

<https://doi.org/10.54371/ainj.v7i1.1417>

# Integration of Education for Sustainable Development into Interactive Multimedia to Enhance Students' Environmental Awareness in Chemistry Learning

Integrasi Education for Sustainable Development dalam Multimedia Interaktif untuk Meningkatkan Kepedulian Lingkungan Siswa pada Pembelajaran Kimia

\*Najikhatul Umniyah<sup>1</sup>, Sisca Rahmadonna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Magister Teknologi Pendidikan, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

Correspondence Email: [najikhatulumniyah.2024@student.uny.ac.id](mailto:najikhatulumniyah.2024@student.uny.ac.id)

**Article History:** Submission: 2026-04-22 || Accepted: 2026-05-28 || Published: 2026-06-10

**Sejarah Artikel:** Penyerahan: 2026-04-22 || Diterima: 2026-05-28 || Dipublikasi: 2026-06-10

## Abstract

This study was motivated by the limited integration of *Education for Sustainable Development* (ESD) values in chemistry learning, particularly in acid-base topics, and the need for learning media capable of connecting chemistry concepts with environmental issues contextually. The study aimed to develop ESD and *Chemo-Entrepreneurship* (CEP)-based interactive multimedia, analyze its feasibility and practicality, and examine its effectiveness in improving students' environmental awareness in chemistry learning. The research employed a *Research and Development* (R&D) method using the ADDIE model, which includes *analysis, design, development, implementation, and evaluation* stages. The developed multimedia integrated acid-base concepts with sustainability issues such as acid rain, water pollution, household chemical usage, environmentally friendly products, interactive quizzes, feedback, and CEP-based project activities. Data were collected through expert validation sheets, teacher and student response questionnaires, and environmental awareness questionnaires administered to experimental and control classes. Data were analyzed using descriptive statistics and *independent samples t-tests*. The findings revealed that the multimedia was categorized as highly feasible and highly practical, with media validation scores improving from 73% to 83% after revision, while material validation reached 89%. Student and teacher responses reached 89% and 92%, respectively. The posttest results showed a significant difference between the experimental and control groups ( $p = 0.014$ ), indicating that the ESD-CEP-based interactive multimedia was effective in improving students' environmental awareness in chemistry learning.

**Keywords:** ESD, Interactive multimedia, Environment, Chemistry, CEP.

## Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh belum optimalnya integrasi nilai *Education for Sustainable Development* (ESD) dalam pembelajaran kimia, khususnya pada materi asam-basa, serta perlunya media pembelajaran yang mampu menghubungkan konsep kimia dengan isu lingkungan secara kontekstual. Penelitian ini bertujuan mengembangkan multimedia interaktif berbasis ESD dan *Chemo-Entrepreneurship* (CEP), menganalisis kelayakan dan kepraktisannya, serta menguji efektivitasnya dalam meningkatkan kepedulian lingkungan siswa pada pembelajaran kimia. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi tahap *analysis, design, development, implementation, dan evaluation*. Produk multimedia mengintegrasikan konsep asam-basa dengan isu keberlanjutan seperti hujan asam, pencemaran air, penggunaan bahan kimia rumah tangga, produk ramah lingkungan, kuis interaktif, umpan balik, dan aktivitas proyek berbasis CEP. Data dikumpulkan melalui lembar validasi ahli, angket respons guru dan siswa, serta angket kepedulian lingkungan pada kelas eksperimen dan kontrol. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan *independent samples t-test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa multimedia berada pada kategori sangat layak dan sangat praktis, dengan validasi media meningkat dari 73% menjadi 83% setelah revisi dan validasi materi mencapai 89%. Respons siswa dan guru masing-masing sebesar 89% dan 92%. Hasil *posttest* menunjukkan perbedaan signifikan antara kelas eksperimen dan kontrol ( $p = 0,014$ ), sehingga multimedia interaktif berbasis ESD-CEP efektif dalam meningkatkan kepedulian lingkungan siswa pada pembelajaran kimia.

**Kata kunci:** ESD, Multimedia interaktif, Lingkungan, Kimia, CEP.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



## I. PENDAHULUAN

Isu lingkungan pada abad ke-21 telah menjadi tantangan global yang kompleks dan mendesak. Degradasi kualitas lingkungan seperti penurunan kualitas air, udara, dan tanah, meningkatnya

pencemaran laut, hilangnya keanekaragaman hayati, serta meningkatnya frekuensi bencana alam merupakan dampak nyata dari aktivitas manusia yang tidak berkelanjutan, termasuk di Indonesia (Febriosa et al., 2025). Kondisi ini menunjukkan bahwa eksploitasi sumber daya alam yang tidak terkendali dapat mengancam keberlanjutan kehidupan generasi mendatang. Oleh karena itu, diperlukan upaya sistematis untuk menumbuhkan kesadaran dan kepedulian lingkungan sebagai bagian dari solusi jangka panjang.

Upaya membangun kesadaran keberlanjutan tersebut perlu dimulai dari pendidikan sebagai fondasi utama pembentukan karakter generasi muda (Alkhayyal et al., 2019). Pendidikan memiliki peran strategis dalam membentuk literasi lingkungan, sikap peduli, serta perilaku berkelanjutan peserta didik. Pendidikan lingkungan terbukti berkontribusi dalam meningkatkan kesadaran terhadap isu-isu ekologis (Asilsoy et al. 2017). Penanaman nilai-nilai lingkungan sejak dini menjadi penting untuk membekali peserta didik dalam menghadapi krisis lingkungan sekaligus mendorong mereka menjadi agen perubahan yang berkontribusi pada solusi berkelanjutan (Handayani et al., 2024). Dengan demikian, pendidikan tidak hanya berfungsi sebagai sarana transfer pengetahuan, tetapi juga sebagai wahana pembentukan sikap dan perilaku terhadap lingkungan (Pauw et al., 2015).

Namun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa kepedulian lingkungan peserta didik masih belum optimal. Meskipun tingkat pengetahuan dan sikap terhadap lingkungan cenderung baik, implementasi dalam bentuk perilaku nyata masih terbatas. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara pengetahuan, sikap, dan perilaku (*knowledge-attitude-behavior gap*) yang dipengaruhi oleh faktor sosial dan psikologis (Firmanshah et al., 2023). Untuk menjawab permasalahan tersebut, Pendekatan Education for Sustainable Development (ESD) menjadi relevan karena menekankan integrasi antara pengetahuan, keterampilan, nilai, dan sikap dalam mendukung pembangunan berkelanjutan (UNESCO, 2017). Implementasi ESD dalam pembelajaran masih menghadapi tantangan. Konsep keberlanjutan sering kali diposisikan sebagai materi tambahan dan belum terintegrasi secara menyeluruh dalam pembelajaran lintas disiplin ilmu. Dalam konteks ini, integrasi ESD ke dalam pembelajaran kimia menjadi penting, karena memungkinkan peserta didik memahami keterkaitan antara konsep sains dengan permasalahan kehidupan nyata serta menginternalisasi nilai-nilai keberlanjutan.

Pembelajaran kimia pada era saat ini dituntut untuk bertransformasi dari sekadar transfer pengetahuan menjadi pembelajaran berbasis masalah yang bermakna. Hal ini penting karena penguasaan konsep faktual saja tidak cukup untuk membekali peserta didik dalam menghadapi tantangan pembangunan berkelanjutan (Febriзал et al., 2023). Pembelajaran yang hanya berorientasi pada aspek kognitif tanpa pengalaman kontekstual juga cenderung belum mampu mendorong perubahan perilaku peduli lingkungan secara nyata. Hal ini diperkuat oleh temuan bahwa implementasi pembelajaran berbasis lingkungan di sekolah masih rendah, sehingga karakter peduli lingkungan peserta didik belum berkembang secara optimal (Khoiri et al., 2021).

Seiring perkembangan teknologi, pemanfaatan multimedia interaktif dalam pembelajaran menjadi salah satu inovasi yang banyak dikembangkan. Multimedia interaktif terbukti dapat meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan pemahaman peserta didik (Mayer, 2021). Namun demikian, pemanfaatannya dalam pembelajaran masih belum optimal (Kurnia et al., 2022). Multimedia interaktif memungkinkan penyajian materi secara visual, dinamis, dan kontekstual sehingga dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna (Nurhasanah, 2021). Akan tetapi, sebagian besar pengembangan multimedia saat ini masih berfokus pada peningkatan hasil belajar kognitif dan belum secara optimal mengintegrasikan nilai keberlanjutan serta penguatan kepedulian lingkungan peserta didik. Pembelajaran yang hanya menekankan aspek kognitif tanpa pengalaman nyata juga belum mampu mendorong internalisasi perilaku peduli lingkungan secara konsisten. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian, yaitu belum optimalnya pengembangan multimedia pembelajaran yang mengintegrasikan konsep kimia dengan prinsip Education for Sustainable Development (ESD) serta belum diarahkan secara sistematis pada pembentukan kepedulian lingkungan peserta didik secara komprehensif.

Upaya meningkatkan kepedulian lingkungan tidak cukup hanya melalui penyampaian konsep secara teoritis, tetapi juga memerlukan pengalaman belajar yang kontekstual dan aplikatif. Pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*) seperti proyek dan inovasi produk

terbukti lebih efektif dalam menjembatani kesenjangan antara pengetahuan dan keterampilan (Alharbi et al., 2025). Dalam pembelajaran kimia, pendekatan Chemo-entrepreneurship (CEP) menjadi relevan karena mendorong peserta didik mengaplikasikan konsep kimia dalam pembuatan produk yang bernilai guna (Ni'mah & Suwardi, 2023). Melalui pendekatan ini, peserta didik tidak hanya memahami konsep seperti asam-basa, tetapi juga mengembangkan kreativitas dalam menghasilkan produk ramah lingkungan yang berdampak pada pembentukan perilaku peduli lingkungan. Pendekatan berbasis proyek ini juga terbukti mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan pemecahan masalah (Bell, 2010).

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan inovasi pembelajaran yang mengintegrasikan teknologi, nilai keberlanjutan, dan pengalaman aplikatif dalam pembelajaran kimia. Multimedia interaktif berbasis Education for Sustainable Development (ESD) yang dipadukan dengan pendekatan Chemo-entrepreneurship (CEP) dipandang sebagai solusi potensial untuk menciptakan pembelajaran yang kontekstual, interaktif, dan bermakna, sekaligus mendorong terbentuknya kepedulian lingkungan peserta didik secara berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk: mengembangkan multimedia interaktif berbasis ESD-CEP pada materi asam-basa; menganalisis kelayakan produk berdasarkan penilaian ahli media dan ahli materi; menganalisis kepraktisan produk berdasarkan respons guru dan siswa; serta menguji efektivitas produk terhadap kepedulian lingkungan siswa. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan media pembelajaran kimia yang lebih kontekstual, interaktif, dan berorientasi pada keberlanjutan.

## II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE, meliputi lima tahap: analysis, design, development, implementation, dan evaluation. Model ini dipilih untuk memberikan kerangka kerja sistematis dalam mengembangkan multimedia interaktif berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) dan *Chemo-Entrepreneurship* (CEP) yang valid, praktis, dan efektif. Tahap *analysis* meliputi identifikasi kebutuhan pembelajaran, karakteristik siswa, dan permasalahan dalam memahami konsep asam-basa serta kepedulian lingkungan. Tahap *design* mencakup penyusunan alur multimedia, storyboard, integrasi ESD, aktivitas proyek CEP, serta strategi evaluasi. Tahap *development* dilakukan dengan pengembangan produk menggunakan perangkat lunak yang relevan dan validasi awal oleh ahli materi dan media, diikuti revisi. Tahap *implementation* meliputi uji coba terbatas pada 6 siswa dan uji lapangan di kelas eksperimen dan kontrol masing-masing 36 siswa. Tahap *evaluation* menilai kelayakan, kepraktisan, dan efektivitas multimedia.

Data dikumpulkan melalui lembar validasi ahli, angket respons guru dan siswa, serta angket kepedulian lingkungan. Analisis deskriptif digunakan untuk menilai kelayakan dan kepraktisan produk, sedangkan analisis inferensial (*independent samples t-test*) digunakan untuk menguji efektivitas multimedia terhadap kepedulian lingkungan. Uji prasyarat meliputi normalitas (Shapiro-Wilk) dan homogenitas varians (Levene's test) sebelum pengujian hipotesis. Instrumen telah melalui validasi ahli dan reliabilitas yang memadai, sehingga hasil pengukuran dapat digunakan untuk menilai dampak penggunaan multimedia interaktif berbasis ESD-CEP pada peningkatan kepedulian lingkungan siswa.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Penelitian

Pengembangan multimedia interaktif dilakukan secara sistematis melalui model ADDIE yang meliputi tahap analysis, design, development, implementation, dan evaluation. Setiap tahap dirancang secara terstruktur dan saling berkaitan untuk memastikan bahwa produk yang dikembangkan memenuhi aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas dalam pembelajaran. Tahap analisis difokuskan pada identifikasi kebutuhan siswa, karakteristik materi, dan permasalahan pembelajaran kimia terkait integrasi nilai keberlanjutan. Tahap desain mencakup penyusunan alur multimedia, rancangan tampilan, integrasi konten ESD dan CEP, serta pengembangan instrumen penelitian. Selanjutnya, tahap pengembangan dilakukan dengan merealisasikan desain menjadi produk multimedia interaktif yang memuat materi asam-basa, isu lingkungan, kuis interaktif, umpan balik, dan aktivitas proyek kontekstual. Pada tahap

implementasi, multimedia diujicobakan dalam proses pembelajaran untuk mengetahui tingkat kepraktisan dan respons pengguna. Adapun tahap evaluasi dilakukan secara menyeluruh melalui validasi ahli, analisis hasil belajar, dan umpan balik pengguna guna memastikan bahwa multimedia yang dikembangkan layak digunakan serta efektif dalam meningkatkan kepedulian lingkungan siswa pada pembelajaran kimia.

**Tabel 1.** Tahapan Pengembangan

Tahap	Sub-tahap	Deskripsi Ringkas
Analysis	Identifikasi kesenjangan kinerja	Terdapat kesenjangan antara pembelajaran kimia yang masih konseptual dengan kebutuhan pembelajaran kontekstual berbasis lingkungan; kepedulian lingkungan belum terfasilitasi secara optimal.
	Menetapkan tujuan	Mengembangkan multimedia yang menumbuhkan kepedulian lingkungan siswa melalui integrasi konsep asam basa, ESD, dan CEP.
	Analisis karakteristik siswa	Siswa kelas XI membutuhkan visualisasi interaktif, kontekstual, dan berbasis isu lingkungan; memiliki ketertarikan tinggi terhadap media digital.
	Identifikasi sumber daya	Tersedia perangkat teknologi (laptop, smartphone, proyektor); guru berpengalaman namun pemanfaatan media interaktif masih terbatas.
	Menentukan solusi	Pengembangan multimedia interaktif berbasis ESD dengan pendekatan CEP untuk mengintegrasikan konsep kimia dan kepedulian lingkungan.
	Penyusunan rancangan produk	Menyusun struktur produk: konsep asam basa, integrasi isu lingkungan, dan aktivitas CEP berbasis proyek ramah lingkungan.
	Design	Inventarisasi tugas
Performance objectives		Merumuskan tujuan kinerja operasional pada dimensi kepedulian lingkungan yang terukur.
Test items & asses. strategy		Menyusun angket kepedulian lingkungan berbasis skala Likert dan evaluasi formatif dalam multimedia.
Perancangan produk		Mengembangkan storyboard: alur navigasi, integrasi ESD, dan aktivitas interaktif (video, kuis, proyek CEP).
Development		Menghasilkan konten
	Mengembangkan media pendukung	Integrasi video kontekstual (pencemaran air, ESD, hujan asam) untuk memperkuat keterkaitan konsep dan lingkungan.
	Panduan guru	Panduan implementasi pembelajaran, strategi fasilitasi, dan evaluasi kepedulian lingkungan.
	Panduan siswa	Panduan penggunaan multimedia dan aktivitas CEP dalam bentuk ringkas dan praktis.
	Revisi formatif	Validasi ahli materi dan media menggunakan 426nstrument LORI, diikuti perbaikan produk.
	Uji coba terbatas	Uji coba pada 6 siswa untuk melihat keterbacaan, kemudahan, dan keberterimaan produk.
Implementation	Persiapan guru dan siswa	Orientasi penggunaan multimedia, penjelasan alur pembelajaran, dan aktivitas CEP.
Evaluation	Menentukan kriteria evaluasi	Keberhasilan diukur dari peningkatan kepedulian lingkungan dan respons positif pengguna.
	Memilih alat evaluasi	Angket kepedulian lingkungan (Environmental Literacy) dan angket respons pengguna.
	Melakukan evaluasi	Analisis perubahan kepedulian lingkungan dan kepraktisan multimedia setelah implementasi.

Produk multimedia interaktif pada materi asam basa berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) yang dikembangkan dalam penelitian ini telah melalui serangkaian tahapan pengujian untuk memastikan kelayakan produk sebelum diimplementasikan secara luas.

Tahapan pengujian meliputi validasi ahli, uji coba terbatas, serta uji kepraktisan dan uji lapangan. Proses pengujian diawali dengan validasi oleh ahli materi dan ahli media (*expert judgment*) yang bertujuan untuk menilai kesesuaian konten, kualitas desain pembelajaran, serta aspek teknis multimedia. Validasi ini dilakukan menggunakan instrumen yang mengacu pada kriteria kelayakan media pembelajaran digital. Hasil validasi digunakan sebagai dasar dalam melakukan revisi produk sebelum memasuki tahap uji coba berikutnya.

**Tabel 2.** Hasil Uji Kelayakan Media Awal Oleh Ahli Media

No	Aspek	Skor Maksimal	Jumlah	Presentase	Kategori
1.	Presentation Design	25	20	80%	Sangat Layak
2.	Interaction Usability	25	16	64%	Layak
3.	Accessibility	10	8	80%	Sangat Layak
4.	Reusability	10	6	60%	Layak
5.	Standards Compliance	10	8	80%	Sangat Layak
Rata-rata				73%	Layak

Tabel 2 menunjukkan hasil uji kelayakan awal multimedia interaktif berdasarkan penilaian ahli media terhadap lima aspek utama, yaitu *presentation design*, *interaction usability*, *accessibility*, *reusability*, dan *standards compliance*. Secara umum, multimedia yang dikembangkan memperoleh rata-rata persentase sebesar 73% dengan kategori "Layak", yang menunjukkan bahwa produk telah memenuhi standar dasar penggunaan sebagai media pembelajaran, meskipun masih memerlukan beberapa perbaikan pada tahap revisi. Aspek *presentation design*, *accessibility*, dan *standards compliance* memperoleh persentase tertinggi sebesar 80% dengan kategori "Sangat Layak", yang mengindikasikan bahwa tampilan media, kemudahan akses, serta kesesuaian standar teknis telah dirancang dengan baik dan mendukung proses pembelajaran. Sementara itu, aspek *interaction usability* memperoleh nilai 64% dan *reusability* sebesar 60% dengan kategori "Layak", yang menunjukkan bahwa fitur interaksi dan fleksibilitas penggunaan media masih perlu ditingkatkan agar lebih adaptif, interaktif, dan mudah digunakan dalam berbagai kondisi pembelajaran. Temuan ini menjadi dasar untuk melakukan revisi dan penyempurnaan media sebelum tahap implementasi lebih lanjut.

**Tabel 3.** Hasil Uji Kelayakan Media Kedua oleh Ahli Media

No	Aspek	Skor Maksimal	Skor	Presentase	Kategori
1.	Presentation Design	25	20	80%	Sangat Layak
2.	Interaction Usability	25	21	84%	Sangat Layak
3.	Accessibility	10	9	90%	Sangat Layak
4.	Reusability	10	8	80%	Sangat Layak
5.	Standards Compliance	10	8	80%	Sangat Layak
Rata-rata				83%	Sangat Layak

Berdasarkan hasil validasi dengan dua tahap menunjukkan peningkatan. Masukan dari validator pada tahap awal meliputi perbaikan penggunaan bahasa agar lebih komunikatif pada bagian tujuan pembelajaran, penataan struktur menu, penambahan aktivitas pemantik sebelum materi utama, serta penyediaan petunjuk penggunaan multimedia. Perbaikan terhadap aspek-aspek tersebut dilakukan sebelum pelaksanaan validasi tahap kedua.



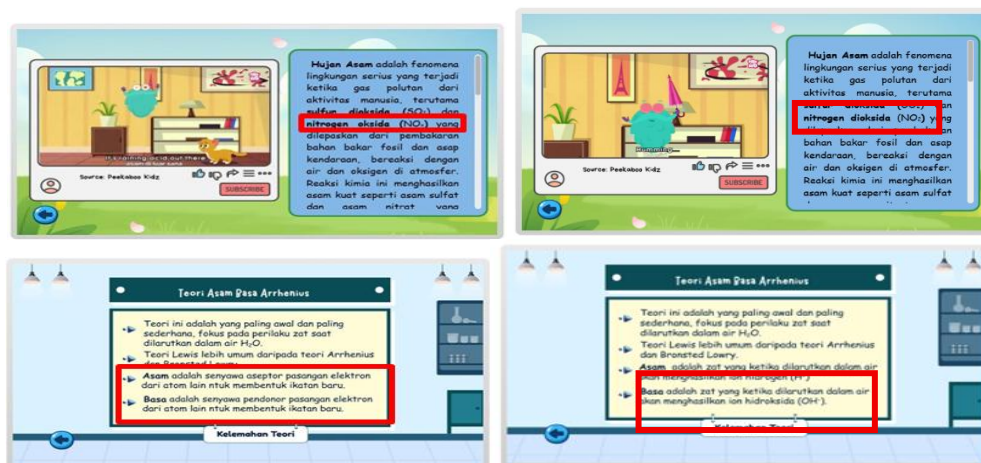
**Gambar 1.** Tampilan Produk setelah dilakukan Perbaikan oleh Ahli Media

Uji kelayakan materi dilakukan oleh satu orang ahli materi dengan menggunakan instrumen yang juga mengadaptasi model LORI. Hasil penilaian kelayakan materi disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil uji kelayakan media oleh ahli materi

No.	Aspek	Skor Maksimal	Skor	Presentase	Kategori
1.	Content Quality	20	17	85%	Sangat Layak
2.	Learning Goal Alignment	10	9	90%	Sangat Layak
3.	Motivation-Content Meaningfulness	10	9	90%	Sangat Layak
4.	Feedback	10	9	90%	Sangat Layak
5.	Kedalaman & Keluasan Materi	25	23	92%	Sangat Layak
6.	Penyajian Materi	10	9	90%	Sangat Layak
7.	Kebahasaan	10	9	90%	Sangat Layak
Rata-rata				89%	Sangat Layak

Berdasarkan hasil validasi, multimedia interaktif memperoleh persentase kelayakan sebesar 89% dengan kategori *sangat layak*. Selain penilaian kuantitatif, validator juga memberikan beberapa catatan perbaikan, antara lain penambahan fitur tampilan layar penuh (*full screen*), penyempurnaan fungsi navigasi, serta penyesuaian pada beberapa bagian materi untuk meningkatkan kejelasan dan ketepatan konsep. Seluruh masukan tersebut telah diakomodasi dalam proses revisi sebelum multimedia diujicobakan kepada siswa.



**Gambar 2.** Tampilan Produk sebelum dan setelah dilakukan Perbaikan oleh Ahli Materi

Produk yang telah direvisi diuji cobakan secara terbatas kepada enam siswa kelas XI SMA. Uji coba terbatas ini bertujuan untuk memperoleh data awal terkait keterbacaan, kemudahan penggunaan, serta respons pengguna terhadap tampilan dan penyajian materi dalam multimedia. Pelaksanaan uji coba dilakukan dengan meminta siswa menggunakan produk secara mandiri sesuai alur pembelajaran yang telah dirancang. Data yang diperoleh pada tahap ini digunakan sebagai bahan perbaikan produk sebelum dilakukan uji lapangan. Hasil uji coba kelompok kecil dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 5.** Hasil uji kelompok kecil

No.	Aspek	Skor Maksimal	Skor	Presentase	Kategori
1.	Tampilan	90	88	98%	Sangat Praktis
2.	Kejelasan	150	144	96%	Sangat Praktis
3.	Penyajian	90	85	94%	Sangat Praktis
Rata-rata				96%	Sangat Praktis

Uji kepraktisan oleh siswa dilakukan pada tahap uji lapangan setelah multimedia interaktif direvisi berdasarkan hasil uji coba kelompok kecil. Penilaian kepraktisan dilakukan oleh 36

siswa kelas XI di SMA Negeri 3 Semarang melalui angket respons pengguna. Hasil penilaian kepraktisan siswa disajikan pada tabel di bawah.

**Tabel 6.** Hasil Uji Kepraktisan Multimedia Interaktif oleh Siswa

No.	Aspek	Skor Maksimal	Skor	Presentase	Kategori
1.	Kemudahan Penggunaan	540	463	86%	Sangat Praktis
2.	Kualitas Tampilan dan Komunikasi	540	485	90%	Sangat Praktis
3.	Interaktivitas dan Umpan Balik	540	477	88%	Sangat Praktis
4.	Relevansi Materi	540	481	89%	Sangat Praktis
5.	Kepuasan Pengguna	540	486	90%	Sangat Praktis
Rata-rata				89%	Sangat Praktis

Berdasarkan data pada Tabel di atas, seluruh aspek yang dinilai oleh siswa berada pada kategori *sangat praktis*. Secara keseluruhan, multimedia interaktif memperoleh rata-rata persentase sebesar 89%. Hasil ini menunjukkan bahwa produk dapat digunakan dengan baik oleh siswa dalam proses pembelajaran, baik dari segi kemudahan penggunaan, kejelasan penyajian materi, maupun keterlibatan selama pembelajaran berlangsung. Uji kepraktisan juga dilakukan oleh guru kimia kelas XI sebagai pengguna pendukung untuk menilai aspek implementasi pembelajaran. Hasil penilaian disajikan pada tabel di bawah ini.

**Tabel 7.** Hasil Uji Kepraktisan Multimedia Interaktif oleh Guru

No.	Aspek	Skor Maksimal	Skor	Presentase	Kategori
1.	Interactivity	15	14	93%	Sangat Praktis
2.	Feedback & Adaptation	5	4	80%	Sangat Praktis
3.	Interface Design	15	15	100%	Sangat Praktis
4.	Motivation	10	9	90%	Sangat Praktis
5.	Content Understanding Support	15	15	100%	Sangat Praktis
6.	Instructional Efficiency	10	9	90%	Sangat Praktis
Rata-rata				92%	Sangat Praktis

Berdasarkan data pada Tabel di atas, seluruh aspek penilaian berada pada kategori *sangat praktis*. Secara keseluruhan, hasil penilaian guru menunjukkan rata-rata persentase sebesar 92%, yang mengindikasikan bahwa multimedia interaktif dapat diimplementasikan secara efektif dalam mendukung proses pembelajaran di kelas. Efektivitas multimedia interaktif berbasis ESD terhadap kepedulian lingkungan siswa diukur melalui perbandingan skor pretest dan posttest pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Data diperoleh dari angket kepedulian lingkungan dengan indikator yang sama pada kedua kelompok. Hasil perhitungan disajikan pada berikut.

**Tabel 8.** Hasil Kepedulian Lingkungan Kelas Eksperimen

Pretest			Posttest			Selisih
Skor perolehan	Skor ideal	Rata-rata	Skor yang diperoleh	Skor ideal	Rat-rata	
1848	2304	80,20	2283	2448	93,25	13,05
Kategori		Tinggi	Kategori		Tinggi	

Tabel 8 menunjukkan bahwa tingkat kepedulian lingkungan siswa pada kelas eksperimen mengalami peningkatan setelah penggunaan multimedia interaktif berbasis ESD-CEP. Nilai rata-rata meningkat dari 80,20 pada *pretest* menjadi 93,25 pada *posttest*, dengan selisih peningkatan sebesar 13,05. Meskipun kedua hasil berada pada kategori tinggi, peningkatan ini menunjukkan bahwa multimedia yang dikembangkan efektif dalam memperkuat kepedulian lingkungan siswa pada pembelajaran kimia.

**Tabel 9.** Hasil Kepedulian Lingkungan Kelas Kontrol

Skor perolehan	Pretest		Skor yang diperoleh	Posttest		Selisih
	Skor ideal	Rata-rata		Skor ideal	Rata-rata	
1783	2304	77,38	2212	2448	90,35	12,97
	Kategori		Tinggi	Kategori	Tinggi	

Berdasarkan data pada kedua tabel, nilai rata-rata awal pada kedua kelas berada pada kategori tinggi. Setelah pembelajaran, kedua kelompok menunjukkan peningkatan skor kepedulian lingkungan. Kelas eksperimen mengalami peningkatan rata-rata dari 80,20 menjadi 93,25, sedangkan kelas kontrol meningkat dari 77,38 menjadi 90,35. Selisih peningkatan pada kelas eksperimen sebesar 13,05, sementara pada kelas kontrol sebesar 12,97. Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol.

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data penelitian berdistribusi normal sebagai prasyarat analisis lanjut. Pengujian menggunakan metode *Shapiro-Wilk* dengan bantuan perangkat lunak JASP. Hasil uji normalitas diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,091 nilai pretest dan 0,54 nilai posttest. Nilai tersebut keduanya lebih besar dari  $\alpha = 0,05$ , sehingga data penelitian dinyatakan berdistribusi normal. Uji prasyarat selanjutnya yaitu uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui kesamaan varians antar kelompok. Pengujian menggunakan uji *Levene's* dengan bantuan perangkat lunak JASP. Hasil uji homogenitas diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,160 untuk nilai pretest dan 0,238 nilai posttest, yang keduanya sama-sama lebih besar dari  $\alpha = 0,05$ . Hasil ini menunjukkan bahwa varians dan matriks kovarian antar kelompok bersifat homogen sehingga memenuhi asumsi uji parametri. Setelah prasyarat analisis terpenuhi, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan Uji-T. Analisis ini digunakan untuk menguji pengaruh penggunaan multimedia interaktif berbasis ESD terhadap variabel dependen, yaitu kepedulian lingkungan siswa. Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak JASP. Hasil Uji-T disajikan pada Tabel berikut.

**Tabel 10.** Independent Samples T-Test

Data	t	df	p
Pretest	-2.168	70	0.034
Posttest	-2.530	70	0.014

Hasil uji *independent samples t-test* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol pada tahap pretest maupun posttest. Pada tahap pretest diperoleh nilai  $t = -2,168$  dengan signifikansi  $p = 0,034$  ( $p < 0,05$ ), yang menunjukkan adanya perbedaan antara kedua kelompok sebelum perlakuan diberikan. Selanjutnya, pada tahap posttest diperoleh nilai  $t = -2,530$  dengan signifikansi  $p = 0,014$  ( $p < 0,05$ ), yang menunjukkan adanya perbedaan antara kedua kelompok setelah perlakuan diberikan.

## B. Pembahasan

Pengembangan multimedia interaktif pada materi asam-basa dilakukan dengan mengadopsi model ADDIE, yang menyediakan kerangka kerja sistematis dan iteratif, sehingga setiap tahap dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik siswa. Model ADDIE memungkinkan pengembangan produk yang tidak hanya terstruktur, tetapi juga adaptif terhadap masukan dari validator, guru, maupun siswa (Branch, 2009; Januszewski & Molenda, 2008). Pendekatan ini memastikan bahwa media yang dihasilkan memenuhi standar kelayakan, relevansi materi, dan tujuan pembelajaran yang mencakup ranah kognitif, afektif, serta perilaku peduli lingkungan. Selain itu, iterasi pengembangan yang berkesinambungan memungkinkan penyempurnaan fitur interaktif, navigasi, dan integrasi aktivitas proyek Chemo-Entrepreneurship (CEP) yang selaras dengan prinsip Education for Sustainable Development (ESD), sehingga siswa dapat mengalami pembelajaran yang lebih holistik dan bermakna.

Hasil analisis awal menunjukkan bahwa pembelajaran kimia di SMA Negeri 3 Semarang masih bersifat kognitif dan cenderung abstrak, sehingga siswa mengalami kesulitan dalam mengaitkan konsep asam-basa dengan isu lingkungan nyata. Observasi dan angket awal dari guru mengindikasikan bahwa siswa memiliki ketertarikan tinggi terhadap media digital, namun keterlibatan mereka dalam kegiatan yang menumbuhkan kesadaran ekologis masih rendah (Febrizal et al., 2023; Khoiri et al., 2021). Kesenjangan ini menunjukkan perlunya media pembelajaran yang mengintegrasikan visualisasi interaktif, aktivitas berbasis proyek CEP, serta isu-isu keberlanjutan yang relevan, sehingga siswa tidak hanya memahami konsep secara teori, tetapi juga mampu melihat hubungan langsung antara kimia dan lingkungan sekitar mereka. Temuan ini menjadi dasar kuat untuk merancang multimedia yang memfasilitasi pengalaman belajar yang aplikatif dan kontekstual.

Validasi awal terhadap aspek media oleh ahli menunjukkan skor interaktivitas sebesar 64% dan reusability 60%, yang menandakan perlunya perbaikan pada navigasi, aktivitas pemantik, dan integrasi kuis interaktif. Setelah dilakukan revisi, skor meningkat menjadi 84% untuk interaktivitas dan 80% untuk reusability, menegaskan bahwa perbaikan desain telah berhasil meningkatkan keterlibatan siswa dan fleksibilitas penggunaan media (Abdullah & Tussadia, 2025). Perubahan ini mencakup penambahan menu interaktif, video kontekstual terkait hujan asam dan pencemaran air, serta aktivitas proyek CEP yang mendorong siswa untuk berpikir kritis dan kreatif dalam merancang produk ramah lingkungan. Perbaikan aspek teknis ini juga meningkatkan kenyamanan pengguna dan efektivitas penyampaian materi sehingga media dapat digunakan secara optimal di kelas.

Validasi materi oleh ahli menghasilkan skor rata-rata 89%, menandakan kesesuaian konten, kedalaman materi, keselarasan tujuan, serta penyajian yang komunikatif dan efektif. Penilaian ini mencakup kesesuaian bahasa, kejelasan instruksi, kualitas konten, dan relevansi aktivitas proyek CEP yang dirancang untuk meningkatkan kepedulian lingkungan (Ni'mah & Suwardi, 2023; Nesbit et al., 2009). Dengan validasi ini, dapat disimpulkan bahwa multimedia tidak hanya mendukung penguasaan konsep kimia, tetapi juga memberikan pengalaman belajar yang mendorong internalisasi nilai keberlanjutan. Aspek motivasi dan makna konten juga diperkuat melalui kegiatan interaktif, kuis reflektif, serta proyek berbasis produk yang menghubungkan teori kimia dengan praktik nyata.

Uji coba terbatas pada enam siswa menunjukkan skor rata-rata 96% pada aspek keterbacaan, kemudahan penggunaan, dan respons terhadap fitur interaktif. Hasil ini menegaskan bahwa siswa mampu mengikuti alur multimedia, memahami instruksi, dan menggunakan fitur seperti kuis, video, serta aktivitas proyek CEP secara mandiri. Uji coba ini juga menjadi dasar perbaikan sebelum uji lapangan, memastikan bahwa pengalaman belajar siswa sesuai dengan desain yang diharapkan dan dapat menumbuhkan keterlibatan aktif dalam pembelajaran (Tristaningrat, 2025).

Uji lapangan dilakukan di kelas eksperimen dan kontrol masing-masing 36 siswa, dengan skor kepraktisan siswa mencapai 89% dan guru 92%. Temuan ini menunjukkan bahwa multimedia interaktif mudah diakses, navigasi jelas, dan aktivitas CEP dapat diterapkan secara efektif di kelas. Kepraktisan ini penting untuk memastikan guru dapat memfasilitasi pembelajaran tanpa hambatan teknis dan siswa dapat berinteraksi dengan materi secara optimal, sehingga tujuan pembelajaran kognitif dan afektif dapat tercapai (Pradnyawati & Rati, 2023). Analisis efektivitas menggunakan posttest menunjukkan peningkatan signifikan pada kelas eksperimen dibanding kontrol ( $p = 0,014$ ;  $p < 0,05$ ), menunjukkan potensi media dalam meningkatkan kepedulian lingkungan siswa. Aktivitas proyek CEP mendorong siswa untuk menerapkan konsep kimia dalam konteks keberlanjutan, sedangkan kuis dan video interaktif memperkuat pemahaman konsekuensi ekologis dari tindakan manusia (Fitria & Indra, 2020; Febrizal et al., 2023). Multimedia ini memungkinkan siswa belajar secara mandiri namun tetap diarahkan, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih bermakna dan kontekstual.

Meski peningkatan kelas eksperimen lebih tinggi, selisihnya hanya 0,08 poin dibanding kontrol, yang menunjukkan bahwa pembelajaran konvensional juga dapat memberikan efek positif terhadap kepedulian lingkungan. Hal ini menekankan perlunya interpretasi hasil secara hati-hati dan menandakan bahwa desain instrumen kepedulian lingkungan harus sensitif

terhadap perubahan kecil (Daud et al., 2022; Firmanshah et al., 2023). Namun, integrasi aktivitas CEP tetap menambah nilai aplikatif yang tidak dimiliki media konvensional. Integrasi ESD dalam multimedia memungkinkan siswa mengaitkan konsep kimia dengan isu keberlanjutan nyata, seperti pencemaran air dan hujan asam, serta mendorong refleksi terhadap penggunaan bahan kimia rumah tangga. Integrasi ini menegaskan relevansi pembelajaran kimia dalam kehidupan sehari-hari, sehingga siswa dapat memahami dampak tindakan manusia terhadap lingkungan dan menginternalisasi nilai keberlanjutan (UNESCO, 2017; Suyana & Ramalis, 2018).

Pendekatan CEP memfasilitasi siswa untuk merancang produk ramah lingkungan, yang sekaligus melatih kreativitas, kemampuan berpikir kritis, dan pemecahan masalah. Aktivitas proyek ini memungkinkan siswa menghubungkan ranah kognitif dengan afektif dan psikomotorik secara terpadu dalam pembelajaran yang bermakna (Bell, 2010; Ni'mah & Suwardi, 2023). Dengan demikian, CEP memperkuat pengalaman belajar yang aplikatif dan relevan. Penggunaan kuis interaktif dan umpan balik langsung juga meningkatkan keterlibatan siswa, membantu mereka memahami konsekuensi ekologis dari tindakan manusia, serta memperkuat retensi materi. Hal ini sejalan dengan Cognitive Theory of Multimedia Learning, di mana penyajian informasi yang terstruktur dan interaktif mendukung pemahaman dan pembentukan pengetahuan baru (Mayer, 2021).

Multimedia yang dikembangkan memfasilitasi empat komponen literasi lingkungan: pengetahuan ekologis, keterampilan kognitif, afeksi lingkungan, dan perilaku bertanggung jawab terhadap lingkungan. Integrasi komponen ini memungkinkan pembelajaran yang lebih holistik, sehingga siswa tidak hanya memahami konsep tetapi juga memiliki kesadaran dan tanggung jawab ekologis (Alharbi et al., 2025; Widyaiswara et al., 2019). Perbaikan aspek interaktivitas, navigasi, dan reusability berdasarkan masukan validator menunjukkan bahwa desain multimedia yang responsif terhadap umpan balik sangat penting untuk efektivitasnya. Iterasi desain meningkatkan kenyamanan pengguna dalam mengakses materi, mengikuti aktivitas CEP, dan memahami konsep kimia secara kontekstual (Safitri & Aziz, 2022; Abdullah & Tussadia, 2025).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa multimedia interaktif berbasis ESD-CEP berpotensi meningkatkan kepedulian lingkungan siswa, meskipun peningkatan afektif memerlukan waktu lebih panjang dibanding kognitif. Aktivitas proyek CEP memungkinkan siswa melihat hubungan langsung antara konsep kimia, keberlanjutan, dan tindakan nyata, sehingga pembelajaran lebih aplikatif dan relevan (Alkhayyal et al., 2019; Handayani et al., 2024). Penelitian ini membuktikan bahwa multimedia interaktif berbasis ESD-CEP dapat menciptakan pembelajaran kimia yang kontekstual, interaktif, dan bermakna. Media ini tidak hanya mendukung penguasaan konsep asam-basa, tetapi juga membangun kesadaran dan tanggung jawab ekologis siswa, sehingga menjadi alternatif inovatif bagi guru dalam mengimplementasikan pembelajaran kimia berorientasi keberlanjutan (Febrizal et al., 2023; Ni'mah & Suwardi, 2023; UNESCO, 2017).

#### IV. SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan multimedia interaktif berbasis Education for Sustainable Development (ESD) dan Chemo-Entrepreneurship (CEP) pada materi asam-basa yang dikembangkan melalui model ADDIE. Produk yang dihasilkan terbukti sangat layak dan sangat praktis berdasarkan validasi ahli dan respons pengguna. Multimedia ini menampilkan integrasi konsep kimia dengan isu keberlanjutan, aktivitas proyek CEP, kuis interaktif, dan umpan balik langsung, sehingga mendukung pembelajaran kontekstual dan bermakna. Hasil posttest menunjukkan peningkatan kepedulian lingkungan siswa yang lebih tinggi pada kelas eksperimen dibanding kelas kontrol ( $p = 0,014$ ;  $p < 0,05$ ), menandakan potensi efektivitas multimedia dalam mendukung pengembangan sikap peduli lingkungan. Secara keseluruhan, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan media pembelajaran kimia yang tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep, tetapi juga menanamkan kesadaran dan tanggung jawab terhadap lingkungan, serta menjadi alternatif inovatif bagi guru dalam menerapkan pembelajaran berorientasi keberlanjutan.

## DAFTAR RUJUKAN

- Abdullah, M. N., & Tussadia, N. H. (2025). Analisis Penggunaan Multimedia Berbasis Game Edukatif terhadap Peningkatan Keterlibatan dan Motivasi Belajar Siswa di Sekolah Dasar. *At-Tasyrih Jurnal Pendidikan Dan Hukum Islam*, 11(2). <https://doi.org/10.55849/attasyrih.v11i2.393>
- Alharbi, H. S., Alotaibi, B. H., Alotaibi, S. S., Alqahtani, A. T., Alotaibi, H. F., Alqurashi, Y., Almoshawah, Y. A., & Abdel-daiem, M. M. (2025). From Knowledge to Action : Investigating Sustainability Awareness , Behavior , and Attitude Among Engineering Students at Shaqra University. *Sustainability*, 17(13), 1–25. <https://doi.org/10.3390/su17135854>
- Alkhayyal, B., Labib, W., Alsulaiman, T., & Abdelhadi, A. (2019). Analyzing Sustainability Awareness among Higher Education Faculty Members : A Case Study in Saudi Arabia. *Sustainability (Switzerland)*, 11(23). <https://doi.org/10.3390/su11236837>
- Asilsoy, B., Laleci, S., Yildırım, S., Uzunoglu, K., & Ozden, O. (2017). Environmental Awareness and Knowledge among Architecture Students in North Cyprus. *International Journal of Educational Sciences*, 19, 136–143. <https://doi.org/10.1080/09751122.2017.1393957>
- Atwi, S. (2012). *Desain instruksional modern*. Jakarta: Erlangga.
- Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer Science & Business Media.
- Daud, F., Abdullah, N., & Darwis, M. (2022). *Kepedulian Lingkungan Berbasis Pengetahuan, Penerimaan Informasi Dan Kecerdasan Naturalistik*. Pustaka Madani.
- Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2015). *The Systematic Design of Instruction (8t ed.)*. Pearson Education.
- Febriosa, S., Pratama, W. S., Mahdalena, Z., & Ikhwan. (2025). Analisis Dampak Perubahan Iklim Terhadap Kualitas Lingkungan Hidup Dan Kehidupan Sosial Masyarakat Selma. *Jurnal Mudabbir*, 5(2), 2211–2221. <https://doi.org/https://doi.org/10.56832/mudabbir.v5i2.1480>
- Febrizal, F., Hernani, H., & Mudzakir, A. (2023). Systematic Literature Review: Peran Pembelajaran Kimia Terhadap Keberlanjutan Dalam Konteks Education for Sustainable Development (Esd). *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 14(2), 238. <https://doi.org/10.20527/quantum.v14i2.15963>
- Firmanshah, M. I., Abdullah, N., & Fariduddin, M. N. (2023). The Relationship of School Students ' Environmental Knowledge , Attitude , Behavior , and Awareness toward the Environment : A Systematic Review. *International Journal of Academic Research in Progressive Education And Development*, 12(1), 432–449. <https://doi.org/10.6007/IJARPED/v12-i1/15707>
- Fitri, A., Risnawati, R., & Za'ba, N. (2024). Pengaruh Pembelajaran Akidah Akhlak dan Lingkungan Madrasah terhadap Adab Pergaulan Peserta Didik. *Ainara Journal (Jurnal Penelitian Dan PKM Bidang Ilmu Pendidikan)*, 5(3), 378–385. <https://doi.org/10.54371/ainj.v5i3.561>
- Fitria, Y., & Indra, W. (2020). *Pengembangan model pembelajaran PBL berbasis digital untuk meningkatkan karakter peduli lingkungan dan literasi sains*. Deepublis.
- Hamida, N. A., Sein, L. H., & Ma, W. (2022). Implementasi Teori Meaningfull Learning David Ausubel Dalam Pembelajaran Sejarah Kebudayaan Islam Di MI Nursyamiya Tuban. *Al-Madrasah: Jurnal Ilmiah Pendidikan Madrasah Ibtidaiyah*, 6(4), 1386–1400. <https://doi.org/10.35931/am.v6i4.1294>

- Handayani, R., Noor, I. G., & Dewi, R. S. (2024). Peran Pendidikan Karakter Peduli Lingkungan di Sekolah dalam Membentuk Generasi Cerdas dan Bertanggung Jawab terhadap Kelestarian Alam. *Ainara Journal*, 5(3), 372–377. <https://doi.org/10.54371/ainj.v5i3.560>
- Hidayat, F., Rahayu, C., Barat, K. B., Nizar, M., Coblong, K., & Bandung, K. (2021). Model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation And Evaluation) dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam. *Jurnal Inovasi Pendidikan Agama Islam*, 1(1), 28–37. <https://doi.org/10.15575/jipai.v1i1.11042>
- Januszewski, A., & Molenda, M. (2008). *Educational Technology Definition*. Taylor & Francis Group.
- Jonassen, D. H., & Rohrer-Murphy, L. (1999). Activity theory as a framework for designing constructivist learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 47(1), 61–79.
- Khoiri, A., Sunarno, W., Sajidan, S., & Sukarmin, S. (2021). Analysing students ' environmental awareness profile using strategic environmental assessment [ version 2 ; peer review : 2 approved , 2 approved with reservations ]. *F1000Res*, 1(1), 1–27. <https://doi.org/10.12688/f1000research.51523.2>
- Kurnia, R. A., Haryanto, Sanova, A., & Ayu Dewi, C. (2022). Studi Respon Siswa Terhadap Pengembangan Multimedia Interaktif Berbasis Chemo-Entrepreneurship Berbentuk Aplikasi Android. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 10(1), 10–20. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v10i1.4954>
- Mayer, R. E. (2021). Multimedia Learning. In *Sustainability (Switzerland)* (3rd ed., Vol. 11, Issue 1). University Press. [http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484\\_SISTEM\\_PEMBETUNGAN\\_TERPUSAT\\_STRATEGI\\_MELESTARI](http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI)
- Nesbit, J., Belfer, K., & Leacock, T. (2009). Learning object review instrument (LORI). *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Ni'mah, A., & Suwardi, S. (2023). Implementation of the Chemo-Entrepreneurship Approach in Chemistry Learning: Systematic Review 2016–2023. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(SpecialIssue), 24–36. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9ispecialissue.5368>
- Nurhasanah, E. (2021). Pengembangan Multimedia Pembelajaran Sejarah Perkembangan Islam Berbasis Macromedia Flash untuk Meningkatkan Hasil Belajar Mahasiswa. *Ainara Journal*, 2(3), 148–153. <https://doi.org/10.54371/ainj.v2i3.69>
- Pauw, J. B., Gericke, N., Olsson, D., & Berglund, T. (2015). The Effectiveness of Education for Sustainable Development. *Sustainability (Switzerland)*, 7(11), 15693–15717. <https://doi.org/10.3390/su71115693>
- Pradnyawati, N. C., & Rati, N. W. (2023). Interactive Multimedia Based on a Contextual Approach to Material Changes in the form of Objects. *Jurnal Mimbar Ilmu*, 28(2), 255–264. <https://doi.org/10.23887/mi.v28i2.63626> Interactive
- Safitri, M., & Aziz, M. R. (2022). ADDIE , Sebuah Model Untuk Pengembangan Multimedia Learning. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 3(2), 50–58. <https://doi.org/https://jurnal.umpwr.ac.id/jpd/article/view/2237>
- Saselah, Y. R., Amir, M., & Riskan, M. (2017). Pengembangan Multimedia Interaktif Berbasis Adobe Flash CS6 Professional pada Pembelajaran Keseimbangan Kimia. *JKPK (Jurnal Kimia Dan*

Pendidikan Kimia), 2(2). <https://doi.org/10.20961/jkpk.v2i2.11978>

- Sufia, N., Febriyani, S., Sa'diah, H., Suprpto, M., & Ritonga, S. (2025). Masyarakat dan Lingkungan Pendidikan dalam Perspektif Ibnu Khaldun. *Jurnal Inovasi, Evaluasi Dan Pengembangan Pembelajaran (JIEPP)*, 5(1), 152–157. <https://doi.org/10.54371/jiepp.v5i1.777>
- Suyana, I., & Ramalis, T. R. (2018). Profil Sustainability Awareness Siswa Melalui Integrasi ESD Dalam Pembelajaran Berbasis Masalah Pada Topik Energi di SMP. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (SINAFI)*, 207–212.
- Tamalla, M., & Pratikno, A. S. (2024). Habitiasi Karakter Peduli Lingkungan melalui Kegiatan Menanam Tanaman Toga di Lingkungan Sekolah: Studi pada Siswa Kelas V. *Jurnal Inovasi, Evaluasi Dan Pengembangan Pembelajaran (JIEPP)*, 4(2), 316–322. <https://doi.org/10.54371/jiepp.v4i2.519>
- Tristaningrat, M. A. N. (2025). Kepraktisan Multimedia Interaktif Berbasis Ekopedagogik: Studi pada Materi Menjelajahi Bumi dan Antariksa di Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Citra Bakti*, 12(1), 118–128. <https://doi.org/10.38048/jipcb.v12i1.4740>
- Triyasminda, Rusdi, M., Asyhar, R., Dachia, H. A., & Rukondo, N. (2022). Tekno-Pedagogi : Jurnal Teknologi Pendidikan. *Tekno-Pedagogi: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 12(2), 1–9. <https://doi.org/10.22437/teknopedagogi.v12i2.32521>
- UNESCO. (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. UNESCO Publishing.
- Widyaiswara, G., Parmiti, D., & Suarjana, I. (2019). Pengaruh Model Pembelajaran Contextual Teaching and Learning terhadap Hasil Belajar IPA. *International Journal of Elementary Education*, 3(4), 389. <https://doi.org/10.23887/ijee.v3i4.21311>
- Zaelani, M. Y., Zaelani, Z., & Sansongko, A. S. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Pop-Up Book 3D bertema Alat Tangkap Ikan Ramah Lingkungan untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa. *Ainara Journal (Jurnal Penelitian Dan PKM Bidang Ilmu Pendidikan)*, 6(2), 341–347. <https://doi.org/10.54371/ainj.v6i2.885>