PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS *AUGMENTED REALITY* (AR) PADA MATERI BENTUK MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN LITERASI SAINS DI SMA

TESIS

OLEH

EVI TRI PRIHATINI
NIM. F2151231009

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI PENDIDIKAN
JURUSAN ILMU PENDIDIKAN
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK

2025

PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS *AUGMENTED REALITY* (AR) PADA MATERI BENTUK MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN LITERASI SAINS DI SMA

TESIS

Diajukan Sebagai Syarat untuk Memperoleh Gelar Magister
Jurusan Ilmu Pendidikan
Program Studi Magister Teknologi Pendidikan

OLEH

EVI TRI PRIHATINI
NIM. F2151231009

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI PENDIDIKAN
JURUSAN ILMU PENDIDIKAN
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS *AUGMENTED REALITY* PADA MATERI BENTUK MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN LITERASI SAINS DI SMA

TESIS

Tanggung Jawab Yuridis

EVI TRI PRIHATINI
NIM. F2151231009

Disetujui,

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Eny Enawaty, M.Si.	**Dr. Haratua Tiur Maria S, M.Pd**
NIP 196605241992022001	**NIP 196702221991012001**

Disahkan
Dekan
FKIP Universitas Tanjungpura Pontianak

Dr. Ahmad Yani T, M.Pd
NIP 196604011991021001

Lulus Tanggal : 3 Juni 2025

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS *AUGMENTED REALITY* PADA MATERI BENTUK MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN LITERASI SAINS DI SMA

Tanggung Jawab Yuridis

EVI TRI PRIHATINI
NIM F2151231009

Disetujui,

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Eny Enawaty, M.Si.	**Dr. Haratua Tiur Maria S, M.Pd.**
NIP 196605241992022001	**NIP 196702221991012001**

Mengetahui,
Ketua Program Magister Teknologi Pendidikan FKIP
Universitas Tanjungpura Pontianak

Dr. Venny Karolina, M. A. TESOL

NIP 198004212005012003

Lulus Tanggal : 3 Juni 2025

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS *AUGMENTED REALITY* PADA MATERI BENTUK MOLEKUL UNTUK MENINGKATKAN LITERASI SAINS DI SMA

Tanggung Jawab Yuridis

EVI TRI PRIHATINI
NIM. F2151231009

Disetujui,

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Eny Enawaty, M.Si.	**Dr. Haratua Tiur Maria S, M.Pd**
NIP 196605241992022001	**NIP 196702221991012001**

Penguji I	Penguji II
Dr. Yohanes Bahari, M.Si	**Dr. Dede Surahman, M.Si**
NIP. 195811031986021001	**NIP 196603131992031002**

Mengetahui,
Ketua Program Magister Teknologi Pendidikan FKIP
Universitas Tanjungpura Pontianak

Dr. Venny Karolina, M.A/TESOL
NIP 19800421200501200 3

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Evi Tri Prihatini

NIM : F2151231009

Jurusan/ Prodi : Ilmu Pendidikan/Magister Teknologi Pendidikan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tesis ini hasil jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Pontianak, Juni 2025
Yang membuat pernyataan,



Evi Tri Prihatini
F2151231009

ABSTRAK

Prihatini, 2025 Pengembangan E-Modul Berbasis *Augmented Reality* Pada Materi Bentuk Molekul Untuk Meningkatkan Literasi Sains Di SMA. Tesis Program Studi Magister Teknologi Pendidikan. FKIP, Universitas Tanjungpura Pontianak. Pembimbing (1) Dr. Eny Enawaty., M.Si.; Pembimbing (2) Dr. Haratua Tiur Maria S., M.Pd.

Rendahnya kemampuan literasi sains siswa Indomesia berdasarkan hasil PISA menggambarkan masih rendahnya penguasaan konsep sains di tingkat SMA. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengembangkan, mendeskripsikan profil dan menguji efektivitas e-modul berbasis *Augmented Reality* pada materi bentuk molekul. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Instrumen penelitian yang digunakan meliputi instrumen tes, angket validasi, dan angket respon pengguna. Partisipan dalam penelitian ini sebanyak 136 siswa kelas XI IPA di SMA Muhammadiyah 1 dan SMA Mujahidin Pontianak. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif, uji normalitas, uji homogenitas, uji non-parametrik *Mann Whitney U Test*, perhitungan *N-Gain*, uji *Effect Size* serta analisis deskriptif respon pengguna. Hasil analisis menunjukkan terjadi peningkatan rata-rata *pre-test* dan *post-test* pada kelas eksperimen yaitu 18,44 menjadi 76,47. Berdasarkan hasil uji *Mann Whitney U* dengan nilai signifikansi **s**ig < 0,05 yang berarti menunjukkan perbedaan yang signifikan antara *post-test* kelas kontrol dan *post-test* kelas eksperimen**,** dengan nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,71 (kategori efektivitas tinggi) dan hasil uji *Effect size* 1,93 (*Strong Effect*). E-modul berbasis *Augmented Reality* (AR) yang dikembangkan telah memberikan efek yang besar terhadap peningkatan kemampuan literasi sains pada materi bentuk molekul di SMA

Kata kunci : E-Modul Berbasis Augmented Reality, Bentuk Molekul, Literasi Sains

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan tesis yang berjudul "Pengembangan E-Modul Berbasis *Augmented Reality* (AR) Pada Materi Bentuk Molekul Untuk Meningkat Literasi Sains Di SMA" tepat pada waktu yang ditentukan. Dalam penyusunan tesis ini, penulis menyadari kontribusi dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Eny Enawaty. M.Si selaku pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga dalam penyusunan tesis ini.
2. Ibu Dr. Haratua Tiur Maria S, M.Pd. selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga dalam penyusunan tesis ini.
3. Ibu Dr. Venny Karolina, M.A. TESOL selaku ketua program studi Magister Teknologi Pendidikan, serta seluruh staf di FKIP Universitas Tanjungpura, atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama proses penulisan.
4. Bapak Prof. Dr. Yohanes Bahari, M.Si selaku penguji pertama yang telah banyak memberikan saran dan masukan demi perbaikan penulisan ini.
5. Bapak Dr. Dede Suratman, M.Si. selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga dalam penyusunan tesis ini.

6. Seluruh pihak yang terlibat dalam pelaksanaan penelitian ini baik para validator ahli dan seluruh siswa kelas XI IPA SMA Muhammdiyah 1 dan SMA Mujahidin Pontianak.
7. Keluarga, saudara, dan teman-teman yang memberikan dukungan dalam penulisan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam penulisan tesis masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu saran yang bersifat membangun tentu sangat bermanfaat bagi perbaikan penulisan selanjutnya. Semoga karya tulis ilmiah tesis ini dapat memberi manfaat bagi diri sendiri, universitas, sekolah dan masyarakat.

Pontianak, 19 Mei 2025

Penulis.

Evi Tri Prihatini

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PERSETUJUAN i
LEMBAR PERSETUJUAN ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
PERNYATAAN KEASLIAN iv
ABSTRAK v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xii
BAB I PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang Penelitian 1
B. Permasalahan dan Rumusan Masalah 8
C. Tujuan Penelitian 9
D. Manfaat Penelitian 10
E. Terminologi 12
F. Spesifikasi Produk 15
BAB II KAJIAN TEORI DAN KERANGKA BERPIKIR 17
A. Kajian Teori 17
1. Pengembangan 17
2. Modul Ajar 19
3. Modul Elektronik 21
4. Augmented Reality 24
5. Bentuk Molekul Dan Teori VSEPR (*Valence Shell Electron Pair Repulsion*) 30
6. Literasi 35
7. Literasi Sains 37
B. Kerangka Berpikir 43
BAB III METODE PENELITIAN 45
A. Pendekatan Dan Metode Pengembangan 45
B. Subjek Penelitian 46

C. Lokasi Penelitian....48
D. Prosedur Pengembangan....48
E. Instrumen Pengumpulan Data....54
F. Teknik Analisis Data....56
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN....63
A. Hasil Penelitian....63
1. Tahap *Analysis* (Analisis)....63
2. Tahap *Design* (Desain)....65
3. Tahap *Development*....70
4. Tahap I*mplement* (Implementasi)....84
5. Tahap *Evaluation* (Evaluasi)....92
B. Pembahasan....94
1. Desain Pengembangan E-Modul Berbasis AR....94
2. Profil e-Modul Berbasis AR....116
3. Keefektifan e-Modul dalam Meningkatkan Literasi Sains....119
BAB V PENUTUP....124
A. Kesimpulan....124
B. Saran....126
DAFTAR PUSTAKA....128
LAMPIRAN A....138
A1. Kisi-Kisi Pedoman Wawancara....138
A2. Kisi-Kisi Validasi Ahli Materi....139
A3. Hasil Validasi Materi....140
A4. Kisi-Kisi Validasi Ahli Media....146
A5. Hasil Angket Validasi Ahli Media....147
A6. Kisi-Kisi Soal Test....153
A7. Hasil Angket Validasi Ahli Soal....154
A8. Kisi-Kisi Angket Respon Siswa....164
A9. Angket Respon Pengguna....165
A10 Biodata Validator....167

LAMPIRAN B 169
B1. Rancangan Pelaksanaan Pembelajaran.....169
B2. Soal *Pretest* 175
B3. Kisi- Kisi Soal *Pretest*.....176
B4. Soal *Posttest* 180
B5. Kisi- Kisi Soal *Posttest* 181
LAMPIRAN C.....184
C1. Surat Izin Penelitian 184
C2. Surat Keterangan Telah Melaksanakan Penelitian…….186
LAMPIRAN D.....188
D1. Foto Penelitian 188

DAFTAR TABEL

Tabel	1.1	Literasi Sains Siswa Indonesia Hasil PISA.....	2
Tabel	3.1	*Timeline* Kegiatan Penelitian.....	48
Tabel	3.2	Skala *Likert*.....	56
Tabel	3.3	Interpretasi N-Gain Skor.....	60
Tabel	3.4	Kriteria *Effect Size*.....	61
Tabel	3.5	Pedoman Penskoran Angket Respon Pengguna.....	61
Tabel	3.6	Kriteria Persentase Respon Pengguna.....	62
Tabel	4.1	Skala Likert.....	74
Tabel	4,2	Daftar Validator.....	74
Tabel	4.3	Hasil Validasi Ahli Materi.....	75
Tabel	4.4	Hasil Validasi Ahli Media.....	77
Tabel	4.5	Hasil Validasi Ahli Soal *Pretest*.....	78
Tabel	4.6	Hasil Validasi Ahli Soal *Posttest*.....	78
Tabel	4.7	Uji Validitas Soal *Pretest*.....	80
Tabel	4.8	Uji Validitas Soal *Posttest*.....	80
Tabel	4.9	Uji Reabilitas Soal *Pretest*.....	81
Tabel	4.10	Uji Reabilitas Soal *Posttest*.....	81
Tabel	4.11	Tabel Kriteria Tingkat Reabilitas.....	81
Tabel	4.12	Angket Respon Siswa Uji *One to one*.....	82
Tabel	4.13	Angket Respon Siswa Kelompok Kecil.....	83
Tabel	4.14	Analisis Deskriptif.....	84
Tabel	4.15	Uji Normalitas.....	86
Tabel	4.16	Uji Homogenitas.....	87
Tabel	4.17	Uji *Mann Whitney U*.....	88
Tabel	4.18	Interpretasi Uji N Gain Skor.....	89
Tabel	4.19	Hasil Uji N Gain Perkelas Dalam Persentase.....	90
Tabel	4.20	Group Statistik Posttest Eksperimen Dan Kontrol....	90
Tabel	4.21	Angket Respon Pengguna Uji Lapangan.....	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar	2.1	Bentuk Molekul……	33
Gambar	3.1	Prosedur Pengembangan Model ADDIE.....	49
Gambar	4.1	Flowchart Pembuatan E-Modul Berbasis AR……..	66
Gambar	4.2	Tampilan Cover Pada E-Modul Berbasis AR.....	66
Gambar	4.3	Tampilan Halaman Pada Kata Pengantar.....	67
Gambar	4.4	Tampilan Halaman Pada KD Dan Indikator.....	67
Gambar	4.5	Tampilan Halaman Isi Materi Dan Media AR.....	68
Gambar	4.6	Tampilan Halaman Isi Materi, Sekilas Info Dan Galeri Kimia.....	68
Gambar	4.7	Tampilan Halaman Latihan Soal.....	69
Gambar	4.8	Tampilan Halaman Kesimpulan.....	69
Gambar	4.9	Tampilan Halaman Cover.....	71
Gambar	4.10	Tampilan KD Dan Indikator…….	71
Gambar	4.11	Tampilan Isi Materi	72
Gambar	4.12	Tampilan Isi Materi disertai Media AR……	72
Gambar	4.13	Tampilan Halaman Latihan Soal Dan Kesimpulan.....	72
Gambar	4.14	Revisian Gambar Molekul Ahli Materi.....	76
Gambar	4.15	Revisian Tuisan Dari Ahli Materi.....	76
Gambar	4.16	Revisian Gambar Molekul AR Dari Ahli Media.....	77
Gambar	5.1	Kompetensi Dasar Dan IPK……..	103

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Literasi sains merupakan kompetensi penting yang diperlukan dalam menghadapi tantangan masa depan yang ditandai dengan perkembangan teknologi yang pesat. Sebagai komponen penting dalam pembelajaran abad ke-21, literasi sains berperan dalam membantu siswa memahami konsep-konsep sains dan mengasah kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah (*critical thinking and problem solving*). kreativitas (*creative thinking*), kemampuan berkomunikasi (*communication*), dan kerja sama tim (*collaboration),*, yang dikenal dengan istilah 4C (Septikasari, R., & Frasandy, R. N, 2018). Literasi sains juga menyediakan seperangkat keterampilan yang dibutuhkan siswa untuk menghadapi sejumlah aspek dalam kehidupan global sehingga siswa dapat terlatih dalam menerapkan konsep sains dalam kehidupan (Rizkita. L et.al., 2016). Menurut OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*) dalam Kemdikbud (2017), literasi sains sebagai kemampuan untuk memperoleh pengetahuan ilmiah dan kemampuan untuk menjawab pertanyaan, mengumpulkan informasi baru, menjelaskan peristiwa ilmiah, membuat kesimpulan berdasarkan bukti, memahami sifat ilmu pengetahuan dan teknologi, serta keinginan untuk terlibat dan memperhatikan masalah ilmiah.

Hasil studi literasi sains PISA (*Programme for International Student Assessment*) yang dirilis oleh OECD pada tahun 2015, 2018, dan 2022

menunjukkan bahwa siswa Indonesia masih tertinggal dari negara lain dalam hal literasi sains. Hasil menunjukkan bahwa kemampuan siswa Indonesia masih perlu ditingkatkan untuk bersaing di tingkat internasional. Berdasarkan data yang dirilis oleh Kemendikbud Ristek (2023) menyatakan bahwa skor siswa Indonesia untuk literasi sains dalam studi PISA menunjukkan penurunan dari tahun ke tahun. Pada 2015, skor Indonesia adalah 403 dan terus menurun menjadi 396 pada 2018, lalu 383 pada 2022. Meskipun skornya turun, peringkat Indonesia sempat naik dari posisi ke-71 tahun 2018 menjadi ke-67 di tahun 2022, karena jumlah negara peserta juga bertambah. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan sains siswa Indonesia masih tertinggal dari rata-rata internasional dan perlu ditingkatkan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Literasi Sains Siswa Indonesia Berdasarkan Hasil PISA

Tahun Studi	Skor Rata-Rata Indonesia	Skor Rata-Rata Internasional	Peringkat Indonesia	Jumlah negara Peserta
2015	403	493	62	72
2018	396	489	71	79
2022	383	485	67	81

Sumber : Kemendikbud Ristek, 2023

Rendahnya kemampuan literasi sains siswa di Indonesia disebabkan oleh berbagai faktor. Salah satunya adalah kualitas bahan ajar dan sumber belajar yang masih rendah (Asyhari, 2015). Hal ini sejalan dengan temuan Fuadi et al. (2020) yang menyatakan bahwa pemilihan bahan ajar yang kurang tepat menjadi salah satu penyebab utama terhambatnya perkembangan literasi sains siswa.

Selain bahan ajar, pendekatan pembelajaran yang digunakan turut mempengaruhi kemampuan literasi sains. Sarminah (2018) menekankan bahwa pembelajaran sains seharusnya mengutamakan pemahaman konsep dasar serta mengaitkannya dengan fenomena nyata dalam kehidupan sehari-hari. Namun, kenyataannya banyak siswa belum mampu menghubungkan materi pelajaran dengan peristiwa alam yang sering mereka temui (Permanasari, 2016). Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara pengetahuan konseptual dan penerapannya dalam konteks nyata.

Lebih lanjut, Shihab et al. (2019) menjelaskan bahwa literasi sains tidak hanya mencakup kemampuan membaca dan menulis, tetapi juga kemampuan untuk mendayagunakan pengetahuan secara fungsional dalam kehidupan. Sayangnya, penelitian menunjukkan bahwa masih banyak guru yang belum memahami konsep literasi sains secara menyeluruh, sehingga kurang mampu membimbing siswa untuk mengembangkan keterampilan tersebut.

Kondisi diatas menggambarkan masih rendahnya penguasaan konsep sains di tingkat SMA, yang terlihat dari banyaknya siswa pada asesmen sekolah maupun dalam Asesmen Kompetensi Minimum (AKM), hanya mampu mencapai level kompetensi dasar dan belum mampu menalar informasi ilmiah secara mendalam setara dengan rata-rata internasional.

Hal ini diperkuat dengan hasil rapot pendidikan tahun 2022 hingga 2024 yang dikeluarkan oleh Kemendikbud Ristek, dimana pencapaian kemampuan literasi dan numerasi di SMA Muhammadiyah 1 Pontianak, menunjukkan perolehan hasil yang fluktuasi dari tahun ke tahun, sehingga menjadi tantangan

tersendiri dalam menjaga konsistensi hasil yang diperoleh. Konsistensi dalam capaian literasi dan numerasi penting karena keduanya menjadi fondasi yang mendukung kemampuan siswa untuk memahami dan menginternalisasi konsep-konsep abstrak serta kemampuan mengaitkan konsep tersebut dengan fenomena kehidupan sehari-hari dengan menggunakan matematika untuk menganalisis masalah ilmiah (Upara et al., 2024). Berdasarkan data yang diperoleh pada rentang waktu tersebut, capaian literasi berturut-turut mencapai 68,89%, 93,33%, dan 88,89%, sedangkan capaian numerasi sebesar 62,22%, 80%, dan 71,11%. Namun, untuk literasi sains belum tersedia data spesifik terkait ketercapaiannya di sekolah tersebut.

Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun dasar literasi dan numerasi siswa sudah cukup kuat, perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut untuk mengidentifikasi kekuatan dan area yang masih perlu ditingkatkan dalam literasi sains. Pengukuran literasi sains yang terstruktur akan memberikan data konkret mengenai tingkat kemampuan siswa dalam mengintegrasikan pengetahuan ilmiah dengan aplikasi praktis, sehingga dapat membantu sekolah merancang intervensi pembelajaran yang lebih efektif (Dwisetiarezi & Fitria, 2021).

Tantangan menjadi lebih kompleks ketika berhadapan dengan pembelajaran dengan konsep-konsep abstrak, seperti konsep kimia atau matematika tingkat tinggi, yang memerlukan pemahaman mendalam, kemampuan analitis, dan keterampilan pemecahan masalah. Selain itu, berdasarkan pengamatan guru mata pelajaran kimia, siswa sering menghadapi

kesulitan dalam beberapa aspek penting seperti kemampuan menghubungkan konsep kimia dengan fenomena nyata di lingkungan sekitar serta kemampuan memecahkan masalah yang melibatkan perhitungan kompleks, khususnya pada materi yang memerlukan analisis kuantitatif. Kondisi yang sama juga terjadi di SMA Mujahidin Pontianak.

Integrasi pembelajaran berbasis sains dengan pendekatan literasi dan numerasi dapat menjadi langkah strategis untuk meningkatkan kompetensi siswa dalam berbagai bidang, terutama dalam mempersiapkan siswa dalam menghadapi tantangan global yang semakin kompleks (Syawaludin, 2024). Pembelajaran efektif yang dapat mendukung literasi sains salah satunya adalah dengan pemanfaatan e-modul kimia berbasis teknologi *Augmented Reality* (AR).

E-modul kimia berbasis *Augmented Reality* (AR) merupakan media pembelajaran digital inovatif yang mengintegrasikan materi kimia dengan objek visual interaktif tiga dimensi (3D) melalui perangkat seperti *smartphone* dan *tablet*. Teknologi AR membantu siswa melihat dan berinteraksi langsung dengan konsep-konsep abstrak seperti struktur molekul, reaksi kimia, dan fenomena mikroskopis secara visual dan dinamis dalam lingkungan nyata. Hal ini menjadikan pengalaman belajar lebih konkret, menarik, dan bermakna, sekaligus membantu siswa mengatasi kesulitan dalam memahami materi yang tidak dapat dijelaskan secara maksimal hanya melalui teks atau gambar dua dimensi.

E-modul juga dirancang khusus untuk materi *bentuk molekul* dengan mengacu pada indikator literasi sains menurut OECD yang mencakup tiga aspek utama yaitu konteks sains, kompetensi sains, dan pengetahuan sains. Pada aspek konteks sains, siswa diajak memahami hubungan antara struktur dan geometri molekul dengan fenomena kehidupan sehari-hari, seperti bentuk molekul air yang mempengaruhi sifatnya sebagai pelarut. Pada aspek kompetensi sains, siswa dilatih untuk mengamati, menafsirkan visualisasi molekul, serta menghubungkan bentuk molekul dengan gaya tolak-menolak pasangan elektron (VSEPR *theory*), yang mendorong keterampilan berpikir analitis dan pemecahan masalah. Sementara pada aspek pengetahuan sains, siswa memperoleh pemahaman mendalam tentang ikatan kimia, struktur molekul, dan interaksi antar atom yang menjadi dasar pemahaman terhadap sifat dan reaktivitas senyawa kimia.

Teknologi AR yang terintegrasi dalam e-modul ini telah terbukti efektif meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan pemahaman siswa dalam pembelajaran sains (Billinghurst et al., 2015; Rahmi & Guspatni, 2024; Ana, 2020). AR memungkinkan siswa memutar, memperbesar, dan memperkecil model molekul secara langsung melalui perangkat, sehingga susunan atom dan ikatan kimia dalam molekul dapat dipahami dengan lebih jelas (Chen et al., 2019; Dewi & Anggaryani, 2020). Penelitian lain juga menyebutkan bahwa bentuk tiga dimensi molekul yang ditentukan oleh jumlah ikatan dan sudut di sekitar atom pusat sulit divisualisasikan tanpa bantuan media yang interaktif dan tepat (Kalay, 2018).

Secara keseluruhan, e-modul kimia berbasis AR ini mendukung guru dalam menyampaikan materi secara sistematis dan fleksibel sesuai kebutuhan siswa, sekaligus mendorong siswa untuk belajar mandiri, memperkuat pemahaman, serta mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah (Sari et al., 2022; Padwa & Erdi, 2021; Andriani & Ramadani, 2022). Dengan pendekatan pembelajaran yang interaktif, visual, dan berbasis teknologi, literasi sains siswa dapat ditingkatkan secara menyeluruh dan mendalam (Kamelia, 2015; Saputra, 2020).

Supriono & Rozi (2018) melakukan penelitian yang serupa berjudul Pengembangan Media Pembelajaran Bentuk Molekul Kimia Menggunakan *Augmented Reality* Berbasis Android. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa Sekolah Menengah Atas (SMA) dapat memperoleh gambaran umum tentang struktur molekul kimia dari aplikasi yang dibuat dengan *library vuforia* dan *unity*. Studi tentang Efektivitas *Augmented Reality* dalam Pembelajaran Kimia (Kibat et al., 2023) menemukan bahwa pembelajaran dengan *augmented reality* (AR) dapat meningkatkan pemahaman siswa tentang struktur molekul dan reaksi kimia.. Ternyata visualisasi tiga dimensi AR membantu siswa memahami hubungan spasial antara atom dan molekul, yang seringkali sulit dipahami hanya dengan gambar dua dimensi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan literasi sains melalui pengembangan e-modul berbasis *augmented reality* pada materi bentuk molekul, memberikan siswa pengalaman belajar yang lebih menarik dan bermakna.

B. Permasalahan dan Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah rendahnya tingkat literasi sains di Indonesia menjadi persoalan serius dalam dunia pendidikan. Literasi sains tidak hanya mencakup pemahaman terhadap konsep ilmiah, tetapi juga kemampuan menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi informasi, serta membuat keputusan berbasis bukti dalam kehidupan nyata. Menurut OECD, literasi sains terdiri dari tiga aspek utama meliputi konteks sains, kompetensi sains dan pengetahuan sains, yang menjadi fondasi penting dalam menghadapi tantangan abad ke-21.

Hasil studi PISA menunjukkan skor literasi sains siswa Indonesia terus menurun dari tahun ke tahun, menandakan lemahnya kemampuan siswa dalam bernalar ilmiah dan menerapkan konsep sains secara kontekstual. Di tingkat sekolah, seperti SMA Muhammadiyah 1 Pontianak, capaian literasi dan numerasi siswa pun fluktuatif, dan belum tersedia data spesifik mengenai capaian literasi sains, sehingga menghambat upaya perbaikan pembelajaran sains secara terukur dan menyeluruh.

Kesulitan siswa semakin nyata pada materi abstrak seperti bentuk molekul dalam kimia, yang membutuhkan pemahaman spasial dan keterampilan analitis. Media pembelajaran konvensional kurang efektif dalam membantu visualisasi konsep tiga dimensi (3D), sehingga siswa kesulitan memahami keterkaitan antara struktur molekul dan fenomena nyata.

Untuk mengatasi hal tersebut, pengembangan e-modul berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi bentuk molekul dapat menjadi solusi

inovatif. AR memungkinkan siswa memvisualisasikan dan memanipulasi model molekul secara langsung dalam tampilan tiga dimensi, sehingga mendukung pemahaman konseptual dan penguatan literasi sains. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan keterlibatan, motivasi, serta keterampilan berpikir kritis dan ilmiah siswa secara menyeluruh. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini, sebagai berikut :

1. Bagaimana analisis kebutuhan dilakukan untuk merancang e-modul berbasis *Augmented Reality* (AR) yang dapat menunjang penguatan literasi sains siswa SMA?
2. Bagaimana desain pengembangan e-modul kimia berbasis *Augmented Reality* pada materi bentuk molekul?
3. Bagaimana profil e-modul kimia berbasis *Augmented Reality* pada materi bentuk molekul ?
4. Bagaimana keefektifan e-modul berbasis teknologi *Augmented Reality* dalam meningkatkan literasi sains siswa pada materi bentuk molekul?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah disusun maka tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Menganalisis kebutuhan pembelajaran untuk pengembangan e-modul berbasis teknologi *Augmented Reality* (AR) pada materi bentuk molekul guna menunjang penguatan literasi sains siswa SMA.
2. Merancang desain pengembangan e-modul kimia berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi bentuk molekul.

3. Mendeskripsikan profil e-modul kimia berbasis *Augmented Reality* pada materi bentuk molekul.
4. Menganalisis keefektifan e-modul berbasis teknologi *Augmented Reality* dalam meningkatkan literasi sains siswa pada materi bentuk molekul.

D. Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat teoritis dan praktis dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Secara Teoritis

a. Penelitian ini membahas bagaimana e-modul berbasis *Augmented Reality* (AR) dapat membantu mengembangkan teori pembelajaran dengan mengintegrasikan teknologinya ke dalam sains. Secara teoritis, penelitian ini memberikan dasar untuk pemahaman baru tentang bagaimana AR dapat memvisualisasikan konsep-konsep abstrak seperti bentuk molekul dan membuat pembelajaran menjadi lebih interaktif dan mudah dipahami.

b. Penelitian ini membangun pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana e-modul berbasis *Augmented Reality* (AR) dapat mempengaruhi literasi sains, terutama dengan membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak. Hal ini dapat menghadirkan perspektif baru tentang cara teknologi dapat membantu siswa memahami sains.

2. Secara Praktis

a. Manfaat Bagi Siswa

1. Siswa belajar secara kontekstual dengan cara meningkatkan keterlibatan dan efektivitas pembelajaran.
2. Meningkatkan ketertarikan siswa sehingga mampu mengeksplorasi materi lebih mendalam.
3. Memudahkan siswa untuk memahami materi-materi sains bersifat abstrak dengan pemanfaatan teknologi *Augmented Reality*.

b. Manfaat Bagi Guru

1. Memberikan referensi pembelajaran sains yang lebih inovatif dan menarik.
2. Meningkatkan kualitas pembelajaran materi bentuk molekul.
3. Mengatasi kesulitan siswa dalam memahami konsep bentuk molekul sebagai alternatif solusi.

c. Manfaat Bagi Sekolah

1. Menambah referensi media belajar dan ikut serta mendukung kualitas pendidikan di SMA Muhammadiyah 1 Pontianak.
2. Penelitian ini dapat mendorong sekolah untuk mengadopsi dan mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran kimia.
3. Penelitian ini memberikan sekolah metode pengajaran yang baru dan inovatif, yang dapat diintegrasikan ke dalam kurikulum secara berkelanjutan,

d. Manfaat Bagi Peneliti

1. Penelitian ini membuka jalan bagi pengetahuan baru dalam bidang pendidikan kimia, khususnya dalam konteks penggunaan teknologi dalam pembelajaran.
2. Mendorong pengembangan metodologi penelitian dalam bidang pendidikan kimia.
3. Hasil penelitian dapat menjadi landasan untuk penelitian selanjutnya dalam bidang yang sama atau terkait.

E. Terminologi

Agar tidak terjadi kesalahan penafsiran arti dari istilah yang digunakan di dalam penelitian ini, berikut adalah penjelasan terkait dengan istilah yang digunakan:

1. Pengembangan

Pengembangan berasal dari kata "pengembang" yang berarti proses, cara, perbuatan, atau kegiatan bersama yang dilakukan oleh masyarakat di suatu wilayah tertentu untuk memenuhi kebutuhannya. Secara terminologi, pengembangan merupakan sebuah proses atau metode penciptaan yang dapat dikaitkan dengan pendidikan. Dalam perspektif yuridis, Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2002 mendefinisikan pengembangan sebagai suatu kegiatan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang memanfaatkan teori dan prinsip ilmiah yang telah teruji untuk meningkatkan fungsi, manfaat, serta penerapan dari ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah ada.

2. E-Modul Berbasis *Teknologi Augmented Reality (AR)*

E-modul merupakan singkatan dari *electronic module*, yaitu bahan ajar digital yang disusun secara sistematis dan dapat diakses melalui perangkat elektronik seperti komputer, tablet, atau smartphone. E-modul dirancang untuk menunjang pembelajaran mandiri dan interaktif, dengan memanfaatkan fitur multimedia. E-modul dikombinasikan dengan teknologi *Augmented Reality* (AR), sehingga memperoleh dimensi tambahan dalam penyajian materi. Menurut Utomo et al. (2017), *Augmented Reality* adalah teknologi yang memproyeksikan objek virtual dalam bentuk dua atau tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata secara waktu nyata (*real-time*). Melalui teknologi ini, pengguna dapat berinteraksi dengan objek digital seolah-olah objek tersebut hadir di dunia nyata. Hal ini memberikan pengalaman belajar yang lebih imersif dan kontekstual.

3. Literasi Sains

Definisi literasi sains yang diberikan oleh PISA 2012: (1) pengetahuan seseorang tentang sains dan kemampuannya untuk menerapkannya dalam mengenali masalah, mempelajari informasi baru, menjelaskan fenomena ilmiah, dan membuat keputusan berdasarkan data yang relevan; (2) kesadaran dasar-dasar "pengetahuan" dan "penyelidikan manusia"; (3) kesadaran akan cara-cara sains dan teknologi mempengaruhi lingkungan intelektual, budaya, dan material; dan (4) keinginan untuk berinteraksi dengan masalah dan gagasan yang berkaitan dengan sains

(OECD, 2013). Aspek konteks pengetahuan, kompetensi, dan sikap merupakan bagian literasi sains dalam kerangka kerja PISA 2012, seperti yang diuraikan di bawah ini:

a. Aspek Konteks Sains

E-modul berbasis *Augmented Reality* (AR) dalam konteks sains digunakan untuk menghubungkan teori bentuk molekul dengan fenomena yang sering ditemui siswa di lingkungan sekitar. Visualisasi AR membantu untuk memahami bahwa sains bukan sekadar teori dalam buku, tetapi sesuatu yang nyata dan berguna, sehingga konsep sains lebih mudah dipahami karena ada kaitan nyata dengan pengalaman siswa.

b. Aspek Kompetensi Sains

Pemanfaatan e-modul berbasis *Augmented Reality* dalam aspek kompetensi sains membuat siswa dapat berinteraksi dan melakukan proses ilmiah. Melalui simulasi yang interaktif, siswa belajar mengembangkan kemampuan observasi yang cermat, analisis, dan berpikir kritis dalam menentukan bentuk molekul. Siswa dilatih untuk membuat kesimpulan berdasarkan data visual yang terlihat, sehingga mengasah keterampilan berpikir ilmiah.

c. **Aspek Pengetahuan Sains**

Pada aspek pengetahuan sains, konsep teori VSEPR, struktur Lewis, dan notasi AX_mE_n seringkali sulit dipahami karena bersifat abstrak. E-modul berbasis AR menghadirkan model molekul dalam bentuk 3D

yang dapat diputar, diperbesar, dan diamati dari berbagai sudut, sehingga siswa dapat melihat bentuk molekul dan sudut ikatan secara nyata. AR membantu siswa menginternalisasi konsep inti kimia secara lebih efektif, memperkuat ingatan, dan memperdalam pemahaman.

4. Bentuk Molekul

Konfigurasi atom yang membentuk molekul dikenal sebagai bentuk molekul. Struktur molekul didasarkan pada interaksi antar atom dan distribusi pasangan elektron yang mengelilingi atom pusat. Teori hibridisasi dan VSEPR *(Repulsion Electron Pair Valence Shell*) dapat menjelaskan hal ini. Bentuk tiga dimensi molekul ditentukan oleh banyaknya ikatan dan besarnya sudut ikatan yang mengelilingi atom pusatnya adalah karakteristik dari bentuk molekul (Kalay, 2018).

F. Spesifikasi Produk

Dalam penelitian ini, spesifikasi produk e-modul berbasis *Augmented Reality* yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

1. E-Modul Digital

Produk utama yang dikembangkan adalah e-modul kimia digital yang dapat diakses melalui perangkat elektronik seperti *smartphone***,** *tablet***,** atau komputer. E-modul ini dirancang dengan antarmuka interaktif yang ramah pengguna dan dapat digunakan secara mandiri oleh siswa maupun dipandu oleh guru. Modul ajar bisa diakses secara *online* oleh siswa melalui *link publish* yang diberikan.

2. Bentuk Molekul

Konten utama dalam e-modul ini adalah materi bentuk molekul yang meliputi konsep teori domain elektron (VSEPR), struktur molekul, geometri molekul, hubungan bentuk molekul dengan sifat senyawa dan hubungan struktur molekul dengan fenomena ilmiah sehari-hari. Materi disusun berdasarkan kurikulum kimia SMA (K - 2013) dan disesuaikan dengan indikator literasi sains menurut OECD**.**

3. Integrasi E- Modul dengan Teknologi *Augmented Reality* (AR)

Modul dilengkapi dengan fitur AR berbasis aplikasi *mobile* yang memungkinkan siswa melihat objek molekul 3D secara nyata melalui kamera perangkat mereka. Siswa dapat memutar, memperbesar, dan memperkecil model molekul untuk mengeksplorasi bentuk spasialnya.

4. Pendekatan Literasi Sains

Isi dan aktivitas dalam e-modul dirancang untuk meningkatkan literasi sains siswa**,** mencakup:

a) Aspek Konteks Sains berupa penerapan konsep bentuk molekul dalam fenomena kehidupan nyata.

b) Aspek Pengetahuan Sains berupa keterampilan mengamati, menafsirkan data dan membuat kesimpulan berdasarkan bukti

c) Aspek Pengetahuan Sains berupa pemahaman terhadap konsep kimia.