

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS *PROBLEM BASED*
LEARNING BERBANTUAN *AUGMENTED REALITY* PADA MATERI
*TRANSLASI***

Development of an E-Module Based on Problem based learning Assisted by Augmented reality on Geometric Transformation Materials

Luthfia¹, Feri Tiona Pasaribu^{2*}, Tria Gustiningsi³

Universitas Jambi, Indonesia^{1,2,3}

*Corresponding Author: feri.tiona@unja.ac.id

Article Submission:
05 Desember 2025

Article Revised:
15 Desember 2025

Article Accepted:
15 Desember 2025

Article Published:
17 Desember 2025

ABSTRACT

This study to develop a Problem Based Learning (PBL) e-module combined with Augmented Reality (AR) for ninth grade translation material. The development of this e-module follows the 4-D models stage, starting from define, design, develop, to disseminate. The e-module is designed to facilitate student centered learning activites through the presentation of authentic problems that require students to carry out analysis and problem solving, supported by AR visualization to clarify translation concept in a concrete and interactive manner, enabling students to build a deeper and more meaningful understanding of the concept. The results of the study show that the e-module meets feasibility criteria with material expert validation achieving 82,2% and design expert validation reaching 87,2%, both categorized as very valid. The practicality aspect received results of 82,35% from teacher and 95,42% from students, indicating the ease of using the e-modul in learning. The effectiveness level reached 83,6% and falls into the very effective category. Based on these findings, an AR assisred PBL based e-module is feasible to implement as a learning medium to support the improvement of mathematics learning quality. This research can aslo serve as a basis for the development of similar media for other mathematics materials as well as further studies on its impact on enhancing student's higher order thinking skill.

Keywords: Augmented Reality, E-Module, Problem Based Learning, Translation

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) yang dipadukan dengan teknologi *Augmented Reality* (AR) pada materi translasi kelas IX. Pengembangan e-modul ini dilakukan mengikuti tahapan model 4-D, mulai dari tahap *define, design, develop*, hingga *disseminate*. E-modul dirancang untuk memfasilitasi aktivitas belajar yang berpusat pada siswa melalui penyajian masalah autentik yang menuntut siswa melakukan analisis dan pemecahan masalah, serta didukung visualisasi AR untuk memperjelas konsep translasi secara konkret dan interaktif, sehingga siswa dapat membangun

pemahaman konsep secara lebih mendalam dan bermakna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul memenuhi kriteria kelayakan dengan capaian validasi ahli materi sebesar 82,2% dan ahli desain sebesar 87,2%, keduanya termasuk kategori sangat valid. Aspek keparktisan memperoleh hasil 82,35% dari dan 95,42% dari siswa, yang mengindikasikan bahwa kemudahan penggunaan e-modul dalam pembelajaran. Tingkat efektivitas mencapai 83,6% dan termasuk kategori sangat efektif. Berdasarkan temuan tersebut, e-modul berbasis PBL berbantuan AR layak diimplementasikan sebagai media pembelajaran untuk mendukung peningkatan kualitas pembelajaran matematika. Penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi pengembangan media serupa pada materi matematika lainnya maupun penelitian lanjutan mengenai pengaruhnya terhadap peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa.

Kata Kunci: Augmented Reality, Modul Elektronik (E-Modul), Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL), Translasi

PENDAHULUAN

Transformasi geometri merupakan salah satu materi penting dalam pembelajaran matematika, yang mencakup translasi, refleksi, rotasi, dan dilatasi. Penguasaan materi ini menuntut kemampuan representasi visual dan penalaran spasial yang baik (Paradesa, 2016). Namun, karena sifatnya yang abstrak dan memerlukan visualisasi yang jelas, banyak murid masih mengalami kesulitan dalam memahami transformasi geometri, terutama dalam topik translasi (Mappaturung et al., 2024; Setiawati et al., 2025).

Kesulitan tersebut tidak terlepas dari praktik pembelajaran yang masih didominasi oleh pendekatan konvensional. Pembelajaran cenderung berfokus pada penyampaian rumus dan penyelesaian soal rutin, serta pemanfaatan media pembelajaran yang terbatas. Hal ini diperkuat oleh hasil observasi awal di sekolah, bahwa pembelajaran masih didominasi metode ceramah dengan buku cetak dan lembar kerja siswa sebagai sumber ajar utama. Bahan ajar yang digunakan ini umumnya hanya memuat soal-soal prosedural, sementara soal nonrutin yang relevan dengan konteks kehidupan sehari-hari jarang diberikan. Kondisi ini menyebabkan siswa hanya memahami konsep secara verbal, tetapi belum mampu membangun pemahaman visual dan aplikatif secara optimal. Padahal, pembelajaran abad ke-21 menuntut pemanfaatan teknologi yang mampu mengciptakan pengalaman belajar yang lebih kontekstual, interaktif, dan menarik (Margaretha et al., 2024).

Seiring berkembangnya teknologi digital, e-modul menjadi salah satu alternatif bahan ajar yang relevan untuk digunakan dalam pembelajaran. E-modul merupakan versi digital dari modul pembelajaran yang dapat diakses dan dipelajari melalui perangkat elektronik seperti smartphone, laptop, maupun komputer (Husni, 2023; Sari et al., 2021). Dibandingkan dengan modul cetak konvensional, e-modul menawarkan tingkat fleksibilitas dan aksesibilitas yang jauh lebih tinggi (Zakariyya & Masrurotullaily, 2025).

Selain itu, penggunaan e-modul dalam proses pembelajaran juga terbukti mampu meningkatkan pemahaman matematika serta kemampuan siswa dalam memecahkan masalah (Wulandari et al., 2025).

Agar pemanfaatan e-modul dapat mendukung proses belajar secara optimal, diperlukan model pembelajaran yang mampu mengarahkan aktivitas siswa secara sistematis. Salah satu model pembelajaran yang sesuai untuk dintegrasikan ke dalam e-modul adalah model *Problem Based Learning* (PBL). Karakteristik model PBL ini adalah menempatkan siswa sebagai subjek utama pembelajaran, dimana siswa secara aktif membangun pengetahuannya sendiri melalui pengalaman dan interaksi dengan lingkungan belajar (Mayasari et al., 2022). Melalui penerapan PBL, siswa tidak hanya menerima informasi, tetapi terlibat secara langsung dalam mengolah dan menganalisis permasalahan, berdiskusi, serta menyusun pemahaman konsep secara mandiri maupun kolaboratif. Dengan demikian, proses pembelajaran tidak terbatas pada penguasaan rumus, melainkan menekankan pada pemahaman konsep dan pengembangan proses berpikir. Sejalan dengan hal tersebut, sejumlah penelitian telah membuktikan bahwa penerapan PBL mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, keterampilan pemecahan masalah, serta kemandirian belajar siswa melalui penyajian masalah autentik yang dekat kehidupan sehari-hari (Hasanah et al., 2024; Pujiono et al., 2024). Karakteristik tersebut menjadikan PBL relevan untuk diterapkan pada materi translasi, yang menuntut pemahaman konsep pergeseran objek secara logis dan visual.

Meskipun demikian, penerapan PBL pada materi translasi masing relatif jarang didukung oleh teknologi visual yang mampu memperkuat pemahaman konsep secara optimal. Padahal, karakteristik materi translasi bersifat abstrak dan menuntut representasi visual yang jelas agar siswa dapat memahami perubahan posisi objek secara akurat. Salah satu teknologi yang dapat mendukung visualisasi materi ini adalah *Augmented Reality* (AR). Teknologi AR menawarkan kemampuan untuk menampilkan objek virtual, baik 2D maupun 3D, sehingga dapat terlihat dan berinteraksi dalam ruang nyata (Pasaribu & Ramalisa, 2022), sehingga siswa dapat mengamati perubahan posisi, bentuk, dan orientasi objek secara lebih nyata. Penelitian Abidah et al. (2025) menunjukkan bahwa AR memberikan dampak yang besar terutama dalam pembelajaran geometri, menegaskan potensi kuat AR untuk meningkatkan pemahaman konsep secara signifikan. Selain itu, integrasi AR dalam pembelajaran berbasis masalah mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih nyata, menumbuhkan ketertarikan belajar, serta memperdalam pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis siswa (Muliana &

Nufus, 2024; Pasaribu et al., 2024).

Secara teoritis, integrasi PBL dan AR dalam e-modul ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh siswa melalui pengalaman, refleksi, dan interaksi dengan lingkungan belajar (Wiraningtyas, 2024). PBL berperan sebagai sarana untuk menghadirkan masalah autentik yang menuntut siswa mengonstruksi pengetahuan melalui proses penalaran dan diskusi, sedangkan AR berfungsi sebagai media pendukung yang menyediakan representasi visual konkret untuk membantu siswa mengaitkan konsep abstrak dengan pengalaman nyata. Kombinasi ini memungkinkan siswa membangun pemahaman yang lebih mendalam, bermakna, dan berkelanjutan, khususnya dalam memahami konsep translasi, sekaligus mendukung pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi.

Berdasarkan uraian tersebut, pengembangan e-modul yang menggunakan *Problem Based Learning* dengan dukungan *augmented reality* pada topik translasi menjadi sangat penting untuk dilakukan. E-modul tersebut diharapkan dapat memfasilitasi siswa dalam menguasai konsep translasi secara lebih mendalam melalui visualisasi yang interaktif, sekaligus menumbuhkan kemampuan berpikir kritis melalui penyelesaian masalah kontekstual. Selain berkontribusi pada peningkatan kualitas pembelajaran matematika, penelitian ini juga menawarkan inovasi yang dapat memperkaya praktik penggunaan teknologi digital dalam kegiatan belajar, terutama pada materi yang bersifat abstrak dan membutuhkan representasi visual.

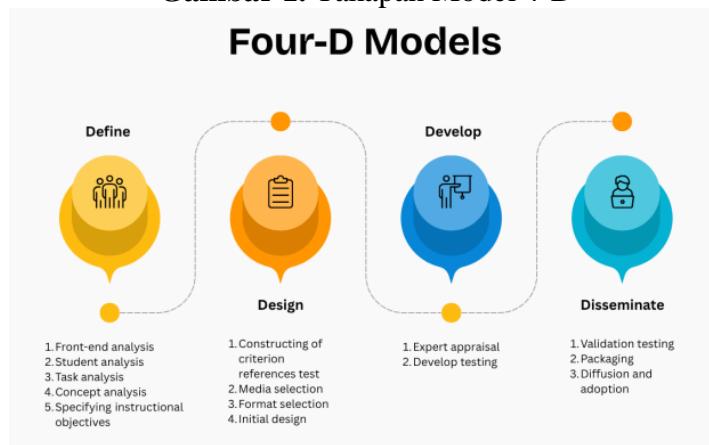
Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) bagaimana proses pengembangan e-modul berbasis PBL berbantuan AR pada materi AR, dan (2) bagaimana kualitas e-modul yang dikembangkan ditinjau dari aspek kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan. Untuk menjawab rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah untuk: (1) mengembangkan e-modul berbasis PBL berbantuan AR pada materi translasi, serta (2) menguji validitas, praktikalitas, dan efektivitas e-modul yang dikembangkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan penelitian pengembangan (*Research and Development*). Prosedur pengembangan yang diterapkan mengikuti model 4-D (*Four-D Models*) yang dicetuskan oleh Sivasailam Thiagarajan, Dorothy S. Semmel, dan Melvyn I. Semmel. Model 4-D dipilih karena memiliki tahapan pengembangan yang terstruktur dan berlandaskan pada teori pengembangan perangkat pembelajaran sehingga membantu

peneliti dalam menghasilkan produk pembelajaran yang layak sesuai standar (Mesra et al., 2023). Model ini mencakup empat fase utama, yakni *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate* (Thiagarajan et al., 1974).

Gambar 1. Tahapan Model 4-D



Sumber: Hasil temuan peneliti

Pada tahap pendefinisian (*define*), data dikumpulkan melalui serangkaian analisis yang melibatkan pendidik dan peserta didik untuk menemukan permasalahan dalam pengajaran matematika serta urgensi pengembangan e-modul. Data diperoleh dari hasil pengamatan, wawancara dengan guru, analisis karakteristik dan keperluan siswa, serta telaah kurikulum dan konten materi.

Pada langkah berikutnya, yaitu tahap perancangan (*design*), peneliti membuat prototipe e-modul beserta perangkat pendukung lainnya meliputi angket validitas, angket praktikalitas, dan angket efektivitas e-modul. Tahap ketiga adalah pengembangan atau *develop*, di mana data dikumpulkan lewat proses validasi tim ahli serta uji coba pengembangan. Data validasi tim ahli diperoleh melalui penilaian ahli materi dan ahli desain menggunakan angket validasi materi dan validasi desain. Adapun data dari proses uji coba diperoleh melalui penilaian guru dan siswa menggunakan angket kepraktisan pada tahap uji coba perorangan dan kelompok kecil, serta angket keefektifan e-modul pada uji coba dalam kelompok besar. Kemudian tahap terakhir yaitu penyebaran (*disseminate*). Di sini, e-modul selanjutnya disebarluaskan ke guru dan siswa untuk dimanfaatkan dalam kegiatan belajar.

Subjek penelitian ini terdiri atas guru matematika, sembilan siswa kelas IX K, serta 33 siswa kelas IX H di SMP Negeri 11 Kota Jambi. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terbagi menjadi kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif bersumber dari hasil penilaian angket mengenai validitas, praktikalitas, dan efektivitas produk. Adapun data kualitatif berasal dari wawancara serta masukan yang diberikan oleh para ahli dan

subjek uji coba.

Angket validasi materi memuat penilaian terhadap kelayakan isi e-modul yang meliputi kesesuaian dengan materi translasi, disusun sesuai sintaks Problem Based Learning (PBL), dilengkapi teknologi AR, serat kejelasan dan ketepataan bahasa sesuai kaidah PUEBI. Selain itu, aspek konstruk pembelajaran juga dinilai untuk memastikan materi disajikan secara sistematis dan sesuai dengan kurikulum merdeka. Sedangkan angket validasi desain difokuskan pada penilaian tampilan e-modul, mencakup keterbacaan, konsistensi jenis dan ukuran huruf, ketepatan penggunaan simbol dan persamaan matematika, serta kesesuaian pemilihan warna, gambar, dan tabel. Angket praktikalitas digunakan untuk mengetahui kemudahan e-modul oleh guru dan siswa, mencakup kemudahan pengoperasian, kejelasan petunjuk penggunaan, efisiensi waktu pembelajaran, serta kebermanfaatan e-modul dalam kegiatan belajar. Sementara itu, angket efektivitas bertujuan menilai dampak penggunaan e-modul terhadap keterlibatan siswa, pemahaman materi translasi, serta dukungannya terhadap pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi, khususnya kemampuan analisis dan pemecahan masalah.

Hasil penilaian angket validitas, praktikalitas, dan efektivitas e-modul kemudian dianalisis menggunakan skala Likert dengan lima skala penskoran yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Penskoran Skala Likert

Kriteria	Skala Penilaian
Sangat setuju	5
Setuju	4
Cukup setuju	3
Tidak setuju	2
Sangat tidak setuju	1

*Sumber:*Riduwan & Akdon (2015)

Skor yang diperoleh dari penilaian tersebut kemudian dikonversi menjadi persentase melalui penerapan rumus berikut:

$$\text{persentase} = \frac{\text{jumlah skor per indikator}}{\text{jumlah skor maksimal indikator}} \times 100\%$$

Persentase yang dihasilkan selanjutnya diklasifikasikan ke dalam lima tingkat kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan, sebagaimana tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Kualitas E-Modul

Tingkat Kepraktisan	Kriteria Validitas	Kriteria Praktikalitas	Kriteria Efektifitas
$80\% < P \leq 100\%$	Sangat valid	Sangat praktis	Sangat efektif
$60\% < P \leq 80\%$	Valid	Praktis	Efektif
$40\% < P \leq 60\%$	Cukup valid	Cukup praktis	Cukup efektif
$20\% < P \leq 40\%$	Kurang valid	Kurang praktis	Kurang efektif
$P \leq 20\%$	Tidak valid	Tidak praktis	Tidak efektif

*Sumber:*Riduwan & Akdon (2015)

Dalam penelitian ini, produk yang dikembangkan akan dinyatakan baik dan layak digunakan apabila memperoleh penilaian validitas minimal dengan kategori “valid” dari para validator. Selain itu, produk dikatakan praktis dan efektif apabila memperoleh rata-rata penilaian pada kriteria minimal “praktis” dan “efektif” dari para subjek penelitian.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini berupa e-modul berbasis *problem based learning* berbantuan *augmented reality* dengan fokus materi translasi bagi siswa kelas IX. Standar kualitas e-modul diukur berdasarkan tiga aspek utama yaitu kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan (Plomp & Nieveen, 2013). Prosedur pengembangan modul elektronik ini mengacu pada model 4-D (*Four-D Models*) yang terdiri atas empat fase: *define, design, develop, dan disseminate* (Thiagarajan et al., 1974).

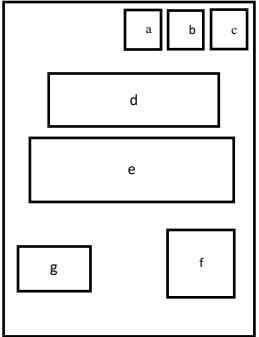
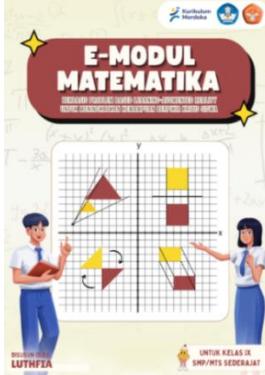
1. Tahap *define* (pendefinisian)

Tahap *define* difokuskan pada identifikasi kebutuhan pembelajaran serta urgensi pengembangan e-modul, yang dilakukan melalui lima kegiatan, yakni analisis awal-akhir, analisis peserta didik, analisis tugas, analisis konsep, serta perumusan tujuan instruksional (Mesra et al., 2023). Analisis awal-akhir dilakukan lewat wawancara guna memperoleh gambaran nyata situasi pembelajaran di sekolah. Temuan menunjukkan bahwa kegiatan pengajaran masih didominasi oleh guru dengan penggunaan bahan ajar konvensional yang hanya memuat latihan rutin, sehingga kemampuan siswa dalam menghadapi masalah nonrutin belum berkembang dan interaktivitas belajar masih terbatas. Analisis peserta didik memperlihatkan bahwa siswa memiliki minat tinggi terhadap penggunaan teknologi dalam proses belajar, sehingga pemanfaatan bahan ajar digital berpeluang meningkatkan motivasi, pemahaman, dan pengalaman belajar siswa. Analisis tugas dilakukan dengan menelaah kurikulum dan cakupan materi pembelajaran matematika kelas IX. Kemudian, analisis konsep dilakukan untuk memetakan konsep-konsep esensial yang berkaitan dengan materi translasi. Tahap ini diakhiri dengan penetapan tujuan pembelajaran yang berfokus pada pengembangan kemampuan siswa dalam menganalisis konsep serta menerapkan strategi pemecahan masalah pada materi translasi.

2. Tahap *design* (perancangan)

Setelah tahap *define* selesai, proses dilanjutkan pada tahap *design* yang berfokus pada perancangan e-modul berbasis *problem based learning* berbantuan *augmented reality* untuk topik translasi. Perancangan dimulai dengan penyusunan acuan tes, yakni mempersiapkan perangkat penelitian berupa angket validasi untuk ahli materi dan ahli desain guna menilai aspek kevalidan e-modul, angket kepraktisan yang ditujukan kepada pendidik dan pelajar, serta angket respons siswa untuk mengukur keefektifan setelah e-modul digunakan. Selanjutnya adalah pemilihan media, di mana media yang dikembangkan dalam studi ini berbentuk e-modul. E-modul tersebut memanfaatkan teknologi *augmented reality* melalui aplikasi Assemblr Edu, dengan desain tampilan e-modul dibuat menggunakan Canva, sedangkan ilustrasi pada bidang koordinat kartesius dibuat menggunakan GeoGebra. Selanjutnya dilakukan pemilihan format, yaitu menyesuaikan struktur dan sistematika penyusunan e-modul, yang meliputi cover, kata pengantar, daftar isi, bagian pendahuluan, panduan penggunaan e-modul dan AR, peta konsep, kompetensi yang akan dicapai, kegiatan pembelajaran, ringkasan materi, latihan, soal evaluasi, kunci jawaban, glosarium, daftar pustaka serta profil penulis. Tahap ini diakhiri dengan penyusunan rancangan awal e-modul. Storyboard serta rancangan awal dari e-modul dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Rancangan Awal E-Modul

Kerangka Tampilan E-Modul	Deskripsi
Cover e-modul 	 <ul style="list-style-type: none">a. Logo kurikulum merdekab. Logo Tut Wuri Handayanic. Logo Universitas Jambid. Judul "E-Modul Matematika Berbasis <i>Problem based learning Augmented reality</i> untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa"e. Ilustrasi gambar animasif. Tulisan "Untuk Kelas IX SMP/MTs Sederajat"g. Nama penyusun

Sumber: Hasil pengembangan peneliti

3. Tahap *develop* (pengembangan)

Setelah tahap *design*, proses dilanjutkan pada tahap *develop* (pengembangan) yang mencakup kegiatan validasi oleh pakar dan uji coba pengembangan (Mesra et al., 2023). Proses validasi oleh tim ahli dilakukan guna menilai keakuratan dan kelayakan e-modul yang dibuat. Penilaian ini mencakup dua komponen utama, yaitu kelayakan materi dan kelayakan desain. Kegiatan validasi ini melibatkan dua orang validator, yakni Ibu CR sebagai validator pertama dan Ibu TG sebagai validator kedua. Hasil penilaian validitas isi e-modul oleh kedua validator tersebut tercantum pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli Materi

Validator	Indikator penilaian	Skor	Percentase
Ahli Materi	1. Kelayakan Isi (Konten)	84	84%
	2. Kebahasaan	33	82,5%
	3. Kelayakan Komponen (Konstruk)	58	82,9%
	4. Sintaks <i>Problem based learning</i>	40	80%
	5. Indikator Kemampuan Berpikir Kritis	48	80%
Total		263	82,2%
Kriteria		Sangat valid	

Sumber: Data yang diproses peneliti dari hasil angket

Berdasarkan Tabel 4, diperoleh hasil validasi materi e-modul dengan persentase sebesar 82,2%, yang masuk kriteria “sangat valid”. Temuan ini mengindikasikan bahwa e-modul dinilai layak dari segi kelengkapan dan ketepatan materi translasi, penggunaan bahasa yang komunikatif dan sesuai kaidah penulisan, kesesuaian penyajian dengan sintaks model *problem based learning*, serta kelengkapan teknologi pendukung yaitu *augmented reality* (AR). Meskipun demikian, para validator juga memberikan beberapa rekomendasi perbaikan guna menyempurnakan dan meningkatkan mutu e-modul. Rangkuman komentar dan masukan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Komentar dan Rekomendasi Perbaikan oleh Ahli Materi

Validator	Komentar dan Saran
Validator 1	<ul style="list-style-type: none"> Materi yang disampaikan perlu didesain sesuai dengan tujuan pembelajaran Permasalahan yang disajikan harus kontekstual sesuai dengan karakteristik <i>problem based learning</i>
	<ul style="list-style-type: none"> KKO pada tujuan pembelajaran harus HOTS (C4-C6) Kegiatan pembelajaran disesuaikan dengan tujuan pembelajaran Ganti permasalahan pada uraian materi dengan permasalahan yang lebih kontekstual yang posisi titik pusatnya jelas.
Validator 2	<ul style="list-style-type: none"> Cantumkan gambar yang nyata atau kontekstual yang sesuai dengan permasalahan yang disajikan Sesuaikan uraian materi dengan sintaks <i>problem based learning</i> Latihan soal harus kontekstual Pada ilustrasi AR harus jelas letak titik pusatnya

Sumber: Hasil tanggapan pada angket

Selanjutnya dilakukan validasi terhadap aspek desain, yang mencakup penilaian terhadap tampilan penulisan, tampilan fisik, serta karakteristik e-modul secara keseluruhan. Adapun hasil validasi desain e-modul oleh kedua validator ditunjukkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Validasi Ahli Desain

Validator	Indikator penilaian	Skor	Percentase
Ahli Desain	1. Tampilan Penulisan	44	88%
	2. Tampilan Fisik	43	86%
	3. Karakteristik E-Modul	70	87,5%
Total		157	87,2%
Kriteria		Sangat valid	

Sumber: Data yang diproses peneliti dari hasil angket

Berdasarkan Tabel 6, diperoleh hasil validasi desain oleh tim ahli sebesar 87,2% yang dikategorikan sebagai “sangat valid”. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-modul dinilai mempunyai tampilan yang menarik, konsisten dalam penulisan, menggunakan bahasa yang mudah dipahami, serta telah memenuhi karakteristik e-modul, yaitu e-modul telah didesain sesuai sintaks pembelajaran berbasis masalah (PBL) dan dilengkapi dengan teknologi *augmented reality* (AR). Meskipun demikian, para ahli memberikan sejumlah komentar dan rekomendasi perbaikan yang perlu ditindaklanjuti, yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Komentar dan Rekomendasi Perbaikan Ahli Desain

Validator	Komentar dan Saran
Validator 1	<ul style="list-style-type: none"> • Sesuaikan cover dengan materi yang disajikan pada e-modul agar lebih menggambarkan isi dari e-modul • Pada AR, perjelas garis horizontal dan ada beberapa pemain yang tidak terlalu jelas posisinya
Validator 2	<ul style="list-style-type: none"> • Jelaskan petunjuk simbol-simbol pada e-modul dan cara menscan qr code AR dengan detail • Tambahkan penjelasan mengenai tahapan PBL pada bagian pendahuluan • Gunakan warna berbeda pada tulisan sintak dan latar belakang e-modul • Tuliskan nama dan sumber pada setiap gambar • Glosarium jangan di kotak-kotak • Lengkapi daftar pustaka dan sesuaikan dengan panduan penulisan daftar pustaka • Pastikan semua link dapat diklik

Sumber: Hasil tanggapan pada angket

Berdasarkan hasil penilaian oleh ahli materi dan desain, dapat dikatakan bahwa e-modul berbasis *problem based learning* dengan bantuan *augmented reality* pada materi translasi telah memenuhi standar kelayakan sehingga layak dilanjutkan ke tahap pengujian. Pengujian ini mencakup uji coba perorangan, uji coba kelompok kecil, serta uji coba lapangan atau kelompok besar. Uji coba perorangan dan kelompok kecil dilakukan dengan tujuan untuk menilai tingkat kepraktisan e-modul sekaligus memperoleh umpan balik untuk penyempurnaan produk.

Pada uji coba perorangan, penilaian dilakukan oleh guru matematika kelas IX SMP Negeri 11 Kota Jambi, yaitu Ibu TH, dengan menggunakan instrumen angket praktikalitas. Adapun hasil penilaian tersebut disajikan pada tabel berikut.

Tabel 8. Hasil Angket Praktikalitas oleh Guru

Instrumen	Indikator penilaian	Skor	Percentase
Angket Praktikalitas E-Modul (Guru)	1. Kemudahan Penggunaan	42	84%
	2. Efisiensi Waktu	12	80%
	3. Kebermanfaatan	16	80%
Hasil akhir		70	82,35%
Kriteria		Sangat Praktis	

Sumber: Data yang diproses peneliti dari hasil angket

Berdasarkan skor yang diperoleh, tingkat kepraktisan e-modul mencapai 82,35% yang dikategorikan “sangat praktis”. Selanjutnya, uji coba kelompok kecil yang melibatkan sembilan siswa kelas IX K SMPN 11 Kota Jambi. Masing-masing siswa membuka e-modul yang telah dikirimkan ke ponsel mereka, kemudian diberikan penjelasan terkait materi serta aktivitas yang terdapat di dalam e-modul. Setelah itu, siswa diminta untuk melihat dan memeriksa e-modul secara keseluruhan, kemudian siswa mengisi angket penilaian praktikalitas e-modul. Hasil penilaian kepraktisan e-modul oleh siswa tersebut disajikan pada tabel berikut.

Tabel 9. Hasil Angket Praktikalitas oleh Siswa

Instrumen	Indikator penilaian	Skor	Percentase
Angket Praktikalitas E-Modul (Siswa)	1. Kemudahan Penggunaan	442	98,22%
	2. Efisiensi Waktu	165	91,67%
	3. Kebermanfaatan	123	91,11%
Hasil akhir		730	95,42%
Kriteria		Sangat Praktis	

Sumber: Data yang diproses peneliti dari hasil angket

Berdasarkan hasil penilaian, e-modul memiliki tingkat kepraktisan mencapai 95,42% dan dikategorikan sebagai “sangat praktis”. Hasil uji praktikalitas pada uji coba perorangan dan kelompok kecil ini mengindikasikan bahwa baik guru maupun siswa memberikan tanggapan yang baik terhadap produk e-modul. E-modul dinilai efisien serta berdaya guna bagi proses pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan pernyataan Nieveen (2013) bahwa sebuah produk dapat dinyatakan praktis apabila mampu dimanfaatkan secara optimal dan efisien oleh pengguna dalam konteks atau lingkungan yang menjadi sasaran pengembangannya.

Selanjutnya, dilaksanakan pengujian pada kelompok besar yang dimaksudkan untuk mengukur tingkat keefektifan e-modul. Dalam fase ini, peneliti melaksanakan kegiatan belajar mengajar dengan memanfaatkan e-modul yang telah dirancang. Uji coba berlangsung di kelas IX G SMP Negeri 11 Kota Jambi dengan melibatkan 33 siswa. Pelaksanaan belajar mengajar tersebut mengadopsi lima langkah inti dalam model *problem based learning*, yaitu orientasi siswa pada masalah, mengorganisasi siswa untuk belajar, membimbing penyelidikan baik secara individu maupun kelompok, mengembangkan dan menyajikan hasil karya, dan menganalisis serta mengevaluasi hasil

pemecahan masalah (Kemendikbud, 2016).

Pada sintak **orientasi siswa pada masalah**, siswa diberikan permasalahan kontekstual terkait translasi yang kemudian harus dipahami dan diselesaikan oleh siswa. Permasalahan yang disajikan dapat dilihat melalui gambar yang tertera di bawah.

Gambar 2. Tampilan Sintak Orientasi pada Masalah



Gambar 2.1 Pertandingan Sepak Bola
Sumber: lewankloes.com
<https://web.archive.org/web/20191026164545/http://lewankloes.com/matematika-2-kelas-9-persamaan-linear-dua-peubah-dan-rumus-rumus-geometri/>

Dalam pertandingan sepak bola antarsekolah, bola awalnya berada pada titik koordinat B(4, 6) dari titik pusat lapangan. Pemain bernama Nino melakukan operan cepat ke arah kanan sejauh 4 satuan dan ke atas sejauh 3 satuan. Namun, bola berhasil diblok oleh pemain lawan dan berbalik arah sejauh 1 satuan ke kiri dan 8 satuan ke bawah.

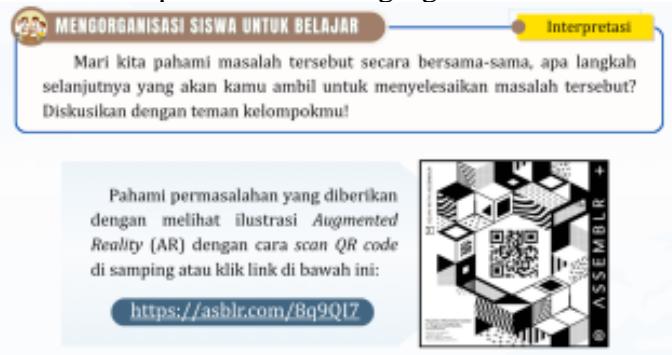
Setelah itu, pemain dari tim Nino yang bernama Rama berhasil menyambut bola tersebut, lalu menendangnya kembali ke arah kiri sejauh 6 satuan dan ke atas sejauh 11 satuan, dengan tujuan membuka serangan ke area lawan. Dimanakah posisi bola setelah operan dilakukan oleh Nino? Tentukan posisi bola setelah diblok oleh lawan dan berubah arah! Tentukan posisi akhir bola setelah ditendang oleh Rama! Jika batas area penalti lawan berada pada garis koordinat $y = 15$, apakah bola sudah mendekati area tersebut? Jelaskan jawabmu berdasarkan perhitungan matematis!

Sumber: Hasil pengembangan peneliti

Pada gambar 2, disajikan permasalahan kontekstual mengenai pertandingan sepak bola yang menggambarkan pergerakan bola dari satu titik ke titik lainnya dikarenakan operan dari pemain. Permasalahan autentik ini menuntut siswa untuk menentukan posisi akhir bola setelah beberapa kali perpindahan (translasi) yang terjadi selama permainan.

Selanjutnya, pada sintak **mengorganisasikan siswa untuk belajar**, siswa diinstruksikan untuk melakukan aktivitas belajar secara berkelompok, mengamati ilustrasi permasalahan melalui teknologi *augmented reality* (AR), serta mendiskusikan langkah-langkah penyelesaian yang akan dilakukan berdasarkan informasi yang tersedia. Pada e-modul, bagian ini ditampilkan sebagaimana pada gambar berikut.

Gambar 3. Tampilan Sintak Mengorganisasikan Siswa untuk Belajar



MENGORGANISASI SISWA UNTUK BELAJAR Interpretasi

Mari kita pahami masalah tersebut secara bersama-sama, apa langkah selanjutnya yang akan kamu ambil untuk menyelesaikan masalah tersebut? Diskusikan dengan teman kelompokmu!

Pahami permasalahan yang diberikan dengan melihat ilustrasi *Augmented Reality* (AR) dengan cara scan QR code di samping atau klik link di bawah ini:

<https://asbllr.com/Bq9QIz>



Sumber: Hasil pengembangan peneliti

Gambar 4. Tampilan *Augmented reality*



Sumber: Hasil pengembangan peneliti

Gambar di atas menampilkan ilustrasi *augmented reality* pertandingan sepak bola dan posisi bola pada bidang koordinat kartesius secara real-time yang dapat dilihat dengan memindai qr code yang telah disediakan. Selanjutnya sintak **membimbing penyelidikan individu atau kelompok**, siswa diminta untuk menghimpun serta menuliskan informasi yang diperoleh dari permasalahan dan ilustrasi AR. Bagian e-modul yang menggambarkan kegiatan ini dapat diperhatikan pada gambar berikut.

Gambar 5. Tampilan Membimbing Penyelidikan Individu atau Kelompok

Diketahui:

- Posisi awal bola adalah $B[4, 6]$.
- Bola dioperan ke arah kanan sejauh 4 satuan dan ke atas sejauh 3 satuan atau dapat dinyatakan dengan $\tau_1 \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix}$.
- Bola berbalik arah sejauh 1 satuan ke kiri dan 8 satuan ke bawah atau dapat dinyatakan dengan $\tau_2 \begin{pmatrix} -1 \\ -8 \end{pmatrix}$.
- Bola ditendang ke arah kiri sejauh 6 satuan dan ke atas sejauh 11 satuan atau dapat dinyatakan dengan $\tau_3 \begin{pmatrix} -6 \\ 11 \end{pmatrix}$.

Ditanya:

- Dimanakah posisi bola setelah operan dilakukan oleh Nino?
- Tentukan posisi bola setelah diblok oleh lawan dan berubah arah!
- Tentukan posisi akhir bola setelah ditendang oleh Rama!
- Jika batas area penalti lawan berada pada garis koordinat $y = 15$, apakah bola sudah mendekati area tersebut?

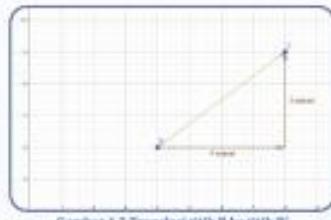
Sumber: Hasil pengembangan peneliti

Pada gambar 5, diperoleh informasi yang diketahui dari soal meliputi titik awal bola, vektor translasi yang dialami pada setiap perpindahan, serta pertanyaan yang harus dijawab. Selanjutnya, sintak **mengembangkan dan menyajikan hasil karya**, siswa diarahkan untuk menyelesaikan persoalan translasi tersebut. Tahapan ini dalam e-modul ditampilkan sebagaimana tampak pada gambar berikut.

Gambar 6. Tampilan Sintak Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya



Mari kita gambarkan posisi awal bola dan posisi bola setelah ditendang sejauh 4 satuan ke kanan dan 3 satuan ke atas pada bidang koordinat kartesius sebagai berikut.

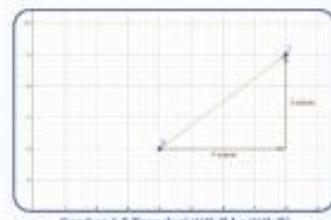


Dari gambar di samping dapat disimpulkan bahwa translasi $\tau_{(4,3)}$ memindahkan posisi Bola dari titik B(4, 6) menjadi di titik B'(8, 9). Hal tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$B(4, 6) \xrightarrow{\tau_{(4,3)}} B'(8 + 4, 6 + 3) = B'(8, 9)$$



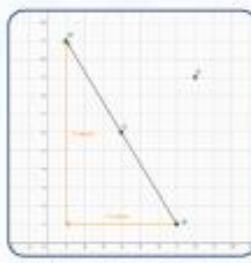
Mari kita gambarkan posisi awal bola dan posisi bola setelah ditendang sejauh 4 satuan ke kanan dan 3 satuan ke atas pada bidang koordinat kartesius sebagai berikut.



Dari gambar di samping dapat disimpulkan bahwa translasi $\tau_{(4,3)}$ memindahkan posisi Bola dari titik B(4, 6) menjadi di titik B'(8, 9). Hal tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$B(4, 6) \xrightarrow{\tau_{(4,3)}} B'(8 + 4, 6 + 3) = B'(8, 9)$$

Selanjutnya kita menentukan posisi bola setelah ditendang sejauh 6 satuan ke kiri dan 11 satuan ke atas. Perhatikan gambar di bawah ini!



Dari gambar di samping, translasi $\tau_{(11,-6)}$ memindahkan posisi Bola dari titik B''(8, 9) menjadi di titik B'''(7, 1). Hal tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$B''(8, 9) \xrightarrow{\tau_{(11,-6)}} B'''(7 + (-6), 1 + 11) = B'''(1, 12)$$

Sumber: Hasil pengembangan peneliti

Gambar 6 menampilkan langkah-langkah penyelesaian masalah yang dilakukan, dimulai dari menggambarkan posisi awal dan hasil translasi pada bidang koordinat, menuliskan perhitungan secara sistematis hingga menemukan hasil akhir translasi.

Sintak terakhir yaitu **menganalisis dan mengevaluasi hasil pemecahan masalah**. Solusi yang telah ditemukan kemudian ditinjau kembali dan diverifikasi melalui *augmented reality* untuk memastikan kebenaran perhitungan dan hasil yang diperoleh. Tampilan sintak ini dalam e-modul terlihat pada gambar berikut.

Gambar 7. Tampilan Sintak Menganalisis dan Mengevaluasi Hasil Pemecahan Masalah

MENGANALISIS DAN MENGEVALUASI PROSES PEMECAHAN MASALAH

Tuliskan kesimpulan dari penyelesaian masalah tersebut dan evaluasilah hasil penyelesaian masalahmu!

Inferensi

Berdasarkan hasil penyelesaian masalah, dapat disimpulkan bahwa:

- Posisi bola setelah operan dilakukan oleh Nino adalah pada koordinat $B'(8, 9)$.
- Posisi bola setelah diblok oleh lawan dan berubah arah adalah pada koordinat $B''(7, 1)$.
- Posisi akhir bola setelah ditendang oleh Rama adalah pada koordinat $B'''(1, 12)$.
- Jika batas area penalti lawan berada pada garis koordinat $y = 15$, maka dapat disimpulkan bahwa bola semakin mendekati area penalti tersebut.

Eksplanasi

Titik-titik koordinat $B'(8, 9)$, $B''(7, 1)$, dan $B'''(1, 12)$ merupakan hasil translasi dari bola, yang diperoleh dengan cara menambahkan atau mengurangkan nilai koordinat sesuai besar dan arah pergeseran bola, sehingga diperoleh posisi akhir bola.

Regulasi Diri

Selanjutnya, periksa kembali langkah-langkah yang dilakukan dan hasil pemecahan masalah yang diperoleh.

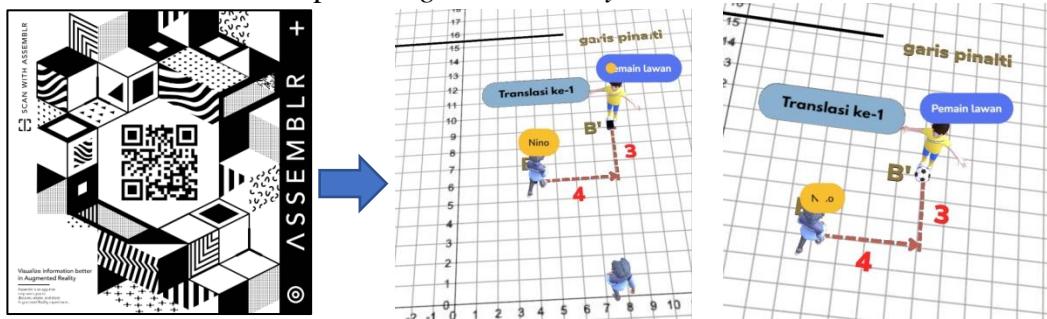
Untuk memeriksa kebenaran hasil penyelesaian masalah yang diperoleh, scan QR code *Augmented Reality* (AR) di samping atau klik link di bawah ini:

<https://asblr.com/VGt5am>



Sumber: Hasil pengembangan peneliti

Gambar 8. Tampilan Augmented reality Hasil Pemecahan Masalah



Sumber: Hasil pengembangan peneliti

Gambar diatas menampilkan ilustrasi *augmented reality* perpindahan bola setelah operan oleh pemain. Pada AR ini disajikan interaktif dimana siswa dapat menekan bola pada tampilan AR, kemudian bola akan bergerak sesuai dengan translasi yang ditentukan pada permasalahan. *Augmented reality* ini membantu siswa melihat perubahan posisi objek secara lebih konkret. Siswa tampak antusias dan menunjukkan minat yang tinggi terhadap penggunaan AR, karena mereka dapat mengamati proses transformasi secara 3D, meskipun penggunaan teknologi tersebut merupakan pengalaman baru bagi mereka.

Pada akhir pembelajaran, siswa diminta mengerjakan latihan soal sebagai evaluasi untuk menilai sejauh mana tingkat penguasaan mereka mengenai materi translasi yang telah dipelajari. Berikut soal dan jawaban salah satu siswa ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

Gambar 9. Latihan Soal Translasi

1

Sebuah tim SAR (Search and Rescue) menggunakan drone untuk mencari korban di area hutan setelah terjadi tanah longsor. Drone dikendalikan dari pusat kendali di titik koordinat $D(0,0)$.

Operator awalnya memerintahkan drone untuk bergerak sejauh 7 satuan ke timur dan 4 satuan ke utara. Namun, setelah menerima sinyal dari alat pelacak korban yang berada di sekitar titik $(10,6)$, drone perlu melakukan translasi tambahan untuk menuju ke lokasi tersebut. Tentukan posisi drone setelah translasi pertama. Kemudian hitung translasi vektor tambahan yang dibutuhkan agar drone bisa mencapai titik sinyal di $(10,6)$!

Sumber: Hasil pengembangan peneliti

Gambar 10. Hasil Jawaban Siswa

1) Diketahui : $D(0,0) \rightarrow$ Bergerak 4 satuan ke
& 7 satuan Ke timur.
Pelacak korban berada di sekitar
titik $(10,6)$
Ditanya : Tentukan posisi drone setelah translasi!
Jawab : $D(0,0) \xrightarrow{T(7,4)} D'(7,4)$
 $D'(7,4) \xrightarrow{T(4,2)} D'(10,6)$
 $x = 10 - 7 = 3$
 $y = 6 - 4 = 2$
 $T(3,2)$, Jadi, Posisi drone setelah translasi
pertama adalah $D'(7,4)$. & Setelah translasi
tambahan adalah $T(3,2)$

Sumber: Hasil temuan peneliti

Berdasarkan hasil pekerjaan siswa pada gambar 9, siswa memulai penyelesaian dengan menuliskan posisi awal drone yaitu titik $D(0,0)$, kemudian menerapkan translasi sesuai dengan perpindahan yang diketahui, yaitu sebesar 7 satuan ke arah timur dan 4 satuan ke arah utara. Penerapan translasi ini sudah tepat, sehingga siswa memperoleh titik baru yaitu $D'(7,4)$.

Selanjutnya siswa menyesuaikan posisi titik $D'(7,4)$ agar mencapai posisi pelacak di titik $(10,6)$. Untuk itu, siswa mencari selisih koordinat antara titik tujuan dan posisi drone setelah translasi pertama. Perhitungan yang dilakukan menunjukkan bahwa selisih pada sumbu-x adalah 3, sedangkan selisih pada sumbu-y adalah 2. Dengan demikian, siswa menyimpulkan bahwa drone memerlukan translasi tambahan sebesar $T(3,2)$ agar mencapai posisi akhir yang diinginkan.

Hasil penyelesaian ini menunjukkan bahwa siswa telah mampu memahami konsep translasi dan mengerjakan soal translasi dengan benar setelah menggunakan e-modul berbasis PBL berbantuan AR pada materi translasi. Hal ini terlihat dari ketepatan siswa dalam memahami informasi awal pada soal, menerapkan konsep translasi, menyusun langkah penyelesaian secara sistematis, serta menarik kesimpulan mengenai translasi tambahan yang diperlukan.

Setelah kegiatan pembelajaran selesai dilaksanakan, selanjutnya siswa diminta untuk

melengkapi angket efektivitas e-modul guna mengetahui penilaian siswa setelah penggunaan e-modul selama kegiatan belajar. Hasil penilaian angket keefektifan e-modul dapat terlihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Angket Efektivitas (Respon Siswa)

Instrumen	Indikator penilaian	Skor	Percentase
Angket Efektivitas E-Modul (Respon Siswa)	1. Isi 2. Fungsi E-Modul	838 1507	84,65% 83,03%
Hasil akhir		2345	83,6%
Kriteria			Sangat Efektif

Sumber: Data yang diproses peneliti dari hasil angket

Berdasarkan yang tercatat pada Tabel 10, terlihat bahwa tingkat keefektifan e-modul mencapai angka 83,6% dan masuk ke dalam kategori “sangat efektif”. Angka ini mengindikasikan bahwa e-modul sudah memenuhi aspek penilaian dari segi isi dan fungsionalitasnya. Penyajian materi yang menarik serta dukungan teknologi *augmented reality* terbukti memfasilitasi siswa dalam memahami translasi secara mendalam dan konkret. Selain itu, penggunaan e-modul juga mendorong keterlibatan aktif siswa sehingga proses belajar menjadi lebih berarti. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wilandari et al. (2024), yang membuktikan bahwa e-modul matematika dengan bantuan AR melalui model PBL efektif dalam meningkatkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah.

4. Tahap *disseminate* (penyebaran)

Tahap terakhir dalam pengembangan yaitu tahap *disseminate* (penyebaran). Pada tahap ini, e-modul berbasis *problem based learning* berbantuan *augmented reality* pada materi translasi selanjutnya disebarluaskan kepada guru dan siswa kelas IX SMP Negeri 11 Kota Jambi. E-modul yang telah melalui proses revisi dan uji coba kemudian dikemas dalam bentuk flipbook digital dan diunggah secara daring agar dapat diakses dengan mudah. Setelah e-modul dipublikasikan, tautan dan qr code tersebut dibagikan kepada guru dan siswa untuk dimanfaatkan dalam kegiatan pembelajaran. Tahap ini bertujuan agar e-modul hasil pengembangan dapat digunakan secara lebih luas dalam mendukung pembelajaran matematika, sebagaimana dijelaskan oleh Slamet (2022), bahwa tahap *disseminate* dilakukan supaya produk dapat diserap dan dimanfaatkan oleh orang lain.

KESIMPULAN

Hasil dari penelitian pengembangan ini berupa e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan (AR) pada materi translasi kelas IX. Prosedur pengembangan e-modul ini menggunakan tahap-tahap model pengembangan 4-D

(*define, design, develop*, dan *disseminate*). Tahap *define* yang dilakukan adalah analisis awal-akhir, analisis siswa, analisis tugas, analisis konsep, dan analisis tujuan pembelajaran. Selanjutnya, dilakukan tahap *design*, yaitu penyusunan instrumen tes dan membuat rancangan awal e-modul. Tahap *develop* dilakukan melalui validasi e-modul oleh para ahli (ahli materi dan ahli desain) menggunakan angket validasi, uji coba individu oleh guru matematika menggunakan angket kepraktisan, uji coba kelompok kecil pada 9 orang siswa kelas IX G menggunakan angket kepraktisan, serta uji coba kelompok besar pada 33 siswa kelas IX G dengan total dengan menggunakan angket keefektifan. Dan tahap terakhir yaitu *disseminate*, dilakukan penyebarluasan e-modul kepada guru dan siswa. Untuk kualitas hasil pengembangan berupa e-modul berbasis *Problem Based Learning* yang dipadukan dengan *Augmented Reality* pada materi translasi mengindikasikan bahwa e-modul dinilai valid, praktis, dan efektif. Hasil validasi dari ahli materi dan ahli desain memperlihatkan bahwa e-modul tersebut telah sesuai dengan standar kelayakan isi dan tampilan, sementara uji kepraktisan yang melibatkan pendidik serta siswa membuktikan bahwa e-modul efisien digunakan serta menunjang proses pembelajaran secara optimal. Hasil angket efektivitas menegaskan bahwa penggunaan e-modul mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi sekaligus mendorong partisipasi aktif selama kegiatan belajar. Penelitian ini memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan media pembelajaran matematika berbasis teknologi dengan menawarkan model integrasi PBL dan AR yang aplikatif pada materi translasi. Temuan penelitian memperkaya kajian mengenai pemanfaatan AR dalam pembelajaran matematik serta memperkuat bukti empiris bahwa pendekatan PBL berbantuan teknologi visual interkatif mampu meningkatkan kualitas pembelajaran, khususnya membantu siswa memahami konsep translasi secara lebih mendalam, bermakna, dan kontekstual.

Walaupun hasil penelitian ini menunjukkan capaian yang positif, namun terdapat sejumlah keterbatasan yang perlu dicermati. Keterbatasan tersebut meliputi lingkup subjek penelitian yang relatif terbatas pada satu sekolah dengan jumlah siswa yang tidak terlalu banyak, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasi secara luas. Di sisi lain, keterbatasan waktu pelaksanaan penelitian serta perbedaan kemampuan awal siswa dalam memahami serta menyelesaikan masalah kontekstual turut menjadi tantangan dalam implementasi produk e-modul ini. Berdasarkan temuan penelitian ini, peneliti selanjutnya disarankan untuk mengembangkan e-modul berbasis PBL yang dilengkapi dengan teknologi AR pada materi matematika lainnya, serta pada jenjang pendidikan

yang berbeda agar diperoleh gambaran efektivitas yang lebih beragam. Pengembangan selanjutnya juga dapat diarahkan pada penambahan fitur interktif yang lebih inovatif, seperti umpan balik adaptif atau integrasi kuis berbasis pemecahan masalah tingkat tinggi. Selain itu, peneliti lanjutan disarankan menggunakan desain eksperimen dengan kelompok kontrol dan cakupan subjek yang lebih luas guna memperoleh hasil yang lebih kuat terkait pengaruh e-modul terhadap kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidah, I., Sari, R. M. M., & Zulkarnaen, R. (2025). Meta Analisis : Efektivitas Augmented Reality Terhadap Materi Geometri Sekolah. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(2), 1052–1062. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v9i2.3715>
- Hasanah, U., Roza, Y., & Murni, A. (2024). Pengembangan Modul Ajar Matematika Topik Bangun Ruang Sisi Lengkung Berbasis Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kecakapan Pemecahan Masalah Matematis Peserta Didik Fase D. *Journal for Research in Mathematics Learning*, 7(4), 317–328. <https://doi.org/10.24014/juring.v7i4.33529>
- Hidayah, S., Hasanah, F. W., & Sumarwiyah, A. (2023). Pendampingan Belajar Transformasi Geometri Menggunakan Software Geogebra. *Community Development Journal*, 4(1), 565–571. <https://doi.org/10.31004/cdj.v4i1.12341>
- Husni, B. (2023). Pengembangan E-Modul Berbasis Pendekatan Saintifik Materi Bangun Datar pada Siswa Kelas IV SD. *JGK (Jurnal Guru Kita)*, 7(2), 376. <https://doi.org/10.24114/jgk.v7i2.37026>
- Kemendikbud. (2016). *Guru Pembelajaran Modul Matematika SMP: Model Pembelajaran Matematika, Statistika dan Peluang*. Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Mappaturung, L. N. I., Darwis, M., & Djam'an, N. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Materi Refleksi dan Translasi Berwawasan Lingkungan Berbasis Pendekatan STEAM. *Proceedings of National Seminar Research and Community Service Institute Universitas Negeri Makassar*, 133–148. <https://ojs.unm.ac.id/semnaslemlit/article/view/62956>
- Margaretha, L., Pasaribu, F. T., & Ramalisa, Y. (2024). Pengembangan E-LKPD Berbasis STEM Berbantuan Video Animasi untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 14(1), 90–98. <https://doi.org/10.37630/jpm.v14i1.1475>
- Mayasari, A., Arifudin, O., & Juliawati, E. (2022). Implementasi Model Problem Based Learning (PBL) dalam Meningkatkan Keaktifan Pembelajaran. *Jurnal Tahsinia*, 3(2), 167–175. <https://doi.org/10.57171/jt.v3i2.335>
- Mesra, R., Polii, M. G. M., Salem, V. E. T., & Santi, Y. D. A. (2023). *Research & Development dalam Pendidikan*. PT. Mifandi Mandiri Digital.
- Muliana, & Nufus, H. (2024). Improving Critical Thinking Skills Through a Problem Based Learning (PBL) Approach Based on Augmented Reality (AR) at SMAN 1 Seunuddon. *International Journal of Trends in Mathematics Education Research*, 7(4), 31–39. <https://doi.org/10.33122/ijtmer.v7i4.340>
- Paradesa, R. (2016). Pengembangan Bahan Ajar Geometri Transformasi Berbasis Visual.

- Jurnal Pendidikan Matematika RAFA*, 2(1), 56–84.
<https://jurnal.radenfatah.ac.id/index.php/jpmrafa/article/view/1241>
- Pasaribu, F. T., Gustiningsi, T., Syafmen, W., Theis, R., Nusantara, D. S., & Sainuddin, S. (2024). Pendampingan Pembuatan Media Pembelajaran Berbasis AR untuk Guru SMP di Kota Jambi. *Jurnal Abdimas Indonesia*, 4(4), 1588–1596. <https://doi.org/10.53769/jai.v4i4.1061>
- Pasaribu, F. T., & Ramalisa, Y. (2022). Quizizz's Augmented Reality (AR) Based Mathematics Digital Pocketbook Design Using GOLD (Guided, Organizing, Leaflet, Discovery) Learning Model. *Logaritma : Jurnal Ilmu-Ilmu Pendidikan Dan Sains*, 10(01), 67–80. <https://doi.org/10.24952/logaritma.v10i01.4567>
- Plomp, T., & Nieveen, N. (2013). Educational Design Research. In *Netherlands Institute for Curriculum Development: SLO*.
- Pujiono, Sutiarso, S., & Dahlan, S. (2024). Pengembangan Pembelajaran Menggunakan E-Modul Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Aksioma: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 13(2), 567–576. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i2.8811>
- Riduwan, & Akdon. (2015). *Rumus dan Data dalam Analisis Statistika*. Alfabeta.
- Sari, R. K., Fitri, H., & Zuzilawati, Z. (2021). Bahan Ajar E-Modul Menggunakan Aplikasi Sigil pada Materi Transformasi Geometri. *Lattice Journal: Journal of Mathematics Education and Applied*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.30983/lattice.v1i1.4973>
- Setiawati, D. A. O., Suweken, G., & Suparta, I. N. (2025). Pengembangan Modul Pembelajaran Transformasi Geometri dengan Pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics Berbantuan Scratch untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Matematika Siswa. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 6(4), 1945–1965. <https://doi.org/10.59141/japendi.v6i4.7681>
- Slamet, F. A. (2022). *Model Penelitian Pengembangan (R n D)*. Institut Agama Islam Sunan Kalijogo Malang.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. Learning Training Institute/Special Education, Univeristy of Minnesota; The Center for Innovation in Teaching the Handicapped (CITH), Indiana University; The Council for Exceptional Children (CEC); and The Teacher Education Division of CEC.
- Wilandari, P. A. D., Parwati, N. N., & Warpala, I. W. S. (2024). E-Modul Matematika Berbantuan Augmented Reality Melalui Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah. *Indonesian Journal of Instruction*, 5(2), 216–227. <https://doi.org/10.23887/iji.v5i2.82400>
- Wiraningtyas, A. (2024). Konstruktivisme Melalui Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) dalam Pembelajaran Kimia Bermuatan Etnosains. *Chemistry Education Practice*, 7(2). <https://doi.org/10.29303/cep.v7i2.7998>
- Wulandari, V. T., Hidayat, A. F., Hamimah, A. N., & Habibie, R. K. (2025). Pengembangan E-Modul Interaktif Sebagai Upaya Meningkatkan Kemampuan Problem Solving dalam Pembelajaran Matematika. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(2), 682–696. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v9i2.3803>
- Zakariyya, A. M., & Masrurotullailly. (2025). Pengembangan E-Modul dengan Pendekatan Etnomatematika Bernuansa Beladiri Pencak Silat Cempaka Kuning pada Materi Transformasi Geometri. *Al-Khwarizmi: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 13(1), 87–100. <https://doi.org/10.24256/jpmipa.v13i1.6070>