

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6184>

PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN MATEMATIKA MODEL PROJECT BASED LEARNING TERINTEGRASI STEM UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS

Fiqih Nur Hakiki¹, Didik Sugeng Pambudi^{2*}, Dian Kurniati³

^{1, 2, 3} Magister Pendidikan Matematika, Universitas Jember, Jember, Indonesia

**Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Jember, Jawa Timur*

E-mail: fqihnhakiki@gmail.com¹⁾
didikpambudi.fkip@unej.ac.id^{2*)}
diankurniati@unej.ac.id³⁾

Received 29 September 2022; Received in revised form 13 November 2022; Accepted 26 November 2022

Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk meningkatkan pencapaian perangkat pembelajaran matematika yang valid, praktis, dan efektif berupa modul ajar, LKS dan THB berbasis STEM-PjBL serta menguji pengaruhnya terhadap kemampuan berpikir kritis. Penggabungan penelitian pengembangan (R&D) dengan model 4D dilakukan dalam penelitian ini serta juga mencakup penelitian eksperimen yang dilatarbelakangi karena rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa SMK. Hal ini dapat dilihat pada rapor pendidikan yang mana pada indikator literasi, numerasi, maupun bernalar kritis masih dibawah kompetensi minimum. Penelitian ini melibatkan 32 siswa kelas X Teknik Kendaraan Ringan (TKR) sebagai subjek uji coba dan kelas X Teknik Sepeda Motor (TSM 1 dan 2) masing-masing berjumlah 25 orang sebagai sampel. Pengukuran dalam penelitian ini adalah lembar validasi, lembar observasi keterlaksanaan perangkat pembelajaran, tes hasil belajar dan angket respon siswa. Hasil validasi untuk modul ajar, LKS, serta THB telah valid dengan skor secara berurutan adalah 4,77; 4,70; dan 4,81. Pada hasil kepraktisan diperoleh hasil 92,00% dengan kategori sangat baik. Nilai keefektifan menurut hasil penilaian hasil belajar yang telah dilaksanakan diperoleh hasil 78,13% siswa tuntas mengikuti pembelajaran serta 93,75% siswa merespon positif terhadap pembelajaran. Hasil pengujian *t-test* bahwa perangkat pembelajaran matematika model *STEM-PjBL* berpengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa.

Kata kunci: Kemampuan Berpikir Kritis, PjBL, STEM

Abstract

*This study aims to develop valid, practical, and effective mathematics learning tools in the form of teaching modules, LKS and THB based on STEM-PjBL and to test their effect on critical thinking skills. This research combines development research (R&D) with 4D models and experimental research which is motivated by the low critical thinking skills of SMK students. This can be seen in the education report cards where the literacy, numeracy, and critical reasoning indicators are still below the minimum competency. This study involved 32 students of class X Light Vehicle Engineering (TKR) as test subjects and class X Motorcycle Engineering (TSM 1 and 2) each with 25 people as samples. The instruments used in this study were validation sheets, observation sheets on the implementation of learning devices, learning achievement tests and student response questionnaires. Validation results for teaching modules, LKS, and THB are valid with a score of 4.77 respectively; 4.70; and 4.81. In practicality results obtained results of 92.00% with very good category. The effectiveness value based on the learning outcomes test that has been carried out shows that 78.13% of students complete the lesson and 93.75% of students respond positively to learning. Based on the *t-test* on the results of experimental research, it was found that the STEM-PjBL model of mathematics learning had a significant effect on students' critical thinking skills.*

Keywords: Critical Thinking, PjBL, STEM



This is an open access article under the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6184>

PENDAHULUAN

Orientasi pembelajaran yang sedang berkembang saat sekarang yaitu pembelajaran berfokus pada keterampilan abad ke-21. Keterampilan abad 21 ini dianggap penting untuk dikuasai oleh mereka yang produktif dan ingin tetap bertahan tanpa terpinggirkan di abad 21 ini dan kemampuan berpikir kritis merupakan yang diperlukan agar dapat bersaing (Sulistyani & Retnawati, 2015). Hal ini diperkuat dalam kurikulum merdeka. Kemampuan berpikir kritis berdasarkan Permendikbud No. 22 Tahun 2020 dinyatakan bahwa kemampuan berpikir kritis juga mencakup kemampuan bernalar kritis. Kemampuan tersebut merupakan aspek penting dari salah satu capaian dalam aspek profil pelajar Pancasila.

Pada lima tahun yang akan datang, kemampuan yang diperlukan Menurut *Partnership for 21st Century Skills (P21)* adalah sebanyak 78% dari *Critical Thinking*, sebesar 77% berasal dari *I.T.* 76% merupakan *Health and Wellness*, sebanyak 76% adalah *Collaboration*, sebesar 74% adalah *Creativity and Innovation*, sedangkan sebesar 72% merupakan *Personal Financial Responsibility* (Sayekti & Suparman, 2020). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Su, Ricci, & Mnatsakanian (2016) menerangkan bahwa berpikir kritis memungkinkan siswa untuk memproses informasi dengan cara yang logis sehingga siswa dengan kemampuan berpikir kritis dapat menentukan informasi bermanfaat atau tidak bermanfaat (Su et al., 2016).

Namun rumus-rumus yang telah tersedia masih banyak dipakai pada pembelajaran di sekolah. Siswa banyak yang tidak dapat membangun pemahaman sehingga siswa dengan metode belajar tersebut akan cenderung

kurang berpikir secara kritis. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa masih rendah (Astiantari. Et al., 2022). Hal tersebut dapat tercermin dari masih banyaknya siswa yang lebih menyukai mengerjakan soal dengan mekanisme yang telah dicontohkan sebelumnya (Supratman & Putri, 2021). Hal ini sejalan dengan hasil rapor pendidikan di SMK Negeri 1 Situbondo berdasarkan hasil dari Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK) pada tahun 2021. adalah untuk nilai kemampuan literasi siswa adalah 1,72 dan untuk nilai kemampuan numerasi siswa adalah 1,73 dengan kriteria kemampuan literasi maupun kemampuan numerasi siswa masih berada di bawah kompetensi minimum. Begitupun untuk nilai dari indikator nalar kritis siswa SMK Negeri 1 Situbondo berada pada nilai 2,00 dengan kriteria masih berkembang.

Model pembelajaran yang relevan dengan tuntutan capaian pembelajaran pada kurikulum merdeka guna mengajarkan siswa berpikir secara kritis adalah dengan menggunakan pembelajaran proyek atau biasa disebut dengan *PjBL* dengan pendekatan STEM. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Furi, *STEM-PjBL* dapat mendorong munculnya keingintahuan siswa untuk berimajinasi kreatif dan berpikir kritis (Furi et al., 2018).

PjBL ialah model pembelajaran yang pada kegiatan intinya melaksanakan sebuah proyek dan hasil akhirnya akan berupa produk (Cahyani & Sulastri, 2021). Pemilihan model pembelajaran *PjBL* bisa meningkatkan keterampilan siswa sesuai dengan tujuan sekolah menengah kejuruan. Hal tersebut sama dengan penelitian oleh pamungkan, siswa lebih banyak diberikan peran dalam menambah informasi untuk membantu mereka

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6184>

memahami konsep yang dikomunikasikan (Pamungkas et al., 2019). Selain itu menurut Permendikbud No. 22 Tahun 2020 bahwasanya PjBL membuat siswa aktif dalam pembelajaran serta menjembatani dalam capaian profil pelajar Pancasila karena membahas isu-isu tekini dan nyata. Sejalan dengan hal diatas mencatat bahwa PjBL adalah model yang menjadikan siswa sebagai pusatnya sehingga dapat memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih bermakna (Afriana et al., 2016).

STEM yaitu *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (Ismayani, 2016). STEM bisa menjadikan siswa penemu, innovator, pemecah masalah yang lebih baik, pemikir logis, dan percaya diri (Rahardhian, 2019). Penentuan pembelajaran dengan pendekatan STEM dinantikan dapat menjadikan siswa menjadi lebih kritis, serta dapat menyelesaikan persoalan melalui pengalaman untuk mendapatkan pengetahuan yang baru. Hal tersebut didasarkan pada penelitian terkait penerapan pendekatan STEM untuk pengembangan pemikiran kritis (Ahmad et al., 2020; Hadi, 2021; Lestari et al., 2018).

Singkatnya, STEM-PjBL yaitu model pembelajaran yang ditujukan untuk pembelajaran aktif oleh siswa (Siew et al., 2015). Kelebihan STEM-PjBL adalah siswa akan mendapatkan pengalaman berlajar yang lebih bermakna dalam memahami sebuah konsep karena secara aktif berpartisipasi dalam pembelajaran melalui penelitian proyek (Capraro et al., 2013). Hal ini sejalan dengan karya Novi Sulvia Windasari yang mengatakan integrasi model STM-PjBL bertujuan untuk membantu siswa mengeksplorasi ide,

membuat produk dan mengembangkan keterampilan (Windasari, 2019).

STEM-PjBL mendukung siswa untuk minat belajar dan kemungkinan untuk mendapatkan solusi penyelesaian sekitar lingkungan siswa, membuat proses belajar lebih bermakna serta membantu pengembangan karir kedepannya (Tseng et al., 2013). STEM-PjBL merupakan model dimana kegiatan belajarnya berupa proyek yang berpendekatan STEM, sehingga siswa dapat belajar dalam konteks, misalnya mempelajari desain kegiatan pembelajaran, melakukan proyek dengan berkelompok sehingga tercipta produk yang diinginkan (Jauhariyyah et al., 2017).

Model *PjBL* memungkinkan agar siswa memahami konsep pada kegiatan pembuatan produk, sedangkan dalam pendidikan STEM, pada proses desain tekniklah yang dapat memotivasi siswa untuk membuat produk terbaik. Pada penelitian ini, tahap-tahap proses pembelajaran *STEM-PjBL* mengacu pada tahapan proses pembelajaran STEM-PjBL yang dikemukakan Laboy-Rush 5 fase, yaitu: a) refleksi, b) penelitian, c) penemuan, d) penerapan, e) komunikasi (Rush, 2016).

Telah ada penelitian sejenis yang dilakukan oleh Sayekti (2020) yang menunjukkan hasil dari penelitiannya bahwa LKPD model *STEM-PjBL* sudah memadai untuk digunakan sebagai sumber belajar penunjang karena LKPD model *STEM-PjBL* membuatnya sederhana dan efektif ketika digunakan untuk mendorong pemikiran kritis siswa, khususnya materi tentang hubungan segitiga siku-siku di kelas X SMK Muhammadiyah 2 Yogyakarta (Sayekti & Suparman, 2020). Selain itu, Yanti juga melakukan penelitian serupa dan hasil penelitiannya adalah kemampuan berpikir kritis dan hasil

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6184>

belajar mengenai topik penecamaran lingkungan kelas X MAS Darus Ihsan dapat meningkat dengan menggunakan model STEM-PjBL (Yanti et al., 2021).

Penelitian ini berbeda dengan penelitian lainnya dalam hal pendekatan *STEM* dikolaborasikan dengan model PjBL yang mengaitkan mata pelajaran matematika pokok bahasan fungsi kuadrat dengan mata pelajaran fisika pokok bahasan gerak melingkar berubah beraturan dan telah sesuai dengan materi percepatan suatu kendaraan pada jurusan otomotif untuk menghasilkan produk sederhana dan karya penelitian ini sesuai dengan kurikulum terbaru yaitu kurikulum merdeka, sehingga diharapkan dapat daya pikir kritis siswa dapat meingkat.

Berdasarkan masalah tersebut, maka perlu dikembangkan perangkat ajar matematika model STEM-PjBL sehingga terdapat peningkatan pada kemampuan berpikir kritis. Berdasarkan kajian yang telah dijelaskan, didapat suatu hipotesis yaitu adanya pengaruh yang signifikan perangkat pembelajaran *STEM-PjBL* pokok bahasan fungsi kuadrat terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.

METODE PENELITIAN

Penelitian berikut menggunakan metode campuran yang menggabungkan penelitian pengembangan (*R&D*) dan penelitian eksperimen. Metode campuran yang digunakan adalah penelitian sekuensial, atau metode penelitian gabungan dimana metode penelitian kualitatif dan kuantitatif digabungkan secara berurutan, yaitu pertama metode kualitatif terlebih dahulu selanjutnya metode kuantitatif (Sugiyono, 2015). Metode kualitatif yang dipakai yakni penelitian pengembangan (*R&D*) dan metode kuantitatif yakni penelitian eksperimen.

SMK Negeri 1 Situbondo merupakan tempat penelitian pada program keahlian otomotif dengan subjek uji coba Kelas X konsentrasi keahlian teknik kendaraan ringan. Dua kelas dipilih sebagai sampel pada penelitian yakni konsentrasi keahlian teknik sepeda motor sebagai kelas eksperimen serta kontrol. Jumlah siswa setiap kelas adalah 25 orang.

Model Thiagarajan dan Semmel adalah model yang dipakai dalam penelitian pengembangan. Model tersebut ada empat fase yang disebut dengan model 4-D (*Four D Model*). Keempat fase tersebut adalah fase definisi (*define*), fase desain (*design*), fase mengembangkan (*develop*), fase menyebarluaskan (*disseminate*) (Hobri, 2010). Tujuan fase pendefenisian adalah agar teridentifikasi dan dapat ditentukan keperluan belajar dengan menelaah tujuan dan keterbatasan. Ini termasuk analisis awal-akhir, analisis siswa, spesifikasi konsep, tugas, dan tujuan pembelajaran. Fase perencanaan bertujuan merancang perangkat pembelajaran sehingga diperoleh *prototype* berupa modul ajar, LKS dan soal THB hingga diperoleh prototipe. Tahap pengembangan bertujuan menghasilkan *draft* modul ajar, LKS, dan soal THB dengan memasukkan saran dari para ahli. Fase penyebarluaskan (*disseminate*) adalah tahap akhir yang bertujuan untuk menyebarluaskan penggunaan perangkat pembelajaran model *STEM-PjBL* yang telah dikembangkan secara lebih luas.

Perangkat pembelajaran matematika yang disesuaikan dengan model STEM-PjBL materi fungsi kuadrat berupa Modul ajar, LKS, serta THB merupakan produk yang disempurnakan. Instrumen yang dipakai mengumpulkan data yakni lembar validasi ahli, lembar keterlaksanaan

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6184>

perangkat pembelajaran, THB serta angket respon siswa.

Metode yang dipakai mengumpulkan data terdiri atas wawancara, observasi, THB serta angket respon siswa. Wawancara yang dipakai yakni wawancara bebas terpimpin. Wawancara dilakukan bersamaan dengan analisis awal-akhir dan anilisis siswa. Informasi yang termua selama wawancara yaitu berkaitan dengan pembelajaran. Observasi digunakan agar dapat diketahui keterlaksanaan perangkat pembelajaran pada pembelajaran. Keterlaksanaan perangkat pembelajaran diamati seorang observer. Pengamatan dilakukan dari awal hingga akhir pembelajaran. THB siswa yang dipakai pada penelitian berikut yakni asesmen diagnostik yang berupa *pretest* dengan tipe soal essay dengan jumlah soal 3 butir soal, asesmen formatif yang berupa pengerjaan LKS dan asesmen sumatif yang berupa tes hasil belajar dengan bentuk soal essay dengan jumlah soal 3 butir soal. Adapun THB dalam penelitian agar kemampuan berpikir kritis siswa dapat terukur pada pokok bahasan fungsi kuadrat. Siswa dikasih angket yang tujuannya agar diketahui jawaban siswa tentang model *STEM-PjBL* dalam pembelajaran.

Selanjutnya dilakukan analisis, menggunakan data yang telah didapat. Adapun dalam penelitian pengembangan ini akan dianalisis kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan. Validasi dilakukan oleh dua orang dosen dari Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas jember dan seorang guru matematika dari SMK Negeri 1 Situbondo untuk menguji kelayakan perangkat dan instrument pembelajaran. Kriteria kevalidan tercermin Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria kevalidan

Interval	Kategori Kevalidan
$1 \leq V_a < 2$	Tidak valid
$2 \leq V_a < 3$	Kurang valid
$3 \leq V_a < 4$	Cukup Valid
$4 \leq V_a < 5$	Valid
$V_a = 5$	Sangat Valid

Perangkat pembelajaran dikatakan praktis apabila lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran mencapai hasil sekurang-kurangnya dalam kategori baik dan saran dari praktisi tidak mengubah alat pengajaran secara umum atau hanya mengakibatkan revisi kecil. Kriteria kepraktisan tercermin Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria kepraktisan

Interval	Kriteria
$90\% \leq SR < 100\%$	Sangat Baik
$80\% \leq SR < 90\%$	Baik
$70\% \leq SR < 80\%$	Cukup
$40\% \leq SR < 70\%$	Kurang
$0\% \leq SR < 40\%$	Sangat Kurang

Perangkat pembelajaran yang memenuhi kaetogiri kepraktisan apabila data hasil observasi keterlaksanaan perangkat pembelajaran berada pada kesimpulan minimal baik. Perangkat pembelajaran yang memenuhi kaetogiri keefektifan apabila data hasil belajar siswa berupa kemampuan berpikir kritis tuntas $\geq 75\%$ dan respon siswa memperoleh hasil positif yaitu apabila jawaban “ya” dalam setiap indicator dijawab 80% atau lebih oleh siswa.

Langkah selanjutnya adalah dilakukan penelitian eksperimen. Pengujian tersebut menguji perangkat pembelajaran terhadap kelas yang dipilih sebagai kelas untuk dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan dengan melakukan *pretest* dan *posttest*. Skema penelitian tercermin Tabel 3.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6184>

Tabel 3. Skema penelitian eksperimen

Kelas eksperimen	R_1	X_1	R_3
Kelas control	R_2	X_2	R_4

Keterangan :

R_1, R_2 : Pre-test

X_1 : Penggunaan perangkat pembelajaran matematika model STEM-PjBL

X_2 : Penggunaan perangkat pembelajaran dan model pembelajaran yang biasanya diterapkan

R_3, R_4 : Post-test

Software pengolah data SPSS versi 26 digunakan untuk menganalisis data kuantitatif, yang sebelumnya membuat asusmsi berupa uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas memakai uji Kolmogorov-Smirnov dan uji Levene Statistic dengan taraf signifikansi 0,05 ($P < 0,05$) digunakan untuk uji homogenitas. Kemudian dilakukan uji *t-test* untuk mengetahui pengaruh signifikan antara perangkat pembelajaran STEM-PjBL terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.

Dalam pengambilan keputusan uji *independent sample t-test* pada data hasil tes kemampuan berpikir kritis siswa adalah sebagai berikut.

- Jika nilai signifikansi (*Sig.*) $< 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti terdapat pengaruh yang signifikan perangkat pembelajaran matematika model STEM-PjBL pokok bahasan fungsi kuadrat terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.
- Jika nilai signifikansi (*Sig.*) $> 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak yang berarti tidak terdapat pengaruh yang signifikan perangkat pembelajaran matematika model

STEM-PjBL pokok bahasan fungsi kuadrat terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika

a. Tahap Pendefinisian (Define)

1) Analisis Awal-Akhir

Berdasarkan hasil wawancara pada dua orang guru matematika, KBM di sekolah belum mencerminkan guru sebagai fasilitator artinya guru masih sebagai pusat KBM. Metode ceramah / konvensional adalah metode yang digunakan dimana materi diberikan, rumus yang tersedia diberikan dan siswa diminta untuk menghafalnya. Hal tersebut dapat menyebabkan siswa lupa terhadap rumus yang sudah diberikan. Pada kondisi tersebut, siswa akan merasa bosan yang akhirnya matematika terasa penyalajaran yang sulit karena tidak diiringi oleh proses pembentukan pemahaman.

2) Analisis Siswa

Berdasarkan hasil wawancara serta analisis diperoleh bahwa subyek pada penelitian ini berada di usia antara 15 sampai 17 tahun yang mana menurut Piaget telah memasuki tahapan operasional formal. Sehingga pada tahap ini mereka dapat berpikir kritis dan kreatif serta mampu bernalar secara abstrak. Jadi anak dalam tahap tersebut dapat berpikir kritis karena mengetahui konsep melalui pengalamannya sendiri.

3) Analisis Konsep

Operasi hitung dasar merupakan pengetahuan yang wajib dimiliki oleh setiap siswa yang akan mempelajari materi fungsi kuadrat. Sedangkan materi prasyarat yang harus dikuasai

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6184>

oleh siswa adalah materi eksponen, logaritma, dan persamaan kuadrat.

4) Analisis Tugas

Terdapat beberapa tugas materi fungsi kuadrat yang harus diselesaikan oleh siswa agar capaian pembelajaran yang diinginkan dapat tercapai.

5) Spesifikasi Tujuan Pembelajaran

Adapun beberapa indikator capaian hasil belajar yang harus dicapai oleh siswa mengacu pada analisis konsep dan tugas adalah sebagai berikut

- Siswa dapat menginterpretasikan sifat-sifat utama tabel dan grafik fungsi kuadrat,
- Siswa dapat menganalisis sifat-sifat yang berbeda dari berbagai bentuk fungsi kuadrat (bentuk umum,

bentuk titik puncak, dan bentuk akar)

- Siswa dapat memodelkan fenomena atau data dengan fungsi kuadrat

b. Tahap Perancangan (Design)

Pada fase ini ada sejumlah langkah diantaranya, perancangan awal, menentukan format, memutuskan media yang akan digunakan, dan proses menyusun pelaksanaan tes. Dalam tahapan perancangan, dibuat rancangan Modul Ajar, LKS, dan THB pokok bahasan fungsi kuadrat yang sesuai dengan model *STEM-PjBL* agar kemampuan berpikir kritis siswa meningkat. Berikut merupakan contoh rancangan modul ajar pada Gambar 1, LKS pada Gambar 2, dan THB pada Gambar 3.

The image shows the 'Modul Ajar' (Curriculum Merdeka Belajar) structure:

- Lembaran 2 Model Ajar:** Includes the title 'MODUL AJAR KURIKULUM MERDEKA BELAJAR' and a logo of an open book.
- I. INFORMASI UMUM:**
 - A. Matakuliah:** Matematika, Name: Agus, Nama Penulis: Fiqih Nur Hikmati, S.Pd., SKM, Nigati 1. Struktural, Tahun pelajaran: 2022/2023.
 - B. Kompetensi Dasar:** Kognitif: 2.1.2. Sepakbola, 4 x 4 matematika.
 - C. Profil Pihak Pencari:** Profil tidak ada informasi program pengembangan.
 - D. Satuan dan Pemateri:** Satuan dan pemateri yang ditentukan pada satuan dan materi.
- II. KOMPONEN INTI:**
 - a. Bahan:** Alat-alat dan sumber.
 - b. Tujuan Pembelajaran:** Standart kompetensi yang perlu dicapai dalam pembelajaran.
 - c. Pembelajaran Berkarakter:** Standart karakter yang diperlukan dalam pembelajaran.
 - d. Perancangan Pembelajaran:** Apa yang karakteristik dan tujuan pembelajaran.
 - e. Praktik Pengajar:** Kegiatan dan teknologi.
 - f. Kritik Kegiatan Pembelajaran Perbaikan Perbaikan**
- III. Langkah Pembelajaran SISWA-AJAR:**

Kategori	Kegiatan	Waktu
Guru	Membuat standar dan bahan untuk mengetahui bahwa siswa mencapai pengetahuan dan keterampilan yang diharapkan.	10 Menit
Pembelajaran	Membelajarkan tentang bentuk umum dan bentuk akar fungsi kuadrat.	Mengetahui bentuk umum dan bentuk akar fungsi kuadrat.
siswa	Mengidentifikasi bentuk umum dan bentuk akar fungsi kuadrat.	Mengetahui bentuk umum dan bentuk akar fungsi kuadrat.
- IV. Fase 1: Reflection:**

Kategori	Kegiatan	Waktu
Guru	Membantu siswa membuat kaitan dengan yang diajarkan.	Sebagian besar lembar kerja yang diajarkan.
Pembelajaran	Mengidentifikasi bentuk umum dan bentuk akar fungsi kuadrat.	Mengetahui bentuk umum dan bentuk akar fungsi kuadrat.
siswa	Mengidentifikasi bentuk umum dan bentuk akar fungsi kuadrat.	Mengetahui bentuk umum dan bentuk akar fungsi kuadrat.

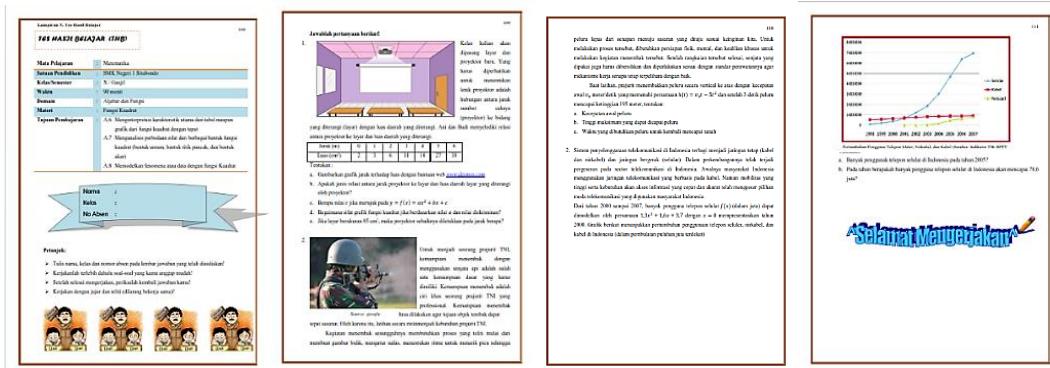
Gambar 1. Modul Ajar

The image shows the 'Lembar Kerja Siswa' (Student Worksheet) for September 2022, divided into four sections:

- Lembar Kerja Peserta Didik 1:** Includes a table for recording work and a section on 'Fungsi Kuadrat' with a cartoon character and a diagram of a parabola.
- Karakteristik & Sifat Grafik Fungsi Kuadrat:** Activities include identifying points on a graph and solving problems related to the characteristics of quadratic functions.
- Lembar Kerja Siswa 2:** Activities include identifying points on a graph and solving problems related to the characteristics of quadratic functions.
- Lembar Kerja Siswa 3:** Activities include identifying points on a graph and solving problems related to the characteristics of quadratic functions.

Gambar 2. LKS STEM-PjBL

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6184>



Gambar 3. THB Kemampuan Berpikir Kritis

c. Tahap Pengembangan

1) Penilaian Ahli

Penilaian ahli bertujuan untuk memvalidasi perangkat berdasarkan para ahli. Hasil validasi modul ajar model STEM-PjBL tercermin dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil validasi modul ajar

Aspek yang Dinilai	Rata-rata	Kategori
Format	5,00	Sangat Valid
Isi	4,76	Valid
Bahasa	4,56	Valid
Rata-rata	4,77	Valid

Berdasarkan Tabel 4, hasil uji seluruh modul ajar untuk setiap aspek adalah valid. Pengujian modul ajar mendapatkan skor rata-rata 4,77 dengan kategori valid. Jadi kesimpulannya modul ajar yang menggunakan model STEM-PjBL dapat digunakan. Hasil validasi LKS model STEM-PjBL tercermin dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil validasi LKS

Aspek yang Dinilai	Rata-rata	Kategori
Format	5,00	Sangat Valid
Isi	4,67	Valid
Bahasa	4,44	Valid
Rata-rata	4,70	Valid

Uji validitas untuk LKS seperti yang tercermin dalam tabel 2, menunjukkan hasil bahwa setiap aspek adalah valid. Rata-rata menunjukkan bahwa lks termasuk kriteria sangat valid juga dengan yaitu sebesar 4,70 pada kriteria valid. Maka LKS yang menggunakan model STEM-PjBL dapat digunakan. Hasil validasi tes hasil untuk mengukur kemampuan berpikir kritis siswa tercermin dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil validasi Tes Hasil Belajar

Aspek yang Dinilai	Rata-rata	Kategori
Format	5,00	Sangat Valid
Isi	4,75	Valid
Bahasa	4,67	Valid
Rata-rata	4,81	Valid

Tabel 6 menunjukkan pengujian validitas mendapatkan skor rata-tata 4,81 dengan kategori valid. Keterampilan berpikir kritis siswa selanjutnya dapat diukur dengan tes hasil belajar.

2) Uji Coba Lapangan

Pengujian ini dilakukan untuk melakukan pengujian percobaan terhadap perangkat pembelajaran yang telah divalidasi oleh validator dan menangkap input dunia nyata sevara langsung pada perangkat yang telah disusun. Pada pengujicobaan berikut,

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6184>

revisi perangkat dapat dilakukan dengan melihat serta menganalisis data seperti respon, komentar dan saran guru, siswa dan pengamat. Agar perangkat dapat berfungsi dengan efektif dan efisien maka pengujian dan perbaikan perangkat dapat dilakukan secara berulang.

Tahap percobaan lapangan dilakukan di satu kelas jurusan otomotif yang beda dengan kelas yang akan dilaksanakan pada saat eksperimen. Penilaian dalam penelitian ini dilakukan

dengan meminta siswa menguji kemampuan berpikir kritisnya dalam bentuk soal tes berupa esai.

a) Uji Praktikalitas

Pada tahap praktikalitas guru yang bertugas sebagai observer menilai selama proses kegiatan belajar dan mengajar. Pada pengujian ini akan dinilai semua aspek baik dari segi sintaks, sistem sosial serta prinsip reaksi dan pengelolaan. Hasil analisis uji praktikalitas tercantum pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran

Aspek yang Dinilai	Rata-rata skor tiap aspek	Presetase Praktikalitas (%)	Kategori
Sintaks (Langkah Pembelajaran)	4,9	92	Sangat Baik
Sistem Sosial	4	89	Baik
Prinsip Reaksi dan Pengelolaan	5	95	Sangat Baik
Rata-rata	4,79	92	Sangat Baik

Tabel 7 memperlihatkan skor praktikalitas perangkat pembelajaran ialah sangat praktis. Hal tersebut tercermin dalam nilai rata-rata sebesar 92,00%. Maka perangkat model STEM-PjBL sudah paraktis di kelas uji coba.

b) Uji efektifitas

Analisis selanjutnya untuk mengetahui kriteria keefektifan melalui dua indikator yaitu data hasil belajar berupa tes kemampuan berpikir kritis dan angket respon siswa. Adapun ketuntasan siswa terkait kemampuan berpikir kritis sebanyak 25 orang dari 32 siswa atau sebesar 78,13% tuntas secara klasikal dan 7 siswa yaitu 21,87% tidak tuntas. Selain hal tersebut, Efektifitas perangkat pembelajaran matematika model STEM-PjBL ini juga dilihat dari angket respon siswa yang mana sebagian besar siswa merespon positif dengan persentase 93,75% terhadap pembelajaran. Hal ini mengindikasikan bahwa respon siswa

positif karena lebih dari 80% siswa memilih tanggapa “ya” untuk setiap aspek. Dari dua indikator tersebut dapat dikatakan perangkat pembelajaran efektif karena hasil belajar berupa tes kemampuan berpikir kritis tuntas secara klasikal dan respon siswa positif.

Maka kesimpulannya bahwa berdasarkan hasil dari analisis data di atas, modul ajar, LKS, THB yang dirancang telah valid, praktis dan efektif sehingga layak untuk dijadikan referensi untuk pembelajaran matematika khususnya di kelas X SMK.

d. Tahap Penyebaran (Disseminate)

Langkah selanjutnya dilakukan penyebaran modul ajar, LKS dan THB dengan membagikan *hard file* di perpustakaan sekolah tempat penelitian yaitu SMK Negeri 1 Situbondo.

Tahapan yang dilakukan selanjutnya adalah melakukan pengujian pengaruh perangkat pembelajaran terhadap kemampuan

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6184>

berpikir kritis siswa. Pengujian tersebut dilakukan pada populasi berupa seluruh siswa kelas X di SMK Negeri 1 Situbondo. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling* yaitu terpilih X TSM 1 merupakan kelas eksperimen serta X TSM 2 adalah kelas kontrol. Pada kelas eksperimen diajarkan pembelajaran menggunakan perangkat pembelajaran model *STEM-PjBL*, sedangkan pada kelas kontrol diajarkan model pembelajaran konvensional umumnya diterapkan disekolah yakni model pembelajaran langsung (*Direct Instructional*).

Kemampuan berpikir kritis awal siswa pada kelas eksperimen dan kontrol dapat diketahui melalui *pre-test*

sebelum dipelajari materi fungsi kuadrat. Agar dapat diketahui pengaruh dari perangkat pembelajaran model *STEM-PjBL* dilakukan *post-test*. Software IBM SPSS Statistic 26 digunakan untuk menganalisis hasil *pre-test* dan *post-test* siswa. Uji normalitas dan Uji homogenitas dilaksanakan untuk menguji asumsi klasik dalam pengujian hipotesis.

Data hasil tes siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol diuji normalitasnya. Adapun uji homogenitas digunakan untuk mengetahui varian hasil pengujian pada kelas eksperimen dan kelas kontrol homogen atau tidak. Berikut ini disajikan hasil uji normalitas data pre dan post-test pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil uji normalitas

Kemampuan Berpikri Kritis	Kolmogorov-Smirnov		
	Statistic	Df	Sig.
Pre-test Eksperimen	.152	25	.141
Post-tes Eksperimen	.112	25	.200
Pre-test Kontrol	.150	25	.149
Post-test Kontrol	.138	25	.200

Berdasarkan analisis uji normalitas data yang dilakukan dengan software SPSS 26, didapat hasil *sig* = 0,111 (*sig* > 0,05) untuk *pre-test* kelas eksperimen, dan pada *post-test* kelas eksperimen menghasil = 0,200 (*sig* > 0,05). Sedangkan pada kelas kontrol memperoleh hasil *sig* = 0,146 (*sig* > 0,05) pada *pre-test* dan *sig* = 0,200 (*sig* > 0,05) pada *post-test*. Hal ini berarti, pretest dan posttest pada kelas

ekspesimen dan kontrol berdistribusi normal.

Bersumber pada analisis data uji homogenitas yang dilakukan dengan software SPSS 26 terhadap tes hasil belajar, maka didapat hasil *sig* = 0,493 (*sig* > 0,05) untuk *pre-test*, dan pada *post-test*, *sig* = 0,588 (*sig* > 0,05). Karena nilai pretest dan posttest diatas 0,05 maka datanya homogen. Hasil pengujian tersebut tercermin pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Hasil uji homogenitas *pre-test*

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Based on Mean	.477	1	48	.493
Based on Median	.596	1	48	.444
Based on Median and with adjusted df	.596	1	46.187	.444
Based on trimmed mean	.512	1	48	.478

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6184>

Tabel 10. Hasil uji homogenitas post-test

	<i>Levene Statistic</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>Sig.</i>
<i>Based on Mean</i>	.297	1	48	.588
<i>Based on Median</i>	.195	1	48	.661
<i>Based on Median and with adjusted df</i>	.195	1	44.673	.661
<i>Based on trimmed mean</i>	.240	1	48	.626

Berikutnya akan dilakukan uji hipotesis. Uji parametrik yang dipakai yaitu *independent sample t-test*. Uji tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh perangkat pembelajaran model *STEM-PjBL* terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Berdasarkan analisis data uji parametrik yaitu *independent sample t-test* didapat

hasil *sig* = 0,013 (*sig* < 0,05). Jadi kesimpulannya adalah perangkat pembelajaran model *STEM-PjBL* berpengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Hasil pengujian tersebut tercermin pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil uji t

	<i>Leven's Tes</i>				<i>t-test for Equality of Means</i>		
	<i>F</i>	<i>Sig.</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig. (2-tailed)</i>	<i>Mean Difference</i>	<i>Std. Error Difference</i>
<i>Equal variances assumed</i>	.297	.588	2.582	48	.013	10.16000	3.95070

Hasil analisis nilai *pre-test* dan *post-test* pada uji *t-test* menunjukkan pembelajaran menggunakan model *STEM-PjBL* terbukti bisa meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Berkaitan hasil penelitian, hasil tersebut didukung oleh beberapa penitian yang menunjukkan bahwa model *STEM-PjBL* terbukti bisa meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa (Dywan & Airlanda, 2020; Priatna et al., 2020; Sayekti & Suparman, 2020; Yanti et al., 2021).

Hasil penelitian ini didasarkan pada faktor-faktor berupa peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa melalui modul ajar, LKS, dan THB dengan mengacu pada sintaks model *STEM-PjBL*. Perangkat pembelajaran tersebut dapat digunakan untuk mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa kelas X SMK. Modul ajar, LKS, dan THB fokus pada

karakteristik dan prinsip-prinsip yang terdapat dalam model *STEM-PjBL*. Perangkat pembelajaran tersebut juga memprioritaskan pengembangan dan pengaruhnya terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.

Selama kegiatan pengujian perangkat pembelajaran model *STEM-PjBL* ditemukan bahwa mayoritas siswa mengikuti proses pembelajaran dengan sungguh-sungguh, menyenangi pelajaran matematika karena siswa menyelesaikan permasalahan yang ada menggunakan produk yang telah mereka buat. Hal itu sejalan dengan penelitian Pamungkas (2019) bahwa dengan pembelajaran *PjBL* siswa lebih banyak diberikan peran dalam menambah informasi untuk membantu mereka memahami konsep yang dikomunikasikan (Pamungkas et al., 2019). Siswa juga memiliki sikap yang baik sesuai arahan guru dan aktif dalam

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6184>

kegiatan eksplorasi dan pengembangan produk yang dibuat. Selain itu siswa juga menunjukkan partisipasi aktif dalam diskusi dengan kelompok Meskipun bahasa yang dipakai siswa dalam kegiatan diskusi terkadang masih menggunakan bahasa daerah. Motivasi siswa setelah memakai model STEM-PjBL secara umum terbukti lebih tinggi menggunakan model konvensional. Hal tersebut sesuai penelitian yang dilakukan oleh Tseng (2013) yaitu STEM-PjBL mendukung motivasi siswa untuk belajar dan memberi mereka kesempatan untuk memecahkan masalah dunia nyata (Tseng et al., 2013). Perangkat pembelajaran matematika model STEM-PjBL dapat disimpulkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Selama kegiatan pengujian perangkat pembelajaran model STEM-PjBL terdapat beberapa kekurangan dan kelebihan yang ada. hambatan. kekurangan yang dirasakan selama kegiatan uji coba terdiri dari belum terbiasa penggunaan teknologi yang berupa software desmos dan geogebra baik menggunakan komputer ataupun dengan handphone. Hal tersebut terjadi karena siswa SMK dalam kesehariannya, pembelajaran lebih banyak dilaksanakan di bengkel otomotif yang tidak membutuhkan komputer. Peneliti melakukan langkah solusi untuk yaitu dengan membimbing siswa dalam pengoperasian software desmos maupun geogebra dengan komputer baik secara langsung dengan lisan juga memberika modul langkah-langkah pengoperasian software yang dipakai.

Kelebihan perangkat pembelajaran model STEM-PjBL adalah a) Modul ajar disusun sesuai Kurikulum terbaru dengan menggunakan model STEM-PjBL yang

menyajikan langkah pembelajaran secara sistematis b) Materi dalam LKS relevan dengan permasalahan di lingkungan sekitar siswa, memberikan informasi yang lebih bermakna kepada siswa, c) Aktivitas siswa yang tersaji di LKS memberi kesempatan kepada siswa agar dengan mandiri membangun pengetahuan mulai dari membuat produk hingga menyelesaikan masalah yang ada melalui bimbingan guru untuk melatih siswa berpikir kritis yang sejalan pembelajaran matematika di kurikulum merdeka yang identik dengan pembelajaran konstruktivis. Penekanan pada siswa untuk menemukan sendiri pengetahuannya berdasarkan pengalaman belajarnya, d) penggunaan perangkat lunak desmos dan geogebra efektif untuk mempelajari fungsi kuadrat. Efeknya dapat dilihat dengan jelas pada kelas kontrol yaitu siswa dapat memahami dengan jelas lintasan bola yang ditembakkan oleh produk catapault buatan siswa.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan terdahulu, dapat disimpulkan perangkat pembelajaran yang dikembangkan untuk model STEM-PjBL telah valid, praktis, dan efektif sesuai kriteria. Selain hal tersebut, terkait uji *statistic independent sample t-test* hasilnya perangkat pembelajaran model STEM-PjBL berpengaruh signifikan terhadap peningkatan berpikir kritis siswa. Dari hasil survey, diperoleh respon siswa bahwa pembelajaran yang diberikan mampu mengaktifkan siswa pada kegiatan belajar mengajar.

Pada penelitian lanjut, direkomendasikan untuk mengembangkan materi lain dan membuat produk yang lebih kreatif yang mendukung pemahaman materi

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6184>

yang diajarkan. Selain itu, perlu memperluas daerah uji coba model ke beberapa sekolah, baik di level pendidikan dasar sampai ke level pendidikan menengah atas.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau Dari Gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202–212.
- Ahmad, D. N., Astriani, M. M., & Alfahnum, M. (2020). Analisis Mengukur Kemampuan Berpikir Kritis Melalui Pembelajaran Menggunakan Metode STEAM-PjBL. *Diskusi Panel Nasional Pendidikan Matematika*, 6(1).
- Astiantari, I., Pambudi, D.S., Oktavianingtyas, E., Trapsilasiwi, D., Murtikusuma, R.P. (2022). Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP dalam Menyelesaikan Masalah Matematika Ditinjau dari Adversity Quotient (AQ). *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*. 11(2), 1270-1281.
- Cahyani, G. P., & 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), 71–78.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, And Mathematics (STEM) Approach*. Springer Science & Business Media.
- Dywan, A. A., & Airlanda, G. S. (2020). Efektivitas Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis Stem Dan Tidak Berbasis STEM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Basicedu*, 4(2), 344–354.
- Furi, L. M. I., Handayani, S., & Maharani, S. (2018). Eksperimen Model Pembelajaran Project Based Learning Dan Project Based Learning Terintegrasi STEM Untuk Mengingkatkan Hasil Belajar Dan Kreativitas Siswa Pada Kompetensi Dasar Teknologi Pengolahan Susu. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 35(1), 49–60.
- Hadi, F. R. (2021). Efektifitas Model PBL Terintegrasi STEM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa Kelas V SD. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 5(3), 6644–6649.
- Hobri, H. (2010). Metodologi Penelitian Pengembangan (Aplikasi Pada Penelitian Pendidikan Matematika). *Jember: Pena Salsabila*.
- Ismayani, A. (2016). Pengaruh Penerapan STEM Project-Based Learning Terhadap Kreativitas Matematis Siswa SMK. *Indonesian Digital Journal of Mathematics and Education*, 3(4), 264–272.
- Jauhariyyah, F. R., Suwono, H., & Ibrohim, I. (2017). Science, Technology, Engineering And Mathematics Project Based Learning (STEM-PjBL) Pada Pembelajaran Sains. *Seminar Nasional Pendidikan IPA 2017*, 2.
- Lestari, D. A. B., Astuti, B., & Darsono, T. (2018). Implementasi LKS Dengan Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 4(2), 202–207.
- Pamungkas, I., Zubaidah, Z., & Ijuddin, R. (2019). Penerapan Model Project Based Learning Pada Materi Barisan Dan Deret Aritmatika Di SMK. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa*, 8(3).

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6184>

- Priatna, N., Lorenzia, S. A., & Muchlis, E. E. (2020). Pedesaan Pengembangan Model Project-Based Learning Terintegrasi Stem Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMP. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 20(3), 347–359.
- Rahardhian, A. (2019). Pengaruh Pembelajaran Pjbl Berbasis Stem Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Listrik Dinamis. *Jurnal Inovasi Penelitian Dan Pembelajaran Fisika*, 3(1), 1–9.
- Rush, D. L. (2016). Integrated STEM Education Through Project Based Learning. *Solution Manager at Learning Journal*, 1(10).
- Sayekti, A. M., & Suparman. (2020). Development Of PJBL-Based LKPD With STEM Approach Design To Improve Critical Thinking Skills. *International Journal Of Scientific & Technology Research*, 9(3), 3390–3394.
- Siew, N. M., Amir, N., & Chong, C. L. (2015). The Perceptions Of Pre-Service And In-Service Teachers Regarding A Project-Based STEM Approach To Teaching Science. *SpringerPlus*, 4(1), 1–20.
- Su, H. F. H., Ricci, F. A., & Mnatsakanian, M. (2016). Mathematical Teaching Strategies: Pathways To Critical Thinking And Metacognition. *International Journal of Research in Education and Science*, 2(1), 190–200.
- Sugiyono, P. (2015). Metode Penelitian Kombinasi (mixed methods). Bandung: Alfabeta, 28, 1–12.
- Sulistyani, N., & Retnawati, H. (2015). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Bangun Ruang Di SMP Dengan Pendekatan Problem-Based Learning. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 2(2), 197–210.
- Supratman, S., & Putri, A. (2021). Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Menggunakan Student Team Achievement Division Dan Learning Together. *Aksioma: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 10(2), 1284–1292.
- Tseng, K.-H., Chang, C.-C., Lou, S.-J., & Chen, W.-P. (2013). Attitudes Towards Science, Technology, Engineering And Mathematics (STEM) In A Project-Based Learning (PjBL) Environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87–102.
- Windasari, N. S. (2019). Pengaruh Model Project Based Learning Terintegrasi Stem (PjBL-STEM) Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Pada Materi Asam Dan Basa Kelas XI Di SMA Negeri 3 Surakarta Tahun Pelajaran 2018/2019. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 9(1), 47–53. <https://doi.org/https://doi.org/10.20961/jpkim.v9i1.33840>
- Yanti, S., Rahmatan, H., & Sarong, M. A. (2021). The Application of STEM Project-Based Learning Model to Improve Critical Thinking Skills and Learning Outcomes of Year 10 Students of MAS Darul Ihsan. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME)*, 11(4), 63–68.