

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS ETNOSAINS  
TERINTEGRASI *VIRTUAL SIMULATION* DAN *AUGMENTED REALITY*  
(ETNOVAR) UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN 4C**

**Qaddara Fahada<sup>1\*</sup>, Muhammad Anugrah<sup>1</sup>, Sephianti Dwika Ezha<sup>1</sup>, Wiji<sup>1</sup>,  
Tuszie Widhiyanti<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

\*Email: [qaddarafahada11@gmail.com](mailto:qaddarafahada11@gmail.com)

**Article History:**

Received: April 30, 2026

Revised: May 14, 2026

Accepted: May 16, 2026

Published: June 30, 2026

DOI: <https://doi.org/10.22373/lj.v14.i1.34793>

**ABSTRACT**

*The 4C skills (Critical Thinking, Collaboration, Communication, Creativity) are essential for navigating Industrial Revolution 4.0 and digital transformation, distinguishing human intelligence from automation. The 4C skills can create a generation that is independent, innovative, and adaptive to rapid change. Despite their importance, development often remains suboptimal due to poorly facilitated learning. This study aims to enhance these skills by developing EtnoVAR, a virtual simulation integrated with Augmented Reality based on the ethnoscience of making peuyeum. Using the ADDIE (analysis, design, development, implementation, evaluate) method with 28 grade XI science students, the research involved rigorous expert validation and needs analysis. The feasibility test yielded a score of 95% (highly valid). Effectiveness testing via N-gain reached 0.92, indicating high effectiveness. Furthermore, questionnaires confirmed a substantial increase in students' 4C skills and high satisfaction levels. In conclusion, EtnoVAR is highly effective in improving 4C skills. Its strength lies in merging cutting-edge technology with local culture, transforming abstract concepts into an engaging, practical learning experience. This innovation ensures students remain independent, innovative, and adaptive to global challenges.*

**Keywords:** 4C, augmented reality, ethnoscience, rate of reaction, virtual simulation

**PENDAHULUAN**

Keterampilan 4C (*Critical Thinking, Communication, Collaboration, and Creativity*) merupakan kompetensi yang dibutuhkan dalam menghadapi era globalisasi dan revolusi industri 4.0 (Redhana, 2019). Keterampilan ini akan berperan dalam menghasilkan sumber daya manusia yang inovatif, kreatif, dan berkontribusi secara aktif dalam berbagai bidang seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi (Noviati dkk., 2022). Namun, berbagai kajian menunjukkan keterampilan 4C siswa dalam pembelajaran sains yang menuntut

kemampuan berpikir kritis, komunikasi ilmiah, kreativitas, dan kerja sama belum optimal. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran sains belum sepenuhnya mampu memfasilitasi pengembangan kompetensi abad ke-21 (Al Husna dkk., 2021; Prafitasari dkk., 2021; Suyamto dkk., 2020).

Dalam pembelajaran kimia, keterampilan 4C sangat potensial untuk dikembangkan secara optimal. Hal ini dikarenakan karakteristik ilmu kimia yang kompleks menuntut pemahaman mendalam dengan menghubungkan tiga level representasi yaitu makroskopis, submikroskopis dan simbolik dan kemampuan berpikir kritis (Aini & Sari, 2024; Wijayadi dkk., 2023). Salah satu materi kimia yang kompleks dan menuntut pemahaman hubungan antar konsep adalah materi laju reaksi. Materi ini memerlukan analisis terhadap berbagai faktor yang mempengaruhi reaksi menggunakan penghubungan representasi terutama dalam memvisualisasikan proses pada tingkat molekuler.

Penelitian menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menghubungkan tiga level representasi terutama pada level submikroskopis (Isti dkk., 2022; Pikoli dkk., 2022). Siswa tidak mampu memahami konsep-konsep seperti teori tumbukan sulit untuk divisualisasikan karena pemahaman level submikroskopis yang abstrak memerlukan kemampuan spasial-visual, dan hierarkis (Sari dkk., 2024; Astafani dkk., 2024). Pemahaman konsep yang lemah sebagai akibat ketidakmampuan menghubungkan tiga level representasi akan berdampak pada rendahnya keterampilan abad 21 khususnya keterampilan 4C. Siswa menjadi kesulitan dalam menganalisis fenomena kimia secara mendalam, mengemukakan alasan secara logis, serta memecahkan masalah yang berkaitan dengan konsep yang dipelajari. Keterbatasan pendekatan pembelajaran konvensional yang belum mampu memfasilitasi visualisasi fenomena abstrak secara interaktif dan kontekstual menjadi akar dari permasalahan tersebut.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah etnosains, yaitu integrasi pengetahuan ilmiah dengan pengetahuan lokal yang berkembang dalam kehidupan masyarakat (Laksono dkk., 2023). Pengetahuan ini diperoleh dari pengalaman empiris yang diwariskan secara turun-temurun dan mencakup berbagai aspek kehidupan, seperti pertanian, kesehatan, serta pengolahan pangan (Rahayu dkk., 2024). Dalam konteks pembelajaran kimia, pendekatan etnosains memungkinkan siswa mengaitkan konsep ilmiah dengan fenomena yang dekat dengan kehidupan sehari-hari, sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan bermakna. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis etnosains efektif meningkatkan pemahaman

konsep, keterampilan proses sains, motivasi belajar dan keterampilan berpikir kritis siswa (Khasanah & Sumarni, 2021; Salamah & Syolendra, 2024; Djarwo dkk., 2025). Penggunaan multimedia berorientasi etnosains bahkan terbukti mampu meningkatkan literasi sains dan kemampuan berpikir kritis secara signifikan serta selaras dengan kebutuhan guru dan kurikulum (Sari dkk., 2024). Meskipun demikian, pendekatan etnosains masih memiliki keterbatasan dalam menjelaskan fenomena kimia pada tingkat submikroskopis, seperti interaksi partikel selama reaksi berlangsung. Oleh karena itu, diperlukan dukungan media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan proses tersebut secara lebih konkret dan interaktif.

Kemajuan digital menawarkan solusi visual yang kuat untuk menjembatani kesenjangan representasi antara skala makroskopis dan submikroskopis melalui *virtual simulation* dan *augmented reality* (AR). *Virtual simulation* terbukti berdampak positif terhadap prestasi belajar, efikasi diri, dan motivasi siswa, serta efektif dalam membantu mereka memahami konsep-konsep kimia yang kompleks melalui lingkungan digital interaktif untuk meniru skenario dunia nyata (Peechapol, 2021; Rizki dkk., 2025). Sedangkan AR secara spesifik memungkinkan visualisasi level submikroskopis yang tidak dapat diamati secara langsung seperti struktur molekul karena mampu memadukan objek virtual tiga dimensi dengan lingkungan nyata secara real-time (Kang dkk., 2020; Fatemah dkk., 2020). Selain itu, *augmented reality* terbukti efektif dalam melatih keterampilan berpikir kritis, karena mendorong siswa untuk aktif menganalisis, mengevaluasi, dan memecahkan masalah selama proses pembelajaran berlangsung (Fatih dkk., 2024).

Penelitian-penelitian tersebut umumnya masih dilakukan secara terpisah dan belum mengintegrasikan ketiga pendekatan tersebut dalam satu kesatuan pembelajaran. Pendekatan etnosains memberikan konteks makroskopis yang bermakna, namun tidak menjangkau level submikroskopis. Teknologi *virtual simulation* dan AR mampu memvisualisasikan level submikroskopis, namun tanpa konteks budaya lokal yang relevan bagi siswa pada level makroskopisnya. Integrasi ketiganya dalam pembelajaran materi laju reaksi berpotensi menciptakan pengalaman belajar yang bersifat cultural-immersive sekaligus representasi-komprehensif, menghubungkan fenomena budaya lokal dengan representasi kimia pada ketiga level secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan EtnoVAR (*Ethnoscience–Virtual Simulation and Augmented Reality*), yaitu media pembelajaran interaktif yang mengintegrasikan *virtual simulation* dan *augmented reality* berbasis *website* dengan pendekatan etnosains melalui konteks pembuatan makanan tradisional *peuyeum*.

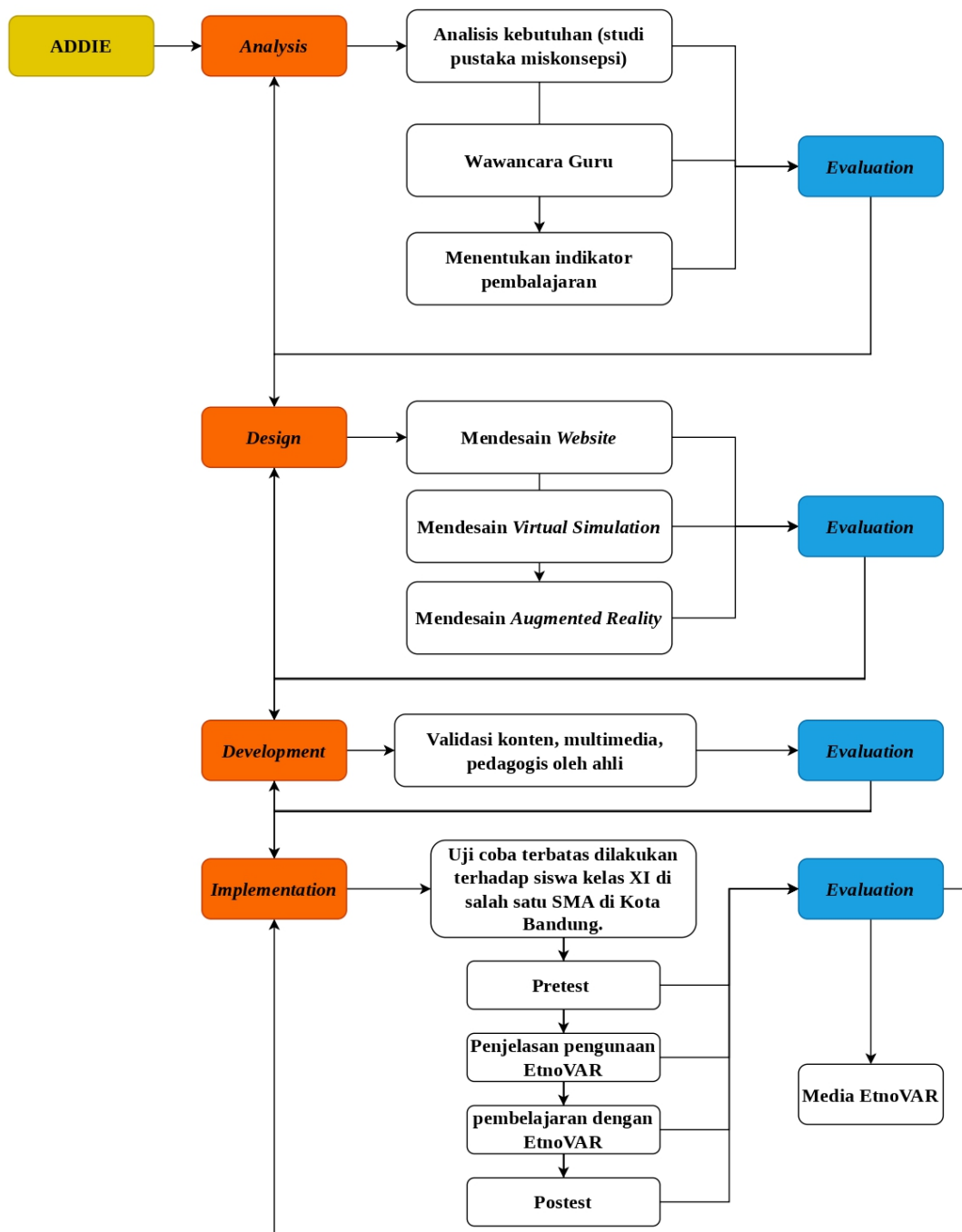
Pengembangan media ini dirancang untuk mendukung pemahaman konsep laju reaksi sekaligus meningkatkan keterampilan 4C siswa, yang meliputi berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan atau *Research and Development* (R&D) dengan menggunakan model desain instruksional ADDIE. Proses pengembangan media EtnoVAR mengacu pada model desain instruksional ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*) yang diadaptasi dari Dick dan Carey (Dick dkk., 2014). Pendekatan sistematis ini memungkinkan terciptanya ekosistem pembelajaran yang komprehensif, yang mengintegrasikan situs *website*, *Virtual Simulation*, dan teknologi *augmented reality*, serta dilengkapi dengan kuesioner umpan balik siswa untuk memastikan keselarasan pedagogis.

Penelitian dilaksanakan di salah satu SMA Kota Bandung pada semester ganjil yang telah menerapkan Kurikulum Merdeka. Fokus studi ini adalah uji coba terbatas perangkat pembelajaran materi laju reaksi untuk menstimulasi keterampilan 4C. Subjek uji coba adalah siswa kelas XI yang berjumlah 28 orang. Guna menjaga konsistensi instruksional sesuai rancangan media, peneliti berperan langsung sebagai instruktur selama fase implementasi. Implementasi penelitian dilakukan melalui serangkaian aktivitas pembelajaran yang mengintegrasikan platform EtnoVAR sebagai instrumen utama. Pembelajaran diawali dengan menghadapkan siswa pada fenomena etnosains melalui konteks kearifan lokal. Siswa diarahkan untuk melakukan aktivitas *virtual simulation* pada situs EtnoVAR untuk mengeksplorasi variabel-variabel laju reaksi secara mandiri dan interaktif.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi studi pustaka, wawancara, tes dan kuesioner. Lembar angket yang digunakan terdiri dari lembar validasi perangkat pembelajaran dan lembar angket respons pengguna. Lembar validasi diberikan kepada validator ahli yang memiliki kepakaran di bidang materi, media, dan pedagogi untuk memastikan kelayakan instruksional (Maisarah & Yusnita, 2024). Validator ahli memberikan penilaian serta komentar perbaikan agar produk yang dikembangkan memenuhi kriteria kelayakan sebelum diimplementasikan.



**Gambar 1.** Bagan Alir Tahapan Penelitian dan Pengembangan Produk

Data yang diperoleh dari lembar validasi ahli dan angket respons 4C pengguna dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung persentase skor menggunakan persamaan di bawah ini, dimana  $P$  adalah persentase kelayakan/respon,  $f$  adalah skor yang

diperoleh (total skor dari responden), dan  $N$  adalah skor maksimal (skor tertinggi dikali jumlah instrument/responden).

$$P = \frac{f}{N} \times 100\%$$

Hasil persentase tersebut kemudian dikonversikan ke dalam kriteria kelayakan untuk menentukan apakah media EtnoVAR layak digunakan atau memerlukan revisi lebih lanjut. Peningkatan kompetensi siswa dianalisis dengan membandingkan perolehan nilai *pre-test* dan *post-test* seperti persamaan berikut. Seluruh data persentase dan indeks gain tersebut digunakan secara untuk menyimpulkan media dalam menstimulasi keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, serta kreativitas siswa pada materi laju reaksi. Seluruh prosedur ini dilakukan secara sistematis guna memastikan bahwa media pembelajaran yang dihasilkan benar-benar tepat sasaran dalam meningkatkan kompetensi siswa.

$$g = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{max} - S_{pre}}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan media pembelajaran EtnoVAR yang dikembangkan melalui model ADDIE dengan mengintegrasikan *virtual simulation*, *augmented reality* (AR), dan pendekatan etnosains berbasis pembuatan *peuyeum* pada materi laju reaksi. Secara keseluruhan, media EtnoVAR dinyatakan sangat valid dengan rata-rata kelayakan 95% dari empat validator ahli. Implementasi pada 28 siswa menunjukkan peningkatan pemahaman konsep yang signifikan (N-Gain = 0,92) serta indikasi positif terhadap keterampilan 4C dengan rentang 75–84% berdasarkan angket persepsi siswa. Uraian terperinci dari setiap tahapan ADDIE sebagai berikut.

### Tahap *Analysis*

Pada tahapan *analysis* dalam pengembangan media EtnoVAR, dilakukan identifikasi permasalahan maupun kebutuhan pembelajaran melalui studi pustaka dan wawancara kepada dua orang guru kimia. Berdasarkan studi pustaka yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa siswa mengalami miskonsepsi pada materi laju reaksi, terutama dalam memahami konsep dasar laju reaksi, faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi seperti konsentrasi, suhu, luas permukaan, dan katalis, serta dalam menentukan orde reaksi dan hukum laju (Lestari dkk., 2021). Selain itu penelitian oleh Fadhilah dkk. (2023) menyatakan bahwa

kesulitan yang dialami siswa berupa penghubungan konsep laju reaksi dengan representasi matematis maupun grafik yang diberikan, termasuk dalam memahami teori tumbukan. Pada aspek ini, siswa cenderung belum mampu menjelaskan keterkaitan antara energi aktivasi, frekuensi tumbukan, dan tumbukan efektif secara tepat.

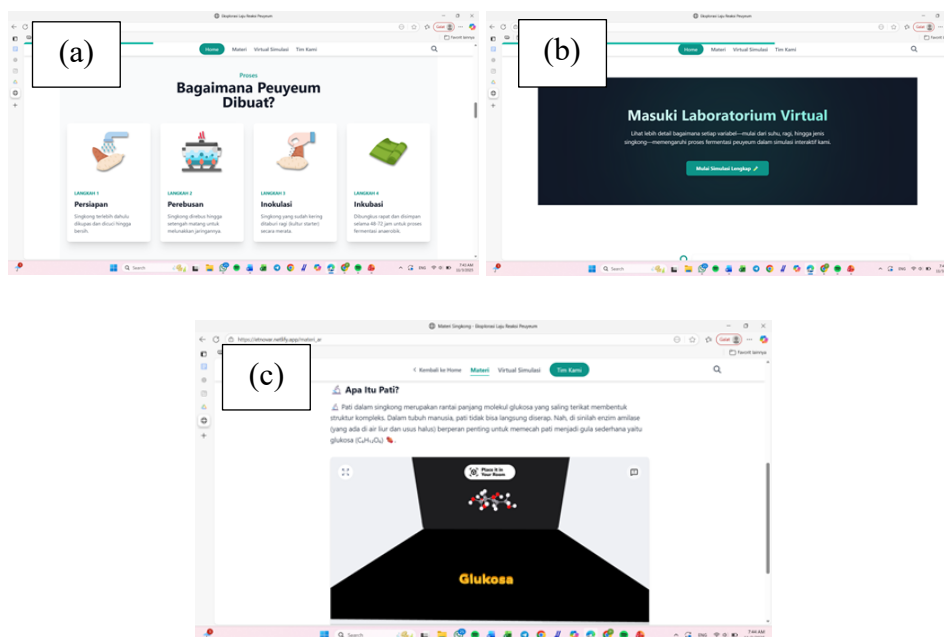
Sejalan dengan hal itu, hasil wawancara menunjukkan bahwa materi laju reaksi masih sulit dipahami oleh siswa karena kompleksitas konsep yang menuntut kemampuan dalam memahami representasi kimia. Kesulitan tersebut terutama terletak pada aspek perhitungan orde reaksi, penyusunan hukum laju, serta visualisasi teori tumbukan yang menunjukkan bahwa siswa mengalami hambatan dalam memahami konsep yang bersifat abstrak, sehingga diperlukan media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan konsep tersebut secara lebih konkret.

Dari sisi pemanfaatan teknologi, pembelajaran yang dilaksanakan guru masih terbatas pada penggunaan media sederhana seperti video pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi sudah diterapkan, namun masih bersifat satu arah. Penggunaan teknologi interaktif seperti *virtual simulation* atau *augmented reality* belum pernah digunakan guru dikarenakan keterbatasan sumber daya. Namun guru menunjukkan ketertarikan terhadap penerapan teknologi tersebut karena dinilai akan meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran serta membantu visualisasi konsep pada representasi submikroskopis yang menjadi kendala. Keterlibatan siswa akan membantu pengembangan keterampilan abad ke-21 yaitu 4C khususnya kolaborasi dan komunikasi yang belum berkembang secara maksimal. Terhadap pendekatan etnosains, guru awalnya belum familiar, namun setelah mendapat penjelasan memberikan respons afirmatif bahwa *peuyeum* sebagai makanan khas Sunda relevan untuk konteks pembelajaran di Jawa Barat. Secara keseluruhan, hasil tahap analisis menunjukkan bahwa terdapat kebutuhan yang nyata terhadap media pembelajaran yang tidak hanya mampu memvisualisasikan konsep abstrak, tetapi juga bersifat interaktif dan kontekstual dan mampu mendorong berkembangnya keterampilan 4C. *Peuyeum* dipilih sebagai konteks etnosains karena proses fermentasinya merepresentasikan konsep suhu, luas permukaan, konsentrasi, dan katalis. Selain itu, *peuyeum* merupakan makanan tradisional yang paling melekat dalam kehidupan masyarakat Sunda dan mudah dijumpai sehari-hari oleh siswa di Jawa Barat, sehingga konteks budaya ini menjadi jembatan yang bermakna antara pengalaman lokal siswa dengan representasi kimia pada ketiga level yaitu makroskopis, submikroskopis, dan simbolik.

## Tahap *Design*

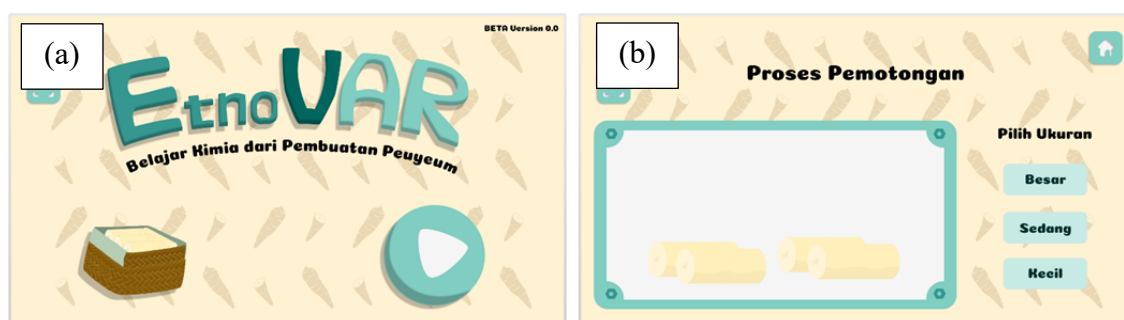
Berdasarkan hasil analisis pada tahap sebelumnya, pada tahapan *design* dalam melakukan pengembangan komponen-komponen media yang meliputi desain *website*, desain *virtual simulation* dan desain *augmented reality*. Secara pedagogis, desain media EtnoVAR mengacu pada prinsip konstruktivisme dan teori multimedia yang menekankan bahwa belajar bermakna terjadi melalui pemrosesan verbal dan visual secara simultan. Capaian Pembelajaran (CP) dan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) materi laju reaksi digunakan sebagai kerangka acuan dalam menentukan urutan dan kedalaman konten, dari konsep sederhana ke kompleks dan dari konteks konkret (*peuyeum*) ke abstrak (mekanisme molekuler).

*Website* berperan sebagai wadah utama dalam mengintegrasikan seluruh komponen pembelajaran meliputi penyajian materi, aktivitas eksplorasi hingga evaluasi. Pengembangan *website* menggunakan teknologi *front-end* (HTML, CSS, dan JavaScript) untuk memodelkan fenomena di dunia nyata yang interaktif. Proses pengembangan meliputi tahap perencanaan, perancangan, implementasi dan penerapan (deployment). Pembelajaran pada *website* dimulai dengan informasi mengenai tata cara pembuatan *peuyeum* serta *virtual simulation* mengenai proses fermentasi *peuyeum* yang diintegrasikan augmented reality sebagai visualisasi submikroskopik reaksi sebagaimana yang disajikan pada Gambar 2.



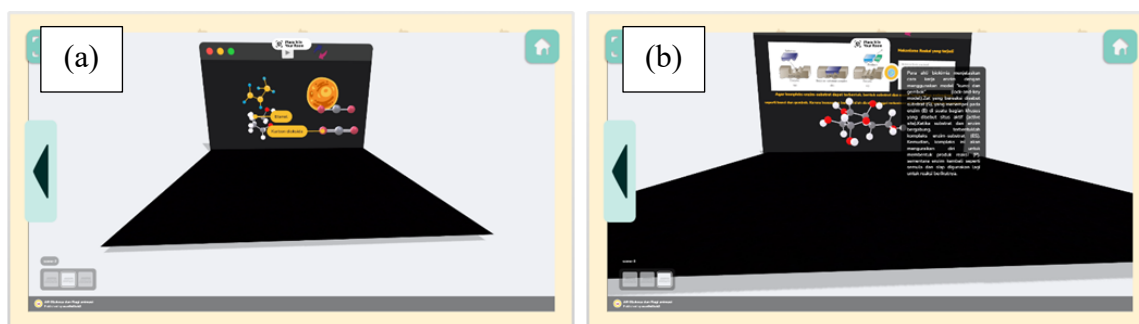
**Gambar 2.** Tampilan (a) Tata Cara Pembuatan *Peuyeum*; (b) Fitur Masuk ke dalam *Virtual Simulation*; dan (c) Tampilan *Augmented Reality* pada *Website*

Pengembangan desain *virtual simulation* dilakukan dengan memanfaatkan *software* figma yang berbasis vektor sehingga memungkinkan tampilan presisi, konsisten, dan terorganisir dengan baik. *Virtual simulation* ini dijalankan dengan *software articulate storyline* sebagai *authoring tool* untuk menghasilkan animasi interaktif yang dapat bergerak. Melalui *Articulate Storyline*, berbagai elemen seperti tombol interaktif, skenario percobaan, serta umpan balik dapat diintegrasikan sehingga menciptakan pengalaman belajar yang dinamis dan responsif seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Tampilan: (a) Menu Awal *Virtual Simulation*; dan (b) Proses Pemotongan Singkong Dengan Pilihan Ukuran pada *Virtual Simulation*

Selain itu pengembangan *augmented reality* dilakukan dengan memanfaatkan *software* Assembler yang memungkinkan penggabungan objek virtual ke dalam dunia nyata secara *real-time*, sehingga siswa dapat melihat representasi konsep yang tidak dapat diamati secara langsung. Dalam penelitian ini, *augmented reality* yang dikembangkan berupa visualisasi proses fermentasi meliputi struktur molekul glukosa, pati, dan etanol (Gambar 4 (a)), memuat informasi mengenai penjelasan tambahan mekanisme reaksi (Gambar 4 (b)).



**Gambar 4.** Tampilan (a) Hasil Reaksi Antara Glukosa dan Pati; dan (b) Informasi Mengenai Mekanisme *Lock And Key* Pada Pembuatan *Peuyeum*

**Tahap *Development***

Sebelum dilaksanakan implementasi media EtnoVAR pada materi laju reaksi pada siswa, media EtnoVAR divalidasi oleh *judgement expert* pada bidang Pendidikan Kimia dan dua guru kimia yang berpengalaman. Validasi yang merupakan tahapan *development* mencakup tiga aspek utama, yaitu kelayakan konten, kelayakan media, dan kelayakan pedagogis. Indikator penilaian yang digunakan dalam lembar angket validasi dirancang untuk mengukur kelayakan media interaktif secara komprehensif disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Indikator Kelayakan Media EtnoVAR

Aspek	Sub-aspek	Indikator
Konten	Relevansi materi	a. Kejelasan Judul b. Kesesuaian aplikasi dengan kompetensi
	Keakuratan konsep	a. Kesesuaian prosedur dengan eksperimen nyata b. Ketepatan konsep
	Representasi konsep	a. Kejelasan representasi faktor konsentrasi memengaruhi laju reaksi b. Kejelasan representasi faktor katalis memengaruhi laju reaksi c. Kejelasan representasi faktor luas permukaan memengaruhi laju reaksi
Multimedia	Tampilan visual	a. Kemenarikan tampilan <i>virtual simulation</i> dan <i>augmented reality</i> b. Kekontrasan warna c. Keterbacaan teks d. Kejelasan visualisasi
	Navigasi	a. Keberfungsian tombol b. Kemudahan navigasi c. Kejelasan petunjuk penggunaan
	Struktur dan interaktivitas simulasi	a. Tingkat interaktivitas simulasi b. Kemenarikan alur simulasi c. Kesesuaian elemen permainan
Pedagogis	Penyampaian materi	a. Kesesuaian dengan Capaian Pembelajaran dan Alur Tujuan Pembelajaran b. Keterurutan materi (sederhana ke kompleks, konkret ke abstrak, faktual ke konseptual)
	Prinsip konstruktivisme	a. Kesempatan belajar mandiri b. Keaktifan dalam membangun pengetahuan
	Kontekstual	a. Keterkaitan dengan konteks budaya b. Integrasi nilai kearifan lokal

Hasil uji kelayakan media EtnoVAR pada aspek konten, multimedia dan pedagogis disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan terhadap aspek konten, multimedia, dan pedagogis, media pembelajaran EtnoVAR menunjukkan tingkat kelayakan yang tinggi dengan persentase sebesar 95% dengan rincian konten 92,75 %, multimedia 95% dan pedagogis 97%. Kelayakan konten (92,5 %) menunjukkan bahwa representasi konsep laju reaksi pada konteks fermentasi *peuyeum* yang disajikan akurat dan relevan dengan kompetensi. Penggambaran faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi, telah divisualisasikan dengan jelas melalui variasi perlakuan dalam simulasi, sehingga mendukung pemahaman konseptual dan keterampilan 4C siswa.

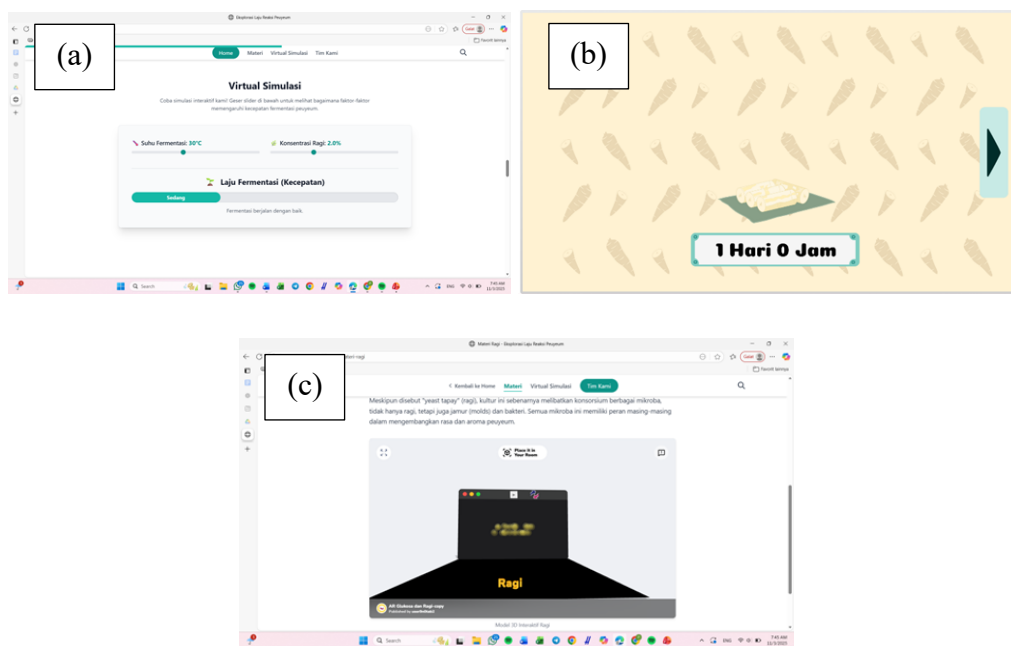
**Tabel 2.** Hasil Uji Kelayakan Media EtnoVAR

Aspek Penilaian	Validator ke-	Skor (%)	Rata-rata	Kriteria
Konten	1	100,00	92,75	Valid
	2	85,00		
	3	86,00		
	4	100,00		
Multimedia	1	100,00	95,00	Valid
	2	100,00		
	3	80,00		
	4	100,00		
Pedagogis	1	100,00	96,88	Valid
	2	100,00		
	3	87,50		
	4	100,00		
Rata-rata			94,88	Sangat Valid

Persentase kelayakan multimedia (95%) mencerminkan kualitas tampilan dan interaktivitas media baik. Tampilan *virtual simulation* dan *augmented reality* dinilai menarik, navigasi mudah digunakan, serta teks dan visualisasi tersaji dengan jelas. Selain itu, integrasi elemen pembelajaran dalam simulasi, seperti tujuan, umpan balik, dan alur interaksi, telah dirancang secara sistematis sehingga mampu mendukung pengalaman belajar yang lebih interaktif dan bermakna bagi siswa. Alur pembelajaran yang sistematis dan interaktif ini mampu meningkatkan pemahaman konsep, motivasi, dan keterampilan 4C siswa. Hasil tersebut mendukung penelitian yang dilakukan oleh Fatih dkk. (2024) yang menyatakan bahwa pembelajaran interaktif dapat meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa dalam proses pembelajaran.

Sementara itu, kelayakan aspek pedagogis (97%) menunjukkan media EtnoVAR memenuhi prinsip-prinsip pembelajaran dengan urutan sistematis mulai dari konsep

sederhana ke kompleks dan konkret ke abstrak. Pembelajaran juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk membangun pengetahuan secara mandiri melalui aktivitas eksploratif, serta mengaitkan konsep kimia dengan praktik budaya lokal, yaitu pembuatan *peuyeum* yang mampu mendukung pembelajaran yang kontekstual, bermakna, serta berpotensi mengembangkan keterampilan 4C siswa.



**Gambar 5.** Tampilan: (a) Pengaturan Suhu Eksperimen pada *Website*; (b) Keterangan Waktu pada *Virtual Simulation*; dan (c) *Augmented Reality* yang Terintegrasi pada *Website*

Evaluasi terhadap media EtnoVAR dilakukan setelah tahap validasi berdasarkan saran dan masukan dari para validator. Perbaikan dilakukan pada masing-masing komponen media untuk meningkatkan kualitas dan keterpaduan pembelajaran. Pada bagian *website*, dilakukan penambahan variabel suhu sebagai bagian dari simulasi pembelajaran, seperti pada Gambar 5a, agar konsep laju reaksi dapat disajikan lebih lengkap dan mendekati kondisi eksperimen nyata. Pada *virtual simulation*, dilakukan pengembangan dengan penambahan animasi siklus siang dan malam serta keterangan waktu reaksi seperti pada Gambar 5 (b), sehingga proses simulasi lebih mendekati kondisi eksperimen nyata dan tetap mempertahankan konteks budaya yang diangkat dalam pembelajaran. Selain itu juga dilakukan integrasi *augmented reality* ke dalam *website* tidak hanya pada *virtual simulation*. Pada *website*, *augmented reality* digunakan sebagai media visualisasi awal untuk membantu peserta didik memahami konsep laju reaksi secara interaktif. Sedangkan pada *virtual simulation*, *augmented reality* dihadirkan untuk mendukung proses eksplorasi konsep secara

lebih mendalam dengan visualisasi submikroskopis yang terhubung langsung dengan aktivitas simulasi seperti pada Gambar 5 (c).

### **Tahap *Implementation***

Implementasi media EtnoVAR dalam pembelajaran diawali dengan pemberian *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal siswa. Selanjutnya, siswa diberikan penjelasan mengenai penggunaan media EtnoVAR, termasuk cara mengakses fitur *virtual simulation* dan *augmented reality*. Setelah itu, proses pembelajaran dilaksanakan menggunakan media EtnoVAR pada materi laju reaksi melalui berbagai aktivitas interaktif yang telah dirancang dalam konteks pembuatan *peuyeum*, siswa mengakses media secara individu pada *smartphone*-nya. Pada akhir pembelajaran, siswa diberikan *posttest* untuk mengetahui peningkatan pemahaman konsep setelah penggunaan media EtnoVAR dan angket keterampilan 4C untuk mengetahui dampak pengiring setelah pembelajaran menggunakan EtnoVAR serta tanggapan terkait penggunaan media EtnoVAR.

### **Media EtnoVAR terhadap Pembelajaran Kimia pada Materi Laju Reaksi**

Hasil penelitian yang diperoleh dari implementasi media pembelajaran EtnoVAR pada materi Laju Reaksi. Data dikumpulkan melalui instrumen tes yang diberikan kepada siswa untuk mengukur tingkat pemahaman konsep sebelum dan sesudah penggunaan media. Dari total seluruh partisipan, tercatat sebanyak 28 siswa yang terlibat. Analisis data dilakukan secara kuantitatif untuk melihat perbandingan skor rata-rata, dan perhitungan indeks Normalized Gain (N-Gain) untuk mengetahui tingkat peningkatan pemahaman. Pengolahan data ini bertujuan untuk memberikan gambaran objektif mengenai sejauh mana integrasi teknologi *augmented reality* dan *virtual simulation* berbasis kearifan lokal dapat memberikan dampak terhadap capaian kognitif siswa. Ringkasan hasil pengolahan statistik tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Nilai *Pretest* dan *Post-test* Pembelajaran Menggunakan Media EtnoVAR

Indikator	Nilai	Rata-Rata N-Gain	Kategori N-Gain
Jumlah siswa (sampel)	28		
Rata-rata skor <i>pretest</i>	8,89	0,92	Tinggi
Rata-rata skor <i>posttest</i>	9,79		

Berdasarkan pada hasil Tabel 3 *pretest-posttest* mengungkapkan peningkatan yang tinggi dalam pemahaman konseptual setelah implementasi media pembelajaran EtnoVAR

dalam materi Laju Reaksi. Hal ini tercermin dalam peningkatan nilai rata-rata siswa, naik dari 8,89 pada pretest menjadi 9,79 pada posttest. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa integrasi *virtual simulation* dan *augmented reality* berdasarkan kearifan lokal secara efektif mendukung siswa dalam memvisualisasikan konsep abstrak dengan lebih jelas. Analisis N-Gain menghasilkan skor rata-rata 0,92, yang mengkategorikan media tersebut sebagai tinggi. Nilai yang mendekati 1,0 menunjukkan bahwa EtnoVAR membantu siswa mencapai penguasaan materi yang hampir optimal.

Peningkatan ini selaras dengan penelitian terdahulu (Kang dkk., 2020; Fatemah dkk., 2020), dimana integrasi visualisasi AR dalam EtnoVAR memfasilitasi proses kognitif siswa dalam memahami fenomena sub-mikroskopis yang abstrak. Dengan menggabungkan simulasi virtual dan konteks kearifan lokal, media ini mampu menjembatani pengetahuan ilmiah dengan pengalaman sehari-hari siswa. Hal ini memperkuat struktur kognitif dan menciptakan pembelajaran yang lebih bermakna, sehingga siswa mampu mencapai pemahaman yang hampir optimal sebagaimana ditunjukkan oleh skor N-Gain sebesar 0,92.

#### **Implementasi Media EtnoVAR terhadap Potensi pada Peningkatan Keterampilan 4C**

Penelitian ini menghasilkan media pembelajaran EtnoVAR berupa media *virtual simulation* terintegrasi *augmented reality* yang dikembangkan dengan berbagai *software* melalui tahapan penelitian ADDIE (*analysis, define, development, implementation, and evaluation*). Tahapan *implementation* selain untuk mengetahui peningkatan penguasaan konsep pada materi laju reaksi, juga untuk mengetahui hasil keterampilan berpikir 4C siswa. Untuk mengetahui hasil keterampilan 4C siswa melalui angket dengan empat aspek 4C (*critical thinking, communication, collaboration, and creativity*) perumusan angket aspek 4C disesuaikan dengan media EtnoVAR dan keterampilan yang ingin dicapai kemudian di-review oleh *judgement expert*.

**Table 4.** Temuan Potensi Keterampilan 4C

Aspek	Temuan	Persentase (%)
Critical thinking	EtnoVAR efektif karena menggabungkan budaya lokal dengan teknologi mutakhir berupa <i>augmented reality</i> , mengubah materi laju reaksi yang abstrak menjadi pengalaman belajar yang visual dan aplikatif.	80,00
Communication	EtnoVAR berfungsi sebagai pemicu sosial di dalam kelas. Bukan hanya soal pemahaman materi secara individu, tapi juga tentang bagaimana teknologi ini	75,00

	menjembatani ide antara satu siswa dengan yang lainnya.	
Collaboration	EtnoVAR bukan sekadar alat peraga, melainkan ruang kolaborasi yang mendisiplinkan siswa dalam bekerja secara sistematis, saling menghargai, dan berbagi tanggung jawab demi mencapai tujuan belajar bersama.	82,00
Creativity	EtnoVAR berperan sebagai inkubator ide, di mana teknologi mutakhir dan kearifan lokal bertemu untuk membentuk pola pikir siswa yang lebih kritis, eksploratif, dan inovatif.	84,00

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 4, hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi media EtnoVAR dalam pembelajaran materi laju reaksi secara berpotensi meningkatkan keterampilan 4C (*Communication, Collaboration, Critical Thinking, dan Creativity*) siswa. Upaya ini didukung oleh pemanfaatan *smartphone* dan internet yang memungkinkan proses pembelajaran berlangsung secara fleksibel dan adaptif bagi siswa.

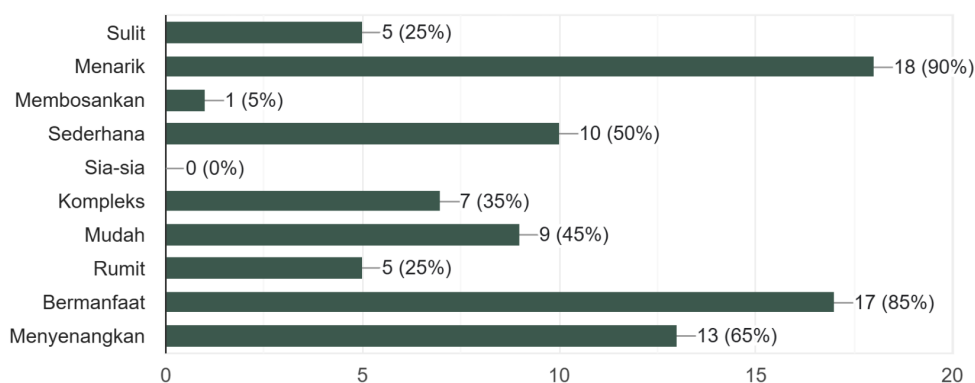
Keterampilan *critical thinking* dari hasil implementasi memiliki rata-rata 80,25% menunjukkan hasil yang baik dalam membantu penguasaan konsep laju reaksi dengan konteks pembuatan *peuyeum*. Siswa mengidentifikasi permasalahan lainnya dari lingkungan dengan konteks etnosains, lalu dapat membuktikan konsep kimia dengan kaitan fenomena dalam kehidupan sehari-hari. Menganalisis hubungan proses fermentasi *peuyeum* yang ternyata berkaitan dengan faktor-faktor pada laju reaksi, yang pada akhirnya dibuat penarikan kesimpulan untuk mendapat pembelajaran utama berdasar implementasi media EtnoVAR terhadap pembuatan *peuyeum*. Pada aspek keterampilan berpikir kritis terdapat beberapa aspek diantaranya interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri (Facione, 1990). Keterbatasan pada media EtnoVAR terletak pada aspek regulasi diri dalam aspek keterampilan berpikir kritis. Hal ini terjadi karena media tersebut belum menyediakan fitur umpan balik otomatis maupun sarana refleksi mandiri bagi siswa. Akibatnya, siswa tidak memiliki instrumen untuk mengevaluasi secara mandiri sejauh mana pemahaman konsep.

Pada aspek *communication* dengan rata-rata 75% tergolong rendah jika dibandingkan dengan aspek lainnya. Hal tersebut karena pada pembelajaran dengan EtnoVAR siswa cenderung bekerja sendiri dengan *smartphone*-nya dibandingkan bekerja sama dan melangsungkan komunikasi dua arah. Pada aspek *collaboration* dengan rata-rata 82% mengindikasikan siswa dapat bekerja sama selama pembelajaran dan berdiskusi untuk melakukan pembagian tugas selama proses pembelajaran. Pada aspek *creativity* memiliki

rata-rata sebesar 84% dengan *output* yang didapatkan berupa kesadaran serta ide lain untuk mengaitkan fenomena yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari terutama yang berkaitan dengan budaya lokal pada proses pembuatan suatu hal dengan ilmu kimia. Selain itu, menumbuhkan rasa penasaran untuk membuat siswa membuktikan kaitan ilmu kimia dengan fenomena yang terjadi dengan cara merancang eksperimen untuk membuktikan suatu teori kimia. Hal tersebut sebagai salah satu implikasi dari media EtnoVAR sehingga siswa dapat berpikir kreatif untuk belajar dan berpikir dengan kaitan yang luas mengaitkan beberapa variabel. Berdasarkan hasil angket mengenai keterampilan 4C tersebut dapat diketahui bahwa pembelajaran dengan EtnoVAR memicu dampak pengiring (*nurturant effect*) merujuk pada hasil belajar yang muncul dari proses pembelajaran yang dialami.

### Hasil Survei Kepuasan Siswa Mempelajari Laju Reaksi Menggunakan EtnoVAR

Untuk mengetahui perspektif pengguna terhadap media EtnoVAR, dilakukan survei kepuasan siswa terhadap penggunaan EtnoVAR dalam mempelajari materi Laju Reaksi. Survei ini mencakup aspek kemudahan, ketertarikan, dan kebermanfaatan media sebagai instrumen pendukung pembelajaran berbasis etnosains. Hasil respon siswa tersebut disajikan secara detail pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Survei Kepuasan Siswa terhadap Media EtnoVAR

Berdasarkan data grafik hasil survei mengenai kepuasan mempelajari materi Laju Reaksi menggunakan media EtnoVAR, kecenderungan tanggapan responden menunjukkan tren yang positif. Mayoritas responden menilai media ini sangat efektif, dengan 90% menyatakan bahwa media tersebut menarik, disusul oleh 85% yang menganggapnya bermanfaat, serta 65% merasa proses belajar menjadi menyenangkan. Dari sisi kemudahan penggunaan, terdapat persepsi yang cukup berimbang; meskipun 50% menilainya sederhana dan 45% menilainya mudah, masih terdapat responden yang merasa media ini kompleks

(35%), sulit (25%), atau rumit (25%) dengan indikator negatif minim. Keunggulan utama media EtnoVAR terletak pada kemampuannya mentransformasi materi abstrak seperti Laju Reaksi menjadi pengalaman belajar yang konkret dan relevan. Tingginya angka pada aspek "Menarik" (90%) dan "Bermanfaat" (85%) membuktikan bahwa integrasi unsur etnosains (budaya lokal) dengan teknologi *virtual simulation* terintegrasi *augmented reality* mampu memicu rasa ingin tahu siswa lebih dalam dibandingkan metode konvensional, karena mampu memberikan pemahaman bermakna yang sulit dicapai hanya melalui buku teks atau ceramah satu arah.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan produk pengembangan media pembelajaran EtnoVAR berbasis *virtual simulation* terintegrasi *augmented reality* melalui model ADDIE pada materi laju reaksi dengan pendekatan etnosains pembuatan *peuyeum*. Hasil uji kelayakan menunjukkan bahwa media EtnoVAR berada pada kategori sangat valid ditinjau dari aspek konten, multimedia, dan pedagogis dengan rata-rata persentase sebesar 95%. Selanjutnya, hasil uji coba terbatas menunjukkan bahwa media EtnoVAR efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa, yang ditunjukkan oleh peningkatan skor rata-rata pretest ke posttest serta nilai N-Gain sebesar 0,92 dengan kategori tinggi. Selain itu, penggunaan media EtnoVAR juga terbukti berpotensi mampu meningkatkan keterampilan abad ke-21 (4C), meliputi *critical thinking*, *communication*, *collaboration*, dan *creativity*, dengan kategori baik hingga sangat baik. Respon siswa terhadap penggunaan media juga menunjukkan tingkat kepuasan yang tinggi, terutama pada aspek kemenarikan dan kebermanfaatan. Dengan demikian, media EtnoVAR dapat menjadi alternatif media pembelajaran inovatif yang mampu membantu visualisasi konsep abstrak kimia sekaligus mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21 siswa melalui pembelajaran kontekstual berbasis etnosains. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengimplementasikan media EtnoVAR pada materi kimia lainnya serta melibatkan sampel yang lebih luas guna menguji efektivitas media secara lebih mendalam.

## DAFTAR PUSTAKA

Aini, H. N., & Sari, Rr. L. P. (2024). Inovasi Pembelajaran Kimia Berorientasi SDGs Pada Materi Konsep Mol Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Sistem. *Jurnal Riset Pembelajaran Kimia*, 9(2), 56-63.

- Al Husna, I. Y., Masykuri, M., & Muzzazinah, M. (2021). Development of Instructional Module Based on Inquiry- Interactive Demonstration to Improve Students' Critical Thinking Skill. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 6(1), 66–75.
- Astafani, A., Resmawati, R. F., & Hakim, M. E. L. (2024). Systematic review: Faktor-faktor kesulitan belajar materi kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 18(2), 81-88.
- Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2015). *The systematic design of instruction* (8th ed.). Pearson.
- Djarwo, C., Inggamer, M., Rumbapuk, A., & Astuti, N. (2025). Analisis Literasi Digital Berbasis Etnosains Dalam Pembelajaran Kimia Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Dan Motivasi Belajar Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran IPA Indonesia*, 15(1), 62–77.
- Fadhilah, J., & Anwar, M. (2020). Analisis Miskonsepsi Siswa Kelas XI IPA 1 SMA Negeri 1 Ma'rang pada Materi Pokok Laju Reaksi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Kimia*, 1(1).
- Facione, P. A. (1990). Critical Thinking : A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction Executive Summary “ The Delphi Report. *The California Academic Press*, 423(c), 1–19.
- Fatemah, A., Rasool, S., & Habib, U. (2020). Interactive 3D visualization of chemical structure diagrams embedded in text to aid the spatial learning process of students. *Journal of Chemical Education*, 97(4), 992–1000.
- Fatih, M., Alfi, C., & Muqtafa, M. A. (2024). Science Learning Game (SLG) Based on Augmented Reality Enhances Science Literacy and Critical Thinking Students Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(2), 973–981.
- Hake, R. (1999). R.(1999). Analyzing change/gain scores. AREA-D American education research association's devision. *D. Measurement and Reasearch Methodology*, 1(4), 48-56.
- Isti, I., Permanasari, A., & Widodo, A. (2022). Exploring high school students' reasoning challenges associated with the three levels of chemical representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 23(3), 675–687.
- Kang, S., Shokeen, E., Byrne, V. L., Norooz, L., Bonsignore, E., Williams-Pierce, C., & Froehlich, J. E. (2020, April). ARMath: augmenting everyday life with math learning. In *Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1-15).
- Khasanah, W. U., & Sumarni, W. (2021). Desain LKPD Menggunakan Pendekatan Etnosains Untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Kimia Peserta Didik. *Journal of Chemistry In Education*, 10(2), 78–85.
- Lantanida Journal, 14(1): 80-99

- Laksono, P. J., Patriot, E. A., Shiddiq, A. S., & Astuti, R. T. (2023). Etnosains: Persepsi Calon Guru Kimia terhadap Pembelajaran Kontekstual Berbasis Budaya. *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*, 7(1).
- Lestari Linda Ayu, Subandi, Habiddin (2021) Identifikasi Miskonsepsi Siswa pada Materi Laju Reaksi dan Perbaikannya Menggunakan Model Pembelajaran Learning Cycle 5E dengan Strategi Konflik Kognitif *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan* 6(6):888–894.
- Maisarah & Yusnita, N.S. (2024). Development of Canva Multimedia-Assisted Interactive Learning Videos in Grade IV Science Lessons in Elementary Schools, Madako Elementary School, 3(1), 1-14.
- Noviati, W., Syafruddin, S., & Mayasari, L. (2022). Efektivitas Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis HOTS Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa di SMA Negeri Kecamatan Sumbawa. *Jurnal Kependidikan*, 6(2), 11-17.
- Peechapol, C. (2021). Investigating the Effect of Virtual Laboratory Simulation in Chemistry on Learning Achievement, Self-Efficacy, and Learning Experience. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(20), 196–207.
- Pikoli, M., Sukertini, K., & Isa, I. (2022). Analisis model mental siswa dalam mentransformasikan konsep laju reaksi melalui multipel representasi. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 4(1), 8-12.
- Prafitasari, F., Sukarno, S., & Muzzazinah, M. (2021). Integration of Critical Thinking Skills in Science Learning Using Blended Learning System. *International Journal of Elementary Education*, 5(3), 434 – 445.
- Rahayu, I., Widhiyanti, T., & Mulyani, S. (2024). Analysis of Misconceptions on the Factors that Affect the Reaction Rate. *KnE Social Sciences*, 140-150.
- Redhana, I. W. (2019). Mengembangkan keterampilan abad ke-21 dalam pembelajaran kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 13(1), 2239–2253.
- Rizki, I. A., Mirsa, F. R., Islamiyah, A. N., Saputri, A. D., Ramadani, R., & Habibulloh, M. (2025). Ethnoscience-enhanced physics virtual simulation and augmented reality with inquiry learning: Impact on students' creativity and motivation. *Thinking Skills and Creativity*, 57, 101846.
- Salamah, U., & Syolendra, D. F. (2024). Meta Analisis: Integrasi Etnosains Dalam Pembelajaran Kimia Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *EDUKIMIA Учитель: Universitas Negeri Padang*, 6(2).
- Sari, Y. N., Suwandi, S., & S, M. J. A. (2024). Analisis kesulitan belajar siswa pada materi laju reaksi di kelas XI SMAN 1 Monta. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(2), 999-1004.

- Suyanto, J., Masykuri, M., & Sarwanto, S. (2020). Analisis Kemampuan Tpack (Technolgical, Pedagogical, and Content, Knowledge) Guru Biologi Sma Dalam Menyusun Perangkat Pembelajaran Materi Sistem Peredaran Darah. *Inkuiri: Jurnal Pendidikan IPA*, 9(1), 44–53
- Torous, J., Bucci, S., Bell, I. H., Kessing, L. V., Jepsen, M. F., Whelan, P., Firth, J. (2021). The growing field of digital psychiatry: current evidence and the future of apps, social media, chatbots, and virtual reality. *Journal of World Psychiatry*, 20(3), 318-335.
- Wijayadi, A. W., Manasikana, O. A., & Fitriyah, L. A. (2023, November). Analisis Pemahaman Mahasiswa Tingkat I Pada Konsep Materi dan Perubahannya. In *Prosiding Seminar Nasional Sains, Teknologi, Ekonomi, Pendidikan dan Keagamaan (SAINSTEKNOPAK)* (Vol. 7, pp. 208-211).