

Augmented Reality sebagai Media Inovatif dalam Pembelajaran Kimia untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa: Sebuah Systematic Literature Review

Erni Laila*, Sri Atun

Departemen Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

*Korespondensi Penulis. E-mail: ernilaila.2023@student.uny.ac.id

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan tinjauan literatur yang sistematis. Penelitian ini menelaah secara sistematis 24 publikasi yang terbit pada periode 2015–2024 yang berfokus pada penerapan teknologi AR dalam pembelajaran kimia. Penelitian ini menggunakan metode PRISMA, artikel-artikel relevan dipilih dari basis data Scopus. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa AR meningkatkan keterlibatan kognitif, motivasi, dan keterampilan visualisasi spasial siswa. Alat berbasis AR seperti model molekul 3D, simulasi interaktif, dan *platform* kolaboratif memberikan pengalaman belajar yang imersif, menjembatani pengetahuan teoretis dan aplikasi praktis. Selain itu, AR terbukti efektif dalam mengajarkan topik-topik keberlanjutan, mendorong pembelajaran aktif melalui gamifikasi, dan mendukung pendidikan jarak jauh. Namun, tantangan seperti biaya pengembangan yang tinggi dan pelatihan guru yang terbatas tetap ada. Studi ini menggarisbawahi potensi AR untuk merevolusi pendidikan kimia, selaras dengan paradigma pembelajaran abad ke-21 yang menekankan interaktivitas, kolaborasi, dan relevansi kontekstual.

Kata Kunci: *Augmented reality*, Keterlibatan kognitif, Motivasi belajar, Pembelajaran interaktif

Augmented Reality as an Innovative Media in Chemistry Learning to Increase Student Learning Motivation: A Systematic Literature Review

Abstract

This study aims to develop a systematic literature review. This study systematically examines 24 publications published between 2015 and 2024 that focus on the application of AR technology in chemistry learning. This study used the PRISMA method, and relevant articles were selected from the Scopus database. The results revealed that AR improves students' cognitive engagement, motivation, and spatial visualization skills. AR-based tools, such as 3D molecular models, interactive simulations, and collaborative platforms, provide immersive learning experiences that bridge theoretical knowledge and practical applications. Furthermore, AR has proven effective in teaching sustainability topics, encouraging active learning through gamification, and supporting distance education. However, challenges such as high development costs and limited teacher training remain. This study underscores the potential of AR to revolutionize chemistry education, aligning with 21st-century learning paradigms that emphasize interactivity, collaboration, and contextual relevance.

Keywords: *Augmented reality, Cognitive engagement, Interactive learning, Student motivation*

How to Cite: Laila, E., & Atun, S. (2026). Augmented reality sebagai media inovatif dalam pembelajaran kimia untuk meningkatkan motivasi belajar siswa: Sebuah systematic literature review. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 14(1), 79–91. <https://doi.org/10.21831/jpms.v14i1.90940>

DOI: <https://doi.org/10.21831/jpms.v14i1.90940>

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi pendidikan yang pesat telah membuka peluang baru dalam menciptakan pengalaman belajar yang lebih efektif, terutama di bidang sains (Pratama et al., 2024). Salah satu inovasi yang paling menonjol adalah *augmented reality* (AR). AR menggabungkan dunia fisik dan virtual untuk

menciptakan lingkungan belajar yang interaktif dan imersif (Lytvynova & Soroko, 2023; Al Balushi et al., 2023; Papanastasiou et al., 2019). Media AR tidak hanya memfasilitasi pemahaman konsep abstrak secara konkret, tetapi juga menumbuhkan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif (Saputra et al., 2025). Dalam pembelajaran kimia, teknologi

ini memberikan pendekatan baru yang mampu menjembatani konsep abstrak dengan pengalaman nyata, sehingga meningkatkan motivasi dan pemahaman siswa terhadap materi yang kompleks (Abdinejad et al., 2021; Coştu, 2024; Olim et al., 2024).

Kimia sering disebut sebagai mata pelajaran yang sulit karena sifatnya yang abstrak. Konsep seperti struktur molekul, reaksi kimia, dan transformasi energi membutuhkan pemahaman multidimensional yang melibatkan representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik (Ripsam & Nerdel, 2024). Melalui media pembelajaran yang inovatif dapat memudahkan pendidik dalam memberikan pemahaman kepada peserta didik (Aris et al., 2020). Kesenjangan dalam pemahaman ini sering kali menjadi hambatan bagi siswa untuk mencapai hasil belajar yang optimal. AR memberikan solusi dengan menyediakan visualisasi yang mampu menjelaskan konsep-konsep ini secara lebih mudah dipahami.

Teknologi AR mempermudah siswa memahami proses kimia dengan menghadirkan visualisasi 3D dari reaksi dan struktur molekul. Siswa dapat melihat bagaimana molekul berinteraksi, bertransformasi, dan bergerak dalam ruang tiga dimensi, yang sebelumnya hanya dapat dijelaskan melalui diagram statis atau model fisik (Hoai et al., 2024; Montalbo, 2024). Penerapan AR dapat membantu peserta didik dalam memahami materi struktur atom dan pembelajaran yang inovatif dapat memudahkan pendidik dalam memberikan pemahaman kepada peserta didik (Aris et al., 2020). Kemampuan untuk mempelajari objek-objek ini secara langsung menjadikan pembelajaran lebih menarik dan efektif.

Penelitian menunjukkan bahwa AR dapat meningkatkan keterlibatan kognitif siswa dalam pembelajaran kimia. Teknologi ini mengajak siswa untuk memahami fenomena kimia secara kritis dengan menghubungkan aspek teori dan visualisasi langsung (Syskowski et al., 2024; Amirbekova et al., 2024). Hasil penelitian Bagus et al (2018) menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran berbasis Android menggunakan AR diaplikasikan dengan berbagai kuis, *game* dan fitur. Selain itu, pendekatan ini juga membantu siswa dalam mengingat dan menghubungkan konsep yang telah dipelajari.

AR juga mendorong pembelajaran aktif melalui elemen gamifikasi, seperti *escape*

room berbasis AR dan eksperimen virtual. Strategi ini tidak hanya meningkatkan kesenangan dalam belajar, tetapi juga membantu meningkatkan retensi pengetahuan dan kemampuan berpikir kritis siswa (Krug & Huwer, 2023). Penggunaan elemen permainan dalam pembelajaran membantu siswa memahami materi dengan cara yang lebih menyenangkan dan relevan.

Pandemi COVID-19 telah menunjukkan pentingnya teknologi dalam pembelajaran jarak jauh (Rahman et al., 2024). AR terbukti efektif dalam menumbuhkan kemampuan siswa melakukan eksperimen kimia secara virtual dan memahami struktur kimia yang kompleks dari rumah (Abriata, 2022). Teknologi ini menjadi alat pembelajaran yang relevan, baik dalam skenario kelas tradisional maupun pembelajaran jarak jauh. Motivasi belajar merupakan faktor kunci dalam menentukan keberhasilan pendidikan kimia (Glenn & Odeleye, 2024; Yazici & Nakıboğlu, 2024). Penggunaan AR telah terbukti dapat meningkatkan motivasi siswa melalui pengalaman belajar yang interaktif dan menarik (Manurung, 2021; Alkan, 2021). Motivasi meningkat melalui diskusi belajar karena siswa ditanamkan rasa percaya diri yang membuat siswa berhasil (Pangemanan, 2019). Berdasarkan hasil penelitian Wulandari et al. (2023), penerapan model *brain-based learning* terintegrasi kearifan lokal berpengaruh terhadap hasil belajar kognitif dan motivasi peserta didik. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa perangkat VR/AR secara efektif mendukung inkuiri berbasis proyek dengan memungkinkan siswa untuk mensimulasikan eksperimen, memvisualisasikan interaksi molekuler yang kompleks, dan berkolaborasi dalam skenario pembelajaran autentik (Joronalvalona et al., 2025). Teknologi ini meningkatkan motivasi dan pemahaman, terutama dalam konteks di mana akses laboratorium tradisional terbatas. Motivasi yang tinggi berkontribusi pada peningkatan keterlibatan dan hasil belajar siswa, menciptakan proses pembelajaran yang lebih efektif.

Meski banyak manfaat yang ditawarkan, penerapan AR juga menghadapi berbagai kendala. Tantangan seperti biaya pengembangan yang tinggi, kebutuhan perangkat canggih, dan kurangnya pelatihan guru dalam menggunakan teknologi ini menjadi hambatan utama (Retnasari, 2022).

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengatasi masalah ini agar potensi AR dapat dimaksimalkan. Integrasi AR dalam pembelajaran kimia sejalan dengan paradigma pendidikan abad ke-21 yang menekankan pada kolaborasi, kreativitas, dan pemecahan masalah. Teknologi ini membawa siswa untuk mengeksplorasi materi pelajaran dalam konteks yang relevan dan aplikatif, menjadikan pembelajaran lebih bermakna (R Ripsam & Nerdel, 2024). Penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa AR dapat meningkatkan literasi siswa (Lestari et al., 2025).

Penelitian ini mengidentifikasi potensi AR sebagai media inovatif dalam pembelajaran kimia. Dengan meningkatkan motivasi, keterlibatan, dan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep kimia, AR menawarkan pendekatan baru yang relevan dengan kebutuhan pendidikan modern. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi strategi terbaik dalam mengintegrasikan AR ke dalam pembelajaran kimia, sehingga dapat memberikan manfaat maksimal bagi pendidik dan peserta didik. Pertanyaan penelitian meliputi:

RQ1: Aspek pembelajaran kimia apa saja yang dapat ditingkatkan melalui penerapan teknologi AR?

RQ2: Apa saja jenis dan bentuk teknologi AR yang paling efektif digunakan dalam pembelajaran kimia?

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan tinjauan literatur sistematis untuk mengumpulkan informasi dari berbagai artikel

pada penerapan teknologi AR dalam pembelajaran kimia. Data artikel berasal dari sumber sekunder, temuan penelitian dipublikasikan di jurnal internasional yang tersedia di database Scopus.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan tinjauan literatur yang sistematis. Metode yang diterapkan adalah prosedur telaah literatur dilakukan dengan mengadaptasi pedoman PRISMA dari Page et al., 2021 yang telah disesuaikan dengan kebutuhan penelitian ini. Menurut Page et al (2021) Metode PRISMA unggul dalam meningkatkan kualitas pelaporan tinjauan sistematis dengan memberikan penjelasan yang jelas dan komprehensif pedoman. Pada tahap pengumpulan data dan reduksi data, peneliti menggunakan metode PRISMA yang terbukti meningkatkan kelengkapan pelaporan dalam tinjauan sistematis. Pengumpulan data dilakukan secara tidak langsung melalui data sekunder berupa metadata. Terdapat empat tahap : identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi. Proses pencarian artikel dimulai dengan menggunakan kata kunci “*Augmented Reality*” dan “*Chemistry Education*”. Dalam penelitian ini, artikel disintesis berdasarkan beberapa kriteria, yaitu : (a) artikel diterbitkan dalam jurnal yang terindeks Scopus, (b) membahas penggunaan AR dalam pendidikan kimia, (c) diterbitkan antara tahun 2015–2024, (d) ditulis dalam Bahasa Inggris, (e) artikel bukan termasuk ke dalam prosiding konferensi, (f) bukan analisis bibliometrik, (g) bukan tinjauan literatur, dan (h) akses terbuka (*open access*). Adapun kriteria pemilihan artikel secara terinci disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria inklusi dan eksklusi

Kriteria	Inklusi	Eksklusi
Sumber Jurnal	Artikel terindeks Scopus	Tidak terindeks Scopus
Periode	2015–2024	Selain 2015–2024
Belajar	Studi ini membahas penggunaan AR dalam Pembelajaran Kimia	Penelitian ini tidak membahas penggunaan AR dalam Pembelajaran Kimia
Jenis Dokumen	Artikel	Tinjaun pustaka, makalah, prosiding konferensi, buku, dan bab buku
Bahasa	Bahasa Inggris	Tidak menggunakan Bahasa Inggris
Akses Terbuka	Semua akses terbuka	Bukan akses terbuka

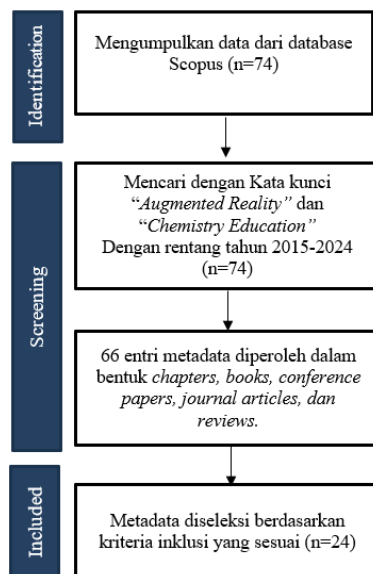
Data diambil dari database Scopus pada bulan November 2024. Hasil pencarian mengidentifikasi 74 dokumen yang terkait dengan AR dalam pendidikan kimia (kata

kunci yang digunakan dalam bahasa Inggris dalam proses pencarian : “*Augmented Reality*” dan “*Chemistry Education*”). Pencarian dibatasi pada publikasi dari tahun 2015 – 2024,

menghasilkan sebanyak 66 dokumen. Penyaringan dilakukan lebih lanjut berdasarkan beberapa kriteria, yaitu dikategorikan sebagai artikel yang membahas AR dalam pendidikan kimia (66 dokumen) 2) akses terbuka dan artikel dalam Bahasa Inggris (31 dokumen), dan 3) tidak termasuk prosiding konferensi, artikel review, dan studi literatur (28 dokumen). Setelah melakukan

penyaringan, tinjauan sistematis akhir mencakup 24 artikel dalam tahap ekstraksi data. Proses ini dirangkum dengan menggunakan kerangka kerja PRISMA yang tercantum pada Gambar 1. Data yang diperoleh dari setiap artikel selanjutnya ditelaah dan dianalisis sesuai dengan aspek-aspek yang telah ditetapkan.

Gambar 1. PRISMA



HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, setiap data dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel. Hasil eksklusi meliputi nama penulis, metode penelitian, sampel penelitian, *treatment* penelitian, model pembelajaran, media atau

teknologi yang digunakan, jenis AR, dan materi pembelajaran kimia. Penjelasan ini untuk menjawab dua pertanyaan penelitian. Adapun sebanyak 24 artikel telah dipilih berdasarkan kriteria peneliti yang disajikan pada Tabel 2 serta rangkuman penerapan AR yang tersedia pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 2. Sintesis artikel

Penulis	Metode Penelitian	Perlakuan
Kenneally et al. (2024)	Kuantitatif (Eksperimen)	Kelompok eksperimen menggunakan AR untuk mempelajari geometri molekuler
Nazar et al. (2024)	R&D dengan model ADDIE	Aplikasi AR untuk memahami sifat kimia unsur-unsur
Hoai et al. (2024)	Kuantitatif (Eksperimen)	Menggunakan aplikasi QuimiAR untuk simulasi ikatan kimia
Syskowski et al. (2024)	Kualitatif Case Study	Pembelajaran berbasis AR pada materi kimia plastik menggunakan iPads
Syskowski et al. (2024)	Kuantitatif (Eksperimen)	Menggunakan tablet untuk simulasi laboratorium dengan AR pada topik baterai ion litium
Du et al. (2024)	Kuantitatif (Eksperimen)	Sistem AR kolaboratif untuk memvisualisasikan struktur molekul
Ripsam et al. (2024)	Kuantitatif (Eksperimen)	Pembelajaran berbasis AR untuk memahami konsep partikel-substansi dalam eksperimen kimia

Penulis	Metode Penelitian	Perlakuan
Kurniawan et al. (2024)	R&D menggunakan model 3D	Modul pembelajaran yang diintegrasikan AR pada materi sel elektrolisis berbasis isu sosiosaintifik
Montalbo (2024)	Kuantitatif (<i>Pre-experiment</i>)	Penggunaan modul pembelajaran dengan AR untuk <i>scaffolding</i> metakognitif
Ward et al. (2024)	<i>Mix Methods</i>	Aplikasi AR "H NMR MolecuAR" untuk memvisualisasikan spektra NMR
Krug et al. (2023)	Kuantitatif (Eksperimen)	Permainan berbasis AR untuk memahami keselamatan laboratorium melalui gamifikasi
Peeters et al. (2023)	Kuantitatif (Eksperimen)	Eksperimen kimia dengan bantuan aplikasi AR untuk visualisasi submikroskopik
Amirbekova (2024)	Kuantitatif (Eksperimen)	Penggunaan VR/AR dalam laboratorium virtual untuk mempelajari struktur atom dan reaksi kimia
Ripsam et al. (2024)	Kuantitatif (Eksperimen)	Pembelajaran menggunakan tablet AR dan kacamata AR pada reaksi redoks
Ripsam et al. (2022)	Kuantitatif (Eksperimen)	AR pada eksperimen elektrolisis iodida seng
Merino et al. (2022)	Kualitatif (<i>Case Study</i>)	Visualisasi proses kromatografi menggunakan artefak AR dinamis
Rodríguez et al (2022)	Penelitian Eksploratif	Penggunaan <i>molecuARweb</i> untuk visualisasi molekul dengan AR
Abriata (2022)	Kualitatif (Deskriptif)	Pengembangan aktivitas pembelajaran berbasis DIY dan AR di rumah
Pereshivkina et al (2021)	Kuantitatif (Eksperimen)	Implementasi <i>NarupaXR</i> untuk simulasi dinamika molekuler
Lu et al (2021)	Pendekatan Kuantitatif	Penggunaan aplikasi AR untuk memahami kimia lingkungan dalam pendekatan <i>flipped classroom</i>
Seibert (2020)	Kuantitatif (Eksperimen)	Penggunaan instruksi eksperimen digital berbasis AR untuk meningkatkan pembelajaran
Seibert (2020)	Kualitatif (<i>Case Study</i>)	Integrasi <i>Multitouch Learning Book</i> untuk eksperimen sel galvanik
Abriata (2020)	Kualitatif (Deskriptif)	Aplikasi AR berbasis web untuk visualisasi molekul dengan marker AR
Chiu (2019)	Kuantitatif (Eksperimen)	Penggunaan AR untuk memahami struktur kimia organik dan molekul

Tabel 3. Penerapan AR

Desain	Penerapan pembelajaran
Kuantitatif	Mayoritas studi menggunakan metode eksperimen untuk menguji efektivitas aplikasi AR/VR dalam pembelajaran. Metode ini relevan untuk mengevaluasi dampak intervensi secara langsung terhadap hasil pembelajaran dan membandingkan efektivitas pembelajaran berbasis AR dengan metode tradisional.
Kualitatif	Studi kasus, digunakan untuk mengeksplorasi penerapan AR dalam konteks spesifik, seperti proses visualisasi kromatografi.
R&D	Model ADDIE dan model 3D digunakan dalam penelitian untuk mengembangkan modul pembelajaran berbasis AR yang inovatif.
<i>Mix Methods</i>	Menggabungkan metode kuantitatif untuk mengukur hasil pembelajaran, sementara yang lain mengeksplorasi pengalaman siswa secara mendalam melalui pendekatan kualitatif

Tabel 4. Topik pembelajaran, jenis AR, dan temuan

Penulis	Topik Pembelajaran	Jenis AR	Temuan
Kenneally et al. (2024)	Geometri molekul	AR berbasis rotasi objek 3D untuk molekul	AR menurunkan beban kognitif dan meningkatkan pemahaman siswa
Nazar et al. (2024)	Sifat kimia unsur-unsur kimia	AR berbasis visualisasi unsur periodik	Aplikasi AR meningkatkan pemahaman konsep dan memiliki score tinggi
Hoai et al. (2024)	Pembentukan ikatan kimia	AR berbasis simulasi pembentukan ikatan kimia	AR meningkatkan kemampuan kognitif kimia dan minat belajar
Syskowski et al. (2024)	Kimia plastik dan keberlanjutan	AR berbasis interaksi komponen plastik pada iPad	Pembelajaran berbasis AR meningkatkan pemahaman dan minat situasional
Syskowski et al. (2024)	Kimia baterai ion litium dan keberlanjutan	AR berbasis visualisasi komponen perangkat elektronik	Pembelajaran berbasis AR meningkatkan motivasi siswa dan minat pada topik kimia
Du et al. (2024)	Struktur molekul kimia	AR kolaboratif berbasis perangkat yang dapat dipakai	Penerimaan sistem AR kolaboratif dipengaruhi oleh berbagi pengetahuan dan kemudahan penggunaan
Ripsam et al. (2024)	Terminologi kimia dan perubahan level representasi partikel-substansi	AR interaktif untuk memvisualisasikan level submikroskopik dan makroskopik	AR meningkatkan penggunaan terminologi kimia yang tepat dan pemahaman level representasi
Kurniawan et al. (2024)	Materi sel elektrolisis berbasis isu sosiosaintifik	AR tiga dimensi untuk visualisasi konsep kimia submikroskopik	Media AR berbasis modul meningkatkan validitas pembelajaran hingga 98% dan keterbacaan sebesar 91%
Montalbo (2024)	Kimia umum, teori atom, dan teori VSEPR	AR untuk model molekul dan animasi reaksi	Peningkatan signifikan pada pengetahuan metakognitif siswa
Ward et al. (2024)	Spektroskopi NMR proton dalam kimia organik	AR untuk visualisasi struktur molekul 3D dan spektra NMR	AR efektif dalam pembelajaran tatap muka dan daring dengan persepsi positif siswa terhadap visualisasi NMR
Krug et al. (2023)	Keselamatan laboratorium	AR untuk visualisasi proses keselamatan laboratorium	Gamifikasi AR meningkatkan motivasi intrinsik siswa dan penerimaan teknologi tinggi
Peeters et al. (2023)	Fenomena kimia makroskopik dan submikroskopik	AR untuk menggabungkan level makroskopik dan submikroskopik	AR tidak menunjukkan keuntungan belajar signifikan dibandingkan animasi atau visualisasi statis, tetapi meningkatkan beban kognitif intrinsik
Amirbekova (2024)	Atom, reaksi kimia, dan hukum dasar kimia	AR dan VR berbasis metaverse untuk visualisasi interaktif	AR/VR meningkatkan motivasi dan penguasaan kompetensi
Ripsam et al. (2024)	Reaksi redoks dan konsep substansi-partikel	AR berbasis layar dan perangkat HMD untuk kimia partikel	AR meningkatkan penerimaan dan efikasi guru terhadap media digital

Penulis	Topik Pembelajaran	Jenis AR	Temuan
Ripsam et al. (2022)	Elektrolisis iodida seng	AR dengan representasi simultan level partikel dan simbol	AR membantu pemahaman terminologi kimia di level makroskopik dan submikroskopik
Merino et al. (2022)	Proses kromatografi dan visualisasi partikel	AR dinamis untuk visualisasi kinetik kromatografi	AR mendukung peningkatan kapasitas visualisasi mahasiswa dalam menjelaskan proses kromatografi
Rodríguez et al (2022)	Kimia organik, biologi struktural, dan dinamika molekuler	AR berbasis marker untuk manipulasi molekul 3D	AR meningkatkan pemahaman spasial dan keterlibatan siswa
Abriata (2022)	Konsep kimia dasar dan biologi molekuler	AR berbasis web dengan aksesibilitas tinggi	Teknologi AR mendukung pembelajaran selama pandemi dengan hasil positif pada motivasi siswa
Pereshivkina et al (2021)	Dinamika molekul dan reaksi kimia	VR untuk interaksi dinamis molekuler	VR meningkatkan pemahaman dinamis tentang molekul
Lu et al (2021)	Kimia lingkungan dan toksikologi bahan kimia	AR berbasis lingkungan simulasi	AR dengan flipped classroom meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa
Seibert (2020)	Karakterisasi alkanes menggunakan AR	AR berbasis tablet	AR mendukung pembelajaran mandiri siswa
Seibert (2020)	Sel galvanik dan elemen Daniell	AR untuk eksperimen partikel dan makroskopik	AR meningkatkan pemahaman siswa tentang eksperimen kimia
Abriata (2020)	Molekul organik dan kimia struktur	AR berbasis web marker untuk visualisasi molekul	AR berbasis web memungkinkan pembelajaran murah dan efektif
Chiu (2019)	Stereokimia dan sifat molekul organik	AR untuk struktur 3D molekul kimia	AR membantu siswa menghubungkan konsep makro dan mikro kimia

Penjelasan Pertanyaan Penelitian Pertama

Teknologi AR telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek pembelajaran kimia, terutama dalam meningkatkan pemahaman konsep yang abstrak dan kompleks. Salah satu aspek yang sangat dipengaruhi adalah kemampuan siswa dalam memahami struktur molekul dan geometri kimia. Penggunaan AR berbasis rotasi objek tiga dimensi pada aplikasi seperti *H NMR Molecular* membantu siswa memvisualisasikan struktur molekul secara spasial, sehingga menurunkan beban kognitif dan meningkatkan efikasi visualisasi. Hal ini sangat relevan untuk mengatasi tantangan

pembelajaran kimia yang melibatkan representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik (Ripsam & Nerdal, 2024).

Selain itu, AR juga efektif dalam menstimulasikan pembentukan ikatan kimia (Hunter et al., 2022). Aplikasi seperti QuimiAR memanfaatkan simulasi berbasis AR untuk menjelaskan interaksi atom dalam pembentukan molekul, yang tidak hanya meningkatkan pemahaman kognitif siswa tetapi juga memotivasi mereka untuk mempelajari topik-topik kimia yang dianggap sulit. Dengan fitur interaktif ini, AR menjembatani kesenjangan antara teori abstrak dan aplikasi praktis.

Kemampuan AR untuk memvisualisasikan level representasi kimia secara simultan, dari partikel hingga substansi, juga menjadi salah satu keunggulan utamanya (Habig, 2020). Misalnya, modul pembelajaran berbasis AR dapat membuat siswa untuk memahami terminologi kimia secara lebih tepat dan mempelajari perubahan yang terjadi di level partikel secara langsung. Hal ini terbukti meningkatkan keterampilan analitis siswa dalam menghubungkan fenomena kimia dengan dunia nyata. Tidak hanya dalam aspek konseptual, AR juga mendukung pembelajaran berbasis keberlanjutan, seperti pada topik kimia plastik dan baterai ion litium. Visualisasi proses kimia yang terkait dengan keberlanjutan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa terhadap isu lingkungan, tetapi juga menumbuhkan minat situasional mereka. Dengan demikian, AR mampu memfasilitasi pembelajaran yang relevan secara kontekstual, terutama dalam menjawab tantangan global seperti keberlanjutan.

Gamifikasi berbasis AR menjadi pendekatan inovatif dalam meningkatkan motivasi siswa, terutama dalam mempelajari prosedur keselamatan laboratorium. Media AR ini memberikan pengalaman belajar yang menyenangkan namun informatif, mendorong siswa untuk lebih memahami pentingnya protokol keselamatan saat melakukan eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan gamifikasi AR secara signifikan meningkatkan motivasi intrinsik siswa dan penerimaan terhadap teknologi pembelajaran. Lebih jauh, AR juga mampu mengintegrasikan isu sosiosaintifik dalam pembelajaran kimia. Media berbasis AR untuk visualisasi sel elektrolisis (Balasubramanian et al., 2024; Ripsam & Nerdal, 2024), misalnya, membantu siswa memahami konsep submikroskopik yang kompleks sambil memperkenalkan mereka pada isu-isu kontemporer, seperti toksikologi bahan kimia. Dengan peningkatan validitas pembelajaran hingga 98% dan keterbacaan sebesar 91%, AR terbukti efektif dalam menciptakan pengalaman belajar yang bermakna.

Kemampuan AR dalam mengembangkan keterampilan visualisasi spasial juga menjadi salah satu aspek penting dalam pembelajaran kimia. *Website* berbasis AR seperti *moleculARweb* membuat siswa memanipulasi molekul secara virtual (Henne et al., 2024; Rodríguez et al., 2021), yang tidak hanya

meningkatkan pemahaman spasial tetapi juga keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Hal ini sangat bermanfaat untuk topik-topik seperti stereokimia dan dinamika molekul, yang membutuhkan kemampuan analitis yang tinggi. Eksperimen interaktif dengan menggunakan AR juga memberikan pengalaman belajar yang lebih komprehensif. Laboratorium berbasis AR/VR, misalnya, mendorong siswa untuk melakukan simulasi eksperimen kimia, seperti reaksi pada sel galvanik dan elemen Daniell, yang tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa tetapi juga mendukung pembelajaran mandiri. Pendekatan ini semakin relevan dalam era pendidikan modern yang menekankan fleksibilitas dan aksesibilitas.

Pembelajaran kolaboratif berbasis AR juga menjadi salah satu terobosan penting. Sistem AR kolaboratif, seperti yang menggunakan perangkat *Microsoft HoloLens 2*, siswa untuk berbagi pengetahuan dan bekerja sama dalam memecahkan masalah struktur molekul (Rau et al., 2024). Kolaborasi ini tidak hanya meningkatkan penerimaan terhadap teknologi, tetapi juga membangun efikasi siswa dalam menggunakan media digital. Akhirnya, AR terbukti mampu meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran kimia. Teknologi ini, terutama dalam pendekatan *flipped classroom*, menciptakan lingkungan belajar yang fleksibel dan personal (Assi & Cohen, 2024; Fujii, 2024). Topik seperti kimia lingkungan dan toksikologi bahan kimia menjadi lebih menarik dengan simulasi berbasis AR, yang memotivasi siswa untuk berpartisipasi secara aktif dalam pembelajaran. Dengan kombinasi berbagai fitur interaktif, visualisasi tingkat lanjut, dan kemampuan untuk menjembatani teori dan praktik, AR menjadi teknologi yang sangat potensial dalam mendukung pembelajaran kimia di era digital.

Penjelasan Pertanyaan Penelitian Kedua

Penggunaan teknologi AR dalam pembelajaran kimia telah menunjukkan berbagai bentuk dan jenis aplikasi yang efektif dalam memvisualisasikan konsep-konsep kimia yang sulit dipahami oleh siswa. Salah satunya adalah aplikasi AR berbasis perangkat seluler yang menggunakan rotasi objek 3D untuk visualisasi geometri molekul. Teknologi ini terbukti dapat menurunkan beban kognitif siswa dan meningkatkan pemahaman mereka terhadap struktur molekul. Hal ini menunjukkan bahwa AR dapat membantu siswa memahami konsep

yang biasanya abstrak, seperti geometri molekul, dengan cara yang lebih interaktif (Hoai et al., 2024; Tarng et al., 2024).

Selain itu, AR berbasis visualisasi unsur periodik juga terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa tentang sifat kimia unsur-unsur utama. Aplikasi seperti QuimiAR, yang mensimulasikan ikatan kimia, telah meningkatkan kemampuan kognitif siswa dalam mempelajari pembentukan ikatan kimia. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual tetapi juga memotivasi siswa untuk lebih tertarik pada topik-topik kimia yang sebelumnya dianggap rumit (Broman & Parchmann, 2014). Dengan adanya simulasi yang realistis dan interaktif, siswa dapat lebih mudah memahami proses kimia yang terjadi di tingkat molekuler.

Penggunaan perangkat seperti iPad dengan aplikasi berbasis AR juga menunjukkan hasil positif dalam pembelajaran kimia plastik dan keberlanjutan. Teknologi ini membantu siswa memahami konsep kimia plastik dengan cara yang lebih menarik dan relevan, meningkatkan pemahaman mereka serta minat situasional terhadap topik tersebut. Hal serupa juga terjadi pada pembelajaran kimia baterai ion litium, di mana aplikasi AR berbasis Zappar meningkatkan motivasi siswa dan minat mereka terhadap topik kimia yang berkaitan dengan keberlanjutan dan teknologi ramah lingkungan (Bennett et al., 2022). Selain itu, penggunaan sistem AR kolaboratif berbasis perangkat yang dapat dipakai, seperti *Microsoft HoloLens 2*, telah memperkenalkan cara baru untuk memvisualisasikan struktur molekul kimia secara bersama-sama. Kolaborasi ini membantu siswa dalam berbagi pengetahuan dan memudahkan pemahaman mereka tentang konsep-konsep kimia yang lebih kompleks. Dengan adanya teknologi AR yang dapat menyatukan representasi makroskopik dan submikroskopik, seperti yang terlihat dalam visualisasi reaksi redoks dan konsep substansi-partikel, AR membantu siswa menghubungkan konsep kimia pada level yang lebih komprehensif (Chen & Liu, 2020; Cai et al., 2014). Dengan demikian, AR tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa, tetapi juga mendukung pembelajaran yang lebih terintegrasi.

SIMPULAN

Penerapan teknologi AR dalam pembelajaran kimia dapat meningkatkan

berbagai aspek pembelajaran, termasuk pemahaman konsep-konsep kimia yang abstrak dan kompleks, seperti struktur molekul, geometri kimia, serta interaksi atom dalam pembentukan ikatan kimia. AR membantu siswa mengurangi beban kognitif dan meningkatkan keterampilan visualisasi spasial mereka, yang sangat berguna untuk mempelajari representasi makroskopik dan submikroskopik. Selain itu, AR juga memotivasi siswa untuk lebih tertarik pada topik-topik kimia yang sebelumnya dianggap sulit, seperti kimia plastik, baterai ion litium, dan isu keberlanjutan. Teknologi ini juga mendukung pembelajaran berbasis kolaborasi, di mana siswa dapat bekerja sama dalam memahami konsep kimia melalui visualisasi interaktif yang memfasilitasi pembelajaran berbasis pengalaman. Berbagai jenis dan bentuk teknologi AR yang paling efektif dalam pembelajaran kimia mencakup aplikasi berbasis perangkat seluler yang menggunakan rotasi objek 3D untuk visualisasi geometri molekul, aplikasi yang mensimulasikan ikatan kimia, serta teknologi AR berbasis iPad yang mendukung pembelajaran konsep kimia terkait keberlanjutan. Dengan berbagai fitur interaktif dan visualisasi yang mendalam, AR memfasilitasi pemahaman yang lebih baik mengenai topik-topik kimia dan memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Abriata, L. A. (2022). How Technologies Assisted Science Learning at Home During the COVID-19 Pandemic. *DNA and Cell Biology*, 41(1), 19–24. <https://doi.org/10.1089/dna.2021.0497>
- Abdinejad, M., Talaie, B., Qorbani, H. S., & Dalili, S. (2021). Student perceptions using augmented reality and 3d visualization technologies in chemistry education. *Journal of Science Education and Technology*, 30, 87-96. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09880-2>
- Al Balushi, J. S. G., Al Jabri, M. I. A., Palarimath, S., Maran, P., Thenmozhi, K., & Balakumar, C. (2024, June). Incorporating Artificial Intelligence Powered Immersive Realities to Improve Learning using Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) Technology. In *2024 3rd International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing*

- (ICAAIC) (pp. 760-765). IEEE. <https://doi.org/0.1109/ICAAIC60222.2024.10575046>
- Amirbekova, E., Shertayeva, N., & Mironova, E. (2023). Teaching chemistry in the metaverse: the effectiveness of using virtual and augmented reality for visualization. *Frontiers in Education*, 8(January), 1–9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1184768>
- Aris, A., Fitria, A., & Ihtisyamuddin, L. (2020). *Chemistry structure sheet* sebagai media pembelajaran kimia berbasis *augmented reality* pada materi struktur atom. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 8(2), 77-81. [doi:http://dx.doi.org/10.21831/jpms.v8i2.42773](http://dx.doi.org/10.21831/jpms.v8i2.42773)
- Assi, A., & Cohen, A. (2024). Context-based learning in flipped middle school chemistry class. *International Journal of Science Education*, 46(6), 570-589. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2250067>
- Bagus, K.H., Buchori, A., & Aini, A.N (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android Menggunakan *Augmented Reality* Pada Materi Bangun Ruang Sisi Datar. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 6(1), 61-69.
- Balasubramanian, V., Niksan, O., Jain, M. C., Golovin, K., & Zarifi, M. H. (2024). Augmented Reality-Enhanced Microwave-Based Wireless Monitoring System for Smart Coating Applications. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*. <https://doi.org/10.1109/TMTT.2024.3403838>
- Bennett, M. R., Budka, M., Belvedere, M., & Reynolds, S. (2022). Deploying augmented reality to help engage the public with palaeontological applications. *Proceedings of the Geologists' Association*, 133(1), 22-31. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2021.10.001>
- Broman, K., & Parchmann, I. (2014). Students' application of chemical concepts when solving chemistry problems in different contexts. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 516-529. <https://doi.org/10.1039/C4RP00051J>
- Cai, S., Wang, X., & Chiang, F. K. (2014). A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in human behavior*, 37, 31-40. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.04.018>
- Chen, S. Y., & Liu, S. Y. (2020). Using augmented reality to experiment with elements in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 111, 106418. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106418>
- Chiu, M. H., Chou, C. C., Chen, Y. H., Hung, T., Tang, W. T., Hsu, J. W., Liaw, H. L., & Tsai, M. K. (2019). Model-based learning about structures and properties of chemical elements and compounds via the use of augmented realities. *Chemistry Teacher International*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.1515/cti-2018-0002>
- Coştu, F. (2024). Exploring augmented reality (AR) in science education: Perspectives from gifted students. *The Journal of Educational Research*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/00220671.2024.2431681>
- De Lorenzis, F., Visconti, A., Restivo, S., Mazzini, F., Esposito, S., Garofalo, S. F., ... & Lamberti, F. (2024). Combining virtual reality with asymmetric collaborative learning: a case study in chemistry education. *Smart Learning Environments*, 11(1), 1-32. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00331-8>
- Du, J., & Dewitt, D. (2024). Technology acceptance of a wearable collaborative augmented reality system in learning chemistry among junior high school students. *Journal of Pedagogical Research*, 8(1), 106–119. <https://doi.org/10.33902/JPR.202425282>
- Fujii, A. (2024). Exploring autonomy support and learning preference in higher education: introducing a flexible and personalized learning environment with technology. *Discover Education*, 3(1), 26. <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00111-z>
- Glenn, C. D., & Odeleye, O. O. (2024). Exploring factors within an introductory course that influence students' perception of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice. Chem. Educ. Res. Pract.*, 25, 775-785. <https://doi.org/10.1039/D4RP00008K>
- Habig, S. (2020). Who can benefit from augmented reality in chemistry? Sex

- differences in solving stereochemistry problems using augmented reality. *British Journal of Educational Technology*, 51(3), 629-644.
<https://doi.org/10.1111/bjet.12891>
- Henne, A., Syskowski, S., Krug, M., Möhrke, P., Thoms, L. J., & Huwer, J. (2024). *How to Evaluate Augmented Reality Embedded in Lesson Planning in Teacher Education*. *Educ. Sci.* 2024, 14, 264.
- Hoai, V. T. T., Son, P. N., An, D. T. T., & Anh, N. V. (2024). An Investigation into whether Applying Augmented Reality (AR) in Teaching Chemistry Enhances Chemical Cognitive Ability. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 23(4), 195-216.
<https://doi.org/10.26803/ijlter.23.4.11>
- Hunter, K. H., Rodriguez, J. M. G., & Becker, N. M. (2022). A review of research on the teaching and learning of chemical bonding. *Journal of chemical education*, 99(7), 2451-2464.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00034?urlappend=%3Fref%3DPDF&jav=VOR&rel=cite-as>
- Joronalvalona, R., Rohaeti, E., Laksono, E. W., & Notiavina, A. A. (2025). Immersive and experiential learning: A Review of project-based learning and virtual reality in chemistry education. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 13(2). 311–320.
<https://dx.doi.org/10.21831/jpms.v13i2.85704>
- Kenneally, C. D., & Bentley, B. (2024). A Cognitive Load Approach to Molecular Geometries: Augmented Reality Technology and Visuospatial Abilities in Chemistry. *Education Sciences*, 14(9).
<https://doi.org/10.3390/educsci14091036>
- Krug, M., & Huwer, J. (2023). Safety in the Laboratory—An Exit Game Lab Rally in Chemistry Education. *Computers*, 12(3).
<https://doi.org/10.3390/computers12030067>
- Kurniawan, D. B., & Sumari, S. (2024). Development of Learning Media Integrated Module Application Based on Socio-Scientific Issues Enriched Augmented Reality on Electrolysis Cell Material. *Orbital*, 16(1), 68–79.
<https://doi.org/10.17807/orbital.v15i1.19904>
- Lestari, F., Noprisa, N., Cahyani, J. D., & Wibowo, D. S. (2025). Digital augmented reality flipbook based in local wisdom: An instructional innovation to enhance students' mathematical literacy. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 14(1). 36–45.
<https://doi.org/10.21831/jpms.v14.i1.88197>
- Lytvynova, S. H., & Soroko, N. V. (2023). Interaction in an educational environment with virtual and augmented reality. *Information Technologies and Learning Tools*, 98(6), 13.
<https://doi.org/10.33407/itlt.v98i6.5433>
- Merino, C., Marzábal, A., Quiroz, W., Pino, S., López-Cortés, F., Carrasco, X., & Miller, B. G. (2022). Uso de la realidad aumentada en el aprendizaje de la cromatografía: ¿Cómo fomenta este artefacto visual dinámico las capacidades de visualización de los estudiantes de licenciatura en química? *Frontiers in Education*, 7.
- Montalbo, S. M. (2024). Augmented Reality as a Tool for Enhancing Metacognitive Knowledge in Chemistry. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(4), 626–631.
<https://doi.org/10.18178/ijiet.2024.14.4.2086>
- Nazar, M., Zulfadli, Rahmatillah, Puspita, K., Setiawaty, S., & Sulastri. (2024). Development of augmented reality as a learning tool to improve student ability in comprehending chemical properties of the elements. *Chemistry Teacher International*, 6(3), 241–257. <https://doi.org/10.1515/cti-2023-0070>
- Olim, S. C., Nisi, V., & Romão, T. (2024). Augmented reality interactive experiences for multi-level chemistry understanding. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 100681.
<https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2024.100681>
- Pangemanan, N. S. (2019). Penerapan *think pair share* (TPS) untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis, motivasi, dan hasil belajar matematika SMP. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 7(2), 68-73.
[doi:http://dx.doi.org/10.21831/jpms.v7i2.26822](http://dx.doi.org/10.21831/jpms.v7i2.26822)

- Papanastasiou, G., Drigas, A., Skianis, C., Lytras, M., & Papanastasiou, E. (2019). Virtual and augmented reality effects on K-12, higher and tertiary education students' twenty-first century skills. *Virtual Reality*, 23(4), 425-436. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0363-2>
- Pereshivkina, P., Karandasheva, N., Mikhaylenko, M., & Kurushkin, M. (2021). Immersive molecular dynamics in virtual reality: Increasing efficiency of educational process with companion converter for narupaXR. *Journal of Imaging*, 7(6). <https://doi.org/10.3390/jimaging7060097>
- Pratama, F. I., Rohaeti, E., Ariantika, D., Fauzia, S. D., Wulandari, N. I., & Pawestri, J. S. (2024). Inovasi model literacy and research-oriented cooperative problem-based learning dalam kasus pencemaran air oleh logam fe. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 12(2), 132-138. <https://doi.org/10.21831/jpms.v12i2.79113>
- Rahman, H., Wahid, S. A., Ahmad, F., & Ali, N. (2024). Game-based learning in metaverse: Virtual chemistry classroom for chemical bonding for remote education. *Education and Information Technologies*, 1-25. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12575-5>
- Rau, T., Koch, M., Pathmanathan, N., Isenberg, T., Weiskopf, D., Sedlmair, M., ... & Kurzhals, K. (2024). Understanding Collaborative Learning of Molecular Structures in AR with Eye Tracking. *IEEE Computer Graphics and Applications*. <https://doi.org/10.1109/MCG.2024.3503903>
- Rodríguez, F. C., Frattini, G., Krapp, L. F., Martinez-Hung, H., Moreno, D. M., Roldán, M., ... & Abriata, L. A. (2021). MolecuARweb: A web site for chemistry and structural biology education through interactive augmented reality out of the box in commodity devices. *Journal of Chemical Education*, 98(7), 2243-2255.
- Ripsam, M., & Nerdel, C. (2022). Augmented reality for chemistry education to promote the use of chemical terminology in teacher trainings. *Frontiers in Psychology*, 13(November), 1-6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1037400>
- Ripsam, M., & Nerdel, C. (2024). Teachers' attitudes and self-efficacy toward augmented reality in chemistry education. In *Frontiers in Education* (Vol. 8, p. 1293571). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1293571>
- Saputra, B. B., Suhartini, E., Mustamiroh, M., & Muhlis, M. (2025). Media pembelajaran stem berbasis augmented reality dengan boardbook pada materi ipas. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 13(Special Issue), 295-305. https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.89716
- Seibert, J., Luxenburger-Becker, H., Marquardt, M., Lang, V., Perels, F., Kay, C. W. M., & Huwer, J. (2020). Multitouch Experiment Instruction for a Better Learning Outcome in Chemistry Education. *World Journal of Chemical Education*, 8(1), 1-8. <https://doi.org/10.12691/wjce-8-1-1>
- Seibert, J., Marquardt, M., Pinkle, S., Carbon, A., Lang, V., Heuser, K., Perels, F., Huwer, J., & Kay, C. W. M. (2020). Linking Learning Tools, Learning Companion and Experimental Tools in a Multitouch Learning Book. *World Journal of Chemical Education*, 8(1), 9-20. <https://doi.org/10.12691/wjce-8-1-2>
- Syskowski, S., Lathwesen, C., Kanbur, C., Siol, A., Eilks, I., & Huwer, J. (2024). Teaching with Augmented Reality Using Tablets, Both as a Tool and an Object of Learning. *Journal of Chemical Education*, 101(3), 892-902. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00607>
- Syskowski, S., Lathwesen, C., Maurer, N., Siol, A., Eilks, I., & Huwer, J. (2024). Interactive Learning with iPads and Augmented Reality: A Sustainability-Oriented Approach to Teaching Plastics Chemistry. *Sustainability (Switzerland)*, 16(8). <https://doi.org/10.3390/su16083342>
- Tarnag, W., Huang, J. K., & Ou, K. L. (2024). Improving Elementary Students' Geometric Understanding Through Augmented Reality and Its Performance Evaluation. *Systems*, 12(11), 493. <https://doi.org/10.3390/systems12110493>
- Ward, L. W., Spencer, D., Chauhan, D., & Oliver-Hoyo, M. (2024). Lessons learned: the use of an augmented reality application

in organic chemistry laboratories. *Frontiers in Education*, 9(April), 1–10. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1384129>

- Wulandari, N., & Perdana, R. (2023). Keefektifan Model Brain Based Learning Terintegrasi Kearifan Lokal untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif dan Motivasi Peserta Didik Pada Topik Usaha Energi. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, IX(2), 1-9. doi: <http://dx.doi.org/10.21831/jpms.v11i2.67902>
- Yazici, S. Ç., & Nakıboğlu, C. (2024). Examining experienced chemistry teachers' perception and usage of virtual labs in chemistry classes: a qualitative study using the technology acceptance model 3. *Education and Information*

Technologies, 29(4), 4337-4370. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11985-1>

PROFIL SINGKAT

Erni Laila merupakan mahasiswa program Magister Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta. Penulis dapat dihubungi melalui email ernilaila.2023@student.uny.ac.id.

Prof. Dr. Sri Atun, M.Si. merupakan dosen di Universitas negeri Yogyakarta, program studi Magister Pendidikan Kimia. Penulis dapat dihubungi melalui email sriatun@student.uny.ac.id.