Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan
E-ISSN 2808-246X; P-ISSN 2808-3636
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2172-2185
Email: pantherajurnal@gmail.com

PENGEMBANGAN e-LKPD INTERAKTIF BERBASIS *AUGMENTED REALITY* PADA MATERI HIDROKARBON UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA

Suryani Simanjuntak[1] & Makharany Dalimunthe[2]*
[1&2]Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Jalan William Iskandar Ps. V, Deli Serdang, Sumatera Utara 20221, Indonesia
**Email: makharanydalimunthe@unimed.ac.id*
Submit: 05-06-2026; Accepted: 10-09-2026; Published: 06-10-2026

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-LKPD interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi hidrokarbon, serta mengetahui kelayakan dan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan e-LKPD yang dikembangkan. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan 4D yang meliputi tahap *define*, *design*, *development*, dan *disseminate*. Subjek penelitian terdiri atas 29 siswa kelas XI SMA Negeri 2 Percut Sei Tuan yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Instrumen penelitian meliputi angket analisis kebutuhan, lembar validasi ahli materi dan ahli media, angket respon siswa, serta tes kemampuan berpikir kritis berupa *pre-test* dan *post-test* yang terdiri atas 14 soal esai berdasarkan indikator berpikir kritis Ennis. e-LKPD dikembangkan menggunakan *Canva*, *Assemblr Edu* untuk visualisasi molekul tiga dimensi, dan *Liveworksheets* untuk penyajian materi, aktivitas, serta soal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-LKPD interaktif berbasis AR memperoleh rata-rata validasi ahli materi sebesar 84,8% dan ahli media sebesar 85,2% yang keduanya termasuk kategori sangat valid. Kemampuan berpikir kritis siswa meningkat dari rata-rata *pre-test* sebesar 52,45 menjadi *post-test* sebesar 89,14 dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,76 yang termasuk kategori tinggi. Respon siswa terhadap e-LKPD memperoleh rata-rata sebesar 92,53% dengan kategori sangat tinggi. Sehingga, e-LKPD interaktif berbasis AR yang dikembangkan dinyatakan sangat valid dan mendapat respon sangat baik serta menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi hidrokarbon.

Kata Kunci: e-LKPD, *Augmented Reality*, Hidrokarbon, Berpikir Kritis, 4D.

ABSTRACT: *This study aims to develop an interactive Augmented Reality (AR)-based electronic student worksheet (e-LKPD) on the topic of hydrocarbons, as well as to determine its feasibility and its impact on improving students' critical thinking skills. The study employs the Research and Development (R&D) method using the 4D development model, comprising the define, design, development, and disseminate stages. The research subjects consisted of 29 Grade XI students from SMA Negeri 2 Percut Sei Tuan, selected via purposive sampling. Research instruments included a needs analysis questionnaire, validation sheets for subject matter and media experts, a student response questionnaire, and critical thinking assessments (pre-test and post-test) consisting of 14 essay questions based on Ennis's critical thinking indicators. The e-LKPD was developed using Canva, Assemblr Edu (for 3D molecular visualization), and Liveworksheets (for presenting content, activities, and questions). Results indicate that the AR-based interactive e-LKPD achieved average validation scores of 84.8% from subject matter experts and 85.2% from media experts, both falling into the "highly valid" category. Students' critical thinking skills improved, with the average score rising from 52.45 (pre-test) to 89.14 (post-test), yielding an N-Gain score of 0.76, which falls into the "high" category. Student response to the e-LKPD averaged 92.53%, placing it in the "very high" category. Thus, the developed AR-based interactive e-LKPD is deemed highly valid, received a very positive response, and demonstrated an improvement in students' critical thinking skills regarding hydrocarbon topics.*

Keywords: *e-LKPD, Augmented Reality, Hydrocarbons, Critical Thinking, 4D.*

Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan
E-ISSN 2808-246X; P-ISSN 2808-3636
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2172-2185
Email: pantherajurnal@gmail.com

How to Cite: Simanjuntak, S., & Dalimunthe, M. (2026). Pengembangan e-LKPD Interaktif Berbasis *Augmented Reality* pada Materi Hidrokarbon untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan, 6*(4), 2172-2185. https://doi.org/10.36312/panthera.v6i4.1499

Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan *is Licensed Under a CC BY-SA Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License*.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi yang semakin pesat memberikan dampak pada berbagai bidang kehidupan, termasuk ekonomi, sosial, budaya, dan pendidikan. Pendidikan merupakan salah satu bidang yang turut mengalami perubahan akibat perkembangan digitalisasi. Digitalisasi dalam pendidikan dapat dimaknai sebagai proses pemanfaatan teknologi digital dalam kegiatan pembelajaran untuk mendukung tercapainya tujuan pendidikan. Seiring dengan meningkatnya pemanfaatan teknologi dalam dunia pendidikan, sistem pembelajaran di Indonesia juga terus mengalami pembaruan agar selaras dengan perkembangan zaman. Hal ini terlihat dari perubahan kurikulum nasional yang berorientasi pada pengembangan kompetensi abad ke-21 (Listianto *et al.*, 2025).

Kurikulum Merdeka merupakan pendekatan kurikulum yang memberikan fleksibilitas dalam pembelajaran dengan menekankan pada materi penting serta pengembangan karakter dan kompetensi peserta didik. Salah satu cirinya adalah penerapan pembelajaran yang lebih interaktif dan kolaboratif. Selain itu, kurikulum ini juga memberikan kebebasan kepada pendidik untuk menggunakan berbagai perangkat pembelajaran, seperti asesmen literasi, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), modul ajar, dan buku teks (Fakhri, 2023).

Kimia merupakan salah satu mata pelajaran yang memiliki banyak konsep abstrak dan kompleks, sehingga relatif sulit dipahami oleh siswa. Beberapa fenomena kimia tidak dapat diamati secara langsung, siswa sering kali harus memahami konsep berdasarkan representasi atau penjelasan yang diberikan. Penggunaan bahan ajar dan media pembelajaran yang kurang interaktif juga dapat menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep, bahkan berpotensi menimbulkan miskonsepsi, dan rendahnya kemampuan berpikir kritis, Beberapa materi kimia yang telah diteliti dan sering menghadapi kendala yaitu ikatan kimia, hidrokarbon, dan bentuk molekul (Karyawati *et al.*, 2022).

Berdasarkan hasil observasi pada pembelajaran kimia materi hidrokarbon di kelas XI, proses pembelajaran secara umum telah berjalan dengan baik, akan tetapi siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami materi hidrokarbon. Salah satu faktor yang menyebabkan kesulitan ini adalah penggunaan media pembelajaran yang masih terbatas. Guru cenderung menggunakan buku paket sebagai sumber belajar utama, sedangkan penggunaan media pembelajaran lainnya masih terbatas pada modul ajar dan LKPD dalam bentuk cetak yang sederhana. Selain itu, metode pembelajaran yang digunakan masih didominasi oleh metode ceramah, sehingga siswa cenderung merasa bosan dan kurang tertarik mengikuti pembelajaran kimia. Kondisi tersebut menyebabkan materi hidrokarbon dipandang sebagai materi yang sulit dan membosankan untuk dipelajari. Oleh karena itu, diperlukan bahan ajar

Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan
E-ISSN 2808-246X; P-ISSN 2808-3636
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2172-2185
Email: pantherajurnal@gmail.com

yang lebih interaktif dan sesuai dengan perkembangan teknologi untuk mendukung keterlibatan siswa dalam pembelajaran.

LKPD merupakan bahan ajar berupa lembaran yang berisi materi, petunjuk, dan tugas untuk membantu siswa mencapai kompetensi tertentu. LKPD dapat membantu memfasilitasi pengembangan kompetensi pengetahuan, keterampilan, dan sikap secara terpadu. Namun, penggunaan LKPD konvensional yang cenderung monoton menjadi salah satu keterbatasan dalam pembelajaran. Pengembangan LKPD dalam bentuk elektronik (e-LKPD) menjadi salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk menyesuaikan bahan ajar dengan kebutuhan pembelajaran di era digital (Apmiyanti & Yerimadesi, 2024).

E-LKPD merupakan lembar kerja peserta didik yang disajikan dalam bentuk elektronik dan dapat memuat materi, gambar, animasi, video, serta berbagai bentuk aktivitas pembelajaran interaktif. Penggunaan e-LKPD pada materi hidrokarbon telah dikembangkan dalam beberapa penelitian. Sagita *et al.* (2024) misalnya, mengembangkan e-LKPD berbasis komik pada materi hidrokarbon dan memperoleh hasil validasi serta praktikalitas dalam kategori sangat baik. Penelitian Nanditaputri (2023) juga mengembangkan e-LKPD model *anchored instruction* pada materi hidrokarbon dan menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan layak digunakan sebagai bahan ajar. Temuan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan e-LKPD pada materi hidrokarbon berpotensi mendukung pembelajaran yang lebih interaktif dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik.

Penggunaan *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran juga menawarkan peluang untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam memahami konsep. Beberapa penelitian mengenai media pembelajaran AR mampu menghadirkan objek virtual tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata, AR memungkinkan siswa berinteraksi dengan objek secara lebih visual dan imajinatif. Hal tersebut dapat membantu siswa dalam memvisualisasikan konsep abstrak serta memberikan pengalaman belajar yang lebih fleksibel dan adaptif (Utami & Syahri, 2025). Pemanfaatan AR dalam e-LKPD dalam konteks materi hidrokarbon yang memiliki konsep dan representasi struktur molekul yang perlu divisualisasikan menjadi salah satu solusi yang relevan untuk dikembangkan.

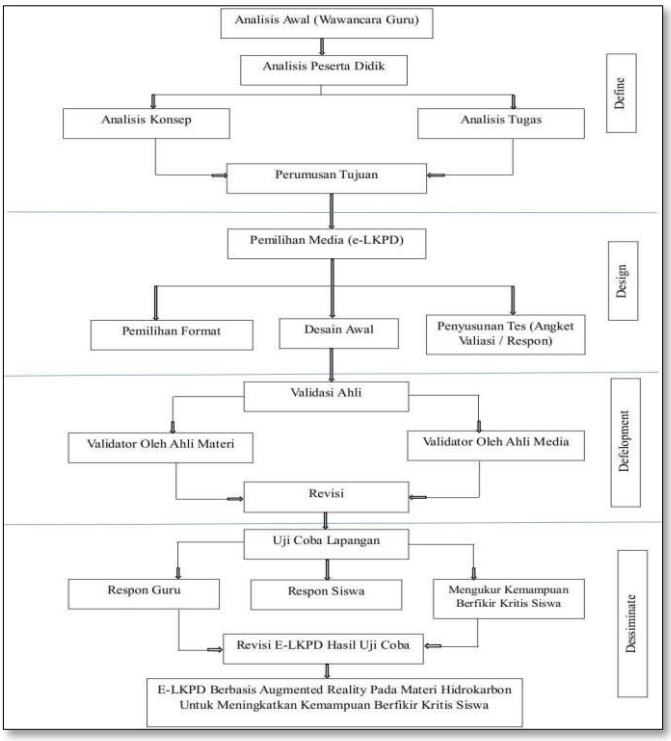
Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan e-LKPD maupun media pembelajaran berbasis AR (Ningsih *et al.*, 2026; Prasetya & Sukarmin, 2026; Tahir *et al.*, 2025). Namun, penelitian yang secara khusus mengintegrasikan teknologi AR ke dalam e-LKPD interaktif pada materi hidrokarbon untuk memfasilitasi kemampuan berpikir kritis siswa SMA masih terbatas. Sehingga, diperlukan pengembangan bahan ajar yang tidak hanya memanfaatkan teknologi digital, tetapi juga dirancang untuk mendukung keterlibatan siswa dan kemampuan berpikir kritis dalam memahami materi hidrokarbon.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi teknologi *augmented reality* ke dalam e-LKPD interaktif pada materi hidrokarbon yang dirancang untuk memfasilitasi kemampuan berpikir kritis siswa dalam konteks implementasi Kurikulum Merdeka. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-LKPD interaktif berbasis *augmented reality* pada materi hidrokarbon yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan
E-ISSN 2808-246X; P-ISSN 2808-3636
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2172-2185
Email: pantherajurnal@gmail.com

METODE

Jenis penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D) dengan menggunakan model pengembangan 4D dari Thiagarajan meliputi tahapan *define*, *design*, *development*, dan *disseminate*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI SMA Negeri 2 Percut Sei Tuan. Populasi ini dipilih karena materi hidrokarbon terdapat di kelas XI, dan sebanyak 29 siswa menjadi sampel penelitian. Pengambilan sampel menggunakan teknik *purposive sampling* dengan kriteria siswa yang belum mendapatkan pembelajaran hidrokarbon. Menurut Sadiman (2010) dalam pelaksanaan uji coba terbatas, subjek yang terlibat sebanyak 10-20 orang. Tahapan pengembangan e-LKPD interaktif berbasis AR ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Pengembangan e-LKPD Interaktif Berbasis AR.

Gambar 1 menunjukkan bahwa tahap *define* merupakan tahap awal yang bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan dan permasalahan pembelajaran sebagai dasar pengembangan produk. Tahap ini meliputi analisis kebutuhan pembelajaran, karakteristik peserta didik, serta kebutuhan terhadap media pembelajaran pada materi hidrokarbon. Tahap *design* merupakan tahap perancangan produk, dimana pada tahap ini dilakukan penyusunan rancangan awal e-LKPD, pemilihan media yang digunakan, pemilihan format, serta penyusunan instrumen penelitian yang diperlukan dalam proses pengembangan dan pengujian produk.

Tahap *development* merupakan tahap pengembangan produk berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Pada tahap ini, e-LKPD dikembangkan dan selanjutnya dilakukan validasi oleh ahli materi dan ahli media untuk mengetahui

Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan
E-ISSN 2808-246X; P-ISSN 2808-3636
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2172-2185
Email: pantherajurnal@gmail.com

kelayakan produk. Hasil validasi digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan terhadap e-LKPD sebelum digunakan dalam pembelajaran. Tahap ini memastikan produk yang dikembangkan sesuai dengan tujuan pembelajaran. Tahap *disseminate* merupakan tahap penyebarluasan produk yang telah dikembangkan dan dinyatakan layak. Produk yang telah melalui tahap pengembangan selanjutnya disebarluaskan agar dapat digunakan sebagai media pembelajaran.

Instrumen pengumpulan data menggunakan jenis data kualitatif dan kuantitatif. Pada data kualitatif diperoleh melalui angket analisis kebutuhan, lembar validasi ahli, dan angket respon siswa, sedangkan data kuantitatif diperoleh dari tes kemampuan berpikir kritis. Data analisis kebutuhan diperoleh dengan melakukan analisis kebutuhan guru melalui wawancara dengan guru kimia, dan analisis kebutuhan siswa diperoleh dari 29 siswa menggunakan angket kebutuhan siswa. Lembar validasi digunakan untuk mengetahui kelayakan e-LKPD interaktif berbasis AR yang dinilai oleh ahli media dan ahli materi sebanyak masing-masing tiga orang ahli, sedangkan angket respon siswa digunakan untuk mengetahui tanggapan siswa setelah menggunakan e-LKPD interaktif berbasis AR. Tes kemampuan berpikir kritis diberikan dalam bentuk *pre-test* dan *post-test* sebanyak 14 butir soal esai untuk mengukur peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah penggunaan e-LKPD interaktif berbasis AR. Tes ini disusun berdasarkan indikator kemampuan berpikir kritis menurut Ennis yang meliputi *elementary clarification*, *basic support*, *inference*, *advanced clarification*, dan *strategy and tactics*. Teknik analisis data pada lembar validasi ahli dan angket respon siswa menggunakan interpretasi skala *Likert* rentang 1-4 yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Penilaian Ahli dan Jawaban Respon Siswa.

Kriteria	Skor
Sangat Setuju	4
Setuju	3
Kurang Setuju	2
Tidak Setuju	1

Sumber: Mardianto *et al.* (2022).

Selanjutnya, skor yang diperoleh dihitung persentasenya menggunakan rumus berikut ini.

$$\textbf{Persentase} = \frac{\sum \textbf{Jumlah skor yang diperoleh}}{\textbf{Skor maksimal}} \times \textbf{100\%}$$

Nilai yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan kriteria kelayakan berdasarkan pedoman yang ditunjukkan pada Tabel 2 untuk menentukan tingkat kelayakan e-LKPD interaktif berbasis AR.

Tabel 2. Kriteria Kelayakan e-LKPD Interaktif Berbasis AR.

Persentase (%)	Kriteria
81, 25 – 100	Sangat Valid
62,50 – 81,24	Valid
43,75 – 62,49	Cukup Valid
25 – 43,74	Tidak Valid

Sumber: Widayako (2012).

Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan
E-ISSN 2808-246X; P-ISSN 2808-3636
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2172-2185
Email: pantherajurnal@gmail.com

Data respon siswa yang diperoleh dianalisis berdasarkan rentang nilai dan kriteria yang disajikan pada Tabel 3 untuk menentukan kriteria respon siswa setelah menggunakan e-LKPD interaktif berbasis AR.

Tabel 3. Kriteria Respon Siswa.

Persentase (%)	Kriteria
80,1 – 100	Sangat Tinggi
60,1 – 80	Tinggi
40,1 – 60	Sedang
20,1 – 40	Rendah
0,0 – 20	Sangat Rendah

Sumber: Karnia *et al.* (2024).

Peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dianalisis berdasarkan hasil *pre-test* dan *post-test* menggunakan rumus *N-Gain* berikut ini.

$$\boldsymbol{N-Gain} = \frac{\textbf{Skor } \boldsymbol{posttest} - \textbf{Skor } \boldsymbol{pretest}}{\textbf{Skor ideal} - \textbf{Skor } \boldsymbol{pretest}}$$

Selanjutnya, skor *N-Gain* yang diperoleh dikategorikan sesuai kriteria, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria Skor *N-Gain*.

Skor *N-Gain* (g)	Kriteria
$g > 0{,}70$	Tinggi
$0{,}30 \leq g \leq 0{,}70$	Sedang
$g < 0{,}3$	Rendah

Sumber: Evawani *et al.* (2013).

Jika perolehan skor *N-Gain* sebesar 0,3 disimpulkan bahwa e-LKPD interaktif berbasis AR layak digunakan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa e-LKPD interaktif berbasis AR pada materi hidrokarbon untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Penelitian dilaksanakan menggunakan model pengembangan 4D.

Tahap Define

Tahap *define* dilakukan dengan cara analisis kebutuhan guru dan siswa. Berdasarkan analisis kebutuhan guru melalui wawancara guru kimia, diketahui bahwa pembelajaran hidrokarbon masih didominasi metode ceramah, latihan soal, buku paket, dan sumber internet. Selain itu, guru juga belum pernah menggunakan e-LKPD yang interaktif, dan guru setuju bahwa e-LKPD interaktif berbasis AR dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Selanjutnya, hasil analisis kebutuhan terhadap 29 siswa menunjukkan bahwa 39,4% siswa masih mengalami kesulitan memahami beberapa konsep hidrokarbon, dan 63,2% siswa menyatakan bahwa media pembelajaran *online* jarang digunakan. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya bahan ajar yang lebih interaktif dan sesuai dengan karakteristik materi hidrokarbon. Selain analisis kebutuhan guru dan siswa, analisis

Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan
E-ISSN 2808-246X; P-ISSN 2808-3636
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2172-2185
Email: pantherajurnal@gmail.com

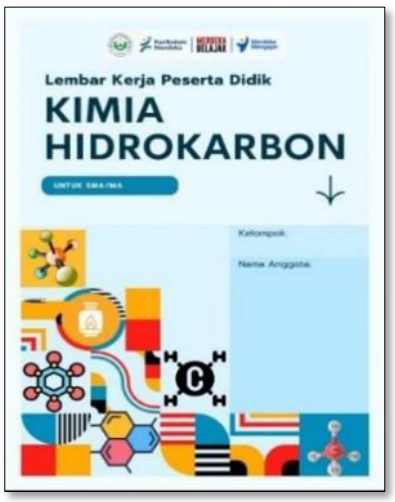
kurikulum dan karakteristik materi hidrokarbon juga dilakukan. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa kurikulum yang digunakan di SMA Negeri 2 Percut Sei Tuan adalah Kurikulum Merdeka. Pada materi hidrokarbon kelas XI, alur tujuan pembelajaran mencakup kekhasan atom karbon, tata nama senyawa alkana, alkena, dan alkuna berdasarkan aturan IUPAC, penggambaran struktur, serta keisomeran. Capaian dan tujuan pembelajaran diarahkan agar peserta didik mampu memahami dan mengklasifikasikan senyawa hidrokarbon, mengidentifikasi jenis atom karbon, menerapkan tata nama IUPAC, serta menggambarkan struktur senyawa dengan benar. Materi tersebut sesuai dikembangkan dalam bentuk e-LKPD interaktif berbasis AR, karena dapat memvisualisasikan bentuk molekul secara 3D dan menyediakan aktivitas yang mendorong peserta didik untuk berpikir kritis sesuai karakteristik Kurikulum Merdeka.

Tahap Design

Pada tahap *design*, dilakukan perancangan e-LKPD interaktif berbasis AR berdasarkan hasil analisis kebutuhan, kurikulum, dan karakteristik materi hidrokarbon. Perancangan meliputi penyusunan materi, aktivitas dan soal yang mengacu pada tujuan pembelajaran, serta indikator kemampuan berpikir kritis. Selanjutnya, dibuat desain tampilan e-LKPD menggunakan *Canva*, sedangkan visualisasi molekul tiga dimensi dikembangkan menggunakan *Assemblr Edu*. E-LKPD kemudian diintegrasikan dengan *Liveworksheet* untuk mendukung penyajian materi, pengerjaan aktivitas, dan pengumpulan jawaban secara interaktif. Pada tahap ini juga disusun tautan dan komponen AR yang digunakan dalam e-LKPD.

Tahap Development

Pada tahap *development*, rancangan e-LKPD direalisasikan menjadi produk e-LKPD interaktif berbasis AR pada materi hidrokarbon. Pada tahap ini, dilakukan pula pengembangan dan pengintegrasian fitur AR serta penyusunan materi dan aktivitas pembelajaran agar sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Gambar 2 menunjukkan tampilan e-LKPD interaktif berbasis AR yang telah divalidasi oleh ahli.



(a)

(b)

Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan
E-ISSN 2808-246X; P-ISSN 2808-3636
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2172-2185
Email: pantherajurnal@gmail.com

(c) (d)

Gambar 2. Tampilan e-LKPD Interaktif Berbasis AR: a) Sampul; b) Materi; c) Soal; dan d) AR Hidrokarbon.

Selanjutnya, e-LKPD interaktif berbasis AR divalidasi oleh ahli media dan ahli materi, saran dari ahli digunakan untuk menyempurnakan e-LKPD interaktif berbasis AR. Saran yang diterima meliputi: 1) penambahan tautan gambar molekul dalam soal; 2) pengubahan warna pada informasi molekul menjadi hitam dan putih; 3) pemindahan posisi tautan jawaban; dan 4) penambahan petunjuk penggunaan umum e-LKPD interaktif berbasis AR. Selain itu, e-LKPD interaktif berbasis AR yang dikembangkan dinilai oleh ahli materi yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Validasi e-LKPD Interaktif Berbasis AR oleh Ahli Materi.

No.	Komponen Penilaian	Persentase (%)			Rata-rata Skor (%)	Kriteria
		V1	V2	V3		
1	Kesesuaian materi dengan CP	83	83	92	86	Sangat Valid
2	Keakuratan materi	82	79	86	82,3	Sangat Valid
3	Kemutakhiran materi	81	79	81	80	Sangat Valid
4	Lugas dan kebahasaan	87,5	84	94	88,5	Sangat Valid
5	Penggunaan istilah, simbol, atau ikon	75	100	88	87,6	Sangat Valid
Rata-rata Akhir (%)					84,8	Sangat Valid

Berdasarkan data pada Tabel 5, hasil validasi oleh ahli materi menunjukkan bahwa aspek materi memperoleh rata-rata 84,8% dengan kategori sangat valid. Selanjutnya, analisis data validasi ahli media ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Validasi e-LKPD interaktif berbasis AR oleh Ahli Media.

No.	Komponen Penilaian	Persentase (%)			Rata-rata Skor (%)	Kriteria
		V1	V2	V3		
1	Desain sampul LKPD (*cover*)	94	78	78	83	Sangat Valid
2	Tipografi isi LKPD	94	87	81	88	Sangat Valid
3	Deskripsi dan kinerja media	92	80	83	85	Sangat Valid
4	Kualitas program dan produk	91	83	94	86	Sangat Valid
5	Kualitas animasi	92	83	75	83	Sangat Valid
Rata-rata Akhir (%)					85,2	Sangat Valid

Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan
E-ISSN 2808-246X; P-ISSN 2808-3636
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2172-2185
Email: pantherajurnal@gmail.com

Berdasarkan Tabel 6, aspek media memperoleh rata-rata 85,2% dengan kategori sangat valid. Perolehan skor validasi ahli materi dan ahli media menunjukkan bahwa e-LKPD interaktif berbasis AR layak digunakan dalam pembelajaran kimia materi hidrokarbon.

Tahap Disseminate

Setelah dinyatakan layak, e-LKPD interaktif berbasis AR diimplementasikan di kelas uji coba yang terdiri atas 29 siswa. Pada kegiatan pembelajaran, siswa menggunakan e-LKPD untuk mempelajari materi, mengamati dan mengeksplorasi visualisasi molekul 3D melalui AR, serta mengerjakan aktivitas dan soal yang tersedia. Setelah pembelajaran selesai, siswa diberikan angket respon untuk mengetahui tanggapan terhadap penggunaan e-LKPD yang dikembangkan. Selain itu, kemampuan berpikir kritis siswa diukur melalui pemberian *pre-test* sebelum pembelajaran dan *post-test* setelah pembelajaran. Implementasi e-LKPD dilakukan dalam empat kali pertemuan. Hasil *pre-test* dari 14 soal menunjukkan rata-rata nilai 52,45, sedangkan rata-rata *post-test* meningkat menjadi 89,14. Nilai *N-Gain* sebesar 0,76 atau 76% termasuk kategori tinggi, dan menunjukkan bahwa penggunaan e-LKPD memberikan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa, sebagaimana disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Skor *N-Gain* Siswa.

Kelas	*Pre-test*	*Post-test*	Skor *N-Gain*	Kategori
XI	52,45	89,14	0,76	Tinggi

Data respon siswa juga dikumpulkan untuk mendapatkan informasi tanggapan siswa setelah penggunaan e-LKPD interaktif berbasis AR. Hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Analisis Respon Siswa.

Komponen	Persentase (%)	Kategori
Tampilan e-LKPD	93,53	Sangat Tinggi
Materi dalam e-LKPD	92,54	Sangat Tinggi
Kebahasaan dan isi	92,58	Sangat Tinggi
Manfaat	92,24	Sangat Tinggi
Rata-rata keseluruhan	92,53	Sangat Tinggi

Berdasarkan Tabel 8, menunjukkan respon siswa setelah penggunaan e-LKPD interaktif berbasis AR secara keseluruhan diperoleh skor sebesar 92,53% yang termasuk dalam kategori sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa e-LKPD interaktif berbasis AR yang dikembangkan telah memenuhi aspek kepuasan siswa. Secara keseluruhan, temuan penelitian menunjukkan bahwa e-LKPD interaktif berbasis AR layak digunakan dalam pembelajaran kimia materi hidrokarbon, serta dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Hasil ini dilihat dari tingkat validitas yang sangat tinggi, baik dari aspek materi maupun media. Hasil validasi ahli materi sebesar 84,8% dan ahli media sebesar 85,2% menunjukkan bahwa e-LKPD telah memenuhi kelayakan isi, penyajian, kebahasaan, tampilan, dan fungsi media.

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Bahriah *et al.* (2022) yang menunjukkan bahwa media pembelajaran kimia berbasis AR pada materi ikatan

kimia memenuhi kriteria kelayakan setelah melalui validasi ahli. Paembonan & Ikhsan (2021) juga melaporkan, bahwa media pembelajaran berbasis AR pada pembelajaran kimia memenuhi kriteria valid dan dapat digunakan untuk mendukung proses pembelajaran. Hasil serupa ditemukan oleh Ramadani *et al.* (2020) pada pengembangan modul pembelajaran kimia berbasis AR yang memperoleh kategori sangat valid berdasarkan penilaian ahli. Penelitian Simbolon & Muchtar (2024) juga menunjukkan bahwa media AR pada materi ikatan kimia memperoleh tingkat validitas yang tinggi dari ahli materi dan media. Hasil validasi pada penelitian ini memperkuat temuan penelitian terdahulu, bahwa AR dapat diintegrasikan ke dalam bahan ajar kimia apabila didukung oleh penyajian materi dan desain media yang sistematis.

Penggunaan AR pada e-LKPD juga sesuai dengan karakteristik materi hidrokarbon yang memiliki konsep pada tingkat submikroskopis. Keller *et al.* (2021) menjelaskan bahwa pembelajaran kimia organik memiliki tuntutan kemampuan spasial, karena siswa perlu memahami hubungan posisi atom dan struktur molekul. Penggunaan representasi tiga dimensi dapat membantu siswa membangun gambaran spasial tersebut. Hal ini sejalan dengan Wong *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa AR memungkinkan siswa mengamati struktur senyawa dalam bentuk tiga dimensi dari berbagai sudut pandang dan berinteraksi langsung dengan objek molekul.

Peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan e-LKPD interaktif berbasis AR ditunjukkan oleh peningkatan rata-rata nilai dari 52,45 pada *pre-test* menjadi 89,14 pada *post-test*, dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,76 atau 76% yang termasuk kategori tinggi. Hasil tersebut menunjukkan adanya peningkatan kemampuan siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan e-LKPD interaktif berbasis AR. Peningkatan ini dapat dikaitkan dengan karakteristik e-LKPD yang tidak hanya menyajikan materi, tetapi juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengamati visualisasi molekul, mengeksplorasi informasi, mengerjakan aktivitas, dan menyelesaikan soal. Rangkaian aktivitas tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk menggunakan informasi yang diperoleh melalui AR dalam proses penyelesaian permasalahan.

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian Saidin *et al.* (2024) yang secara khusus menunjukkan bahwa penggunaan *mobile augmented reality* dalam pembelajaran ikatan kimia dapat meningkatkan kemampuan visualisasi dan berpikir kritis siswa. Peningkatan tersebut terjadi karena siswa memperoleh kesempatan untuk berinteraksi dengan representasi kimia yang sebelumnya sulit divisualisasikan. Ribic & Devetak (2024) melalui kajian sistematis terhadap 46 penelitian empiris menunjukkan bahwa efektivitas pembelajaran menjadi salah satu fokus utama penerapan AR dalam pendidikan kimia.

Tingginya nilai *N-Gain* pada penelitian ini dapat dijelaskan melalui integrasi visualisasi AR dengan aktivitas pembelajaran dalam e-LKPD. AR memberikan informasi visual mengenai struktur molekul, sedangkan aktivitas dan soal dalam e-LKPD mengarahkan siswa untuk menggunakan informasi tersebut dalam menyelesaikan permasalahan. Siswa tidak berhenti pada kegiatan mengamati objek 3D, tetapi diarahkan untuk mengidentifikasi struktur, membandingkan informasi, menganalisis permasalahan, dan menentukan jawaban. Pola tersebut

Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan
E-ISSN 2808-246X; P-ISSN 2808-3636
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2172-2185
Email: pantherajurnal@gmail.com

memberikan kesempatan kepada siswa untuk melatih proses berpikir yang mendukung kemampuan berpikir kritis. Temuan ini sejalan dengan Elfrod *et al.* (2024) yang menunjukkan bahwa AR memberikan hasil yang lebih bermakna ketika ditempatkan dalam strategi pembelajaran yang melibatkan aktivitas dan pertanyaan, bukan hanya digunakan sebagai media visualisasi.

Respon siswa terhadap penggunaan e-LKPD interaktif berbasis AR memperoleh rata-rata 92,53% dengan kategori sangat tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-LKPD dapat diterima dengan baik oleh siswa dari aspek tampilan, materi, kebahasaan dan isi, serta manfaat. Respon positif ini dapat dikaitkan dengan karakteristik e-LKPD yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk berinteraksi secara langsung dengan objek pembelajaran. Wong *et al.* (2021) melaporkan bahwa sebagian besar siswa memberikan penilaian positif terhadap penggunaan AR dalam pembelajaran kimia, karena memungkinkan mereka berinteraksi dengan struktur senyawa secara tiga dimensi. Elfrod *et al.* (2024) menemukan bahwa aktivitas pembelajaran berbasis AR dapat memberikan pengalaman belajar yang positif dan mendukung keterlibatan siswa.

Tingginya respon siswa juga menunjukkan bahwa penggunaan teknologi dalam pembelajaran perlu mempertimbangkan aspek kemudahan penggunaan dan relevansinya dengan materi. Pada penelitian ini, visualisasi 3D tidak disajikan secara terpisah, tetapi ditempatkan dalam e-LKPD bersama materi, petunjuk, aktivitas, dan soal. Kondisi tersebut memungkinkan siswa memperoleh informasi dan melakukan aktivitas pembelajaran dalam satu bahan ajar. Tingginya respon siswa kemungkinan tidak hanya dipengaruhi oleh penggunaan AR, tetapi juga oleh kombinasi tampilan, interaktivitas, kemudahan akses, dan keterkaitan antara materi dengan aktivitas pembelajaran.

Berdasarkan perbandingan dengan penelitian terdahulu, kebaruan penelitian ini tidak terletak pada penggunaan AR semata. Penelitian sebelumnya telah menggunakan AR untuk visualisasi molekul, meningkatkan pemahaman konsep, mendukung kemampuan spasial, hasil belajar, dan berpikir kritis. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi AR ke dalam e-LKPD materi hidrokarbon dengan memanfaatkan *Assemblr Edu* untuk visualisasi molekul tiga dimensi dan *Liveworksheets* untuk penyajian materi, aktivitas, serta soal yang diarahkan pada kemampuan berpikir kritis. Integrasi tersebut menjadikan AR tidak hanya digunakan sebagai media tambahan untuk melihat model molekul, tetapi menjadi bagian dari aktivitas pembelajaran. Siswa diarahkan untuk menggunakan hasil pengamatan terhadap objek 3D dalam menyelesaikan aktivitas dan permasalahan yang tersedia dalam e-LKPD. Oleh karena itu, kontribusi penelitian ini terletak pada pengintegrasian visualisasi 3D, bahan ajar digital, dan aktivitas berpikir kritis dalam satu perangkat pembelajaran pada materi hidrokarbon.

Meskipun memberikan hasil yang positif, e-LKPD yang dikembangkan masih memiliki beberapa keterbatasan. Penggunaan AR bergantung pada ketersediaan perangkat yang mendukung, kamera, dan koneksi internet yang memadai. Selain itu, siswa memerlukan petunjuk penggunaan yang jelas agar dapat memanfaatkan fitur AR secara optimal. Dari sisi penelitian, uji coba dilakukan pada satu kelas yang terdiri atas 29 siswa, dan tidak menggunakan kelompok kontrol. Oleh karena itu, peningkatan *N-Gain* sebesar 0,76 menunjukkan adanya

peningkatan kemampuan berpikir kritis setelah penggunaan e-LKPD, tetapi belum dapat membuktikan bahwa peningkatan tersebut sepenuhnya disebabkan oleh penggunaan AR. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan jumlah sampel yang lebih besar, melibatkan kelompok kontrol, serta menganalisis peningkatan pada setiap indikator kemampuan berpikir kritis untuk memperoleh bukti efektivitas yang lebih kuat.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-LKPD interaktif berbasis AR layak digunakan dalam pembelajaran kimia materi hidrokarbon, dan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Temuan ini berdasarkan perolehan rata-rata skor validasi ahli materi dan ahli media masing-masing sebesar 84,8% dan 85,2% dengan kategori sangat valid. Skor *N-Gain* sebesar 0,76 dengan kategori tinggi menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kritis mahasiswa setelah pengggunaan e-LKPD interaktif berbasis AR. Respon siswa setelah menggunakan e-LKPD interaktif berbasis AR juga membuktikan hal yang serupa, dimana sebesar 92,53% dengan kategori sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa e-LKPD interaktif berbasis AR yang dikembangkan telah memenuhi aspek kepuasan siswa.

SARAN

Pengembangan e-LKPD ini sudah sangat valid, namun dapat ditingkatkan dengan fitur interaktif, seperti kuis interaktif dan integrasi konten AR yang lebih menarik dan mudah dipahami oleh penggunanya. Guru disarankan untuk mengintegrasikan e-LKPD ini dalam pembelajaran dan mendapatkan pelatihan penggunaannya agar lebih efektif, sementara siswa dapat memanfaatkannya untuk belajar mandiri dan berdiskusi dengan teman. Penelitian selanjutnya dapat melibatkan lebih banyak sampel, membandingkan metode pembelajaran lain, serta mengevaluasi dampak jangka panjang penggunaan e-LKPD ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih terutama ditujukan kepada setiap pihak yang membantu dalam penyelesaian penelitian ini, yaitu: 1) dosen pembimbing, program pendidikan Kimia yang selalu memberikan bimbingan dan masukan dalam penelitian ini; 2) guru kimia SMA Negeri 2 Percut Sei Tuan yang telah memberikan kesempatan kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian; dan 3) pihak-pihak yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis, mulai dari pelaksanaan hingga penyusunan artikel ini.

DAFTAR RUJUKAN

Apmiyanti, T., & Yerimadesi, Y. (2024). Validitas dan Praktikalitas E-LKPD Interaktif Berbasis *Guided Discovery Learning* Berbantuan *Liveworksheet* pada Materi Hidrokarbon untuk Fase F SMA. *Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA, 4*(4), 431–438. https://doi.org/10.51878/science.v4i4.3492

Bahriah, E. S., Agung, S., & Nur, A. I. (2022). Development of Augmented Reality Technology-Based Interactive Learning Media in Chemical Bonding

Materials. *Journal of Chemistry Education Research, 6*(2), 93-99. https://doi.org/10.26740/jcer.v6n2.p93-99

Elfrod, D., Jones, G. A., & Lancaster, S. J. (2024). Augmented Reality Meets Peer Instruction. *Chemistry Education Research and Practice, 25*(3), 833-842. https://doi.org/10.1039/d3rp00093a

Evawani, T., Rahayu, E. S., & Retnoningsih, A. (2013). Pengembangan Perangkat Pembelajran Bermakna Menggunakan Lembar Kerja Siswa *Divergen* pada Materi Ciri-ciri Makhluk Hidup. *Journal of Research and Educational Research Evaluation, 2*(1), 19-25.

Fakhri, A. (2023). Kurikulum Merdeka dan Pengembangan Perangkat Pembelajaran: Menjawab Tantangan Sosial dalam Meningkatkan Keterampilan Abad 21. In *Prosiding Conference Elementary Studies (CES)* (pp. 32–40). Surabaya, Indonesia: Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Karnia, R. (2024). Importance of Reliability and Validity in Research. *Psychology and Behavioral Sciences, 13*(6), 137–141. https://doi.org/10.11648/j.pbs.20241306.11

Karyawati, N. K., Suja, W. I., & Sudiatmika, R. A. I. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Masalah dan Kecerdasan Emosional terhadap Hasil Belajar Kimia Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran IPA Indonesia, 12*(3), 129-139. https://doi.org/10.23887/jppii.v12i3.54496

Keller, S., Rumann, S., & Habig, S. (2021). Cognitive Load Implications for Augmented Reality Supported Chemistry Learning. *Information, 12*(3), 1-19. https://doi.org/10.3390/info12030096

Listianto, A. F., Minarso, D., & Maulidah, H. (2025). Relevansi Perubahan Kurikulum Indonesia terhadap Tantangan Pendidikan Abad Ke-21. *Pondas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar, 10*(3), 248-263. https://doi.org/10.23969/jp.v10i03.29555

Mardianto, Y., Azis, L. A., & Amelia, R. (2022). Menganalisis Respon Siswa terhadap Pembelajaran Materi Perbandingan dan Skala Menggunakan Pendekatan Kontekstual. *JPMI – Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif, 5*(5), 1313-1322. https://doi.org/10.22460/jpmi.v5i5.10499

Nanditaputri, R. F. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Model *Anchored Instruction* pada Materi Senyawa Hidrokarbon. *Thesis*. Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Ningsih, N. S., Rudi, L., & Saefuddin, S. (2026). Efektivitas *Augmented Reality* Berbasis Android dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Materi Hidrokarbon. *Journal of Chemistry Education and Integration, 5*(1), 10-23. https://doi.org/10.24014/jcei.v5i1.39016

Paembonan, T., & Ikhsan, J. (2021). Supporting Students' Basic Science Process Skills by Augmented Reality Learning Media. *Journal of Educational Science and Technology (EST), 7*(2), 188-196. https://doi.org/10.26858/est.v0i0.19448

Prasetya, P. Y., & Sukarmin, S. (2026). Development of Multimedia Based on Augmented Reality to Improve Students' Critical Thinking Skills. *Indonesian Journal of Educational Development (IJED), 7*(1), 30-48. https://doi.org/10.59672/ijed.v7i1.5955

Ramadani, R., Ramlawati, R., & Arsyad, M. (2020). Pengembangan Modul Pembelajaran Kimia Berbasis *Augmented Reality*. *Jurnal Pendidikan Kimia : Chemistry Education Review, 3*(2), 152-162. https://doi.org/10.26858/cer.v3i2.13766

Ribic, L., & Devetak, I. (2024). Augmented Reality in Developing Students' Understanding of Chemistry Triplet: A Systematic Literature Review. *De Gruyter, 7*(1), 157-172. https://doi.org/10.1515/cti-2024-0060

Sadiman, A. S. (2010). *Media Pendidikan: Pengertian Pengembangan dan Pemanfaatannya*. Jakarta: Rajawali Pers.

Sagita, R., Fitriyah, D., & Yulita, I. (2024). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Berbasis Komik pada Materi Hidrokarbon. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia, 18*(2), 157-162. https://doi.org/10.15294/s8v8v681

Saidin, N. F., Halim, N. D. A., Yahaya, N., & Zulkifli, N. N. (2024). Enhancing Students' Critical Thinking and Visualisation Skills through Mobile Augmented Reality. *Knowledge Management & E-Learning : An International Journal, 16*(1), 1-41. https://doi.org/10.34105/j.kmel.2024.16.001

Simbolon, E., & Muchtar, Z. (2025). Development of Android-Based Augmented Reality Learning Media on Chemical Bonding Material in Class XI at SMA N 1 Sidikalang. *Eduproxima : Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA, 7*(1), 43-49 https://doi.org/10.29100/.v7i1.5993

Tahir, F., Lukum, A., Pikoli, M., Laliyo, L. A. R., Kilo, A. L., & Kurniawati, E. (2025). Validitas Media Pembelajaran Kimia Berbasis *Augmented Reality* (AR) Menggunakan *Assemblr Edu* pada Materi Hidrokarbon. *Jurnal Pendidikan, Kimia, Fisika, dan Biologi, 1*(3), 170-180. https://doi.org/10.61132/jupenkifb.v1i3.319

Utami, C. S., & Syahri, W. (2025). Pengembangan e-LKPD Berbasis *Problem Based Learning* (PBL) Dilengkapi dengan *Augmented Reality* (AR) sebagai Inovasi Pembelajaran pada Materi Ikatan Kimia Fase F. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan, 4*(1), 1173–1179. https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i1.1718

Widayako, E. P. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Wong, C. H. S., Tsang, K. C. K., & Chiu, W. (2021). Using Augmented Reality as a Powerful and Innovative Technology to Increase Enthusiasm and Enhance Student Learning in Higher Education Chemistry Courses. *Journal Chemistry Education, 98*(11), 3476–3485. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01029