responsif terhadap berbagai ukuran layar dan perangkat)	4	4	4	Layak
Tata letak dan navigasi bahan ajar memudahkan siswa mengikuti tahapan proyek kewirausahaan.	4	4	4	Layak
Desain bahan ajar sesuai dengan karakteristik usia, kemampuan, dan kebutuhan siswa SMK	5	5	5	Sangat layak
TOTAL			4,5	Layak

Tabel 9. Hasil Validasi Ahli Media Pada Aspek Teknis

Domain	Ahli Materi		Rata-rata	Kriteria
	V1	V2		
Bahan ajar mudah dioperasikan menggunakan Google Form, Canva, Excel, dan kalkulator tanpa kendala teknis berarti	5	5	5	Sangat layak
File dan media pendukung (form, spreadsheet, desain visual) berjalan stabil selama proses pembelajaran	5	5	5	Sangat layak
Bahan ajar kompatibel dengan perangkat yang umum digunakan siswa dan guru di SMK	5	5	5	Sangat layak
Waktu akses dan pemuatan bahan ajar relatif cepat dan efisien	4	4	4	Layak
Instruksi penggunaan teknologi (Google Form, Excel, Canva) disajikan secara jelas dan sistematis	5	5	5	Sangat layak
Integrasi antar media (misalnya Google Form dengan Excel) mendukung pengolahan data proyek kewirausahaan	4	4	4	Layak
Bahan ajar memungkinkan guru melakukan penyesuaian sesuai kebutuhan kelas.	5	5	5	Sangat layak
Keamanan data siswa (jawaban Google Form dan file Excel) terjaga dengan baik.	4	4	4	Layak
Bahan ajar fleksibel untuk digunakan dalam pembelajaran tatap muka maupun daring.	5	4	4,5	Layak
TOTAL			4,83	Layak

Tabel 10. Hasil Validasi Ahli Media Pada Aspek Pedagogis dan Pengguna

Domain	Ahli Materi		Rata-rata	Kriteria
	V1	V2		
Keselarasn dengan tujuan pembelajaran	5	5	5	Sangat layak
Kemudahan penggunaan bagi guru dan peserta didik	5	5	5	Sangat layak
Efektivitas dalam meningkatkan kemampuan menggunakan teknologi	5	5	5	Sangat layak
Relevansi konten dengan kurikulum	5	5	5	Sangat layak
TOTAL			5	Sangat layak

Hasil validasi ahli materi dan ahli media menunjukkan bahwa bahan ajar memenuhi kriteria kelayakan untuk digunakan dalam pembelajaran. Hal ini mengindikasikan bahwa bahan ajar yang dikembangkan telah disusun secara sistematis, relevan dengan tujuan pembelajaran berbasis *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi STEAM dan kewirausahaan, serta didukung desain media *e-learning* yang sesuai dengan prinsip pedagogis dan mudah digunakan oleh siswa sehingga berpotensi menunjang pembelajaran yang bermakna.

Tabel 8. Revisi Produk dan Tindak Lanjut

Berdasarkan Masukan Ahli Materi dan Ahli Media

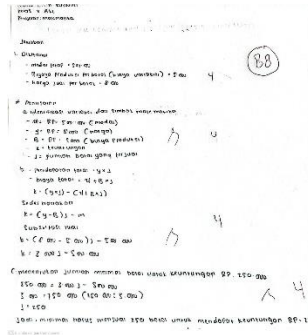
Masukan Ahli materi	Revisi Produk	Tindak Lanjut
---------------------	---------------	---------------

Dilengkapi dengan pendahuluan untuk semua tahapan pada setiap sub-bab bahan ajar.	Setiap sub-bab pada bahan ajar telah dilengkapi pendahuluan yang berisi pengantar konsep dan gambaran aktifitas proyek yang akan dilakukan siswa.	Memastikan pendahuluan memuat unsur: keterkaitan konsep materi dengan tujuan aktifitas proyek yang akan dilakukan.
Ditambah dan pendahuluan dan tujuan pembelajaran di bagian pengantar modul	Pada bagian awal bahan ajar telah ditambahkan pendahuluan umum bahan ajar yang menjelaskan latar belakang materi, urgensi pembelajaran, penjelasan tentang pembelajaran PJBL STEAM berbasis kewirausahaan. Selain itu telah ditambahkan capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran materi SPLDV.	Menyusun tujuan pembelajaran secara operasional dan terukur sesuai dengan capaian pembelajaran, menyelaraskan tujuan dengan asesmen dan aktifitas proyek.
Berita aktual yang dijadikan masalah kontekstual ditampilkan dalam bentuk tangkapan layar dari sumber resmi dan disimpan di LKPD.	Masalah kontekstual yang digunakan dilengkapi dengan tangkapan layar berita actual dari sumber resmi dan dicantumkan pada LKPD.	Memastikan sumber berita dari media kredibel (Lembaga resmi), mencantumkan sumber lengkap.
Bahan ajar belum dilengkapi bahan ajar yang mendukung ilustrasi materi. Selain itu, untuk penulisan Bahasa asing seharusnya penulisan dimiringkan.	Menambahkan gambar kontekstual yang berkaitan dengan materi untuk memperjelas pemahaman siswa. Memperbaiki seluruh penulisan istilah asing dengan format miring sesuai kaidah EYD dan penulisan ilmiah.	Meninjau ulang seluruh bahan ajar untuk memastikan konsistensi penggunaan huruf miring pada istilah asing, menyesuaikan ilustrasi dengan karakteristik SMK agar lebih kontekstual dan aplikatif.
Sebaiknya di bahan ajar dilengkapi dengan tayangan video pembelajaran.	Menambahkan tautan video pembelajaran pada tahap perencanaan proyek.	Memilih video pembelajaran yang sesuai dengan tujuan pembelajaran.
<i>Landing page</i> diisi konten atau link agar menarik dan memudahkan pengguna	Menambahkan deskripsi tentang capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran pada bagian <i>landing page</i> , Menyediakan tombol navigasi (menu utama) yang terhubung langsung ke sub bab bahan ajar.	Melakukan uji coba navigasi untuk memastikan seluruh link berfungsi dengan baik.
Tingkatkan kualitas gambar, tampilan/layout agar lebih menarik.	Memperbaharui gambar agar relevan dengan materi pembelajaran. Menata <i>layout</i> agar lebih estetik dan memudahkan pengguna dalam membaca isinya.	Melakukan penyuntingan visual menggunakan prinsip desain pembelajaran (kesederhanaan, konsistensi dan keterbacaan)

Berdasarkan masukan ahli materi, bahan ajar yang dikembangkan telah memenuhi kesesuaian substansi dengan tujuan pembelajaran PJBL-SJME berbasis kewirausahaan. Revisi yang dilakukan berfokus pada penambahan ilustrasi konseptual, integrasi video pembelajaran, konsistensi penulisan serta optimalisasi *landing page* dan juga kualitas gambar. Perbaikan ini menunjukkan bahwa produk berada pada penyempurnaan kualitas sehingga layak untuk mendukung efektifitas pembelajaran.

Tahap Implementation

Pada tahap implementasi, bahan ajar matematika berbasis STEAM–proyek kewirausahaan diterapkan dalam proses pembelajaran di kelas. Implementasi dilakukan pada siswa SMK di kelas X AKL sebanyak 26 siswa dan dilaksanakan 6 kali pertemuan selama 12 jam pelajaran (12 x 45 menit). Pada tahap implementasi, proses penelitian menerapkan semua kegiatan pada bahan ajar SPLDV berbasis proyek kewirausahaan.



Hasil evaluasi subjek terlihat bahwa jawaban siswa sudah mengarah kepada kemampuan *critical thinking* matematis dimana siswa sudah bisa mengembangkan kemampuan kritisnya untuk memecahkan masalah kontekstual menggunakan konsep SPLDV.

Tahap *Evaluation*

Pada tahap *evaluation*, dilakukan penilaian menyeluruh terhadap kualitas bahan ajar matematika berbasis STEAM–proyek kewirausahaan setelah melalui tahap implementasi. Evaluasi difokuskan pada aspek kemenarikan dan keefektifan Bahan Ajar SPLDV berintegrasi dengan proyek kewirausahaan . Aspek kemenarikan dilihat dari pengisian angket respon siswa. Sedangkan aspek keefektifan dilihat dari hasil nilai postest.

Tabel 6. Data Hasil Rekapitulasi Angket Respon Siswa

Aspek	Nomor Soal	Jumlah Skor	Rata-rata	Persentase	Kategori	Ket
Aspek Isi	1-3	209	3,9	78	Kuat	Tidak Revisi
Aspek Bahasa	4-6	202	3,7	74	Kuat	Tidak Revisi
Aspek Penyajian	7-9	206	3,8	76	Kuat	Tidak Revisi
Aspek Grafis	10-12	200	3,7	74	Kuat	Tidak Revisi
Aspek keterkaitan dengan <i>critical thinking</i>	13-15	221	4,1	82	Sangat Kuat	Tidak Revisi
Jumlah		1038	19,2	384		
Rata-rata		207,6	3,8	77	Kuat	

Hasil angket respon siswa menunjukkan bahwa bahan ajar SPLDV Berbasis STEAM-Proyek Kewirausahaan mendapat nilai respon yang baik. Hal ini dapat dilihat dari besarnya rata-rata persentase sebesar 77 dengan kategori kuat, sehingga penggunaan Bahan Ajar SPLDV

berbasis STEAM-Proyek Kewirausahaan mendapat tanggapan yang layak dalam pembelajaran matematika materi SPLDV.

Tabel 7. Data Hasil Rekapitulasi Posttest Siswa

No	Siswa	Nilai Posttest	Kategori Kemampuan <i>Critical Thinking</i>	No	Siswa	Nilai Posttest	Kategori Kemampuan <i>Critical Thinking</i>
1	S1	50	Sangat rendah	14	S14	66	Rendah
2	S2	75	Sedang	15	S15	80	Tinggi
3	S3	80	Tinggi	16	S16	75	Sedang
4	S4	80	Tinggi	17	S17	80	Tinggi
5	S5	90	Sangat Tinggi	18	S18	45	Sangat rendah
6	S6	75	Sedang	19	S19	80	Tinggi
7	S7	70	Sedang	20	S20	66	Rendah
8	S8	80	Tinggi	21	S21	66	Rendah
9	S9	50	Sangat rendah	22	S22	90	Sangat Tinggi
10	S10	75	Sedang	23	S23	75	Sedang
11	S11	80	Tinggi	24	S24	75	Sedang
12	S12	66	Rendah	25	S25	75	Sedang
13	S13	70	Sedang	26	S26	75	Sedang

Hasil posttest terlihat bahwa nilai rata-rata skor posttest setelah dilakukan tes kemampuan *critical thinking* matematis siswa adalah 72,65 dengan kategori sedang. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan Bahan Ajar SPLDV berbasis STEAM-Proyek Kewirausahaan berpengaruh terhadap kemampuan *Critical Thinking* matematis siswa yang artinya Bahan Ajar dikembangkan dengan baik pada aspek keefektifannya.

SIMPULAN

Kemampuan *critical thinking* matematis siswa yang mendapatkan pembelajaran menggunakan bahan ajar PJBL-STEAM berbasis kewirausahaan termasuk pada kategori sedang. Simpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan Bahan Ajar PJBL-STEAM berbasis kewirausahaan efektif dalam meningkatkan kemampuan *critical thinking* matematis siswa SMK. Dengan demikian Bahan Ajar yang dikembangkan layak digunakan sebagai alternatif pembelajaran untuk mendukung peningkatan kompetensi matematis dan karakter kewirausahaan siswa SMK.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdilah, A., Agustina, T., & Sukmawardhani, Y. (2025). Project-based learning integrated with STREAM-ESD in kombucha tea production. *Journal of Biology Education*, 14(2). <https://doi.org/10.15294/ujbe.v14i2.28716>
- Akbari, O., & Sahibzada, J. (2020). Students' self-confidence and its impacts on their learning process. *AJSSR*, 5, 1–15. <https://doi.org/10.46281/aijssr.v5i1.462>
- Andriani, D. (2023). The effect of self-confidence on students' understanding of mathematical concepts. *Noumerico*, 1(1). <https://doi.org/10.33367/jtme.v1i1.3548>
- Anshori, I., Parno, P., Hidayat, A., & Ali, M. (2025). Enhancing critical thinking in optics through project-based STEAM learning. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 11(1). <https://doi.org/10.29303/jpft.v11i1.8750>
- Aryasandy, N., Arwizet, A., Ambiyar, A., Sukardi, S., & Rozi, F. (2025). Analyzing the influence of critical thinking skills, self-efficacy, digital literacy, and industrial internship on students' work readiness: SEM-PLS approach. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 26(1), 721–735. <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v26i1.pp721-735>
- Azizah, D., & Fadlikah, V. (2023). Analysis of mathematical problem-solving ability in view of mathematical disposition. *Mathline: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 8(1). <https://doi.org/10.31943/mathline.v8i1.298>
- Cahyani, G., & Sulastri, S. (2021). Pengaruh project based learning dengan pendekatan STEAM terhadap kemampuan berpikir kritis pada pembelajaran online di SMK Negeri 12 Malang. *Jurnal Pendidikan Akuntansi (JPAK)*, 9(3), 372–379. <https://doi.org/10.26740/jpak.v9n3.p372-379>
- Chistyakov, A., Zhdanov, S., Avdeeva, E., Dyadichenko, E., Kunitsyna, M., & Yagudina, R. (2023). Exploring the characteristics and effectiveness of project-based learning for science and STEAM education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13128>
- Diningtyas, G., Rahmatina, D., & Azmi, R. (2025). Analisis kemampuan pemecahan masalah matematis siswa dalam menyelesaikan soal kontekstual berorientasi higher order thinking skills ditinjau dari adversity quotient. *Jurnal Pendidik Indonesia*, 6(2). <https://doi.org/10.61291/jpi.v6i2.63>
- Elvira, R., & Mudjiran, M. (2019). Hubungan self-efficacy dengan kedisiplinan belajar siswa SMK. *Jurnal Neo Konseling*. <https://doi.org/10.24036/00108kons2019>
- Elwuar, S., Rumahlatu, D., & Liline, S. (2024). Application of PJBL-STEAM and PBL STEAM learning models. *BIOEDUPAT*, 4(2), 220–229. <https://doi.org/10.30598/bioedupat.v4.i2.pp220-229>

- Faoziyah, N. (2021). Kemampuan pemecahan masalah matematis siswa melalui pendekatan STEM berbasis PBL. *Pasundan Journal of Mathematics Education*, 11(1). <https://doi.org/10.23969/pjme.v11i1.3942>
- Hardianti, A., Suharti, S., & Purnamawati, P. (2022). Pentingnya manajemen pembelajaran critical thinking skill pada sekolah menengah kejuruan (SMK). *Vocational: Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan*, 2(2). <https://doi.org/10.51878/vocational.v2i2.1159>
- Hidayati, S. (2022). The effect PjBL model based on STEAM and TPACK on mathematics learning outcomes. *Al Hikmah: Journal of Education*, 3(2). <https://doi.org/10.54168/ahje.v3i2.124>
- Irhamna, I., Amry, Z., & Syahputra, H. (2020). Contribution of mathematical anxiety, learning motivation and self-confidence to students' mathematical problem solving. *BirLE Journal*, 3, 1759–1772. <https://doi.org/10.33258/birle.v3i4.1343>
- Kirana, A., & Partasiwi, N. (2023). Pengaruh penerapan pendekatan matematika realistik terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. *Lentera: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 16(1). <https://doi.org/10.52217/lentera.v16i1.1082>
- Kurniati, D., Harimukti, R., & Jamil, N. (2016). Kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa SMP di Kabupaten Jember dalam menyelesaikan soal berstandar PISA. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 20, 142–155. <https://doi.org/10.21831/pep.v20i2.8058>
- Miterianifa, M., Ashadi, A., Saputro, S., & Suciati, S. (2021). Higher order thinking skills in the 21st century: Critical thinking. In *Proceedings of the 1st International Conference on Social Science, Humanities, Education and Society Development (ICONS 2020)* (Tegal, Indonesia). <https://doi.org/10.4108/eai.30-11-2020.2303766>
- Noviyani, A., Maison, M., & Syaiful, S. (2022). The influence of PJBL-STEM and PBL-based learning on motivation and creative thinking. *Psychological Evaluation in Technology and Education Research*, 4(1). <https://doi.org/10.33292/petier.v4i1.115>
- Nurrindar, M., & Wahjudi, E. (2021). Pengaruh self-efficacy terhadap keterlibatan siswa melalui motivasi belajar. *Jurnal Pendidikan Akuntansi (JPAK)*, 9(1), 140–148. <https://doi.org/10.26740/jpak.v9n1.p140-148>
- Pradani, Y., Praya, R., & Anjarwati, P. (2025). Efikasi diri dan implikasinya terhadap hasil belajar siswa SMK. *Panthera*, 5(3). <https://doi.org/10.36312/panthera.v5i3.599>
- Pramasdyahsari, A., Setyawati, R., Aini, S., et al. (2023). Fostering students' mathematical critical thinking skills through digital book STEM PjBL. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13342>
- Purnamawati, P., Arfandi, A., Yahya, M., Sabran, S., & Darmawan, F. (2022). Teachers' perception on critical thinking skills of vocational high school students. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Education Science (ICES 2021)* (Jakarta, Indonesia). <https://doi.org/10.4108/eai.17-11-2021.2318632>

- Putri, P., Astawa, I., & Suharta, I. (2025). Integrating PjBL-STEAM with Balinese Meru architecture to enhance students' mathematical conceptual understanding. *International Journal of Education Management and Technology*, 3(2). <https://doi.org/10.58578/ijemt.v3i2.5620>
- Putriani, C., & Aini, I. (2022). Description of mathematical critical thinking skills for vocational high school students during the COVID-19 pandemic. *Eduma: Mathematics Education Learning and Teaching*, 11(1). <https://doi.org/10.24235/eduma.v11i1.10001>
- Putro, R., & Bernarto, I. (2024). The effect of self-efficacy, self-regulated learning, and student engagement. *Jurnal Nalar Pendidikan*, 12(1). <https://doi.org/10.26858/jnp.v12i1.58908>
- Rahman, A., Jana, N., & Asdar, A. (2025). Pengaruh penerapan model project based learning (PjBL) terintegrasi STEAM (science, technology, engineering, art, and mathematics) terhadap kreativitas siswa. *Issues in Mathematics Education*, 9(1). <https://doi.org/10.35580/imed.v9i1.5533>
- Rahman, A., Jana, N., & Asdar, A. (2025). Pengaruh penerapan model project based learning (PjBL) terintegrasi STEAM terhadap kreativitas siswa. *Issues in Mathematics Education*, 9(1). <https://doi.org/10.35580/imed.v9i1.5533>
- Rohmah, L., Yaniawati, P., Saputra, I., & Sharif, S. (2025). Mobile learning innovation to improve vocational students' mathematical communication skills and dispositions. *Pasundan Journal of Mathematics Education*, 15(1), 1–5.
- Sugiyono. (2023). *Metode penelitian pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Sukmawati, E., Imanah, N., & Rantauni, D. (2023). Implementation and challenges of project-based learning of STEAM in the university during the pandemic: A systematic literature review. *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, 9(1). <https://doi.org/10.22219/jinop.v9i1.25177>
- 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.
- Supianti, I. I., Yaniawati, P., Ramadhan, A. G., Setyaji, M., & Puspitasari, P. (2022). Improving connection ability and mathematical disposition of junior high school students with Connecting, Organizing, Reflecting, Extending (CORE) learning model. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 16(2), 187–202. <https://doi.org/10.22342/jpm.16.2.17079.187-202>
- Supianti, I. I., Zakiyah, K., & Agustian, F. (2021). E-learning: Pencapaian productive disposition berdasarkan kemampuan awal matematis siswa SMP. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 5(2), 310–325. <https://doi.org/10.33603/jnpm.v5i2.5331>

- Supriyatin, S., Rahayu, S., Suhadi, A., & Simarmata, R. (2023). Integrasi STEAM–PjBL pada pembelajaran IPA di SMP Negeri 3 Karangmojo, Bantul–Yogyakarta: Proyek mikroskop sederhana. *Jurnal Terapan Abdimas*, 8(1). <https://doi.org/10.25273/jta.v8i1.13909>
- Triprani, E., Sulistyani, N., & Aini, D. (2023). Implementasi pembelajaran STEAM berbasis PjBL terhadap kemampuan problem solving pada materi energi alternatif di SD. *Scholaria: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 13(2), 176–187. <https://doi.org/10.24246/j.js.2023.v13.i2.p176-187>
- Yaniawati, R. P., Indrawan, R., & Setiawan, G. (2019). CORE model on improving mathematical communication and connection. *International Journal of Instruction*, 12(4), 639–654.
- Zayyinah, Z., Erman, E., Supardi, Z., Hariyono, E., & Prahani, B. (2022). STEAM-integrated project based learning models: Alternative to improve 21st century skills. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.211229.039>

This table will <i>not</i> be shown on the published version. It will be used for communication purposes only during submission processes.	
1st Author full name: Dian Pramodyowati Afiliation: Universitas Pasundan Email: dianpramodyowati83@gmail.com Whatsapp/SMS number (optional): +6282115534870 Orcid ID: https://orcid.org/xxxx-xxxx-xxxx-xxxx	4th Author full name: Afiliation: Email: Whatsapp/SMS number (optional): (+country code) Orcid ID:
2nd Author full name: In In Supianti Afiliation: Universitas Pasundan Email: supianti@unpas.ac.id Whatsapp/SMS number (optional): +6282122957774 Orcid ID:	5th Author full name: Afiliation: Email: Whatsapp/SMS number (optional): (+country code) Orcid ID:
3rd Author full name: Afiliation: Email: Whatsapp/SMS number (optional): (+country code) Orcid ID:	6th Author full name: Afiliation: Email: Whatsapp/SMS number (optional): (+country code) Orcid ID:
<i>You may add more authors here</i>	<i>You may add more authors here</i>