

PENGEMBANGAN E-MODUL ETNOMATEMATIKA 3D TERINTEGRASI VIRTUAL REALITY BERBASIS TPACK UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA

Miftahul Fitri¹, Mujahidawati², Ilham Falani^{3*}

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

*Corresponding author. Jl. Jambi, Muara Bulian, 36129, Jambi, Indonesia

E-mail: miftahulfitri025@gmail.com¹⁾

mujahida.wati@unja.ac.id²⁾

ilhamfalani@unja.ac.id^{3*)}

Received 22 May 2024; Received in revised form 27 February 2025; Accepted 01 June 2025

Abstrak

Kemampuan berpikir kritis adalah kemampuan untuk melakukan analisis mendalam, evaluasi, dan sintesis terhadap informasi atau situasi yang dihadapi. Dengan kemampuan berpikir kritis, seseorang dapat memecahkan masalah dengan cara yang terstruktur, efektif, serta mampu membuat keputusan yang baik dalam berbagai konteks. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan dan menguji kualitas E-Modul Etnomatematika 3D terintegrasi *Virtual Reality* Berbasis TPACK untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Jenis penelitian ini adalah R&D dengan model ADDIE. Uji coba produk melibatkan 33 siswa untuk uji coba kelompok besar dan 9 siswa untuk uji coba kelompok kecil. Teknik pengumpulan data menggunakan wawancara, angket, dan tes kemampuan berpikir kritis siswa. Hasil validasi ahli materi dan media/desain menyatakan E-Modul yang telah dikembangkan sangat baik digunakan dalam pembelajaran dengan presentase kelayakan menurut ahli materi pertama sebesar 84,8%, ahli materi kedua sebesar 91%, ahli media/desain sebesar 92% guru mata pelajaran matematika sebesar 93%, uji coba kelompok kecil sebesar 89% dan uji coba kelompok besar sebesar 88%. Adapun hasil efektifitas menunjukkan bahwa E-Modul Etnomatematika 3D yang telah dikembangkan cukup efektif dengan perhitungan nilai gain pada peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa yakni 58% dalam kategori Sedang. Sehingga dapat disimpulkan bahwa e-modul ini layak diterapkan dalam proses pembelajaran karena memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif.

Kata kunci: E-modul 3D; Etnomatematika; Kemampuan Berpikir Kritis; TPACK; *Virtual Reality*

Abstract

Critical thinking skills refer to the ability to conduct in-depth analysis, evaluation, and synthesis of information or situations. With critical thinking skills, individuals can solve problems in a structured and effective manner, as well as make well-informed decisions in various contexts. This study aims to develop and evaluate the quality of a 3D Ethnomathematics E-Module integrated with Virtual Reality based on the TPACK framework to enhance students' critical thinking skills. This research follows the Research and Development (R&D) methodology using the ADDIE model. The product trials involved 33 students for the large-group trial and 9 students for the small-group trial. Data collection techniques included interviews, questionnaires, and critical thinking skill tests. The results of expert validation in both content and media/design indicate that the developed E-Module is highly suitable for learning. The feasibility percentages were as follows: 84.8% from the first content expert, 91% from the second content expert, 92% from the media/design expert, and 93% from the mathematics teacher. Additionally, the small-group trial achieved 89%, while the large-group trial scored 88%. Effectiveness results show that the developed 3D Ethnomathematics E-Module is moderately effective, with a gain score of 58% in improving students' critical thinking skills. Thus, it can be concluded that this E-Module is suitable for implementation in the learning process as it meets the criteria of being valid, practical, and effective.

Keywords: 3D E-module; Ethnomathematics; Critical Thinking Skills; TPACK; *Virtual Reality*



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

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i2.10191>

PENDAHULUAN

Pendidikan matematika di Indonesia menghadapi tantangan yang kompleks dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa. Salah satu pendekatan yang semakin dikembangkan adalah pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran untuk membuat proses belajar lebih menarik, efektif, dan relevan dengan kebutuhan siswa (Zulkardi & Kohar, 2018).

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi informasi di era globalisasi, keterampilan berpikir kritis menjadi salah satu kompetensi utama yang harus dimiliki siswa. Keterampilan ini sangat penting untuk menganalisis informasi, menyelesaikan masalah, serta membuat keputusan yang tepat (Herlawan, 2023; Turnip & Karyono, 2021).

Hal ini selaras menurut Pandeeka & Maneekul (2019) bahwa siswa abad ke-21 harus memiliki kemampuan berpikir kritis agar dapat menganalisis dan menyintesis informasi yang diterima serta beradaptasi dengan perubahan zaman. Salah satu tantangan terbesar dalam era globalisasi adalah bagaimana menjaga eksistensi budaya lokal dan mengatasi perubahan sosial yang terjadi (Kabuye, 2024).

Salah satu cara untuk menjaga dan melestarikan budaya Indonesia ialah dengan memahami *Culture Knowledge* (Pengetahuan Kebudayaan). Dalam konteks pendidikan, pelestarian budaya dapat diwujudkan melalui integrasi budaya dalam pembelajaran, salah satunya dengan pendekatan etnomatematika.

Etnomatematika adalah pendekatan yang menghubungkan budaya dengan matematika untuk meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran (Sutarto, 2022). Mengintegrasikan

aspek budaya dalam pembelajaran matematika menjadi penting karena budaya memengaruhi cara seseorang memahami dan menerapkan konsep matematika dalam kehidupan sehari-hari (Faqih, Nurdiawan, & Setiawan, 2021; Kamid & Resmita, 2016).

Oleh sebab itu, etnomatematika sebagai bidang studi yang menggabungkan matematika dengan budaya lokal, menawarkan peluang untuk meningkatkan relevansi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran matematika.

Menurut Muhammad (2023) sudah banyak penelitian-penelitian atau publikasi terkait dengan etnomatematika di Indonesia, mulai dari budaya-budaya yang diangkat serta dihubungkan dengan pembelajaran atau eksplorasi etnomatematika. Terlebih Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki beragam budaya yang tersebar hampir diseluruh daerah. Salah satu warisan budaya yang memiliki potensi besar untuk dijadikan objek pembelajaran adalah Candi Muaro Jambi, yang terletak di Provinsi Jambi.

Candi Muaro Jambi sebagai situs budaya dapat dimanfaatkan dalam pembelajaran matematika di era digital (Hardiarti, 2017). Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Meaney (2021) bahwa dengan memanfaatkan peninggalan sejarah yang terdapat dilingkungan sekitar kita dapat meningkatkan efektivitas proses belajar.

Selain itu, penggunaan media interaktif seperti video animasi, E-Modul Etnomatematika 3D *Pageflip Pro*, dan buku digital dapat meningkatkan minat serta pemahaman siswa terhadap hubungan antara budaya dan matematika (Dewi & Kuswanto, 2023). Sejalan dengan temuan tersebut, Gleason (2018) menegaskan bahwa siswa di era digital lebih banyak menghabiskan waktu secara daring

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i2.10191>

menggunakan perangkat teknologi, sehingga penting bagi mereka untuk mengembangkan keterampilan dalam menemukan, mengevaluasi, dan berbagi informasi. Oleh karena itu, media digital dapat menjadi alat pembelajaran yang efektif (Prahmana & D'Ambrosio, 2020).

Salah satu inovasi yang dapat dijadikan sebagai sarana pembelajaran digital yang efektif adalah penggunaan E-Modul (*Elektronik Modul*) (Purwoko et al., 2023). Namun, meskipun telah banyak penelitian yang mengembangkan E-Modul, integrasi pendekatan etnomatematika dengan budaya lokal dalam media pembelajaran digital masih jarang ditemukan. Padahal, pemanfaatan budaya lokal dalam pembelajaran memiliki potensi besar untuk meningkatkan minat, pemahaman, dan keterlibatan siswa dalam mempelajari matematika (Maghfiroh, Wilujeng, Jumadi, & Masyitha, 2023).

Hasil wawancara dengan seorang guru matematika menunjukkan bahwa pembelajaran matematika di sekolah masih didominasi oleh penggunaan buku paket dan lembar kerja peserta didik (LKPD), sedangkan media ajar elektronik jarang digunakan. Guru cenderung menerapkan pembelajaran berbasis lingkungan, seperti metode *outdoor learning mathematic*, tetapi menghadapi kendala ketika siswa kesulitan mengidentifikasi sisi-sisi segitiga pada objek nyata, seperti Jembatan Gentala Arasy Jambi.

Selain itu, beberapa siswa mengalami kesulitan dalam merekonstruksi soal cerita ke dalam bentuk matematika. Temuan ini menunjukkan bahwa media ajar elektronik berbasis etnomatematika belum dimanfaatkan secara optimal dalam pembelajaran matematika.

Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media ajar elektronik berbasis etnomatematika dengan konteks budaya Jambi, dalam bentuk E-Modul Etnomatematika 3D.

E-Modul ini akan mengintegrasikan teknologi *Virtual Reality* (VR) berbasis TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) untuk membantu siswa memahami keterkaitan antara matematika dan budaya Jambi secara digital serta meningkatkan kemampuan berpikir kritis mereka.

Dengan adanya E-Modul Etnomatematika 3D ini, diharapkan siswa tidak hanya memahami konsep matematika secara teoritis, tetapi juga mampu mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari yang relevan dengan budaya dan lingkungan mereka.

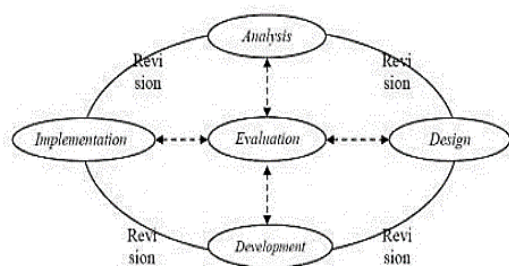
Selain itu, penggunaan media digital dalam pembelajaran ini diharapkan dapat meningkatkan keterlibatan siswa, mengatasi kesulitan dalam memahami konsep matematika, serta membuat proses belajar menjadi lebih menarik dan efektif.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis penelitian pengembangan atau *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan E-modul Etnomatematika 3D berbasis *Virtual Reality* serta untuk mengetahui kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan produk yang dikembangkan (Sugiyono, 2017). Prosedur pelaksanaan penelitian pengembangan yang akan dilakukan pada penelitian ini menggunakan model ADDIE (Branch, 2009).

Langkah-langkah model ADDIE dapat dilihat pada Gambar 1:

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i2.10191>



Gambar 1 Langkah-langkah Model Pengembangan ADDIE

Tahap analisis dilakukan melalui wawancara guru dan kajian kurikulum untuk memahami kebutuhan pembelajaran serta sumber daya yang tersedia. Tahap desain melibatkan penyusunan *flowchart* dan *storyboard* sebagai rancangan struktur e-modul. Tahap pengembangan mencakup pembuatan e-modul dengan *3D Pageflip Pro* serta validasi oleh ahli materi dan media/desain.

Tahap implementasi terdiri dari uji coba perorangan, kelompok kecil, dan kelompok besar untuk mengevaluasi efektivitas dan kepraktisan e-modul. Tahap evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil *pre-test* dan *post-test* serta menganalisis umpan balik guru dan siswa untuk penyempurnaan lebih lanjut.

Subjek penelitian ini adalah siswa kelas VII A dan guru matematika. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi wawancara, angket, dan tes. Instrumen yang digunakan berupa pedoman wawancara untuk guru matematika, angket untuk menilai kelayakan media oleh ahli materi, ahli media/desain, guru matematika, dan siswa, serta tes kemampuan berpikir kritis untuk mengukur hasil belajar siswa.

Aspek kevalidan materi diuji oleh dua validator ahli materi yaitu satu ahli berprofesi dosen dan satu ahli materi guru matematika SMA. Sedangkan

aspek kepraktisan diuji oleh satu orang guru mata pelajaran matematika pada uji coba perorangan dan diuji oleh siswa melalui dua tahapan yaitu uji coba kelompok kecil dengan melibatkan 9 orang siswa berkemampuan tinggi, sedang dan rendah. Kemudian dilanjutkan dengan uji coba kelompok besar dengan melibatkan 33 siswa kelas VII A. Selanjutnya aspek keefektifan dilakukan dengan mengukur hasil *pre-test* dan *post-test* siswa dengan menggunakan uji N-gain.

Teknik analisis data meliputi analisis data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari penilaian para validator, guru dan siswa. Sedangkan data kualitatif dapat saran, maupun kritik yang diberikan oleh validator, guru dan siswa sebagai masukan dalam merevisi produk yang dikembangkan.

Pada validitas produk berdasarkan hasil respon dari ahli media/desain dan ahli materi, media dikatakan valid jika memenuhi hasil yang telah ditentukan sesuai dengan yang ada pada kriteria kemampuan siswa. Adapun rumus yang dipakai untuk mengukur kevalidan materi dan media adalah rumus (1). Disamping itu, hasil persentase kevalidan diklasifikasi sesuai dengan Tabel 1.

$$V_s = \frac{\text{Jumlah skor per indikator}}{\text{jumlah skor maksimal indikator}} \times 100\% \quad \dots(1)$$

Keterangan:

V_s: Persentase Validitas Instrumen

Tabel 1. Persentase tingkat kevalidan produk

Persentase Validitas	Tingkat Validitas
60% < V _s ≤ 80%	Valid
40% < V _s ≤ 60%	Cukup Valid
20% < V _s ≤ 40%	Tidak Valid
0% < V _s ≤ 20%	Sangat Tidak Valid

Sumber: (Turnip, 2021)

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i2.10191>

Media ajar E-Modul Etnomatematika 3D terintegrasi *virtual reality* dikatakan layak digunakan jika dinyatakan valid oleh validator dengan memperoleh kriteria “sangat valid”, “valid” atau “cukup valid” oleh ahli materi dan ahli media/desain.

Begitupun praktikalitas produk dinilai praktis apabila telah memenuhi standarisasi dari penilaian guru dan siswa kelas VII A selaku populasi penelitian ini. Adapun rumus yang dipakai guna mengukur kepraktisan produk E-Modul Etnomatematika 3D menggunakan rumus:

$$\text{Tingkat praktis (p)} = \frac{\text{skor rata-rata}}{\text{skor maksimum}} \times 100\% \quad (2)$$

Hasil persentase kepraktisan diklasifikasi pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase kepraktisan produk

Persentase	Kriteria
$60\% < p \leq 80\%$	Cukup Praktis
$40\% < p \leq 60\%$	Kurang Praktis
$20\% < p \leq 40\%$	Tidak Praktis
$0\% < p \leq 20\%$	Sangat Tidak Praktis

Sumber: (Turnip, 2021)

Media ajar E-Modul Etnomatematika 3D terintegrasi *virtual reality* dikatakan layak digunakan jika dinyatakan praktis dengan memperoleh kriteria “cukup praktis”, “praktis” atau “sangat praktis” oleh guru dan siswa.

Adapun efektivitas penggunaan media diukur dari tes hasil belajar matematika siswa. Siswa akan dinyatakan tuntas apabila nilai yang diperoleh siswa berada di atas KKM mata pelajaran matematika. Sedangkan untuk mengukur tingkat kemampuan berpikir kritis siswa digunakan *pre-test* dan *post-test* untuk melihat peningkatan pada kemampuan berpikir kritis siswa dalam memanfaatkan produk E-Modul Etnomatematika 3D yang dikembangkan.

Adapun untuk melihat selisih antara skor *pre-test* dan *post-test* digunakan uji N-Gain. Rumus yang digunakan untuk mencari skor gain adalah sebagai berikut:

$$(g) = \frac{(S_{post}) - (S_{pre})}{(S_{max}) - (S_{pre})} \quad \dots(3)$$

Keterangan:

(g) = N-gain

(S_{post}) = Skor rata-rata pertemuan akhir

(S_{pre}) = Skor rata-rata pertemuan awal

(S_{max}) = Skor rata-rata maksimum

Selanjutnya, kriteria skor N-Gain diklasifikasi pada Tabel 3 atau dengan menggunakan kategori dalam bentuk persen pada Tabel 4.

Tabel 3. Kriteria skor N-Gain

Interval	Kriteria
$g \geq 0,70$	Tinggi
$0,30 < g < 0,70$	Sedang
$g \leq 0,30$	Rendah

Tabel 4. Kategori efektivitas n-gain

Persentase Nilai N-Gain (%)	Kategori
$40 \leq N - \text{Gain} < 55$	Kurang Efektif
$55 \leq N - \text{Gain} < 75$	Cukup Efektif
$N - \text{Gain} \geq 75$	Efektif

Sumber: (Hake, 1998)

Media ajar E-Modul Etnomatematika 3D terintegrasi *virtual reality* dikatakan efektif digunakan jika dinyatakan efektif dengan memperoleh kriteria “cukup efektif” atau “efektif”.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengacu pada proses pengembangan yang terstruktur sesuai dengan tahapan yang ditetapkan dalam model ADDIE. Ada lima tahapan pengembangan yang dilakukan sesuai dengan kerangka kerja ADDIE, yaitu:

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i2.10191>

Analisis (*Analysis*)

Tahap analisis dimulai dengan wawancara bersama guru matematika kelas VII As'ad Putri untuk memahami kurikulum, kompetensi dasar, indikator pembelajaran, dan materi ajar semester genap. Hasil analisis menunjukkan penerapan Kurikulum Merdeka dengan fokus pada capaian pembelajaran dan alur tujuan pembelajaran untuk materi bangun datar segi empat.

Observasi terhadap siswa menunjukkan siswa kesulitan dalam menjawab soal berbeda dari contoh yang diberikan dan kurangnya ketertarikan terhadap bahan ajar yang tersedia. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan e-modul etnomatematika 3D berbasis TPACK dengan bantuan 3D *Pageflip Pro* dan *Virtual Reality* guna meningkatkan keterlibatan dan kemampuan berpikir kritis siswa.

Analisis kebutuhan mengungkap bahwa siswa menggunakan LKPD namun belum memahami bangun ruang sisi datar dengan baik. Guru menginginkan bahan ajar yang interaktif, menarik, lengkap, dan mudah dipahami. Sumber daya sekolah, termasuk buku paket, LKPD, fasilitas teknologi, serta tenaga pengajar yang memadai, mendukung pengembangan media pembelajaran ini.

Analisis sumber daya yang tersedia mencakup sumber daya konten seperti buku paket matematika dan LKPD, sumber daya teknologi seperti listrik, proyektor, *WiFi*, dan komputer, fasilitas pengajaran seperti ruang kelas, perpustakaan, dan laboratorium, serta sumber daya manusia seperti guru matematika dan siswa yang memadai.

Evaluasi Tahap Analisis

Evaluasi menunjukkan bahwa analisis kebutuhan sudah mencakup aspek kurikulum, kesiapan guru, serta

tantangan siswa. Namun, perlu pengujian lebih lanjut terhadap kesiapan infrastruktur dan kesiapan siswa dalam menggunakan teknologi 3D secara efektif.

Desain (*Design*)

Pada tahap ini, semua kebutuhan yang diidentifikasi pada tahap analisis akan diwujudkan sesuai dengan perencanaan. Tahap desain dilakukan untuk menghasilkan produk yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Hasil dari proses desain ini adalah e-modul etnomatematika 3D, yang dicapai melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

1) Pembuatan *Flowchart*

Pertama-tama, dalam merancang bahan ajar ini, peneliti membuat *flowchart* atau diagram alur. Desain ini berfungsi sebagai panduan dalam pembuatan media. Dengan adanya struktur yang telah direncanakan, pengembangan media akan menjadi lebih mudah.

Berdasarkan *flowchart* tersebut, dilakukan pengumpulan bahan-bahan yang diperlukan untuk pembuatan bahan ajar, termasuk gambar, animasi, latar belakang, video, dan materi yang akan disampaikan.

2) Pembuatan *Storyboard*

Setelah *flowchart* produk yang akan dikembangkan dibuat, langkah selanjutnya adalah merancang *storyboard* yang akan digunakan dalam proses pengembangan media ajar e-modul etnomatematika 3D. *Storyboard* dirancang dengan tampilan visual e-modul dalam bentuk cerita atau sketsa yang menggambarkan urutan materi dan interaksi pengguna untuk memastikan penyajian yang sistematis dan menarik.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i2.10191>

Evaluasi Tahap Desain

Desain telah dibuat sesuai dengan hasil analisis, namun perlu dilakukan uji kelayakan terhadap efektivitas *storyboard* dan *flowchart* sebelum tahap pengembangan untuk memastikan bahwa rancangan tersebut benar-benar mendukung ketercapaian tujuan pembelajaran.

Pengembangan (*Development*)

Pada tahap ini, e-modul etnomatematika 3D dikembangkan menggunakan aplikasi 3D Pageflip Pro sesuai dengan desain *storyboard*. Setiap lembaran modul dirancang berdasarkan materi yang telah ditetapkan. Setelah pengembangan selesai, dilakukan validasi oleh ahli materi dan ahli media/desain untuk menguji kelayakan produk melalui angket penilaian.

1) Validasi Ahli

Validasi materi dilakukan oleh dua ahli materi yaitu salah satu Dosen Universitas Jambi sebagai validator pertama dan Guru Mata Pelajaran Matematika sebagai validator kedua. Validasi ahli materi mengisi penilaian terbuka yang terdiri dari 25 poin pertanyaan.

Sedangkan validasi media/desain dilakukan oleh salah satu Dosen Universitas Jambi dengan mengisi penilaian terbuka yang terdiri dari 23 poin pertanyaan. Rekapitulasi hasil validasi ketiga validator ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi hasil validasi oleh para ahli

No	Validator	Skor (%)
1	Ahli Materi I	84,8%
2	Ahli Materi II	91,0%
3	Ahli Media	92,0%

Berdasarkan hasil dari Tabel 2 mengenai validitas media pembelajaran E-Modul Etnomatematika 3D, persentase penilaian validator ahli materi pertama sebesar 84,4% dengan kategori "sangat valid". Evaluasi ini berdasarkan konsistensi dan kejelasan materi.

Sedangkan penilaian validator ahli materi kedua mencapai persentase 91% dengan kategori "sangat valid". Adapun penilaian dari ahli media/desain mendapat persentase 92% dengan kategori "sangat valid", dengan fokus pada kualitas media yang dihasilkan.

Berdasarkan seluruh validator memberikan penilaian dalam kategori "sangat valid" maka dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran ini dapat digunakan dengan layak.

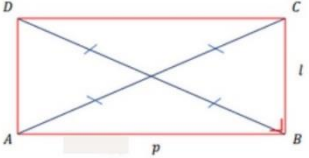
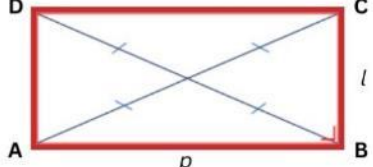
Evaluasi Tahap Pengembangan

Masukan dari validator digunakan untuk menyempurnakan e-modul sebelum uji coba lapangan. Revisi dilakukan berdasarkan saran tertulis dan lisan yang diberikan, mencakup peningkatan konsistensi materi dan penyempurnaan tampilan visual.


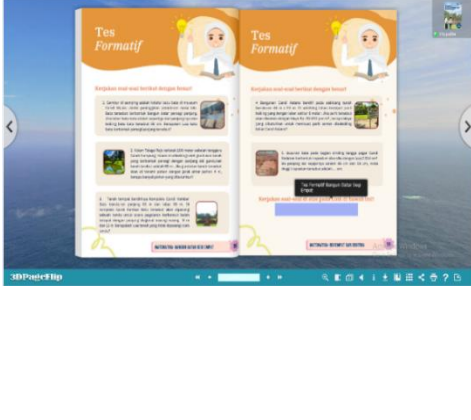
Perbaikan yang dilakukan tercantum dalam Tabel 6 dan 7, yang merinci aspek-aspek yang telah disesuaikan sesuai rekomendasi para ahli.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i2.10191>

Tabel 6. Perbaikan e-modul etnomatematika berdasarkan saran dan masukan oleh ahli materi

Tampilan E-Modul sebelum dilakukan Perbaikan	Tampilan E-Modul setelah dilakukan Perbaikan
Batas-batas garis pada bidang-bidang geometri dalam e-modul etnomatematika masih kabur dan kurang jelas	Batas-batas garis pada bidang geometri dalam e-modul etnomatematika tersaji dengan jelas.
	
<p>Gambar 20 Konsep Persegi Panjang pada Candi Parwara</p>	<p>Gambar 20 Konsep Persegi Panjang pada Candi Parwara</p>

Tabel 7. Perbaikan e-modul etnomatematika berdasarkan saran dan masukan oleh ahli media/desain

Tampilan E-Modul sebelum dilakukan Perbaikan	Tampilan E-Modul setelah dilakukan Perbaikan
Sebelum revisi bagian tes formatif siswa belum dilengkapi dengan <i>link</i> untuk pengerjaannya sehingga tidak bisa diakses secara online	Setelah revisi peneliti menambahkan <i>link</i> yang mengarahkan siswa pada tes formatif sebagai bagian dari proses pembelajaran.
	

Tabel 6 dan 7 menunjukkan bahwa penyempurnaan E-Modul Etnomatematika 3D telah dilakukan sesuai dengan saran yang diberikan. Hasil evaluasi pada Tabel 6 merinci perbaikan berdasarkan masukan dari ahli materi, sedangkan Tabel 7 merinci perbaikan berdasarkan masukan dari ahli media/desain. Perbaikan ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas

e-modul sehingga dapat menjadi sumber pembelajaran yang optimal dan sesuai untuk penelitian.

Implementasi (*Implementation*)

Pada fase implementasi ini, dilakukan melalui tiga tahap yang meliputi uji coba perorangan (*one to one trial*), uji coba kelompok kecil (*small group trial*), dan uji coba

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i2.10191>

kelompok besar (*field tryout*). Tujuan utama dari tahap ini adalah mengevaluasi kecocokan, efektivitas, efisiensi, serta pengaruh media pembelajaran terhadap hasil belajar siswa. Media pembelajaran yang telah dikembangkan diterapkan pada siswa kelas VII A untuk mengukur seberapa efektif, efisien, dan layak media tersebut dalam proses pembelajaran.

1) Analisis uji coba perorangan

Uji coba perorangan dilakukan sebelum e-modul diuji cobakan kepada siswa dengan melibatkan guru sebagai penggunanya menggunakan angket respon guru. Angket ini bertujuan untuk mengumpulkan umpan balik secara mendalam mengenai aspek-aspek yang perlu diperbaiki atau ditingkatkan, baik dari segi materi, tampilan, maupun kemudahan penggunaan.

2) Analisis uji coba kelompok kecil

Setelah perbaikan berdasarkan hasil uji coba perorangan dilakukan, proses dilanjutkan dengan uji coba kelompok kecil. Uji coba ini dilaksanakan di kelas VII A yang terdiri dari 9 siswa dengan tingkat kemampuan yang bervariasi (rendah, sedang, dan tinggi).

Pemilihan siswa didasarkan pada informasi yang diperoleh dari guru matematika yang mengajar di kelas tersebut. Pada tahap ini, e-modul diuji cobakan secara lebih mendetail untuk mengamati interaksi siswa dengan modul dan mengidentifikasi potensi masalah atau kesulitan yang mungkin dihadapi oleh siswa dengan berbagai tingkat kemampuan.

3) Analisis uji coba kelompok Besar

Setelah uji coba kelompok kecil selesai dan dilakukan perbaikan yang diperlukan, tahap selanjutnya adalah uji coba kelompok besar atau lapangan yang melibatkan seluruh siswa kelas

VII A dengan total 33 siswa. Tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi penggunaan e-modul dalam skala yang lebih luas serta melihat dampaknya terhadap hasil belajar siswa dalam lingkungan pembelajaran yang lebih kompleks dan representatif.

Adapun rekapitulasi hasil penilaian yang diperoleh dari angket yang diisi oleh guru dan siswa dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi hasil Angket guru dan siswa

Kriteria	Skor
Respon Guru	93%
Uji Coba Kelompok Kecil	89%
Uji Coba Kelompok Besar	88%

Berdasarkan Tabel 8, hasil kelayakan E-Modul Etnomatematika 3D menunjukkan bahwa penilaian dari angket respon guru matematika memperoleh persentase sebesar 93%, yang dikategorikan "sangat praktis". Hasil uji coba kelompok kecil menunjukkan persentase penilaian sebesar 89%, juga dikategorikan sebagai "sangat praktis". Selain itu, hasil uji coba kelompok besar menghasilkan persentase penilaian sebesar 88%, yang termasuk dalam kategori "sangat praktis". Dengan demikian, persentase kepraktisan dari ketiga uji coba tersebut berada dalam kategori "sangat praktis", sehingga modul ini dianggap layak untuk digunakan dalam pembelajaran.

Evaluasi Tahap Implementasi

Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai efektivitas dan efisiensi e-modul setelah diimplementasikan. Evaluasi ini mencakup analisis hasil uji coba, umpan balik dari guru dan siswa,

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i2.10191>

serta peningkatan hasil belajar siswa. Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan, diperoleh umpan balik yang menunjukkan bahwa e-modul ini mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi yang diajarkan.

Pada evaluasi formatif, dilakukan perbaikan bertahap terhadap e-modul berdasarkan hasil uji coba perorangan, kelompok kecil, dan kelompok besar. Perubahan yang dilakukan mencakup penyempurnaan materi, tampilan visual, serta kemudahan penggunaan e-modul. Evaluasi sumatif dilakukan dengan membandingkan hasil *pre-test* dan *post-test* siswa. Hasil analisis menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan dalam pemahaman siswa setelah menggunakan e-modul, sehingga dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran ini efektif dalam mendukung proses pembelajaran.

Selain itu, guru memberikan tanggapan positif mengenai e-modul, terutama dalam aspek kepraktisan dan kemudahan penggunaannya di kelas. Berdasarkan hasil evaluasi ini, disarankan agar e-modul terus dikembangkan dengan menyesuaikan umpan balik dari pengguna agar lebih optimal dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. Dengan adanya evaluasi yang komprehensif, e-modul ini diharapkan dapat menjadi media pembelajaran yang inovatif dan bermanfaat bagi siswa serta pendidik.

Evaluasi (Evaluation)

Setelah seluruh proses pembelajaran selesai dilaksanakan di kelas, tahap berikutnya adalah melakukan evaluasi. Evaluasi ini bertujuan untuk mengukur pencapaian kompetensi siswa serta efektivitas e-modul etnomatematika 3D dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

Penilaian efektivitas dilakukan melalui pengukuran hasil tes berpikir kritis siswa dengan menggunakan pre-test sebelum pembelajaran dan post-test setelah pembelajaran. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebelum menggunakan e-modul etnomatematika 3D, rata-rata nilai pre-test siswa adalah 27% yang termasuk dalam kategori "Rendah" (Yustiara, Siagian, & Susanto, 2021). Setelah menggunakan e-modul, rata-rata nilai post-test meningkat menjadi 81% yang termasuk dalam kategori "Sangat Tinggi".

Adapun hasil perhitungan nilai gain yang diperoleh adalah 0,58, yang menurut Hake (1998) termasuk dalam kriteria "Sedang". Efisiensi peningkatan kemampuan mencapai 58%, yang tergolong "Cukup efektif". Dengan demikian, e-modul etnomatematika 3D efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan e-modul etnomatematika 3D berbasis TPACK terbukti efektif dalam meningkatkan keterlibatan dan kemampuan berpikir kritis siswa. Efektivitas ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain integrasi teknologi visual dan interaktif melalui 3D *Pageflip Pro* dan *Virtual Reality* yang memudahkan pemahaman konsep bangun datar segi empat, serta pendekatan etnomatematika yang mengaitkan pembelajaran dengan konteks budaya lokal sehingga lebih relevan dan menarik bagi siswa.

Modul ini juga dirancang berdasarkan kerangka kerja TPACK, yang memastikan sinergi antara aspek pedagogi, konten, dan teknologi, serta divalidasi oleh para ahli dengan skor rata-rata di atas 84%, menunjukkan kelayakan dan kepraktisan penggunaan modul di kelas.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i2.10191>

Temuan ini sejalan dengan penelitian Suranti (2023) yang mengembangkan e-modul matematika berbasis etnomatematika pada materi persamaan dan pertidaksamaan linier satu variabel, menunjukkan peningkatan hasil belajar siswa melalui pendekatan kontekstual berbasis budaya. Penelitian ini juga mendukung temuan dari Osman et al. (2018) yang menekankan pentingnya pemilihan media yang sesuai dengan kebutuhan siswa dan konten pembelajaran untuk efektivitas belajar.

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, keunikan dari penelitian ini adalah integrasi teknologi 3D dan *Virtual Reality* yang jarang digunakan dalam e-modul matematika berbasis budaya. Meskipun penelitian ini memiliki keterbatasan dalam skala penerapannya dan ketergantungan terhadap infrastruktur teknologi, hasilnya memberikan kontribusi positif bagi inovasi pembelajaran matematika berbasis lokal dan teknologi.

Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa media pembelajaran yang kontekstual dan interaktif dapat menjadi solusi untuk mengatasi kesulitan siswa dalam memahami konsep matematika abstrak, serta dapat menjadi referensi bagi pengembangan bahan ajar digital di masa depan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menghasilkan e-modul etnomatematika 3D berbasis TPACK yang terintegrasi dengan *Virtual Reality* untuk materi bangun datar segi empat menggunakan model pengembangan ADDIE. Proses pengembangan mencakup analisis kebutuhan, desain, validasi oleh ahli materi dan media, serta uji coba bertahap mulai dari kelompok kecil

hingga kelompok besar. Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul ini memiliki kualitas yang valid dan layak digunakan dalam pembelajaran.

Kepraktisan e-modul diuji melalui implementasi di kelas, di mana hasil evaluasi menunjukkan bahwa siswa dan guru menilai e-modul ini mudah digunakan dan mendukung pembelajaran interaktif. Keefektifan e-modul diukur melalui uji N-gain berdasarkan hasil pre-test dan post-test, yang menunjukkan peningkatan skor dengan rata-rata 0,58 (kategori cukup efektif). Hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan e-modul etnomatematika 3D berbasis TPACK mampu meningkatkan pemahaman konsep dan mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa.

Dengan demikian, e-modul ini terbukti valid, praktis, dan efektif sebagai media pembelajaran inovatif dalam pembelajaran matematika, khususnya pada materi bangun datar segi empat.

DAFTAR PUSTAKA

- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. USA: Springer.
https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6_1
- Dewi, P. S., & Kuswanto, H. (2023). The Effectiveness Of The Use Of Augmented Reality-Assisted Physics E-Module Based On Pedicab To Improve Mathematical Communication And Critical Thinking Abilities. *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 53–64.
<https://doi.org/10.3926/jotse.1714>
- Faqih, A., Nurdiawan, O., & Setiawan, A. (2021). Pengembangan Media pembelajaran Multimedia Interaktif Alat Masak Tradisional

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i2.10191>

- Berbasis Etnomatematika. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(2), 301–310. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v10i2.876>
- Florentina Turnip, R., & Karyono, H. (2021). Pengembangan E-modul Matematika Dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis. *Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 9(2), 485–498. <https://doi.org/10.25273/jems.v9i2.11057>
- Gleason, B., & von Gillern, S. (2018). Digital citizenship with social media: Participatory practices of teaching and learning in secondary education. *Educational Technology and Society*, 21(1), 200-212. Retrieved from <https://www.ijaret.com/wp-content/themes/felicity/issues/vol2issue3/regina.pdf>
- Herlawan, Armin, R., & Poa, I. R. (2023). Efektivitas Pembelajaran Matematika Melalui Pendekatan PMRI Berbantu Video Pembelajaran Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Edumatica: Journal of Mathematics Education*, 13(3), 215–223. <https://doi.org/10.22437/edumatica.v13i03.21918>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hardiarti, S. (2017). Etnomatematika : Aplikasi Bangun Datar. *Aksioma*, 8(2), 99–110. Retrieved from <https://doi.org/10.26877/aks.v8i2.1707>
- Kabuye Batiibwe, M. S. (2024). The role of ethnomathematics in mathematics education: A literature review. *Asian Journal for Mathematics Education*, 3(4), 383–405. <https://doi.org/10.1177/27527263241300400>
- Kamid, Resmita, R. (2016). Analisis Nilai-Nilai Budaya Jambi yang Terkandung Dalam Alat Musik Kelintang Kayu yang Berkaitan Dengan Pembelajaran Pola Barisan dan Deret. *Aksioma Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(3), 27–33. Retrieved from <https://jurnalfkipuntad.com/index.php/jax/article/view/762/7706>
- Maghfiroh, S., Wilujeng, I., Jumadi, J., & Masyitha, D. (2023). Development of Physics E-Module Based on Discovery Learning to Improve Students' Scientific Literacy. *Journal of Research in Science Education*, 9(2), 452–458. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i2.1733>
- Meaney, T., Trinick, T., & Allen, P. (2021). Ethnomathematics in education: The need for cultural symmetry. *Handbook of Cognitive Mathematics*, 1–29. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44982-7_4-1
- Muhammad, I., Marchy, F., Naser, A. D. M., & Turmudi. (2023). Analisis Bibliometrik: Tren Penelitian Etnomatematika dalam Pembelajaran Matematika di Indonesia (2017–2022). *JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)*, 11(2), 267–279. <https://doi.org/10.25273/jipm.v11i2.14085>
- Osman, S., Che Yang, C. N. A., Abu, M. S., Ismail, N., Jambari, H., &

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i2.10191>

- Kumar, J. A. (2018). Enhancing Students' Mathematical Problem-Solving Skills through Bar Model Visualisation Technique. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 13(3), 273–279.
<https://doi.org/10.12973/iejme/3919>
- Pandeeeka, P., & Maneekul, J. (2019). Instructional models of social studies teachers to the development of critical thinking skills for living in the 21st century. *Humanities, Arts and Social Sciences Studies*, 19(2), 314–339.
<https://doi.org/10.14456/hasss.2019.12>
- Prahmana, R. C. I., & D'Ambrosio, U. (2020). Learning geometry and values from patterns: Ethnomathematics on the batik patterns of yogyakarta, indonesia. *Journal on Mathematics Education*, 11(3), 439–456.
<https://doi.org/10.22342/jme.11.3.12949.439-456>
- Purwoko, R. Y., Kusumaningrum, B., Laila, A. N., & Astuti, E. P. (2023). Development of Open Ended Based Mathematics E-Modules to Enhance Students' Critical Thinking Ability. *Mathline : Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 8(1), 194–206.
<https://doi.org/10.31943/mathline.v8i1.337>
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. 279.
- Suranti, T., & Wulantina, E. (2023). Development of Ethnomathematics-Based E-Module on Equation and Inequality of One Variable Linear Equations Materials for Class VII. *Jurnal Equation*, 6(2), 44-61.
<https://doi.org/10.29300/equation.v6i2.11233>
- Sutarto, Muzaki, A., Hastuti, I. D., Fujiaturrahman, S., & Untu, Z. (2022). Development of an Ethnomathematics-Based e-Module to Improve Students' Metacognitive Ability in 3D Geometry Topic. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(3), 32–46.
<https://doi.org/10.3991/IJIM.V16I03.24949>
- Yustiara, R. I., Siagian, T. A., & Susanto, E. (2021). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Kelas VII SMPN 4 Kaur pada Materi Perbandingan Berdasarkan Langkah Penyelesaian Polya. *Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, 9(2), 313–326.
<https://doi.org/10.25273/jems.v9i2.10420>
- Zulkardi, Z., & Kohar, A. W. (2018). Designing PISA-Like Mathematics Tasks in Indonesia: Experiences and Challenges. *Journal of Physics: Conference Series*, 947(1), 1–7.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/947/1/012015>