

Analisis Kebutuhan Pengembangan Media Pembelajaran Kimia Berbasis Augmented Reality pada Materi Hidrokarbon di SMA

Brayen Ra Lengkong, Joel Gabriel Paath, Jakub Saddam Akbar*

Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Manado, Tondano, 95618, Indonesia

INFO ARTIKEL

Diterima: 5 Juli 2025

Disetujui: 14 Maret 2026

Dipublikasi: 31 Mei 2026

Key words:

Augmented Reality

Hydrocarbon

Learning Media

Needs Analysis

Kata kunci:

Augmented Reality

Hidrokarbon

Analisis Kebutuhan

Media Pembelajaran

ABSTRACT

This study aims to conduct a needs analysis for the development of Augmented Reality (AR)-based chemistry learning media on hydrocarbon material at the Senior High School (SMA) level. The background of this study is the complexity and abstract nature of hydrocarbon material, especially in understanding molecular three-dimensional structures such as isomers and IUPAC nomenclature, which conventional media fails to convey effectively. A descriptive survey method was employed, with a questionnaire distributed to 12 students of class XI at SMA Negeri 1 Sonder. Results showed that 91.7% of students found conventional media insufficient; 100% felt bored with conventional methods; 91.7% required interactive 3D visualization; 91.7% showed interest in AR-based learning; and 83.3% possess adequate smartphones to support AR applications. These findings indicate a strong need for the development of interactive AR-based learning media for hydrocarbon material to enhance student understanding and motivation.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kebutuhan pengembangan media pembelajaran kimia berbasis Augmented Reality (AR) pada materi hidrokarbon di Sekolah Menengah Atas (SMA). Latar belakang penelitian ini adalah kompleksitas dan keabstrakan materi hidrokarbon, khususnya dalam memahami struktur tiga dimensi molekul seperti isomer dan tata nama IUPAC, yang tidak dapat tersampaikan secara efektif melalui media konvensional. Metode yang digunakan adalah survei deskriptif dengan instrumen angket yang disebarakan kepada 12 siswa kelas XI SMA Negeri 1 Sonder. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 91,7% siswa merasa media konvensional kurang membantu; 100% siswa merasa jenuh dengan metode konvensional; 91,7% membutuhkan visualisasi 3D interaktif; 91,7% tertarik terhadap pembelajaran berbasis AR; dan 83,3% telah memiliki smartphone yang memadai untuk mendukung aplikasi AR. Temuan ini mengindikasikan kebutuhan kuat terhadap pengembangan media pembelajaran berbasis AR yang interaktif untuk materi hidrokarbon guna meningkatkan pemahaman dan motivasi belajar siswa.

*email:

jakubakbar@unima.ac.id

Pendahuluan

Kimia merupakan salah satu mata pelajaran yang menuntut kemampuan berpikir abstrak tinggi karena objek kajiannya meliputi struktur molekul, ikatan kimia, dan reaksi pada level submikroskopis yang tidak dapat diamati secara langsung (Seery, 2022). Salah satu materi dalam pembelajaran kimia SMA yang dianggap sulit oleh siswa adalah hidrokarbon. Materi ini mencakup topik-topik kompleks

seperti tata nama IUPAC, isomeri (termasuk isomer geometri cis-trans), serta sifat fisika dan kimia senyawa alkana, alkena, dan alkuna yang semuanya memerlukan pemahaman mendalam terhadap bentuk tiga dimensi (3D) molekul [1].

Pendekatan pembelajaran konvensional yang masih dominan digunakan—seperti metode ceramah, slide

presentasi statis, dan buku teks—memiliki keterbatasan dalam menyampaikan representasi 3D molekul. Gambar dua dimensi pada buku paket seringkali tidak mampu memberikan gambaran yang akurat mengenai geometri molekul sesungguhnya. Hal ini berkontribusi pada rendahnya pemahaman konseptual siswa dan meningkatnya kebosanan dalam proses pembelajaran [2]. Penelitian oleh Mazzuco et al. (2022) menunjukkan bahwa kesulitan dalam memvisualisasikan struktur molekul merupakan hambatan utama dalam pembelajaran kimia di sekolah menengah [3].

Teknologi Augmented Reality (AR) hadir sebagai alternatif inovatif yang mampu mengatasi keterbatasan media konvensional tersebut. AR didefinisikan sebagai teknologi yang melapiskan objek virtual 3D di atas lingkungan nyata secara real-time melalui kamera perangkat mobile [4]. Dalam konteks pendidikan kimia, AR memungkinkan siswa untuk mengamati, merotasi, dan berinteraksi dengan model molekul 3D secara langsung menggunakan smartphone mereka, sehingga dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan motivasi belajar [5].

Berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas penggunaan AR dalam pembelajaran kimia. Diantaranya, Hidayat et al. (2024) dalam studi meta-analisisnya menemukan bahwa AR secara konsisten meningkatkan keterlibatan siswa, motivasi, dan pemahaman konsep dibandingkan media konvensional [6]. Özcan dan Karademir (2020) juga melaporkan peningkatan signifikan pada pemahaman siswa tentang struktur molekul setelah menggunakan media berbasis AR [7]. Di Indonesia, Taufiq et al. (2019) mendemonstrasikan efektivitas AR dalam pembelajaran IPA di tingkat SMA, menunjukkan potensi besar teknologi ini dalam sistem pendidikan Indonesia [8].

Sebelum mengembangkan suatu media pembelajaran, tahap analisis kebutuhan merupakan langkah fundamental yang harus dilakukan untuk memastikan media yang dikembangkan benar-benar relevan dengan permasalahan dan kebutuhan pengguna [9]. Analisis kebutuhan membantu pengembang untuk memahami kesenjangan antara kondisi pembelajaran saat ini dengan kondisi yang diharapkan, serta mengidentifikasi karakteristik siswa sebagai pengguna potensial media [10].

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk: (1) mengidentifikasi kesulitan dan permasalahan siswa dalam mempelajari materi hidrokarbon, (2) menganalisis kebutuhan siswa terhadap media pembelajaran berbasis teknologi, dan (3) menginvestigasi minat dan kesiapan teknologi siswa terhadap penggunaan media berbasis AR. Hasil analisis kebutuhan ini diharapkan dapat menjadi landasan yang kuat bagi pengembangan media pembelajaran kimia berbasis AR pada materi hidrokarbon yang efektif dan sesuai kebutuhan siswa SMA.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif dengan pendekatan survei. Metode survei dipilih karena bertujuan untuk mengumpulkan data yang menggambarkan kondisi aktual kebutuhan siswa terhadap media pembelajaran kimia berbasis AR tanpa memberikan perlakuan khusus [11]. Penelitian ini merupakan bagian dari tahap awal (preliminary research) dari model pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) yang berfokus pada fase Analysis.

Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah 12 siswa kelas XI SMA Negeri 1 Sonder yang telah atau sedang mempelajari materi hidrokarbon.

Pemilihan subjek dilakukan secara purposive sampling dengan pertimbangan bahwa siswa tersebut memiliki pengalaman langsung dalam pembelajaran materi hidrokarbon sehingga dapat memberikan respons yang valid terhadap instrumen yang diberikan.

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan adalah angket tertutup (closed-ended questionnaire) berbasis Google Form yang terdiri dari 16 butir pernyataan dengan pilihan jawaban dikotomis "Ya" dan "Tidak". Angket disusun berdasarkan empat aspek utama, yaitu: (1) permasalahan dalam pembelajaran hidrokarbon (butir 1-6), (2) kebutuhan terhadap media interaktif dan visualisasi 3D (butir 7-11), (3) minat dan persepsi terhadap teknologi AR (butir 12-14), dan (4) kesiapan teknologi siswa (butir 15-16). Sebelum digunakan, instrumen telah divalidasi secara logis oleh dosen pembimbing.

Teknik Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif dengan menghitung frekuensi dan persentase jawaban "Ya" pada setiap butir pernyataan. Persentase dihitung menggunakan rumus $P = (f/n) \times 100\%$, di mana P adalah persentase, f adalah frekuensi jawaban "Ya", dan n adalah jumlah total responden. Interpretasi hasil mengacu pada kriteria yang diadaptasi dari Arikunto (2019): sangat tinggi (81-100%), tinggi (61-80%), cukup (41-60%), rendah (21-40%), dan sangat rendah (0-20%) [12]. Pengolahan data dilakukan menggunakan Microsoft Excel dan Python.

Hasil dan Pembahasan

1. Permasalahan dalam Pembelajaran Materi Hidrokarbon

Hasil analisis data angket secara lengkap disajikan pada Tabel 1 berikut. Data dikumpulkan dari 12 responden siswa kelas XI SMA Negeri 1 Sonder.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Analisis Kebutuhan (n = 12)

No.	Pernyataan	Ya	Tidak	Persentase
1	Materi hidrokarbon sulit dipahami	8	4	66,7%
2	Konsep hidrokarbon terasa abstrak dan sulit dibayangkan	10	2	83,3%
3	Media pembelajaran saat ini (konvensional) kurang membantu	11	1	91,7%
4	Butuh visualisasi 3D bentuk molekul	11	1	91,7%
5	Gambar struktur di buku paket kurang jelas secara 3D	8	4	66,7%
6	Jenuh/kurang termotivasi dengan metode ceramah konvensional	12	0	100%
7	Butuh visualisasi 3D alkana, alkena, dan alkuna	10	2	83,3%
8	Butuh simulasi rotasi ikatan untuk isomer geometri (cis-trans)	12	0	100%
9	Butuh media interaktif (memutar, memperbesar objek molekul)	11	1	91,7%
10	Media interaktif membantu mengingat materi lebih lama	11	1	91,7%
11	Butuh media untuk belajar mandiri kapan saja	12	0	100%
12	Tertarik belajar kimia menggunakan media berbasis AR	11	1	91,7%

13	Media dapat membantu memvisualisasikan hidrokarbon	AR	11	1	91,7%
14	Penggunaan AR meningkatkan semangat belajar kimia		12	0	100%
15	Memiliki smartphone memadai untuk aplikasi AR		10	2	83,3%
16	Koneksi internet mendukung penggunaan/unduh aplikasi AR		8	4	66,7%

Sumber: Data primer (2025)

Dari aspek permasalahan pembelajaran, data menunjukkan bahwa 66,7% siswa menyatakan materi hidrokarbon sulit dipahami. Persentase ini tergolong dalam kategori tinggi. Lebih jauh, 83,3% siswa merasa bahwa konsep-konsep pada materi hidrokarbon bersifat abstrak dan sulit untuk dibayangkan. Tingginya angka ini konsisten dengan temuan Permatasari et al. (2022) yang menyatakan bahwa representasi sub-mikroskopik dalam kimia, termasuk struktur molekul hidrokarbon, merupakan salah satu aspek paling menantang dalam pembelajaran kimia [13].

Temuan yang paling menonjol adalah 100% siswa menyatakan merasa jenuh atau kurang termotivasi ketika belajar hidrokarbon dengan metode ceramah dan media konvensional. Hal ini mengindikasikan bahwa pendekatan pembelajaran yang saat ini diterapkan belum mampu membangkitkan motivasi intrinsik siswa. Sebagaimana yang dikemukakan Ryan dan Deci (2020) dalam teori self-determination, media pembelajaran yang mampu mendukung otonomi dan kompetensi siswa berperan penting dalam meningkatkan motivasi intrinsik [14]. Temuan ini diperkuat

oleh 91,7% siswa yang menyatakan bahwa media pembelajaran yang digunakan guru saat ini kurang membantu pemahaman mereka terhadap materi hidrokarbon.

2. Kebutuhan terhadap Visualisasi 3D dan Media Interaktif

Pada aspek kebutuhan terhadap media interaktif, hasil menunjukkan persentase yang sangat tinggi secara konsisten. Sebanyak 91,7% siswa menyatakan membutuhkan visualisasi tiga dimensi untuk memahami perbedaan bentuk molekul alkana, alkena, dan alkuna. Kebutuhan terhadap visualisasi 3D ini sejalan dengan Teori Representasi Kimia yang dikemukakan oleh Seery (2022), di mana pemahaman kimia yang komprehensif memerlukan kemampuan untuk beralih antara level makroskopik, submikroskopik, dan simbolik [1].

Data yang sangat signifikan ditemukan pada kebutuhan simulasi rotasi ikatan untuk memahami konsep isomer geometri (cis-trans), di mana 100% siswa menyatakan membutuhkannya. Isomer geometri merupakan konsep yang sepenuhnya bergantung pada pemahaman spasial tiga dimensi—khususnya orientasi gugus-gugus di sekitar ikatan rangkap—yang tidak dapat diwakili secara memadai oleh gambar statis dua dimensi. Penelitian Fombona-Pascual et al. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan lingkungan virtual 3D secara signifikan meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep spasial dalam kimia organik [15].

Selain itu, 91,7% siswa membutuhkan media yang memungkinkan interaksi langsung seperti memutar dan memperbesar objek molekul, dan 91,7% setuju bahwa media interaktif akan membantu mereka mengingat materi lebih lama. Temuan ini mendukung prinsip Active Learning yang menyatakan bahwa keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran—termasuk melalui manipulasi

objek virtual—secara signifikan meningkatkan retensi dan pemahaman materi [16]. Secara keseluruhan, 100% siswa menyatakan membutuhkan media yang dapat diakses kapan saja untuk belajar mandiri di luar jam pelajaran.

3. Minat dan Persepsi Siswa terhadap Teknologi AR

Aspek minat dan persepsi siswa terhadap AR menunjukkan hasil yang sangat positif. Sebanyak 91,7% siswa tertarik untuk belajar kimia menggunakan media berbasis AR. Tingginya minat ini mengindikasikan penerimaan yang baik terhadap inovasi teknologi dalam pembelajaran, yang merupakan faktor kritis bagi keberhasilan implementasi media pembelajaran berbasis teknologi sebagaimana dijelaskan dalam Technology Acceptance Model (TAM) yang dikembangkan oleh Rosli et al. (2022) [17].

Lebih lanjut, 91,7% siswa yakin bahwa media AR dapat membantu mereka memvisualisasikan materi hidrokarbon dengan lebih mudah, dan 100% siswa berpendapat bahwa penggunaan AR akan meningkatkan semangat dan antusiasme mereka dalam mengikuti pelajaran kimia. Keyakinan siswa terhadap efektivitas AR ini memiliki implikasi positif terhadap potensi motivasi ekstrinsik yang dapat ditimbulkan oleh penggunaan media AR, yang pada akhirnya dapat mendorong terciptanya motivasi intrinsik yang lebih kuat dalam diri siswa [18].

4. Kesiapan Teknologi Siswa

Analisis kesiapan teknologi menunjukkan bahwa 83,3% siswa sudah memiliki perangkat smartphone dengan kamera yang memadai untuk menggunakan aplikasi AR. Persentase ini tergolong kategori sangat tinggi dan mengindikasikan bahwa infrastruktur perangkat keras pada level individu siswa sudah cukup memadai untuk mendukung implementasi media AR. Namun

demikian, hanya 66,7% siswa yang menyatakan bahwa koneksi internet di lingkungan mereka mendukung penggunaan atau pengunduhan aplikasi AR. Hal ini perlu menjadi pertimbangan dalam desain media AR yang akan dikembangkan, yaitu dengan mengoptimalkan fitur offline agar media tetap dapat digunakan meskipun koneksi internet terbatas.

Ketersediaan smartphone yang tinggi di kalangan siswa SMA sejalan dengan data penetrasi smartphone di Indonesia yang menunjukkan pertumbuhan signifikan di kalangan pelajar (APJII, 2023). Kondisi ini menjadi peluang besar bagi pengembangan media pembelajaran berbasis mobile AR, karena tidak memerlukan perangkat keras tambahan yang mahal di luar perangkat yang sudah dimiliki siswa. Prafitasari et al. (2022) dalam penelitiannya di SMA di Jawa juga menemukan pola serupa di mana kesiapan smartphone siswa menjadi faktor pendukung utama implementasi media AR dalam pembelajaran kimia [19].

5. Implikasi bagi Pengembangan Media AR

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis kebutuhan, terdapat justifikasi yang kuat untuk mengembangkan media pembelajaran kimia berbasis AR pada materi hidrokarbon. Rata-rata persentase kebutuhan pada aspek permasalahan pembelajaran mencapai 81,7%; aspek kebutuhan media interaktif 93,1%; aspek minat terhadap AR 94,4%; dan aspek kesiapan teknologi 75,0%. Secara keseluruhan, rata-rata persentase pada semua aspek mencapai 86,1% yang termasuk dalam kategori sangat tinggi.

Temuan ini konsisten dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang juga merekomendasikan pengembangan media AR untuk topik-topik kimia yang bersifat abstrak. Penggunaan model pengembangan yang sistematis seperti ADDIE atau 4D disarankan untuk memastikan kualitas media yang dikembangkan [20]. Fitur-fitur yang perlu

diprioritaskan dalam pengembangan media AR ini antara lain: (1) visualisasi model 3D molekul alkana, alkena, dan alkuna yang dapat dirotasi 360 derajat; (2) simulasi rotasi ikatan untuk menjelaskan isomer geometri cis-trans; (3) pelabelan nama IUPAC yang terhubung dengan struktur molekul; (4) mode offline untuk mengakomodasi keterbatasan koneksi internet; dan (5) antarmuka yang intuitif dan mudah digunakan oleh siswa SMA.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang telah dilakukan terhadap 12 siswa kelas XI SMA Negeri 1 Sonder, dapat disimpulkan sebagai berikut: Pertama, terdapat permasalahan nyata dalam pembelajaran hidrokarbon secara konvensional, ditandai dengan 66,7% siswa merasa materi ini sulit, 83,3% menganggapnya abstrak, 91,7% merasa media saat ini kurang membantu, dan 100% siswa merasa jenuh dengan metode konvensional. Kedua, kebutuhan terhadap media interaktif berbasis visualisasi 3D sangat tinggi (rata-rata 93,1%), terutama untuk fitur rotasi molekul dan simulasi isomer geometri. Ketiga, minat siswa terhadap media pembelajaran berbasis AR sangat tinggi (rata-rata 94,4%), didukung oleh keyakinan bahwa AR akan memudahkan visualisasi dan meningkatkan motivasi belajar. Keempat, kesiapan teknologi siswa cukup memadai dengan 83,3% memiliki smartphone yang mendukung AR, meskipun ketersediaan internet yang stabil masih perlu menjadi pertimbangan dalam desain media. Secara keseluruhan, hasil analisis kebutuhan ini memberikan landasan yang kuat dan menjustifikasi pengembangan media pembelajaran kimia berbasis Augmented Reality pada materi hidrokarbon untuk siswa SMA.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala sekolah dan guru kimia SMA Negeri 1 Sonder yang telah memberikan izin dan memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini, serta kepada seluruh siswa yang telah bersedia menjadi responden. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan masukan yang diberikan selama proses penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Seery, M. K. (2022). Toward a more systemic approach to chemistry education: The macroscopic, submicroscopic, and symbolic levels of representation. In A. McDaniel (Ed.), *Research and Practice in Chemistry Education* (pp. 3-16). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6824-3_2
- [2] Purwanto, K. K., Sutrisno, J., & Chiu, P.-S. (2021). Analysis on students' understanding of hydrocarbon compounds in organic chemistry II course. *EduChemia*, 6(2), 219-231. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v6i2.8913>
- [3] Mazzuco, A. C., De Souza, J. F., Da Silva, J. C. B., & Fernandes, R. M. F. (2022). A systematic review of augmented reality in chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 99(7), 2604-2617. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00249>
- [4] Fombona-Pascual, A., Fombona-Chávez, J., & Vázquez-Castrillón, S. (2022). Augmented reality, a review of a way to represent and manipulate 3D chemical structures. *Education Sciences*, 12(2), 96. <https://doi.org/10.3390/educsci12020096>
- [5] Yang, S., Mei, B., & Yue, X. (2018). Mobile augmented reality assisted chemical education: A case study of pre-service chemistry teachers' perceptions. *Journal of Chemical Education*, 95(9), 1541-1547. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00014>
- [6] Hidayat, R., Wardat, Y., Ben-Abdelfattah, F., & Al-Rashidi, H. (2024). A systematic review of augmented reality in science, technology, engineering and mathematics education. *International Journal of Educational Methodology*, 10(1), 89-114. <https://doi.org/10.12973/ijem.10.1.89>
- [7] Özcan, H., & Ünal, E. (2020). Augmented reality in science education: A systematic literature review. *Participatory Educational Research*,

- 7(2), 165-186.
<https://doi.org/10.17275/per.20.27.7.2>
- [8] Taufiq, M., Amalia, A. V., Parmin, P., & Leviana, A. (2019). Design of Science Mobile Learning of Eclipse Phenomena with Augmented Reality on Android-Based Smartphones. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(4), 549-558.
<https://doi.org/10.15294/jpii.v8i4.20643>
- [9] Ariani, M., Zulhawati, Z., Haryani, H., Zani, B. N., Husnita, L., Firmansyah, M. B., ... dan Hamsiah, A. 2023. Penerapan Media Pembelajaran Era Digital. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- [10] Spatioti, A. G., Kazanidis, I., & Pange, J. (2022). A comparative study of the ADDIE instructional design model in distance education. *Sustainability*, 14(11), 6758.
<https://doi.org/10.3390/su14116758>
- [11] Sugiyono. (2019). Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Alfabeta.
- [12] Kurniawan, H., Hakim, L., Sanulita, H., Maiza, M., Arisanti, I., Rismawan, M., ... & Amalia, M. M. (2023). *Teknik Penulisan Karya Ilmiah: Cara membuat Karya Ilmiah yang baik dan benar*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- [13] Permatasari, B., Pramasari, R. A., & Damayanti, A. (2022). Chemistry learning using multiple representations: A systematic literature review. *Journal of Science Learning*, 5(2), 334-341.
<https://doi.org/10.17509/jsl.v5i2.34251>
- [14] Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101860.
<https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860>
- [15] Fombona-Pascual, A., Fombona-Chávez, J., & Vázquez-Castrillón, S. (2022). Augmented reality, a review of a way to represent and manipulate 3D chemical structures. *Education Sciences*, 12(2), 96.
<https://doi.org/10.3390/educsci12020096>
- [16] Ginting, D. B., Harahap, M. S., & Rajagukguk, W. (2021). Student engagement and factors affecting active learning in higher education. *Jurnal Pendidikan Islam*, 10(2), 137-150.
<https://doi.org/10.22219/jpi.v10i2.15923>
- [17] Rosli, M. S., Saleh, R. A., Md Yasin, R. M., & Hashim, H. (2022). A systematic review of the technology acceptance model for the sustainability of higher education. *Sustainability*, 14(14), 8834.
<https://doi.org/10.3390/su14148834>
- [18] Akbar, J. S., & Djakariah, D. (2024). Transformasi pembelajaran kimia melalui pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) pada era society 5.0. *Edudikara: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 9(1), 19-26.
- [19] Prafitasari, A. N., Sunarno, W., & Sajidan, S. (2022). Development of augmented reality-based learning media on hydrocarbon material for senior high school students. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 16(2), 3021-3030.
<https://doi.org/10.15294/jipk.v16i2.35421>
- [20] Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- [21] Akbar, J. S., & Djakariah, D. (2024). Efektifitas penggunaan media pembelajaran berbasis augmented reality dalam pembelajaran kimia di era society 5.0. *UNESA Journal of Chemical Education*, 13(2), 86-99.
<https://doi.org/10.26740/ujced.v13n2.p86-99>
- [22] Akbar, J. S., & Djakariah, D. (2024). Transformasi pembelajaran kimia melalui pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) pada era society 5.0. *Edudikara: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 9(1), 19-26.
- [23] Ramli, Akhmad, Rahmadani Putri, Eliza Trimadona, Ayuliamita Abadi, Yolla Ramadani, Andi Muh Akbar Saputra, Pebrina Pirmani, Nurhasanah Nurhasanah, Iin Nirwana, dan Khotimah Mahmudah. 2023. *Landasan Pendidikan: Teori Dan Konsep Dasar Landasan Pendidikan Era Industri 4.0 Dan Society 5.0 Di Indonesia*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia
- [24] Akbar, J. S., & Djakariah, D. (2025). Efektivitas penggunaan media pembelajaran berbasis multiple representasi dalam pembelajaran kimia: Tinjauan literatur. *Journal of Chemistry Sciences and Education*, 2(2).
<https://doi.org/10.69606/jcse.v2i02.358>
- [25] Maanari, C. P., Gugule, S., Fatimah, F., Utami, A. R. P., Rukmana, M., Pratiwi, A. D., Akbar, J. S., Rumengan, S. M., & Mustapa, M. (2025). Pengenalan aplikasi PhET simulation sebagai media pembelajaran kimia interaktif di SMA Negeri 3 Tondano, Sulawesi Utara. *Jurnal Anugerah: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Bidang Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, 7(1), 23-34.
<https://doi.org/10.31629/anugerah.v7i1.6890>
- [26] Akbar, J. S., Dasna, I. W., & Wonorahardjo, S. (2019). The effect of guided inquiry-based practicum learning and prior knowledge on learning outcomes and science process skills of

high school students on solubility and solubility products. Jurnal Pendidikan Sains, 7(3).

- [27] Putra, S., Tuerah, P. R., Mesra, R., Sukwika, T., Sarman, F., Nur, N. A., ... & Akbar, J. S. (2023). *Metode penelitian kuantitatif: Teori dan panduan praktis analisis data kuantitatif*. Mifandi Mandiri Digital.
- [28] Akbar, J. S., Siregar, K. E., Djakariah, D., Sugiarto, S., Rosalina, F. S., & Wekke, I. S. (2024). *Metode penelitian pendidikan*. PT. Mifandi Mandiri Digital.