PENGEMBANGAN MODUL BENTUK MOLEKUL BERBASIS *PROJECT BASED LEARNING* (PjBL) TERINTEGRASI *AUGMENTED REALITY* (AR) UNTUK FASE F SMA

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan

Oleh:

SALSABILLA MARCHELINA

NIM. 20035142

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA

DEPARTEMEN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2024

PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGEMBANGAN MODUL BENTUK MOLEKUL BERBASIS *PROJECT BASED LEARNING* (PjBL) TERINTEGRASI *AUGMENTED REALITY* (AR) UNTUK FASE F SMA

Nama	:	Salsabilla Marchelina
NIM	:	20035142
Program Studi	:	Pendidikan Kimia
Departemen	:	Kimia
Fakultas	:	Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, November 2024

Mengetahui,
Kepala Departemen Kimia

Budhi Oktavia, M.Si., Ph.D
NIP. 19721024 199803 1 001

Disetujui oleh,
Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Yerimadesi, S.Pd., M.Si.
NIP. 19740917 200312 2 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama	: Salsabilla Marchelina
NIM	: 20035142
Prog. Studi	: Pendidikan Kimia
Departemen	: Kimia
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENGEMBANGAN MODUL BENTUK MOLEKUL BERBASIS *PROJECT BASED LEARNING* (PjBL) TERINTEGRASI *AUGMENTED REALITY* (AR) UNTUK FASE F SMA

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

Padang, November 2024

Tim Penguji

No.	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1.	Ketua	Prof. Dr. Yerimadesi, S.Pd., M.Si	1.
2.	Anggota	Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si	2.
3.	Anggota	Dr. Desy Kurniawati, S.Pd., M.Si	3.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini.

Nama	:	Salsabilla Marchelina
NIM	:	20035142
Tempat/Tanggal Lahir	:	Padang, 19 Maret 2002
Program Studi	:	Pendidikan Kimia
Departemen	:	Kimia
Fakultas	:	Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi	:	**Pengembangan Modul Bentuk Molekul Berbasis *Project Based Learning* (PjBL) Terintegrasi *Augmented Reality* (AR) untuk Fase F SMA**

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani **asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi,

Padang, November 2024
Yang menyatakan,

Salsabilla Marchelina
NIM. 20035142

ABSTRAK

Salsabilla Marchelina : Pengembangan Modul Bentuk Molekul Berbasis *Project Based Learning* (PjBL) Terintegrasi *Augmented Reality* (AR) untuk Fase F SMA

Pembelajaran bentuk molekul pada bidang studi kimia fase F SMA dinilai termasuk materi yang sulit karena konsep materi yang abstrak. Metode pembelajaran yang hanya berpusat pada penjelasan guru dan keterbatasan bahan ajar yang kreatif serta integrasi teknologi yang minim untuk menghadirkan visualisasi bentuk molekul menyebabkan proses pembelajaran menjadi monoton dan memicu miskonsepsi pada peserta didik. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul bentuk molekul berbasis *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi *Augmented Reality* (AR) untuk fase F SMA yang valid dan praktis. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan *four-D* (4D). Uji validitas dilakukan oleh tiga orang dosen kimia FMIPA UNP dan dua orang guru kimia SMAN 10 Padang. Uji praktikalitas dilakukan oleh dua orang guru kimia dan 31 orang siswa fase F SMAN 10 Padang. Instrumen yang digunakan berupa angket validitas, praktikalitas, dan lembar jawaban peserta didik. Uji validitas dianalisis menggunakan formula Aikens'V dan uji praktikalitas dianalisis menggunakan persentase skor capaian kepraktisan produk. Jawaban peserta didik dianalisis menggunakan analisis deskriptif untuk melihat penguasaan materi dan ketercapaian tujuan pembelajaran. Hasil penelitian pada uji validitas diperoleh nilai rata-rata Aikens'V sebesar 0,897 dengan kategori valid dan nilai praktikalitas oleh guru dan siswa sebesar 90% dan 96% dengan kategori sangat praktis. Pada analisis jawaban peserta didik juga diperoleh nilai rata-rata pada evaluasi akhir pembelajaran sebesar 95. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa Modul bentuk molekul berbasis PjBL terintegrasi AR untuk Fase F SMA yang dikembangkan menggunakan model 4D valid dan praktis.

Keywords: *Augmented Reality*, Bentuk Molekul, Modul, *Project Based Learning*

ABSTRACT

Salsabilla Marchelina : Development of a Molecular Geometry Module Based on Project-Based Learning (PjBL) Integrated with Augmented Reality (AR) for Phase F

The teaching of molecular geometry in high school chemistry is often challenging due to the abstract nature of the concepts involved. Traditional teaching methods, which heavily rely on teacher-centered instruction and lack of innovative teaching materials and technology integration, can lead to monotonous learning experiences and student misconceptions. This research aims to develop a valid and practical molecular geometry module based on Project-Based Learning (PBL) integrated with Augmented Reality (AR) for high school students. A Research and Development (R&D) approach, specifically the four-D model, was employed to develop the module. The module was validated by three chemistry lecturers from FMIPA UNP and two chemistry teachers from SMAN 10 Padang. Its practicality was assessed by two chemistry teachers and 31 high school students. Validation was analyzed using Aiken's V formula, while practicality was assessed based on the percentage of practical product achievement scores. Student responses were analyzed using descriptive analysis to evaluate their understanding of the material and achievement of learning objectives. The results of the validity test yielded an average Aiken's V value of 0.897, categorized as valid, and practicality ratings from teachers and students of 90% and 96%, respectively, categorized as highly practical. The analysis of student responses also indicated an average score of 95 on the final learning evaluation. Based on these findings, it can be concluded that the developed PjBL-AR integrated molecular geometry module for high school students is both valid and practical.

Keywords: Augmented Reality, Molecular geometry, Module, Project Based Learning

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Pengembangan Modul Bentuk Molekul Berbasis *Project Based Learning* (PjBL) Terintegrasi *Augmented Reality* (AR) Untuk Fase F SMA."** Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan di Departemen Kimia, Program Studi Pendidikan Kimia, FMIPA UNP. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan proposal ini, terutama kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Yerimadesi, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan waktu kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si. selaku dosen pembahas dan validator.
3. Ibu Dr. Desy Kurniawati, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembahas dan ketua Program Studi Pendidikan Kimia, Departemen Kimia, FMIPA UNP.
4. Alm. Bapak Prof. Dr. Hardeli, M.Si. selaku dosen pembahas.
5. Ibu Dwi Finna Syolendra, M.Pd., Ibu Bali Yana Fitri, M.Pd., Ibu Andriani Dotimineli, S.Si., M.Pd., dan Ibu Rina Safitri, S.Pd., selaku validator yang telah meluangkan waktu untuk menilai dan memberikan masukkan kepada penulis.
6. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Departemen Kimia, FMIPA Universitas Negeri Padang.

7. Guru kimia dan peserta didik fase F di SMAN 10 Padang dan SMA Pembangunan Laboratorium UNP yang telah berkenan menjadi narasumber dalam penulisan ini.
8. Orang tua penulis, yaitu Bapak Salman dan Ibu Aswinarti Sawir, serta kedua saudari penulis, Febri Rahwina Salman, S. Ak., dan Quinta Sari, S.Pd., yang telah memberikan kepercayaan, dukungan dan motivasi kepada penulis selama proses penulisan ini.
9. Rekan-rekan bimbingan Prof. Dr. Yerimadesi, S.Pd., M.Si. prodi Pendidikan kimia Angkatan 2020 yang telah sama-sama memberikan dukungan, bantuan, dan motivasi.

Penulisan skripsi ini telah disusun mengikuti panduan penyusunan skripsi kependidikan FMIPA 2019. Penulis mengharapkan kritik dan saran dari Bapak/Ibu pembahas dan teman-teman untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini sehingga dapat memberikan manfaat ke depannya. Semoga bantuan yang telah diberikan menjadi amal ibadah bagi bapak, ibu, dan teman-teman.

Padang, November 2024

Salsabilla Marchelina

DAFTAR ISI

ABSTRAK i
ABSTRACT ii
KATA PENGANTAR iii
DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR LAMPIRAN x
BAB I PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang 1
B. Identifikasi Masalah 5
C. Pembatasan Masalah 5
D. Rumusan Masalah 6
E. Tujuan Penelitian 6
F. Manfaat Penelitian 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 8
A. Kajian Teori 8
1. Modul Berbasis *Project Based Learning* (PjBL) 8
2. *Augmented Reality* (AR) 10
3. Karakteristik Materi Bentuk Molekul 11
B. Penelitian yang Relevan 15
C. Kerangka Berpikir 17
BAB III METODE PENELITIAN 18
A. Jenis Penelitian 18
B. Tempat dan Waktu Penelitian 18
C. Subjek Penelitian 18
D. Objek Penelitian 18
E. Prosedur Penelitian 19
F. Jenis Data 21
G. Instrumen Pengumpulan Data 21

H. Teknik Analisis Data 22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... 24
A. Hasil Penelitian 24
B. Pembahasan..... 53
BAB V KESIMPULAN 63
A. Kesimpulan..... 63
B. Saran..... 63
DAFTAR PUSTAKA 64
LAMPIRAN..... 68

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. CP, TP, dan ATP Materi Bentuk Molekul dan Interaksi Antarmolekul Kimia Fase F 12
2. Deskripsi Dimensi Pengetahuan pada Materi Bentuk Molekul dan Interaksi Antarmolekul 13
3. Prosedur Pengembangan Modul Bentuk Molekul Berbasis PjBL Terintegrasi AR untuk Fase F SMA 19
4. Kategori kevalidan menurut Skala Aikens'V 22
5. Interval persentase kepraktisan 23
6. Hasil analisis ujung depan 24
7. Hasil Analisis Uji Validitas Modul Bentuk Molekul Berbasis PjBL Terintegrasi AR untuk Fase F SMA 36
8. Hasil Analisis Uji Praktikalitas Modul Bentuk Molekul Berbasis PjBL Terintegrasi AR oleh Guru Kimia 49
9. Hasil analisis uji praktikalitas modul bentuk molekul berbasis PjBL terintegrasi AR oleh peserta didik 49

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Komponen dan Prinsip Kerja AR (N. Nasution et al., 2022) 11
2. Kerangka berpikir..... 17
3. Rancangan modul bentuk molekul berbasis PjBL terintegrasi AR untuk fase F SMA 28
4. Contoh cover modul bentuk molekul berbasis PjBL terintegrasi AR untuk fase F SMA 31
5. (a) Contoh tampilan deskripsi materi pada modul, (b) Contoh tampilan AR yang diakses melalui kode QR..... 33
6. Contoh kegiatan pengayaan pada modul bentuk molekul berbasis PjBL terintegrasi AR untuk fase F SMA 35
7. Contoh tampilan modul sebelum perbaikan(a), setelah perbaikan(b) pada gambar orbital hibrida. 37
8. Contoh tampilan sebelum perbaikan(a) dan setelah perbaikan(b). 38
9. Contoh penulisan sebelum perbaikan(a) dan setelah perbaikan(b). 39
10. Contoh tampilan cover sebelum perbaikan(a) dan setelah perbaikan(b). 40
11. Contoh tampilan sebelum perbaikan(a) dan setelah perbaikan(b). 41
12. Contoh tampilan Aktivitas 1 sebelum perbaikan(a) dan setelah perbaikan(b). 42
13. Contoh tampilan kesalahan penulisan sebelum perbaikan(a) dan setelah perbaikan(b)..... 43
14. Contoh tampilan profil modul sebelum perbaikan(a) dan setelah perbaikan(b). 44
15. Contoh tampilan peta konsep sebelum perbaikan(a) dan setelah perbaikan(b). 45
16. Contoh tampilan AR sebelum perbaikan(a) dan setelah perbaikan(b). 46
17. Contoh penulisan rumus molekul sebelum perbaikan(a) dan setelah perbaikan(b)..... 47
18. Contoh tampilan AR sebelum perbaikan(a) dan setelah perbaikan(b). 48

19. Contoh (a) deskripsi materi yang dilengkapi dengan integrasi AR, (b) pemindaian kode QR, (c) tampilan AR pada layar HP..... 50
20. Contoh (a) tabel rancangan proyek pada modul, (b) rancangan proyek yang dibuat oleh peserta didik..... 51
21. (a) Peserta didik berdiskusi dengan guru pada saat penyusunan rancangan proyek, (b) Kegiatan monitoring kelompok 4, (c) Presentasi oleh kelompok 751
22. (a) Perolehan nilai peserta didik pada soal evaluasi, (b) tanggapan peserta didik terkait kemudahan dalam memahami materi yang disajikan, (c) tanggapan peserta didik yang menyarankan latihan soal untuk diperbanyak. 52
23. Screenshot pesan peserta didik kepada guru melalui WhatsApp. 53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

1. Surat Izin Observasi 68
2. Analisis Kebutuhan Guru 69
3. Analisis Kebutuhan Peserta Didik 75
4. Analisis Konsep 80
5. Peta Konsep 87
6. Tabel Skala Aikens'V 88
7. Kisi-kisi Angket Validasi Modul Bentuk Molekul Berbasis *Project Based-Learning* (PjBL) terintegrasi *Augmented Reality* (AR) untuk Fase F SMA 89
8. Instrumen Validitas 90
9. Kisi-Kisi Angket Uji Praktikalitas Modul Bentuk Molekul Berbasis *Project Based Learning* (PjBL) Terintegrasi *Augmented Reality* (AR) untuk Fase F SMA 94
10. Instrumen Praktikalitas Guru 95
11. Instrumen Praktikalitas Peserta Didik 98
12. SK Validator 101
13. Daftar Nama Validator 102
14. Hasil Penilaian Validator 1 (Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si.) 103
15. Hasil Penilaian Validator 2 (Dwi Finna Syolendra, M.Pd.) 108
16. Hasil Penilaian Validator 3 (Bali Yana Fitri, M.Pd.) 112
17. Hasil Penilaian Validator 4 (Andriani Dotimineli, S.Si., M.Pd.) 116
18. Hasil Penilaian Validator 5 (Rina Safitri, S.Pd.) 120
19. Tabel Analisis Data Validasi 124
20. Surat Izin Penelitian 128
21. Hasil Penilaian Praktikalitas oleh Guru (Andriani Dotimineli, S.Si., M.Pd.) 129
22. Hasil Penilaian Praktikalitas oleh Guru (Rina Safitri, S.Pd.) 132
23. Tabel Analisis Data Praktikalitas oleh Guru 134
24. Contoh Hasil Penilaian Praktikalitas oleh Peserta Didik 137
25. Tabel Analisis Data Praktikalitas oleh Peserta Didik 146

26. Kisi-kisi Soal Evaluasi Akhir Pembelajaran 149
27. Contoh Jawaban Peserta Didik pada Evaluasi Akhir Pembelajaran..... 157
28. Contoh Hasil Jawaban Peserta Didik pada Aktivitas 1 dan 2..... 163
29. Dokumentasi..... 165

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kurikulum menjadi salah satu bagian penting dalam bidang pendidikan yang memerlukan pengembangan secara berkala. Keperluan dan kebutuhan peserta didik yang mengalami perkembangan sesuai dengan masanya menjadi penyebab dari pengembangan kurikulum. Kurikulum pendidikan di Indonesia telah mengalami pengembangan mencapai Kurikulum Merdeka (Cholilah *et al*., 2023).

Kurikulum Merdeka dikembangkan dengan tujuan sebagai penyempurna dari kurikulum 2013. Kurikulum ini memiliki beberapa karakteristik utama yang diharapkan dapat mendukung pemulihan pembelajaran setelah pandemi, yaitu proses pembelajaran berbasis proyek, menekankan pada materi penting, dan fleksibilitas guru dalam proses pembelajaran (Wiguna & Tristaningrat, 2022). Selain itu, kurikulum merdeka juga harus menyesuaikan penerapan teknologi dalam perkembangan pendidikan. Penerapan teknologi pada bidang pendidikan dapat mengurangi kesenjangan akses pendidikan, menciptakan generasi yang terampil, berwawasan luas, dan mampu bersaing secara global (Hidayatullah *et al*., 2023). Teknologi juga bermanfaat untuk menunjang keberhasilan pembelajaran (Nuridayanti *et al*., 2023). Salah satu teknologi yang dapat diintegrasikan dengan bidang pendidikan yaitu teknologi *Augmented Reality* (AR).

Integrasi teknologi AR dalam proses belajar terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep, membangkitkan minat belajar, mendorong peningkatan nilai, dan mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik

(Yasmin & Yoto, 2023). Selain itu, penggunaan teknologi AR dalam sumber belajar juga dapat diterapkan pada beberapa bidang studi sains, salah satunya bidang studi kimia seperti pada materi redoks (Audina & Muchtar, 2024), bentuk molekul (Aulia *et al*., 2023; Hurrahman *et al*., 2022), larutan elektrolit dan non elektrolit *(Mooli et al*., 2023), serta materi turunan alkana (Permana *et al*., 2023). Modul menjadi salah satu sumber belajar yang dapat diintegrasikan dengan teknologi AR.

Penggunaan modul dapat mempengaruhi proses pembelajaran menjadi lebih terarah karena dapat menyesuaikan kecepatan belajar masing-masing peserta didik (Jusuf & Sobari, 2021). Modul juga dirancang berdasarkan model pembelajaran tertentu. Model pembelajaran berbasis proyek dapat diterapkan pada semua mata pelajaran, termasuk pembelajaran kimia, dan dapat membantu siswa belajar secara aktif dan bermakna. Hal ini dibuktikan dalam beberapa penelitian yang melaporkan bahwa terdapat kenaikan perolehan nilai peserta didik pada materi kimia hijau (Ratnawati & Praptomo, 2023), materi bentuk molekul (Siregar & Harahap, 2020), dan materi struktur atom dan nanoteknologi (Santoso *et al*., 2024). Pada penelitian lainnya juga dilaporkan bahwa peserta didik menjadi lebih kritis dan percaya diri pada materi larutan elektrolit dan non elektrolit (Rusmansyah *et al*., 2023), serta kreativitas pada materi hidrolisis garam (Simarmata *et al*., 2024).

Pembelajaran kimia di SMA seringkali dirasa kurang menarik dan sulit dipahami, khususnya materi bentuk molekul. Bentuk molekul memiliki karakteristik materi yang memerlukan penggambaran dalam ruang tiga dimensi dari molekul yang ditentukan oleh jumlah ikatan dan besar sudut ikatan di sekitar atom pusat. Analisis angket guru yang diperoleh dari guru kimia di SMAN 10 Padang

dan SMA Laboratorium Pembangunan UNP menghasilkan bahwa materi bentuk molekul termasuk kategori sulit dikarenakan konsep materi yang abstrak. Sejalan dengan hasil analisis angket tersebut, penelitian Sholehah & Azhar, (2019) juga melaporkan hasil yang sama. Selain itu, penggunaan bahan ajar dalam proses pembelajaran hanya terbatas pada buku paket, powerpoint, dan LKPD, serta belum dikombinasikan dengan teknologi yang dapat memvisualisasikan bentuk molekul secara konkret. Visualisasi bentuk molekul hanya ditampilkan dengan bantuan video melalui platform *Youtube*.

Hasil analisis angket peserta didik yang berjumlah 66 orang dari SMAN 10 Padang dan SMA Laboratorium Pembangunan UNP memperoleh hasil yaitu sebanyak 60% peserta didik menyatakan materi bentuk molekul adalah materi yang sulit. Kesulitan materi bentuk molekul tersebut dipengaruhi oleh konsep materi yang abstrak (55,4%), proses pembelajaran yang hanya berpusat pada penjelasan guru (28,6%), bahan ajar yang digunakan kurang kreatif dan monoton (23,2%), dan proses belajar mengajar di kelas yang tidak menyenangkan (21,4%). Selain itu, kesalahan konsep terkait gaya tolak-menolak antar pasangan elektron masih banyak ditemukan. Hal serupa juga dilaporkan pada penelitian Sabekti dkk., (2014) bahwa 53% peserta didik menyatakan gaya tolakan antar PEB dan PEI lebih besar daripada gaya tolakan antar PEI dan antar PEB.

Analisis angket peserta didik di SMAN 10 Padang dan SMA Laboratorium Pembangunan UNP juga memperoleh hasil yaitu sebanyak 68,2% peserta didik menyatakan belum mengetahui teknologi AR, 82,8% peserta didik menyatakan pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran kimia masih belum maksimal, dan

63,5% peserta didik menyatakan visualisasi nyata dari bentuk molekul juga belum ditunjukkan oleh guru pada saat pembelajaran, serta 73,8% peserta didik mengharapkan pembelajaran kimia mudah dimengerti dan memanfaatkan teknologi.

Kesulitan pembelajaran kimia yang didapatkan dari hasil observasi guru dan peserta didik tersebut dapat diatasi dengan menerapkan dua pendekatan pembelajaran inovatif sebagai bentuk implementasi dari kurikulum merdeka, yaitu PjBL dan Integrasi AR. Hasil penelitian Hurrahman *et al*., (2022) menunjukkan bahwa penerapan AR dalam *e*-modul dapat membantu memvisualisasikan konsep bentuk molekul yang abstrak menjadi lebih konkret, serta tampilan yang menarik memberikan rasa senang kepada peserta didik. Penelitian lainnya juga melaporkan bahwa pembelajaran berbasis proyek terintegrasi AR terdapat peningkatan hasil belajar peserta didik (Wati *et al.*, 2023), kreativitas (Harefa *et al*., 2024), dan pemahaman konsep (Fatahillah & Faradillah, 2023).

Namun, masih terdapat kekurangan dalam beberapa penelitian yang sudah dilakukan. Pada penelitian Hurrahman *et al*., (2022) belum terdapat model pembelajaran yang aplikasikan ke dalam e-modul yang dikembangkan. Selain itu, pengoperasian AR memerlukan file dengan format *.apk* dengan ukuran yang besar, yaitu 64 MB. Visualisasi model 3D dari bentuk molekul juga terdapat kekurangan seperti tidak menampilkan perbedaan warna antar ikatan yang terbentuk. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Aulia *et al*., (2023) juga terdapat kekurangan, yaitu pada pengoperasian AR peserta didik memerlukan *smartphone* lain dikarenakan bahan ajar yang dikembangkan berupa *e*-modul namun untuk melihat visualisasi

dari model 3D bentuk molekul disediakan *Marker* QR *Code*, sehingga untuk dapat melihat visualisasi tersebut peserta didik harus memindai terlebih dahulu.

Pengembangan modul berbasis proyek dan teknologi *Augmented Reality* pada materi bentuk molekul perlu dilakukan untuk mengatasi permasalahan yang telah diuraikan. Oleh sebab itu, penelitian dengan judul "**Pengembangan Modul Bentuk Molekul Berbasis *Project Based Learning* (PjBL) Terintegrasi *Augmented Reality* (AR) untuk Fase F SMA**" perlu dilakukan.

B. Identifikasi Masalah

Dengan mempertimbangkan latar belakang yang telah dipaparkan, masalah dalam penelitian ini dapat diidentifikasi sebagai berikut.

1. Belum tersedianya bahan ajar yang dapat memvisualisasikan bentuk tiga dimensi sehingga menyulitkan peserta didik dalam memahami konsep dan meramalkan bentuk molekul.
2. Penerapan teknologi dalam bidang pendidikan sebagai bentuk implementasi dari kurikulum merdeka yang belum sempurna.

C. Pembatasan Masalah

Permasalahan penelitian ini dibatasi pada permasalahan pertama yaitu belum tersedianya bahan ajar yang dapat memvisualisasikan bentuk tiga dimensi sehingga menyulitkan peserta didik dalam memahami konsep dan meramalkan bentuk molekul. Pembatasan masalah ini ditetapkan agar penelitian yang dilakukan menjadi lebih terarah.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Apakah pengembangan modul bentuk molekul berbasis *Project Based Learning* terintegrasi *Augmented Reality* menggunakan model 4D dapat dilakukan?
2. Bagaimana validitas dan tingkat praktikalitas modul bentuk molekul berbasis *Project Based Learning* terintegrasi *Augmented Reality* untuk fase F SMA?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu.

1. Mengembangkan modul bentuk molekul berbasis *Project Based Learning* terintegrasi *Augmented Reality* menggunakan model 4D.
2. Menentukan validitas dan tingkat praktikalitas modul bentuk molekul berbasis *Project Based Learning* terintegrasi *Augmented Reality* untuk fase F SMA.

F. Manfaat Penelitian

Temuan dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Menjadi ide dan inovasi dalam merancang modul atau bahan ajar dengan menerapkan model pembelajaran berbasis proyek terintegrasi *Augmented Reality*.

2. Sebagai pengetahuan dan pengalaman bagi penulis yang dapat diterapkan dalam proses pembelajaran di masa akan datang, dan menjadi referensi penelitian sejenis.

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Modul Bentuk Molekul Berbasis Project Based Learning Terintegrasi Augmented Reality untuk Fase F SMA telah berhasil dikembangkan menggunakan model pengembangan four-D (4D).
2. Modul Bentuk Molekul Berbasis Project Based Learning Terintegrasi Augmented Reality untuk Fase F SMA dinyatakan valid dan dinilai sangat praktis.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian yang telah diperoleh, maka disarankan untuk memperbanyak latihan soal sesuai saran dari salah satu peserta didik sebelum dilanjutkan kepada tahap uji efektivitas modul bentuk molekul berbasis PjBL terintegrasi AR untuk fase F SMA.

.

DAFTAR PUSTAKA

Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement*, *45*(1), 131–142.

Anggraini, P. D., & Wulandari, S. S. (2020). Analisis Penggunaan Model Pembelajaran Project Based Learning Dalam Peningkatan Keaktifan Siswa. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran (JPAP)*, *9*(2), 292–299. https://doi.org/10.26740/jpap.v9n2.p292-299

Audina, A., & Muchtar, Z. (2024). Development of Interactive Learning Media Based Augmented Reality Android Technology Application on Redox Reaction Materials. *Jurnal Teknologi Pendidikan : Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pembelajaran*, *9*(1), 35. https://doi.org/10.33394/jtp.v9i1.10467

Aulia, S., S, L. A., & Linda, R. (2023). Development of Multiple Representation-Based E-Modules Utilizing Augmented Reality in the Material of Molecular Shapes and Inter-Molecular Interactions. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, *15*(4), 6249–6261. https://doi.org/10.35445/alishlah.v15i4.3668

Brady, J. E., & Jespersen, N. D. (2012). Chemistry The Molecular Nature of Matter. In *John Willey & Sons, Inc* (Sixth Edit). Kaye Pace.

Chang, R., & Overby, J. (2011). General Chemistry: The Essential Concepts. In *Electrochemistry* (Sixth Edit, Vol. 73, Issue 11). McGraw-Hill Education.

Cholilah, M., Tatuwo, A. G. P., Komariah, & Rosdiana, S. P. (2023). Pengembangan Kurikulum Merdeka Dalam Satuan Pendidikan Serta Implementasi Kurikulum Merdeka Pada Pembelajaran Abad 21. *Sanskara Pendidikan Dan Pengajaran*, *1*(02), 56–67. https://doi.org/10.58812/spp.v1i02.110

Daryanto. (2009). *Panduan Proses Pembelajaran Kreatif & Inovatif*. AV Publisher.

Fatahillah, A. F., & Faradillah, A. (2023). Project-based learning assisted augmented reality in increasing students' mathematical understanding of concepts. *Jurnal Elemen*, *9*(2), 450–463. https://doi.org/10.29408/jel.v9i2.12703

Harefa, N., Sumiyati, & Tamba, R. M. (2024). Students' creativity dimension in chemistry e-module based on augmented reality with project based learning approach. *Jurnal Pendidikan Kimia (JPKIM)*, *16*(1), 1–6.

Herron, J. D., Cantu, L. L., Ward, R., & Srinivasan, V. (1977). Problems associated with concept analysis. *Science Education*, *61*(2), 185–199. https://doi.org/10.1002/sce.3730610210

Hidayatullah, M. T., Asbari, M., Ibrahim, M. I., & Faidz, A. H. H. (2023). Urgensi Aplikasi Teknologi dalam Pendidikan di Indonesia. *Journal of Information Systems and Management (JISMA)*, *2*(6), 70–73. https://jisma.org/index.php/jisma/article/view/785

Hurrahman, M., Erlina, 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

Jusuf, H., & Sobari, A. (2021). Pelatihan Pembuatan Modul Pembelajaran untuk Mendukung Pembelajaran Online. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *2*(1), 33–37.

Kosasih, E. (2020). *Pengembangan Bahan Ajar*. Bumi Aksara.

Liono, R. A., Amanda, N., Pratiwi, A., & Gunawan, A. A. S. (2021). A Systematic Literature Review: Learning with Visual by the Help of Augmented Reality Helps Students Learn Better. *Procedia Computer Science*, *179*, 144–152. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.12.019

McMurry, J. E., & Fay, R. C. (2014). General Chemistry: Atoms First. In *Soil Science* (Vol. 77, Issue 1). Pearson Education, Inc. https://doi.org/10.1097/00010694-195401000-00016

Mesra, R. (2023). Research & Development Dalam Pendidikan. In *Https://Doi.Org/10.31219/Osf.Io/D6Wck*. PT. Mifandi Mandiri Digital.

Mooli, A., Raharjo, S. B., & Hastuti, B. (2023). *The Need Analysis of Augmented Reality-Based Chemistry Module Development on Electrolyte and Non Electrolyte Solutions at SMA Kristen 3 Kalabahi* (Vol. 1). Atlantis Press SARL. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-088-6_17

Mufit, F., & Dhanil, M. (2024). Effectiveness of Augmented Reality with Cognitive Conflict Model to Improve Scientific Literacy of Static Fluid Material. *International Journal of Information and Education Technology*, *14*(9), 1199–1207. https://doi.org/10.18178/ijiet.2024.14.9.2149

Mulya, R. (2023). Model Pembelajaran Project Based Learning. In *Model-model Pembelajaran*. Lakeisha.

Nasution, F. U., Amanda, N., Galingging, P. I., & Arwita, W. (2024). Permasalahan Kolaborasi Siswa dengan Penerapan Model Project Based Learning (PjBL) di SMA Negeri 14 Medan. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Researchovative: Journal Of Social Science Research*, *4*(3), 9800–9807.

Nasution, N., Darmayunata, Y., & Wahyuni, S. (2022). *Augmented Reality dan*

Pembelajaran Di Era Digital. Penerbit Adab. http://jpion.org/index.php/jpi/article/view/28%0Ahttps://jpion.org/index.php/jpi/article/download/28/58

Nivaldo. (2011). *Chemistry: A Molecular Approach* (Second Edi). Dan Kaveney.

Nola, S., Windarwatie, U., & Shalikhawati, A. (2023). Peningkatan Hasil Belajar Meramalkan Bentuk Molekul Berdasarkan Domain Elektron Melalui Project Based Learning. *Winaya: Jurnal Pendidikan*, *1*(1), 9–15.

Nuridayanti, Muryaningsih, S., Badriyah, Solissa, E. M., & Mere, K. (2023). Peran Teknologi Pendidikan dalam Implementasi Kurikulum Merdeka. *Journal On Teacher Education*, *5*(1), 88–93. https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jote/article/view/16957

Permana, I., Nuraeni*, E., Pursitasari, I. D., & Yulianti, Y. (2023). Application of Augmented Reality Module for Alkane Derivatives to Improve Students' Spatial Ability and Mastery of Concepts. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, *11*(4), 784–793. https://doi.org/10.24815/jpsi.v11i4.31854

Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2017). *General chemistry: Principles and Modern Applications* (Eleventh E). Cenveo Publisher. https://doi.org/10.2307/3468263

Ratnawati, E., & Praptomo, S. (2023). Penerapan Pembelajaran Materi Kimia Hijau Melalui Project Based Learning (PjBL). *UNESA Journal of Chemical Education*, *12*(2), 141–147. https://doi.org/10.26740/ujced.v12n2.p141-147

Riduwan, & Sunarto, H. (2012). *Pengantar Statistika untuk Penelitia: Pendidikan, Sosial, Ekonomi, Komunikasi dan Bisnis*. Alfabeta.

Rismawati, K., & Thahir, R. (2021). Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality (Ar) Terhadap Hasil Belajar Biologi Siswa Sma. *JRIP: Jurnal Riset Dan Inovasi Pembelajaran*, *1*(2), 24–35. https://doi.org/10.51574/jrip.v1i2.26

Rokhim, D. A., Rahayu, S., & Dasna, I. W. (2023). Analisis Miskonsepsi Kimia dan Instrumen Diagnosisnya: Literatur Review. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, *17*(1), 17–28. https://doi.org/10.15294/jipk.v17i1.34245

Rusmansyah, R., Rahmah, S. A., Syahmani, S., Hamid, A., Isnawati, I., & Kusuma, A. E. (2023). Implementasi Model PjBL-STEAM konteks lahan basah untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan self-efficacy peserta didik. *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, *9*(1), 44–57. https://doi.org/10.22219/jinop.v9i1.23493

Santoso, A., Nurkhotimah, A. N., & Harintosasi, R. (2024). Meningkatkan keaktifan dan hasil belajar pada materi struktur atom dan nanoteknologi

dengan menerapkan model pembelajaran project-based learning (PjBL). *Jurnal Kajian Pendidikan Indonesia (JKPI)*, *1*(1), 17–22.

Sholehah, P. S., & Azhar, M. (2019). Pengembangan Modul Bentuk Molekul Berbasis Inkuiri Terstruktur Dengan Penekanan Pada Level Submikroskopik Menggunakan Pemodelan Untuk Kelas X SMA. *EduKimia*, *1*(1), 60–69. https://doi.org/10.24036/ekj.v1i1.104088

Silberberg, M. S. (2010). Principles of General Chemistry. In *McGraw-Hill* (Second Edi). Thomas D. Timp. https://doi.org/10.1016/b978-075066221-5/50003-5

Silvanny, & Yerimadesi. (2023). Pengembangan E-Modul Kimia Berbasis PjBL-STEM pada Materi Reaksi Kimia untuk Fase E SMA. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, *7*(2), 11720–11730.

Simarmata, M. D. D., Asrial, A., Lestari, I., & Rahma, R. (2024). Analisis Penerapan Model PjBL Terintegrasi Chemoenterpreneurship (CEP) terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Peserta Didik pada Materi Hidrolisis Garam di SMA Negeri 9 Tebo. *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, *7*(2), 2096–2104. https://doi.org/10.54371/jiip.v7i2.3960

Siregar, A. D., & Harahap, L. K. (2020). Pengembangan E-Modul Berbasis Project Based Learning Terintegrasi Media Komputasi Hyperchem Pada Materi Bentuk Molekul. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains)*, *10*(1), 1925. https://doi.org/10.26740/jpps.v10n1.p1925-1931

Suryosubroto, B. (1983). Sistem Pengajaran Modul. In *Jakarta: Bina Aksara*. Bina Aksara.

Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. Indiana University. https://vdocuments.net/4d-models-thiagarajan.html

Wati, E. S., Rahmah, M., & Nurlaela, S. (2023). Upaya peningkatan hasil belajar dengan menerapkan model Project Based Learning melalui media Augmented Reality. *Nautical: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, *2*(2), 93–99. https://jurnal.arkainstitute.co.id/index.php/nautical/article/view/711

Wiguna, I. K. W., & Tristaningrat, M. A. N. (2022). Langkah Mempercepat Perkembangan Kurikulum Merdeka Belajar. *Edukasi: Jurnal Pendidikan Dasar*, *3*(1), 17. https://doi.org/10.55115/edukasi.v3i1.2296

Yasmin, A. D., & Yoto, Y. (2023). AR-Learning: Media pembelajaran berbasis Mobile dengan Visualisasi 3 Dimensi Sebagai Upaya untuk Meningkatkan Critical Thinking Siswa. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, *12*(4), 751–760. https://jurnaldidaktika.org