

PENGEMBANGAN MODUL MATEMATIKA BERBASIS PBL BERBANTUAN AUGMENTED REALITY UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF SISWA SMA

Susilawati^{1*}, Ana Khofifahurizqi², Budi Manfaat³,
Berliani Dwitifani Hermanto⁴, Shinta Izatul Lailah⁵

^{1*,2,4,5}Institut Al-Bahjah Cirebon, Indonesia

³Universitas Islam Negeri Siber Syekh Nurjati, Cirebon, Indonesia

*Corresponding author: susilawati@staialbahjah.ac.id

Received 02 August 2025; Revised 24 April 2026; Accepted 25 June 2026

Abstrak

Masalah utama dalam pembelajaran matematika saat ini adalah rendahnya kemampuan berpikir kreatif siswa. Salah satu penyebabnya adalah keterbatasan bahan ajar yang mendukung pengembangan kemampuan berpikir kreatif. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru dan siswa di salah satu SMA Kabupaten Cirebon menunjukkan bahwa bahan ajar yang digunakan masih terbatas pada buku teks dan belum memanfaatkan media berbasis teknologi untuk mendukung kemampuan berpikir kreatif matematis siswa. Penelitian ini bertujuan mengembangkan modul matematika yang menggabungkan pendekatan *Problem Based Learning* (PBL) dengan berbantuan teknologi *Augmented Reality* (AR) untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa. Penelitian ini mengadopsi model pengembangan ADDIE yang mencakup lima langkah diantaranya *Analysis* (analisis), *Design* (Desain), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Implementasi), dan *Evaluation* (Evaluasi). Subjek penelitian ini 50 siswa kelas XII di salah satu SMA di Kabupaten Cirebon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan memperoleh validasi dari ahli materi sebesar 87% dan dari ahli media sebesar 85,3%, keduanya termasuk dalam kategori sangat valid. Modul ini juga dinilai praktis dengan skor kepraktisan mencapai 84,6%. Efektivitas modul ditunjukkan oleh nilai N-Gain sebesar 76% yang diperoleh dari hasil tes kemampuan berpikir kreatif matematis siswa melalui *pretest* dan *posttest*, sehingga termasuk dalam kategori efektif. Modul matematika berbantuan *Augmented Reality* berbasis *Problem Based Learning* ini menjadi salah satu bahan ajar inovatif untuk mendukung pengembangan kemampuan berpikir kreatif siswa.

Kata kunci: *Augmented Reality*; Berpikir Kreatif; Modul; *Problem Based Learning*.

Abstract

The main problem in mathematics learning today is the low level of students' creative thinking skills. One of the causes is the limited availability of teaching materials that support the development of creative thinking skills. Based on interviews with teachers and students at a high school in Cirebon Regency, it was shown that the teaching materials used were still limited to textbooks and had not utilized technology-based media to support students' mathematical creative thinking skills. This study aims to develop a mathematics module that combines the *Problem Based Learning* (PBL) approach with the assistance of *Augmented Reality* (AR) technology to improve students' creative thinking skills. This study adopted the ADDIE development model which includes five steps including *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, and *Evaluation*. The subjects of this study were 50 12th grade students at a high school in Cirebon Regency. The results showed that the developed module received validation from material experts of 87% and from media experts of 85.3%, both of which are included in the very valid category. This module was also considered practical with a practicality score reaching 84.6%. The effectiveness of the module is demonstrated by the N-Gain value of 76% obtained from the results of the students' mathematical creative thinking ability test through the *pretest* and *posttest*, so it is included in the effective category. This *Augmented Reality*-assisted mathematics module based on *Problem Based Learning* is one of the innovative teaching materials to support the development of students' creative thinking abilities..

Keywords: *Augmented Reality*; Creative Thinking; Module; *Problem Based Learning*.



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

PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong perubahan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk pendidikan. Pembelajaran matematika perlu bertransformasi agar mampu menyiapkan siswa yang adaptif, inovatif, dan memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi (Kim & Md-Ali, 2017). Pada abad ke-21, siswa tidak hanya dituntut menguasai rumus, tetapi juga mampu memodelkan masalah, berpikir sistematis, kritis, kreatif, memecahkan masalah, berkomunikasi, dan berkolaborasi (Szabo et al., 2020; English, 2023; Wanglang & Chatwattana, 2023).

Kemampuan berpikir kreatif adalah salah satu kemampuan berpikir tingkat tinggi yang sangat penting untuk dikembangkan dalam pembelajaran matematika di abad 21. Hal ini sesuai dengan Sirajudin et al. (2021) yang mengemukakan bahwa salah satu kemampuan penting untuk menghadapi abad ke-21 adalah kemampuan berpikir kreatif. Menurut Mursid et al. (2022) kemampuan untuk menghasilkan ide atau gagasan baru yang unik, bernilai, dan bermanfaat, baik dengan menciptakan hal baru maupun mengembangkan atau mengubah sesuatu yang sudah ada adalah kemampuan berpikir kreatif.

Kemampuan berpikir kreatif memiliki peranan penting dalam membekali siswa menghadapi tantangan dan menciptakan solusi inovatif di abad ini (Prayitno et al., 2026). Namun, berdasarkan hasil observasi awal yang dilakukan melalui pengamatan proses pembelajaran dan analisis tugas siswa pada tanggal 04 Desember 2024 di salah satu Sekolah Menengah Atas (SMA) di Kabupaten Cirebon menemukan bahwa 45% siswa memiliki kemampuan berpikir kreatif yang tergolong rendah. Kemampuan berpikir kreatif siswa diukur melalui tes, dan hasilnya menun-

jukkan bahwa siswa masih kesulitan menyelesaikan soal dengan lebih dari satu cara, sehingga kemampuan berpikir kreatifnya masih terbatas. Hal ini sejalan dengan temuan Nufus et al. (2024) yang menemukan bahwa kemampuan berpikir kreatif siswa sekolah menengah dalam konteks matematika masih tergolong rendah. Hasil penelitian Purwati dan Alberida (2022) juga menemukan bahwa siswa memiliki kemampuan berpikir kreatif yang rendah.

Rendahnya kemampuan berpikir kreatif siswa dipengaruhi oleh berbagai faktor. Salah satu faktornya yaitu penggunaan bahan ajar yang kurang inovatif dan belum mampu memfasilitasi pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi (Dwijayanti et al., 2020; Bicer et al., 2024). Bahan ajar konvensional cenderung berfokus pada penyampaian informasi dan latihan rutin, sehingga kurang mendorong siswa mengeksplorasi ide, menemukan alternatif solusi, dan mengembangkan orisinalitas berpikir. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru dan siswa salah satu SMA di Kabupaten Cirebon menunjukkan bahwa bahan ajar yang digunakan masih terbatas pada buku teks dan belum memanfaatkan media berbasis teknologi. Kondisi ini menyebabkan pembelajaran kurang interaktif dan belum mampu mengoptimalkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran.

Sehingga, salah satu upaya untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif yaitu dengan pengembangan bahan ajar yang berupa modul. Modul merupakan bahan ajar yang dirancang untuk membantu siswa belajar secara mandiri dalam mencapai kompetensi tertentu, dengan susunan materi, aktivitas pembelajaran, latihan, dan evaluasi yang tersusun secara sistematis (Andayani & Pratama, 2022). Modul

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i2.13889>

yang baik disusun secara sistematis dan fleksibel untuk mendukung belajar mandiri, dengan karakteristik mudah digunakan, memiliki konten yang berkualitas dan relevan dengan kurikulum, serta efektif dalam meningkatkan keterlibatan dan kemampuan siswa (Utami et al., 2025). Penggunaan modul dalam pembelajaran dapat membantu siswa belajar lebih cepat, memudahkan guru menyampaikan materi dan menjadi sumber belajar yang relevan dan efektif sesuai kebutuhan siswa (Nesri & Kristanto, 2020; Setiyani et al., 2022).

Agar modul dapat menstimulasi kemampuan berpikir kreatif, diperlukan model pembelajaran yang mendorong siswa aktif memecahkan masalah dan mengembangkan ide secara mandiri. Salah satu model yang relevan adalah *Problem Based Learning* (PBL). Model PBL menempatkan masalah sebagai inti pembelajaran dan mendorong siswa untuk berpartisipasi aktif dalam mengembangkan kemampuan berpikir, berkolaborasi, mencari informasi, serta menyusun argumen untuk mendukung solusi yang dihasilkan (Mashuri et al., 2025). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan PBL efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa (Simanjuntak et al., 2021; Yustina et al., 2022).

Penelitian terkait pengembangan modul berbasis PBL sudah banyak dilakukan, di antaranya penelitian oleh Aldo et al. (2021) yang menghasilkan modul pada materi statistika SMP. Penelitian Syahril et al. (2023) dan Asmar et al. (2024) mengembangkan modul untuk memfasilitasi kemampuan pemecahan masalah matematis. Meskipun menghasilkan produk yang valid dan praktis, penelitian tersebut umumnya belum mengintegrasikan teknologi interaktif dan masih berfokus pada kemampuan pemecahan masalah.

Salah satu teknologi terbaru yang dapat membantu pembelajaran interaktif dan kontekstual adalah *Augmented Reality* (AR). AR yaitu sistem teknologi yang lebih baru yang didefinisikan sebagai perpaduan teknologi dengan objek digital di dunia nyata (Dargan et al., 2023). Puspita et al. (2024) mengembangkan e-modul berbantuan AR untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis melalui pendekatan *design thinking*. Sementara itu, Fathoni et al. (2025) mengembangkan e-modul teori graf berbasis AR. Wilandari et al. (2024) mengintegrasikan PBL dan AR dalam e-modul matematika, tetapi kemampuan yang dikembangkan lebih diarahkan pada pemecahan masalah. Dengan demikian, integrasi PBL dan AR bukan sepenuhnya baru, tetapi penerapannya untuk mengembangkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa SMA masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul matematika berbantuan *Augmented Reality* berbasis PBL untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa SMA. Adapun kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi PBL dengan teknologi AR dalam bentuk modul interaktif yang dirancang untuk memfasilitasi pengembangan kemampuan berpikir kreatif melalui penyajian masalah kontekstual dan visualisasi konsep matematika secara interaktif.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan dan menguji kelayakan produk berupa modul pembelajaran. Desain penelitian yang digunakan mengacu pada model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Imple-*

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i2.13889>

mentation, dan *Evaluation*) (Setiyani et al., 2022). Model ADDIE memiliki alur yang linier namun tetap fleksibel dan iteratif, karena setiap langkah saling terhubung dan dapat diulang apabila ditemukan kekurangan atau kesalahan dalam proses pengembangan (Sunzuma & Umbara, 2025).

Langkah awal dalam penelitian pengembangan ini yaitu analisis. Langkah ini dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pengembangan modul melalui wawancara semi terstruktur kepada guru matematika dan siswa. Selain itu dilakukan analisis dokumen terhadap kurikulum yang digunakan, bahan ajar yang digunakan, dan karakteristik siswa.

Langkah desain mencakup penyusunan rancangan modul yang meliputi penentuan tujuan pembelajaran, penyusunan materi sesuai indikator, perancangan aktivitas berbasis PBL, serta desain tampilan modul berbantuan *Augmented Reality*. Pada langkah ini juga disusun instrumen penelitian, seperti lembar validasi ahli, angket praktikalitas, dan tes kemampuan berpikir kreatif matematis.

Langkah pengembangan dilakukan dengan mengembangkan modul sesuai rancangan yang telah dibuat, kemudian divalidasi oleh ahli materi dan ahli media. Validasi dilakukan menggunakan lembar validasi dengan skala Likert untuk menilai aspek kualitas materi, kebahasaan, tampilan, dan kemudahan penggunaan. Data hasil validasi dianalisis secara kuantitatif dengan menghitung skor rata-rata untuk menentukan tingkat kelayakan produk. Revisi dilakukan berdasarkan saran dan masukan dari para ahli.

Tahap implementasi dilakukan setelah modul dinyatakan valid oleh ahli materi dan ahli media. Pada tahap ini, modul diterapkan dalam pembelajaran

melalui uji coba terbatas dan uji coba luas. Uji coba terbatas dilakukan dengan meminta guru dan siswa menggunakan modul, mempelajari materi, mencoba fitur AR, mengerjakan aktivitas pembelajaran berbasis masalah, serta mengisi angket kepraktisan untuk menilai keterbacaan, kemudahan penggunaan, dan kemenarikan modul. Selanjutnya, uji coba luas dilakukan dengan menerapkan modul dalam pembelajaran di kelas, diawali dengan pemberian pretest dan diakhiri dengan posttest untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa.

Langkah terakhir yaitu evaluasi. Evaluasi dilakukan untuk mengetahui efektivitas modul berdasarkan hasil pretest dan posttest kemampuan berpikir kreatif siswa. Data dianalisis melalui ketuntasan klasikal dan uji *N-Gain* untuk melihat peningkatan kemampuan berpikir kreatif setelah penggunaan modul. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar untuk menentukan efektivitas modul dan melakukan penyempurnaan terhadap modul yang dikembangkan.

Subjek penelitian terdiri atas 4 guru matematika dan 50 siswa kelas XII yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Penelitian dilaksanakan di salah satu SMA di Kabupaten Cirebon (SMA X) dengan kriteria siswa aktif, bersedia mengikuti seluruh kegiatan, dan memiliki kemampuan heterogen. Sebanyak 13 siswa dilibatkan dalam uji coba kelompok kecil untuk mengukur kepraktisan modul, sedangkan 37 siswa lainnya dilibatkan dalam uji coba lapangan untuk mengukur efektivitas modul melalui pemberian *pretest* dan *posttest*. Siswa yang mengikuti uji coba kelompok kecil tidak dilibatkan kembali dalam uji coba lapangan sehingga kedua kelompok merupakan subjek yang berbeda. Selain itu, uji coba perorangan

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i2.13889>

melibatkan 4 guru matematika untuk menilai kepraktisan modul, sedangkan ahli materi dan ahli media dilibatkan sebagai validator untuk menilai kelayakan produk pada tahap pengembangan.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi lembar validasi ahli materi, lembar validasi ahli media, angket praktikalitas, dan tes. Penyusunan instrumen didasarkan pada kisi-kisi yang dikembangkan sesuai dengan aspek yang dinilai. Lembar validasi ahli materi terdiri atas 15 butir pernyataan yang mencakup aspek kualitas materi dan kebahasaan, sedangkan lembar validasi ahli media terdiri atas 15 butir pernyataan yang mencakup aspek tampilan fisik dan kemudahan penggunaan. Angket praktikalitas terdiri atas 15 butir pernyataan yang mencakup aspek kemudahan penggunaan, kejelasan materi, dan kemenarikan modul.

Selanjutnya, Instrumen tes berbentuk empat soal uraian yang dikembangkan berdasarkan indikator kemampuan berpikir kreatif matematis, yaitu *originality*, *flexibility*, *elaboration*, dan *fluency* (Toheri et al., 2020; Sbaih, 2023). Hasil pengujian menunjukkan bahwa instrumen tes valid dan memiliki koefisien reliabilitas sebesar 0,807 sehingga termasuk dalam kategori reliabel. Penskoran tes menggunakan rubrik dengan rentang skor 0–4 pada setiap indikator. Skor 0 diberikan apabila siswa tidak memberikan jawaban, sedangkan skor 1–4 diberikan berdasarkan tingkat ketepatan, kelengkapan, keberagaman strategi, keunikan jawaban, dan kerincian langkah penyelesaian.

Teknik analisis data yang dilakukan yaitu kuantitatif deskriptif. Kevalidan dan keparaktisan modul ditentukan dengan menghitung rata-rata nilai aspek yang diberikan oleh para ahli. Nilai rata-rata dari para ahli

dicocokkan dengan kriteria validitas dan praktikalitas modul seperti yang tersaji pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Kategori Kevalidan

Skor	Persentase (%)	Kategori
1	0 – 20	Tidak Valid
2	21 – 40	Kurang Valid
3	41 – 60	Cukup Valid
4	61 – 80	Valid
5	81 - 100	Sangat Valid

Adapted: (Usman et al., 2025)

Tabel 2. Kategori Kepraktisan

Persentase (%)	Kategori
0 – 54	Tidak Praktis
55 – 64	Kurang Praktis
65 – 79	Cukup Praktis
80 – 89	Praktis
90 - 100	Sangat Praktis

Adapted: (Olivia et al., 2024)

Selanjutnya, hasil tes yang didapatkan akan dianalisis menggunakan nilai *N-Gain* untuk mengukur keefektifan modul yang dikembangkan. Selanjutnya, nilai *N-Gain* menunjukkan akan diklasifikasikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Penentuan Tingkat Keefektifan

Nilai <i>N-Gain</i>	Kriteria
$76 \leq g \leq 100$	Efektif
$57 \leq g \leq 75$	Cukup Efektif
$41 \leq g \leq 56$	Kurang Efektif
$0 \leq g \leq 40$	Tidak Efektif

Adapted: (Musyafak et al., 2024)

Indikator keberhasilan modul yang dikembangkan jika rata-rata kevalidan lebih dari 60% dan kepraktisan lebih dari 79%. Sedangkan, untuk indikator keberhasilan keefektifan dari modul yang dikembangkan, jika memenuhi nilai *N-Gain* lebih dari atau sama dengan 76.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i2.13889>

Analisis statistik inferensial digunakan sebagai penguat hasil *N-Gain*. Normalitas data diuji menggunakan *Shapiro-Wilk*, kemudian perbedaan skor dianalisis dengan *paired-samples t-test* pada taraf signifikansi 0,05 dan interval kepercayaan 95%. Besarnya efek penggunaan modul dihitung menggunakan *Cohen's d*. Seluruh analisis dilakukan menggunakan *IBM SPSS Statistics*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pengembangan ini menghasilkan sebuah produk yang berupa modul matematika berbasis PBL berbantuan AR untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa. Prosedur penelitian menggunakan langkah model ADDIE, sebagai berikut.

1. Analysis (Analisis)

Hasil analisis menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kreatif siswa masih belum berkembang secara maksimal. Hal ini terlihat dari hasil tes awal yang menunjukkan bahwa 45% siswa berada pada kategori kemampuan berpikir kreatif rendah. Selain itu, pembelajaran matematika masih cenderung berpusat pada guru, sehingga siswa belum banyak memperoleh kesempatan untuk mengeksplorasi ide, menemukan berbagai strategi penyelesaian, dan mengembangkan solusi secara mandiri.

Kurikulum yang diterapkan di sekolah yang diteliti yaitu kurikulum merdeka, sehingga materi yang disajikan dalam modul menyesuaikan dengan kurikulum yang diterapkan. Kemudian, bahan ajar yang digunakan masih berupa buku teks dan belum mengintegrasikan teknologi. Sehingga, siswa membutuhkan bahan ajar yang dapat mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, memudahkan siswa belajar mandiri, dan mengintegrasikan teknologi.

Menurut Mustadi et al. (2021) peneliti harus secara menyeluruh menganalisis kebutuhan peserta didik, merumuskan tujuan pembelajaran, mengidentifikasi potensi hambatan, serta mengevaluasi sumber daya yang ada guna menjamin bahwa desain pembelajaran yang dibuat benar-benar selaras dengan konteks dan karakteristik lingkungan belajarnya. Sehingga pada langkah analisis ini, peneliti mengidentifikasi kebutuhan siswa untuk merancang modul yang sesuai dengan karakteristik siswa dan kurikulum. Hasil analisis ini menjadi dasar penyusunan modul yang mendukung pembelajaran berpusat pada siswa, mengembangkan kemampuan berpikir kreatif, dan memanfaatkan teknologi.

2. Design (Desain)

Pada langkah ini dilakukan perancangan modul sesuai dengan hasil pada langkah analisis. Menurut Anggraini et al. (2026) langkah ini merupakan langkah krusial dalam pengembangan modul yang mencakup proses merinci dan merancang konstruksi materi secara sistematis berdasarkan keseluruhan proses pengembangan dan implementasi yang telah direncanakan. Rancangan modul mencakup judul, kata pengantar, daftar isi, peta konsep, petunjuk penggunaan modul, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, pendahuluan, kegiatan pembelajaran, materi, contoh soal, latihan, tugas *prototype*, *posttest*, dan daftar pustaka. Pemilihan komponen tersebut didasarkan pada prinsip penyusunan bahan ajar yang sistematis dan berorientasi pada pembelajaran mandiri. Kegiatan pembelajaran disesuaikan dengan sintak model PBL yang diintegrasikan dalam modul. Komponen seperti peta konsep dan tujuan pembelajaran bertujuan membantu siswa memahami keterkaitan

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i2.13889>

antar materi, sedangkan kegiatan pembelajaran, contoh soal, dan latihan dirancang untuk memfasilitasi keterlibatan aktif siswa dalam membangun pemahaman. Selain itu, tugas *prototype* dan *posttest* digunakan untuk mengukur serta mengembangkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa. Pada langkah ini juga dirancang angket dan tes yang akan digunakan dalam penelitian.

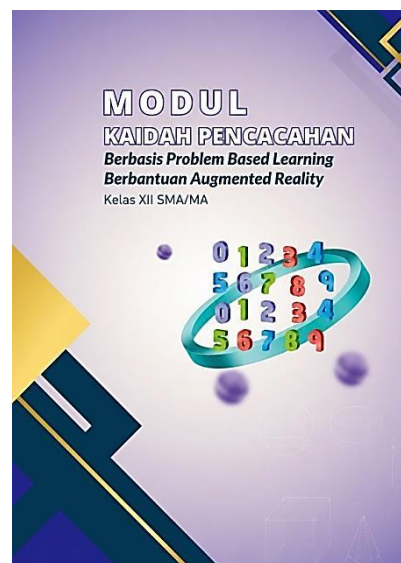
3. Development (Pengembangan)

Rancangan yang telah disusun kemudian digunakan sebagai acuan dalam pembuatan modul dengan mengembangkan setiap komponen yang telah direncanakan pada tahap desain. Komponen judul berfungsi memberikan identitas modul, kata pengantar memuat tujuan dan gambaran umum penggunaan modul, sedangkan daftar isi memudahkan navigasi pengguna. Peta konsep disusun untuk menunjukkan hubungan antar materi, sementara petunjuk penggunaan membantu siswa dan guru dalam mengoperasikan modul serta fitur *Augmented Reality*. Capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran dirancang sebagai arah kompetensi yang harus dicapai siswa. Bagian kegiatan pembelajaran berisi langkah-langkah pembelajaran berbasis Problem Based Learning, sedangkan materi, contoh soal, dan latihan disusun secara bertahap untuk memperkuat pemahaman konsep. Tugas *prototype* dirancang untuk melatih kreativitas dan pemecahan masalah siswa, sedangkan *posttest* digunakan untuk mengukur capaian belajar akhir.

Menurut Asmianto et al. (2022) langkah ini dilakukan pengorganisasian materi pembelajaran berdasarkan metode penyampaian yang telah dipilih selama tahap desain, dengan tujuan menghasilkan modul yang sesuai

dengan tujuan pembelajaran. Pembuatan modul menggunakan aplikasi *Microsoft Word*, *Unity* dan *Canva*. *Microsoft Word* digunakan untuk menyusun struktur isi modul dengan memanfaatkan fitur styles untuk konsistensi format judul dan subjudul, tabel konten otomatis untuk daftar isi, tabel untuk tata letak latihan, serta penyisipan gambar dan persamaan matematika. Fitur AR dikembangkan menggunakan *Unity* dengan jenis *marker-based AR*. Marker ditempatkan pada bagian tertentu dalam modul dan dipindai menggunakan kamera perangkat Android. Setelah marker terdeteksi, aplikasi menampilkan objek digital yang memvisualisasikan konsep kaidah pencacahan, seperti diagram pohon, susunan objek, permutasi, dan kombinasi.

Sementara itu, *Canva* digunakan untuk mendesain sampul, ikon, ilustrasi, kombinasi warna, dan tata letak visual agar modul lebih menarik, komunikatif, dan mudah dipahami siswa. Beberapa tampilan modul disajikan pada Gambar 1 sampai Gambar 5.



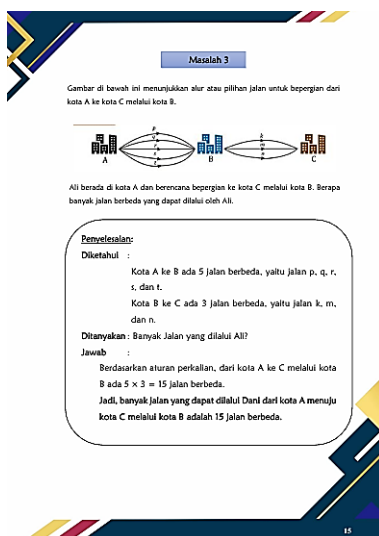
Gambar 1. Cover Modul

DAFTAR ISI	
Kata Pengantar.....	2
Daftar Isi.....	3
Peta Konsep.....	4
Petunjuk Penggunaan E-modul.....	5
Capaian dan Tujuan Pembelajaran.....	6
Pendahuluan.....	7
Kegiatan Pembelajaran 1: Aturan perkalian.....	8
Tugas.....	17
Kegiatan Pembelajaran 2: Aturan penjumlahan.....	18
Tugas.....	22
Kegiatan Pembelajaran 3: Definisi dan Notasi Faktorial.....	23
Latihan.....	25
Kegiatan Pembelajaran 4: Permutasi.....	26
Tugas.....	40
Kegiatan Pembelajaran 6: Kombinasi.....	43
Tugas.....	47
Daftar Pustaka.....	48

Gambar 2. Daftar Isi



Gambar 3. Kegiatan Pembelajaran



Gambar 4. Contoh soal



Gambar 5. Aplikasi AR

Selanjutnya, modul yang sudah dibuat berdasarkan rancangan di atas dilakukan validasi oleh para ahli diantaranya yaitu validasi ahli materi dan media. Menurut Aulia dan Prahmana (2022) proses validasi ahli dilakukan untuk memastikan bahwa konten materi dan media telah divalidasi sebelum uji coba, dan hasilnya digunakan untuk memulai revisi awal produk. Validator ahli materi terdiri dari guru matematika dan dosen matematika yang berjumlah empat orang. Validator ahli media terdiri dari guru dan staf IT yang berjumlah tiga orang. Berikut disajikan pada Tabel.5 hasil validasi dari para ahli.

Tabel 5. Hasil Validasi Ahli Materi dan Media

Validator	Rata-Rata	Kategori
Ahli Materi	87%	Sangat Valid
Ahli Media	85,3%	Sangat Valid
Keseluruhan	86,15%	Sangat Valid

Hasil validasi menunjukkan bahwa aspek materi dan media pada modul berada dalam kategori sangat valid, sehingga modul telah memenuhi kelayakan isi, tampilan, dan penggunaan sebagai bahan ajar. Tingginya skor

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i2.13889>

validitas mengindikasikan bahwa komponen modul telah sesuai dengan kebutuhan pembelajaran, terutama dari segi kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, kejelasan penyajian, serta integrasi fitur pendukung pembelajaran.

Meskipun demikian, kategori sangat valid tidak berarti produk bebas dari kekurangan. Masukan validator terkait perbaikan tata tulis dan pemilihan jenis huruf menunjukkan bahwa aspek keterbacaan dan daya tarik visual masih perlu dioptimalkan. Dalam konteks bahan ajar mandiri, keterbacaan dan tampilan visual berperan penting karena memengaruhi kenyamanan belajar, fokus perhatian, dan motivasi siswa saat menggunakan modul secara mandiri. Oleh karena itu, revisi yang dilakukan tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga strategis untuk meningkatkan kualitas pengalaman belajar pengguna. Sehingga, proses validasi pada penelitian ini berfungsi tidak hanya menilai kelayakan produk, tetapi juga menyempurnakan modul agar lebih efektif ketika diimplementasikan di kelas.

4. Implementation (Implementasi)

Modul yang telah direvisi kemudian diuji coba secara terbatas untuk mengetahui tingkat praktikalitasnya. Uji coba terbatas terdiri atas uji coba perorangan dan uji coba kelompok terbatas. Uji coba perorangan dilakukan terhadap empat orang guru matematika SMA dari sekolah yang berbeda, sedangkan uji coba kelompok terbatas dilakukan pada 13 siswa kelas XII.

Penilaian praktikalitas dilakukan berdasarkan beberapa aspek, yaitu kemudahan penggunaan, kejelasan materi, dan kemenarikan modul. Aspek kemudahan penggunaan mencakup kemudahan mengoperasikan modul, mengakses fitur *Augmented Reality*, serta mengikuti petunjuk yang tersedia.

Aspek kejelasan materi meliputi keterbacaan bahasa, sistematika penyajian, dan kemudahan memahami konsep yang disampaikan. Sementara itu, aspek kemenarikan modul mencakup desain tampilan, ilustrasi, dan warna modul.

Selanjutnya, hasil uji coba terbatas disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Coba Terbatas

Praktikalitas	Rata-Rata	Kategori
Perorangan	86%	Praktis
Kelompok Kecil	83,2%	Praktis
Keseluruhan	84,6%	Praktis

Tabel 6 menunjukkan bahwa hasil uji coba terbatas menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan termasuk dalam kategori praktis. Secara keseluruhan, modul tersebut memenuhi persyaratan yang valid dan praktis, sehingga layak untuk diuji dalam uji coba secara luas.

Uji coba secara luas dilakukan pada 37 siswa kelas XII di salah satu SMA di Kabupaten Cirebon selama delapan kali pertemuan. Sebelum pembelajaran dimulai, siswa diberikan *pretest* untuk mengukur kemampuan awal berpikir kreatif matematis. Selama pembelajaran, siswa terlebih dahulu memasang aplikasi AR pada perangkat Android, kemudian membuka aplikasi dan mengarahkan kamera pada marker yang tersedia dalam modul. Objek AR yang muncul diamati dan dieksplorasi sebagai sumber informasi dalam menyelesaikan masalah berbasis PBL. Siswa kemudian melaksanakan seluruh aktivitas pembelajaran, latihan, dan tugas *prototype* yang terdapat dalam modul. Tampilan objek AR pada modul disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan objek AR

Rata-rata nilai tugas siswa yang diperoleh dari proses pembelajaran adalah 85,08. Hasil ini menunjukkan bahwa siswa secara umum telah berhasil melebihi Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 70. Setelah seluruh kegiatan pembelajaran selesai, siswa diberikan *posttest* untuk mengukur peningkatan kemampuan berpikir kreatif matematis setelah menggunakan modul berbasis PBL berbantuan AR.

5. Evaluation (Evaluasi)

Langkah terakhir penelitian ini yaitu evaluasi. Evaluasi dilakukan dengan melihat hasil *pretest* (sebelum implementasi modul) dan *posttest* (Setelah implementasi modul) yang diberikan kepada siswa. Hasil *posttest* menunjukkan bahwa ketuntasan klasikal mencapai 80, 38%. Selanjutnya, Efektivitas modul selanjutnya dianalisis berdasarkan peningkatan skor *pretest* dan *posttest*.

Uji normalitas *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa data *pretest* ($p = 0,151$) dan *posttest* ($p = 0,079$) berdistribusi normal karena nilai signifikansinya lebih dari 0,05. Oleh karena itu, analisis dilanjutkan menggunakan *paired-samples t-test*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata skor meningkat dari 31,89 ($SD = 13,737$) pada *pretest* menjadi 81,76 ($SD = 11,509$) pada *posttest*. Peningkatan rata-

rata sebesar 49,865 tersebut signifikan secara statistik, $t(36) = 19,654$, $p < 0,001$, dengan interval kepercayaan 95% [44,719; 55,010]. Nilai *Cohen's d* sebesar 3,23 menunjukkan ukuran efek yang sangat besar. Selain itu, nilai *N-Gain* sebesar 0,757. Nilai tersebut termasuk dalam kategori tinggi karena berada pada rentang lebih dari 0,70. Persentase *N-Gain* sebesar 76% menunjukkan bahwa modul matematika berbasis PBL yang berbantuan AR efektif dalam meningkatkan kemampuan kreatif siswa di kelas XII.

Analisis tiap indikator kemampuan berpikir kreatif matematis dilakukan berdasarkan rata-rata skor *posttest* dengan rentang skor 0–4. Hasil analisis menunjukkan bahwa indikator *elaboration* memperoleh rata-rata tertinggi sebesar 3,62, diikuti *fluency* sebesar 3,56, *originality* sebesar 3,41, dan *flexibility* sebesar 3,16. Skor *elaboration* yang lebih tinggi menunjukkan bahwa siswa telah mampu menguraikan langkah penyelesaian secara lengkap, rinci, dan sistematis. Sementara itu, skor *flexibility* yang lebih rendah menunjukkan bahwa kemampuan siswa dalam menggunakan beragam strategi atau cara penyelesaian masih perlu diperkuat.

Berdasarkan hasil validitas, praktikalitas, dan efektivitas, modul yang dikembangkan memenuhi kriteria sangat valid, praktis, dan menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa. Salah satu keunggulan dari modul yang dikembangkan ini yaitu berbasis *Problem Based Learning* (PBL). Menurut Sugianto (2025) modul berbasis masalah menyediakan sumber belajar yang inovatif bagi siswa, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih menarik, efektif, dan mendorong keterlibatan aktif siswa dalam mencapai tujuan pembelajaran.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i2.13889>

Sejalan dengan hal itu, Az-zahra et al. (2023) mengemukakan bahwa modul matematika berbasis masalah menyajikan materi yang berkaitan dengan kehidupan nyata siswa, sehingga siswa aktif dalam pembelajaran, dan dapat melatih kemampuan berpikir siswa.

Juanda dan Festiyed (2023) mengemukakan bahwa modul pembelajaran berbasis PBL memainkan peran penting dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif. Hal ini sesuai dengan Dina et al. (2022) yang mengemukakan bahwa penggunaan modul berbasis PBL yang digunakan dalam proses pembelajaran mampu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa. Sehingga, integrasi modul pembelajaran berbasis *Problem Based Learning* tidak hanya memperkuat pemahaman konsep, tetapi juga mendorong siswa untuk mengembangkan ide-ide atau gagasan-gagasan baru secara inovatif dalam memecahkan suatu masalah kontekstual yang siswa hadapi di kelas.

Keunggulan lainnya pada modul ini terletak pada pemanfaatan teknologi baru yaitu *Augmented Reality*. *Augmented Reality* dapat menarik minat siswa untuk belajar matematika. Papanastasiou et al. (2019) mengemukakan bahwa *Augmented Reality* terbukti mendukung integrasi teknologi serta penguatan kemampuan abad ke-21, yang meliputi komunikasi, kolaborasi, berpikir kreatif, berpikir kritis, dan kerjasama. Selain itu, penggunaan AR efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa (Arifuddin et al., 2022). Hal ini sejalan dengan Richardo et al. (2023) yang mengemukakan bahwa bahan ajar yang diintegrasikan dengan AR dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa dalam pelajaran matematika.

AR juga dinilai efektif meningkatkan minat dan keterlibatan siswa sekaligus mempermudah penguasaan konsep matematika kompleks dibandingkan pembelajaran konvensional (Demitriadou et al., 2020; Rossano et al., 2020). Menurut Nadzri et al. (2023) AR dapat menjadi pilihan sebagai solusi untuk mengatasi kekurangan media sekaligus mendorong terciptanya pembelajaran yang lebih efektif. Sehingga, integrasi AR dalam modul yang dikembangkan ini tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu secara visual, tetapi juga sebagai sarana pedagogis yang mampu menciptakan pengalaman belajar yang bermakna. Hal ini memberikan peluang bagi siswa dalam membangun pemahaman konsep secara lebih mendalam melalui eksplorasi langsung, sehingga mendukung tercapainya tujuan pembelajaran yang bermakna dan berkelanjutan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa modul berbasis PBL berbantuan AR berkontribusi pada seluruh aspek berpikir kreatif. Skor *elaboration* sebesar 3,62 menunjukkan bahwa modul membantu siswa merinci langkah penyelesaian, sedangkan *fluency* sebesar 3,56 mencerminkan kemampuan menghasilkan beragam ide melalui masalah kontekstual dan visualisasi (Bicer et al., 2024; Wang et al., 2024). Skor *originality* sebesar 3,41 menunjukkan munculnya gagasan yang lebih beragam melalui eksplorasi AR dan tugas prototype (Puspita et al., 2024). Sementara itu, *flexibility* memperoleh skor terendah sebesar 3,16 sehingga modul masih perlu diperkuat dengan soal terbuka yang menuntut penggunaan lebih dari satu strategi penyelesaian (Wijayanti et al., 2022).

Kombinasi antara PBL dan pemanfaatan AR dalam modul ini saling melengkapi. PBL mendorong siswa

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i2.13889>

untuk aktif memecahkan masalah kontekstual, sementara AR memberikan visualisasi konkret yang membantu siswa memahami konsep yang abstrak menjadi lebih mudah dan menarik. Kombinasi keduanya terbukti mampu meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan kemampuan berpikir kreatif siswa. Hal ini sesuai dengan Wilandari et al. (2024) yang mengemukakan bahwa kombinasi PBL dan AR yang terdapat dalam modul yang memuat inovasi fitur video, kuis interaktif, game dan konten AR terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa. Sehingga, integrasi ini juga memungkinkan pembelajaran bersifat *student-centered* dengan memperkaya pengalaman belajar melalui eksplorasi, interaksi, dan kolaborasi, sehingga lebih sesuai dengan karakteristik pembelajaran abad ke-21.

Sejalan itu, desain modul juga dibuat sangat menarik, membuat siswa tidak mudah bosan selama mempelajari materi. Modul ini disusun dengan bahasa yang sederhana, mudah dipahami dan kompatibel dengan hampir semua *smartphone* android, sehingga mudah diakses oleh pengguna. Sehingga, kombinasi pendekatan PBL dan pemanfaatan teknologi AR dalam modul ini tidak hanya meningkatkan kualitas pembelajaran, tetapi juga menjawab kebutuhan pembelajaran modern yang adaptif, interaktif, dan berpusat pada siswa.

Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi modul berbasis PBL dan AR dapat menjadi alternatif bahan ajar inovatif bagi guru dalam menciptakan pembelajaran matematika yang lebih kontekstual dan bermakna. Bagi siswa, penggunaan modul ini berpotensi meningkatkan keterlibatan belajar, kemandirian, serta kemampuan berpikir kreatif melalui eksplorasi

masalah dan visualisasi konsep matematika secara interaktif. Secara praktis, hasil penelitian ini juga memberikan rujukan bagi sekolah untuk mengembangkan transformasi pembelajaran berbasis teknologi yang tetap berorientasi pada pencapaian kompetensi abad ke-21.

KESIMPULAN

Penelitian pengembangan ini menghasilkan sebuah produk berupa modul matematika berbantuan *Augmented Reality* (AR) berbasis *Problem Based Learning* (PBL) yang valid dan praktis dengan persentase masing-masing sebesar 86,15% (sangat valid) dan 84,6% (praktis). Modul ini juga efektif meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa kelas XII, ditunjukkan oleh peningkatan skor yang signifikan ($p < 0,001$), ukuran efek sangat besar (*Cohen's d* = 3,23), dan nilai *N-Gain* sebesar 76% dalam kategori tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan layak digunakan sebagai alternatif bahan ajar inovatif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran matematika dan kemampuan berpikir kreatif siswa.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Uji coba produk masih dilakukan pada satu sekolah dengan jumlah subjek terbatas, sehingga generalisasi hasil penelitian ke konteks sekolah lain perlu dilakukan secara hati-hati. Selain itu, implementasi modul masih difokuskan pada materi tertentu dan penggunaan perangkat berbasis Android, sehingga belum mencakup keragaman materi maupun perangkat digital lainnya. Durasi implementasi yang terbatas juga belum sepenuhnya menggambarkan dampak penggunaan modul dalam jangka panjang terhadap perkembangan kemampuan berpikir kreatif siswa.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i2.13889>

Saran pengembangan selanjutnya tidak hanya berfokus pada perluasan kompatibilitas teknologi, tetapi juga pada penguatan aspek pedagogis. Modul perlu dikembangkan dengan menambahkan aktivitas kolaboratif, pertanyaan reflektif, dan tugas berbasis proyek yang lebih menantang agar dapat semakin mendorong kreativitas, komunikasi, dan pemecahan masalah siswa. Selain itu, guru perlu menyesuaikan penggunaan modul dengan karakteristik siswa, tingkat kesiapan belajar, serta konteks kelas agar implementasi pembelajaran menjadi lebih optimal. Dari sisi teknologi, pengembangan lanjutan juga dapat diarahkan pada kompatibilitas dengan sistem operasi iOS agar jangkauan penggunaannya lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldo, N., Revita, R., & Nurdin, E. (2021). Pengembangan Modul Berbasis Problem Based Learning pada Materi Statistika SMP Kelas VIII. *JRPM (Jurnal Review Pembelajaran Matematika)*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.15642/jrpm.2021.6.2.115-129>
- Andayani, S., & Pratama, Y. (2022). Pengembangan Modul Matematika Dasar Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i1.4806>
- Anggraini, K., Ariyanti, G., & Susilaningsih, C. Y. (2026). Developing AI-Based Mathematics Learning Media to Foster Learning Independence in Early Childhood Education: An ADDIE-Based Study. *European Journal of Educational Research*, 15(3), 843–853. <https://doi.org/10.12973/eujer.15.3.843>
- Arifuddin, A., Wahyudin, W., Prabawanto, S., Yasin, M., & Elizanti, D. (2022). The Effectiveness of Augmented Reality-Assisted Scientific Approach to Improve Mathematical Creative Thinking Ability of Elementary School Students. *Al Ibtida: Jurnal Pendidikan Guru MI*, 9(2), 444–455. <https://doi.org/10.24235/al.ibtida.snj.v9i2.11647>
- Asmar, S. E., Armianti, A., Arnawa, I. M., & Yarman, Y. (2024). Pengembangan Modul Ajar Matematika Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Kelas VII SMP. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 13(1), 304–314. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i1.8368>
- Asmianto, Hafiih, M., Rahmadani, D., Pusawidjayanti, K., & Wahyuningsih, S. (2022). Developing Android-Based Interactive E-Modules on Trigonometry to Enhance the Learning Motivation of Students. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 16(02), 159–170. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i02.27503>
- Aulia, E. T., & Prahmana, R. C. I. (2022). Developing Interactive E-Module Based on Realistic Mathematics Education Approach

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i2.13889>

- and Mathematical Literacy Ability. *Jurnal Elemen*, 8(1), 231–249.
<https://doi.org/10.29408/jel.v8i1.4569>
- Az-zahra, F. A., Lukman, H. S., & Balkist, P. S. (2023). Development of PBL-Based Mathematics Teaching Modules to Improve The Mathematical Critical Thinking Skills of Elementary School Students. *INOMATIKA*, 5(2), 131–150.
<https://doi.org/10.35438/inomatika.v5i2.392>
- Bicer, A., Aleksani, H., Butler, C., Jackson, T., Smith, T. D., & Bostick, M. (2024). Mathematical creativity in upper elementary school mathematics curricula. *Thinking Skills and Creativity*, 51, 101462.
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101462>
- Dargan, S., Bansal, S., Kumar, M., Mittal, A., & Kumar, K. (2023). Augmented Reality: A Comprehensive Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 30(2), 1057–1080.
<https://doi.org/10.1007/s11831-022-09831-7>
- Demitriadou, E., Stavroulia, K.-E., & Lanitis, A. (2020). Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Education and Information Technologies*, 25(1), 381–401.
<https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5>
- Dina, R., Asmar, A., Yerizon, Y., & Syarifuddin, H. (2022). Improving Students' Mathematical Critical and Creative Thinking Skills Through Problem Based Learning (PBL) E-Module Development. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 36(1), 116–126.
<https://doi.org/10.52155/ijpsat.v36.1.4763>
- Dwijayanti, I., Nugroho, A. A., & Pratiwi, Y. I. (2020). Meta-analysis: Effect of problem approach and inquiry approach toward students' mathematical critical thinking skill over the past 4 years. *Al-Jabar : Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(1), 1–10.
<https://doi.org/10.24042/ajpm.v11i1.4944>
- English, L. D. (2023). Ways of thinking in STEM-based problem solving. *ZDM – Mathematics Education*, 55(7), 1219–1230.
<https://doi.org/10.1007/s11858-023-01474-7>
- Fathoni, M. I. A., Kurniawati, N., Darmawan, P., & Lestari, I. W. (2025). Augmented Reality-Based Graph Theory e-Module for Problem-Solving. *The International Journal of Science, Mathematics and Technology Learning*, 33(1), 227–251.
<https://doi.org/10.18848/2327-7971/CGP/v33i01/227-251>
- Juanda, F., Festiyed, F., Asrizal, A., & Dewi, W. S. (2023). The Effect of Electronic Modules Based on Problem-Based Learning on Creative Thinking Ability. *Physics Learning and Education*, 1(2), 211–216.
<https://doi.org/10.24036/ple.v1i4.75>
- Kim, K. M., & Md-Ali, R. (2017). Geogebra: Towards realizing 21st century learning in mathematics education. *Malaysian Journal of Learning and Instruction, (Special*

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i2.13889>

- Issue), 93–115.
<https://doi.org/10.32890/mjli.2017.7799>
- Mashuri, S., Tahmir, S., Talib, A., & Ihsan, H. (2025). Problem-Based Learning in Mathematics Education: A Bibliometric Analysis of Key Trends and Future Directions in the Last Decade. *Educational Process: International Journal*, 18(e2025419)
<https://doi.org/10.22521/edupij.2025.18.419>
- Mursid, R., Saragih, A. H., & Hartono, R. (2022). The Effect of the Blended Project-Based Learning Model and Creative Thinking Ability on Engineering Students' Learning Outcomes. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 10(1), 218–235.
<https://eric.ed.gov/?id=EJ1330386>
- Mustadi, A., Sayekti, O. M., Rochmah, E. N., Zubaidah, E., Sugiarsih, S., & Schulze, K. M. (2021). Pancalis: Android-based leaning media for early reading in new normal. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 41(1), 71–82.
<https://doi.org/10.21831/cp.v41i1.45883>
- Musyafak, M., Supandi, S., Wardani, B., & Pramadyahsari, A. S. (2024). Efektifitas Penerapan Pembelajaran Kontekstual Untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Numerasi Peserta Didik SMKN 7 Semarang. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Matematika Sekolah (JP2MS)*, 8(2), 167–176.
<https://doi.org/10.33369/jp2ms.8.2.167-176>
- Nadzri, A. Y. N. M., Ayub, A. F. M., & Zulkifli, N. N. (2023). The Effect of Using Augmented Reality Module in Learning Geometry on Mathematics Performance among Primary Students. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(9), 1478–1486.
<https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.9.1952>
- Nesri, F. D. P., & Kristanto, Y. D. (2020). Pengembangan Modul Ajar Berbantuan Teknologi untuk Mengembangkan Kecakapan Abad 21 Siswa. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 9(3), 480–492.
<https://doi.org/10.24127/ajpm.v9i3.2925>
- Nufus, H., Muhandaz, R., Hasanuddin, Nurdin, E., Ariawan, R., Fineldi, R. J., Hayati, I. R., & Situmorang, D. D. B. (2024). Analyzing the students' mathematical creative thinking ability in terms of self-regulated learning: How do we find what we are looking for? *Heliyon*, 10(3).
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24871>
- Olivia, N., Fitria, Y., Ahmad, S., Rakimahwati, R., & Sayfulluoh, I. A. (2024). Developing Interactive Learning Media Based on Realistic Mathematics Education for Merdeka Curriculum in Elementary Schools. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 13(1), 63–74.
<https://doi.org/10.31980/mosharafa.v13i1.1976>
- Papanastasiou, G., Drigas, A., Skianis, C., Lytras, M., & Papanastasiou, E. (2019). Virtual and augmented reality effects on K-12, higher and tertiary education students' twenty-first century skills. *Virtual Reality*, 23(4), 425–436.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i2.13889>

- <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0363-2>
- Prayitno, A., Hamid, A., & Sulistiyah, N. (2026). How game–project learning enhances creative thinking in elementary geometry? *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 15(2), 1698–1710.
<https://doi.org/10.11591/ijere.v15i2.38692>
- Purwati, S., & Alberida, H. (2022). Profile of Students' Creative Thinking Skills in High School. *Thinking Skills and Creativity Journal*, 5(1), 22–27.
<https://doi.org/10.23887/tscj.v5i1.45432>
- Puspita, G., Pasaribu, F. T., & Ramalisa, Y. (2024). Pengembangan E-Modul Berbasis Proyek Design Thinking Berbantuan Augmented Reality (AR) Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 13(3), 826–837.
<https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i3.8786>
- Richardo, R., Wijaya, A., Rochmadi, T., Abdullah, A. A., Nurkhamid, Astuti, A. W., & Hidayah, K. N. (2023). Ethnomathematics Augmented Reality: Android-Based Learning Multimedia to Improve Creative Thinking Skills on Geometry. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(4), 731–737.
<https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.4.1860>
- Rossano, V., Lanzilotti, R., Cazzolla, A., & Roselli, T. (2020). *Augmented Reality to Support Geometry Learning*.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3000990>
- Sbaih. (2023). Creative thinking in students of mathematics in universities and its relationship with some variables. *Perspektiv nauki i obrazovanja – Perspectives of Science and Education*, 64(4), 108–124.
<https://doi.org/10.32744/pse.2023.4.7>
- Setiyani, Waluya, S. B., Sukestiyarno, Y. L., & Cahyono, A. N. (2022). E-Module Design Using Kvisoft Flipbook Application Based on Mathematics Creative Thinking Ability for Junior High Schools. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 16(04), 116–136.
<https://doi.org/10.3991/ijim.v16i04.25329>
- Simanjuntak, M. P., Hutahaean, J., Marpaung, N., & Ramadhani, D. (2021). Effectiveness of problem-based learning combined with computer simulation on students' problem-solving and creative thinking skills. *International Journal of Instruction*, 14(3), 519–534.
<https://doi.org/10.29333/iji.2021.14330a>
- Sirajudin, N., Suratno, J., & Pamuti. (2021). Developing creativity through STEM education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1), 012211.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012211>
- Sugianto, S. B. W. (2025). Problem-Based Learning based on Electronic Module: Students' Mathematical Communication Process in terms of Cognitive Style. *Educational Process:*

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i2.13889>

- International Journal*.
<https://doi.org/10.22521/edupij.2025.16.222>
- Sunzuma, G., & Umbara, U. (2025). Ethnomathematics-based technology in Indonesia: A systematic review. *Asian Journal for Mathematics Education*, 4(1), 129–153.
<https://doi.org/10.1177/27527263241305812>
- Syahril, R. F., Saragih, S., & Suanto, E. (2023). Pengembangan Modul Ajar Berbasis Problem Based Learning Untuk Memfasilitasi Kecakapan Pemecahan Masalah Matematis. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 12(2), 1987–1997.
<https://doi.org/10.24127/ajpm.v12i2.6923>
- Szabo, Z. K., Körtesi, P., Guncaga, J., Szabo, D., & Neag, R. (2020). Examples of Problem-Solving Strategies in Mathematics Education Supporting the Sustainability of 21st-Century Skills. *Sustainability*, 12(23).
<https://doi.org/10.3390/su122310113>
- Toheri, Winarso, W., & Haqq, A. A. (2020). Where Exactly for Enhance Critical and Creative Thinking: The Use of Problem Posing or Contextual Learning. *European Journal of Educational Research*, 9(2), 877–887.
<https://eric.ed.gov/?id=EJ1250377>
- Ulger, K. (2018). The effect of problem-based learning on the creative thinking and critical thinking disposition of students in visual arts education. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 12(1).
<https://doi.org/10.7771/1541-5015.1649>
- Usman, K., Ibrahim, N. M., Takaendengan, B. R., & Pauweni, K. A. Y. (2025). Pengembangan E-LKPD Berbasis Pendekatan Saintifik Pada Materi Sistem Persamaan Linear Tiga Variabel. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 14(1), 29–37.
<https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i1.9180>
- Utami, R. A., Ernawati, Nelmira, W., & Hafidza, H. (2025). Digital Learning Modules: Perspectives On Usability, Content Quality, And Effectiveness. *Jurnal Teknologi Pendidikan : Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pembelajaran*, 10(4), 639–646.
<https://doi.org/10.33394/jtp.v10i4.17561>
- Wang, Y., Liu, W., Yu, X., Li, B., & Wang, Q. (2024). The impact of virtual technology on students' creativity: A meta-analysis. *Computers & Education*, 215, 105044.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105044>
- Wanglang, C., & Chatwattana, P. (2023). The Project-Based Learning Model Using Gamification to Enhance 21st Century Learners in Thailand. *Journal of Education and Learning*, 12(2), 99–105.
<https://eric.ed.gov/?id=EJ1385136>
- Wijayanti, P., Siswono, T. Y. E., Juniati, D., Abadi, A., & Hartono, S. (2022). How do mathematics teachers design tasks to assess students' creative thinking ability? *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 9(2), 137–146.
<https://doi.org/10.21831/jrpm.v9i2.55122>

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i2.13889>

- Wilandari, P. A. D., Parwati, N. N., & Warpala, I. W. S. (2024a). E-Modul Matematika Berbantuan Augmented Reality melalui Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah. *Indonesian Journal of Instruction*, 5(2), 216–227.
<https://doi.org/10.23887/iji.v5i2.82400>
- Yustina, U., Mahadi, I., Ariska, D., Arnentis, U., & Darmadi, U. (2022). The Effect of E-Learning Based on the Problem-Based Learning Model on Students' Creative Thinking Skills During the Covid-19 Pandemic. *International Journal of Instruction*, 15(2), Article 2.
<https://doi.org/10.29333/iji.2022.15219a>