



PENGEMBANGAN E-MODUL INTERAKTIF BERBASIS AUGMENTED REALITY PADA MATERI IKATAN KIMIA

Indah Putri Wulandari^{1*} & Ayi Darmana²

^{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: indahputriwulandari5@gmail.com

Submit: 07-11-2025; Revised: 15-11-2025; Accepted: 17-11-2025; Published: 01-01-2026

ABSTRAK: Rendahnya hasil belajar siswa pada mata pelajaran kimia disebabkan oleh keterbatasan bahan ajar yang menarik, interaktif, dan aplikatif terhadap perkembangan teknologi. Pembelajaran masih didominasi oleh penggunaan buku paket, sementara guru belum sepenuhnya memanfaatkan media berbasis digital dalam proses pembelajaran. Kondisi tersebut berdampak pada rendahnya minat dan pemahaman konsep siswa, khususnya pada materi ikatan kimia yang bersifat abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengetahui tingkat kelayakan e-modul interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) sebagai bahan ajar inovatif dalam pembelajaran kimia. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE. Subjek penelitian ini terdiri atas satu dosen ahli materi dan satu dosen ahli media, sedangkan objek penelitian adalah e-modul interaktif berbasis *Augmented Reality* pada materi ikatan kimia. Instrumen penelitian yang digunakan berupa instrumen non-tes, yaitu angket analisis kebutuhan, lembar wawancara, serta angket kelayakan ahli materi dan ahli media. Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat kelayakan e-modul interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) mencapai 96,6% dari ahli materi dan 92,9% dari ahli media, dengan rata-rata kelayakan sebesar 94,75% yang masuk dalam kategori sangat layak. Dengan demikian, e-modul yang dikembangkan dapat dijadikan alternatif bahan ajar yang lebih modern, karena mampu memvisualisasikan konsep abstrak ikatan kimia melalui elemen 3D berbasis *Augmented Reality* (AR), sehingga berpotensi meningkatkan kualitas pembelajaran dan pemahaman siswa.

Kata Kunci: *Augmented Reality*, E-Modul Interaktif, Ikatan Kimia, Kelayakan, Pengembangan.

ABSTRACT: The low learning outcomes of students in chemistry subjects are due to the limitations of teaching materials that are interesting, interactive, and applicable to technological developments. Learning is still dominated by the use of package books, while teachers have not fully utilized digital-based media in the learning process. This condition has an impact on students' low interest and understanding of concepts, especially in abstract chemical bonding materials. This research aims to develop and determine the feasibility level of *Augmented Reality*-based interactive e-modules as innovative teaching materials in chemistry learning. The research method used is *Research and Development* (R&D) with the ADDIE development model. The subjects of this research consist of one lecturer who is a material expert and one lecturer who is a media expert, while the object of the research is an interactive e-module based on *Augmented Reality* on chemical bonding materials. The research instruments used were non-test instruments, namely needs analysis questionnaires, interview sheets, and feasibility questionnaires for material experts and media experts. The results of the analysis showed that the feasibility level of *Augmented Reality*-based interactive e-modules reached 96.6% from material experts and 92.9% from media experts, with an average feasibility of 94.75% which was included in the very feasible category. Thus, the e-modules developed can be used as an alternative to more modern teaching materials, because they are able to visualize abstract concepts of chemical bonds through 3D elements based on *Augmented Reality*, so that it has the potential to improve the quality of learning and student understanding.

Keywords: *Augmented Reality*, Interactive E-Module, Chemical Bonding, Feasibility, Development.



How to Cite: Wulandari, I. P., & Darmana, A. (2025). Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis *Augmented Reality* pada Materi Ikatan Kimia. *Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 6(1), 46-59. <https://doi.org/10.36312/panthera.v6i1.782>



Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Pendidikan pada dasarnya merupakan suatu usaha untuk mewariskan nilai-nilai yang berfungsi sebagai pedoman dalam menjalani praktik kehidupan sehari-hari. Pendidikan berperan sebagai pembeda antara generasi masa lalu, masa kini, dan masa yang akan datang, sehingga menjadi tolok ukur kemajuan atau kemunduran suatu bangsa (Afsari *et al.*, 2021). Kimia merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang konsep-konsepnya dipelajari melalui tiga tingkat representasi, yaitu makroskopis, submikroskopis, dan simbolik (Melykhatun *et al.*, 2019).

Kimia sering dianggap sebagai mata pelajaran yang sulit, karena sifat materinya yang abstrak dan kompleks, seperti pada topik ikatan kimia (Rokhim *et al.*, 2020). Konsep ikatan ion, kovalen, dan logam menuntut kemampuan berpikir abstrak untuk memahami bagaimana partikel berinteraksi pada tingkat submikroskopis (Sari *et al.*, 2023). Namun, pembelajaran kimia di sekolah masih cenderung bersifat konvensional dengan metode ceramah dan penggunaan buku teks sebagai sumber utama. Minimnya media pembelajaran inovatif menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep tersebut, sehingga berdampak pada rendahnya hasil belajar (Pramana *et al.*, 2022; Puspitasari *et al.*, 2021).

Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu guru mata pelajaran kimia di SMA Negeri 1 Sei Bingai, diperoleh informasi bahwa bahan ajar yang digunakan dalam proses pembelajaran masih terbatas pada buku paket. Selain itu, minimnya penggunaan media pembelajaran interaktif menyebabkan peserta didik kesulitan memahami materi yang telah dijelaskan, sehingga mereka cenderung mengandalkan penjelasan guru yang terbatas oleh alokasi waktu pembelajaran. Kondisi tersebut berdampak pada pemahaman dan hasil belajar siswa yang rata-rata berada di bawah Kriteria Ketuntasan Tujuan Pembelajaran (KKTP) sebesar 75.

Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pengembangan e-modul interaktif, yakni bahan ajar digital yang dapat diakses menggunakan perangkat elektronik dan dilengkapi dengan fitur teks, gambar, animasi, video, serta latihan soal interaktif (Imansari & Sunaryantiningsih, 2017). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sidiq & Najuah (2020), e-modul interaktif terbukti mampu meningkatkan kualitas belajar peserta didik, karena fitur interaktifnya mendorong minat belajar, sehingga pembelajaran menjadi lebih efektif dan efisien.

Salah satu media pendukung yang dapat ditambahkan ke dalam e-modul interaktif untuk mempermudah pemahaman materi ikatan kimia adalah teknologi *Augmented Reality* (AR). Teknologi ini mampu memvisualisasikan secara 3D



objek-objek abstrak dalam lingkungan nyata dan dapat diakses dengan mudah melalui perangkat Android. Penggunaan teknologi AR dalam bidang pendidikan telah berkembang secara luas, utamanya sebagai media pembelajaran (Hurrahman *et al.*, 2022). Dalam konteks pembelajaran sains, AR dapat membantu memvisualisasikan konsep abstrak secara lebih realistis, sehingga mempermudah pemahaman siswa.

Beberapa penelitian telah mengkaji efektivitas penggunaan media interaktif berbasis AR. Penelitian tentang pemanfaatan AR sebagai media pembelajaran menunjukkan bahwa teknologi ini mampu menciptakan suasana belajar yang lebih aktif dan realistis. Penelitian oleh Astuti *et al.* (2019) menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran sains efektif dalam meningkatkan motivasi belajar, keterampilan pemecahan masalah, dan hasil belajar siswa. Selanjutnya, penelitian oleh Sahronih *et al.* (2023) menunjukkan bahwa integrasi AR dengan e-modul memberikan efek positif terhadap efektivitas pembelajaran, dengan 36% responden memberikan tanggapan sangat positif terhadap penggunaannya.

E-modul interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) berpotensi menjadi solusi efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Media ini memungkinkan siswa berinteraksi langsung dengan konten pembelajaran melalui elemen visual yang ditampilkan dalam bentuk 3D. Hal ini mampu meningkatkan keterlibatan siswa dan memperkuat pemahaman konsep-konsep ilmiah abstrak (Safitri & Setiawan, 2023). Penggunaan e-modul interaktif berbasis AR juga dapat mendukung pembelajaran mandiri karena siswa dapat mengakses materi kapan saja dan di mana saja. Fitur interaktif yang tertanam di dalamnya memungkinkan siswa mengeksplorasi objek atau fenomena secara lebih mendalam sesuai ritme belajar masing-masing. AR tidak hanya meningkatkan motivasi belajar, tetapi juga membantu mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah.

Berdasarkan kajian terdahulu, belum banyak penelitian yang secara khusus mengintegrasikan *Augmented Reality* (AR) ke dalam pengembangan bahan ajar digital praktis seperti e-modul. Oleh karena itu, penulis tertarik mengembangkan e-modul berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi ikatan kimia sebagai alternatif bahan ajar inovatif yang tidak hanya layak secara materi dan media, tetapi juga relevan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang terdiri atas lima tahap, yaitu *analysis* (analisis), *design* (perancangan), *development* (pengembangan), *implementation* (implementasi), dan *evaluation* (evaluasi). Namun, pada penelitian ini hanya dilakukan sampai tahap *development* (pengembangan) dengan tujuan menghasilkan e-modul interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi ikatan kimia serta mengetahui tingkat kelayakannya melalui validasi ahli. Subjek penelitian terdiri atas seorang dosen pendidikan kimia sebagai ahli materi, dan seorang dosen pendidikan kimia lainnya sebagai ahli media. Instrumen penelitian yang digunakan berupa lembar penilaian kelayakan e-modul interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) yang disusun berdasarkan standar penilaian bahan ajar oleh BSNP dan dimodifikasi sesuai karakteristik e-modul digital.



Tabel 1. Kisi-kisi Angket untuk Ahli Materi.

No.	Aspek	Indikator Penilaian
1	Kelayakan Isi	Kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran, keakuratan materi, kemutakhiran, dan mendorong keingintahuan.
2	Kelayakan Penyajian	Teknik penyajian, pendukung penyajian materi, dan penyajian pembelajaran yang sistematis.
3	Kelayakan Bahasa	Kelugasan bahasa, dialogis dan interaktif, komunikatif, kesesuaian dengan kaidah bahasa, serta penggunaan istilah, simbol, dan ikon yang tepat.

Sumber: Depdiknas (2008).

Tabel 2. Kisi-kisi Angket untuk Ahli Media.

No.	Aspek	Indikator Penilaian
1	Kelayakan Kegrafikan	Ukuran e-modul, desain sampul (<i>cover</i>), desain isi, tipografi, dan kepraktisan penggunaan.
2	Penggunaan Teknologi <i>Augmented Reality</i> (AR)	Deskripsi produk media, panduan penggunaan, kemudahan kinerja program, kualitas sistematika, estetika tampilan, serta kualitas dan animasi AR.

Sumber: Depdiknas (2008).

Analisis data dilakukan dengan menggunakan skala *Likert* untuk menilai tingkat kelayakan e-modul yang dikembangkan. Skor dari setiap indikator dihitung menjadi persentase menggunakan rumus berikut ini (Widiastika *et al.*, 2020).

$$P = \frac{\sum f}{\sum N} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase indikator penilaian;

$\sum f$ = Jumlah skor yang diperoleh; dan

$\sum N$ = Jumlah skor keseluruhan.

Nilai persentase yang diperoleh kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria kelayakan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tentuan Kriteria Kelayakan E-Modul.

Interval	Kriteria
81%-100%	Sangat Layak
61%-80%	Layak
41%-60%	Cukup Layak
21%-40%	Tidak Layak
0%<20%	Sangat Tidak Layak

Sumber: Widiastika *et al.* (2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa bahan ajar e-modul interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi ikatan kimia. Pengembangan e-modul interaktif ini diharapkan mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran, karena penyajian materi melalui AR memungkinkan visualisasi bentuk molekul dan proses pembentukan ikatan kimia secara lebih nyata. Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 1 Sei Bingai. Adapun data hasil penelitian pada setiap tahapan yang dilakukan peneliti adalah sebagai berikut:



Tahap Analisis (*Analysis*)

Analisis Kurikulum

Analisis kurikulum dilakukan dengan menelaah Capaian Pembelajaran (CP), Tujuan Pembelajaran (TP), dan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) mata pelajaran Kimia kelas X fase E sesuai dengan Kurikulum Merdeka. Berdasarkan hasil analisis tersebut, diketahui bahwa ruang lingkup materi ikatan kimia mencakup kestabilan unsur, ikatan ion, ikatan kovalen, dan ikatan logam.

Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan melalui wawancara dengan guru kimia dan penyebaran angket kepada peserta didik di SMA Negeri 1 Sei Bingai. Guru kimia menyampaikan bahwa penerapan Kurikulum Merdeka di sekolah telah berjalan, namun pembelajaran kimia, khususnya pada materi ikatan kimia masih menghadapi berbagai kendala. Nilai rata-rata siswa masih berada di bawah Kriteria Ketuntasan Tujuan Pembelajaran (KKTP) yang ditetapkan, yaitu 75. Rendahnya hasil belajar tersebut disebabkan oleh keterbatasan media pembelajaran yang digunakan. Selama ini guru hanya menggunakan buku teks dan tayangan video sederhana yang kurang interaktif. Oleh karena itu, pengembangan e-modul berbasis AR dinilai mampu membantu guru dalam memvisualisasikan bentuk molekul secara tiga dimensi, sehingga siswa dapat lebih mudah memahami konsep ikatan antaratom.

Hasil angket menunjukkan bahwa mayoritas siswa memiliki perangkat digital seperti *smartphone* dan *laptop*, serta memanfaatkan perangkat tersebut untuk menunjang proses belajar. Namun, sebagian besar siswa masih mengalami kesulitan memahami konsep ikatan kimia, karena penyajian materi pada buku ajar dianggap terlalu teoretis. Sebanyak 85% siswa menyatakan sangat tertarik menggunakan media pembelajaran berbasis AR, karena memungkinkan mereka melihat model molekul secara nyata dan memanipulasinya melalui perangkat digital. Temuan ini menunjukkan adanya kebutuhan akan media pembelajaran yang lebih interaktif, visual, dan mendukung pemahaman konsep.

Analisis Buku Pelajaran Kimia

Analisis terhadap buku pelajaran kimia yang digunakan di sekolah dilakukan untuk mengetahui sejauh mana buku-buku tersebut mendukung pembelajaran mandiri siswa. Analisis dilakukan terhadap tiga buku kimia kelas X dari penerbit yang berbeda berdasarkan kriteria kelayakan BSNP yang meliputi aspek isi, bahasa, penyajian, dan kegrafikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa buku-buku tersebut secara umum layak digunakan, namun masih memiliki keterbatasan dalam hal visualisasi konsep, keterlibatan siswa, dan integrasi media digital. Penyajian materi cenderung bersifat naratif dan kurang kontekstual, sehingga belum mampu menumbuhkan kemandirian belajar siswa secara optimal. Berdasarkan hasil analisis tersebut, pengembangan e-modul interaktif berbasis AR menjadi solusi tepat, karena mampu menggabungkan unsur visual, interaktivitas, dan fleksibilitas dalam satu media pembelajaran digital.

Tahap Perencanaan (*Design*)

Tahap berikutnya adalah tahap perancangan (*design*) yang bertujuan untuk merancang struktur isi, tampilan, serta komponen interaktif dari e-modul yang akan dikembangkan. Desain produk disusun berdasarkan hasil analisis kebutuhan dengan memperhatikan prinsip-prinsip desain instruksional, yaitu kesesuaian

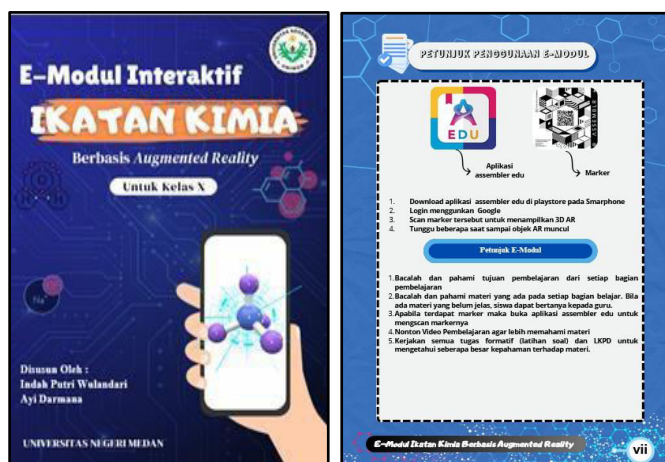
dengan tujuan pembelajaran, kejelasan informasi, serta kemudahan penggunaan oleh siswa. E-modul disusun menjadi empat kegiatan pembelajaran yang meliputi pembahasan mengenai kestabilan unsur, ikatan ion, ikatan kovalen, dan ikatan logam. Setiap kegiatan pembelajaran dilengkapi dengan video pembelajaran, latihan soal interaktif, serta lembar kerja digital (LKPD) yang dirancang untuk memfasilitasi siswa dalam berlatih secara mandiri.

Struktur e-modul terdiri atas tiga bagian utama, yaitu pendahuluan, isi, dan penutup. Bagian pendahuluan berisi kata pengantar, petunjuk penggunaan, daftar isi, dan peta konsep. Bagian isi memuat uraian materi, aktivitas pembelajaran, video, dan latihan soal, sedangkan bagian penutup berisi rangkuman, evaluasi, glosarium, dan daftar rujukan. Pemilihan media dan teknologi dilakukan dengan mempertimbangkan keterjangkauan serta kemudahan akses oleh siswa. E-modul ini dikembangkan menggunakan aplikasi *Canva* untuk desain visual, *Heyzine Flipbook* sebagai platform publikasi digital, serta aplikasi *Assemblr Studio* untuk menampilkan komponen *Augmented Reality* (AR). Dengan demikian, e-modul dapat diakses secara daring melalui perangkat *smartphone* maupun *laptop*, baik berbasis android maupun iOS.

Tahap Pengembangan (*Development*)

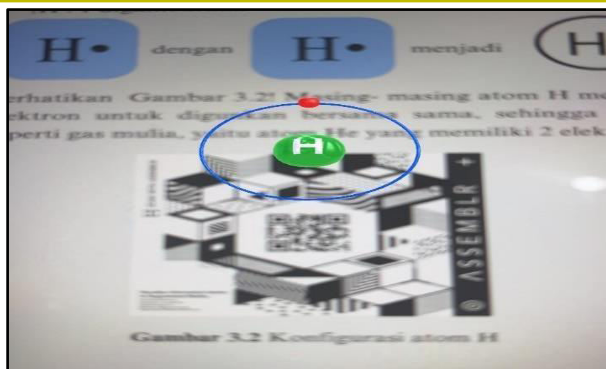
Tahap Pengembangan Produk

Pengembangan e-modul dilakukan menggunakan aplikasi *Canva* untuk menyusun *cover*, pendahuluan, isi, dan penutup modul, sedangkan penyusunan isi awal dilakukan menggunakan *Microsoft Word 2016*. Setelah struktur dan isi selesai, modul diintegrasikan dengan teknologi *Augmented Reality* (AR) menggunakan aplikasi *Assemblr Edu*.



Gambar 1. Tampilan E-Modul Interaktif Berbasis *Augmented Reality*.

Tahapan berikutnya melibatkan perancangan desain gambar *Augmented Reality* (AR) pada modul yang terdiri dari empat langkah umum. Langkah-langkah tersebut mencakup perancangan materi dan konseptualisasi format modul, serta pembuatan berbagai aset objek gambar 2D dan 3D menggunakan perangkat lunak *Blender* dan *Assemblr Edu*. Seluruh aset yang telah dibuat kemudian diintegrasikan ke dalam modul sehingga menghasilkan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan imersif.



Gambar 2. Tampilan *Augmented Reality* pada Atom H.

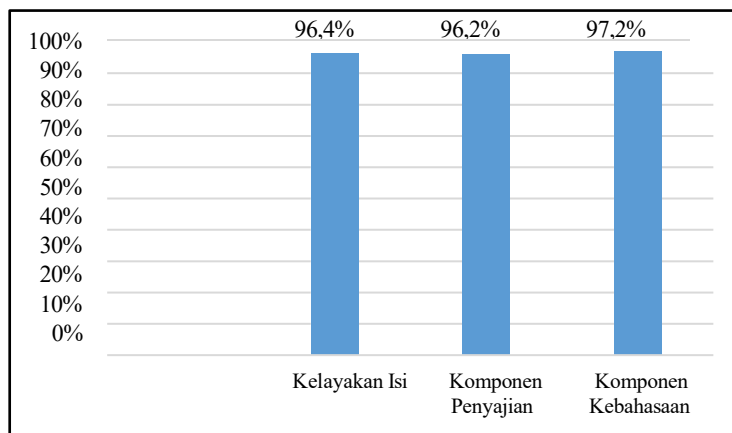
Tahap berikutnya setelah proses penyusunan modul adalah publikasi menggunakan aplikasi *Heyzine Flipbook*. Tahap ini merupakan bagian akhir dari proses awal pembuatan e-modul interaktif. Setelah e-modul selesai diedit dan dirancang, langkah selanjutnya adalah mempublikasikan modul tersebut melalui platform *heyzine* agar dapat diakses dalam bentuk *flipbook* digital. Pada tahap ini juga dilakukan pembuatan tautan (*link*) akses e-modul yang dapat dibuka melalui berbagai perangkat, baik *smartphone* berbasis android maupun komputer/*laptop*. Ketersediaan e-modul dalam format digital yang mudah diakses ini diharapkan dapat memudahkan peserta didik untuk belajar secara fleksibel, kapan pun dan di mana pun mereka berada.

Validasi Ahli Materi

Penilaian materi memperhatikan aspek kelayakan isi, kelayakan penyajian, dan kelayakan bahasa. Hasil validasi oleh ahli materi dapat dilihat pada Tabel 4 dan grafik validasi ahli materi pada Gambar 3.

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli Materi.

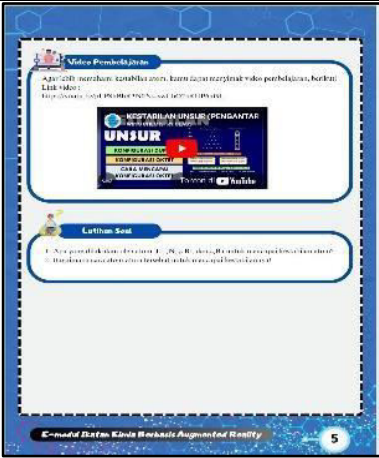
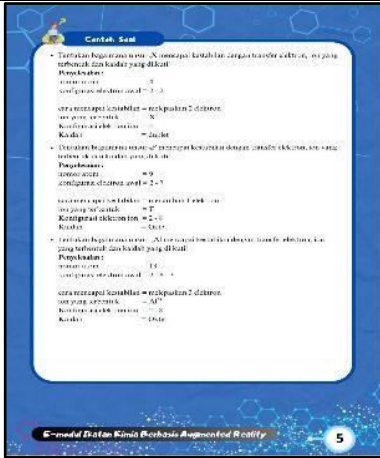
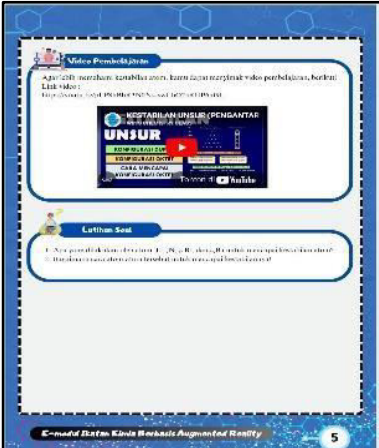

No.	Aspek yang Divalidasi	Validator	Skor Maks	%	Kategori
1	Kelayakan Isi	54	56	96.4	Sangat Layak
2	Komponen Penyajian	50	52	96.2	Sangat Layak
3	Komponen Kebahasaan	35	36	97.2	Sangat Layak
	Jumlah	139	144	289.8	
	Rata-rata	46.3	48	96.6	Sangat Layak



Gambar 3. Grafik Validasi Ahli Materi.

Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa lembar penilaian validasi materi memperoleh skor 46,3. Penilaian ini memiliki rata-rata 96,6% dengan kategori sangat layak karena berada pada interval 85%-100%. Berdasarkan data tersebut maka dapat disimpulkan bahwa materi pada e-modul dapat digunakan untuk menguji kelayakan e-modul interaktif berbasis *Augmented Reality*. E-modul yang dikembangkan perlu direvisi berdasarkan saran dan komentar yang diberikan oleh validator. Berikut ini beberapa saran/masukan dari ahli materi untuk perbaikan produk yang dikembangkan, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Saran Perbaikan Ahli Materi.

Sebelum Revisi	Setelah Revisi
	
	

Perbaikan dilakukan dengan menambahkan contoh soal pada submateri kestabilan unsur. Soal dirancang agar siswa dapat menentukan kestabilan suatu unsur berdasarkan konfigurasi elektronnya.

Perbaikan pada latihan soal hanya berbentuk uraian terdiri dari 2 soal yang terdapat di akhir materi e-modul, kemudian latihan soal direvisi menjadi bentuk interaktif menggunakan aplikasi *Quizizz*, sehingga siswa dapat menjawab soal secara langsung dan memperoleh balik otomatis (*feedback*) setelah menjawab.

Validasi Ahli Media

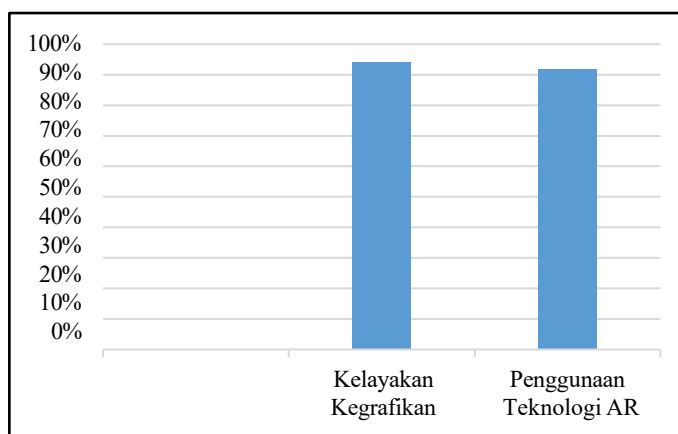
Penilaian aspek pada ahli media, yaitu kelayakan kegrafikan dan aspek penggunaan teknologi *Augmented Reality* (AR). Aspek-aspek tersebut dinilai

untuk memastikan media pembelajaran memiliki kualitas visual yang baik serta mampu menghadirkan pengalaman interaktif yang efektif bagi pengguna. Hasil validasi oleh ahli media dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Validasi Ahli Media.

No.	Aspek yang Divalidasi	Validator	Skor Maks	%	Kategori
1	Kelayakan Kegrafikan	49	52	94.2	Sangat Layak
2	Penggunaan Teknologi AR	55	60	91.7	Sangat Layak
Jumlah		104	112	185.89	
Rata-rata		52	56	92.9	Sangat Layak

Berikut grafik hasil validasi oleh validator ahli media yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Validasi Ahli Media.

Berdasarkan Tabel 6, terlihat bahwa lembar penilaian validasi media memperoleh skor 52. Penilaian ini memiliki rata-rata 92,9% dengan kategori sangat layak, karena berada pada interval 85%-100%. Berdasarkan data tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa media pada e-modul dapat digunakan untuk menguji kelayakan e-modul interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR). Hasil validasi ini menunjukkan bahwa aspek tampilan, navigasi, dan interaktivitas pada e-modul telah memenuhi standar kualitas media pembelajaran berbasis digital. Validator menilai bahwa penggunaan AR dalam e-modul dapat meningkatkan pengalaman belajar siswa karena memberikan visualisasi materi yang lebih menarik dan mudah dipahami. Hal ini membuktikan bahwa integrasi teknologi AR memiliki potensi besar untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran, terutama pada materi yang memerlukan pemahaman konsep secara visual.

Namun demikian, meskipun media dinilai sangat layak, beberapa bagian masih memerlukan penyempurnaan agar e-modul semakin optimal saat digunakan dalam proses pembelajaran. Perbaikan dapat difokuskan pada penyelarasan desain grafis, pemutakhiran konten interaktif, serta peningkatan kualitas *marker* AR agar sistem dapat berjalan lebih stabil. E-modul yang dikembangkan perlu direvisi berdasarkan saran dan komentar yang diberikan oleh validator. Berikut ini beberapa saran dan masukan dari ahli media untuk perbaikan produk yang dikembangkan yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Saran Perbaikan Ahli Media.

Sebelum Revisi	Setelah Revisi
	

Perbaikan pada e-modul bagian tulisan *background* disesuaikan dengan warna tulisan, menggunakan *background* oranye dengan teks berwarna hitam.

Validasi e-modul interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi ikatan kimia pada penelitian ini dilakukan oleh 2 orang validator, yaitu 1 ahli materi dan 1 ahli media. Hasil penilaian dari 2 validator disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rangkuman Hasil Validasi Ahli.

Hasil	Penilaian	
	Ahli Materi	Ahli Media
Validator	96.6%	92.9%
Rata-rata Persentase	94.75%	
Kategori	Sangat Layak	

Berdasarkan Tabel 8, hasil penilaian dari ahli materi maupun ahli media menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan tergolong sangat layak. Penilaian ahli materi menunjukkan persentase kelayakan sebesar 96,6%, sedangkan penilaian ahli media mencapai 92,9%. Rata-rata persentase kelayakan dari kedua ahli tersebut adalah 94,75%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa e-modul interaktif berbasis AR pada materi ikatan kimia termasuk dalam kategori layak atau valid untuk digunakan sebagai media pembelajaran.

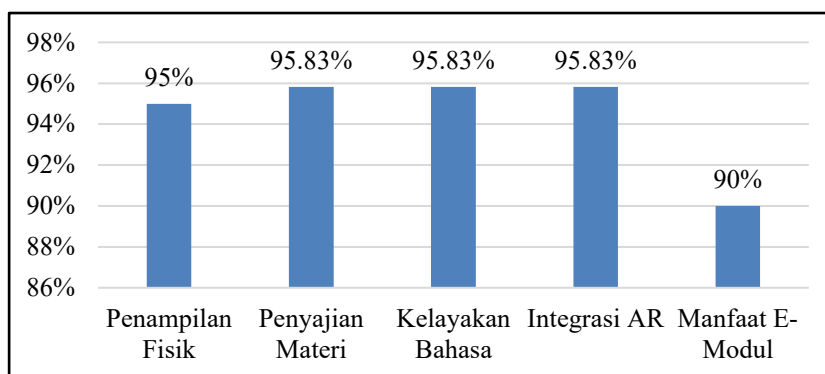
Tahap Implementasi (*Implementation*)

Tahap implementasi dalam penelitian ini merupakan langkah penting untuk menguji efektivitas penggunaan e-modul interaktif berbasis AR pada materi ikatan kimia. Setelah melalui tahap pengembangan dan validasi oleh para ahli, e-modul tersebut diimplementasikan di SMA Negeri 1 Sei Bingai dengan melibatkan 33 peserta didik kelas X P2 sebagai kelas eksperimen. Tujuan utama dari tahap ini adalah untuk mengetahui sejauh mana e-modul berbasis AR dapat meningkatkan hasil belajar siswa, serta menilai kepraktisan penggunaannya dalam kegiatan pembelajaran.

Respon Guru

Analisis respon guru dilakukan untuk mengetahui tingkat kepraktisan e-modul yang telah dikembangkan. Sebelum e-modul disebarkan kepada peserta didik, peneliti meminta pendapat dari salah satu guru kimia di SMA Negeri 1 Sei

Bingai. Berdasarkan hasil penilaian, guru memberikan beberapa saran perbaikan terkait kesalahan penulisan, komposisi desain visual, dan isi materi. Peneliti kemudian melakukan revisi sesuai dengan saran tersebut. Grafik hasil penilaian respon guru terhadap e-modul ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hasil Penilaian Respon Guru.

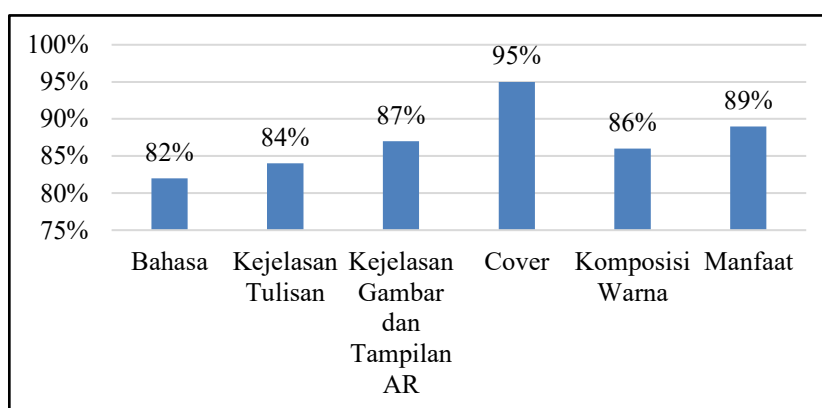
Persentase rata-rata hasil penilaian respon guru dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Penilaian Respon Guru.

No.	Aspek Penilaian	Guru	Skor Maks	%	Kategori
1	Penampilan Fisik	19	20	95.00	Sangat Praktis
2	Penyajian Materi	46	48	95.83	Sangat Praktis
3	Kelayakan Bahasa	23	24	95.83	Sangat Praktis
4	Integrasi AR	23	24	95.83	Sangat Praktis
5	Manfaat E-Modul	18	20	90.00	Sangat Praktis
Jumlah		129	136	94.85	Sangat Praktis
Rata-rata		25.8	27.2		Sangat Praktis

Respon Peserta Didik

Analisis respon peserta didik dilakukan untuk mengetahui kepraktisan e-modul yang telah dikembangkan. Peneliti meminta tanggapan dari 33 peserta didik kelas XI SMA Negeri 1 Sei Bingai yang sebelumnya telah mempelajari materi ikatan kimia. Grafik hasil respon peserta didik terhadap e-modul ini ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hasil Penilaian Respon Peserta Didik.



Persentase rata-rata hasil penilaian peserta didik disajikan dalam Tabel 10.

Tabel 10. Persentase Hasil Respon Peserta Didik.

No.	Aspek Penilaian	Jumlah Nilai %
1	Bahasa	82
2	Kejelasan Tulisan	84
3	Kejelasan Gambar dan Tampilan AR	87
4	Cover	95
5	Komposisi Warna	86
6	Manfaat	89
	Rata-rata	83

E-modul dikatakan praktis apabila masuk dalam kategori layak atau sangat layak. Berdasarkan hasil perhitungan dari penilaian yang diberikan oleh guru, diperoleh rata-rata persentase sebesar 94,85% yang termasuk dalam kategori “sangat praktis”. Sementara itu, hasil respon peserta didik menunjukkan rata-rata persentase sebesar 83% yang juga termasuk dalam kategori “sangat praktis”. Konsistensi hasil penilaian antara guru dan peserta didik menunjukkan bahwa e-modul tidak hanya memenuhi kebutuhan pembelajaran dari sisi desain dan konten, tetapi juga mudah digunakan dalam praktiknya. Dengan demikian, e-modul interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) yang dikembangkan dinyatakan praktis dan layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap berikutnya adalah evaluasi (*evaluation*) yang berfokus pada pengukuran hasil belajar dan efektivitas penggunaan e-modul interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR). Penilaian pada tahap ini mencakup aspek kepraktisan, seperti respon guru dan peserta didik terhadap penggunaan e-modul, serta hasil belajar peserta didik. Tujuan utama penggunaan e-modul ini adalah untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik dengan indikator tercapainya nilai minimal sesuai Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) yang telah ditetapkan oleh sekolah. Pengukuran hasil belajar dilakukan melalui tes awal (*pre-test*) dan tes akhir (*post-test*) dengan menggunakan instrumen berupa soal pilihan ganda sebanyak 20 butir soal. Instrumen soal tersebut telah divalidasi oleh dosen ahli pendidikan kimia dari Universitas Negeri Medan, kemudian direvisi dan diujicobakan kepada peserta didik yang telah mempelajari materi ikatan kimia. Uji coba ini bertujuan untuk memastikan validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, daya pembeda, serta kualitas pengecoh (*distractor*) pada soal yang digunakan.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi ikatan kimia dinyatakan sangat layak digunakan sebagai bahan ajar inovatif. Validasi ahli materi memperoleh persentase 96,6%, sedangkan ahli media 92,9% dengan rata-rata keseluruhan 94,75%. E-modul ini telah memenuhi kriteria kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, kegrafikan, dan teknologi menurut standar BSNP. Produk yang dikembangkan berpotensi meningkatkan pemahaman konsep abstrak melalui visualisasi 3D, serta mendukung pembelajaran kimia yang interaktif dan kontekstual di era digital.



SARAN

E-modul interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) ini dapat digunakan sebagai alternatif bahan ajar digital dalam pembelajaran kimia, khususnya untuk materi yang bersifat abstrak. Peneliti selanjutnya disarankan untuk menguji keefektifan e-modul terhadap hasil belajar siswa melalui uji coba lapangan yang lebih luas, serta mengembangkan versi *markerless* AR agar penggunaannya lebih praktis dan interaktif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing, validator ahli materi dan ahli media, serta pihak SMA Negeri 1 Sei Bingai yang telah memberikan dukungan dan kesempatan dalam pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan yang turut membantu dalam proses pengembangan dan penyusunan e-modul interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR), serta kepada seluruh pihak yang telah memberikan masukan berharga hingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Afsari, S., Safitri, I., Harahap, S. K., & Munthe, L. S. (2021). *Systematic Literature Review: Efektivitas Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik pada Pembelajaran Matematika*. *Indonesian Journal of Intellectual Publication*, 1(3), 189-197. <https://doi.org/10.51577/ijipublication.v1i3.117>
- Astuti, F. N., Suranto, S., & Masykuri, M. (2019). Augmented Reality for Teaching Science: Students' Problem Solving Skill, Motivation, and Learning Outcomes. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 5(2), 305-312. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v5i2.8455>
- Depdiknas. (2008). *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Hurrahman, M., Erlina, E., Melati, H. A., Enawaty, E., & Sartika, R. P. (2022). Pengembangan E-Modul Berbasis Multipel Representasi dengan Bantuan Teknologi *Augmented Reality* untuk Pembelajaran Materi Bentuk Molekul. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(1), 89-114. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v10i1.22579>
- Imansari, N., & Sunaryantiningsih, I. (2017). Pengaruh Penggunaan E-Modul Interaktif terhadap Hasil Belajar Mahasiswa pada Materi Kesehatan dan Keselamatan Kerja. *VOLT : Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 2(1), 11-18. <https://doi.org/10.30870/volt.v2i1.1478>
- Melykhatun, R. A., Mahatmanti, F. W., & Wijayati, N. (2019). Pengembangan Media *Chemo-Edutainment* (CET) Berbasis Intertekstual sebagai Media Pembelajaran Kimia SMA Kelas XI Materi Hidrokarbon. *Chemistry in Education*, 8(2), 1-8.
- Pramana, I. B. W., Fitriani, H., & Safnowandi, S. (2022). Pengaruh Metode *Mind Map* dengan Media Komik terhadap Minat Baca dan Hasil Belajar Kognitif Siswa. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 2(2), 71-87. <https://doi.org/10.36312/bjkb.v2i2.68>
- Puspitasari, H., Wilujeng, I., & Haristy, D. R. (2021). Keefektifan *Interactive E-*



- Book IPA untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Siswa SMP pada Masa Pandemi Covid-19. Al Ulum : Jurnal Sains dan Teknologi*, 6(2), 49-55. <http://dx.doi.org/10.31602/ajst.v6i2.4844>
- Rokhim, D. A., Widarti, H. R., & Fajaroh, F. (2020). Pengembangan Bahan Belajar *Flipbook* pada Materi Redoks dan Elektrokimia Berbasis Pendekatan STEM-PjBL Berbantuan Video. *Kwangsan : Jurnal Teknologi Pendidikan*, 8(2), 234-250. <https://doi.org/10.31800/jtp.kw.v8n2.p234-250>
- Safitri, N. R., & Setiawan, A. M. (2023). Urgensi Kebutuhan E-Modul Model PBL Berbasis *Flipbook Maker* Materi Struktur Bumi dan Bencana untuk Mengetahui Peningkatan Literasi Sains Siswa SMP. In *Seminar Nasional Pendidikan IPA dan Matematika* (pp. 655-564). Malang, Indonesia: Universitas Negeri Malang.
- Sahronih, S., Suryono, T., Maemuna, S., & Hasanah, D. (2023). Integrasi Teknologi *Augmented Reality* Berbasis Model SAMR (*Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition*) dalam Pembelajaran IPA Sekolah Dasar. *Prima Magistra : Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 4(4), 619-629. <https://doi.org/10.37478/jpm.v4i4.3230>
- Sari, I. R., Tewa, Y., & Marhadi, M. A. (2023). Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Materi Ikatan Kimia dengan Model Pembelajaran Berbasis Masalah. *Jurnal Pendidikan Kimia FKIP Universitas Halu Oleo*, 8(1), 14-23. <https://doi.org/10.36709/jpkim.v8i1.4>
- Sidiq, R., & Najuah, N. (2020). Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Android pada Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar. *Jurnal Pendidikan Sejarah*, 9(1), 1-14. <https://doi.org/10.21009/JPS.091.01>
- Widiastika, M. A., Hendrapipta, N., & Syachruroji, A. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran *Mobile Learning* Berbasis Android pada Konsep Sistem Peredaran Darah di Sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(1), 47-64. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i1.602>