

Pengembangan E-modul Berbasis *Problem Based Learning* Berbantuan *Augmented Reality* Pada Materi Teorema Pythagoras

Annisa Chairani¹, Feri Tiona Pasaribu² dan Tria Gustiningsi^{3*}

^{1,2,3}Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Jambi
Jl. Jambi-Muara Bulian No. Km.15, Mendalo Darat, Jambi, Indonesia

*triajustiningsi@unja.ac.id

Received: 30 Oktober 2025 ; Accepted: 15 November 2025 ; Published: 05 Desember 2025

Doi: 10.15575/ja.v1i2.52213

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan produk berupa e-modul berbasis *problem based learning* berbantuan *augmented reality* pada materi teorema pythagoras. Jenis penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan menggunakan prosedur model tessmer. Penggunaan angket validitas, praktikalitas dan efektifitas sebagai sumber data dalam penelitian ini. penelitian ini melibatkan 34 siswa kelas VIII C di SMP Negeri 22 Kota Jambi. Penggunaan e-modul dalam pembelajaran dinyatakan berkategori sangat valid berdasarkan hasil penilaian tim ahli materi dan desain dengan perolehan persentase (89,18%, dan 89%), sedangkan e-modul dinyatakan berkategori sangat praktis oleh guru dan siswa dengan perolehan persentase (96,25% dan %), sedangkan e-modul dinyatakan sangat efektif dengan memperolehan persentase (88,31%). Dengan e-modul dinyatakan valid, praktis, dan efektif untuk diterapkan dalam pembelajaran. Diharapkan dengan adanya penelitian menjadi rekomendasi untuk peneliti selanjutnya untuk mengembangkan e-modul lebih kreatif dan inovatif yang dapat meningkatkan hasil belajar matematikan dengan menerapkan model, metode dan strategi pembelajaran yang lebih baik.

Kata kunci: *Augmented Reality*, E-Modul, *Problem Based Learning*, Teorema Pythagoras

Abstract

This study aims to produce a product in the form of an e-module based on problem-based learning assisted by augmented reality on the Pythagorean theorem material. This type of research is development research using the Tessmer model procedure. The use of validity, practicality, and effectiveness questionnaires as data sources in this study. This study involved 34 students of class VIII C at SMP Negeri 22 Jambi City. The use of e-modules in learning is categorized as very valid based on the results of the assessment of the material and design expert team with a percentage of (8918%, and 89%), while the e-module is categorized as very practical by teachers and students with a percentage of (96.25% and %), while the e-module is stated to be very effective with a percentage of (88.31%). With e-modules declared valid, practical, and effective to be applied in learning. It is hoped that this research will be a recommendation for further researchers to develop more creative and innovative e-modules that can improve mathematics learning outcomes by implementing better learning models, methods, and strategies.

Keywords: *Augmented Reality*, E-Module, *Problem Based Learning*, Pythagorean Theorem

1. PENDAHULUAN

Tteorema pythagoras merupakan salah satu materi pada mata pelajaran matematika pada Sekolah Menengah Pertama. Teorema pythagoras adalah materi matematika yang dipembelajari di kelas VIII semester I berdasarkan kurikulum merdeka. Materi teorema phyttagoras tidak hanya mengenai pemahaman konsep antara hubungan pada sisi segitiga (Cahyanindya & Mampouw, 2020). Teorema pythagoras tidak hanya menjadi dasar pemamahaman kosep geometri dan mengasah kemampuan matematis siswa, akan tetapi teorema pythagoras juga banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Namun kenyataanya, siswa menganggap materi teorema pythagoras sulit, hal ini ditunjukkan dari hasil belajar siswa dan masih banyak kesalahan dalam menyelesaikan masalah terkait teorema pythagoras (Yadrika et al., 2019). Salah satu penyebab siswa menganggap materi teorema pythagoras sulit adalah terbatasnya bahan ajar.

Menurut Indariani et al, (2018), Magdalena et al., & Supardi, (2020) bahan ajar menjadi unsur penting untuk mendukung pembelajaran tertulis yang berisikan materi yang disusun sistematis dalam mendukung pembelajaran. Salah satu penduku proses pembelajaran adalah dengan menggunakan e-modul. E-modul merupakan modul dalam bentuk digital yang memuat teks, gambar, grafik, animasi, dan juga video yang dapat diakses dengan mudah (Dewi & Lestari, 2020). E-modul menyajikan materi yang dapat diakses dengan mudah dengan penggunaan *smartphone*, laptop, maupun komputer (Rismayanti & Sukirwan, 2022). Dalam perose pembelajaran kelebihan e-modul diharapkan mampu membantu siswa dalam menvisualkan dan memahami materi teorema pythagoras. Oleh karana itu, diperlukan untuk melakukan desai e-modul. Banyak peneliti lain yang telah mengembangkan e-modul yaitu yang dilakukan oleh Nadia et al., (2022)pada materi pecahan, dan penelitian yang dilakukan oleh(Maryam et al., 2019) berbasis *open ended* pada matei sistem persamaan linear dua variabel. Sedangkan pada penelitian ini e-modul *terintegrasi augmented* berbasis *problem based learning* pada materi teorema pythagoras.

Augmented reality merupakan suatu teknologi yang dapat menghubungkan objek digital dengan dunia nyata yang dapat membantu siswa melihat, berinteraksi yang akan ditimbulkan dalam bentuk dua dimensi maupun tiga dimensi (Aditama et al., 2019; Estheriani & Muhib, 2020). *Augmented reality* dapat diimplementasi sebagai media secara luas (Cahyaningsih, 2020). Hal inilah yang menjadi pertimbangan penggunaan *augmented reality* dalam pembelajaran. Menurut Pasaribu et al, (2024) implemtasi *augmented reality* memungkinkan pengalaman pembelajaran yang lebih efektif dan mendalam, yang memperkuat pemahaman siswa, terutama dalam pembelajaran matematika. Hal ini selaras dengan materi teorema pyhtgaras yang memerlukan visualisasi untuk membantu siswa dalam memahami materi dan menciptakan pengalaman belajar yang berkesan bagi siswa. selain itu, pemilihan model pembajaran juga penting terhadap ketercapaian dan keberhasilan pembelajaran. Menurut Irwandi et al, (2023) keberhasilan guru dalam proses pembelajaran pemilihan model pembelajaran menjadi hal penting.

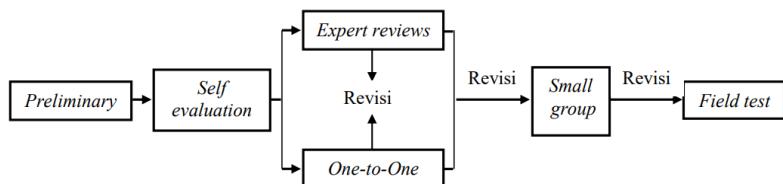
Salah satu model pembelajaran yang membantu siswa memahami materi dengan mengaikan pada permasalahan kehidupan sehari-hari adalah model pembelajaran *problem based learning* (PBL). Model *problem based learning* merupakan model pembelajaran yang menyajikan suatu permasalahan, mengajukan pertanyaan pertanyaan, dan membuka dialog dalam kegiatan pembelajaran (Arnidha et al., 2018 & Aprilita et al., 2023). Penggunaan model *problem based learning* dalam kegiatan pembelajaran mendorong siswa aktif dalam kegiatan pembelajaran (Dwi Anjani et al., 2023 & Sajidan et al., 2022). Sejalan dengan kebutuhan tersebut, kemajuan teknologi memungkinkan hadirnya e-modul menjadi bahan ajar yang menawarkan kelebihan terhadap kemudahan penggunaan, fleksibel, interaktif, serta memiliki daya tarik yang kuat bagi guru dan siswa. penelitian pengembangan e-modul berbasis *problem based learning* telah dilakukan oleh beberapa peneliti yaitu (Saputri et al, 2025; Mumpuni et al, 2023; Jayanti & Pertiwi, 2020) untuk meningkatkan kemampuan literasi matematis, menggunakan *kuissoft flipbook*, dan untuk meningkatkan kemampuan analisis dan rasa ingin tahu siswa.

Peneliti ingin membuat terobosan terbaru dengan mengembangkan berbasis *problem based learning* dalam kegiatan pembelajaran disertakan teknologi *augmented reality* sebagai media yang mengilustrasikan konsep maupun masalah pada materi teorema Pythagoras yang sangat membutuhkan ilustrasi untuk memudahkan siswa dalam memahami kosep. Penelitian sebelumnya juga ada yang melakukan pengembangan e-modul yang serupa yaitu penelitian yang dilakukan oleh Musa'as & Suparman, (2023) yaitu pengembangan e-modul berbasis *problem based learning* untuk memacu kemampuan berpikir kritis abat-21, namun pada penelitian ini tidak menggunakan *augmented reality* sebagai media yang mendukung pembelajaran serta cakupan materi pada penelitian ini bukan membahas materi teorema Pythagoras. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Nuraini et al, (2022) yaitu pengembangan e-modul berbantuan aplikasi book creator berbasis *problem based learning* materi bentuk aljabar, yang membendakan pada penelitian ini adalah penggunaan aplikasi *book creator* dan cakupan materi pada e-modul.

Produk yang dihasilkan pada penelitian ini berupa e-modul yang valid, praktis, dan efektif untuk digunakan oleh guru dan siswa dalam proses pembelajaran. Maka dari itu, Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan e-modul berbasis *problem based learning* berbantuan *augmented reality* pada materi teorema Pythagoras kelas VIII.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan (*Design Research type development Studies*). Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan prosedur model menurut Akker et al. (2006) yang terdiri dari tahapan *preliminary*, *prototyping formative evaluation (self evaluation, expert review, one to one, small group, dan field test)* (Tessmer, 1993), dan *assessment phase*. Model pengembangan menurut Akker (2006) dan formative evaluation oleh Tessmer (1993) dipilih sejalan dengan penelitian pengembangan e-modul berbasis *problem based learning augmented reality* pada materi teorema Pythagoras, setiap tahap pada model ini produk yang dihasilkan dilakukan evaluasi terhadap tanggapan yang diberikan oleh para ahli, guru, dan siswa sehingga diperoleh valid, praktis, serta efektif untuk pembelajaran. Berikut tampilan prosedur penelitian Tessmer dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur Penelitian Tessmer (1993)

Subjek penelitian ini melibatkan 36 siswa kelas VIII di SMP Negeri 22 Kota Jambi. Pada tahap *preliminary* peneliti menentukan tempat penelitian, analisis kurikulum, analisis siswa, analisis materi, serta merancang desain e-modul. Selanjutnya, tahapan *prototyping* diawali dengan melakukan *self evaluation* peneliti melakukan peninjauan *prototyping I* e-modul yang dikembangkan secara mandiri. *Expert review* melaksanakan validasi terhadap *prototyping I* kepada ahli materi dan desain. Tahap *one to one* e-modul yang sama diuji coba kepada guru dan 3 siswa dengan kemampuan beragam untuk memperoleh tanggapan penggunaan e-modul dalam pembelajar. *Small group* dilakukan penguji cobaan *prototyping II* e-modul kepada 6 siswa dengan kemampuan beragam. *Field test* hasil *prototyping III* e-modul di uji cobakan kepada 36 siswa kelas VIII C SMP Negeri 22 Kota Jambi. Selanjutnya tahap *assessment phase* pemberian angket efektifitas kepada siswa subjek penelitian.

Data penelitian ini diperoleh menggunakan instrumen angket validitas, praktikalitas dan efektifitas. Data penelitian dianalisis menggunakan skala likert untuk menentukan hasil dari angket dengan kategori skor 1: sangat tidak setuju; 2: tiak setuju; 3: cukup setuju; 4: setuju; 5: sangat setuju (Widodo et al., n.d.). Skor yang diperoleh dihitung menggunakan rumus (Pramudya & Istianah, 2025):

$$V_s = \frac{\sum x}{\sum n} \times 100\%$$

Keterangan:

V_s = Persentase kepraktisan instrumen

$\sum x$ = Total skor butir penilaian yang didapat

$\sum n$ = total skor maksimal atau ideal penilaian

Data yang telah dianalisis disajikan dalam bentuk persentase. Berikut kriteria persentase kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Persentase Kevalidan, kepraktisan, dan kefektifan

Tingkat Kevalidan (%)	Kriteria	Kriteria	Kriteria
$81 \leq V_s < 100$	Sangat Valid	Sangat Praktis	Sangat Efektif
$61 \leq V_s < 80$	Valid	Praktis	Efektif
$41 \leq V_s < 60$	Kurang Valid	Kurang Praktis	Kurang Efektif
$21 \leq V_s < 40$	Tidak Valid	Tidak Praktis	Tidak Efektif
$0 \leq V_s < 20$	Sangat Tidak Valid	Sangat Tidak praktis	Sangat Tidak Efektif

E-modul dikatakan baik dan layak digunakan apabila memenuhi nilai persentase minimum 81% dengan kategori “sangat valid”, “sangat praktis”, dan “sangat efektif”.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan produk berupa e-modul berbasis *problem based learning augmented reality* pada materi teorema Pythagoras kelas VIII yang teruji valid, praktis, dan efektif. Penelitian pengembangan produk ini menggunakan prosedur model Tessmer yaitu sebagai berikut:

Tahap Preliminari

Diperolehlah keputusan bahwa subjek penelitian melibatkan siswa kelas VIII C dan penelitian dilaksanakan di SMP Negeri 22 Kota Jambi. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa SMP Negeri 22 Kota Jambi menerapkan kurikulum merdeka sebagai ajuan pembelajaran. Selain itu, dari hasil wawancara kurangnya inovasi bahan ajar dan media pembelajaran yang selaras dengan kemajuan teknologi. Temuan ini menjadi acuan peneliti untuk mengembangkan e-modul berbasis *problem based learning* berbantuan *augmented reality* pada materi teorema Pythagoras kelas VIII.

Selanjut peneliti merancang desain e-modul sebagai *prototyping* I yang memfokuskan kegiatan pembelajaran dengan menggunakan langkah-langkah *problem based learning* yang disetiap langkahnya terdapat indikator kemampuan penalaran matematis. Dalam e-modul cakupan materi dibagi menjadi tiga bab yaitu, bab 1 pembuktian teorema Pythagoras, bab 2 jenis-jenis segitiga dan menuntaskan panjang sisi-sisi segitiga siku-siku, tripel Pythagoras, bab 3 segitiga istimewa. Pada perancangan desain *augmented reality* peneliti mengalami kendala merubah gambar menjadi 3D, sehingga peneliti menggunakan CSM 3D untuk mengubah gambar menjadi 3D lalu diaplikasikan pada assmblr edu untuk mendesain *augmented reality* sesuai dengan materi.

Tahap Prototyping

a) Self Evaluation

Pada tahap *self evaluation* peneliti melakukan evaluasi secara mandiri terhadap prototyping I e-modul yang dikembangkan dengan disertakan bimbingan bersama dosen. Adapun kendala yang ditemukan dalam tahap *self evaluation* disajikan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kendala Tahap *Self Evaluation*

No.	Aspek Evaluasi	Kendala Yang ditemui
1.	Analisis Konten	penyesuaian masalah yang berkaitan dengan materi, contoh, dan latihan soal. Memastikan kembali bahwa kegiatan pembelajaran sesuai dengan indikator kemampuan penalaran matematis berbasis PBL.
2.	Susunan Penyajian	Menentukan susunan yang tepat langkah-langkah PBL dan indikator kemampuan peanalaran pada kegiatan pembelajaran.
3.	Stuktur dan Organisasi	keterbatasan aplikasi untuk mengubah gambar menjadi 3D yang akan dijadikan AR.

Kendala yang ditemukan pada *self evaluation* yang dijabarkan pada Tabel 2 peneliti melakukan diskusi dengan dosen pembimbing untuk menemukan solusi dengan memperbaiki dan mempelajari susuanan yang pas antara sintaks *problem based learning* dan indikator kemampuan penalaran matematis. Selanjutnya, dilakukan peninjauan kembali sebelum dilakukan validasi pada tahap *expert review*.

b) Expert Review

Pada tahap validasi peneliti tekendala jarak sehingga proses validasi dilakukan secara *online* melalui via zoom bersama validator. Pada tahap ini *prototype* I e-modul dilakukan uji coba validasitas materi dan desain melalui angket yang diisi oleh ahli materi dan desain. Berikut komentar dan saran yang diberikan validator bagian materi dan desain e-modul yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komentar dan Saran materi dan desain e-modul yang diberikan oleh Validator

Validator	Topik	Komentar dan Saran	Perbaikan
Validator I	Materi	<ul style="list-style-type: none"> • Materi disusun berdasarkan CP dan TP Kurikulum Merdeka. • Masalah, contoh soal, dan latihan soal yang disajikan dalam e-modul baiknya kontekstual yang ditemui oleh siswa SMP dengan minimal KKO pada kategori C4-C6. • Pada kegiatan 1 carilah permasalahan yang lebih relevan dengan materi dan bisa diilustrasikan dengan menggunakan AR. • Pada latihan soal permasalahan yang diangkat diperbaiki sesuai dengan ilustrasi yang digunakan. • Pada kegiatan perhatikan kembali sintaks <i>problem based learning</i> dan indikator kemampuan penalaran matematis. • Pada setiap kegiatan pembelajaran diberi penjelasan terkait materinya. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menyesuaikan susunan materi sesuai dengan CP dan TP Kurikulum Merdeka • Merubah masalah, contoh soal, dan latihan soal menjadi kontekstual yang sering ditemui oleh siswa yang disajikan setiap bab dalam e-modul dengan memperhatikan KKO yang disarakan. • Memperbaiki permasalahan kegiatan 1 yang relevan dengan materi dan bisa diilustrasikan dengan menggunakan AR. • Pada kegiatan pembelajaran disesuaikan berdasarkan sintaks PBL dan indikator kemampuan penalaran matematis • Memberikan pejelasan materi pada setiap kegiatan pembelajaran • Menambahkan <i>augmented reality</i> pada kegiatan pembelajaran.

		<ul style="list-style-type: none"> • Memunculkan <i>augmented reality</i> pada kegiatan pembelajaran.
Desain		<ul style="list-style-type: none"> • Perbaiki warna dan desain caver bagian dan cover dalam e-modul. • Perbaiki jenis dan ukuran <i>font</i> pada kata pengantar diseragamkan dan desain pada halaman kata pengantar, dafat isi, dan pendahuluan. • Pada bagian halaman petunjuk penggunaan. Berikan informasi petunjuk e-modul yang jelas dengan menambahkan gambar ikon dan penjelasannya. Serta, menambah petunjuk penggunaan <i>augmented reality</i>. • Merapikan peletakan teks “sintaks Problem Based Learning” dan “indikator kemampuan penalaran matematis”.
Validator II	Materi	<ul style="list-style-type: none"> • Pada setiap materi berikan video penjelasan materi. • Menambahkan quiz pada setiap materi sebelum melaksanakan latihan soal.
Desain		<ul style="list-style-type: none"> • Desain <i>augmented reality</i> menambahkan fitur yang memuat informasi penting terkait materi dan menambahkan ilustrasi agar terlihat lebih menarik. • Memperbaiki desain <i>augmented reality</i> menambahkan fitur yang memuat informasi penting terkait materi dan menambahkan ilustrasi agar terlihat lebih menarik sebelum melaksanakan latihan soal.

Hasil validasi e-modul disajikan pada Tabel 3 dijadikan masukan dan saran siswa yang bertujuan sebagai bahan perbaikan e-modul untuk memperbaiki desain sesuai dengan saran validator, memperhatikan kembali susunan materi sesuai dengan sintakas *problem based learning* dan indikator kemampuan penalaran, pada e-modul peneliti juga menambahkan video materi dan quiz, selain itu peneliti menambahkan fitur pada *augmented reality* untuk membantu siswa dalam memahami materi. Perolehan validasi materi menunjukkan tingkat validitas materi sebesar 89,18% dan validitas desain 89% sehingga e-modul memiliki kategori sangat valid.

c) One To One

E-modul yang telah melalui validasi oleh ahli materi dan desain diuji cobakan kepada guru dan 3 siswa non subjek penelitian untuk menilai kepraktisan dan mendapatkan saran terhadap e-modul. Pada uji coba e-modul kepada siswa peneliti menemukan kendala peraturan penggunaan *handphone* di sekolah, kendala ini peneliti diskusikan dengan guru untuk mengizinkan siswa membawa *smartphones* pada saat uji coba e-modul. Berikut ini adapun komentar dan respon guru dan siswa disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Komentar dan Saran dari Guru dan Siswa Tahap One to One

E-Modul Yang Dikembangkan	Komentar dan Saran	
Tampilan(gambar, ilustrasi, tabel, warna)	Guru	Tampilan e-modul sangat menarik dengan adanya gambar, ilustrasi, tabel, perpaduan warna serta dilengkapi teknologi <i>augmented reality</i> dapat membangkitkan semangat dan motivasi siswa untuk belajar.
	Siswa	Tampilan e-modul sangat menarik dengan dilengkapi gambar, ilustrasi dengan menggunakan <i>augmented reality</i> , tabel yang ditampilkan membantu siswa memahami materi, sehingga membantu siswa dalam memahami materi secara mandiri.
Efisiensi waktu	Guru	Penggunaan alokasi waktu harus disesuaikan dengan waktu yang digunakan guru mata pelajaran.
	Siswa	Tidak ada revisi

Hasil praktikalitas e-modul disajikan pada Tabel 4 yang diperoleh dari masukan dan saran siswa yang bertujuan sebagai bahan perbaikan e-modul yang lebih baik. Hasil penilaian praktikalitas e-modul oleh siswa diperoleh persentase sebesa 83,14%, penilaian praktikalitas e-modul oleh guru diperoleh persentase sebesa 83,14% sehingga e-modul memiliki kategori sangat praktis.

d) Small Group

Saran dan masukan pada tahap *expert review* dan *one to one*, selanjut peneliti melakukan revisi terhadap e-modul. Hasil revisian e-modul pada dinamakan *prototyping II* yang akan diujicobakan kepada 6 siswa non subjek. Pada tahap ini peneliti menemukan kendala yang mana dalam penggunaan e-modul maupun *augmented reality* memerlukan jaringan internet yang stabil dan tidak semua siswa memiliki jaringan internet sehingga peneliti menyiapkan internet yang stabil apabila digunakan oleh banyak prangkat. Berikut ini komentar dan respon siswa disajikan pada Tabel 10:

Tabel 10. Komentar dan Saran dari Siswa Tahap Small Group

E-Modul Yang Dikembangkan	Komentar dan Saran	
Tampilan(gambar, ilustrasi, tabel, warna)	Siswa	Tabel pada bilangan-bilangan tripel pythagoras dan pembuktian segitiga istimewa hendaknya ditulis secara lengkap untuk memudahkan siswa memahami materi.

Hasil praktikalitas e-modul disajikan pada Tabel 10 yang diperoleh dari masukan dan saran siswa yang bertujuan sebagai bahan perbaikan e-modul yang lebih baik. Hasil penilaian praktikalitas e-modul oleh siswa diperoleh persentase sebesaR 87,45%. sehingga e-modul memiliki kategori sangat praktis.

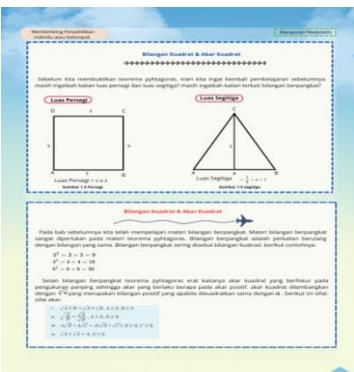
e) Field Test

Pada tahap ini e-modul ini e-modul yang telah direvisi diuji coba kepada subjek peneliti yaitu siswa kelas VIII C SMP Negeri 22 Kota Jambi. Penelitian dilakukan selama 4 pertemuan pengaplikasian e-modul berbasi *problem based lerning* berbantuan *augmented reality* pada materi teorema pyhtagoras. Pada tahap *field test* jumlah smardphone untuk mengakses e-modul sangat lah mini sehingga peneliti membagi kelompok dalam pembelajaran, yang mana setiap kelompok terdapat minimal 1 smarphond untuk mengakses e-modul. Selain itu saat penelitian, peneliti membagi siswa dalam kelompok dengan tingkat kemampuan yang beragam sehingga setiap siswa dapat peran masing masih yang dapat medoroong siswaa aktif dala proses pembelajaran. Pada pertemuan pertama melakukan kegiatan pembelajaran 1 sub materi yang dibahas adalah materi pembuktian teorema pyhtagoras, dengan menyajikan masalah kontekstual mengenai kayu penyanggah atap

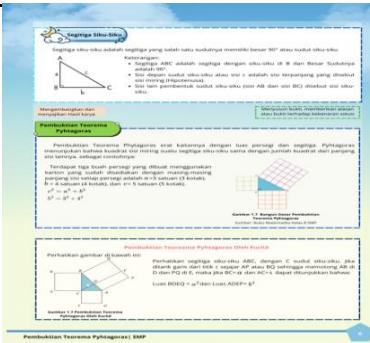
gazebo joglo kayu jati. Pada pertemuan kedua melakukan kegiatan pembelajaran 2 sub materi yang dibahas adalah materi jenis segitiga dan menentukan panjang sisi-sisi segitiga pythagoras dengan menyajikan masalah kontekstual mengenai permainan tagram. Pada pertemuan ketiga melakukan kegiatan pembelajaran 3 sub materi yang dibahas adalah materi tripel pythagoras, dengan menyajikan masalah kontekstual mengenai pengukuran tali pada jembatan gantung. Pada pertemuan keempat melakukan kegiatan pembelajaran 4 sub materi yang dibahas adalah materi segitiga istimewa, dengan menyajikan masalah kontekstual mengenai sudut pada tangga ranjang tingkat anak.

Berikut akan ditampilkan kegiatan pembelajaran 1 materi yang dibahas adalah pembuktian teorema pythagoras masalah kontekstual yang disajikan adalah kayu penyangga atap gazebo joglo kayu jati. Soal yang disajikan pada setiap bab e-modul berbasis Hots dengan dilengkapi teknologi *augmented reality* dengan menggunakan aplikasi assemblr edu. Berikut Tabel 12 menampilkan masalah pada kegiatan 1 dan *augmented reality*.

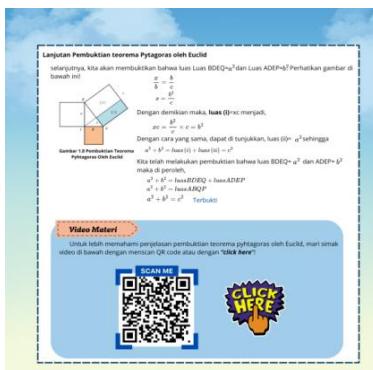
Tabel 12. Kegiatan Pembelajaran 1

Gambar	Penjelasan
	Pada kegiatan pembelajaran 1 membahas sub materi “pembuktian teorema pythagoras” dengan tujuan pembelajaran membuat pembuktian berupa skema atau prosedur terhadap rumus teorema pythagoras.
	Masalah yang disajikan dalam e-modul pada sub materi ini adalah ayu penyangga atap gazebo joglo kayu jati yang disusun dengan menerapkan langkah-langkah pembelajaran PBL dan indikator kemampuan penalaran matemati. Pada langkah mengorientasikan siswa pada masalah peneliti meminta siswa dalam kelompok untuk membaca dan memahami permasalahan yang diberikan, selain itu siswa diarahkan untuk mengakses AR untuk melihat ilustrasi dalam bentuk 3D dan memahami informasi yang dicantumkan pada AR. Adapun tampilan AR pada kegiatan pembelajaran 1 dapat dilihat pada Gambar b.
	Pada halaman yang sama terdapat langkah kedua PBL yaitu mengorganisasikan siswa untuk belajar . Pada langkah ini siswa diarahkan untuk memahami langkah solusi penyelesaian masalah dengan mengarahkan siswa untuk mendugaan penyelesaian yang tepat dari tahap ini menculan indikator kemampuan penalaran matematin yaitu mengajukan dugaan . Penyelesaian masalah tersebut berkaitan dengan konsep persegi dan segitiga yang berkaitan erat dengan pembuktian teorema pythagoras.

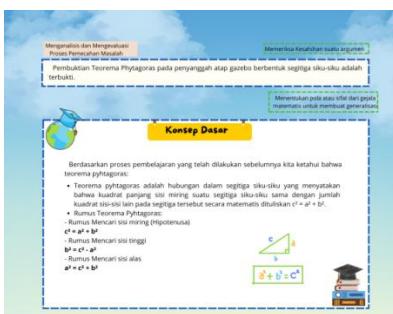
Gambar



Gambar d



Gambar f



Gambar g

Penjelasan

Gambar d menampilkan langkah **mengembangkan dan menyajikan hasil karya**. Pada langkah ini siswa diajak menyusun pembuktian teorema pythagoras yang diperoleh dari tahap sebelumnya. Karya yang dihasilkan adalah laporan terkait perose pembuktian teorema pythagoras dalam kelompok. Pembuktian ini siswa diarahkan untuk menggunakan materi prasyarat dalam melakukan proses pembuktian dengan melekaukan kegiatan ini siswa angkan memunculkan indikator kemampuan penalaran matematis yaitu **menyusun bukti, memberikan alasan atau bukti terhadap kebenaran solusi**.

Setelah itu siswa diarahkan untuk membuka halaman beriktnya yang disajikan pada gambar e, di halaman halam ini merupakan lanjutan dari proses pembuktian teorema pythagoras oleh Euclid dan untuk membantu siswa untuk lebih memahami materi pada bagian bawah halaman diberikan *barcode* yang dapat diakses yang mengarahkan siswa pada *link youtube* yang membahas pembuktian teorema pythagoras oleh Euclid.

Pada halaman selanjutnya masih pada langkah keempat PBL siswa diarahkan untuk memahami pembuktian teorema pythagoras dengan menggunakan aljabar, yang mana satu persegi dan 4 segitiga siku-siku yang akan operasikan untuk memperoleh rumus teorema pythagoras dan untuk membantu siswa untuk lebih memahami materi pada bagian bawah halaman diberikan *barcode* yang dapat diakses yang mengarahkan siswa pada *link youtube* yang membahas pembuktian teorema pythagoras dengan menggunakan aljabar.

Setelah melaksanakan rangkaian pembuktian teorema pythagoras siswa dalam kelompok untuk manarik sebuah kesimpulan dari proses yang telah dilalu sebelumnya. Pada kegiatan ini muncul indikator kemampuan penalaran matematis yaitu **menarik kesimpulan dari suatu pernyataan**.

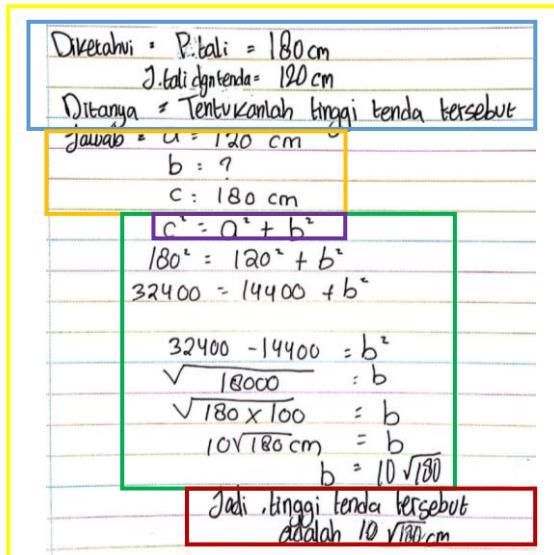
pada halaman ini siswa diajak untuk melakukan langkah kelima PBL yaitu **menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah**. Pada tahap ini siswa dalam kelompok untuk melakukan evaluasi kembali terhadap penyelesaian masalah yang telah dilakukan dan menganalisis kembali hasil karya. Guru sebagai fasilitator melakukan tanya jawab terkait materi yang. Pada langkah ini akan muncul indikator kemampuan penalaran yaitu **menarik kesahihan suatu argume dan menentukan pola atau sifat dari gejala matematis untuk membuat generalisasi**. Untuk lebih memahami materi lebih dalam siswa diarahkan untuk membuka halaman latihan soal. Selanjutnya, Sebelum mengakhiri pembelajaran siswa diarahkan untuk menyelesaikan latihan soal pada bab 1.

latihan soal yang disajikan dalam e-modul disesuaikan dengan indikator kemampuan penalaran matematis yaitu mengajukan dugaaan, melakukan manipulasi matematis, penyusunan bukti, memberikan alasan atau bukti terhadap kebenaran solusi, menarik kesimpulan dari pernyataan,

menarik kesahihan suatu argumen, dan menemukan atau sifat dari gejala matematis untuk membuat generalisasi. Berikut Gambar 1 menampilkan masalah pada latihan soal 1, jawaban siswa, dan *augmented reality*



Gambar 2. (a) Latihan soal dan (b) Tampilan *augmented Reality*



Gambar 3. Jawaban siswa

Keterangan:

- : Indikator (1): mengajukan dugaan
- : Indikator (2): melakukan manipulasi matematis
- : Indikator (3): menyusun bukti, memberikan alasan atau bukti terdapat kebenaran solusi
- : Indikator (4): menarik kesimpulan dari pernyataan
- : Indikator (5): memeriksa kesahihan suatu argumen
- : Indikator (6): menemukan pola atau sifat dari gejala matematis untuk membuat generalisasi

Berdasarkan Gambar 3, jawaban latihan soal siswa dianalisis dengan menggunakan indikator kemampuan penalaran matematis menurut Peraturan Dirjen Dikdasmen. Depdiknas No. 506/C/PP/2004 dalam (Wildaniati et al., 2021). Pada indikator (1) mengajukan dugaan, berdasarkan jawaban siswa dapat terlihat bahwa siswa dapat mengetahui informasi penting pada soal dengan menuliskan apa yang diketahui yaitu panjang tali 180 cm dan jarak tali dengan unjung tenda 120 cm, serta ditanyakan pada soal yaitu tentukan tinggi tenda tersebut?, namun tidak melakukan mengajukan dugaan penyelesaian soal. Selain itu, pada indikator (2) melakukan manipulasi matematis, berdasarkan jawaban siswa mampu melakukan menuliskan pemisalan dari apa yang diketahui yang mana a= jarak tali dengan unjung tenda, b= tinggi tenda, dan c= panjang tali tenda. Operasi hitung kuadrat benar dapat dilihat bahwa siswa mampu menuliskan langkah-

langkah penyelesaian dengan menerapkan rumus teorema Pythagoras. Indikator (3) menyusun bukti, memberikan alasan atau bukti terhadap kebenaran solusi, pada indikator ini siswa mampu melakukan penyelesaian dengan baik dan benar. Hal ini dapat dilihat, bahwa siswa dapat mengidentifikasi konsep yang relevan dengan menggunakan rumus teorema Pythagoras yaitu $c^2 = a^2 + b^2$ yang diperoleh dari informasi pada soal, serta membuktunganya dengan melakukan langkah-langkah penyelesaian dengan benar dengan mensubtitusikan pemisalan $a = 120 \text{ cm}$, $b = ?$, dan $c = 180$ ke dalam rumus teorema Pythagoras. Indikator (4) menarik kesimpulan dari pernyataan, berdasarkan jawaban siswa mampu menarik kesimpulan dengan jelas, baik yaitu jadi tinggi tenda tersebut adalah $10\sqrt{180} \text{ cm}$, namun jawaban tersebut kurang tepat yang mana penyederhanaan bilangan akar seharusnya $60\sqrt{5} \text{ cm}$. Indikator (5) memeriksa kesahihan suatu argumen, pada indikator ini siswa sudah mampu memeriksa kesahihan suatu argumen. Hal ini ditunjukkan pada saat siswa melakukan pemeriksaan ulang langkah-langkah penyelesaian soal apabila terdapat kekeliruan. Selanjutnya indikator (6) menemukan pola atau sifat dari gejala matematis untuk membuat generalisasi, berdasarkan jawaban siswa mampu mengidentifikasi penyelesaian soal dapat dimodelkan menjadi segitiga siku-siku yang dapat diselesaikan dengan menggunakan rumus teorema Pythagoras $c^2 = a^2 + b^2$.

Assessment Phase

Setelah mempelajari semua submateri teorema Pythagoras pada e-modul berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *Augmented Reality* pada pertemuan kelima penelitian peneliti memberikan angket respon peserta didik guna mengetahui efektivitas e-modul dalam meningkatkan kemampuan penalaran matematis siswa. Pada pengisian angket siswa mengisi semua point pertanyaan dan komentar sesuai dengan pengalaman mereka terhadap penggunaan e-modul. Pada tahap assesment phase menurut Tessmer (1993), hasil angket yang telah selesaikan oleh siswa kelas VIII C SMP Negeri 22 Kota Jambi dianalisis untuk mengukur sejauh mana e-modul berbasis PBL berbantuan AR mampu memberikan andil terhadap kemampuan penalaran matematis setelah dilaksanakan proses pembelajaran. Hasil penilaian pada angket efektivitas e-modul oleh siswa kelas VIII C SMP Negeri 22 Kota Jambi setalah penggunaan e-modul selama kegiatan pembelajaran diperoleh hasil persentase 88,31% dengan kategori “sangat efektif” yang berarti e-modul efektif bagi siswa dalam memahami materi teorema Pythagoras. Berdasarkan hasil angket, dapat disimpulkan bahwa e-modul mampu memberikan hasil yang selaras dengan tujuan pembelajaran yang diharapkan.

Hasil perolehan ini menunjukkan bahwa e-modul berbasis *problem based learning* berbantuan *augmented reality* pada materi teorema Pythagoras yang dikembangkan tergolong sangat valid, sangat praktis dan sangat efektif. *Problem based learning* dapat menjadi pilihan dalam proses pembelajaran untuk membantu siswa memahami materi dengan mengaitkan materi dengan permasalahan kehidupan sehari-hari. Selaras Rasyada, (2023) dengan penelitian ini penerapan *problem based learning* dalam pembelajaran berdampak positif pada pemahaman dan keterampilan siswa dalam matematika. Model *Problem based learning* dapat meningkatkan kemampuan dan ketrampilan siswa (Qur’ani, 2023).

4. SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-modul berbasis *problem based learning augmented reality* pada materi teorema Pythagoras yang teruji valid, praktis, dan valid. Penelitian ini berdasarkan kurangnya bahan ajar yang menfasilitasi pemahaman konsep teorema Pythagoras dengan menyertakan teknologi yang dapat mengilustrasikan dalam bentuk 3D. e-modul dikembangkan dengan menggunakan model penelitian pengembangan menurut Akker et al. (2006) yang terdiri dari tahapan *preliminary, prototyping formative evaluation (self evaluation, expert review, one to one, small group, dan field test)* (Tessmer, 1993), dan *assessment phase*. Melalui tahapan model pengembangan tersebut peneliti menyelesaikan permasalahan tersebut terkait kebutuhan bahan ajar yang menfasilitaskan pemahaman kosep yang terintegrasi *augmented*

reality sebagai visualisasi pada materi teorema Pythagoras, serta dapat meningkatkan kemampuan matematis siswa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa e-modul berbasis *problem based learning augmented reality* pada materi teorema Pythagoras memenuhi kategori kelayakan yang telah teruji validitas oleh para ahli materi dan desain, e-modul teruji praktikalitas oleh guru dan siswa yang menunjukkan bahwa e-modul dapat digunakan dengan mudah oleh guru dan siswa, serta e-modul teruji efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep serta kemampuan matematis siswa.

Berdasarkan hasil penelitian ini diharapkan guru dan siswa dapat memanfaatan e-modul berbasis *problem based learning* berbantuan *augmented reality* sebagai sumber belajar dalam pembelajaran yang membutuhkan visualisasi dan konteks autentik terutama pada materi teorema Pythagoras. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan terhadap perangkat untuk mengakses fitur AR, ruang lingkup uji coba, serta waktu pelaksanaan penelitian. Peneliti juga menyarankan agar pengembangan e-modul serupa dapat dilakukan oleh penelitian lainnya dengan menggunakan topik lainnya dalam matematika, serta diuji coba pada kontek yang lebih luas guna mengukur dampak menyeluruh.

Referensi

- Aditama, P. W., Adnyana, I. N. W., & Ariningsih, K. A. (2019). *Augmented reality dalam multimedia pembelajaran*. 2, 176–182.
- Akker, J. Van Den, Gravenmeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (2006). *No Educational Design Research Educational*.
- Aprilita, T. D., Handican, R., Pendidikan, M., Islam, A., Kerinci, I., Matematika, T., & Kerinci, I. (2023). *Persepsi Siswa terhadap Implementasi Model Problem Based Learning pada Mata Pelajaran Matematika*. 3(September), 546–560.
- Arnidha, Y., Noerhasmalina, & Rekawati, D. (2018). *Model Problem Based Learning (PBL) Pada Pembelajaran Matematika*. 4(2).
- Cahyanindya, B. A., & Mampouw, H. L. (2020). *Pengembangan Media Puppy Berbasis Adobe Flash CS6 Untuk Pembelajaran Teorema Pythagoras*. 04(01), 380–389.
- Cahyaningsih, Y. (2020). Teknologi Augmented Reality pada Promosi Berbasis Android. *Journal of Computer Science and Engineering (JCSE)*, 1(2), 90–115. <https://doi.org/10.36596/jcse.v1i2.60>
- Dewi, M. S. A., & Lestari, N. A. P. (2020). E-Modul Interaktif Berbasis Proyek Terhadap Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Imiah Pendidikan Dan Pembelajaran*, 4(3), 433–441.
- Dwi Anjani, A., Senjayawati, E., & Suciati, O. (2023). Penerapan Model Problem-Based Learning Dengan Pembelajaran Kooperatif Tipe Stad Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa Kelas VII. *JPMI Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 6(2), 879–888. <https://doi.org/10.22460/jpmi.v6i2.17523>
- Estheriani, N. G. N., & Muhid, A. (2020). *Development Of Students' Thinking Creativity In Industri Era 4.0 Through Learning Tools With Augmented Reality Media*. 22(2), 118–129.
- Indariani, A., Pramuditya, S. A., & Firmasari, S. (2018). *Pengembangan Bahan Ajar Digital Berbasis Pembelajaran Matematika (Bahan Ajar Digital Interaktif pada Materi Pertidaksamaan Nilai Mutlak Linear Satu Variabel)*. 7(2), 89–98.
- Irwandi, Wilhotama, W., & Hartati, M. S. (2023). Implementasi Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Group Investasi (GI) Berbasis Sigil Terhadap Motivasi Belajar Siswa Kelas X IPA SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 6, 572. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v6i2.7685>
- Maryam, Masykur, R., & Andriani, S. (2019). *Pengembangan E-modul Matematika Berbasis Open Ended pada Materi Sistem Persamaan Linear Dua Variabel Kelas VIII A*. 10(1), 1–12.
- Musa'as, F., & Suparman. (2023). *Pengembangan E-Modul Berbasis Problem Based Learning Untuk Memacu Kemampuan Berfikir Kritis Abad-21*. 12(3), 3162–3171. <https://doi.org/https://doi.org/10.24127/ajpm.v12i3.6119>
- Nadia, L., Maniq, K., Karma, I. N., Nur, A., & Rosyidah, K. (2022). *Pengembangan E-Modul Matematika Pada Materi Pecahan*. 4(1). <https://doi.org/10.29303/jcar.v4i1.1405>

- Nuraini, Hartatiana, & Wardani, A. K. (2022). *Pengembangan E-Modul Berbantuan Aplikasi Book Creator Berbasis Problem Based Learning Materi Bentuk Aljabar*. 14. <https://doi.org/https://doi.org/10.47637/eksponen.v14i1.855> Pengembangan
- 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*. 1588–1596.
- Pramudya, F. D., & Istianah, F. (2025). *Pengembangan Media Virtual Lab Berbasis Website Untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Dalam Pembelajaran IPAS Kelas IV SD Materi Perubahan Energi*. 13(2), 409–423.
- Qur'ani, S. (2023). *Implementasi Problem Based Learning (PBL) Pada Mata Pelajaran Matematika*. 3(1), 151–162. <https://doi.org/10.37680/basica.v3i1.3943>
- Rismayanti, T. A., & Sukirwan, N. A. (2022). *Pengembangan E-Modul Berbantu Kodular pada Smartphone untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMP*. 06(01), 859–870.
- Sajidan, Suranto, Atmojo, I. R. W., Saputri, D. Y., & Etviana, R. (2022). Problem-Based Learning-Collaboration (Pbl-C) Model in Elementary School Science Learning in the Industrial Revolution Era 4.0 and Indonesia Society 5.0. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(3), 477–488. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i3.30631>
- Saputri, S. E., Ramalisa, Y., Pasaribu, F. T., & Gustiningsi, T. (2025). *Pengembangan E-Modul Berbasis Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Matematis Siswa*. 5(June), 947–960.
- Tessmer, M. (1993). *Planning and Conducting Formative Evaluations*. Kogan Pg.
- Widodo, S., Ladyani, F., Asrianto, L. O., Rusdi, N., Kairunnisa, Lestari, S. M. P., Wijayanti, D. R., Devriany, A., Hidayat, A., Dalfian, Nurcahyati, S., Sjahriani, T., Armi, N., Widya, N., & Rogayah, N. (n.d.). *Buku Ajar Metode Penelitian*.
- Wildaniati, Y., Merliza, P., Loviana, S., & Muatika, J. (2021). *Kemampuan Matematis Untuk Guru dan Calon Guru Matematika* (Y. Yunanti, E. Wulantina, & W. Sri (eds.)). Metrouniv Perss.
- Yadrika, G., Amelia, S., & Roza, Y. (2019). *Analisis Kesalahan Siswa SMP Dalam Menyelesaikan Soal Pada Materi Teorema Pythagoras Dan Lingkaran*. 12(2).