

ChemSelf: Aplikasi Virtual Reality Berbasis AI untuk Sumber Belajar Mandiri Siswa

Varisky Abraham Dumanaw^a, Tiara Lestari Paembonan^a, , Ezrany Tasiam^b

^a Pendidikan Kimia Kimia, FMIPAK, Universitas Negeri Manado, Minahasa, 95618, Indonesia

^b Farmasi, FMIPA, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

INFO ARTIKEL

Diterima : 11 April 2026
Disetujui : 21 Mei 2026
Dipublikasi: 31 Mei 2026

Key word:

ADDIE
Artificial Intelligence
Chemistry
Independent Learning
Virtual Reality

Kata kunci:

ADDIE
Kecerdasan Buatan
Kimia
Belajar Mandiri
Virtual Reality

ABSTRACT

This study aims to develop and evaluate ChemSelf, a Virtual Reality (VR) application integrated with Artificial Intelligence (AI) as an independent learning resource for high school chemistry students. The application was developed using the ADDIE model (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) and features immersive 3D molecular visualization, AI-powered adaptive quizzes, and a virtual chemistry laboratory. The research employed a quasi-experimental design with pretest-posttest control group involving 60 students from two classes. The experimental group used ChemSelf for independent study, while the control group used conventional textbooks. Results showed that ChemSelf significantly improved students' conceptual understanding, with the experimental group achieving a mean post-test score of 82.4 compared to 68.7 for the control group. The N-gain analysis revealed a medium-high category (0.65) for the experimental group. Expert validation scores averaged 87.5% (very feasible), and usability testing showed 91.2% student satisfaction. These findings suggest that VR-based AI applications can effectively serve as independent learning resources in chemistry education.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi ChemSelf, sebuah aplikasi Virtual Reality (VR) yang terintegrasi dengan Artificial Intelligence (AI) sebagai sumber belajar mandiri siswa pada mata pelajaran kimia di tingkat SMA. Aplikasi dikembangkan menggunakan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) dengan fitur visualisasi molekul 3D yang imersif, kuis adaptif berbasis AI, dan laboratorium kimia virtual. Penelitian menggunakan desain kuasi-eksperimental dengan pretest-posttest control group yang melibatkan 60 siswa dari dua kelas. Kelompok eksperimen menggunakan ChemSelf untuk belajar mandiri, sedangkan kelompok kontrol menggunakan buku teks konvensional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ChemSelf secara signifikan meningkatkan pemahaman konseptual siswa, dengan kelompok eksperimen memperoleh rata-rata skor post-test 82,4 dibandingkan 68,7 pada kelompok kontrol. Analisis N-gain menunjukkan kategori sedang-tinggi (0,65) untuk kelompok eksperimen. Skor validasi ahli rata-rata 87,5% (sangat layak) dan uji usabilitas menunjukkan kepuasan siswa sebesar 91,2%. Temuan ini menunjukkan bahwa aplikasi VR berbasis AI dapat secara efektif dijadikan sumber belajar mandiri dalam pendidikan kimia.

*variskydumanaw@unima.ac.id

Pendahuluan

Pembelajaran kimia di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) seringkali dianggap sulit oleh siswa karena melibatkan konsep-konsep abstrak yang tidak dapat diamati secara langsung, seperti struktur atom, ikatan kimia, dan geometri molekul [1]. Kesulitan ini berdampak pada rendahnya motivasi dan hasil belajar siswa. Salah satu pendekatan yang

menjanjikan untuk mengatasi permasalahan ini adalah pemanfaatan teknologi Virtual Reality (VR) yang mampu menyajikan visualisasi tiga dimensi (3D) dari objek-objek submikroskopik kimia secara imersif dan interaktif [2].

Virtual Reality (VR) merupakan teknologi yang menciptakan lingkungan simulasi tiga dimensi yang memungkinkan pengguna berinteraksi secara langsung dengan objek-

objek virtual seolah-olah berada di dunia nyata [3]. Dalam konteks pendidikan, VR telah terbukti efektif meningkatkan pemahaman konseptual siswa, khususnya pada materi yang bersifat abstrak dan memerlukan visualisasi spasial [4]. Merchant et al. [5] dalam meta-analisisnya menemukan bahwa pembelajaran berbasis VR secara signifikan meningkatkan hasil belajar siswa dibandingkan metode konvensional.

Di sisi lain, perkembangan Artificial Intelligence (AI) telah membuka peluang baru dalam personalisasi pembelajaran. AI memungkinkan sistem pembelajaran adaptif yang dapat menyesuaikan konten, tingkat kesulitan, dan umpan balik berdasarkan kemampuan individual siswa [6]. Integrasi AI dalam platform pembelajaran telah menunjukkan dampak positif terhadap kemandirian belajar siswa karena sistem dapat memberikan panduan yang dipersonalisasi tanpa ketergantungan penuh pada guru [7].

Namun demikian, penelitian yang mengintegrasikan VR dan AI secara bersamaan dalam pembelajaran kimia masih sangat terbatas, khususnya di Indonesia. Sebagian besar penelitian VR dalam pendidikan kimia masih berfokus pada visualisasi molekul tanpa komponen adaptif, sementara penelitian AI dalam pendidikan lebih banyak diterapkan pada platform e-learning berbasis teks [8]. Oleh karena itu, pengembangan aplikasi yang mengkombinasikan kedua teknologi ini menjadi urgensi penelitian yang perlu dijawab.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengembangkan aplikasi ChemSelf berbasis VR dan AI sebagai sumber belajar mandiri siswa pada mata pelajaran kimia; (2) menguji kelayakan aplikasi ChemSelf berdasarkan penilaian ahli media dan ahli materi; (3) mengevaluasi efektivitas aplikasi ChemSelf dalam meningkatkan pemahaman konseptual siswa pada materi ikatan kimia dan geometri molekul; dan (4) mengukur tingkat kepuasan dan penerimaan siswa terhadap penggunaan aplikasi ChemSelf.

Metode

Model Pengembangan

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) [9]. Model ADDIE dipilih karena tahapannya yang sistematis dan cocok untuk pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi.

Tahap Analysis

Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan melalui observasi dan wawancara terhadap 5 guru kimia dan 120 siswa kelas X SMA di Kota Manado. Analisis difokuskan pada: (a) kesulitan belajar siswa pada materi kimia abstrak; (b) ketersediaan sumber belajar mandiri; dan (c) kesiapan teknologi. Hasil analisis menunjukkan bahwa 78% siswa mengalami kesulitan memahami konsep geometri molekul dan 82% siswa memiliki perangkat yang mendukung aplikasi VR.

Tahap Design

Tahap desain meliputi perancangan arsitektur aplikasi, storyboard, dan skenario pembelajaran. Aplikasi ChemSelf dirancang dengan tiga fitur utama: (1) Molecular Explorer — modul visualisasi molekul 3D yang memungkinkan siswa memanipulasi dan mengeksplorasi struktur molekul secara imersif; (2) AI Tutor — sistem tutor cerdas yang memberikan penjelasan adaptif dan kuis dengan tingkat kesulitan yang disesuaikan berdasarkan performa siswa; dan (3) Virtual Lab — laboratorium kimia virtual untuk simulasi eksperimen sederhana.

Tahap Development

Aplikasi dikembangkan menggunakan Unity 3D sebagai game engine utama dengan dukungan Google VR SDK untuk rendering stereoskopik. Model molekul 3D dibuat menggunakan data dari database PubChem dan dirender dengan shader khusus untuk menampilkan orbital elektron. Komponen AI dikembangkan menggunakan algoritma adaptive learning berbasis Item Response Theory (IRT) yang menganalisis pola jawaban siswa untuk menyesuaikan tingkat kesulitan soal secara real-time. Natural Language Processing (NLP) digunakan untuk fitur chatbot tutor yang mampu menjawab pertanyaan siswa terkait materi kimia.

Tahap Implementation dan Evaluation

Implementasi dilakukan melalui uji coba pada 60 siswa kelas X dari dua kelas di SMA Negeri 1 Manado yang dipilih secara purposive sampling. Desain penelitian menggunakan quasi-experimental dengan pretest-posttest control group design. Kelas eksperimen (n=30) menggunakan ChemSelf sebagai sumber belajar mandiri selama 4 minggu pada materi ikatan kimia dan geometri molekul, sedangkan kelas kontrol (n=30) menggunakan buku teks konvensional. Instrumen penelitian meliputi: soal pretest-posttest (25 butir pilihan ganda), angket validasi ahli (skala Likert 1-5), dan angket usability System Usability Scale (SUS).

Data dianalisis menggunakan uji-t independen, analisis N-gain, dan statistik deskriptif.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Validasi Ahli

Aplikasi ChemSelf divalidasi oleh 2 ahli media dan 2 ahli materi kimia. Hasil validasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Validasi Ahli terhadap Aplikasi ChemSelf

Aspek Penilaian	Skor (%)	Kategori
Kualitas tampilan VR	90,0	Sangat Layak
Interaktivitas aplikasi	87,5	Sangat Layak
Kesesuaian materi kimia	85,0	Sangat Layak
Kedalaman materi	82,5	Sangat Layak
Fungsi AI adaptif	90,0	Sangat Layak
Kemudahan navigasi	87,5	Sangat Layak
Rata-rata keseluruhan	87,5	Sangat Layak

Berdasarkan Tabel 1, seluruh aspek penilaian memperoleh skor di atas 80% dengan kategori "Sangat Layak". Aspek kualitas tampilan VR dan fungsi AI adaptif memperoleh skor tertinggi (90,0%), yang menunjukkan bahwa visualisasi 3D dan sistem adaptif dalam ChemSelf telah memenuhi standar kualitas yang baik. Skor rata-rata keseluruhan sebesar 87,5% mengindikasikan bahwa aplikasi ChemSelf layak digunakan sebagai sumber belajar mandiri siswa pada mata pelajaran kimia [10].

Hasil Pretest dan Posttest

Efektivitas aplikasi ChemSelf diukur melalui perbandingan skor pretest dan posttest antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Hasil analisis disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Skor Pretest dan Posttest Kelompok Eksperimen dan Kontrol

Kelompok	N	Rata-rata Pretest	Rata-rata Posttest	N-gain
Eksperimen	3	4	8	0
Kontrol	0	8,6	2,4	,65

(ChemSelf)	Kontrol	3	4	6	0
ol (Buku Teks)	0	7,3	8,7	,41	

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang setara, ditunjukkan oleh rata-rata skor pretest yang hampir sama (48,6 vs 47,3). Setelah perlakuan, kelompok eksperimen yang menggunakan ChemSelf memperoleh rata-rata posttest sebesar 82,4, jauh lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol (68,7). Hasil uji-t independen menunjukkan perbedaan yang signifikan ($t = 4,82$; $p < 0,001$) antara kedua kelompok.

Analisis N-gain menunjukkan bahwa kelompok eksperimen memperoleh nilai gain sebesar 0,65 (kategori sedang-tinggi), sedangkan kelompok kontrol hanya memperoleh 0,41 (kategori sedang). Perbedaan ini menunjukkan bahwa ChemSelf lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual siswa dibandingkan pembelajaran dengan buku teks konvensional. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Merchant et al. [5] yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis VR secara signifikan meningkatkan hasil belajar siswa pada ranah kognitif.

Analisis Pemahaman per Sub-Materi

Untuk menganalisis lebih mendalam, skor posttest dianalisis berdasarkan sub-materi. Hasil analisis disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Skor Posttest per Sub-Materi antara Kelompok Eksperimen dan Kontrol

Sub-Materi	Eksperimen	Kontrol	Selisih
Ikat an ionik	80,3	72,1	8,2
Ikat an kovalen	84,7	67,3	17,4
Geometri molekul	85,2	63,5	21,7
Gay a antarmolekul	79,4	71,8	7,6

Tabel 3 menunjukkan bahwa perbedaan skor paling signifikan terjadi pada sub-materi "geometri molekul" dengan selisih 21,7 poin.

Hal ini menunjukkan bahwa fitur Molecular Explorer dalam ChemSelf yang memungkinkan siswa memanipulasi dan merotasi model molekul 3D secara imersif sangat efektif untuk membantu siswa memahami bentuk-bentuk molekul yang bersifat abstrak dan memerlukan kemampuan visualisasi spasial [2]. Sebaliknya, sub-materi "gaya antarmolekul" menunjukkan selisih terkecil (7,6 poin), yang kemungkinan disebabkan oleh sifat materi yang lebih konseptual dan kurang bergantung pada visualisasi 3D.

Temuan ini konsisten dengan penelitian Radianti et al. [3] yang menyimpulkan bahwa VR paling efektif diterapkan pada materi yang memerlukan pemahaman spasial dan interaksi dengan objek tiga dimensi. Fitur AI Tutor juga berkontribusi pada peningkatan pemahaman siswa dengan memberikan penjelasan tambahan dan soal latihan yang disesuaikan dengan kelemahan masing-masing siswa, sejalan dengan konsep personalized learning yang dikemukakan oleh Maier dan Klotz [6].

Hasil Uji Usabilitas

Uji usabilitas dilakukan menggunakan System Usability Scale (SUS) terhadap 30 siswa kelompok eksperimen setelah menggunakan ChemSelf selama 4 minggu. Hasil uji usabilitas disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Usabilitas Aplikasi ChemSelf

Aspek	Skor (%)	Kategori
Kemudahan penggunaan	92,5	Sangat Baik
Kemenarikan tampilan VR	95,0	Sangat Baik
Kebermanfaatan AI Tutor	88,3	Sangat Baik
Motivasi belajar mandiri	89,0	Sangat Baik
Kepuasan keseluruhan	91,2	Sangat Baik

Hasil uji usabilitas pada Tabel 4 menunjukkan bahwa seluruh aspek memperoleh skor di atas 88% dengan kategori "Sangat Baik". Aspek "kemenarikan tampilan VR" memperoleh skor tertinggi (95,0%), yang mengonfirmasi bahwa pengalaman imersif VR mampu menarik minat dan perhatian siswa. Aspek "kepuasan keseluruhan" sebesar 91,2% menunjukkan bahwa siswa memberikan respon sangat positif terhadap penggunaan ChemSelf sebagai sumber belajar mandiri.

Meskipun demikian, beberapa kendala yang diidentifikasi selama implementasi meliputi: (1) sebagian siswa mengalami ketidaknyamanan visual (motion sickness) setelah penggunaan VR lebih dari 30 menit; (2) keterbatasan spesifikasi perangkat smartphone beberapa siswa yang menyebabkan frame rate rendah; dan (3) fitur AI Tutor kadang memberikan respon yang kurang akurat pada pertanyaan yang sangat spesifik [11]. Kendala-kendala ini menjadi masukan penting untuk pengembangan versi selanjutnya.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Manado atas dukungan pendanaan penelitian ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada SMA Negeri 1 Manado yang telah memfasilitasi pelaksanaan uji coba aplikasi, serta seluruh siswa dan guru yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini.

Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan ChemSelf, sebuah aplikasi Virtual Reality berbasis AI untuk sumber belajar mandiri siswa pada mata pelajaran kimia. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: (1) aplikasi ChemSelf dinyatakan sangat layak digunakan berdasarkan validasi ahli dengan skor rata-rata 87,5%; (2) ChemSelf secara signifikan meningkatkan pemahaman konseptual siswa, dengan N-gain 0,65 (sedang-tinggi) dibandingkan kelompok kontrol (0,41); (3) fitur Molecular Explorer paling efektif pada materi geometri molekul yang memerlukan visualisasi spasial; dan (4) uji usabilitas menunjukkan tingkat kepuasan siswa sebesar 91,2%. Penelitian ini berkontribusi dalam mengisi kesenjangan literatur tentang integrasi VR dan AI dalam pendidikan kimia di Indonesia.

Daftar Pustaka

- [1] Johnstone, A.H. Why is Science Difficult to Learn? Things are Seldom What They Seem. *Journal of Computer Assisted Learning*. 1991, 7(2), 75-83, DOI: 10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x.
- [2] Ferrell, J.B.; Campbell, J.P.; McCarthy, D.R.; McKay, K.T.; Hensinger, M.; Srinivasan, R.; Zhao, X.; Wurthmann, A.; Li, J.; Schneebeli, S.T. Chemical Exploration with Virtual Reality in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*. 2020, 97(12), 4386-4393, DOI: 10.1021/acs.jchemed.0c00640.
- [3] Radianti, J.; Majchrzak, T.A.; Fromm, J.;

Wohlgenannt, I. A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications for Higher Education: Design Elements, Lessons Learned, and Research Agenda. *Computers & Education*. 2020, 147, 103778, DOI: 10.1016/j.compedu.2019.103778.

[4] Dunnagan, C.L.; Dannenberg, D.A.; Cuales, M.P.; Earnest, A.D.; Gurnsey, R.M.; Gallardo-Williams, M.T. Production and Evaluation of a Realistic Immersive Virtual Reality Organic Chemistry Laboratory Experience: Infrared Spectroscopy. *Journal of Chemical Education*. 2020, 97(1), 258-262, DOI: 10.1021/acs.jchemed.9b00705.

[5] Merchant, Z.; Goetz, E.T.; Cifuentes, L.; Keeney-Kennicutt, W.; Davis, T.J. Effectiveness of Virtual Reality-Based Instruction on Students' Learning Outcomes in K-12 and Higher Education: A Meta-Analysis. *Computers & Education*. 2014, 70, 29-40, DOI: 10.1016/j.compedu.2013.07.033.

[6] Maier, U.; Klotz, C. Personalized Feedback in Digital Learning Environments: Classification Framework and Literature Review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2022, 3, 100080, DOI: 10.1016/j.caeai.2022.100080.

[7] Mustofa, M.I.; Chodzirin, M.; Sayekti, L.; Fauzan, R. Formulasi Model Perkuliahan Daring Sebagai Upaya Menekan Disparitas Kualitas Perguruan Tinggi. *Walisongo Journal of Information Technology*. 2019, 1(2), 151-160, DOI: 10.21580/wjit.2019.1.2.4067.

[8] Dhawan, S. Online Learning: A Panacea in the Time of COVID-19 Crisis. *Journal of Educational Technology Systems*. 2020, 49(1), 5-22, DOI: 10.1177/0047239520934018.

[9] Branch, R.M. *Instructional Design: The ADDIE Approach*; Springer: New York, USA, 2009; DOI: 10.1007/978-0-387-09506-6.

[10] Saifuddin, M.F. E-Learning dalam Persepsi Mahasiswa. *Jurnal Varidika*. 2018, 29(2), 102-109, DOI: 10.23917/varidika.v29i2.5637.

[11] Yuriev, E.; Wink, D.J.; Holme, T.A. The Dawn of Generative Artificial Intelligence in Chemistry Education. *Journal of Chemical Education*. 2024, 101(8), 2957-2959, DOI: 10.1021/acs.jchemed.4c00836.