



Pengembangan *E-modul* berbasis *Augmented Reality* (AR) pada Materi Sistem Pernapasan Manusia Kelas XI SMAN 9 Makassar

Ainun Mardia^{1*}, Nurul Magfirah¹, Rahmatia Thahir¹

¹ Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Kota Makassar, Indonesia

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i2.1968>

Article Info:

Received : 30 April 2026
Revised : 17 Mei 2026
Accepted : 26 Mei 2026
Published : 30 Mei 2026

Correspondence:

Ainun Mardia

Phone: +62 83865869915

Abstract: This study aims to develop an Augmented Reality (AR)-based e-module on the human respiratory system material for eleventh-grade students at SMAN 9 Makassar. This study employed the Research and Development (R&D) method using the ADDIE development model, which consists of analysis, design, development, implementation, and evaluation stages. The research instruments included validation sheets, teacher and student response questionnaires, and learning outcome tests. The results showed that the AR-based e-module obtained a validity score of 0.96, which was categorized as very valid. The practicality level based on the teacher responses reached 96.25%, while the student responses reached 81.25%, both categorized as very practical. Furthermore, the effectiveness analysis using the *N-gain* test obtained an average score of 0.43, which was categorized as moderate. Based on these findings, the AR-based e-module was declared valid, practical, and sufficiently effective for use in Biology learning on the topic of the human respiratory system.

Keywords: E-Module; Augmented Reality; Human Respiratory System; ADDIE.

Citation: Mardia, A., Magfirah, N., & Thahir, R. (2026). Pengembangan E-modul berbasis Augmented Reality (AR) pada Materi Sistem Pernapasan Manusia Kelas XI SMAN 9 Makassar. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 7(2). <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i2.1968>

Pendahuluan

Pendidikan merupakan salah satu aspek penting dalam upaya meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Salah satu faktor yang memengaruhi mutu pendidikan adalah ketersediaan bahan ajar yang relevan dan efektif. Bahan ajar yang berkualitas dapat membantu peserta didik memahami konsep pembelajaran serta meningkatkan hasil belajar secara optimal. Selain itu, penggunaan bahan ajar yang tepat juga berperan dalam menentukan keberhasilan proses pembelajaran. Apabila bahan ajar yang digunakan sesuai dengan kebutuhan peserta didik, maka pemahaman terhadap materi pembelajaran dapat meningkat sehingga berdampak pada kualitas hasil belajar. Oleh karena itu, diperlukan bahan ajar yang mampu menciptakan situasi pembelajaran yang mendorong peserta didik untuk lebih aktif dalam proses belajar. Pendidikan pada era digital menuntut adanya inovasi dan kreativitas dalam pelaksanaan proses

pembelajaran. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran adalah dengan memanfaatkan teknologi dalam kegiatan belajar mengajar.

Teknologi *Augmented Reality* (AR) merupakan salah satu bentuk teknologi yang dapat diterapkan untuk mendukung peningkatan kualitas pembelajaran. Hal tersebut sejalan dengan pendapat (A. E. Putri & Hendriyani, 2023) yang menyatakan bahwa perkembangan teknologi digital pada era modern tidak dapat dihindari karena telah merambah berbagai aspek kehidupan, termasuk bidang pendidikan. Integrasi teknologi dalam pendidikan mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran, mendorong keterlibatan peserta didik secara aktif, serta menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan relevan. Pada dasarnya, pemanfaatan teknologi dalam pendidikan bertujuan untuk meningkatkan kualitas proses pengajaran dan pembelajaran serta

mempersiapkan peserta didik dalam menghadapi tantangan dunia digital yang terus berkembang.

Berdasarkan hasil survei awal yang dilakukan terhadap siswa kelas XI SMAN 9 Makassar, diperoleh data bahwa sebanyak 78% siswa mengalami kesulitan memahami materi sistem pernapasan manusia, khususnya pada mekanisme pernapasan dan fungsi organ-organ pernapasan. Selain itu, 82% siswa menyatakan bahwa bahan ajar yang digunakan masih kurang interaktif karena hanya berupa modul cetak dan PDF. Sebanyak 85% siswa juga menyatakan membutuhkan bahan ajar berbasis teknologi yang dapat menampilkan visualisasi organ secara lebih nyata dan menarik. Guru juga menyampaikan bahwa sebagian besar peserta didik cenderung kurang aktif dalam proses pembelajaran dan bersikap pasif ketika diberikan pertanyaan terkait materi sistem pernapasan. Kondisi tersebut disebabkan oleh karakteristik materi sistem pernapasan yang bersifat abstrak, melibatkan proses yang kompleks, serta berkaitan dengan berbagai organ, seperti paru-paru, trakea, bronkus, dan alveolus. Selain itu, materi sistem pernapasan mencakup mekanisme pernapasan, proses pertukaran gas, dan regulasi pernapasan yang memerlukan pemahaman mendalam mengenai anatomi dan fisiologi tubuh manusia. Kurangnya ketersediaan bahan ajar berbasis teknologi juga menyebabkan peserta didik kurang termotivasi untuk belajar secara mandiri di luar kegiatan pembelajaran di kelas. Berdasarkan jurnal yang ditulis oleh (Hafizh, 2014), peserta didik sering mengalami kesulitan dalam mempelajari mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), khususnya pada materi sistem pernapasan makhluk hidup. Pembelajaran IPA cenderung bersifat abstrak, sedangkan peserta didik pada rentang usia 7-11 tahun berada pada tahap operasional konkret, yaitu tahap ketika individu mulai berpikir logis terhadap peristiwa yang bersifat nyata. Oleh karena itu, diperlukan media pendukung berupa bahan ajar digital yang dapat membantu peserta didik memahami materi sains yang menuntut pemahaman terhadap konsep-konsep abstrak.

Oleh karena itu, untuk menjawab tantangan tersebut diperlukan bahan ajar berbasis teknologi yang mampu mendukung proses pembelajaran secara lebih efektif. *E-modul* dapat menjadi salah satu solusi karena dapat diakses dengan mudah melalui berbagai perangkat elektronik, seperti tablet dan telepon pintar. Melalui penggunaan *e-modul*, peserta didik dapat belajar secara mandiri dan interaktif. Selain itu, *e-modul* juga dapat membantu guru dalam menyampaikan materi pembelajaran secara lebih efektif dan efisien.

Hal tersebut sejalan dengan pendapat (Maharani, 2025) yang menyatakan bahwa salah satu inovasi yang semakin berkembang dalam dunia pendidikan adalah pengembangan *e-modul* interaktif berbasis Android. *E-*

modul interaktif merupakan bentuk digital dari modul cetak yang dilengkapi dengan berbagai fitur multimedia, seperti animasi, audio, video, dan kuis interaktif, sehingga memungkinkan peserta didik belajar secara mandiri, aktif, dan menyenangkan. Dengan demikian, pengembangan *e-modul* interaktif berbasis Android menjadi salah satu strategi penting dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pembelajaran di sekolah.

Perkembangan teknologi yang semakin pesat telah menghasilkan berbagai inovasi yang dapat diintegrasikan dengan bahan ajar elektronik, salah satunya adalah teknologi Augmented Reality (AR). Teknologi AR merupakan teknologi yang mampu menggabungkan objek tiga dimensi (3D) ke dalam lingkungan nyata secara virtual. Menurut hasil penelitian (Hernanda & Sekti, 2024), AR adalah teknologi yang mengintegrasikan objek nyata dan objek virtual secara interaktif serta memiliki keterpaduan fungsi dalam bentuk tiga dimensi.

Pemanfaatan AR dalam bidang pendidikan memiliki berbagai keunggulan, salah satunya yaitu dapat membantu meminimalkan miskonsepsi peserta didik yang muncul akibat kesulitan dalam memvisualisasikan konsep-konsep abstrak, seperti pada materi sistem pernapasan. Dengan demikian, penggunaan teknologi AR dalam pembelajaran dapat mendukung pemahaman konsep peserta didik secara lebih konkret dan interaktif.

Pokok bahasan yang akan disajikan dalam bahan ajar ini adalah materi sistem pernapasan manusia. Materi tersebut mencakup berbagai organ pernapasan, seperti hidung, trakea, bronkus, paru-paru, dan alveolus yang memiliki struktur serta fungsi yang kompleks sehingga sulit dipahami apabila hanya dijelaskan secara tekstual. Oleh karena itu, diperlukan bantuan visualisasi berupa animasi tiga dimensi (3D) untuk membantu peserta didik memahami struktur dan fungsi setiap organ pernapasan serta proses pernapasan yang berlangsung di dalam tubuh manusia. Dengan adanya visualisasi tersebut, peserta didik diharapkan dapat lebih mudah memahami konsep-konsep yang berkaitan dengan sistem pernapasan manusia secara lebih konkret dan interaktif.

E-modul yang dipadukan dengan teknologi *Augmented Reality* (AR) sebagai bahan ajar dapat memberikan dampak positif bagi peserta didik, khususnya dalam proses pembelajaran. Pernyataan tersebut sejalan dengan pendapat (Sahronih et al., 2023) yang menyatakan bahwa proses pembelajaran yang memanfaatkan teknologi AR dan diintegrasikan dengan modul menunjukkan bahwa *e-modul* berbasis AR mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran serta memberikan pengaruh positif terhadap kegiatan belajar peserta didik.

Kebaruan penelitian yang akan dikembangkan memiliki perbedaan dengan penelitian sebelumnya. Penelitian (H.B. Safa & O. Hardiyantari, 2025) hanya mengembangkan bahan ajar AR pada materi sistem pernapasan untuk siswa SMP, sedangkan penelitian ini dikembangkan khusus untuk siswa kelas XI SMA dengan penyajian visualisasi organ secara individual dan lebih rinci melalui teknologi AR. Selain itu, *e-modul* yang dikembangkan dalam penelitian ini terintegrasi dengan Canva dan *Assemblr EDU* serta dilengkapi fitur video pembelajaran, kuis interaktif, dan visualisasi 3D yang dapat diakses melalui *smartphone* Android. Penelitian ini juga berfokus pada pengujian validitas, kepraktisan, dan efektivitas *e-modul* dalam pembelajaran Biologi di SMAN 9 Makassar. Selain itu, penerapan teknologi AR dalam pembelajaran biologi, khususnya pada materi sistem pernapasan manusia, masih belum banyak digunakan oleh guru. Oleh karena itu, peneliti mengembangkan bahan ajar berbasis AR yang dapat diakses melalui *smartphone* sesuai dengan kebutuhan guru dan peserta didik kelas XI di SMAN 9 Makassar.

Penelitian yang dilakukan oleh (Fadilah et al., 2023) menunjukkan bahwa meskipun teknologi AR memiliki peluang dan potensi yang besar, implementasinya dalam kurikulum pendidikan masih terbatas. Berdasarkan kondisi tersebut, peneliti berupaya mengisi celah penelitian dengan mengembangkan bahan ajar yang terintegrasi dengan teknologi AR yang memiliki kualitas dan kepraktisan dalam mendukung proses pembelajaran.

Penelitian yang relevan dengan penelitian ini telah dilakukan oleh (H.B. Safa & O. Hardiyantari, 2025) mengenai pengembangan bahan ajar berbasis *Augmented Reality (AR)* pada materi sistem pernapasan manusia dalam mata pelajaran Anatomi dan Fisiologi. Penelitian tersebut menghasilkan bahan ajar berbasis AR untuk siswa kelas VIII SMP yang dilengkapi dengan berbagai fitur pendukung pembelajaran, seperti menu materi, evaluasi pembelajaran, serta visualisasi objek tiga dimensi (3D) organ sistem pernapasan manusia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan memiliki tingkat kelayakan yang sangat baik dan efektif dalam meningkatkan kualitas proses pembelajaran.

Pengembangan bahan ajar ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif bagi guru dalam merancang pembelajaran yang lebih adaptif dan relevan dengan perkembangan zaman. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan memberikan beberapa manfaat, yaitu sebagai berikut.

1. Bagi peserta didik, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman belajar melalui visualisasi tiga dimensi (3D) yang interaktif dan menarik sehingga peserta didik lebih mudah memahami konsep-konsep yang

kompleks, khususnya pada materi sistem pernapasan manusia.

2. Bagi guru, penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif metode pembelajaran yang inovatif dan efektif sehingga guru dapat meningkatkan kualitas pembelajaran serta mencapai tujuan pembelajaran secara optimal.
3. Bagi sekolah, penelitian ini diharapkan dapat mendukung peningkatan kualitas pendidikan melalui penerapan teknologi modern dalam proses pembelajaran sehingga sekolah mampu menjadi lebih kompetitif dan menarik bagi peserta didik maupun orang tua.

Hal inilah yang menjadi motivasi peneliti untuk melakukan penelitian mengenai pengembangan *e-modul* berbasis *Augmented Reality (AR)* pada materi sistem pernapasan manusia untuk peserta didik kelas XI di SMAN 9 Makassar.

Metode

Penelitian ini termasuk ke dalam jenis penelitian pengembangan (*Research and Development/R&D*). Penelitian pengembangan bertujuan untuk menghasilkan suatu bahan ajar yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran, yaitu *e-modul* berbasis *Augmented Reality (AR)* pada materi sistem pernapasan untuk peserta didik kelas XI SMA. *E-modul* tersebut dirancang sebagai bahan ajar interaktif yang mudah diakses dengan tujuan membantu meningkatkan pemahaman peserta didik dalam mempelajari mata pelajaran Biologi, khususnya pada materi sistem pernapasan manusia.

Model pengembangan ADDIE merupakan salah satu model penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*) yang memiliki lima tahapan utama, yaitu *Analysis* (analisis), *Design* (desain), *Development* (pengembangan), *Implementation* (implementasi), dan *Evaluation* (evaluasi). Model ADDIE termasuk model pengembangan yang banyak digunakan dalam penelitian pengembangan karena memberikan langkah-langkah yang sistematis dalam merancang produk pembelajaran. Selain itu, model ADDIE juga menjadi pedoman dalam mengembangkan pembelajaran yang lebih efektif, dinamis, dan mampu mendukung tercapainya tujuan pembelajaran secara optimal. Instrumen yang digunakan adalah angket penilaian kelayakan ahli materi dan ahli media, kuesioner siswa dan guru, pretest dan posttest, serta dokumentasi penelitian.

Tahap Analisis (*Analysis*)

Sebagai langkah pertama, fase analisis ditujukan untuk menghimpun berbagai informasi strategis yang menjadi fondasi dalam pengembangan *e-modul* berteknologi AR agar senapas dengan kebutuhan aktual di lapangan. Evaluasi awal ini merangkum tiga aspek

krusial secara komprehensif, mulai dari sinkronisasi tuntutan kurikulum, penelaahan terhadap kebutuhan spesifik siswa, hingga pembedahan konsep pokok materi yang akan dimuat ke dalam modul digital.

Analisis Materi dan Kurikulum

Evaluasi pada aspek kurikulum dilakukan sebagai langkah penjaminan mutu, memastikan bahwa substansi *e-modul* AR terintegrasi secara harmonis dengan kerangka Kurikulum Merdeka. Fokus utamanya adalah merespons Capaian Pembelajaran yang menuntut pemahaman konsep tingkat tinggi. Oleh karena itu, tujuan pembelajaran dibedah secara spesifik untuk mengekstraksi indikator ketercapaian yang sejalan dengan interaktivitas media digital, yang rancangannya disesuaikan langsung dengan karakteristik demografi pelajar di SMAN 9 Makassar.

Analisis Kebutuhan Guru

Tahap analisis kebutuhan pendidik dilaksanakan guna mengidentifikasi problematika instruksional, serta memetakan urgensi dan tantangan yang dihadapi oleh guru pada pembelajaran Biologi, khususnya pokok bahasan sistem pernapasan. Merujuk pada temuan observasi di SMAN 9 Makassar, tenaga pendidik mendesak adanya pembaruan bahan ajar berupa *e-modul* berbasis *Augmented Reality* (AR) yang selaras dengan akselerasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK). Realitas di lapangan menunjukkan bahwa pemanfaatan media ajar masih sangat terbatas pada instrumen konvensional, seperti modul cetak dan dokumen berekstensi PDF. Mengingat para guru di sekolah tersebut belum pernah menginisiasi pengembangan *e-modul* berteknologi AR secara mandiri, inovasi media pembelajaran ini menjadi sebuah keharusan strategis untuk mengelevasi mutu pendidikan.

Analisis Kebutuhan Peserta Didik

Analisis kebutuhan peserta didik diorientasikan untuk memetakan realitas empiris pembelajaran sekaligus urgensi siswa SMAN 9 Makassar terhadap instrumen ajar yang inovatif. Berdasarkan akumulasi data observasi dan angket, teridentifikasi bahwa peserta didik masih mengalami kendala kognitif dalam mengonstruksi pemahaman pada materi yang bersifat abstrak. Kendala ini bermuara pada minimnya ketersediaan representasi visual selama proses instruksional. Mayoritas siswa mengutarakan kebutuhan akan sumber belajar yang interaktif, beraksesibilitas tinggi, serta kapabel memvisualisasikan konsep teoretis menjadi ilustrasi yang mendekati realitas. Kebutuhan ini menjadi semakin relevan mengingat belum adanya implementasi *e-modul* berbasis *Augmented Reality* (AR) di sekolah tersebut. Oleh karena

itu, tahapan analisis komparatif terhadap bahan ajar eksisting ini menjadi fundamental. Langkah ini memastikan bahwa desain *e-modul* yang dikembangkan nantinya mampu menghadirkan nilai tambah, menawarkan inovasi substantif, dan sangat relevan dengan profil belajar siswa.

Tahap Perancangan (*Design*)

Fase perancangan (*design*) ini difokuskan pada penyusunan kerangka konseptual awal *e-modul*. Kegiatan operasional pada tahap ini meliputi penentuan format dan desain antarmuka (*interface*), perumusan indikator pencapaian kompetensi, serta penetapan tujuan pembelajaran yang spesifik dan terukur. Konstruksi desain awal ini direpresentasikan dalam bentuk Purwarupa 1 (*Prototype 1*). Proses eksekusinya diakomodasi melalui pemanfaatan platform Canva dan Assemblr EDU, yakni perangkat lunak mutakhir yang sangat mumpuni dalam memfasilitasi sintesis bahan ajar interaktif melalui integrasi aset gambar dan elemen multimedia. Secara sistematis, prosedur esensial yang dilaksanakan pada tahapan ini mencakup langkah-langkah berikut:

1. Menghimpun literatur dan sumber rujukan yang kredibel sebagai basis substansi materi dalam penyusunan *e-modul*.
2. Mengonstruksi desain antarmuka (*user interface*) bahan ajar yang intuitif (*user-friendly*) sekaligus atraktif bagi peserta didik.
3. Menspesifikasikan ragam fitur interaktif yang akan disematkan, mencakup instrumen evaluasi (kuis), visualisasi objek tiga dimensi (3D), elemen video edukasi, serta ilustrasi pendukung.
4. Mengkalibrasi rancangan Purwarupa 1 (*Prototype 1*) guna menjamin sinkronisasi antara desain media dengan karakteristik kebutuhan siswa dan target capaian instruksional.
5. Mengajukan draf Purwarupa 1 kepada tim validator ahli—yang terdiri atas pakar substansi Biologi dan pakar media digital—untuk tahap peninjauan. Akumulasi masukan, kritik, dan saran dari proses validasi ini selanjutnya diadaptasi sebagai landasan revisi untuk menyempurnakan produk menjadi Purwarupa 2 (*Prototype 2*) yang berstatus layak uji coba lapangan.

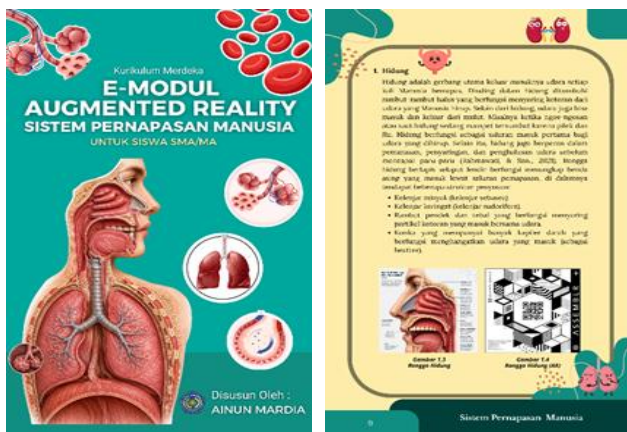
Tahap Pengembangan (*Development*)

Tahap ini merupakan proses mewujudkan rancangan menjadi produk nyata, yaitu *e-modul* yang interaktif dan inovatif. Dalam tahap ini, beberapa kegiatan yang dilakukan meliputi:

1. Mengembangkan *e-modul* berbasis AR yang menyajikan materi sistem pernapasan secara

komprehensif dan mudah diakses.

- Menambahkan berbagai media pendukung, seperti gambar ilustrasi 3D, video pembelajaran, dan animasi yang mendukung pemahaman konsep sistem pernapasan.



Gambar 1. Desain E-modul Sistem Pernapasan Manusia
Sumber : Peneliti

- Menyertakan tautan video yang relevan dan dapat diakses melalui aplikasi (misalnya video YouTube) untuk membantu visualisasi materi.
- Memastikan e-modul yang dikembangkan menarik dan interaktif di perangkat mobile.



Gambar 2. Desain Augmented Reality Sistem Pernapasan Manusia
Sumber : Peneliti

- E-modul Prototype 2 yang dihasilkan dari tahap ini diharapkan dapat memudahkan siswa dalam memahami materi sistem pernapasan.

Tahap Implementasi (Implementation)

Pada fase implementasi, draf *prototype 2* diujicobakan secara faktual ke dalam pembelajaran di sekolah. Pengujian ini melibatkan partisipasi aktif dari

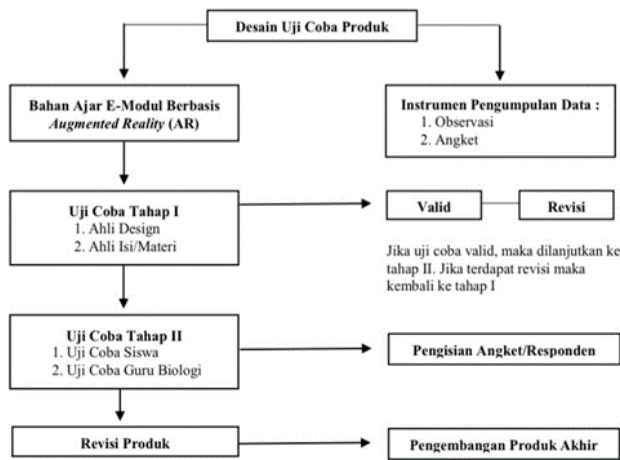
guru Biologi dan siswa kelas XI SMAN 9 Makassar melalui pengisian lembar angket. Langkah pengumpulan data ini dirancang secara spesifik untuk mengekstraksi respons dan penilaian pengguna terhadap kualitas operasional media. Hasil akhir dari kuesioner tersebut akan membuktikan kelayakan e-modul secara utuh, mencakup seberapa valid substansinya, seberapa praktis pengoperasiannya, dan seberapa efektif media tersebut dalam menunjang kegiatan belajar mengajar.

Tahap Evaluasi (Evaluation)

Fase evaluasi merupakan tahapan pemungkas dalam siklus model ADDIE, yang berorientasi pada analisis komprehensif terhadap data empiris hasil uji coba e-modul berbasis *Augmented Reality (AR)*. Proses evaluatif ini bertumpu pada akumulasi umpan balik (*feedback*) dari pendidik dan peserta didik yang dijarah melalui instrumen angket. Serangkaian respons tersebut selanjutnya difungsikan sebagai landasan rujukan untuk mengeksekusi revisi serta finalisasi produk. Melalui tahapan validasi akhir ini, kualitas instrumen e-modul yang dihasilkan dijamin selaras dengan karakteristik kebutuhan belajar siswa, sekaligus memiliki tingkat efektivitas instruksional yang tinggi dalam memfasilitasi materi sistem pernapasan.

Pendekatan evaluasi yang diaplikasikan dalam pengembangan e-modul berbasis *Augmented Reality (AR)* pada materi sistem pernapasan ini bertumpu pada jenis evaluasi formatif. Evaluasi formatif ini diintegrasikan sepanjang siklus perancangan produk guna mengukur tiga parameter kelayakan bahan ajar, yakni tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitas media, sebelum akhirnya didiseminasikan secara luas di lapangan. Orientasi utama dari evaluasi ini adalah menjangkau umpan balik konstruktif bagi peneliti.

Umpan balik tersebut difungsikan sebagai rujukan sentral untuk merevisi serta memfinalisasi e-modul, sehingga fungsionalitasnya benar-benar selaras dengan kebutuhan peserta didik maupun standar isi kurikulum yang berlaku. Oleh karena itu, asesmen ini tidak dirancang untuk mengukur capaian hasil belajar siswa secara komprehensif, melainkan difokuskan secara eksklusif pada eskalasi mutu dan penyempurnaan produk instruksional yang dikembangkan. Desain uji coba bahan ajar dirancang untuk memperoleh data yang digunakan dalam menentukan tingkat validitas dan efektivitas e-modul berbasis *Augmented Reality (AR)* yang dikembangkan. Uji coba tersebut juga bertujuan untuk mengetahui sejauh mana e-modul yang dihasilkan mampu mencapai tujuan pembelajaran serta memenuhi kriteria yang telah ditetapkan. Adapun tahapan desain uji coba e-modul berbasis AR akan disajikan secara rinci melalui bagan berikut:



Gambar 1. Desain Uji Coba Produk

Teknik yang digunakan untuk menganalisis validitas, kepraktisan dan efektivitas produk bahan ajar adalah sebagai berikut:

Teknik Analisis Kevalidan

Metode analisis validitas dilakukan dengan melibatkan 2 orang validator. Penilaian validitas dalam penelitian ini menggunakan Skala Aiken. Untuk menentukan tingkat validitasnya, dilakukan penskoran berdasarkan hasil yang diperoleh dari skala tersebut. Penskoran pada analisis kevalidan sebagai berikut :

Rumus Aiken V :

$$V = \frac{\sum (r - l_0)}{n (c - 1)}$$

Keterangan:

- V = Koefisien validitas Aiken
- r : skor dari penilai
- l₀: skor paling rendah
- c : skor paling tinggi
- n : banyaknya penilai

Rumus Aiken's V Eksplisit :

$$V = \sum (r_i - l_0) / [n (c - 1)]$$

Keterangan:

- V = Koefisien validitas Aiken
- r_i = Skor penilaian dari validator ke-i
- l₀ = Skor terendah pada skala penilaian
- c = Jumlah kategori dalam skala penilaian
- n = Jumlah validator

Tabel 1. Kriteria Kevalidan Indeks Aiken

No.	Rentang Indeks	Kategori
1	V > 0,8	Sangat Valid
2	0,4 ≤ V ≤ 0,8	Valid

3 V < 0,4

Kurang Valid

Sumber : ((Kumawati, 2023)

Teknik Analisis Kepraktisan

Data kepraktisan media ajar diperoleh melalui hasil kuesioner yang dijawab oleh siswa dan guru. Kuesioner ini menggunakan skala Likert empat poin, mulai dari sangat praktis, praktis, tidak praktis, hingga sangat tidak praktis. Pertanyaan dalam kuesioner terdiri atas pernyataan positif dan negatif. Untuk pernyataan positif, skor tertinggi (4) diberikan untuk jawaban "sangat praktis," sedangkan skor terendah (1) untuk jawaban "sangat tidak praktis." Sebaliknya, skor pada pernyataan negatif dibalik dari pola pernyataan positif. Nilai akhir kepraktisan bahan ajar ini kemudian dihitung menggunakan rumus tertentu. Poin latihan dihitung menggunakan rumus berikut :

$$P = \frac{TSe}{TSh} \times 100\%$$

Keterangan :

- P = Persentase
- Tse = Total skor empirik
- TSh = Total skor yang diharapkan

Klasifikasi tanggapan siswa dan guru terhadap kuesioner dapat ditentukan menggunakan rumus pada tabel kategori sebagai berikut :

Tabel 2. Kategori Kepraktisan E-modul Berbasis AR

No.	Kriteria Kepraktisan	Tingkat Kepraktisan
1	0% < x ≤ 20%	Tidak Praktis
2	20% < x ≤ 40%	Kurang Praktis
3	40% < x ≤ 60%	Cukup Praktis
4	60% < x ≤ 80%	Praktis
5	80% < x ≤ 100%	Sangat Praktis

Sumber : (Marselina et al., 2024)

Teknik Analisis Efektivitas

Teknik analisis data untuk uji efektivitas menggunakan perhitungan N-Gain. Uji N-gain digunakan untuk mengetahui peningkatan hasil belajar siswa setelah menggunakan e-modul AR yang dikembangkan. Uji ini membandingkan skor pretest dan posttest dengan menghitung selisih keduanya, lalu dinormalisasi terhadap skor maksimum dan minimum. Hasil N-gain dikategorikan menjadi tiga tingkatan: rendah, sedang, dan tinggi. Analisis ini penting untuk menilai seberapa efektif e-modul AR dalam meningkatkan hasil belajar siswa terhadap materi sistem pernapasan manusia. Adapun rumus uji gain normalitas, yaitu:

$$g = \frac{\text{skor postest} - \text{skor pretest}}{\text{skor maksimum} - \text{skor pretest}}$$

Keterangan :

g = Normal gain
 Skor pretest = Total skor sebelum diuji coba
 Skor postest = Total skor setelah diuji coba
 Skor maksimum = Total skor tertinggi

Tabel 3. Kategori Perolehan Skor Efektivitas

No.	Ruang Indeks	Kategori
1	$g > 0,7$	Tinggi
2	$0,3 < g < 0,7$	Sedang
3	$G < 0,3$	Rendah

Sumber: (Anita et al., 2022)

Hasil dan Diskusi

Implementasi *E-modul Augmented Reality* pada materi sistem pernapasan manusia

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bahan ajar berupa *e-modul* berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi sistem pernapasan manusia guna meningkatkan efektivitas belajar peserta didik kelas XI. Prosedur pengembangan dilakukan dengan menggunakan model ADDIE yang meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Produk yang dihasilkan telah melalui tahap uji validitas oleh ahli serta uji kepraktisan yang melibatkan guru dan peserta didik. Selain itu, penelitian ini juga mengukur tingkat efektivitas bahan ajar berdasarkan peningkatan hasil belajar kognitif setelah penggunaan *e-modul*. Untuk menghasilkan bahan ajar yang memenuhi aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas, prosedur pengembangan dilaksanakan secara sistematis melalui beberapa tahapan sebagai berikut.

Tahap Analisis (*Analysis*)

Tahap analisis merupakan tahap awal yang berfokus pada pengumpulan informasi sebagai dasar dalam merancang *e-modul* berbasis *Augmented Reality* (AR) yang efektif dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran. Analisis dilakukan terhadap tiga aspek utama, yaitu analisis materi, analisis kebutuhan guru, dan analisis kebutuhan peserta didik.

Analisis Materi

Analisis materi dilakukan untuk memetakan materi Biologi yang diajarkan di SMAN 9 Makassar serta memastikan kesesuaiannya dengan Kurikulum Merdeka. Sejalan dengan kebijakan pemerintah yang mendorong pembelajaran fleksibel dan kontekstual, bahan ajar ini dirancang agar sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Tujuan pengembangan bahan ajar ini adalah membantu peserta didik memahami materi yang kompleks sekaligus mendukung penguatan Profil

Pelajar Pancasila melalui pemanfaatan teknologi secara mandiri dan kreatif. Berdasarkan hasil observasi dan angket yang diberikan kepada peserta didik kelas XI, ditemukan bahwa materi sistem pernapasan manusia, khususnya pada bagian organ dan mekanisme pernapasan, termasuk materi yang sulit dipahami karena memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi. Sebagian besar peserta didik mengalami kesulitan dalam memvisualisasikan organ dan mekanisme sistem pernapasan manusia. Kendala utama yang ditemukan yaitu banyaknya istilah ilmiah yang rumit serta proses fisiologis yang bersifat abstrak dan tidak dapat diamati secara langsung. Oleh karena itu, materi sistem pernapasan dipilih untuk dikembangkan dalam bentuk *e-modul* berbasis AR yang interaktif.

Analisis Kebutuhan Guru

Analisis kebutuhan guru dilakukan melalui wawancara dengan guru Biologi di SMAN 9 Makassar untuk mengidentifikasi berbagai hambatan dalam proses pembelajaran. Guru menjelaskan bahwa penggunaan *smartphone* oleh peserta didik memiliki potensi yang besar untuk mendukung pembelajaran, namun pemanfaatannya masih terbatas pada penggunaan modul dalam format PDF. Selain itu, peserta didik cenderung menggunakan *smartphone* untuk aktivitas di luar pembelajaran selama proses belajar mengajar berlangsung sehingga konsentrasi mereka sering teralihkan. Oleh karena itu, guru mengharapkan adanya pengembangan bahan ajar yang mampu menarik perhatian peserta didik kembali kepada materi pembelajaran melalui fitur-fitur interaktif, seperti visualisasi tiga dimensi (3D), kuis, dan materi pembelajaran yang menarik.

Analisis Kebutuhan Peserta Didik

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa 85% peserta didik membutuhkan bahan ajar berbasis *Augmented Reality* (AR). Persentase tersebut termasuk dalam kategori sangat tinggi, sehingga menunjukkan bahwa peserta didik memiliki tingkat kebutuhan dan minat yang besar terhadap penggunaan bahan ajar interaktif berbasis teknologi dalam pembelajaran Biologi, khususnya pada materi sistem pernapasan manusia. Peserta didik menilai bahwa pemanfaatan media pembelajaran yang ada belum mampu mengoptimalkan penggunaan teknologi, padahal sebagian besar peserta didik sudah terbiasa menggunakan *smartphone* dalam kehidupan sehari-hari. Hasil angket menunjukkan bahwa peserta didik memiliki antusiasme yang tinggi terhadap pengembangan bahan ajar baru. Sebanyak 69,4% peserta didik menyatakan sangat membutuhkan dan tertarik terhadap penggunaan *e-modul* berbasis *Augmented Reality* (AR). Peserta didik mengharapkan bahan ajar

yang mampu menyederhanakan materi yang kompleks melalui berbagai fitur interaktif pada *e-modul* AR. Hal tersebut terlihat dari tingginya minat peserta didik terhadap fitur visualisasi gambar 3D interaktif yang mencapai 64%, serta fitur video pembelajaran dan latihan soal atau kuis.

Tahap Perancangan (*Design*)

Tahap perancangan bertujuan untuk menyusun kerangka awal *e-modul* berbasis *Augmented Reality* (AR) yang akan dikembangkan pada pembelajaran Biologi kelas XI di SMAN 9 Makassar.

Persiapan Referensi Materi

Pada tahap ini, peneliti mengumpulkan sumber utama yang berasal dari buku teks Biologi kelas XI sesuai Kurikulum Merdeka serta jurnal ilmiah yang berkaitan dengan sistem pernapasan manusia untuk menjamin keakuratan isi materi. Penyusunan materi difokuskan pada penyederhanaan narasi yang panjang menjadi poin-poin pembelajaran yang lebih mudah dipahami melalui perangkat *smartphone*.

Materi dibagi ke dalam beberapa subbahasan utama, yaitu pengertian dan fungsi sistem pernapasan manusia, organ-organ sistem pernapasan, mekanisme pernapasan, serta gangguan pada sistem pernapasan manusia. Selain materi dalam bentuk teks, peneliti juga menyiapkan berbagai aset multimedia, seperti ilustrasi anatomi sistem pernapasan manusia, visualisasi tiga dimensi (3D) mengenai mekanisme dan gangguan sistem pernapasan, serta tautan video pembelajaran dari YouTube.

Penyusunan Desain Antarmuka (*User Interface*) E-Modul

Langkah berikutnya adalah merancang antarmuka (*user interface*) *e-modul* menggunakan platform Heyzine Flipbook. Desain antarmuka disusun dengan prinsip *mobile-first*, yaitu mengutamakan kemudahan navigasi bagi peserta didik yang mengakses *e-modul* melalui perangkat seluler. Tata letak halaman dirancang mencakup sampul, tombol navigasi menuju materi, kuis interaktif, dan informasi tujuan pembelajaran. Pemilihan warna dan tipografi dilakukan secara cermat untuk menciptakan kenyamanan visual sehingga peserta didik tetap fokus dan tidak mudah lelah saat membaca materi dalam waktu yang cukup lama.

Tahap Pengembangan (*Development*)

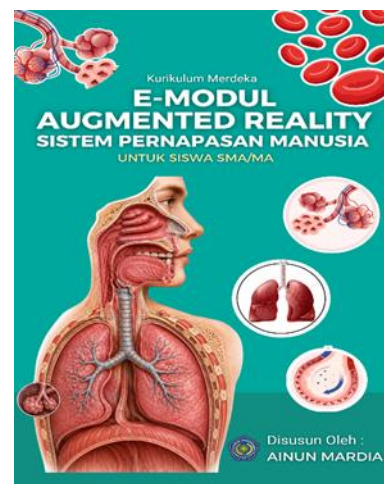
Tahap pengembangan merupakan tahap realisasi desain yang telah disusun sebelumnya. Adapun langkah-langkah pengembangan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

Pengembangan Desain Produk

Produk yang dikembangkan berupa *e-modul* berbasis *Augmented Reality* (AR). Secara teknis, aplikasi dirancang menggunakan rasio layar 9:16 (*portrait*) agar responsif pada berbagai jenis *smartphone*. Pada aspek tipografi, *e-modul* menggunakan kombinasi huruf *Montserrat Arabic* berukuran 83 untuk judul agar tampilan lebih dinamis, serta huruf *Lora* atau *More Sugar* berukuran 25 untuk isi materi agar nyaman dibaca melalui layar perangkat. Desain antarmuka menggunakan dominasi warna hijau toska (#00a79d) dan krem (#feedaa), serta dilengkapi dengan tombol navigasi utama dan panduan penggunaan yang mudah diakses oleh peserta didik.

Cover Depan

Cover *e-modul* berbasis *Augmented Reality* (AR) materi sistem pernapasan manusia berisikan judul materi, gambar, kelas dan sekolah yang terkait.



Gambar 3. Cover *E-modul* AR

Identitas *E-modul* AR

Pada capaian pembelajaran terdapat capaian pembelajaran yang harus dicapai oleh siswa dengan menggunakan *e-modul* AR



Gambar 4. Identitas Modul dan Capaian Pembelajaran

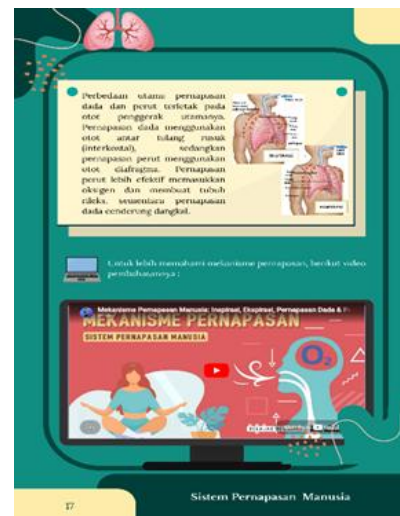
Topik Materi

Topik pada *e-modul* AR ada 4 yakni topik 1 membahas mengenai defenisi dan fungsi sistem pernapasan manusia, Topik 2 membahas organ sistem pernapasan manusia, Topik 3 membahas mekanisme sistem pernapasan manusia dan topik 4 membahas gangguan pada sistem pernapasan manusia.



Gambar 5. Topik Materi

yang lebih jelas mengenai konsep dan proses yang dipelajari. Kehadiran media audiovisual ini mendukung pemahaman materi secara lebih mendalam, menarik, dan interaktif. Dengan demikian, peserta didik dapat belajar secara mandiri sekaligus meningkatkan pemahaman konseptual terhadap materi yang dipelajari.



Gambar 7. Video Pembelajaran

Gambar 3DE-Modul

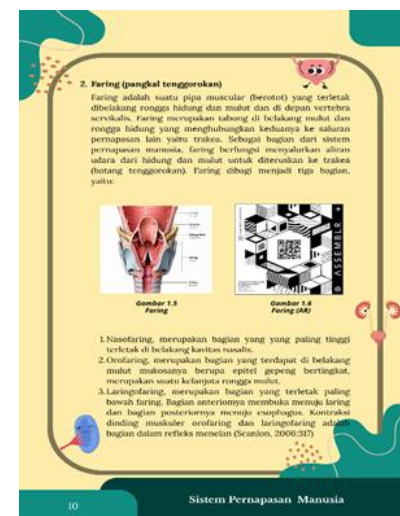
AR terdapat gambar 3D pada QR Code seperti pada gambar disamping, yang membantu peserta didik untuk memahami materi yang kompleks.



Gambar 6. Gambar 3D

Latihan Soal & Evaluasi

Gambar disamping menampilkan Evaluasi dalam bentuk *QR Code* yang membantu siswa untuk mengetahui peningkatan pemahaman terkait materi sistem pernapasan manusia.



Gambar 7. Latihan Soal & Evaluasi

Video Pembelajaran

E-modul berbasis Augmented Reality (AR) ini dilengkapi dengan barcode yang dapat dipindai menggunakan perangkat digital untuk menampilkan video pembelajaran terkait materi sistem pernapasan manusia. Video pembelajaran yang terintegrasi dalam modul membantu peserta didik memperoleh visualisasi

Cover Belakang

E-Modul Berbasis Augmented Reality (AR) Materi Sistem Pernapasan Manusia merupakan bahan ajar interaktif yang dirancang untuk membantu peserta didik memahami konsep sistem pernapasan manusia secara lebih mudah dan menarik. Modul ini

mengintegrasikan teknologi Augmented Reality (AR) sehingga objek dan organ pernapasan dapat divisualisasikan dalam bentuk tiga dimensi. Penggunaan AR memberikan pengalaman belajar yang lebih nyata, interaktif, dan mendukung pemahaman konsep secara mendalam. Materi disusun secara sistematis sesuai dengan capaian pembelajaran serta dilengkapi dengan berbagai aktivitas pembelajaran yang mendorong keterlibatan peserta didik. Diharapkan e-modul ini dapat meningkatkan motivasi belajar, pemahaman konsep, dan hasil belajar peserta didik pada materi sistem pernapasan manusia.



Gambar 8. Cover Belakang

Validasi Produk

Tahap validasi dilakukan untuk menguji tingkat kelayakan *e-modul* berbasis *Augmented Reality* (AR) beserta instrumen angket respons guru dan peserta didik sebelum diimplementasikan dalam proses pembelajaran. Validasi dilakukan oleh dua orang ahli dari Universitas Muhammadiyah Makassar, yaitu Nurul Magfirah, S.Pd., M.Pd. sebagai validator I dan Rahmatia Thahir, S.Pd., M.Pd. sebagai validator II.

Tujuan dari tahap validasi ini adalah untuk menilai kelayakan materi dan aspek teknis bahan ajar, serta memperoleh masukan dan saran perbaikan agar *e-modul* berbasis AR layak digunakan dalam pembelajaran Biologi. Selanjutnya, skor hasil validasi dianalisis menggunakan rumus Aiken's V untuk mengetahui tingkat kevalidan bahan ajar yang dikembangkan. Adapun hasil dari validasi ahli adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli

Validator	Indeks Aiken (V)	Kriteria
Validator I	V = 0,96	Sangat Valid
Validator 2	V = 0,96	Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 4. diketahui bahwa *e-modul* berbasis *Augmented Reality* (AR) telah melalui tahap uji

kelayakan yang dilakukan oleh dua orang validator ahli. Validator I dan Validator II masing-masing memberikan total skor sebesar 86, sehingga diperoleh total skor keseluruhan sebesar 172. Hasil analisis menggunakan indeks Aiken menunjukkan nilai sebesar 0,96. Berdasarkan kriteria kevalidan, nilai tersebut berada di atas 0,8 sehingga *e-modul* berbasis AR termasuk dalam kategori sangat valid dan dinyatakan layak untuk diimplementasikan dalam proses pembelajaran.

Implementasi (Implementation)

Tahap implementasi dilakukan dengan menerapkan *e-modul* berbasis *Augmented Reality* (AR) yang telah melalui proses validasi dalam kegiatan pembelajaran di kelas XI Peminatan Biologi TL 3 di SMA Negeri 9 Makassar. Pada tahap ini, peserta didik menggunakan *e-modul* melalui smartphone masing-masing untuk mempelajari materi sistem pernapasan manusia yang meliputi pengertian dan fungsi sistem pernapasan manusia, organ-organ pernapasan, mekanisme pernapasan, serta gangguan pada sistem pernapasan manusia. Setelah proses pembelajaran selesai dilaksanakan, peneliti memberikan angket respons kepraktisan kepada guru Biologi dan peserta didik untuk menilai penggunaan *e-modul* berbasis AR tersebut dalam kegiatan pembelajaran. Hasil dari pengisian angket dapat dilihat pada :

Tabel 5. Hasil Analisis Kepraktisan *E-modul* AR

Responden	Jumlah Responden	Persentase Kepraktisan	Ket
Guru	1 Orang	96,25%	Sangat Praktis
Siswa	30 Orang	81,25%	Sangat Praktis

Berdasarkan tabel 5. hasil analisis kepraktisan *e-modul* AR, tingkat kepraktisan bahan ajar diperoleh dari 1 responden guru mata pelajaran Biologi secara keseluruhan berada pada kategori sangat praktis dengan persentase kepraktisan 96,25%. Hal ini ditunjukkan oleh penilaian guru dengan skor 1 sampai 4 yang diperoleh pada rentang 80% < x ≤ 100%, nilai P yakni :

$$P = \frac{77}{80} \times 100 = 96,25\%$$

Dari hasil persentase respon siswa terhadap *e-modul* AR, tingkat kepraktisan bahan ajar diperoleh dari 30 responden siswa secara keseluruhan berada pada kategori sangat praktis dengan persentase kepraktisan 81,25% dengan rentang skor 1 sampai 4 yang diperoleh 30 siswa pada rentang 80% < x ≤ 100%, nilai P yakni :

$$P = \frac{1.950}{2.400} \times 100 = 81,25\%$$

Sehingga nilai tersebut berada pada rentang kategori sangat praktis. Hasil ini mengindikasikan bahwa *e-modul* AR yang dikembangkan mudah dioperasikan dan dipahami oleh pengguna, sehingga praktis digunakan dalam proses pembelajaran.

Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai kualitas akhir serta efektivitas *e-modul* berbasis *Augmented Reality* (AR) melalui analisis data yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini, peneliti melakukan analisis menggunakan rumus *N-gain* untuk mengukur tingkat peningkatan hasil belajar kognitif peserta didik kelas XI di SMAN 9 Makassar setelah menggunakan

bahan ajar tersebut. Analisis *N-gain* bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai efektivitas penggunaan *e-modul* berbasis AR dalam membantu peserta didik memahami materi sistem pernapasan manusia secara mandiri dan fleksibel. Adapun hasil pengujian efektivitas penggunaan *e-modul* berbasis AR adalah sebagai berikut :

Uji Efektivitas Peningkatan Hasil Belajar

Berdasarkan hasil analisis pada tabel tersebut, diperoleh nilai rata-rata (*mean*) *N-gain* sebesar 0,4318 atau 43,18% dengan standar deviasi sebesar 44,11. Nilai *N-gain* terendah yang diperoleh peserta didik adalah 0,10 (10,00%), sedangkan nilai tertinggi mencapai 1,00 (100%). Berdasarkan kriteria interpretasi *N-gain*, nilai rata-rata sebesar 0,43 berada pada kategori sedang ($0,3 < g < 0,7$).

Tabel 6. Hasil Uji *N-gain* Peningkatan Hasil Belajar

	N	Min	Max	Mean	STD. Deviation
<i>N-gain</i> Score	30	1.00	1.00	.4318	.44113
<i>N-gain</i> Persen	30	100.00	100.00	43.1801	44.11311
Valid N (listwise)	30				

Hasil tersebut menunjukkan bahwa efektivitas penggunaan *e-modul* berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi sistem pernapasan manusia berada dalam kategori sedang. Hal ini disebabkan masih terdapat beberapa peserta didik yang tidak mengalami peningkatan hasil belajar setelah penggunaan *e-modul* AR. Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah rendahnya motivasi belajar peserta didik terhadap materi sistem pernapasan manusia. Pernyataan tersebut sejalan dengan pendapat (Fernando et al., 2024) yang menyatakan bahwa motivasi intrinsik dan ekstrinsik memiliki pengaruh yang besar terhadap hasil belajar. Rendahnya motivasi belajar dapat menyebabkan peserta didik kurang fokus dan tidak berupaya secara maksimal dalam mengikuti proses pembelajaran. *E-modul* berbasis *Augmented Reality* (AR) ini dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan belajar peserta didik pada materi Biologi yang bersifat abstrak, khususnya materi sistem pernapasan manusia yang sulit divisualisasikan selama proses pembelajaran berlangsung.

Pengembangan ini bertujuan untuk menghasilkan bahan ajar berupa *e-modul* berbasis AR yang valid, praktis, dan efektif digunakan oleh peserta didik kelas XI. Dalam proses pengembangannya, peneliti menggunakan model pengembangan ADDIE yang meliputi tahap *analysis* (analisis), *design* (perancangan), *development* (pengembangan), *implementation* (implementasi), dan *evaluation* (evaluasi). Tahap awal penelitian dimulai dengan tahap

analysis (analisis) yang mencakup analisis materi dan kurikulum, analisis kebutuhan guru, serta analisis kebutuhan peserta didik di SMA Negeri 9 Makassar. Berdasarkan hasil observasi, diketahui bahwa materi sistem pernapasan manusia, khususnya organ-organ sistem pernapasan manusia, merupakan materi yang sulit dipahami karena memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi dan sulit divisualisasikan. Hal tersebut sejalan dengan pendapat (H.B. Safa & O. Hardiyantari, 2025) yang menyatakan bahwa pembelajaran mengenai sistem pernapasan manusia merupakan materi yang kompleks karena mencakup struktur organ secara rinci serta fungsi setiap bagian dalam mendukung proses pernapasan.

Selain itu, peneliti menemukan bahwa salah satu permasalahan utama di lapangan adalah kurangnya media visual yang interaktif sehingga pemahaman peserta didik terhadap konsep materi belum optimal. Meskipun seluruh peserta didik telah memiliki *smartphone*, pemanfaatannya dalam pembelajaran masih terbatas pada penggunaan modul cetak dan *e-modul* dalam format PDF. Media pembelajaran interaktif seperti modul berbasis 3D (AR) maupun pemanfaatan platform digital lainnya belum digunakan secara optimal sebagai sumber belajar.

Berdasarkan hasil angket kebutuhan peserta didik pada tahap observasi awal, diketahui bahwa peserta didik sangat membutuhkan bahan ajar berbasis *Augmented Reality* (AR). Peserta didik mengharapkan adanya fitur visualisasi interaktif dan video

pembelajaran yang dapat membantu mereka memahami materi secara mandiri. Sementara itu, hasil analisis kebutuhan guru melalui wawancara menunjukkan bahwa guru membutuhkan bahan ajar berbasis AR karena bahan ajar yang digunakan di SMAN 9 Makassar masih terbatas pada modul cetak dan *e-modul* dalam format PDF. Kondisi tersebut menjadi dasar bagi peneliti untuk mengembangkan *e-modul* berbasis AR.

Pada tahap *design* (perancangan), peneliti mengumpulkan referensi materi dari berbagai buku teks Biologi kelas XI yang mengacu pada Kurikulum Merdeka untuk menjamin kualitas isi materi pembelajaran. Materi disusun secara sederhana dengan penggunaan narasi yang ringkas dan menampilkan poin-poin penting agar mudah dipahami peserta didik. Peneliti juga merancang *e-modul* menggunakan platform *Heyzine Flipbook*. Menurut (A. K. Putri & Hakim, 2025) *e-modul* berbasis *flipbook* dapat menjadi salah satu solusi dalam penyajian materi pembelajaran karena dapat diakses melalui laptop, smartphone, maupun komputer dengan tampilan menyerupai buku virtual. Selain itu, *e-modul* berbasis *flipbook* juga dapat memuat gambar, video, dan audio yang mampu meningkatkan daya tarik bahan ajar.

Tahap *development* (pengembangan) dilakukan dengan merealisasikan desain antarmuka ke dalam *e-modul* berformat PDF yang kemudian dikonversi ke dalam bentuk *flipbook* berbasis web menggunakan *Heyzine Flipbook*. *E-modul* dirancang menggunakan rasio layar 9:16 (*portrait*) agar responsif pada berbagai jenis smartphone. Peneliti memilih kombinasi warna hijau toska (#00a79d) dan krem (#feedaa) untuk menciptakan kontras yang jelas dan meningkatkan nilai estetika tampilan. Selain itu, penggunaan huruf *Montserrat Arabic* dan *Lora* bertujuan agar materi tetap nyaman dibaca dalam jangka waktu yang lama.

Produk yang dikembangkan dilengkapi dengan fitur visualisasi gambar tiga dimensi (3D) berbasis *Augmented Reality* untuk membantu peserta didik memahami struktur organ sistem pernapasan manusia, serta fitur video pembelajaran untuk memvisualisasikan mekanisme kerja sistem pernapasan manusia. Dengan adanya fitur tersebut, peserta didik diharapkan lebih mudah memahami materi yang sebelumnya sulit divisualisasikan. Hal tersebut sejalan dengan pendapat (Azhzara et al., 2026) yang menyatakan bahwa media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* mampu menjadikan proses pembelajaran lebih efektif dan interaktif. Selain itu, bahan ajar berbasis AR dapat menciptakan suasana belajar yang menyenangkan karena peserta didik dapat belajar sambil berinteraksi dengan visualisasi objek secara nyata.

Sebelum diimplementasikan, produk terlebih dahulu melalui tahap validasi oleh dua orang ahli dari

Universitas Muhammadiyah Makassar. Berdasarkan hasil penilaian, diperoleh indeks Aiken's V sebesar 0,96 yang termasuk dalam kategori sangat valid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *e-modul* berbasis AR telah memenuhi standar kelayakan materi dan aspek teknis media sehingga layak digunakan dalam proses pembelajaran. Temuan ini didukung oleh penelitian (Cahyani et al., 2025) yang menyatakan bahwa *e-modul* yang dikembangkan memiliki tingkat kevalidan yang tinggi berdasarkan hasil validasi ahli media. Selain itu, (Sa'diah et al., 2022) juga menyatakan bahwa *e-modul* yang dikembangkan valid dan layak digunakan sebagai bahan ajar.

Tahap *implementation* (implementasi) dilakukan dengan menerapkan *e-modul* berbasis AR secara langsung pada peserta didik kelas XI Peminatan Biologi TL 3 di SMA Negeri 9 Makassar. Tingkat kepraktisan media diukur melalui angket respons pengguna, di mana guru memberikan penilaian sebesar 96,25% dan peserta didik sebesar 81,25%, yang keduanya termasuk dalam kategori sangat praktis. Tingginya tingkat kepraktisan tersebut disebabkan oleh kemudahan pengoperasian *e-modul* serta navigasi yang jelas sehingga peserta didik dapat belajar tanpa mengalami kendala teknis. Hasil penelitian ini didukung oleh pendapat (Anjani et al., 2025) yang menyatakan bahwa *e-modul* yang dikembangkan sangat layak dan praktis digunakan sebagai media pembelajaran. Selain itu, (Simanjuntak & Jamalum, 2025) menyatakan bahwa hasil angket respons peserta didik terhadap *e-modul* berada pada kategori sangat praktis.

Pada tahap *evaluation* (evaluasi), efektivitas *e-modul* berbasis AR diukur menggunakan analisis *N-gain* untuk mengetahui peningkatan hasil belajar peserta didik. Hasil analisis menunjukkan nilai rata-rata *N-gain* sebesar 0,43 yang termasuk dalam kategori sedang. Peningkatan hasil belajar tersebut dipengaruhi oleh visualisasi dan interaktivitas pembelajaran berbantuan multimedia yang mampu mendukung proses kognitif peserta didik. Hal ini sejalan dengan pendapat (Kencana & Muhyiatul, 2025) yang menyatakan bahwa penggunaan multimedia dalam pembelajaran membantu peserta didik tidak hanya membaca teks, tetapi juga melihat gambar dan mendengarkan penjelasan audio secara bersamaan sehingga dapat mengurangi beban *working memory* dan membantu penyimpanan informasi ke dalam *long-term memory*. Proses tersebut membantu peserta didik memahami konsep-konsep yang sulit secara lebih cepat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas penggunaan *e-modul* berbasis *Augmented Reality* di SMAN 9 Makassar berada pada kategori sedang dengan nilai rata-rata *N-gain* sebesar 0,43 ($0,3 < g < 0,7$). Kategori sedang menunjukkan bahwa penggunaan *e-modul* berbasis AR memberikan pengaruh yang cukup

signifikan dalam mendukung proses pembelajaran, meskipun belum mencapai kategori tinggi. Hal tersebut terlihat dari adanya peningkatan pemahaman dan keterlibatan peserta didik selama penggunaan *e-modul* AR, walaupun masih terdapat beberapa kendala yang memengaruhi hasil pembelajaran secara keseluruhan.

Penerapan *e-modul* berbasis AR memberikan kontribusi positif dalam pembelajaran karena mampu membantu peserta didik memahami materi secara lebih visual, interaktif, dan menarik dibandingkan pembelajaran konvensional. Visualisasi objek tiga dimensi dan fitur interaktif pada *e-modul* AR mempermudah peserta didik memahami konsep abstrak sehingga dapat meningkatkan hasil belajar. Selain itu, penggunaan teknologi AR juga mendorong peserta didik untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran karena memungkinkan mereka melakukan eksplorasi materi secara mandiri. Temuan tersebut diperkuat oleh penelitian (Gunawan et al., 2024) yang menyatakan bahwa penggunaan *e-modul* berbasis AR dan kuis interaktif efektif meningkatkan hasil belajar peserta didik. Penelitian (Pratama et al., 2024) juga menunjukkan bahwa integrasi teknologi Augmented Reality dalam *e-modul* memberikan dampak positif terhadap peningkatan partisipasi dan pemahaman peserta didik dalam pembelajaran. Selain itu, (Nelson et al., 2025) menyatakan bahwa media pembelajaran berbasis AR memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar karena penggunaan animasi, video, dan objek tiga dimensi membuat pembelajaran menjadi lebih menarik dan interaktif.

Meskipun demikian, hasil efektivitas yang masih berada pada kategori sedang menunjukkan bahwa penggunaan *e-modul* berbasis AR belum sepenuhnya optimal. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kurangnya pengalaman peserta didik dalam menggunakan teknologi AR, ketergantungan *e-modul* terhadap koneksi internet yang stabil, serta adanya perbedaan kemampuan belajar setiap peserta didik. Kendala jaringan internet terutama memengaruhi akses terhadap fitur visualisasi tiga dimensi (AR) sehingga fitur tersebut tidak selalu dapat digunakan secara maksimal di dalam kelas. Hal tersebut sesuai dengan pendapat (Simanjuntak & Jamalum, 2025) yang menyatakan bahwa salah satu kelemahan *e-modul* berbasis AR adalah ketergantungannya terhadap koneksi internet yang stabil karena konten AR memerlukan akses daring agar dapat dijalankan secara optimal.

Selain itu, cakupan materi dalam *e-modul* berbasis AR ini masih terbatas pada materi sistem pernapasan manusia. Meskipun demikian, produk yang dikembangkan telah dinilai praktis dan efektif oleh guru sehingga tidak terdapat saran perbaikan yang signifikan. Namun, penelitian ini masih memiliki

keterbatasan, terutama pada aspek ketergantungan terhadap koneksi internet yang stabil dalam penggunaan fitur-fitur berbasis AR.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian penelitian pengembangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. *E-modul* berbasis *Augmented Reality* pada sistem pernapasan manusia bersifat sangat valid dengan perolehan indeks Aiken sebesar 0,96 berdasarkan hasil penilaian dari ahli materi dan ahli media.
2. *E-modul* berbasis *Augmented Reality* bersifat sangat praktis untuk digunakan dalam proses pembelajaran Biologi, yang dibuktikan dengan persentase respon guru mencapai 96,25% dan respon siswa sebesar 81,25%.
3. Penggunaan *e-modul* berbasis *Augmented Reality* terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas belajar siswa, ditunjukkan dengan nilai rata-rata *N-gain* hasil belajar kognitif sebesar 0,43 yang termasuk dalam kategori sedang.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan apresiasi dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penulisan artikel ini. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, motivasi, serta semangat kepada penulis selama proses penyusunan artikel ini. Bapak/Ibu dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan arahan, saran, kritik, serta bimbingan kepada penulis selama proses penelitian dan penyusunan artikel. Kepala Sekolah dan guru mata pelajaran Biologi SMAN 9 Makassar yang telah memberikan izin, bantuan, dan dukungan selama pelaksanaan penelitian. Peserta didik kelas XI SMAN 9 Makassar yang telah berpartisipasi dan membantu dalam proses pengumpulan data penelitian. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dan berkontribusi dalam penyelesaian artikel ini.

Penulis menyadari bahwa artikel ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan dan penyempurnaan karya ilmiah ini di masa mendatang.

Referensi

Anita, Y., Walidi, A., Akmal, A. U., Kenedi, A. K., Hamimah, Arwin, & Masniladevi. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Elektronik Berbasis

- Social and Emotional Learning untuk Meningkatkan Nilai Profil Pelajar Pancasila Siswa Sekolah Dasar. *JURNAL BASICEDU*, Vol. 6 No.(2580-3735), 7090.
- Anjani, F., Kusmana, P., & Anantyarta, P. (2025). Pengembangan *E-modul* Ekosistem Berbasis Augmented Reality Pada Siswa Kelas VII Development of an Augmented Reality-Based Ecosystem E-Module for Seventh Grade Students. 95-107.
<https://doi.org/10.32528/bioma.v10i2.3300>
- Azhzara, S. N., Fitri, A., & Rini Sri, I. (2026). Pengembangan media. 12.
- Cahyani, S. U., Syafi, R., & Sari, E. Y. (2025). Pengembangan *E-modul* Berbantuan Augmented Reality Materi Mengenal Bumi Mata Pelajaran IPAS Kelas V Sekolah Dasar. 4(3).
- Fadilah, A., Nurzakiah, K. R., Kanya, N. A., Hidayat, S. P., & Setiawan, U. (2023). Pengertian Media, Tujuan, Fungsi, Manfaat dan Urgensi Media Pembelajaran. *Journal of Student Research (JSR)*, 1(2), 1-17.
- Fernando, Y., Islam, U., Sjech, N., Djambek, M. D., Andriani, P., Islam, U., Sjech, N., Djambek, M. D., Syam, H., Islam, U., Sjech, N., & Djambek, M. D. (2024). Pentingnya Motivasi Belajar Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. 2(3), 61-68.
- Gunawan, A. W., Smaragdina, A. A., Pratama, I., & Akbar, F. (2024). Pemanfaatan Augmented Reality (AR) Dalam Pengembangan E-Modul Gamifikasi Berbasis Problem Based Learning untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Pemanfaatan Augmented Reality (AR) Dalam Pengembangan E-Modul Gamifikasi Berbasis Problem Based Learning untuk Meningkatkan Motivasi Belajar. 4(3).
- H.B. Safa, & O. Hardiyantari. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Materi Sistem Pernapasan Manusia Berbasis Augmented Reality. *Jurnal Teknologi Pembelajaran Indonesia*, 15(1), 64-77.
https://doi.org/10.23887/jurnal_tp.v15i1.4599
- Hafizh, D. A. (2014). Abstrak Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan layanan. 3455-3472.
<https://doi.org/10.31602/muallimuna.v8i1.10517>
- Hernanda, A., & Sekti, A. (2024). Pemanfaatan Aplikasi Augmented Reality Untuk Pembelajaran Organ. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 6(1), 245-252.
- Kencana, M. P., & Muhyiatul, F. (2025). Biogenerasi : *Jurnal Pendidikan Biologi*. 10(4), 4-7.
- Kumawati, S. (2023). Fadhilah Rahmawati 2b) , Syita Fatih 'Adna 3c) 1,2,3 Program Studi Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Tidar. Jalan Kapten Suparman, 4(2), 110-124.
- Maharani, A. (2025). Pemanfaatan Pengembangan *E-modul* IPA Interaktif Berbasis Android untuk Siswa SMP. *Journal Sains and Education*, 3(1), 24-30.
- MARSELINA, K. A., BASORI, M., & ZAMAN, W. I. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Booklet Berbasis Qr-Code Materi Bentuk Dan Fungsi Bagian Tubuh Pada Manusia (Panca Indra) Untuk Siswa Kelas Iv Sdn Dawuhan Lor. *ELEMENTARY: Jurnal Inovasi Pendidikan Dasar*, 4(3), 103-119.
<https://doi.org/10.51878/elementary.v4i3.3010>
- Nelson, S., Darni, R., Haris, F., Ilham, I., Ndayisenga, J., Septri, S., Sari, D. N., Ockta, Y., & Festiawan, R. (2025). The effectiveness of learning media based on digital augmented reality (AR) technology on the learning outcomes of martial arts La eficacia de los medios de aprendizaje basados en tecnología de realidad aumentada digital (AR) en los resultados del apr. 2025, 878-885.
- Pratama, A., Khosyi, N., & Indonesia, U. P. (2024). Hipkin *Journal of Educational Research*. 1(3), 351-362.
- Putri, A. E., & Hendriyani, Y. (2023). Pengembangan *E-modul* Berbasis Augmented Reality Untuk Mata Pelajaran Komputer dan Jaringan Dasar Siswa Kelas X TKJ di SMK Negeri 3 Seluma. *JAVIT : Jurnal Vokasi Informatika*, 56-63.
<https://doi.org/10.24036/javit.v3i1.70>
- Putri, A. K., & Hakim, A. R. (2025). INTEGRATED WITH ACCURATE EDUCATION TO IMPROVE STUDENTS' LEARNING. 57-76.
- Sa'diah, Ruhiah, Y., & Sholihah. (2022). VOX EDUKASI : *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan PENGEMBANGAN E-MODUL INTERAKTIF BERBASIS AUGMENTED*. VOX EDUKASI: *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 13(April), 21-29.
<http://jurnal.stkipppersada.ac.id/jurnal/index.php/VOX>
- Sahronih, S., Suryono, T., Maemuna, S., & Hasanah, D. (2023). Integrasi Teknologi Augmented Reality Berbasis Model Samr (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition) Dalam Pembelajaran Ipa Sekolah Dasar. *Prima Magistra: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 4(4), 619-629.
<https://doi.org/10.37478/jpm.v4i4.3230>
- Simanjuntak, D. G., & Jamalum, P. (2025). PENGEMBANGAN *E-MODUL* BERBASIS AUGMENTED REALITY (AR) DENGAN MODEL PEMBELAJARAN PROBLEM BASED LEARNING (PBL) PADA MATERI IKATAN KIMIA. 4307(August), 5308-5314.