

**Innovative Acid-Base Learning Based On Augmented Reality: A Literature Review on Its Effectiveness in Enhancing Student Learning Outcomes**

Nofri Yuhelman*¹, Ifan Rivaldo ², Kristian Burhan³, Ade Sazaliana⁴
* ¹nofriyuhelman@unp.ac.id, ²ifanrivaldo@unp.ac.id, ³kristianburhan@unp.ac.id,
⁴adesazaliana@unp.ac.id

^{1,2,3,4} FMIPA, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

ABSTRAK

The integration of Augmented Reality (AR) into chemistry learning, particularly in acid-base topics, has emerged as a promising innovation to enhance student engagement and understanding. This literature review aims to analyze the effectiveness of AR-based learning in improving student learning outcomes on acid-base material. The study employs a systematic review method by collecting, screening, and analyzing articles published between 2018–2024 from indexed databases such as Scopus, Springer, and Google Scholar. A total of 25 relevant articles were identified and analyzed thematically to assess the impact of AR on cognitive achievement, conceptual understanding, and student motivation. The findings reveal that AR technology not only improves students' conceptual mastery but also reduces misconceptions and supports interactive, immersive learning experiences. Furthermore, AR enhances the visualization of microscopic and abstract acid-base phenomena, which are typically difficult for students to comprehend through conventional instruction. The review concludes that AR is a pedagogical innovation with significant potential to transform acid-base chemistry instruction. Further empirical studies are recommended to explore long-term impacts and classroom integration strategies.

Kata Kunci: acid-base learning, augmented reality, chemistry education, learning innovation, student achievement

PENDAHULUAN

Pembelajaran kimia dikenal sebagai salah satu disiplin yang menantang bagi peserta didik di tingkat sekolah menengah, terutama karena karakteristik materi pelajarannya yang kompleks, abstrak, dan memerlukan representasi multi-level. Salah satu topik yang sering menjadi sumber kesulitan adalah konsep asam dan basa, yang tidak hanya memerlukan pemahaman terhadap sifat-sifat zat secara makroskopik, tetapi juga pemodelan proses mikroskopik seperti ionisasi dan interaksi partikel di tingkat molekul. Konsep ini juga mencakup tiga teori utama yang berbeda namun saling melengkapi, yaitu teori Arrhenius, Brønsted-Lowry, dan Lewis. Ketiga pendekatan ini menuntut peserta didik untuk memiliki pemahaman konseptual yang tinggi serta keterampilan berpikir logis dan abstrak untuk dapat mengintegrasikan perbedaan sudut pandang dalam menjelaskan fenomena kimiawi yang sama.

Berbagai studi menunjukkan bahwa peserta didik sering mengalami miskonsepsi dan kebingungan dalam membedakan karakteristik teori-teori asam basa tersebut, serta dalam menghubungkannya dengan konsep elektrolit, derajat ionisasi, dan perhitungan pH. Misalnya, banyak siswa yang salah mengasumsikan bahwa semua asam bersifat kuat atau bahwa pH hanya tergantung pada konsentrasi molaritas, tanpa mempertimbangkan kekuatan asam dan konstanta ionisasi (Barke, Hazari, & Yitbarek, 2009). Selain itu, banyak peserta didik kesulitan dalam memahami representasi partikel dari reaksi ionisasi, yang menjadi dasar dari pembelajaran konsep asam basa. Permasalahan ini berkontribusi terhadap rendahnya capaian hasil belajar siswa dalam topik ini dan berlanjut hingga ke jenjang pendidikan tinggi (Chiu, Chou, & Liu, 2002).

Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk mengembangkan pendekatan pembelajaran yang tidak hanya bersifat konseptual dan kontekstual, tetapi juga mampu menghadirkan representasi visual dan spasial dari konsep-konsep abstrak. Dalam hal ini, pemanfaatan teknologi Augmented Reality (AR) telah muncul sebagai salah satu alternatif inovatif yang menjanjikan. AR merupakan teknologi yang menggabungkan elemen digital ke dalam dunia nyata secara real-time, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih imersif dan interaktif (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Dalam konteks pembelajaran kimia, AR memungkinkan siswa untuk melihat dan memanipulasi model 3D dari struktur molekul, reaksi ionisasi, dan visualisasi partikel zat terlarut dalam larutan asam dan basa.

Sejumlah penelitian empiris telah menunjukkan efektivitas penggunaan AR dalam meningkatkan hasil belajar kimia siswa. Studi oleh Ibáñez dan Delgado-Kloos (2018) menemukan bahwa pembelajaran berbasis AR dapat meningkatkan keterlibatan dan pemahaman konseptual siswa, terutama dalam topik-topik yang sulit divisualisasikan seperti interaksi ionik dan perubahan energi. Penelitian oleh Rastegarpour dan Marandi (2019) menunjukkan bahwa penggunaan AR berdampak signifikan terhadap motivasi dan hasil belajar peserta didik dalam konteks sains. Sementara itu, studi oleh Anasyida, Ahmad, dan Rahim (2023) secara khusus meneliti topik asam basa dan menemukan bahwa AR membantu siswa membedakan karakteristik asam kuat dan lemah dengan lebih baik, serta memahami visualisasi ionisasi yang selama ini sulit dijelaskan dengan media konvensional.

Meskipun hasil-hasil tersebut sangat menjanjikan, kajian terhadap literatur menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian yang dilakukan masih bersifat kasus terbatas (case-based), berfokus pada satu kelompok eksperimen kecil, serta hanya mengkaji satu aspek tertentu seperti peningkatan motivasi atau pemahaman konsep tanpa menyajikan gambaran menyeluruh. Belum banyak penelitian yang secara sistematis menelaah efektivitas penggunaan AR pada materi asam basa secara khusus dan menyintesis temuan-temuan tersebut ke dalam sebuah kerangka teoritis dan praktis yang dapat dijadikan rujukan dalam pengembangan kurikulum atau media pembelajaran.

Selain itu, sebagian besar studi yang ada masih terbatas pada desain eksperimen jangka pendek dan belum mengeksplorasi dampak jangka panjang dari penggunaan AR terhadap retensi konsep dan transfer pengetahuan ke konteks baru. Padahal, dalam konteks pendidikan kimia, keberhasilan pembelajaran tidak hanya diukur dari pencapaian kognitif jangka pendek, tetapi juga dari sejauh mana peserta didik dapat mengaplikasikan pengetahuannya dalam situasi kehidupan nyata, seperti dalam analisis keasaman makanan, pemahaman produk rumah tangga, atau perilaku ekologis terkait pencemaran air akibat limbah asam-basa.

Berdasarkan kesenjangan teoretis dan empiris yang telah diidentifikasi, maka artikel ini bertujuan untuk melakukan analisis literatur secara sistematis terhadap efektivitas penggunaan Augmented Reality dalam pembelajaran kimia pada materi asam basa. Pertanyaan utama yang diajukan adalah: *Bagaimana efektivitas pembelajaran asam basa berbasis AR dalam*

meningkatkan hasil belajar peserta didik? Kajian ini memfokuskan pada artikel-artikel penelitian yang diterbitkan dalam kurun waktu enam tahun terakhir (2018–2024), dengan mencermati aspek hasil belajar kognitif, pengurangan miskonsepsi, serta peningkatan motivasi belajar.

Kebaruan dari artikel ini terletak pada pendekatannya yang bersifat sintesis dan sistematis terhadap literatur yang tersedia, dengan fokus spesifik pada materi asam basa yang memiliki karakteristik konsep abstrak, visual-spasial, dan menantang secara pedagogis. Artikel ini juga menawarkan implikasi praktis bagi guru kimia, pengembang media pembelajaran, dan pembuat kebijakan dalam merancang strategi pembelajaran berbasis teknologi yang lebih adaptif terhadap kebutuhan peserta didik abad ke-21

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) sebagai metode utama untuk menganalisis efektivitas penggunaan teknologi Augmented Reality (AR) dalam pembelajaran kimia, khususnya pada topik asam basa. Metode ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk menyintesis hasil-hasil penelitian sebelumnya secara sistematis, transparan, dan replikatif, serta mengidentifikasi pola, tren, dan kesenjangan dalam literatur yang ada (Snyder, 2019). Pendekatan SLR berbeda dengan tinjauan naratif biasa karena menggunakan prosedur pencarian dan seleksi data yang terstandar serta analisis tematik yang lebih mendalam (Kitchenham & Charters, 2007).

Proses pencarian artikel dilakukan melalui database jurnal internasional bereputasi, yaitu Scopus, SpringerLink, ERIC, dan Google Scholar. Basis data ini dipilih karena menyediakan koleksi artikel ilmiah yang relevan dan berkualitas tinggi dalam bidang pendidikan, sains, dan teknologi. Artikel yang dicari dibatasi pada rentang waktu antara tahun 2018 hingga 2024, dengan pertimbangan bahwa teknologi AR dalam pendidikan mengalami perkembangan pesat dalam enam tahun terakhir. Kata kunci yang digunakan dalam proses pencarian antara lain: “*augmented reality*”, “*chemistry education*”, “*acid-base*”, “*student achievement*”, dan “*learning outcomes*”. Proses pencarian dilakukan secara bertahap dan disesuaikan dengan sintaks masing-masing database.

Kriteria inklusi untuk seleksi artikel meliputi: (1) artikel membahas penggunaan AR dalam pembelajaran kimia; (2) topik utama pada konsep asam dan basa, baik secara konseptual maupun kontekstual; (3) artikel menyajikan data empiris mengenai hasil belajar siswa, baik kognitif maupun afektif; dan (4) artikel dipublikasikan dalam jurnal yang terindeks atau bereputasi nasional/internasional. Sementara itu, kriteria eksklusi mencakup artikel yang bersifat opini, tidak melalui peer-review, tidak menyediakan data empiris, atau hanya membahas AR secara umum tanpa fokus pada kimia atau asam basa. Proses seleksi awal menghasilkan 63 artikel, kemudian melalui tahapan screening judul, abstrak, dan full-text serta validasi dengan kriteria inklusi, diperoleh 25 artikel yang dinilai relevan dan layak dianalisis lebih lanjut.

Seluruh artikel yang lolos seleksi dianalisis dengan menggunakan analisis tematik kualitatif, yakni metode yang memungkinkan peneliti mengidentifikasi, mengkategorikan, dan mensintesis tema-tema utama yang muncul dari teks secara sistematis (Braun & Clarke, 2006). Prosedur analisis melibatkan tiga langkah utama. Pertama, identifikasi fokus intervensi dalam masing-masing studi, seperti visualisasi konsep, peningkatan interaktivitas, pengurangan miskonsepsi, dan motivasi belajar. Kedua, klasifikasi jenis hasil belajar yang dicapai, baik aspek kognitif (misalnya peningkatan pemahaman konsep, hasil post-test) maupun afektif (misalnya motivasi, minat, keterlibatan). Ketiga, analisis perbandingan antara

hasil belajar pada kelompok yang menggunakan AR dan kelompok kontrol yang menggunakan metode konvensional.

Setiap artikel dikodekan berdasarkan fokus, konteks, dan hasil temuan. Koding dilakukan secara manual dan dikonfirmasi melalui diskusi tim peneliti untuk meningkatkan reliabilitas. Hasil analisis tematik kemudian disintesis menjadi temuan umum yang mencerminkan pola efektivitas penggunaan AR pada pembelajaran asam basa, serta diorganisir dalam bentuk kategori seperti peningkatan pemahaman konsep, reduksi miskonsepsi, peningkatan motivasi, dan efektivitas visualisasi. Selain itu, rekomendasi dari setiap studi juga dikumpulkan dan dibandingkan untuk menghasilkan implikasi praktis dan teoretis bagi pengembangan media pembelajaran kimia berbasis AR.

Prosedur sistematis dalam telaah pustaka ini mengacu pada prinsip PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), yang menjamin transparansi dalam pelaporan proses pencarian, seleksi, dan analisis data dalam kajian sistematis. Dengan pendekatan ini, diharapkan hasil sintesis literatur dapat memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh dan komprehensif tentang kontribusi Augmented Reality terhadap hasil belajar peserta didik dalam materi asam basa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini mengkaji sebanyak 25 artikel ilmiah yang diperoleh dari database jurnal terindeks seperti Scopus, SpringerLink, Google Scholar, dan ERIC, dengan rentang tahun publikasi antara 2018 hingga 2024. Seluruh artikel yang dikaji berfokus pada evaluasi efektivitas Augmented Reality (AR) dalam pembelajaran kimia, khususnya dalam konteks materi asam basa, baik dari segi hasil belajar kognitif, pengurangan miskonsepsi, maupun peningkatan motivasi siswa.

Proses analisis dilakukan dengan menggunakan pendekatan analisis tematik, yang menghasilkan tiga kategori temuan utama:

1. Peningkatan hasil belajar kognitif,
2. Reduksi miskonsepsi, dan
3. Peningkatan motivasi serta keterlibatan belajar siswa.

Berikut ini adalah ringkasan lima studi yang mewakili temuan-temuan utama dari kajian literatur:

No	Penulis dan Tahun	Fokus Penelitian	Temuan Utama
1	Anasyida et al. (2023)	Asam basa & AR	AR meningkatkan pemahaman konsep asam lemah-kuat dan mengurangi miskonsepsi
2	Rastegarpour & Marandi (2019)	STEM & AR	AR meningkatkan motivasi, hasil belajar, dan retensi informasi
3	Ibáñez & Delgado-Kloos (2018)	Review AR	AR efektif dalam membantu visualisasi konsep mikroskopik
4	Wijaya et al. (2022)	Meta-analisis AR kimia	Efektivitas AR signifikan terhadap hasil belajar siswa
5	Erfan & Mahmudah (2021)	AR kimia SMA	AR mempermudah pemahaman teori Brønsted-Lowry secara spasial

Dari hasil analisis, diketahui bahwa 20 dari 25 artikel melaporkan adanya peningkatan signifikan dalam hasil belajar siswa setelah pembelajaran berbasis AR, ditunjukkan melalui perbandingan skor pre-test dan post-test. Selain itu, siswa menunjukkan peningkatan pemahaman terhadap konsep-konsep yang sebelumnya sulit divisualisasikan secara

konvensional, serta menunjukkan minat dan partisipasi belajar yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode pembelajaran tradisional.

Pembahasan

Peningkatan Pemahaman Konsep Asam Basa

Materi asam basa memiliki tingkat abstraksi tinggi karena menuntut siswa memahami proses ionisasi, kekuatan asam-basa, serta teori dari berbagai sudut pandang seperti Arrhenius, Brønsted-Lowry, dan Lewis. Konsep-konsep ini tidak dapat diamati secara langsung, sehingga sulit dipahami tanpa bantuan visualisasi.

Teknologi AR memungkinkan siswa untuk melihat model 3D interaktif dari molekul dan reaksi ionisasi, termasuk simulasi transfer proton dalam teori Brønsted-Lowry dan interaksi orbital kosong dalam teori Lewis. Visualisasi ini memberikan *representational scaffolding* yang penting dalam menghubungkan konsep simbolik dengan pemahaman konseptual (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

Dalam studi oleh Anasyida et al. (2023), penggunaan AR terbukti meningkatkan kemampuan siswa dalam mengklasifikasikan asam kuat dan lemah berdasarkan derajat ionisasi. Siswa juga mampu menghubungkan konsep tersebut dengan nilai pH larutan. Studi tersebut mencatat adanya peningkatan skor formatif rata-rata sebesar **23%** dibandingkan kelas kontrol yang menggunakan metode konvensional.

2. Reduksi Miskonsepsi dan Beban Kognitif

Berbagai penelitian mengungkapkan bahwa siswa sering mengalami miskonsepsi seperti asumsi bahwa semua asam bersifat korosif atau bahwa pH semata-mata ditentukan oleh konsentrasi molar. AR membantu mengatasi hal ini melalui simulasi visual dan dinamis, yang menyajikan bagaimana ion H^+ dan OH^- berinteraksi dalam larutan, serta bagaimana kekuatan asam berpengaruh terhadap jumlah ion yang terbentuk.

Menurut Sweller (2011) dalam kerangka Cognitive Load Theory, penggunaan AR dapat menurunkan beban kognitif dengan memperkuat pemrosesan visual dan spasial yang simultan. Hal ini membantu siswa mengurangi tekanan pada memori kerja dan memudahkan integrasi informasi baru ke dalam skema pengetahuan yang sudah ada. Temuan ini diperkuat oleh Wijaya et al. (2022), yang menunjukkan bahwa siswa yang belajar menggunakan AR menunjukkan penurunan signifikan dalam jumlah miskonsepsi berdasarkan hasil pre-post concept inventory.

3. Peningkatan Keterlibatan dan Motivasi Belajar

Teknologi AR tidak hanya berdampak pada hasil kognitif, tetapi juga secara signifikan meningkatkan keterlibatan emosional dan motivasi belajar. Hal ini terjadi karena AR menciptakan pengalaman belajar yang lebih hidup, kontekstual, dan menyenangkan, yang seringkali dirasakan siswa sebagai proses “bermain sambil belajar.”

Dalam studi oleh Rastegarpour dan Marandi (2019), siswa yang mengikuti pembelajaran berbasis AR menunjukkan keterlibatan emosional yang lebih tinggi, antusiasme terhadap eksperimen kimia virtual, serta peningkatan dalam keaktifan bertanya dan berdiskusi. Efek ini juga terlihat dalam studi oleh Erfan dan Mahmudah (2021), di mana siswa melaporkan kepuasan yang lebih tinggi terhadap pembelajaran dan merasa lebih percaya diri dalam menyelesaikan soal-soal tentang asam basa.

Keterlibatan ini bukan hanya berimplikasi pada sikap, tetapi juga berkaitan erat dengan persistensi belajar dan transfer pengetahuan ke konteks lain. Oleh karena itu, AR tidak hanya berdampak sesaat, tetapi juga potensial dalam meningkatkan daya tahan belajar siswa terhadap materi kimia yang menantang.

4. Tantangan Implementasi dan Implikasi Pedagogis

Meskipun potensi AR sangat besar, beberapa tantangan implementatif tetap perlu dicermati. Studi-studi yang dianalisis menyebutkan kendala teknis seperti keterbatasan perangkat gawai, kurangnya infrastruktur sekolah, serta minimnya pelatihan guru dalam mengembangkan dan mengoperasikan media AR secara pedagogis.

Integrasi AR dalam pembelajaran juga menuntut kurikulum yang adaptif serta peran guru yang aktif sebagai fasilitator belajar, bukan sekadar penyampai informasi. Menurut Moreno dan Mayer (2002), dalam pendekatan multimodal learning, keberhasilan pembelajaran bergantung pada bagaimana media pembelajaran digunakan secara strategis untuk merangsang saluran kognitif visual dan verbal siswa secara seimbang.

Dari sudut pandang teori konstruktivis, penggunaan AR juga selaras dengan prinsip bahwa siswa membangun pengetahuan melalui interaksi langsung dengan objek dan fenomena. Oleh karena itu, AR seharusnya diposisikan sebagai alat bantu yang memperkaya pengalaman belajar aktif dan reflektif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis literatur terhadap 25 studi yang relevan, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi Augmented Reality (AR) dalam pembelajaran kimia, khususnya pada topik asam dan basa, secara konsisten menunjukkan kontribusi positif terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik. AR tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu visual, tetapi juga sebagai media pembelajaran interaktif yang mampu mengubah proses belajar yang abstrak menjadi pengalaman yang lebih konkret, eksploratif, dan menyenangkan. Dengan kemampuannya menampilkan visualisasi tiga dimensi dari struktur molekul, reaksi ionisasi, dan interaksi partikel, AR membantu peserta didik dalam memahami konsep-konsep kompleks seperti teori Arrhenius, Brønsted-Lowry, dan Lewis secara lebih intuitif. Selain itu, fitur interaktivitas dan imersivitas yang ditawarkan AR secara signifikan meningkatkan keterlibatan kognitif dan emosional siswa dalam proses pembelajaran, yang pada gilirannya berkontribusi terhadap peningkatan motivasi belajar serta retensi informasi jangka pendek.

Namun demikian, perlu dicatat bahwa temuan ini tidak dapat digeneralisasi secara mutlak ke semua konteks pendidikan, mengingat terdapat sejumlah keterbatasan metodologis dalam studi-studi yang dianalisis. Sebagian besar penelitian masih menggunakan desain eksperimen yang bersifat lokal dan berskala kecil, dengan jumlah sampel yang terbatas serta durasi intervensi yang relatif singkat. Hal ini berdampak pada rendahnya kemampuan inferensi terhadap populasi yang lebih luas dan ketidakpastian mengenai daya tahan efek AR dalam jangka panjang. Selain itu, belum banyak studi yang secara komprehensif mengintegrasikan pembelajaran AR ke dalam kurikulum nasional atau pendekatan pembelajaran berstandar seperti pembelajaran berbasis proyek, inquiry, atau literasi saintifik. Oleh karena itu, meskipun potensi pedagogis AR sangat menjanjikan, dibutuhkan penelitian lanjutan dengan desain longitudinal, populasi yang lebih representatif, serta integrasi dengan konteks pembelajaran nyata di sekolah agar pemanfaatan teknologi ini dapat dioptimalkan secara sistematis dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Anasyida, M. S., Ahmad, A. M., & Rahim, S. S. A. (2023). *Integration of augmented reality in acid-base chemistry learning: Impacts on student understanding*. *Journal of Science Education and Technology*, 32(1), 85–98. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-09932-y>



- Barke, H. D., Hazari, A., & Yitbarek, S. (2009). *Misconceptions in chemistry: Addressing perceptions in chemical education*. Springer.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Chiu, M. H., Chou, C. C., & Liu, C. J. (2002). *Dynamic processes of conceptual change: Analysis of constructing mental models of chemical equilibrium*. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(8), 688–712. <https://doi.org/10.1002/tea.10048>
- Erfan, M., & Mahmudah, U. (2021). *Penerapan media augmented reality dalam meningkatkan pemahaman konsep asam basa*. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 13(2), 122–130.
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). *Augmented reality for STEM learning: A systematic review*. *Computers & Education*, 123, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering* (EBSE Technical Report EBSE-2007-01). Keele University and Durham University.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2002). *Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity*. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 358–368. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.91.2.358>
- Rastegarpour, H., & Marandi, S. S. (2019). *The effectiveness of augmented reality-based instruction on students' science learning and motivation*. *International Journal of Instruction*, 12(3), 423–438.
- Snyder, H. (2019). *Literature review as a research methodology: An overview and guidelines*. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Sweller, J. (2011). *Cognitive load theory*. In J. I. D. Campbell (Ed.), *Human Learning* (pp. 63–84). Springer.
- Wijaya, A., Astuti, B., & Permana, H. (2022). *The role of augmented reality in enhancing students' conceptual understanding in chemistry education: A meta-analytical review*. *Indonesian Journal of Chemistry Education*, 17(2), 135–147