



PENGEMBANGAN VIRTUAL LABORATORY BERBASIS ETNOMATEMATIKA PADA CANDI MUARO JAMBI UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIS PADA MATERI KESEBANGUNAN

Development Of an Ethnomathematics-Based Virtual Laboratory at Muaro Jambi Temple to Improve Mathematical Concept Understanding on Similarity

M. Kms Abdul Zaqi^{*}, Dewi Iriani¹, Ilham Falani¹

Universitas Jambi

[*Co-kemas.zaqi2003@gmail.com](mailto:Co-kemas.zaqi2003@gmail.com)

Diterima: 17 Juni 2026;

Direvisi: 21 Juli 2026;

Dipublikasi: 14 Agustus 2026



ABSTRACT

This research is motivated by the low ability of seventh-grade junior high school students to understand mathematical concepts on similarity material, and by the limited availability of interactive learning media based on local culture. This research aims to develop a virtual laboratory based on the ethnomathematics of Muaro Jambi Temple to improve students' ability to understand mathematical concepts on similarity material, as well as to describe its quality in terms of validity, practicality, and effectiveness. The method used is the 4D development model (Define, Design, Develop, and Disseminate) by Thiagarajan (1974). The results of material validation were 91% and design validation 89%, both categorized as "Very Valid." Teacher practicality was 87% and student practicality 81%, both categorized as "Very Practical." The effectiveness results from the paired test showed an average pretest score of 41.03% (Sufficient) increasing to 69.23% in the posttest (Good), with an N-Gain of 0.4783 categorized as "Medium." The paired N-Gain results indicated that 7 subjects were categorized as "High," 11 subjects as "Medium," 7 subjects as "Low," and 1 subject showed no change. The virtual laboratory based on the ethnomathematics of Muaro Jambi Temple was declared valid, practical, and effective in improving students' ability to understand mathematical concepts on similarity material, within the limits of one class as conducted in this research. The novelty of this virtual laboratory compared to others lies in its interactive simulations, materials equipped with concept tests and example questions, as well as meaningful feedback that facilitates students' understanding of mathematical concepts.

Keywords: *Ethnomathematics; Mathematical Concept Understanding; Muaro Jambi Temple; Similarity; Virtual Laboratory.*

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya kemampuan pemahaman konsep matematis peserta didik kelas VII SMP pada materi kesebangunan dan terbatasnya media pembelajaran yang interaktif berbasis budaya lokal. Penelitian ini bertujuan mengembangkan virtual laboratory berbasis etnomatematika Candi Muaro Jambi untuk meningkatkan kemampuan pemahaman konsep matematis peserta didik pada materi kesebangunan, serta mendeskripsikan kualitasnya dari aspek validitas, praktikalitas, dan efektivitas. Metode yang digunakan adalah model pengembangan 4D (Define, Design, Develop, dan Disseminate) oleh Thiagarajan (1974). Hasil validasi materi 91% dan desain 89%, keduanya "Sangat Valid." Praktikalitas guru 87% dan peserta didik 81%, keduanya "Sangat Praktis". Hasil efektivitas pada uji berpasangan menunjukkan rata-rata pretest 41,03% (Cukup) meningkat menjadi 69,23% pada posttest (Baik), dengan N-Gain 0,4783 berkategori "Sedang". Hasil N-Gain berpasangan menyatakan ada 7 subjek berkategori "Tinggi", 11 subjek berkategori "Sedang", 7 subjek berkategori "Rendah", dan 1 subjek tidak berubah. Virtual laboratory berbasis etnomatematika Candi Muaro Jambi dinyatakan valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan pemahaman konsep matematis peserta didik pada materi kesebangunan pada batas 1 kelas sesuai penelitian dilakukan. Kebaruan virtual laboratory dari yang lain terdapat pada simulasi interaktif, materi yang dilengkapi test konsep dan contoh soal, serta umpan balik yang bermakna dan mempermudah pemahaman konsep matematis siswa.

Kata Kunci: Candi Muaro Jambi; Etnomatematika; Kesebangunan; Pemahaman Konsep Matematis; *Virtual Laboratory*.

1. PENDAHULUAN

Pemahaman konsep matematika memiliki peran yang penting dalam proses pembelajaran karena mendorong peserta didik berpikir logis, analisis, serta menyelesaikan masalah matematis ataupun yang lain. Penguasaan konsep yang kuat mampu memotivasi peserta didik dalam belajar serta memperkuat kemampuan mereka dalam menggunakan konsep atau pengetahuan secara efektif dalam memecahkan suatu permasalahan (Apriadi, 2021; Sengkey et al., 2023). Pemahaman konsep adalah dasar yang sangat penting untuk mengajarkan matematika kepada peserta didik dengan pemahaman secara mendalam, dan jika peserta didik memiliki kemampuan pemahaman matematis yang baik maka peserta didik tersebut dapat melanjutkan pembelajaran ke jenjang yang lebih tinggi (Khairunnisa et al., 2022). Oleh karena itu, pemahaman konsep harus menjadi fokus utama dalam setiap proses pembelajaran matematika.

Akan tetapi, rendahnya kemampuan pemahaman konsep matematis peserta didik masih menjadi tantangan besar di Indonesia. Rendahnya pemahaman konsep matematika pada peserta didik bisa disebabkan oleh faktor internal atau eksternal. Secara internal, peserta didik masih suka menghafal rumus tanpa memahami konsep secara mendalam, rendahnya motivasi dan minat belajar, dan kurang aktif pada proses pembelajaran. Sedangkan secara eksternal, bisa disebabkan dari metode pembelajaran yang masih kaku atau monoton, seperti konvensional. Materi yang tidak dikaitkan dengan dunia nyata, komunikasi satu arah, dan media pembelajaran yang tidak bisa menarik peserta didik dalam proses pembelajaran yang aktif (Novitasari et al., 2021; Safari & Nurhida, 2024). Berdasarkan tes kemampuan awal yang dilakukan pada peserta didik kelas VII F menggunakan soal

diagnostik materi pecahan sebagai prasyarat kesebangunan, diperoleh total skor sebesar 135 dengan rata-rata sebesar 4,21 atau 46,77%. Dari hasil tes tersebut tampak bahwa peserta didik masih kesulitan mengklasifikasikan objek berdasarkan konsep, memberikan contoh dan non-contoh, serta mengaplikasikan konsep dalam pemecahan masalah. Hasil wawancara dengan guru matematika mempertegas bahwa pembelajaran selama ini hanya menggunakan buku paket dan LKS, tanpa dukungan media pembelajaran yang interaktif dan kontekstual.

Virtual laboratory merupakan perangkat lunak yang dapat menghadirkan pengalaman belajar yang interaktif dan dinamis bagi peserta didik melalui simulasi berbasis komputer. Peserta didik dapat menjelajahi berbagai fenomena dan konsep abstrak melalui pemanfaatan visualisasi, animasi, dan manipulasi parameter, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih aktif dan menarik (Arrahman et al., 2023; El Kharki et al., 2021). Penerapan virtual laboratory yang dikaitkan dengan konteks kehidupan sehari-hari, terutama dihubungkan dengan budaya lokal dapat membuat virtual laboratory menjadi media pembelajaran yang menarik.

Etnomatematika merupakan pendekatan pembelajaran yang menghubungkan konsep-konsep dengan berbagai budaya dan kehidupan sehari-hari. Etnomatematika mengkaji bagaimana ide dan konsep matematis diterapkan dalam berbagai aktivitas budaya, sehingga menjadi strategi yang efektif dalam mendorong pemahaman matematika (Kristial et al., 2021; Siregar et al., 2024). Peranan etnomatematika dalam pembelajaran merupakan salah satu cara untuk meningkatkan pembelajaran menjadi lebih menarik dan interaktif sehingga peserta didik menjadi termotivasi dan berminat pada proses pembelajaran.

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengatasi rendahnya pemahaman konsep matematis peserta didik melalui inovasi media dan bahan ajar. Penelitian yang dilakukan oleh (Setiawan et al., 2022) mengembangkan media interaktif menggunakan adobe animate pada materi barisan dan deret untuk kelas XI MAN Bintan, penelitian ini didasari karena kurang optimalnya penggunaan media interaktif pada materi barisan dan deret, sehingga peneliti mengembangkan sebuah media interaktif untuk menyelesaikan masalah media pembelajaran yang monoton. Aripin & Suryaningsih (2021) mengimplementasi virtual laboratory BTEM berbasis android untuk meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan proses sains, dan implementasi ini terjadi saat masa pandemic covid-19, penelitian membuat peneliti tertarik untuk mengembangkan media virtual laboratory versi materi matematika dengan dihubungkan dengan budaya. Sementara itu, penelitian Arimbawa et al. (2024) mengembangkan virtual lab matematika untuk peserta didik SMP kelas VIII dan menunjukkan bahwa media interaktif berbasis teknologi sangat efektif meningkatkan pemahaman konsep, namun tidak mengintegrasikan pendekatan etnomatematika.

Berdasarkan telaah diatas, penelitian sebelumnya telah mengembangkan virtual laboratory berbasis etnomatematika Candi Muaro Jambi secara umum, namun belum ada yang menghadirkan simulasi interaktif pembuktian kesebangunan dua segitiga secara khusus pada materi kesebangunan kelas VII SMP. Kebaruan penelitian ini karena itu

diarahkan pada fitur produk yang secara spesifik dikembangkan, yaitu: (1) simulasi interaktif yang memungkinkan peserta didik mencoba dan membuktikan kesebangunan pada berbagai bentuk segitiga secara langsung, disertai umpan balik atas setiap percobaan yang dilakukan; (2) materi yang dilengkapi contoh soal dan tes konsep dengan umpan balik langsung, sehingga peserta didik dapat mengenali kekeliruan pemahaman konsep kesebangunan yang masih dimiliki; dan (3) integrasi funfact mengenai Candi Muaro Jambi yang menghubungkan konsep kesebangunan dengan konteks budaya secara autentik, bukan sekadar ilustrasi pelengkap. Virtual laboratory ini juga didistribusikan dalam format aplikasi (.APK dan .APP) yang dapat diakses tanpa koneksi internet melalui laptop maupun ponsel, sehingga memperluas aksesibilitas penggunaannya di berbagai kondisi belajar.

Pengembangan virtual laboratory dalam penelitian ini menggunakan model 4-D oleh Thiagarajan (1974) yang terdiri dari tahap Define, Design, Develop, dan Disseminate. Virtual laboratory dikembangkan menggunakan Adobe Animate CC dan didistribusikan dalam format .APK dan .APP sehingga dapat diakses melalui ponsel maupun laptop peserta didik. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengembangkan virtual laboratory berbasis etnomatematika Candi Muaro Jambi untuk meningkatkan kemampuan pemahaman konsep matematis peserta didik kelas VII SMP pada materi kesebangunan; dan (2) mendeskripsikan kualitas virtual laboratory tersebut ditinjau dari aspek validitas, praktikalitas, dan efektivitas. (3) mendeskripsikan peningkatan pemahaman konsep akibat virtual laboratory.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) menggunakan model 4-D yang dikembangkan oleh (Thiagarajan, 1974), terdiri dari empat tahap: *Define, Design, Develop, dan Disseminate*. Subjek penelitian ini adalah siswa kelas VII F di SMP Negeri 16 Kota Jambi yang berjumlah 32 orang siswa. Berikut adalah tahapan penelitian mengikuti model 4-D:

Tabel 1. Desain Penelitian

Tahap Pengembangan	Kegiatan Penelitian	Hasil
Pendefinisian (<i>Define</i>)	- Observasi proses pembelajaran kelas VII F - Wawancara bersama guru matematika dan 3 orang peserta didik yang dipilih dari kategori rendah, sedang, dan tinggi pada nilai terakhir mereka. - Analisis kurikulum merdeka dan karakteristik peserta didik untuk mengidentifikasi masalah dan kebutuhan peserta didik. - Perumusan tujuan pembelajaran setelah analisis kurikulum merdeka.	- Hasil observasi dan wawancara berupa data deskriptif kualitatif - Hasil analisis kurikulum merdeka dan karakteristik peserta didik - Tujuan pembelajaran untuk acuan perancangan produk
Perancangan (<i>Design</i>)	- Menentukan desain awal virtual laboratory sesuai hasil tahap pendefinisian - Merancang virtual laboratory sesuai dengan storyboard yang telah ditentukan.	- Storyboard virtual laboratory - Rancangan awal virtual laboratory sesuai storyboard

Tahap Pengembangan	Kegiatan Penelitian	Hasil
	- Menyusun instrumen validasi materi, desain, dan soal test sehingga dapat membuktikan media valid	- Instrumen validasi desain dan materi
Pengembangan (<i>Develop</i>)	- Melakukan uji validasi materi, desain, dan soal yang dilakukan oleh validator atau ahli - Menganalisis hasil validasi materi, desain, dan soal test - Mengembangkan virtual laboratory sesuai hasil validasi desain dan materi - Uji coba perorangan untuk menilai virtual laboratory yang dikembangkan	- Hasil validasi materi, desain, dan soal test berupa data deskriptif kuantitatif. - Virtual laboratory yang telah dikembangkan sesuai data hasil validasi materi dan desain. - Hasil uji coba perorangan berupa data praktikalitas virtual laboratory
Penyebaran (<i>Disseminate</i>)	- Uji coba virtual laboratory pada peserta didik - Uji efektifitas untuk menilai peningkatan pemahaman konsep peserta didik - Uji kelompok untuk menilai praktisan virtual laboratory - Pembelajaran matematika di kelas VII F menggunakan virtual laboratory	- Nilai pretest dan posttest peserta didik. - Nilai N-Gain - Data praktikalitas virtual laboratory

Instrumen pengumpulan data terdiri atas tiga jenis sesuai dengan tiga aspek kualitas yang dinilai, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Instrumen Pengumpulan Data

No.	Aspek Kriteria	Instrumen
1	Validitas	1. Angket validasi desain 2. Angket validasi materi 3. Angket Validasi Soal
2	Praktikalitas	1. Angket praktikalitas guru 2. Angket praktikalitas peserta didik
3	Efektivitas	1. Pretest dan Posttest kemampuan pemahaman konsep matematis peserta didik

Validasi virtual laboratory dilakukan oleh dua orang dosen ahli, yaitu (1) satu dosen ahli materi dan desain yang menilai kesesuaian materi kesebangunan serta kualitas desain virtual laboratory, dan (2) satu dosen ahli instrumen yang menilai validitas instrumen yang digunakan (Angket desain, materi, praktikalitas guru, praktikalitas siswa, serta soal tes awal dan akhir). Penilaian dosen ahli instrumen digunakan sebagai acuan untuk memastikan instrumen yang digunakan dapat dinyatakan valid selama proses penelitian. Berikut hasil penilaian dosen ahli instrumen pada setiap instrumen yang digunakan:

Tabel 3. Hasil Validasi Instrumen Validasi Materi

Validator	No	Indikator Penilaian	Jumlah Skor yang Diperoleh	Persentase (%)
Dosen ahli instrumen	1	Kelayakan Isi	9	90%
	2	Kebahasaan	8	80%
	3	Penyajian	15	100%
	4	Layout	8	80%
	5	Kejelasan dan Keterbacaan	15	100%
Hasil Akhir Kriteria				91,67%
				Sangat Valid

Tabel 4. Hasil Validasi Instrumen Validasi Desain

Validator	No	Indikator Penilaian	Jumlah Skor yang Diperoleh	Persentase (%)
Dosen ahli instrumen	1	Kelayakan Isi	8	80%
	2	Kebahasaan	9	90%
	3	Penyajian	15	100%
	4	Layout	9	90%
	5	Kejelasan dan Keterbacaan	12	80%
Hasil Akhir				88,33%
Kriteria				Sangat Valid

Hasil validasi instrumen angket validasi materi dan desain yang dilakukan oleh dosen ahli instrumen mendapat persentase sebesar 91,67% untuk angket validasi materi, dan 88,33% untuk angket validasi desain. Kedua hasil ini berkategori “Sangat Valid”, sehingga kedua instrumen dapat dinyatakan valid setelah melalui tahap validasi oleh dosen ahli instrumen dengan revisi sebagai tambahan.

Tabel 5. Hasil Validasi Instrumen Praktikalitas Guru

Validator	No	Indikator Penilaian	Jumlah Skor yang Diperoleh	Persentase (%)
Dosen ahli instrumen	1	Kelayakan Isi	9	90%
	2	Kebahasaan	9	90%
	3	Penyajian	14	93,33%
	4	Layout	9	90%
	5	Kejelasan dan Keterbacaan	13	86,67%
Hasil Akhir				90%
Kriteria				Sangat Valid

Tabel 6. Hasil Validasi Instrumen Praktikalitas Siswa

Validator	No	Indikator Penilaian	Jumlah Skor yang Diperoleh	Persentase (%)
Dosen ahli instrumen	1	Kelayakan Isi	8	80%
	2	Kebahasaan	9	90%
	3	Penyajian	13	86,67%
	4	Layout	8	80%
	5	Kejelasan dan Keterbacaan	13	86,67%
Hasil Akhir				85%
Kriteria				Sangat Valid

Hasil validasi instrumen praktikalitas guru dan siswa yang dilakukan oleh dosen ahli instrumen menghasilkan persentase sebesar 90% untuk praktikalitas guru dan 85% untuk praktikalitas siswa, keduanya berkategori “Sangat Valid”. Kedua instrumen ini dapat dinyatakan valid digunakan pada penelitian setelah tahap validasi oleh dosen ahli instrumen dengan revisi sebagai tambahan.

Tabel 7. Hasil Validasi Instrumen Soal Tes Awal

Validator	No	Indikator Penilaian	Jumlah Skor yang Diperoleh	Persentase (%)
Dosen ahli instrumen	1	Kelayakan Isi	7	70%
	2	Pemahaman Konsep Matematis	24	80%
	3	Penyajian	7	70%
	4	Kejelasan dan Keterbacaan	7	70%
Hasil Akhir				75%
Kriteria				Valid

Tabel 8. Hasil Validasi Instrumen Soal Tes Akhir

Validator	No	Indikator Penilaian	Jumlah Skor yang Diperoleh	Persentase (%)
Dosen ahli instrumen	1	Kelayakan Isi	7	70%
	2	Pemahaman Konsep Matematis	26	86,67%
	3	Penyajian	8	80%
	4	Kejelasan dan Keterbacaan	7	70%
Hasil Akhir				80%
Kriteria				Valid

Hasil validasi soal tes awal dan tes akhir oleh dosen ahli instrumen menghasilkan persentase sebesar 75% untuk tes awal, dan 80% untuk tes akhir, keduanya berkategori “Valid”. Hasil ini masih perlu di perbaiki hingga kategorinya sangat valid, oleh karena itu dilakukan terlebih dahulu revision yang didapat dari komentar dosen ahli instrumen sehingga tes awal dan tes akhir dapat digunakan lebih optimal selama proses penelitian. Instrumen angket validasi materi, desain, dan praktikalitas menggunakan skala penilaian bertingkat untuk mengevaluasi kualitas produk, serta dilengkapi kolom komentar dan saran. Data yang diperoleh terhadap media dianalisis menggunakan skala Likert. Skala *Likert* digunakan dengan klasifikasi sebagai berikut:

5 = Sangat Setuju (SS)

4 = Setuju (S)

3 = Cukup Setuju (CS)

2 = Tidak Setuju (TS)

1 = Sangat Tidak Setuju (STS)

Untuk mengetahui jumlah persentase validitas data yang didapat dari skor butir penilaian dapat dihitung dengan menggunakan rumu berikut:

$$V_s = \frac{\text{Jumlah skor per indikator}}{\text{Jumlah skor maksimal indikator}} \times 100\%$$

Keterangan : V_s = Persentase validasi instrument

Hasil persentase kevalidan tersebut diklasifikasikan dalam kriteria persentase :

Tabel 9. Persentase Hasil Persentase Kevalidan

Tingkat Validitas	Kriteria Validitas
$80,00\% \leq V_s \leq 100,00\%$	Sangat Valid
$60,00\% \leq V_s \leq 80,00\%$	Valid
$40,00\% \leq V_s \leq 60,00\%$	Cukup Valid
$20,00\% \leq V_s \leq 40,00\%$	Kurang Valid
$00,00\% \leq V_s \leq 20,00\%$	Tidak Valid

Source: dimodifikasi dari Arimbawa et al. (2024)

Untuk mengetahui jumlah persentase praktikalitas yang didapat dari skor butir penilaian dapat dihitung dengan menggunakan rumu berikut:

$$V_p = \frac{\text{Jumlah skor per indikator}}{\text{Jumlah skor maksimal indikator}} \times 100\%$$

Klasifikasi skor kemudian diterjemahkan kedalam bentuk kalimat yang bersifat kualitatif, berdasarkan kualifikasi pada tabel:

Tabel 10. Persentase Hasil Analisis Data Praktikalitas

Tingkat Praktikalitas	Kriteria Praktikalitas
$80,00\% \leq V_p \leq 100,00\%$	Sangat Praktis
$60,00\% \leq V_p \leq 80,00\%$	Praktis
$40,00\% \leq V_p \leq 60,00\%$	Cukup Praktis
$20,00\% \leq V_p \leq 40,00\%$	Kurang Praktis
$00,00\% \leq V_p \leq 20,00\%$	Tidak Praktis

Source: dimodifikasi dari Arimbawa et al. (2024)

Selanjutnya, kemampuan pemahaman konsep matematis peserta didik diukur melalui tes yang diberikan, kemudian nilai atau skor peserta didik dihitung menggunakan rumus berikut:

$$(V_e) = \frac{\text{Skor Perolehan}}{\text{Skor Maksimum}} \times 100\%$$

Selanjutnya, untuk menentukan kategori dari nilai akhir yang diperoleh peserta didik, hasil perhitungan tersebut diinterpretasikan berdasarkan klasifikasi kemampuan pemahaman konsep matematis yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 11. Kategori Hasil Perhitungan Nilai Akhir

Kriteria	Kategori
$90\% \leq x \leq 100\%$	Sangat Baik
$65\% \leq x < 90\%$	Baik
$40\% \leq x < 65\%$	Cukup
$0 \leq x < 40\%$	Kurang

Source: dimodifikasi dari Arifuddin et al. (2022)

Perubahan kemampuan literasi matematis peserta didik dianalisis dengan uji N-Gain, yang dihitung berdasarkan nilai pretest dan posttest selama proses penelitian. Selisih antara kedua nilai tersebut disebut Gain. Adapun rumus perhitungan N-Gain adalah sebagai berikut:

$$N - \text{Gain}(g) = \frac{\text{Nilai Posttest} - \text{Nilai Pretest}}{\text{Skor Maksimal Ideal} - \text{Nilai Pretest}}$$

Kriteria interpretasi N-Gain dapat dilihat pada tabel:

Tabel 12. Kriteria Interpretasi N-Gain

N-Gain	Kriteria Interpretasi
$N - \text{Gain} > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq N - \text{Gain} \leq 0,7$	Sedang
$N - \text{Gain} < 0,3$	Rendah

Source: dimodifikasi dari Arifuddin et al. (2022)

Untuk mengetahui jumlah persentase keefektifan yang didapat dari skor butir penilaian dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$V_k = \frac{\text{Jumlah skor per indikator}}{\text{Jumlah skor maksimal indikator}} \times 100\%$$

Klasifikasi skor kemudian diterjemahkan kedalam bentuk kalimat yang bersifat kualitatif, berdasarkan kualifikasi pada tabel:

Tabel 13. Persentase Hasil Analisis Data Keefektifan

Tingkat Keefektifan	Kriteria Keefektifan
$80,00\% \leq V_k \leq 100,00\%$	Sangat Efektif
$60,00\% \leq V_k \leq 80,00\%$	Efektif
$40,00\% \leq V_k \leq 60,00\%$	Cukup Efektif
$20,00\% \leq V_k \leq 40,00\%$	Kurang Efektif
$00,00\% \leq V_k \leq 20,00\%$	Tidak Efektif

Source: dimodifikasi dari Arimbawa et al. (2024)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 HASIL PENELITIAN

Pengembangan *virtual laboratory* dilaksanakan melalui empat tahap model 4-D. Tahap *Define* menghasilkan identifikasi masalah utama: rendahnya pemahaman konsep matematis peserta didik (rata-rata tes awal 4,21) dan ketiadaan media interaktif berbasis budaya lokal. Tahap *Design* menghasilkan *storyboard* dan prototipe awal, tahap *Develop* meliputi uji validasi desain, uji validasi materi, dan uji perorangan. Tahap *Disseminate* dilakukan melalui distribusi *virtual laboratory* dalam format *.APK* dan *.APP* kepada seluruh peserta didik kelas VII F, melakukan uji keefektifan berupa pretest dan posttest, dan uji kelompok.

Hasil Uji Validitas

Tahap uji validasi bertujuan untuk mengetahui tingkat validitas dari produk yang dikembangkan, yaitu *virtual laboratory* berbasis etnomatematika sebelum produk digunakan pada proses pembelajaran. Instrumen validitas di uji terlebih dahulu kepada seorang validator untuk mengetahui tingkat validitas instrument dalam menilai produk. Setelah proses validasi instrumen terlaksana, maka selanjutnya adalah melakukan uji validasi desain dan materi pada *virtual laboratory*. Komentar, dan saran dari validator menjadi acuan dalam memperbaiki produk agar lebih optimal dan baik.

Tabel 14. Data Hasil Validasi Materi

Validator	No	Indikator Penilaian	Jumlah Skor yang Diperoleh	Persentase (%)
Desain	1	Kesesuaian dengan Kurikulum	15	100%
	2	Ketetapan Konsep Kesebangunan	17	85%
	3	Kesesuaian dengan Indikator Pemahaman Konsep	23	92%
	4	Integrasi Etnomatematika	13	87%
	5	Kesesuaian Bahasa dan Karakteristik Peserta Didik	14	93%
	6	Penyajian Materi	9	90%
Hasil Akhir				91%
Kriteria				Sangat Valid

Tabel 14 menunjukkan bahwa *virtual laboratory* memperoleh persentase validasi materi sebesar 91% dengan kriteria "Sangat Valid". Validator memberikan catatan untuk memperkuat hubungan antara unsur budaya Candi Muaro Jambi dan konsep matematis, materi yang digunakan perlu dilengkapi dengan contoh soal yang mampu menjelaskan penerapan konsep secara lebih baik dan terstruktur, serta simulasi-simulasi yang terdapat

pada media harus dirancang untuk lebih menekankan konsep secara lebih jelas dengan tetap berfokus pada satu konsep utama agar tidak menimbulkan kebingungan bagi peserta didik dalam memahami materi yang disajikan.

Tabel 15. Data Hasil Validasi Desain

Validator	No	Indikator Penilaian	Jumlah Skor yang Diperoleh	Persentase (%)
Materi	1	Desain Visual	12	80%
	2	Navigasi dan Struktur Media	14	93%
	3	Interaktivitas Media	15	100%
	4	Kesesuaian dengan Karakteristik Peserta Didik	8	80%
	5	Integrasi Visual Etnomatematika	13	87%
	6	Kualitas Teknis	14	93%
	7	Keterpaduan Fitur	13	87%
Hasil Akhir				89%
Kriteria				Sangat Valid

Tabel 15 menunjukkan bahwa validasi desain memperoleh 89% dengan kriteria "Sangat Valid". Validator memberikan beberapa komentar, yaitu pemilihan warna pada media perlu ditinjau ulang agar lebih menarik perhatian peserta didik, dengan penyesuaian warna yang sesuai dengan karakteristik dan tingkat perkembangan peserta didik sehingga tampilan tidak terkesan monoton, desain latar belakang dan tampilan antarmuka perlu diperbaiki agar lebih menarik dan tidak membosankan, serta disesuaikan kembali dengan tingkat dan karakteristik peserta didik sebagai pengguna utama media, terdapat beberapa perbaikan pada navigasi atau tombol yang digunakan dalam media, di mana tombol dan navigasi perlu dibuat lebih selaras dan konsisten, terutama dalam hal ukuran dan warna yang digunakan. Saran-saran tersebut diberikan dengan tujuan agar keterpaduan warna dan tampilan media *virtual laboratory* menjadi lebih baik, sehingga peserta didik dapat memperoleh pengalaman belajar yang unik, menarik, dan menyenangkan.

Hasil Uji Praktikalitas

Uji perorangan dilakukan oleh satu guru matematika sebelum pembelajaran, sedangkan uji kelompok dilakukan oleh 30 peserta didik setelah pembelajaran. Keduanya menggunakan angket tertutup yang dilengkapi kolom komentar dan saran.

Uji Coba Perorangan

Tabel 16. Data Hasil Angket Praktikalitas oleh Guru

Instrumen	No	Aspek Penilaian	Jumlah Skor yang Diperoleh	Persentase (%)
Hasil Angket Praktikalitas oleh Guru	1	Keterlaksanaan Media dalam Pembelajaran	15	75%
	2	Kemudahan Operasional (Interaktivitas)	14	93%
	3	Efisiensi dan Kendala Teknis	12	80%

	4	Dukungan Terhadap Pembelajaran Konsep	22	88%
	5	Integrasi Etnomatematika	14	93%
	6	Kelayakan Implementasi	10	100%
Hasil Akhir			87%	
Kriteria			Sangat Praktis	

Hasil angket praktikalitas yang telah diisi oleh guru menunjukkan bahwa *virtual laboratory* yang dikembangkan mendapat nilai kepraktisan sebesar 87%. Persentase tersebut ada pada kategori “Sangat Praktis”, yang mengindikasikan bahwa media mudah digunakan, efisien, dan mendukung pembelajaran dengan baik. Dengan demikian, *virtual laboratory* dinyatakan sangat praktis dan layak diterapkan dalam kegiatan pembelajaran di kelas.

Uji Coba Kelompok

Tabel 17. Data Hasil Angket Praktikalitas Peserta didik

Instrumen	No	Aspek Penilaian	Jumlah Skor yang Diperoleh	Persentase (%)
Hasil Angket Praktikalitas oleh Peserta didik	1	Kemudahan Penggunaan	376	84%
	2	Efisiensi dan Kendala Teknis	372	83%
	3	Kebermanfaatan Konseptual	349	78%
	4	Interaktivitas	487	81%
	5	Integrasi Etnomatematika	343	76%
	6	Motivasi Belajar	512	85%
Hasil Akhir			81%	
Kriteria			Sangat Praktis	

Hasil angket praktikalitas dari peserta didik menunjukkan bahwa *virtual laboratory* memperoleh nilai kepraktisan sebesar 81%. Persentase ini termasuk kategori “Sangat Praktis”. Hal ini menjadi bukti bahwa produk yang dikembangkan dapat dinyatakan praktis, efisien, dan mudah digunakan,

Hasil Uji Efektivitas

Tes Awal (Pretest)

Tes awal (pretest) dilaksanakan pada pertemuan pertama tanggal 17 April 2026, tes awal bertujuan untuk menganalisis tingkat pemahaman konsep matematis awal peserta didik sebelum menggunakan *virtual laboratory* pada proses pembelajaran. Tes awal menggunakan 3 soal esai yang setiap soal mengandung 2 indikator pemahaman konsep matematis peserta didik yang di kemukakan oleh Antari et al. (2022); Novitasari et al. (2021). Pada tahap tes awal terdapat 1 siswa tidak hadir sehingga hanya ada 31 orang siswa yang dapat mengikuti tes awal.

Soal pertama mengandung indikator menyatakan ulang konsep yang telah dipelajari, dan mengembangkan syarat perlu dan cukup dari suatu konsep, soal kedua mengandung indikator mengklasifikasikan objek berdasarkan sifat atau konsep tertentu, dan memberikan contoh dan non-contoh dari suatu konsep, dan soal ketiga mengandung indikator menyajikan konsep dalam berbagai bentuk representasi matematis, dan menggunakan atau mengaplikasikan konsep dalam pemecahan masalah. Berikut persentase skor tes awal (pretest) kemampuan pemahaman konsep matematis:

Tabel 18. Data Hasil Tes Awal (Pretest) Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis

Subjek	Skor	Persentase	Subjek	Skor	Persentase
1	3	25,00%	16	5	41,67%
2	5	41,67%	17	3	25,00%
3	3	25,00%	18	9	75,00%
4	6	50,00%	19	5	41,67%
5	8	66,67%	20	8	66,67%
6	3	25,00%	21	5	41,67%
7	2	16,67%	22	4	33,33%
8	5	41,67%	23	4	33,33%
9	3	25,00%	24	7	58,33%
10	3	25,00%	25	6	50,00%
11	5	41,67%	26	8	66,67%
12	5	41,67%	27	3	25,00%
13	4	33,33%	28	9	75,00%
14	4	33,33%	29	7	58,33%
15	5	41,67%	30	5	41,67%
			31	2	16,67%

Tes Akhir (Posttest)

Tes akhir (posttest) dilaksanakan pada pertemuan pertama tanggal 24 April 2026 setelah wakt istirahat (09.50 – 11.10), tes akhir bertujuan untuk menganalisis tingkat pemahaman konsep matematis akhir peserta didik setelah menggunakan *virtual laboratory* pada proses pembelajaran. Soal tes akhir (posttest) terdiri dari 3 soal esai, dan masing-masing soal mengandung 2 indikator pemahaman konsep matematis sama seperti soal tes awal (pretest). Pada tahap tes akhir ada 2 orang siswa yang tidak hadir sehingga hanya ada 30 orang siswa yang dapat mengikuti tes akhir. Berikut persentase skor tes akhir (posttest) kemampuan pemahaman konsep matematis:

Tabel 19. Data Hasil Tes Akhir (Posttest) Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis

Subjek	Skor	Persentase	Subjek	Skor	Persentase
1	4	33,33%	16	8	66,67%
2	5	41,67%	17	7	58,33%
3	6	50,00%	18	11	91,67%
4	11	91,67%	19	11	91,67%
5	10	83,33%	20	10	83,33%
6	9	75,00%	21	11	91,67%
7	6	50,00%	22	10	83,33%
8	6	50,00%	23	6	50,00%
9	6	50,00%	24	10	83,33%
10	8	66,67%	25	11	91,67%
11	6	50,00%	26	9	75,00%
12	8	66,67%	27	12	100,00%

13	6	50,00%	28	2	16,67%
14	10	83,33%	29	9	75,00%
15	11	91,67%	30	12	100,00%

Uji Berpasangan

Dari 31 data tes awal dan 30 data tes akhir yang terkumpul, hanya 26 pasangan data yang dapat dicocokkan secara valid berdasarkan identitas yang dicantumkan siswa, data yang tidak dapat dipasangkan dikeluarkan dari analisis uji berpasangan. Tantangan pencocokan data tes awal dan tes akhir berdasarkan informasi yang dibuat sendiri oleh responden merupakan persoalan yang telah didokumentasikan dalam literatur evaluasi Pendidikan, di mana pada umumnya hanya Sebagian data yang berhasil dipasangkan secara meyakinkan (McGloin et al., 2023). Pendekatan menganalisis hanya data yang berhasil dipasangkan (matched paired test) terbukti menghasilkan estimasi yang valid dengan Type I error probability yang tetap terkendali pada taraf nominal, meskipun memiliki keterbatasan pada power statistic dibandingkan metode yang mempertahankan seluruh data yang belum terpasangkan (Pomponio et al., 2023).

Tabel 20. Data Hasil Uji Berpasangan

Subjek	Skor total (pretest)	Subjek	Skor total (pretest)	Skor penuh	Subjek	Skor total (posttest)	Subjek	Skor total (posttest)	Skor penuh
1	3	14	4	12	1	4	14	10	12
2	5	15	5	12	2	5	15	11	12
3	3	16	5	12	3	6	16	8	12
4	6	17	3	12	4	11	17	7	12
5	8	18	9	12	5	10	18	11	12
6	3	19	5	12	6	9	19	11	12
7	2	20	8	12	7	6	20	10	12
8	5	21	5	12	8	6	21	11	12
9	3	22	4	12	9	6	22	10	12
10	3	23	4	12	10	8	23	6	12
11	5	24	7	12	11	6	24	10	12
12	5	25	6	12	12	8	25	11	12
13	4	26	8	12	13	6	26	9	12
Total Skor		Pretest: 128			Posttest: 216				
Rata-rata		4,92			8,31				
Persentase		Pretest: 41,03%			Posttest: 69,23%				
Kategori		Cukup			Baik				
N-Gain					0,4783				
Persentase N-Gain					47,83% (Sedang)				

Tabel 20 memperlihatkan 26 data yang digunakan dengan menghasilkan rata-rata sebesar 4,92 untuk tes awal, dan 8,31 untuk tes akhir. Adapun persentase tes awal sebesar 41,03% dan tes akhir sebesar 69,23% dengan perubahan kategori dari “Cukup” ke “Baik” yang membuktikan bahwa ada peningkatan pada hasil test awal dan tes akhir. Nilai *N-Gain* yang didapat sebesar 0,4783 dengan persentase sebesar 47,83% dan kategori “Sedang”. Selanjutnya nilai *N-Gain* berpasangan ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 21. Data N-Gain Hasil Uji Berpasangan

Subjek	Skor total (Pretest)	Skor total (Posttest)	Skor penuh	Nilai N-Gain	Kategori
1	3	4	12	0,11	Rendah
2	5	5	12	0,00	-
3	3	6	12	0,33	Sedang
4	6	11	12	0,83	Tinggi
5	8	10	12	0,50	Sedang
6	3	9	12	0,67	Sedang
7	2	6	12	0,40	Sedang
8	5	6	12	0,14	Rendah
9	3	6	12	0,33	Sedang
10	3	8	12	0,56	Sedang
11	5	6	12	0,14	Rendah
12	5	8	12	0,43	Sedang
13	4	6	12	0,25	Rendah
14	4	10	12	0,75	Tinggi
15	5	11	12	0,86	Tinggi
16	5	8	12	0,43	Sedang
17	3	7	12	0,44	Sedang
18	9	11	12	0,67	Sedang
19	5	11	12	0,86	Tinggi
20	8	10	12	0,50	Sedang
21	5	11	12	0,86	Tinggi
22	4	10	12	0,75	Tinggi
23	4	6	12	0,25	Rendah
24	7	10	12	0,60	Sedang
25	6	11	12	0,83	Tinggi
26	8	9	12	0,25	Rendah

Tabel 21 memperlihatkan bahwa ada beberapa jenis peningkatan dari tes awal ke tes akhir pada kategori nilai N-Gain, disimpulkan bahwa ada 7 subjek mendapat perubahan dengan kategori “Tinggi”, 11 subjek mendapat perubahan dengan kategori “Sedang”, 7 subjek mendapat perubahan dengan kategori “Rendah”, dan 1 subjek tidak mengalami peningkatan. Hasil dari uji N-Gain berpasangan dapat disimpulkan bahwa hampir semua siswa mengalami peningkatan pada kemampuan mereka dalam menjawab soal tes akhir, dan 1 siswa masih belum mengalami peningkatan.

Tabel 22. Data Subjek Per Tes Awal dan Tes Akhir

Subjek	Soal Tes Awal			Soal Tes Akhir		
	1	2	3	1	2	3
1	3	0	0	2	2	0
2	4	1	0	4	1	0
3	2	1	0	4	1	1
4	4	1	1	4	3	4
5	3	1	4	4	2	4
6	3	0	0	4	3	2
7	1	1	0	3	1	2
8	4	1	0	2	2	2
9	2	0	1	4	2	0
10	1	1	1	3	1	4
11	4	1	0	2	2	2
12	3	2	0	3	3	2
13	4	0	0	2	2	2
14	3	1	0	3	3	4
15	3	2	0	4	3	4

16	2	1	2	1	3	4
17	3	0	0	4	1	2
18	4	1	3	4	3	4
19	2	1	2	4	3	4
20	3	1	4	3	3	4
21	3	1	1	4	3	4
22	3	1	0	4	4	2
23	1	3	0	3	3	0
24	4	2	1	3	3	4
25	3	2	1	4	3	4
26	4	1	3	4	3	2
Total Skor	76	27	24	86	63	67
Rata-rata	2,923	1,038	0,923	3,308	2,423	2,577
Persentase	73,08%	25,96%	23,08%	82,69%	60,58%	64,42%

Pada Tabel 22 dapat dilihat beberapa persentase dari persentase soal nomor 1 tes awal mendapat 73,08%, soal nomor 2 sebesar 25,96%, dan soal nomor 3 sebesar 23,08%. Sedangkan pada tes akhir soal nomor 1 sebesar 82,69%, soal nomor 2 sebesar 60,58%, dan soal nomor 3 sebesar 64,42%.

Penggunaan VLAB-SIMBA memberikan dampak pada siswa selama proses pembelajaran dengan simulasi-simulasi yang ada pada aplikasi tersebut. Simulasi tersebut memberikan siswa akses dalam mengeksplorasi berbagai konsep tentang kesebangunan dua segitiga sehingga mereka tidak hanya menghafal konsep tapi benar-benar memahami konsep tersebut. Peningkatan ini dapat dilihat dari angket praktikalitas siswa pada indikator kebermanfaatan konseptual, pada indikator ini terdapat 3 aspek penilaian, yaitu *virtual laboratory* membantu siswa memahami pengertian kesebangunan, membedakan bangun yang sebangun dan tidak sebangun, dan menyelesaikan soal-soal tentang kesebangunan. Berikut hasil data pada ketiga aspek penilaian tersebut:

Tabel 23. Data Indikator Kebermanfaatan Konseptual

Subjek	Pengertian Kesebangunan	Membedakan sebangun dan tidak sebangun	Menyelesaikan soal-soal tentang kesebangunan	Total Skor
1	3	5	5	13
2	3	4	4	11
3	3	3	3	9
4	4	4	5	13
5	5	5	5	15
6	3	3	3	9
7	4	4	4	12
8	3	3	3	9
9	3	3	3	9
10	3	3	4	10
11	5	4	4	13
12	3	4	3	10
13	5	4	5	14
14	4	5	5	14
15	3	3	4	10
16	3	3	3	9
17	5	4	5	14
18	5	5	5	15
19	5	4	4	13
20	4	4	4	12
21	5	5	4	14

22	3	3	3	9
23	2	4	5	11
24	3	4	4	11
25	5	5	4	14
26	4	4	4	12
Total Skor	98	102	105	305
Rata-rata	3,77	3,92	4,04	3,91
Persentase	75,38%	78,46%	80,77%	78,21%
Kategori	Sangat Efektif	Sangat Efektif	Sangat Efektif	Sangat Efektif

Pada Tabel 23, terlihat bahwa hasil akhir dari penilaian siswa terhadap *virtual laboratory* dalam membantu siswa memahami pengertian kesebangunan mendapat persentase akhir sebesar 75,38% dengan kategori “Sangat Efektif”, membantu siswa membedakan bangun sebangun dan tidak sebangun mendapat persentase akhir sebesar 78,46% dengan kategori “Sangat Efektif”, dan membantu siswa menyelesaikan soal-soal tentang kesebangunan mendapat persentase akhir sebesar 80,77% dengan kategori “Sangat Efektif. Rata-rata pada indikator kebermanfaatan konseptual mendapat sebesar 3,91 dan persentase sebesar 78,21% dengan kategori “Sangat Efektif”, hasil akhir ini membuktikan bahwa *virtual laboratory* yang dikembangkan berdampak dalam peningkatan pemahaman konsep matematis siswa.

3.2 PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa media *virtual laboratory* berbasis etnomatematika yang dikembangkan melalui tahapan model 4-D telah memenuhi kriteria kualitas produk, yakni dinyatakan valid, praktis, dan efektif. Ketiga kriteria tersebut merupakan indikator penting dalam menilai kelayakan suatu produk pengembangan sebelum diterapkan secara lebih luas dalam pembelajaran (Said, 2023; Zamsiswaya et al., 2024).

Berdasarkan hasil penilaian validator, uji validitas materi *virtual laboratory* memperoleh nilai sebesar 100% pada aspek kesesuaian dengan kurikulum, 85% pada ketepatan konsep kesebangunan, 92% pada kesesuaian dengan indikator pemahaman konsep matematis, 87% pada integrasi etnomatematika, 93% pada kesesuaian dengan bahasa dan karakteristik peserta didik, dan 90% pada penyajian materi. Secara keseluruhan, rata-rata persentase yang diperoleh adalah sebesar 91% dengan kriteria "Sangat Valid". Menurut Mulbar et al. (2024) bahan ajar yang memperoleh kategori sangat valid dari penilaian ahli menunjukkan bahwa produk tersebut telah layak digunakan dalam proses pembelajaran. Berdasarkan hasil penilaian validator, uji validitas desain *virtual laboratory* memperoleh nilai sebesar 80% pada aspek desain visual, 93% pada navigasi dan struktur media, 100% pada interaktivitas media, 80% pada kesesuaian dengan karakteristik peserta didik, 87% pada integrasi visual etnomatematika, 93% pada kualitas teknis, dan 87% pada keterpaduan fitur. Secara keseluruhan, rata-rata persentase yang diperoleh adalah sebesar 89% dengan kriteria "Sangat Valid". Sebagaimana dikemukakan oleh Hariyati & Rachmadyanti (2022), kegiatan validasi dalam pengembangan produk bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai kelayakan produk sekaligus menghimpun saran dan masukan dari para ahli sebagai acuan perbaikan produk yang dikembangkan, sehingga

produk yang dihasilkan benar-benar memenuhi standar kelayakan untuk diimplementasikan dalam pembelajaran.

Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Setiawan et al. (2022) yang mengembangkan media interaktif menggunakan adobe animate pada materi baris dan deret, hasil validasi media sebesar 81,9% dan validasi materi sebesar 80,85%. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh adanya proses validasi dua tahap dalam penelitian ini, sehingga penilaian validator menjadi lebih terstruktur dan hasil validitas yang diperoleh lebih optimal.

Berdasarkan hasil penilaian angket praktikalitas guru, media *virtual laboratory* memperoleh nilai sebesar 75% pada aspek keterlaksanaan media dalam pembelajaran, 93% pada kemudahan operasional (interaktivitas), 80% pada efisiensi dan kendala teknis, 88% pada dukungan terhadap pembelajaran konsep, 93% pada integrasi etnomatematika, dan 100% pada kelayakan implementasi. Secara keseluruhan, rata-rata persentase yang diperoleh adalah sebesar 87% dengan kriteria "Sangat Praktis". Berdasarkan hasil penilaian angket praktikalitas siswa (30 orang), media *virtual laboratory* memperoleh nilai sebesar 84% pada aspek kemudahan penggunaan, 83% pada efisiensi dan kendala teknis, 78% pada kebermanfaatan konseptual, 81% pada interaktivitas, 76% pada integrasi etnomatematika, dan 85% pada motivasi belajar, dengan rata-rata persentase secara keseluruhan sebesar 81% berkategori "Sangat Praktis".

Berdasarkan hasil uji praktikalitas perorangan dan uji kelompok, media *virtual laboratory* dikategorikan "Sangat Praktis" pada kedua uji praktikalitas yang telah dilaksanakan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa media *virtual laboratory* mudah dioperasikan dan memberikan manfaat yang nyata bagi siswa dalam proses pembelajaran. Hal ini sejalan dengan Mulbar et al. (2024) yang menyatakan bahwa kepraktisan suatu bahan ajar dapat ditinjau dari kemudahan penggunaannya oleh guru dalam pembelajaran, di mana bahan ajar yang mudah digunakan dan diterapkan dapat dikategorikan sebagai bahan ajar yang praktis.

Hasil praktikalitas ini sejalan sekaligus melampaui capaian Mahfiroh (2024) yang mengembangkan flipbook berbasis etnomatematika dan memperoleh kategori sangat layak, namun tanpa melibatkan uji praktikalitas peserta didik secara terpisah. Hal ini menunjukkan bahwa *virtual laboratory* yang bersifat interaktif dan dapat diakses melalui ponsel memiliki keunggulan dari sisi keterlibatan peserta didik dibandingkan media statis seperti flipbook, sejalan dengan pandangan El Kharki et al. (2021) bahwa visualisasi dan manipulasi parameter dalam *virtual laboratory* mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih aktif dan menarik.

Berdasarkan hasil uji berpasangan dalam menentukan efektivitas *virtual laboratory*, uji berpasangan dengan total subjek sebesar 26 orang, dikarenakan ada beberapa jawaban tes awal dan tes akhir siswa yang tidak tercantum nama, sehingga diambil keputusan untuk menggunakan data yang pasti. Hasil uji berpasangan dari 26 orang pada tes awal didapat persentase sebesar 41,03% dengan kategori "Cukup" dan persentase tes akhir sebesar 69,23% dengan kategori "Baik". Pada hasil uji berpasangan terlihat adanya perbedaan

hasil tes awal dan tes akhir, peningkatan dari kategori “Cukup” menjadi “Baik” dapat menyatakan adanya peningkatan pada pemahaman konsep matematis siswa.

Hasil N-Gain dari uji berpasangan mendapat rata-rata sebesar 0,4783 dengan persentase sebesar 47,83% dan berkategori “Sedang”. Pada uji N-Gain berpasangan mendapatkan adanya 7 subjek yang mendapat hasil N-Gain berkategori “Tinggi”, 11 subjek mendapat hasil N-Gain berkategori “Sedang”, 7 subjek mendapat hasil N-Gain berkategori “Rendah”, dan 1 subjek tidak mengalami perubahan dari hasil tes awal dan tes akhirnya. Hasil persentase per soal pada Tabel 22 dapat menunjukkan peningkatan pemahaman konsep matematis siswa berdasarkan indikator, soal nomor 1 mengandung indikator menyatakan ulang konsep, dan mengembangkan syarat perlu dan cukup suatu konsep, soal nomor 2 mengandung indikator mengklasifikasikan objek berdasarkan sifat atau konsep, dan memberikan contoh dan non-contoh dari suatu konsep, sedangkan nomor 3 mengandung indikator menyajikan suatu konsep pada berbagai bentuk representasi matematis, dan menggunakan atau mengaplikasikan konsep dalam pemecahan masalah matematis. Peningkatan nomor 1 dari tes awal ke tes akhir meningkat dari persentase 73,08% menjadi 82,69% dengan selisih 9,62%, soal nomor 2 meningkat dari persentase 25,96% menjadi 60,58% dengan selisih 34,62%, sedangkan nomor 3 meningkat dari persentase 23,08% menjadi 64,42% dengan selisih 41,34%.

Hasil selisih persentase diatas menunjukkan seberapa banyak peningkatan pemahaman konsep matematis siswa dari tes awal ke tes akhir, soal nomor 3 mengalami peningkatan yang lebih besar dari soal nomor 2 dan 1, sehingga dapat dikatakan bahwa indikator menyajikan suatu konsep pada berbagai bentuk representasi matematis dan menggunakan atau mengaplikasikan konsep dalam pemecahan masalah matematis mengalami peningkatan yang lebih besar dari indikator lainnya. Walaupun begitu, indikator lainnya tetap mengalami peningkatan dilihat dari selisih persentase soal nomor 2 dan 1.

Peningkatan pemahaman konsep matematis yang disebabkan oleh virtual laboratory dapat dilihat melalui hasil praktikalitas siswa pada aspek pengertian kesebangunan dengan persentase sebesar 75,38%, pada aspek membedakan sebangun dan tidak sebangun mendapat persentase sebesar 78,46%, dan aspek menyelesaikan soal-soal tentang kesebangunan mendapat persentase sebesar 80,77%. Semua aspek mendapat kategori “Sangat Efektif”, sehingga membuktikan bahwa virtual laboratory memberikan peran dalam peningkatan pemahaman konsep matematis siswa. Persentase ini juga membuktikan bahwa simulasi-simulasi interaktif yang ada pada virtual laboratory memberikan dampak positif pada peningkatan pemahaman konsep matematis siswa.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, disimpulkan bahwa pengembangan virtual laboratory berbasis etnomatematika pada Candi Muaro Jambi untuk meningkatkan pemahaman konsep matematis pada materi kesebangunan memberikan hasil yang positif. Virtual laboratory yang dikembangkan mampu memfasilitasi peserta didik dalam memahami konsep kesebangunan secara lebih mendalam melalui visual, animasi, dan

simulasi interaktif. Hal ini dibuktikan dengan uji berpasangan yang menunjukkan peningkatan pemahaman konsep matematis dengan N-Gain kategori sedang, nilai N-Gain per subjek, dan nilai skor per soal yang menunjukkan peningkatan per indikator pemahaman konsep. Virtual laboratory yang dikembangkan juga dinyatakan sangat valid dari uji validitas, dan sangat praktis dari uji praktikalitas. Temuan ini membuktikan bahwa integrasi teknologi terhadap budaya dapat menghasilkan pembelajaran yang dapat meningkatkan pemahaman konsep matematis para peserta didik, produk yang dikembangkan tidak hanya interaktif, tetapi juga bermakna karena membawa unsur budaya sebagai salah satu cara melestarikan budaya Indonesia.

5. REKOMENDASI

Rekomendasi untuk peneliti selanjutnya adalah mengembangkan *virtual laboratory* berbasis etnomatematika dengan penambahan fitur simulasi interaktif yang lebih kompleks, penggunaan teknologi *augmented reality* atau *virtual reality*, serta dukungan konten audio-visual yang lebih kaya. Penggunaan budaya yang lebih ditingkatkan, misalnya membuat budaya menjadi sebuah alur cerita yang menarik sehingga virtual laboratory memiliki tujuan untuk diselesaikan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Antari, L., Rizta, A., Na'imah, U., & Kusumawati, N. I. (2022). Pemahaman Konsep Matematika Dasar Mahasiswa Pendidikan Matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(2), 56–63. <https://ejournal.unitaspalembang.com/index.php/nabla>
- Apriadi, H. (2021). Video Animasi Matematika Dengan Pendekatan Kontekstual Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 5(1), 173. <https://doi.org/10.33603/jnpm.v5i1.3621>
- Arifuddin, A., Sutrio, S., & Taufik, M. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Kontekstual Berbasis Hands On Activity dalam Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(2c), 894–900. <https://doi.org/10.29303/jipp.v7i2c.631>
- Arimbawa, G., Ariawan, I. P., & Parwati, N. N. (2024). Pengembangan Virtual Lab Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP Kelas VIII Pada Mata Pelajaran Matematika. *JKTP: Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*, 7(1), 046. <https://doi.org/10.17977/um038v7i12024p046>
- Aripin, I., & Suryaningsih, Y. (2021). Implementasi Virtual Laboratory BTEM Berbasis Android Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Education*, 7(3), 583–591. <https://doi.org/10.31949/educatio.v7i3.1113>
- Arrahman, R. A., Irsyadunas, & Samudra, A. A. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Virtual Lab Pada Mata Pelajaran Resistor. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 2(1), 313–322. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v2i1.180>
- El Kharki, K., Berrada, K., & Burgos, D. (2021). Design and implementation of a virtual laboratory for physics subjects in moroccan universities. *Sustainability (Switzerland)*, 13(7), 1–28. <https://doi.org/10.3390/su13073711>
- Hariyati, D., & Rachmadyanti, P. (2022). PENGEMBANGAN BAHAN AJAR BERBASIS LIVEWORKSHEET UNTUK SISWA SEKOLAH DASAR KELAS V. *JPGSD*, 7(10), 1473–1483.

- Kristial, D., Soebagjoyo, J., & Ipaenin, H. (2021). Analisis bibliometrik dari istilah “Etnomatematika.” *Kognitif: Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, 1(2), 178–190. <https://doi.org/10.51574/kognitif.v1i2.62>
- Mahfiroh, L. (2024). Pengembangan Bahan Ajar Materi Spltv Dengan Pendekatan Etnomatematika Berbasis Flipbook Untuk Meningkatkan Pemahaman Matematis Siswa Kelas X Sma Negeri 1 Belik.
- McGloin J, Holcomb S, Main DS. Matching anonymous pre-posttests using subject-generated information. *Eval Rev.* 1996 Dec;20(6):724-36. doi: 10.1177/0193841X9602000604. PMID: 10183265.
- Mulbar, U., Rudy, F., & Assagaf, S. F. (2024). Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Liveworksheets pada Materi Kekongruenan dan Kesebangunan di Kelas IX. *Issues in Mathematics Education*, 8(2), 104–114. <https://journal.unm.ac.id/index.php/IMED>
- Novitasari, D., Trisnowali, A., Hamdani, D., Junaidi, & Arifin, S. (2021). pengembangan lkpd berbasis geogebra untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika. *JES-MAT*, 7(1), 1–16.
- Pomponio, R., Fosdick, B. K., Wrobel, J., & Peterson, R. A. (2023). *Mistaken identities lead to missed opportunities: Testing for mean differences in partially matched data.* 1–17. <http://arxiv.org/abs/2312.14689>
- Safari, Y., & Nurhida, P. (2024). PENTINGNYA PEMAHAMAN KONSEP DASAR MATEMATIKA DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA. *Karimah Tauhid*, 3(9), 9817–9824.
- Said, A. (2023). Pengembangan Metode Pembelajaran Berbasis Permainan pada Mata Kuliah Agama Islam di AKN Putra Sang Fajar Blitar Menggunakan Model 4-D Thiagarajan. *Journal TA'LIMUNA*, 2, 92–103. <https://doi.org/10.32478/ta.v2i2.139>
- Sengkey, D. J., Deniyanti Sampoerno, P., & Aziz, T. A. (2023). Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis: Sebuah Kajian Literatur. *Griya Journal of Mathematics Education and Application*, 3(1), 67–75. <https://doi.org/10.29303/griya.v3i1.265>
- Setiawan, A., Alpindo, O., & Astuti, P. (2022). Development of Interactive Multimedia Using Adobe Animate Software on the Material of Sequences and Series For Class XI MAN Bintan. *Jurnal Gantang*, 7(1), 29–38. <https://doi.org/10.31629/jg.v7i1.4523>
- Siregar, A. R., Fitri, A., Pakpahan, H., Siregar, E. B., Giawa, F., Siregar, J. M., Ramadhani, N., Matondang, N. H., Hidayah, N., Karo, B., Sonia, P., Simarmata, B., & Hasibuan, R. P. (2024). ETNOMATEMATIKA SEBAGAI SARANA PENGUATAN BUDAYA LOKAL MELALUI KURIKULUM MERDEKA BELAJAR. In *Prosiding MAHASENDIKA III*. Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Mahasaraswasti Denpasar.
- Thiagarajan, S. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. ERIC.
- Zamsiswaya, Sawaluddin, & Bahosin Sihombing. (2024). Model Pengembangan 4D (Define, Design, Develop, dan Disseminate) dalam Pembelajaran Pendidikan Islam. *Journal of Islamic Education El Madani*, 4(1), 11–19.