

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS *AUGMENTED REALITY*
DAN BERBANTUAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* MATERI
PEMANASAN GLOBAL UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK SMA**

TESIS

Oleh

Dwi Purnomo Aji

NIM: 06052682327019

Program Studi Magister Pendidikan Fisika



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
TAHUN 2024**

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS *AUGMENTED REALITY*
DAN BERBANTUAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* MATERI
PEMANASAN GLOBAL UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK SMA**

TESIS

Oleh:

Dwi Purnomo Aji

NIM : 06052682327019


Program Studi Magister Pendidikan Fisika

Disetujui Oleh:

Pembimbing 1


Dr. Hamdi Akhsan, M.Si.
NIP.196902101994121001

Pembimbing 2

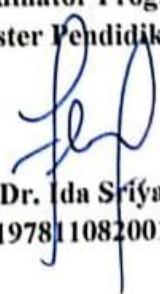

Dr. Leni Marlina, S.Pd., M.Si.
NIP. 197708052001122001

Mengetahui,


Dekan

Dr. Hartono, M.A.
NIP. 196710171993011001

**Koordinator Program Studi
Magister Pendidikan Fisika**


Prof. Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si.
NIP. 197811082001122002

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS *AUGMENTED REALITY*
DAN BERBANTUAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* MATERI
PEMANASAN GLOBAL UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK SMA**

TESIS

Oleh:

Dwi Purnomo Aji

NIM : 06052682327019

Program Studi Magister Pendidikan Fisika


Telah diujikan dan lulus pada

Hari : Jumat


Tanggal : 20 Desember 2024

Mengesahkan:

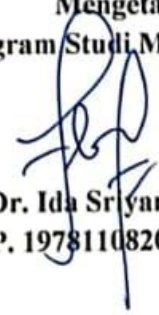
Pembimbing 1


Dr. Hamdi Akhsan, M.Si.
NIP.196902101994121001

Pembimbing 2


Dr. Leni Marlina, S.Pd., M.Si.
NIP. 197708052001122001

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Magister Pendidikan Fisika


Prof. Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si.
NIP. 197811082001122002

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dwi Purnomo Aji

NIM : 06052682327019

Program Studi : Magister Pendidikan Fisika

Menyatakan dengan ini sungguh-sungguh bahwa skripsi saya yang berjudul “Pengembangan E-Modul Berbasis *Augmented Reality* Dan Berbantuan *Artificial Intelligence* Pada Materi Pemanasan Global Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA” ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 17 tahun 2010 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi. Apabila dikemudian hari, ada pelanggaran yang ditemukan dalam skripsi ini dan/atau ada pengaduan dari pihak lain terhadap keaslian karya ini, saya bersedia menanggung sanksi yang dijatuhkan kepada saya.

Demikianlah pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguh tanpa paksaan dari pihak manapun.

Indralaya, 27 Desember 2024

Yang membuat pernyataan,



Dwi Purnomo Aji

NIM. 06052682327019

PRAKATA

Tesis dengan judul “Pengembangan E-Modul Berbasis *Augmented Reality* Dan Berbantuan *Artificial Intelligence* Pada Materi Pemanasan Global Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA” disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Pendidikan (M.Pd.) pada Program Studi Magister Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya. Dalam menyelesaikan Tesis ini, penulis telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak.

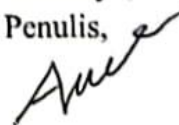
Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih dengan rasa hormat kepada Bapak Dr. Hamdi Akhsan, M.Si. dan Ibu Dr. Leni Marlina S.Pd., M.Si. sebagai pembimbing atas segala bimbingannya yang telah diberikan dalam penulisan tesis ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Prof. Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si. sebagai Koordinator Program Studi Magister Pendidikan Fisika yang telah memberikan kemudahan dalam pengurusan administrasi selama penulisan tesis ini. Ucapan terimakasih juga diajukan kepada Semua Bapak dan Ibu Dosen Magister Pendidikan Fisika Universitas Sriwijaya.

Penulis juga mengucapkan terima kasih terutama untuk kedua orang tua dan kakak perempuan saya yang telah mendukung penuh serta mendoakan penulis sampai dititik ini. Ucapan terima kasih kepada admin pendidikan fisika yang telah membantu saya dalam pelaksanaan penelitian. Lebih lanjut penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Siska Mutiara yang telah membantu dan memberikan motivasi, serta meluangkan waktu untuk menemani penulis dalam suka maupun duka.

Akhir kata, semoga tesis ini dapat bermanfaat untuk pembelajaran bidang studi pendidikan fisika dan pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni.

Indralaya, 27 Desember 2024

Penulis,



Dwi Purnomo Aji

NIM. 06052682327019

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI.....	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Bahan Ajar.....	7
2.1.1 Pengertian Bahan Ajar	7
2.1.2 Jenis dan Karakteristik Bahan Ajar	7
2.1.3 Tujuan dan Fungsi Pengembangan Bahan Ajar.....	8
2.2 E-Modul.....	8
2.2.1 Pengertian E-Modul	8
2.2.2 Kelebihan dan Kekurangan E-Modul	9
2.3 Augmented Reality	10
2.4 Artificial intelligence.....	11

2.5 Pemanasan Global	11
2.6 Keterampilan Berpikir Kritis	13
2.6.1 Pengertian Berpikir Kritis	13
2.6.2 Indikator Berpikir Kritis	13
2.7 Model Pengembangan	15
2.7.1 Pengertian Model Pengembangan 4D	15
2.7.2 Kelebihan Model Pengembangan 4D	15
2.7.3 Kekurangan Model Pengembangan 4D	16
2.8 Kerangka Berpikir	17
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Jenis Penelitian	18
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	18
3.3 Definisi Operasional	19
3.3.1. Variabel Bebas	19
3.3.2. Variabel Terikat	19
3.4 Prosedur Penelitian Pengembangan	19
3.4.1 Tahap Pendefinisian (Define)	19
3.4.2 Tahap Perancangan (Design)	20
3.4.3 Tahap Pengembangan (Develop)	21
3.4.4 Tahap Penyebaran (Disseminate)	21
3.5 Teknik Pengumpulan Data	23
3.5.1 Walkthrough Teknik	23
3.5.2 Angket	24
3.5.3 Tes Instrumen	25
3.6 Teknik Analisis Data	25
3.6.1 Analisis Data Walkthrough	25

3.6.2 Analisis Data Angket	26
3.6.3 Analisis Data Tes	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Hasil.....	28
4.1.1 Hasil Tahap Pendefinisian (Define).....	28
4.1.2 Hasil Tahap Perencanaan (Design).....	28
4.1.3 Hasil Tahap Pengembangan (Development)	29
4.1.4 Hasil Tahap Penyebaran (Disseminate).....	35
4.2 Pembahasan	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Kesimpulan.....	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41

ABSTRAK

Rendahnya keterampilan berpikir kritis pada siswa dan pentingnya pemanfaatan teknologi dalam proses pembelajaran melatar belakangi penelitian ini. Untuk menghadapi rendahnya keterampilan berpikir kritis bagi siswa dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi dalam kemasan bahan ajar berupa e-modul berbasis *Augmented Reality* dan Berbantuan *Artificial Intelligence* Pada Materi Pemanasan Global. Prosedur pengembangan ini menggunakan model 4D dengan 4 tahapan yaitu: tahap pendefinisian (Define), tahap perencanaan (Design), tahap pengembangan (Development) dan tahap penyebaran (Disseminate), dengan melibatkan 179 siswa kelas X di SMA Negeri 3 Sekayu. Temuan penelitian ini menunjukkan produk yang dibuat sudah mencapai kategori valid dengan nilai rata-rata validitas elektronik modul berbasis AR dan AI pada materi pemanasan global dari kelima aspek sebesar 94,3%. Kemudian untuk rata-rata akhir hasil tanggapan siswa terhadap penggunaan e-modul berbasis AR dan AI pada materi pemanasan global sebesar 3,45 dengan kategori produk sangat praktis. Dan dari hasil uji N-Gain menggunakan SPSS versi 22.0 didapatkan hasil yaitu untuk nilai N gain $0,71 \geq 0,70$. Maka dapat dikatakan bahwa penggunaan elektronik modul berbasis AR dan AI pada materi pemanasan global di SMA Negeri 3 Sekayu berada pada tingkat efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis bagi siswa. Ini merupakan terobosan dan inovasi baru yang diharapkan mampu terus dipertahankan dan diimplikasikan dalam kegiatan pembelajaran di sekolah dalam mengurangi rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa pada materi pemanasan global. Kemudian peneliti mengharapkan adanya pengembangan yang serupa dengan materi yang berbeda agar elektronik modul berbasis AR dan AI tidak hanya pada materi pemanasan global saja.

Kata-kata kunci: *Artificial Intelligence, Elektronik modul. Keterampilan berpikir kritis, Pemanasan global*

ABSTRACT

Rendahnya keterampilan berpikir kritis pada siswa dan pentingnya pemanfaatan This research aims to develop an assessment instrument based on South Sumatera Ethno-STEM The background of this research is the low level of critical thinking skills in students and the importance of technology utilization in the learning process. To deal with students' low critical thinking skills can be done by utilizing technology in the packaging of teaching materials in the form of e-modules based on Augmented Reality and Artificial Intelligence Assisted on Global Warming Material. This development procedure uses the Akker model with three stages: analysis, design, and evaluation. The evaluation stage uses Tessmer formative evaluation with five stages, namely self-evaluation, expert review, one-to-one evaluation, small group evaluation, and field test, involving 179 class X students at SMA Negeri 3 Sekayu. The findings of this study show that the products made have reached the valid category with an average value of the validity of AR and AI-based electronic modules on global warming material from the five aspects of 95.3%. Then, the final average of student responses to using AR and AI-based e-modules on global warming material amounted to 3.45, with a very practical product category. From the results of the N-Gain test using SPSS version 22.0, the results obtained are for the N gain value of $0.71 \geq 0.70$. So, it can be said that using AR and AI-based electronic modules on global warming material at SMA Negeri 3 Sekayu is effective in improving students' critical thinking skills. This breakthrough and innovation is expected to be maintained and applied in learning activities at school to reduce students' low essential thinking skills on global warming material. Then, the researcher hopes for similar developments with different materials so that AR and AI-based electronic modules are not only focused on global warming material.

Keywords: *Artificial Intelligence; Augmented Reality; Critical thinking skills; Electronic module; Global warming.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada abad ke-21 *Education for Sustainable Development* (ESD) berperan penting dalam menghadapi tantangan globalisasi dalam dunia pendidikan (Kopnina, 2020). Penerapan ESD di Indonesia tergambar dalam revitalisasi Kurikulum 13 (K-13) menjadi Kurikulum Merdeka. Siswa dapat mengeksplor kemampuan diri dan mengetahui minatnya dalam penerapan kurikulum merdeka, hal ini juga berdampak terhadap pengajar yaitu guru dimana guru lebih mudah dalam memvariasikan dan mengetahui minat dan bakat siswa guna memaksimalkan hasil belajar siswa (Maisyaroh et al., 2024; Setyaningsih et al., 2024). Dalam Implikasi kurikulum merdeka di Indonesia, keterampilan berpikir terutama keterampilan berpikir kritis dapat dikatakan penting saat proses pembelajaran (Orhan, 2023). Dalam kurikulum merdeka materi pemanasan global di SMA berada pada fase E dimana siswa diharapkan mampu untuk menganalisis informasi, menyusun argumentasi, memecahkan masalah, dan berkolaborasi dalam capaian pembelajaran. Kurikulum merdeka mendorong siswa untuk lebih aktif, kreatif, dan interaktif dalam proses pembelajarannya. Tetapi dari beberapa penelitian yang telah dilakukan tingkat keterampilan berpikir kritis pada siswa sekolah di Indonesia masih berada pada tingkat rendah. Fakta ini dibuktikan dalam sebuah penelitian yang mengungkapkan persentase tingkat keterampilan berpikir kritis siswa khususnya untuk materi pembelajaran fisika terutama topik pemanasan global berada dalam tingkatan rendah (Akhsan et al., 2020b, 2020a). Rendahnya keterampilan berpikir kritis pada materi pemanasan global dipengaruhi oleh beberapa faktor.

Faktor yang menyebabkan rendahnya kemampuan berpikir kritis disebabkan oleh peranan guru yang monoton pada saat proses pembelajaran di kelas. Sedangkan dalam kegiatan belajar mengajar guru menjadi faktor utama dalam upaya mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa (Chairatunnisa et al., 2023). Strategi guru dalam menyusun model pembelajaran menentukan keberhasilan dalam mencapai tujuan pembelajaran dan mencapai keterampilan

berpikir kritis pada tingkat tinggi bagi siswa (Basak & Yucel, 2024; Demir, 2022). Sedikitnya variasi model pembelajaran mengakibatkan siswa terbiasa untuk menghafal dan kurangnya rasa ingin tahu dalam proses belajar siswa, kebiasaan menghafal yang dilakukan oleh siswa membuat keterampilan berpikir kritis menjadi tidak mengalami peningkatan dan akan tetap berada pada tingkat rendah (P. D. Lestari et al., 2024). Pada permasalahan lain, penggunaan teknologi dalam proses pembelajaran masih sangat sedikit. Sedangkan pemanfaatan teknologi dalam proses pembelajaran merupakan upaya dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa (GÜRSAN et al., 2023; Rachmadtullah et al., 2023). Pada kasus lain, penyebab rendahnya keterampilan berpikir kritis adalah penggunaan bahan ajar dan modul yang masih konvensional atau hanya menggunakan buku paket saja. Sehingga pembelajaran menjadi tidak interaktif (Tampubolon & Sipahutar, 2024). Maka dari itu perlu dilakukan upaya dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi pemanasan global.

Solusi dalam menindaklanjuti permasalahan tentang rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa adalah dengan pemanfaatan teknologi dan penggunaan bahan ajar berupa elektronik modul (GÜRSAN et al., 2023; Pitorini, 2024). Elektronik modul terbukti efektif dalam upaya meningkatkan keterampilan berpikir siswa baik pada tingkat pendidikan rendah ataupun pendidikan tinggi (Dewi, 2020; Kustantia et al., 2023). Kemudian, penggunaan teknologi augmented reality dalam elektronik modul mampu memberikan pembelajaran yang interaktif bagi siswa. Hal ini berdampak pada meningkatnya semangat belajar dan rasa ingin tahu siswa (Dewi, 2020; Saidin et al., 2024). Augmented reality merupakan teknologi yang menawarkan pengalaman interaktif dalam memberikan pemahaman objek virtual di lingkungan dunia nyata, dengan menerapkan konten simulasi komputer melalui gambar 3D, video, dan fitur interaktif (Akhsan, Yusup, et al., 2023; Demircioglu et al., 2023). Dalam pembelajaran ilmu pengetahuan alam dan fisika, teknologi augmented reality memberikan dampak positif terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Hal ini dikarenakan augmented reality memberikan pengalaman yang nyata dalam proses pembelajaran (Rizki et al., 2024; Syawaludin et al., 2019). Di sisi lain teknologi augmented reality dapat dikombinasikan dengan teknologi artificial intelligence dalam pembuatan elektronik modul. Artificial

intelligence merupakan teknologi yang mampu memberikan jawaban atas pertanyaan yang kita berikan, dalam proses pembelajaran penggunaan artificial intelligence memberikan dampak positif dalam peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa (Lintner, 2024). Solusi dengan menciptakan elektronik modul dengan pemanfaatan teknologi augmented reality dan artificial intelligence pada materi pemanasan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis sangatlah tepat karena materi pemanasan global seperti efek rumah kaca dan peningkatan curah hujan dapat digambarkan secara nyata oleh teknologi augmented reality. Kemudian teknologi artificial intelligence dapat memberikan komunikasi dua arah sehingga sumber informasi siswa bukan hanya dari guru melainkan dari beberapa sumber. Hal ini akan menciptakan pembelajaran yang aktif, kreatif dan interaktif sehingga keteampilan berpikir kritis siswa akan meningkat.

Berdasarkan studi literatur dan hasil penelitian terdahulu, penggunaan elektronik modul berbasis problem based learning yang dikombinasikan dengan Socratic Dialogue terbukti efektif dalam proses peningkatan keterampilan berpikir kritis bagi siswa (Pitorini, 2024). Elektronik modul yang dikombinasikan dengan teknologi augmented reality menciptakan sesuatu yang positif dalam upaya menciptakan keterampilan berpikir kritis pada siswa (Dewi, 2020). Buku elektronik juga memberikan manfaat yang tidak kalah baiknya dalam upaya menghadapi rendahnya keterampilan berpikir kritis yang terjadi pada siswa (Pradina & Suyatna, 2018). Dalam proses pembelajaran, pemakaian teknologi augmented reality terbukti memberikan hasil yang baik bagi siswa untuk mencapai tingkat baik keterampilan berpikir kritis (Akbaş, 2021)(Syawaludin et al., 2019). Hal ini merupakan upaya menghadapi tantangan abad 21 dimana pemakaian teknologi augmented reality dibutuhkan dalam proses pembelajaran agar menghasilkan siswa yang memiliki keterampilan berpikir kritis (Anwar et al., 2022). Selain itu teknologi berupa artificial intelligence menciptakan pembelajaran interaktif dalam menciptakan keterampilan berpikir kritis untuk siswa (Barana et al., 2023). Dari banyaknya penelitian yang telah dilakukan belum ada kombinasi pemakaian teknologi augmented reality dan artificial intelligence di dalam elektronik modul, sedangkan dua teknologi ini menghasilkan dampak positif dalam upaya

memberikan hasil yang baik pada keterampilan berpikir kritis bagi masing-masing siswa.

Kemudian dilakukan wawancara dengan salah satu guru pengajar materi pemanasan global kelas X dan penyebaran angket analisis kebutuhan terhadap 172 peserta didik di kelas X SMA Negeri 3 Sekayu yang telah menerapkan kurikulum merdeka diperoleh informasi bahwa: 53,9% kesulitan dalam mendefinisikan konsep materi pemanasan global, 47,1% kesulitan menyelesaikan persoalan materi pemanasan global, 55,9% kesulitan menganalisis pertanyaan materi pemanasan global 52,9% dan kesulitan saat fokus dalam menyelesaikan pertanyaan materi pemanasan global. Ini menunjukkan rendahnya keterampilan berpikir kritis. Hal ini sesuai dengan penelitian (Aji, Akhsan, & Marlina, 2024) yang menyatakan bahwa tingkat keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas X pada materi pemanasan global di Sumatera Selatan masih tergolong rendah. Guru juga menyatakan hal yang sama bahwa sebagian Peserta didik masih mengalami kesulitan dalam berdiskusi dan mengevaluasi pada materi pemanasan global. Hal tersebut diakibatkan Peserta didik masih banyak belajar dengan cara menghafal untuk menyelesaikan permasalahan (Islahiyah et al., 2021). Peserta didik dengan keterampilan berpikir kritis rendah hanya mampu mengidentifikasi fakta yang diberikan pada soal tetapi tidak mampu untuk menganalisis, mengevaluasi dan menginferensi.

Kebaharuan serta novelty dalam penelitian yang dilakukan yaitu berupa inovasi baru yang diberikan dalam bentuk kombinasi penggunaan teknologi augmented reality dan artificial intelligence pada elektronik modul, Penggunaan teknologi augmented reality dan artificial intelligence dalam elektronik modul masih jarang ditemukan, hal ini disebabkan karena teknologi augmented reality dan artificial intelligence merupakan teknologi baru pada bidang pendidikan. Penggunaan teknologi augmented reality tepat untuk digunakan karena materi pemanasan global seperti efek rumah kaca dan peningkatan curah hujan dapat digambarkan secara nyata oleh teknologi augmented reality. Kemudian teknologi artificial intelligence dapat memberikan komunikasi dua arah sehingga sumber informasi siswa bukan hanya dari guru melainkan dari beberapa sumber. Hal ini akan menciptakan pembelajaran yang aktif, kreatif dan interaktif.

Berdasarkan studi literatur, analisis kebutuhan dan wawancara diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwasannya pemanfaatan teknologi augmented reality dan artificial intelligence dalam kemasan e-modul sangat diperlukan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Bahan ajar pada materi pemanasan global yang digunakan dalam proses pembelajaran hanya menggunakan buku saja sehingga pembelajaran tidak interaktif, hal ini merupakan faktor penyebab rendahnya keterampilan berpikir peserta didik. Maka dari itu diperlukan **“Pengembangan E-Modul Berbasis *Augmented Reality* Dan Berbantuan *Artificial Intelligence* Pada Materi Pemanasan Global Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka masalah penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana menghasilkan produk e-modul berbasis *augmented reality* dan berbantuan *artificial intelligence* pada materi pemanasan global untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA yang valid?
2. Bagaimana menghasilkan produk e-modul berbasis *augmented reality* dan berbantuan *artificial intelligence* pada materi pemanasan global untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA yang praktis?
3. Bagaimana efektivitas produk e-modul berbasis *augmented reality* dan berbantuan *artificial intelligence* pada materi pemanasan global untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang sudah dipaparkan di atas, maka tujuan penelitian ini adalah, mendapatkan gambaran mengenai:

1. Untuk menghasilkan produk e-modul berbasis *augmented reality* dan berbantuan *artificial intelligence* pada materi pemanasan global yang valid untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA.

2. Untuk menghasilkan produk e-modul berbasis *augmented reality* dan berbantuan *artificial intelligence* pada materi pemanasan global yang praktis untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA.
3. Untuk mengetahui efektivitas produk e-modul berbasis *augmented reality* dan berbantuan *artificial intelligence* pada materi pemanasan global untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini antara lain:

1. Bagi sekolah, diharapkan penelitian ini dapat memberikan ide baru dan masukan dalam menggunakan bahan ajar tersebut untuk meningkatkan kualitas pendidikan.
2. Bagi guru, diharapkan penelitian ini dapat memberikan semangat untuk mencari ide dan inovasi dalam menggunakan bahan ajar tersebut agar keterampilan berpikir kritis peserta didik meningkat.
3. Bagi peneliti, diharapkan penelitian ini menambah ide dan inovasi serta pengalaman untuk membekali diri

DAFTAR PUSTAKA

- Afriandi, M. (2020). Pengembangan dan Pemanfaatan Bahan Ajar. *Jurnal Undiksha*, 6(2), 64–71.
- Agustin, R. D., Hakim, A., Ariani, S., Studi, P., Kimia, P., Mataram, U., Author, C., & Fitokimia, S. (2020). *PERBANDINGAN KADAR METABOLIT SEKUNDER EKSTRAK AKAR WANGI (Vetiveria zizanioides L .) BERDASARKAN FAKTOR NAUNGAN GUNA MEMBANTU PERKULIAHAN KIMIA BAHAN ALAM COMPARISON OF SECONDARY METABOLITE LEVEL IN VETIVER ROOT EXTRACT (Vetiveria zizanioides L .) BASED*.
- Ahmataka, D. (2017). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Dengan Pendekatan Inquiry/Discovery. *Euclid*, 3(1), 394–403. <https://doi.org/10.33603/e.v3i1.324>
- Aisyah, S., Noviyanti, E., & Triyanto. (2020). Bahan Ajar Sebagai Bagian daam Kajian Problematika Pembelajaran Bahasa. *Salaka*, 2(1), 62–65.
- Aji, D. P., Akhsan, H., & Marlina, L. (2024). *Preliminary Study on Critical Thinking Skills of Learners in South Sumatra Related to Climate Change (Global Warming)*. 6(2), 1–11.
- Aji, D. P., Akhsan, H., Marlina, L., & Wiyono, K. (2024). *Analysis of the Relationship Between Learning Styles and the Level of Critical Thinking Skills of Learners on Global Warming Material in High School*. <https://doi.org/10.20527/bipf.v12i3.19334>
- Aji, D. P., Jannah, F. N., & Akhsan, H. (n.d.). *REVIEW JURNAL : PENGAPLIKASIAN KONSEP LAGRANGIAN DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI*. 11(2024), 67–80.
- Aji, D. P., Sriwijaya, U., Akhsan, H., Sriwijaya, U., Marlina, L., & Sriwijaya, U. (2024). *Preliminary Study on Critical Thinking Skills of Learners in South Sumatra Related to Climate Change (Global Warming)*. *June*. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i02.17354>
- Akbaş, Y. (2021). The Effects of Argumentation-Based Teaching Approach on Students' Critical Thinking Disposition and Argumentation Skills: "Population in Our Country Unit." *International Journal of Psychology and Educational Studies*, 8(1), 51–74. <https://doi.org/10.17220/ijpes.2021.8.1.195>
- Akhsan, H., Irfan, M., Supari, & Iskandar, I. (2023). Dynamics of Extreme Rainfall and Its Impact on Forest and Land Fires in the Eastern Coast of Sumatra. *Science and Technology Indonesia*, 8(3), 403–413. <https://doi.org/10.26554/sti.2023.8.3.403-413>
- Akhsan, H., Wiyono, K., Ariska, M., & Melvany, N. E. (2020a). Development of

- Higher-order Thinking Test Instrument on Fluid Material for Senior High School Students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1467(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1467/1/012046>
- Akhsan, H., Wiyono, K., Ariska, M., & Melvany, N. E. (2020b). Development of HOTS (higher order thinking skills) test instruments for the concept of fluid and harmonic vibrations for high schools. *Journal of Physics: Conference Series*, 1480(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1480/1/012071>
- Akhsan, H., Yusup, M., Ariska, M., Husna, T., & Sari, D. K. (2023). Effectiveness of Dry Lab Based Augmented Reality to Overcome the Misconceptions of Students on Solar System and Eclipse Learning Topics. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(Special Issue), 37–43. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9ispecialissue.6198>
- AKTAY, S. (2022). The usability of Images Generated by Artificial Intelligence (AI) in Education. *International Technology and Education Journal*, 6(2), 51–62. <https://dergipark.org.tr/en/pub/itej/issue/75198/1233537>
- Amir, M. F. (2015). Proses Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar Dalam Memecahkan Masalah Berbentuk Soal Cerita Matematika Berdasarkan Gaya Belajar. *Jurnal Math Educator Nusantara: Wahana Publikasi Karya Tulis Ilmiah Di Bidang Pendidikan Matematika*, 1(2), 159–170. <http://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/matematika/article/view/235>
- Annisa Izzania, R., Sumarni, W., & Harjono. (2024). Pengembangan E-Modul Ajar Kimia Hijau Bermuatan Etno-STEM Berbasis Guided Inquiry untuk Membekali Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jipk*, 18(1)(1), 8–16. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JIPK>
- Anwar, Kholifah, Nurtanto, & Hamid. (2022). Effects of Augmented Reality Integration based Model Self-Directed Learning. *Journal of Technology and Science Education*, 4(4), 215–227. <http://www.jotse.org/index.php/jotse/article/view/110/142>
- Astini, Sari, N. K. (2020). Pemanfaatan Teknologi Informasi dalam Pembelajaran Tingkat Sekolah Dasar pada Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Lembaga Penjaminan Mutu STKIP Agama Hindu Amlapura*, 11(2), 13–25.
- Atalay, N. (2022). Augmented reality experiences of preservice classroom teachers in science teaching. *International Technology and Education Journal*, 6(1), 28–42.
- AYDIN, S., DUMAN, E., BERTİZ, Y., & BİRİŞÇİ, S. (2022). Investigation of the effects of computer-aided animations on conceptual understanding through metaphors: An example of artificial intelligence. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 5(4), 1140–1159. <https://doi.org/10.31681/jetol.1151460>

- Ayunda, A. D., Hasanah, H., & Ariyanti, N. A. (2024). Development of a flipped classroom-based e-module to improve problem-solving abilities and learning independence of high school students. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(2), 453–466. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i2.32183>
- Barana, A., Marchisio, M., & Roman, F. (2023). *FOSTERING PROBLEM SOLVING AND CRITICAL THINKING IN MATHEMATICS THROUGH GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE*. *Celda*, 377–385.
- Basak, R., & Yucel, E. (2024). *Critical Thinking Dispositions of Undergraduate Art Education and History Students*. *c*.
- Çavdar, O. (2023). Investigation of Secondary School Students' Knowledge Levels About Global Warming in Terms of Various Variables. *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, 18(3), 336–358. <https://doi.org/10.29329/epasr.2023.600.16>
- Chairatunnisa, A., Marlina, L., & Wiyono, K. (2023). Improvement of Critical Thinking Skills of Junior High School Students on Heat Transfer Material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 10377–10386. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.5681>
- Chairunisa, E. D., & Zamhari, A. (2022). Pengembangan E-Modul Strategi Pembelajaran Sejarah dalam Upaya Peningkatan Literasi Digital Mahasiswa. *Criksetra: Jurnal Pendidikan Sejarah*, 11(1), 84–96. <https://doi.org/10.36706/jc.v11i1.16047>
- Demir, E. (2022). *An examination of high school students' critical thinking dispositions and analytical thinking skills*. 6(4), 190–200.
- Demircioglu, T., Karakus, M., & Ucar, S. (2023). Developing Students' Critical Thinking Skills and Argumentation Abilities Through Augmented Reality–Based Argumentation Activities in Science Classes. In *Science and Education* (Vol. 32, Issue 4). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00369-5>
- Dewi, H. K. (2020). The Effectiveness Of The Use Of Augmented Reality-Assisted Physics E-Module Based On Pedicab To Improve Mathematical Communication And Critical Thinking Abilities. *Journal of Technology and Science Education*, 5(3), 184–193.
- Ennis, R. H. (1993). Critical thinking assessment. *Theory Into Practice*, 32(3), 179–186. <https://doi.org/10.1080/00405849309543594>
- Facione, P. a. (2011). Critical Thinking : What It Is and Why It Counts. *Insight Assessment*, ISBN 13: 978-1-891557-07-1., 1–28. <https://www.insightassessment.com/CT-Resources/Teaching-For-and-About-Critical-Thinking/Critical-Thinking-What-It-Is-and-Why-It-Counts/Critical-Thinking-What-It-Is-and-Why-It-Counts-PDF>

- Fikriyatii, A., Agustini, R., & Sutoyo, S. (2022). Critical thinking cycle model to promote critical thinking disposition and critical thinking skills of pre-service science teacher. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 17(1), 120–133. <https://doi.org/10.18844/cjes.v17i1.6690>
- Gonzalez, D. A., Matematika, P. P., & Tujuan, P. (2019). *COVARIATIONAL REASONING MENDUKUNG MATEMATISASI GURU PRESSERVICE MODEL ENERGY BALANCE UNTUK GLOBAL Kerangka konseptual*. 2017, 811–819.
- GÜRSAN, S., TAPAN BROUTIN, M. S., & İPEK, J. (2023). Technology supported teaching implementations designed to improve critical thinking skills. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 6(3), 554–577. <https://doi.org/10.31681/jetol.1219270>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hidayat, F., Akbar, P., & Bernard, M. (2019). Analisis Kemampuan Berfikir Kritis Matematik Serta Kemandirian Belajar Siswa SMP Terhadap Materi SPLDV. *Journal on Education*, 1(2), 515–523.
- Hutahaean, L. A., Siswandari, & Harini. (2018). Utilization of Interactive E-Module as a Learning Media in the Digital Age. *Proceedings of the National Seminar on Postgraduate Educational Technology UNIMED*, 2018, 298–305. <http://digilib.unimed.ac.id/id/eprint/38744>
- İMAMOĞLU, M., ERBAŞ, Ç., & DİKMEN, C. H. (2022). Trend Analysis of Augmented Reality Studies in Sports Science. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 30(3), 502–511. <https://doi.org/10.24106/kefdergi.739231>
- 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. <https://doi.org/10.30870/volt.v2i1.1478>
- Islahiyah, I., Pujiastuti, H., & Mutaqin, A. (2021). Analisis Kebutuhan E-Modul Dengan Model Pembelajaran Berbasis Masalah Pada Materi Barisan dan Deret Kelas XI SMA. *TIRTAMATH: Jurnal Penelitian Dan Pengajaran Matematika*, 3(1), 47. <https://doi.org/10.48181/tirtamath.v3i1.11135>
- JİBRİL, J., & ÇAKIR, H. (2023). Students' Opinions on the Usage of Mobile Augmented Reality Application in Health Education. *Journal of Learning and Teaching in Digital Age*, 8(1), 10–24. <https://doi.org/10.53850/joltida.1076286>
- Johari, S. (2018). Teori Pembelajaran. In *Psikologi Pendidikan* (Vol. 1).

- Kaban, A. (2023). Artificial Intelligence in Education: A Science Mapping Approach. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 11(4), 844–861. <https://doi.org/10.46328/ijemst.3368>
- Kopnina, H. (2020). Education for sustainable development goals (ESDG): What is wrong with esdgs, and what can we do better? *Education Sciences*, 10(10), 1–14. <https://doi.org/10.3390/educsci10100261>
- Kustantia, E., Miarsyah, M., & Sigit, D. V. (2023). Enhancing student conceptual understanding and critical thinking through SETS-based digital modules on environmental changes. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 9(3), 359–370. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v9i3.28418>
- Lestari, M., Faozanudin, M., & Puspita, D. R. (2018). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Publikasi Ilmiah Guru Pns Di Smp Negeri 1 Rembang Dan Smp Negeri 3 Pengadegan Kabupaten Purbalingga. *The Indonesian Journal of Public Administration (IJPA)*, 4(1), 1–21. <https://doi.org/10.52447/ijpa.v4i1.1121>
- Lestari, P. D., Baiduri, B., & Ummah, S. K. (2024). Problem-based learning with iSpring assisted inquiry method on critical thinking skills. *Journal of Education and Learning*, 18(1), 148–153. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i1.21089>
- Lintner, A. (2024). *A Case Study on Critical Thinking and Artificial Intelligence in Middle School*. 23(4), 1–7.
- Ly, P., Bani, M., Hariana, V., & Meok, P. (2024). Development of E-Modules for Elementary Students. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 14(3), 300–310. <https://doi.org/10.47750/pegegog.14.03.28>
- Magdalena, I., Prabandani, R. O., Rini, E. S., Fitriani, M. A., & Putri, A. A. (2020). Analisis Pengembangan Bahan Ajar. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, 2(2), 170–187. <https://ejournal.stitpn.ac.id/index.php/nusantara>
- Maisyaroh, M., Wiyono, B. B., Chusniyah, T., Adha, M. A., Valdez, A. V., & Lesmana, I. (2024). Existence of independent learning curriculum and portrait of ideal curriculum management in laboratory schools. *Journal of Education and Learning*, 18(4), 1187–1196. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i4.21729>
- Murniati, Sofia, Sudirman, & Aji, D. P. (2023). Development of Computer-Based Assessment Instruments Nuclear Physics Introduction Course as An Effort to Grade Authentically. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(7), 5103–5110. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i7.4416>
- Mutlu, F. (2019). *ISSN 1648-3898 ISSN 2538-7138 UJI PERSEPSI SISWA BERBAKAT TENTANG*. 780–792.
- Nugraha, D., & Octavianah, D. (2020). *Diskursus Literasi Abad 21 di Indonesia*.

Jurnal Pendidikan Edutama, 7(1), 107. <https://doi.org/10.30734/jpe.v7i1.789>

- Orhan, A. (2023). Comparing the Effectiveness of Online, Flipped, and In-Class Critical Thinking Instruction on Critical Thinking Skills and Dispositions in Higher Education: Flipped Classroom Produces the Greatest Gains. *International Journal of Technology in Education*, 6(2), 238–259. <https://doi.org/10.46328/ijte.376>
- Özeren, S., & Top, E. (2023). The effects of Augmented Reality applications on the academic achievement and motivation of secondary school students. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 11(1), 25–40. <https://doi.org/10.52380/mojet.2023.11.1.425>
- Pendidikan, K., & Caymaz, B. (2020). *Tinjauan Tematik Beberapa Kajian Tentang Pemanasan Global di Turki*. 10, 16–31.
- Pitorini, D. E. (2024). *Students ' Critical Thinking Skills Using an E-Module Based on Problem-Based Learning Combined with Socratic Dialogue*. 11(1), 52–65.
- Pradina, L. P., & Suyatna, A. (2018). Atom Core Interactive Electronic Book to Develop Self Efficacy and Critical Thinking Skills. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 17(1), 17–23.
- Putri, S. D. (2017). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis Keterampilan Berpikir Kritis dalam Problem-Based Learning. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 6(1), 125–135. <https://doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v6i1.648>
- Putri, S. R. P., & Sukarmin. (2023). Pengembangan E-Modul Berbasis Inkuiri Terbimbing untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Laju Reaksi. *PENDIPA Journal of Science Education*, 7(2), 327–335. <https://doi.org/10.33369/pendipa.7.2.327-335>
- Rachmadtullah, R., Setiawan, B., Wasesa, A. J. A., Wicaksono, J. W., & Rasmitadila. (2023). The utilization of metaverse technology applications based on science, technology, engineering and mathematics (Meta-STEM) to improve critical thinking skills. *Journal of Education and E-Learning Research*, 10(4), 778–784. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v10i4.5203>
- Rahmat, A. D., Kuswanto, H., Wilujeng, I., & Perdana, R. (2023). Implementation of mobile augmented reality on physics learning in junior high school students. *Journal of Education and E-Learning Research*, 10(2), 132–140. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v10i2.4474>
- Rizki, I. A., Suprpto, N., Saphira, H. V., Alfarizy, Y., Ramadani, R., Saputri, A. D., & Suryani, D. (2024). Cooperative model, digital game, and augmented reality-based learning to enhance students' critical thinking skills and learning motivation. *Journal of Pedagogical Research*, 8(1), 339–355. <https://doi.org/10.33902/JPR.202423825>

- Saidin, N. F., Halim, N. D. A., Yahaya, N., & Zulkifli, N. N. (2024). Enhancing students' critical thinking and visualisation skills through mobile augmented reality Nor Farhah Saidin Recommended citation: Enhancing students' critical thinking and visualisation skills through mobile augmented reality Nor Farhah Saidin *. *Knowledge Management & E-Learning*, *16*(1), 1–41.
- Saleem, M., Kamarudin, S., Shoaib, H. M., & Nasar, A. (2023). Influence of augmented reality app on intention towards e-learning amidst COVID-19 pandemic. *Interactive Learning Environments*, *31*(5), 3083–3097. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1919147>
- Sari, V. M. S., & Surwi, F. (2020). Pengembangan Multimedia Berbasis Android Untuk Kompetensi Dasar Pengukuran Listrik Di Sekolah Menengah Kejuruan. *Jurnal Edukasi Elektro*, *3*(2), 1–27. <https://doi.org/10.21831/jee.v3i2.28892>
- Setyaningsih, A., Bagea, I., Mulyadi, M., Sarip, M., Agustiwi, A., Mubarok, E. S., & Haetami, A. (2024). Acceptance of independent curriculum in North Kalimantan. *Journal of Education and Learning*, *18*(3), 923–929. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i3.20984>
- Sreejun, S., & Chatwattana, P. (2023). The Imagineering Learning Model with Inquiry-Based Learning via Augmented Reality to Enhance Creative Products and Digital Empathy. *Journal of Education and Learning*, *12*(2), 52. <https://doi.org/10.5539/jel.v12n2p52>
- Syawaludin, A., Gunarhadi, & Rintayati, P. (2019). Development of augmented reality-based interactive multimedia to improve critical thinking skills in science learning. *International Journal of Instruction*, *12*(4), 331–344. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12421a>
- Tampubolon, M. L. V., & Sipahutar, H. (2024). Development of project-based modules to improve learning outcomes, critical thinking and problem-solving skills. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, *10*(2), 531–541. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i2.32958>
- Tartuk, M. (2023). Metaphorical Perceptions of Middle School Students Regarding the Concept of Artificial Intelligence. *International Journal of Education and Literacy Studies*, *11*(2), 108–116. <https://doi.org/10.7575/aiac.ijels.v11n.2p.108>
- TAŞÇI, G., & DURMUŞÇELEBİ, M. (2020). Eğitimde Yeni Bir Paradigma: “Yükseköğretimde Yapay Zekâ.” *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, *16*(29), 2346–2370. <https://doi.org/10.26466/opus.747634>
- Turan-güntepe, E., & Abdüsselam, M. S. (2022). A Valid and Reliable Scale for. *21*(4), 675–694. <https://doi.org/10.15388/infedu.2022.28>
- Wulandari, F., Yogica, R., & Darussyamsu, R. (2021). Analisis Manfaat Penggunaan E-Modul Interaktif Sebagai Media Pembelajaran Jarak Jauh Di

Masa Pandemi Covid-19. *Khazanah Pendidikan*, 15(2), 139.
<https://doi.org/10.30595/jkp.v15i2.10809>

Yildiz, E. P. (2022). Augmented Reality Applications in Education: Arloopa Application Example. *Higher Education Studies*, 12(2), 47.
<https://doi.org/10.5539/hes.v12n2p47>