

**PENGEMBANGAN MEDIA AUGMENTED REALITY INTERAKTIF
UNTUK PEMBELAJARAN GAYA APUNG DAN PENGUATAN
BERFIKIR KRITIS SISWA**

Luluk Nur Fitriah Kamila¹, Rudi Haryadi², Yus Rama Denny Muchtar³
2280220042@untirta.ac.id¹, rudiharyadi@untirta.ac.id², yusramadenny@untirta.ac.id³
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis Augmented Reality pada materi gaya apung dan mengetahui tingkat kelayakan media, respons peserta didik, serta peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah penggunaan media. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang meliputi tahap Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Subjek penelitian terdiri atas ahli materi, ahli media, dan 28 peserta didik kelas XI.3 SMA Negeri 1 Padarincang. Instrumen yang digunakan berupa lembar validasi ahli, angket respons peserta didik, serta tes keterampilan berpikir kritis berupa pretest dan posttest. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis Augmented Reality memperoleh persentase kelayakan sebesar 80,8% dari ahli materi dengan kategori layak, 79,1% pada aspek desain pembelajaran dengan kategori layak, dan 84,6% pada aspek media komunikasi pembelajaran dengan kategori sangat layak. Hasil uji efektivitas menunjukkan adanya peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik dengan rata-rata nilai pretest sebesar 18,93 meningkat menjadi 67,29 pada posttest serta memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,57 dalam kategori sedang. Dengan demikian, media pembelajaran berbasis Augmented Reality layak digunakan dalam pembelajaran fisika dan mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gaya apung.

Kata Kunci: Augmented Reality, Gaya Apung, Keterampilan Berpikir Kritis, Media Pembelajaran.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi pada abad ke-21 berlangsung sangat pesat dan memberikan pengaruh signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dalam bidang pendidikan. Kemajuan teknologi digital mengubah cara manusia memperoleh informasi, berkomunikasi, dan mengakses pengetahuan secara lebih luas dan cepat. Dalam konteks pendidikan, perkembangan ini mendorong transformasi pembelajaran dari yang bersifat konvensional menuju pembelajaran yang lebih inovatif dan berbasis teknologi. Pendidikan tidak lagi hanya berfokus pada transfer pengetahuan dari guru kepada peserta didik, tetapi juga diarahkan untuk mengembangkan berbagai kompetensi yang diperlukan untuk menghadapi tantangan global yang semakin kompleks (Chu et al., 2017; Barta et al., 2022; Voogt & Roblin, 2012).

Salah satu fokus penting dalam pendidikan abad ke-21 adalah pengembangan keterampilan abad ke-21 (21st century skills) yang meliputi kemampuan komunikasi, kolaborasi, berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, serta inovasi (Trilling & Fadel, 2009; Widodo & Wardani, 2020). Keterampilan tersebut diperlukan agar peserta didik mampu beradaptasi dengan perubahan serta menghadapi berbagai permasalahan dalam kehidupan nyata. Kemampuan berpikir kritis menjadi kompetensi penting karena memungkinkan peserta didik menganalisis informasi secara logis, mengevaluasi berbagai alternatif solusi, serta mengambil keputusan secara rasional (Facione, 2015; van Laar et al., 2020). Oleh karena itu, pembelajaran di sekolah perlu dirancang tidak hanya untuk meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Sejalan dengan tuntutan tersebut, pemerintah Indonesia melakukan pembaruan dalam sistem pendidikan melalui implementasi Kurikulum Merdeka. Kurikulum ini memberikan fleksibilitas kepada guru untuk merancang pembelajaran yang lebih kontekstual dan berpusat pada peserta didik. Kurikulum Merdeka menekankan penguatan kompetensi, pengembangan karakter, serta pembelajaran yang mendorong peserta didik berpikir kritis dan kreatif dalam memecahkan permasalahan (Mulyasa, 2023). Selain itu, kurikulum ini juga memperkuat Profil Pelajar Pancasila sebagai landasan pembentukan karakter peserta didik yang mandiri, kreatif, dan bernalar kritis (Kemendikbud, 2024). Dalam implementasinya, pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi menjadi aspek penting untuk mendukung proses pembelajaran yang lebih efektif dan interaktif (Azis, 2019; Selwyn, 2016). Namun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa praktik pembelajaran di sekolah masih banyak dilakukan secara konvensional melalui metode ceramah dan penggunaan media pembelajaran yang terbatas (Guntara et al., 2023; Hidayati & Wuryandari, 2021).

Indonesia dikenal sebagai negara kepulauan terbesar di dunia dengan wilayah perairan yang sangat luas dan potensi sumber daya kelautan yang melimpah. Kondisi geografis tersebut menjadikan berbagai fenomena yang berkaitan dengan lingkungan perairan sebagai bagian penting dalam kehidupan masyarakat Indonesia. Oleh karena itu, fenomena kemaritiman dapat dimanfaatkan sebagai konteks pembelajaran yang relevan untuk membantu peserta didik memahami konsep sains secara lebih nyata (Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman, 2020; Winarno, 2021). Dalam pembelajaran fisika, salah satu konsep yang berkaitan erat dengan fenomena kemaritiman adalah gaya apung, yaitu gaya yang menyebabkan suatu benda dapat mengapung, melayang, atau tenggelam di dalam fluida. Konsep ini dapat dijumpai dalam berbagai fenomena sehari-hari, seperti prinsip kerja kapal dan pelampung (Young & Freedman, 2016; Serway & Jewett, 2018).

Meskipun memiliki keterkaitan dengan kehidupan sehari-hari, banyak peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami konsep gaya apung. Kesulitan ini muncul karena konsep gaya apung melibatkan beberapa konsep fisika lain seperti massa jenis, volume benda tercelup, serta hubungan antara gaya dan fluida. Karakteristik konsep yang bersifat abstrak membuat peserta didik sulit membayangkan proses fisis yang terjadi apabila pembelajaran

hanya disampaikan melalui penjelasan teoritis atau rumus matematis. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa konsep fluida statis sering menjadi salah satu topik yang sulit dipahami karena membutuhkan kemampuan visualisasi dan pemahaman konseptual yang baik (Docktor & Mestre, 2014; Heron et al., 2003).

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru fisika di salah satu sekolah menengah, diketahui bahwa materi gaya apung masih menjadi salah satu materi yang cukup menantang bagi peserta didik. Proses pembelajaran umumnya masih memanfaatkan media sederhana seperti buku teks, presentasi slide, atau video pembelajaran. Media tersebut belum sepenuhnya mampu memberikan visualisasi yang memadai untuk menggambarkan fenomena gaya apung secara nyata, sehingga peserta didik cenderung hanya menghafal rumus tanpa memahami konsep fisika yang mendasarinya (Pratama & Nuraini, 2021; Rahmawati & Sari, 2022).

Selain berkaitan dengan pemahaman konsep, permasalahan dalam pembelajaran fisika juga berkaitan dengan rendahnya kemampuan berpikir kritis peserta didik. Kemampuan berpikir kritis memungkinkan individu menganalisis informasi secara mendalam, mengevaluasi argumen, serta mengambil keputusan berdasarkan penalaran logis (Facione, 2015). Laporan World Economic Forum menyebutkan bahwa berpikir kritis termasuk dalam sepuluh keterampilan utama yang dibutuhkan di masa depan (World Economic Forum, 2020). Namun, hasil survei Programme for International Student Assessment (PISA) 2022 menunjukkan bahwa capaian literasi sains peserta didik Indonesia masih berada di bawah rata-rata negara OECD (OECD, 2023). Kondisi ini menunjukkan perlunya inovasi pembelajaran yang mampu mendorong perkembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi.

Salah satu inovasi pembelajaran yang dapat digunakan untuk membantu menjelaskan konsep fisika yang abstrak adalah pemanfaatan teknologi Augmented Reality (AR). Teknologi ini memungkinkan objek virtual dua atau tiga dimensi ditampilkan secara langsung dalam lingkungan nyata melalui perangkat digital, sehingga peserta didik dapat mengamati fenomena pembelajaran secara lebih visual dan interaktif (Azuma, 1997; Hidayat & Nurjayadi, 2015; Miyanti et al., 2023). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Augmented Reality dalam pembelajaran sains dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik, memperkuat pemahaman konsep, serta membantu mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Anggraini et al., 2020; Haryadi & Pujiastuti, 2023; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

Berdasarkan berbagai permasalahan tersebut, diperlukan pengembangan media pembelajaran yang mampu membantu peserta didik memahami konsep gaya apung secara lebih konkret sekaligus mendorong berkembangnya kemampuan berpikir kritis. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan media pembelajaran berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) interaktif berbasis Augmented Reality. Media ini dirancang untuk memvisualisasikan fenomena gaya apung melalui objek tiga dimensi yang dapat diamati secara langsung oleh peserta didik serta dilengkapi dengan aktivitas analisis dan refleksi. Dengan demikian, media diharapkan dapat membantu peserta didik memahami konsep gaya apung secara lebih mendalam serta mengembangkan kemampuan berpikir kritis dalam mempelajari fenomena fisika yang berkaitan dengan lingkungan perairan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D), yaitu metode penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan serta menghasilkan suatu produk yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan dalam pembelajaran dan selanjutnya diuji kualitasnya melalui proses validasi serta uji coba (Waruwu, 2024). Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ADDIE yang terdiri atas lima tahapan, yaitu Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation (Branch, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan hasil penelitian serta pembahasan terkait pengembangan media pembelajaran berbasis Augmented Reality dengan menggunakan model ADDIE. Hasil pengembangan disajikan berdasarkan lima tahapan utama, yaitu Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation (ADDIE). Uraian hasil pada setiap tahapan disampaikan sebagai berikut.

A. Tahap Analysis

Tahap Analysis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran sebagai dasar pengembangan media Augmented Reality. Tahap ini meliputi analisis kebutuhan materi dan analisis kebutuhan media.

a. Analisis Kebutuhan Materi

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan tersebut, dikembangkan media pembelajaran Augmented Reality yang terintegrasi dengan model Problem Based Learning (PBL) untuk membantu peserta didik memahami materi gaya apung sekaligus meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Pengembangan Augmented Reality didasarkan pada kebutuhan akan media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan konsep-konsep fisika yang bersifat abstrak menjadi lebih konkret dan interaktif. Materi yang diintegrasikan dalam mengacu pada Capaian Pembelajaran (CP) Fisika Fase F Kurikulum Merdeka. Untuk mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik, digunakan instrumen tes berupa soal esai yang disusun berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis menurut Ennis. Pemetaan indikator keterampilan berpikir kritis dalam instrumen tes disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 1. Pemetaan Indikator Berpikir Kritis pada Instrumen Tes

Aktivitas yang Dilakukan	Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	No Soal
Peserta didik mampu menjelaskan hubungan gaya apung dan gaya berat pada benda yang berada di dalam fluida.	Membangun keterampilan dasar (basic support)	1
Peserta didik mampu menganalisis perbedaan benda yang mengapung dan tenggelam berdasarkan konsep gaya apung dan massa jenis.	Menyimpulkan (inference)	2
Peserta didik mampu menentukan solusi agar benda yang tenggelam dapat mengapung berdasarkan konsep massa jenis dan gaya apung.	Mengatur strategi dan taktik (strategies and tactics)	3
Peserta didik mampu menyimpulkan hubungan antara massa benda, volume benda yang tercelup, dan gaya apung pada beberapa benda dalam fluida.	Memberikan penjelasan lanjut (advanced clarification)	4
Peserta didik mampu menjelaskan pengaruh massa jenis fluida terhadap besar gaya apung yang diterima benda.	Memberikan penjelasan sederhana (elementary clarification)	5

b. Analisis Kebutuhan Media

Analisis kebutuhan media dilakukan untuk menentukan spesifikasi yang diperlukan dalam pengembangan media Augmented Reality agar dapat digunakan secara optimal dalam proses pembelajaran.

1. Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat keras yang dibutuhkan dalam pengembangan media Augmented Reality meliputi laptop dan gawai (smartphone). Laptop digunakan untuk merancang, mengembangkan, dan mengintegrasikan seluruh komponen media pembelajaran. Sementara

itu, gawai digunakan oleh peserta didik untuk menjalankan aplikasi Augmented Reality dan menampilkan objek tiga dimensi (3D).

2. Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan media Augmented Reality meliputi Unity 3D, Vuforia Engine, Blender, dan Canva. Unity 3D digunakan sebagai platform utama dalam pengembangan aplikasi Augmented Reality, sedangkan Vuforia Engine berfungsi sebagai basis data dan pengenalan marker. Blender digunakan untuk membuat serta memodifikasi objek tiga dimensi yang ditampilkan pada aplikasi. Selain itu, Canva dimanfaatkan dalam penyusunan LKPD, kartu (Card), dan komponen visual pendukung lainnya.

3. Analisis Kebutuhan Media Pembelajaran Augmented Reality

Media pembelajaran Augmented Reality terdiri atas kartu (Card), dan LKPD yang saling terintegrasi. Peserta didik dapat melakukan pemindaian pada marker yang tersedia sehingga objek tiga dimensi dan simulasi gaya apung dapat ditampilkan melalui aplikasi. LKPD dikembangkan dengan mengintegrasikan sintaks model Problem Based Learning (PBL), yang meliputi tahap orientasi masalah, mengorganisasikan peserta didik, membimbing penyelidikan, mengembangkan dan menyajikan hasil karya, serta menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah. Pada tahap penyelidikan, peserta didik menggunakan Augmented Reality untuk mengamati simulasi dan visualisasi konsep gaya apung sehingga membantu memahami hubungan antara gaya apung, gaya berat, massa jenis, dan kondisi benda di dalam fluida. Materi yang disajikan dalam Augmented Reality disusun berdasarkan Capaian Pembelajaran (CP) Fisika Fase F dan didukung oleh berbagai sumber referensi yang relevan.

B. Tahap Design

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang telah dilakukan, peneliti mengembangkan media pembelajaran Augmented Reality pada materi gaya apung. Adapun tahap perancangan media meliputi beberapa kegiatan sebagai berikut.

1. Perancangan Media Augmented Reality

Tahap awal dilakukan dengan menyusun rancangan media Augmented Reality yang meliputi struktur penyajian materi, desain AR Card, tampilan objek tiga dimensi, serta integrasi media dengan LKPD berbasis Problem Based Learning (PBL). Rancangan ini digunakan sebagai pedoman dalam proses pengembangan media.

2. Pembuatan Desain Awal Media

Pada tahap ini dilakukan pembuatan desain awal media berupa AR Card, tampilan objek tiga dimensi gaya apung, serta layout LKPD. Desain awal tersebut dibuat untuk memberikan gambaran mengenai tampilan dan alur penggunaan media sebelum memasuki tahap pengembangan. Hasil rancangan media dapat dilihat pada Lampiran.

3. Pengumpulan Bahan Pendukung

Bahan pendukung yang digunakan dalam pengembangan media Augmented Reality meliputi materi gaya apung yang disusun berdasarkan Capaian Pembelajaran (CP), objek tiga dimensi yang dibuat menggunakan Blender, desain AR Card dan LKPD yang dikembangkan menggunakan Canva, serta media Augmented Reality yang diintegrasikan menggunakan Unity 3D dan Vuforia.

4. Penyusunan Instrumen Penilaian Media

Instrumen penilaian yang disusun meliputi lembar validasi ahli materi, lembar validasi ahli media, serta angket respons peserta didik terhadap penggunaan media Augmented Reality. Instrumen tersebut digunakan untuk menilai kelayakan media yang dikembangkan. Lembar validasi dan angket respons peserta didik disajikan pada Lampiran Penyusunan Instrumen Tes

Instrumen tes yang disusun berupa soal esai pada materi gaya apung yang mengacu pada indikator keterampilan berpikir kritis menurut Ennis. Kisi-kisi instrumen tes keterampilan berpikir kritis disajikan pada Lampiran.



C. Tahap Develop


Tahap Development dilakukan untuk mengembangkan media pembelajaran Augmented Reality berdasarkan rancangan yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini, media yang telah dikembangkan selanjutnya divalidasi serta diujicobakan kepada peserta didik untuk mengetahui tingkat kelayakan dan respons pengguna. Adapun tahapan pengembangan media Augmented Reality adalah sebagai berikut.

a. Produk Awal

Produk awal yang dikembangkan pada penelitian ini berupa media pembelajaran Augmented Reality pada materi gaya apung. Media Card, objek tiga dimensi (3D), dan LKPD yang saling terintegrasi. AR Card berfungsi sebagai marker yang dipindai menggunakan aplikasi Augmented Reality sehingga dapat menampilkan visualisasi objek 3D dan materi pembelajaran secara interaktif. Desain media disusun sesuai dengan tujuan pembelajaran serta indikator keterampilan berpikir kritis yang ingin dicapai. Adapun tampilan produk awal media Augmented Reality disajikan pada Tabel 2.

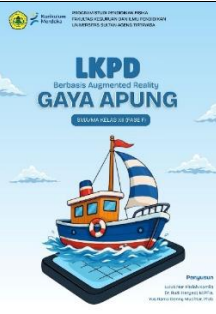


Tabel 2. Tampilan Card Gaya Apung


Tampilan	Deskripsi
 <p data-bbox="352 1261 724 1319">Gambar 4.1 Halaman Cover Card AR</p>	<p data-bbox="754 887 1243 1133">Tampilan cover menampilkan judul <i>Buoyancy Augmented Reality</i> sebagai identitas media pembelajaran yang dikembangkan. Pada bagian ini terdapat desain visual yang menarik untuk meningkatkan minat peserta didik dalam mempelajari materi gaya apung melalui teknologi Augmented Reality.</p>
 <p data-bbox="368 1751 711 1809">Gambar 4.2 Halaman Petunjuk Penggunaan AR</p>	<p data-bbox="754 1323 1243 1778">Tampilan ini berisi petunjuk penggunaan media Augmented Reality. Peserta didik diarahkan untuk memindai QR Code yang tersedia untuk mengunduh berkas aplikasi <i>AR Kapal Apps.apk</i> serta berkas pendukung <i>AR Kapal Unity 2022.3.15f1 Project.rar</i> yang tersimpan pada Google Drive. Setelah aplikasi berhasil diinstal pada smartphone, peserta didik dapat memindai kartu Augmented Reality untuk menampilkan objek tiga dimensi yang berkaitan dengan konsep gaya apung. Halaman ini bertujuan memudahkan peserta didik dalam mengoperasikan media pembelajaran secara mandiri.</p>


 <p>Gambar 4.3 Halaman Singkat Materi Hukum Archimedes</p>	<p>Tampilan ini menyajikan materi Hukum Archimedes yang menjelaskan konsep gaya apung pada benda di dalam fluida. Materi disajikan secara ringkas untuk membantu peserta didik memahami fenomena benda mengapung.</p>
--	---


Selanjutnya dikembangkan LKPD dengan bantuan Canva. LKPD memiliki format potrait dengan ukuran A4 menggunakan beberapa jenis font, salah satunya adalah Codec Pro. Adapun tampilan LKPD disajikan pada Tabel 3.


Tabel 3. Tampilan LKPD Augmented Reality



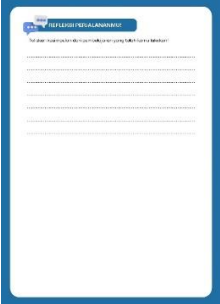
Tampilan	Deskripsi
 <p>Gambar 4.4 Halaman Sampul LKPD</p>	<p>Halaman sampul LKPD memuat judul produk yaitu LKPD Berbasis Augmented Reality materi Gaya Apung, identitas jenjang pendidikan, nama penyusun, dosen pembimbing, serta identitas Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Halaman ini berfungsi sebagai identitas awal produk yang dikembangkan.</p>
 <p>Gambar 4.5 Halaman Identitas LKPD</p>	<p>Halaman identitas memuat informasi mengenai penyusun, dosen pembimbing, instansi pengembang, serta deskripsi singkat mengenai tujuan pengembangan LKPD berbasis Augmented Reality pada materi gaya apung.</p>
 <p>Gambar 4.6 Halaman Kata Pengantar</p>	<p>Halaman kata pengantar berisi ucapan syukur, latar belakang pengembangan LKPD, tujuan penyusunan produk, serta harapan agar LKPD dapat membantu peserta didik memahami konsep gaya apung dan meningkatkan kemampuan berpikir kritis.</p>

 <p style="text-align: center;">Gambar 4.7 Halaman Petunjuk Penggunaan LKPD</p>	<p>Halaman ini memuat petunjuk penggunaan LKPD yang disusun berdasarkan tahapan model Problem Based Learning (PBL), mulai dari orientasi masalah hingga evaluasi dan refleksi pembelajaran.</p>
---	---

 <p style="text-align: center;">Gambar 4.8 Halaman Informasi Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran</p>	<p>Halaman ini memuat identitas pembelajaran seperti mata pelajaran, fase, materi, submateri, alokasi waktu, identitas kelompok, serta tujuan pembelajaran yang harus dicapai peserta didik setelah mengikuti kegiatan pembelajaran.</p>
--	--

 <p style="text-align: center;">Gambar 4.9 Halaman Orientasi Masalah</p>	<p>Halaman orientasi masalah menyajikan video pembelajaran melalui tautan atau QR Code yang digunakan sebagai stimulus awal. Peserta didik diminta mengidentifikasi informasi penting menggunakan teknik 5W+1H untuk menemukan permasalahan yang akan dipelajari.</p>
--	---

 <p style="text-align: center;">Gambar 4.10 Penyelidikan dan Perumusan Masalah</p>	<p>Halaman ini memuat kegiatan eksplorasi menggunakan media Augmented Reality. Peserta didik melakukan pengamatan terhadap simulasi AR, mengumpulkan informasi, serta menyusun pertanyaan yang relevan dengan permasalahan yang diberikan.</p>
--	--

 <p>Gambar 4.11 Tampilan Simulasi AR</p>	
 <p>Gambar 4.12 Halaman Analisis dan Pemecahan Masalah</p>	<p>Halaman ini berisi aktivitas analisis konsep gaya apung melalui penyelesaian masalah yang berkaitan dengan massa jenis dan peristiwa kapal tenggelam. Peserta didik diminta mengembangkan solusi berdasarkan konsep yang telah dipelajari.</p>
 <p>Gambar 4.13 Halaman Kesimpulan dan Refleksi</p>	<p>Halaman terakhir memuat kolom kesimpulan dan refleksi yang digunakan peserta didik untuk merangkum hasil pembelajaran serta mengevaluasi pemahaman dan pengalaman belajar yang telah diperoleh selama kegiatan berlangsung.</p>

b. Hasil uji kelayakan validasi ahli

Validasi ahli dilakukan untuk menilai kelayakan media pembelajaran Augmented Reality pada materi gaya apung sebelum diimplementasikan kepada peserta didik. Proses validasi melibatkan tiga validator yang terdiri atas ahli materi dan ahli media. Hasil validasi digunakan sebagai dasar untuk mengetahui kualitas produk serta sebagai acuan dalam melakukan perbaikan media yang dikembangkan. Adapun hasil validasi ahli dijelaskan sebagai berikut.

1. Hasil uji kelayakan ahli materi

Hasil penilaian ahli materi diolah menggunakan persentase kelayakan. Hasil uji kelayakan ahli materi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Kelayakan Ahli Materi

Aspek Penilaian	Skor (%)	Kategori
Kualitas Isi dan Kesesuaian Materi	86,7	sangat layak
Keakuratan dan Kebenaran Konsep	75	Layak
Penyajian Materi	80	Layak
Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis	70	Layak
Kontekstualitas Materi	100	Sangat layak
Rata-rata	80,8	Layak

Berdasarkan Tabel 4, diperoleh persentase kelayakan sebesar 80,8% dengan kategori Layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa materi yang disajikan dalam media pembelajaran berbasis Augmented Reality telah memenuhi kriteria kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran fisika pada materi gaya apung.

Penilaian ahli materi mencakup lima aspek, yaitu Kualitas Isi dan Kesesuaian Materi, Keakuratan dan Kebenaran Konsep, Penyajian Materi, Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis, dan Kontekstualitas Materi. Aspek Kontekstualitas Materi memperoleh persentase tertinggi sebesar 100% dengan kategori sangat layak. Hasil ini menunjukkan bahwa materi yang disajikan telah mampu mengaitkan konsep gaya apung dengan fenomena yang dekat dengan kehidupan sehari-hari sehingga memudahkan peserta didik dalam memahami konsep yang dipelajari.

Aspek Kualitas Isi dan Kesesuaian Materi memperoleh persentase sebesar 86,7% dengan kategori sangat layak. Hal ini menunjukkan bahwa materi yang dikembangkan telah sesuai dengan Capaian Pembelajaran (CP), karakteristik peserta didik, serta memiliki cakupan materi yang memadai. Sementara itu, aspek Keakuratan dan Kebenaran Konsep memperoleh persentase sebesar 75%, dan aspek Penyajian Materi memperoleh persentase sebesar 80%, keduanya berada pada kategori layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsep fisika, ilustrasi, referensi, penggunaan rumus, simbol, dan satuan telah sesuai serta materi telah disajikan secara sistematis dan mudah dipahami.

Aspek Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis memperoleh persentase sebesar 70% dengan kategori layak. Meskipun menjadi aspek dengan nilai terendah, hasil tersebut menunjukkan bahwa media yang dikembangkan telah mampu memfasilitasi peserta didik dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis, namun masih memerlukan penyempurnaan agar dapat memberikan dukungan yang lebih optimal.

Secara keseluruhan, hasil validasi menunjukkan bahwa materi dalam media pembelajaran Augmented Reality telah sesuai dengan tujuan pembelajaran, didukung oleh referensi yang relevan dan terpercaya, serta mampu membantu peserta didik memahami konsep gaya apung melalui visualisasi dan pengaitan dengan konteks kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, media pembelajaran yang dikembangkan dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran setelah dilakukan perbaikan sesuai dengan saran dan masukan dari validator. Hasil penilaian ahli materi dalam bentuk grafik disajikan pada Gambar 4.14.



Gambar 1. Grafik Hasil Uji Kelayakan Ahli Materi

Berdasarkan penilaian oleh ahli materi, secara keseluruhan materi pada media pembelajaran Augmented Reality memperoleh persentase kelayakan sebesar 80,8% dengan kategori layak. Perolehan skor tertinggi ditemukan pada aspek Kontekstualitas Materi, yang menunjukkan bahwa materi yang disajikan telah mampu menghubungkan konsep gaya apung dengan fenomena dalam kehidupan sehari-hari sehingga memudahkan peserta didik dalam memahami materi. Selain itu, validator memberikan masukan agar sumber referensi dicantumkan secara lebih jelas untuk meningkatkan kredibilitas materi yang disajikan dan meminimalkan terjadinya miskonsepsi pada peserta didik. Masukan tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam melakukan revisi dan penyempurnaan Media pembelajaran berbasis Augmented Reality sebelum tahap implementasi.

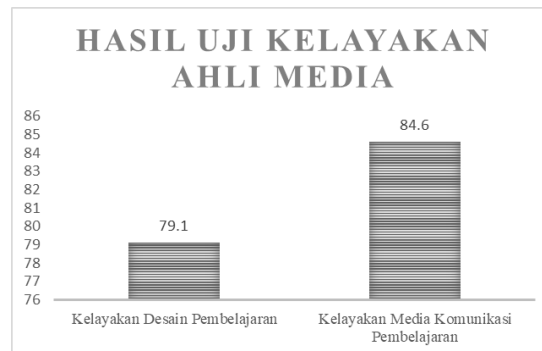
2. Hasil uji kelayakan validasi ahli media

Penilaian ahli media dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan media Augmented Reality dari aspek desain pembelajaran, tampilan, kemudahan penggunaan, serta komunikasi visual. Data hasil penilaian kemudian dianalisis menggunakan persentase kelayakan untuk menentukan kategori kelayakan media yang dikembangkan. Hasil uji kelayakan oleh ahli media disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Kelayakan Ahli Media

Aspek Penilaian	Skor (%)	Kategori
Kelayakan Desain Pembelajaran	79,1	Layak
Kelayakan Media Komunikasi Pembelajaran	84,6	Layak

Hasil penilaian ahli media pada aspek desain media pembelajaran disajikan dalam grafik pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hasil Uji Kelayakan Desain Pembelajaran Hasil validasi ahli media pada aspek kelayakan desain pembelajaran memperoleh persentase sebesar 79,1% dengan kategori layak. Hasil ini menunjukkan bahwa media pembelajaran Augmented Reality telah dirancang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran dan karakteristik peserta didik. Aspek yang dinilai meliputi strategi penyampaian media, kemudahan memahami konsep, bantuan media dalam menjelaskan materi, peningkatan motivasi belajar, keterampilan berpikir kritis, serta kemudahan penggunaan fitur Augmented Reality.

Media Augmented Reality dinilai mampu membantu peserta didik memahami konsep gaya apung melalui visualisasi objek tiga dimensi yang interaktif. Selain itu, media juga memudahkan guru dalam menjelaskan konsep fisika yang abstrak sehingga lebih mudah dipahami peserta didik. Penggunaan teknologi Augmented Reality memberikan pengalaman belajar yang menarik dan meningkatkan keterlibatan peserta didik selama pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan prinsip user-centered design yang menekankan pentingnya pengembangan media berdasarkan kebutuhan pengguna (Nugraha et al., 2023).

Secara keseluruhan, hasil penilaian menunjukkan bahwa desain pembelajaran pada media Augmented Reality telah memenuhi kriteria kelayakan dan dapat digunakan untuk mendukung pembelajaran fisika pada materi gaya apung.

Pada grafik bagian Hasil Uji Kelayakan Media Komunikasi Pembelajaran. Hasil validasi ahli media pada aspek media komunikasi pembelajaran memperoleh persentase sebesar 84,6% dengan kategori sangat layak. Penilaian meliputi aspek kebahasaan, kualitas visual, tata letak, petunjuk penggunaan, serta kesesuaian objek Augmented Reality dengan materi yang disajikan.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa media Augmented Reality mampu menyampaikan informasi secara jelas, komunikatif, dan mudah dipahami oleh peserta didik. Kualitas tampilan objek tiga dimensi, pemilihan jenis huruf, tata letak, serta fitur pemindai dinilai telah mendukung proses pembelajaran dengan baik. Menurut Akbar (2016), media pembelajaran yang efektif harus sesuai dengan karakteristik peserta didik agar pesan pembelajaran dapat tersampaikan secara optimal.

Penggunaan teknologi Augmented Reality juga memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menarik sehingga membantu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep yang dipelajari. Hal ini sejalan dengan penelitian Qorimah dan Utama (2022) yang menyatakan bahwa media Augmented Reality dapat meningkatkan daya imajinasi dan pemahaman peserta didik.

Secara keseluruhan, media Augmented Reality dinyatakan layak digunakan sebagai media pembelajaran fisika. Berdasarkan hasil validasi ahli materi dan ahli media, media memperoleh persentase sebesar 84,48% dengan kategori sangat layak. Hasil ini menunjukkan bahwa Augmented Reality dapat digunakan sebagai media pembelajaran untuk membantu peserta didik memahami konsep gaya apung serta mendukung keterampilan berpikir kritis dalam proses pembelajaran.

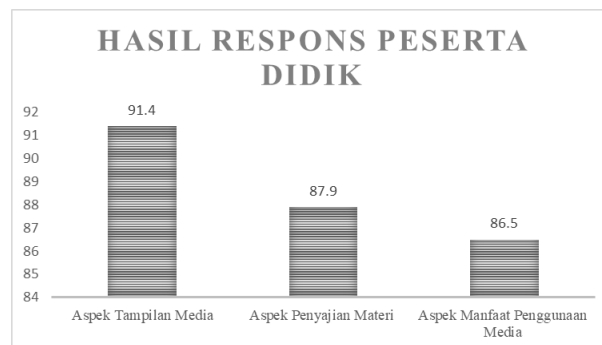
c. Hasil Uji Coba Terbatas

Respons peserta didik terhadap penerimaan media pembelajaran Augmented Reality dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Respons Peserta Didik

Aspek Penilaian	Skor (%)	Kategori
Aspek Tampilan Media	91,4	Sangat Layak
Aspek Penyajian Materi	87,9	Sangat Layak
Aspek Manfaat Penggunaan Media	86,5	Sangat Layak
Rata-rata	88,6	Sangat Layak

Respons Peserta Didik Hasil respons peserta didik terhadap media pembelajaran memperoleh persentase rata-rata sebesar 88,6% dengan kategori sangat layak. Hasil ini menunjukkan bahwa media Augmented Reality memiliki tampilan yang menarik, mudah digunakan, serta mampu membantu peserta didik memahami materi gaya apung dengan lebih baik.



Gambar 3 Grafik Hasil Respons Peserta Didik Hasil respons peserta didik terhadap media pembelajaran Augmented Reality memperoleh rata-rata persentase sebesar 88,6% dengan kategori sangat layak. Hasil ini menunjukkan bahwa media Augmented Reality mendapatkan tanggapan yang sangat positif dari peserta didik pada aspek tampilan media, penyajian materi, dan manfaat penggunaan media dalam pembelajaran.

Aspek tampilan media memperoleh persentase tertinggi sebesar 91,4% dengan kategori sangat layak. Hasil ini menunjukkan bahwa desain visual, tampilan objek augmented reality, pemilihan warna, dan tata letak media mampu menarik perhatian peserta didik serta meningkatkan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran. Menurut Akbar (2016), tampilan media yang menarik dapat meningkatkan minat belajar dan membantu peserta didik lebih fokus dalam menerima materi pembelajaran.

Aspek penyajian materi memperoleh persentase sebesar 87,9%, sedangkan aspek manfaat penggunaan media memperoleh persentase sebesar 86,5%, keduanya termasuk kategori sangat layak. Hasil ini menunjukkan bahwa materi yang disajikan mudah dipahami, tersusun secara sistematis, dan membantu peserta didik memahami konsep gaya apung. Penyajian materi yang dikaitkan dengan fenomena dalam kehidupan sehari-hari juga

mendukung pembelajaran yang lebih bermakna. Temuan ini sejalan dengan penelitian Dini et al. (2018) yang menyatakan bahwa pembelajaran kontekstual dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi yang dipelajari.

Secara keseluruhan, media Augmented Reality dinilai memberikan manfaat yang baik dalam membantu pemahaman konsep, meningkatkan motivasi belajar, dan menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif melalui teknologi augmented reality. Hasil ini sejalan dengan penelitian Putra et al. (2025) yang menunjukkan bahwa penggunaan augmented reality dalam pembelajaran mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik serta mendukung proses belajar yang lebih efektif.

d. Revisi produk

Setelah melakukan uji kelayakan oleh ahli, maka didapatkan komentar dan saran sebagai bahan perbaikan. Berikut merupakan hasil revisi media pembelajaran Augmented Reality pada materi gerbang logika disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Komentar dan Saran Para Ahli

Validator	Komentar dan Saran	Revisi	
		Sebelum	Sesudah
Ahli Materi 1	Menambahkan persamaan gaya apung pada materi pembelajaran.	Materi belum memuat persamaan gaya apung.	Persamaan gaya apung telah ditambahkan pada materi pembelajaran.
	Menambahkan contoh soal terkait gaya apung.	Materi belum dilengkapi contoh soal.	Contoh soal dan penyelesaiannya telah ditambahkan pada media pembelajaran.
Ahli Materi 2	Memperbaiki konsep pada materi ajar terkait tekanan hidrostatis.	Penjelasan konsep tekanan hidrostatis masih perlu penyempurnaan.	Konsep tekanan hidrostatis telah diperbaiki dan disesuaikan dengan konsep fisika yang benar.
	Menggunakan istilah "massa jenis" yang lebih familiar bagi peserta didik dibandingkan istilah "kerapatan".	Materi masih menggunakan istilah "kerapatan" pada beberapa bagian.	Istilah "kerapatan" telah diganti menjadi "massa jenis" agar lebih mudah dipahami peserta didik.
Ahli Media 1	Dari segi tampilan media sudah baik dan menarik.	Tampilan media telah sesuai dengan desain yang dirancang.	Tidak dilakukan revisi karena tampilan media dinilai sudah baik dan menarik oleh validator.
Ahli Media 2	Memeriksa kembali barcode yang digunakan pada media pembelajaran.	Barcode pada media belum dilakukan pengecekan ulang secara menyeluruh.	Barcode telah diperiksa kembali dan dipastikan dapat diakses dengan baik sesuai fungsi yang diharapkan.

Berdasarkan hasil validasi oleh para ahli, diperoleh beberapa masukan yang digunakan sebagai bahan revisi media pembelajaran berbasis Augmented Reality yang dikembangkan. Revisi yang dilakukan meliputi penambahan persamaan gaya apung dan contoh soal, perbaikan konsep tekanan hidrostatis, penggantian istilah kerapatan menjadi massa jenis, serta pengecekan kembali barcode yang digunakan pada media. Setelah dilakukan revisi sesuai

saran validator, media dinyatakan layak untuk digunakan pada tahap uji coba kepada peserta didik.

D. Tahap Implementation

1. Keterlaksanaan Pembelajaran

Tahap ini dilakukan dengan mengimplementasikan media pembelajaran Augmented Reality untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gaya apung. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik sebelum dan setelah menggunakan media pembelajaran berbasis augmented reality. Pembelajaran dilaksanakan menggunakan model Problem Based Learning (PBL) selama tiga pertemuan. Sampel penelitian terdiri atas 28 peserta didik kelas XI.3 SMA Negeri 1 Padarincang yang dipilih secara purposive. Desain penelitian yang digunakan adalah one group pretest-posttest design.

Pertemuan pertama diawali dengan pemberian pretest untuk mengukur kemampuan awal peserta didik terkait materi gaya apung. Selanjutnya, guru mengorientasikan peserta didik pada suatu permasalahan melalui tayangan video mengenai tenggelamnya Kapal Titanic. Peserta didik diminta mengamati fenomena yang terjadi dan mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan kapal dapat tenggelam. Setelah itu, peserta didik dibagi ke dalam beberapa kelompok untuk mendiskusikan permasalahan serta menyusun pertanyaan yang berkaitan dengan konsep gaya apung, massa jenis, dan prinsip Archimedes.

Pertemuan kedua difokuskan pada kegiatan penyelidikan dan pemecahan masalah menggunakan aplikasi Augmented Reality, LKPD dan Card. Peserta didik melakukan pengamatan terhadap simulasi gaya apung melalui objek tiga dimensi yang ditampilkan pada fitur AR, kemudian menganalisis hubungan antara gaya apung, gaya berat, massa jenis, dan volume benda yang tercelup dalam fluida. Berdasarkan hasil pengamatan, setiap kelompok mendiskusikan penyebab tenggelamnya Kapal Titanic serta merumuskan solusi berdasarkan konsep yang telah dipelajari. Selanjutnya, peserta didik mempresentasikan hasil diskusi di depan kelas, memberikan tanggapan terhadap kelompok lain, dan bersama guru menyimpulkan konsep gaya apung serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Kegiatan pembelajaran diakhiri dengan pemberian posttest untuk mengukur peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan media Augmented Reality. Hasil posttest kemudian dibandingkan dengan hasil pretest untuk mengetahui efektivitas media yang dikembangkan.

2. Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

Observasi keterlaksanaan pembelajaran diamati selama satu kali, mencakup seluruh pertemuan. Hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran menggunakan Augmented Reality dan PBL disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran Hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran menggunakan model Problem Based Learning (PBL) menunjukkan bahwa sebanyak 90,5% kegiatan pembelajaran terlaksana, sedangkan 9,5% kegiatan belum terlaksana. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses pembelajaran dengan bantuan media telah berjalan dengan sangat baik dan sesuai dengan tahapan pembelajaran yang direncanakan.

Kegiatan yang belum terlaksana meliputi guru meminta peserta didik mempresentasikan hasil diskusi dan guru memberikan apresiasi berupa tepuk tangan kepada peserta didik. Tidak terlaksananya kegiatan presentasi disebabkan oleh keterbatasan waktu pembelajaran, sehingga guru tidak memiliki cukup waktu untuk memberikan kesempatan kepada peserta didik memaparkan hasil diskusinya secara langsung. Sementara itu, kegiatan pemberian apresiasi tidak terlaksana karena guru lebih berfokus pada penyelesaian seluruh tahapan pembelajaran yang telah direncanakan.

Meskipun demikian, sebagian besar kegiatan pembelajaran telah terlaksana dengan baik. Peserta didik aktif mengikuti proses pembelajaran, berdiskusi dalam kelompok, mengerjakan LKPD, serta memanfaatkan media augmented reality untuk mengamati dan menganalisis konsep gaya apung. Observer juga memberikan saran agar pengelolaan waktu pembelajaran, khususnya pada kegiatan diskusi dan penggunaan fitur AR, dapat lebih dioptimalkan sehingga seluruh tahapan pembelajaran dapat terlaksana secara maksimal. Secara keseluruhan, keterlaksanaan pembelajaran menunjukkan bahwa media dapat diimplementasikan dengan baik dalam pembelajaran fisika pada materi gaya apung.

3. Hasil Pretest dan Posttest

Soal pretest dan posttest yang digunakan terdiri atas 5 soal esai yang telah melalui proses validasi oleh dua validator. Instrumen tersebut digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik sebelum dan setelah penggunaan media pembelajaran berbasis augmented reality.

Hasil pretest menunjukkan nilai tertinggi sebesar 38 dan nilai terendah 4, dengan rata-rata sebesar 18,93. Data hasil pretest secara lengkap disajikan pada Lampiran. Sementara itu, hasil posttest menunjukkan peningkatan dengan nilai tertinggi sebesar 83 dan nilai terendah 46, serta rata-rata sebesar 67,29. Data hasil posttest disajikan pada Lampiran.

Perbandingan hasil pretest dan posttest menunjukkan adanya peningkatan yang cukup signifikan setelah peserta didik mengikuti pembelajaran menggunakan media Augmented Reality. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan media augmented reality dalam pembelajaran berkontribusi terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Visualisasi konsep melalui AR membantu peserta didik memahami materi gaya apung secara lebih konkret sehingga berdampak pada peningkatan hasil belajar. Perbandingan hasil pretest dan posttest dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Grafik Hasil Pretest dan Posttest

4. Uji Prasyarat

Uji prasyarat yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji normalitas yang bertujuan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Uji ini dilakukan pada data hasil pretest dan posttest. Karena jumlah sampel kurang dari 50, maka uji normalitas yang digunakan adalah Shapiro-Wilk.

Pengujian dilakukan menggunakan bantuan aplikasi SPSS versi 30.0, dan hasilnya disajikan pada Tabel 8. Hasil uji normalitas ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan analisis statistik selanjutnya dalam menguji peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan media pembelajaran berbasis augmented reality.

Tabel 8. Hasil Uji Normalitas
Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pretest	.158	28	.073	.970	28	.592
Posttest	.134	28	.200*	.938	28	.098

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan hasil uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk diperoleh nilai signifikansi pretest sebesar 0,592 dan posttest sebesar 0,098. Karena nilai signifikansi kedua kelompok data lebih besar dari 0,05 (Sig. > 0,05), maka dapat disimpulkan bahwa data pretest dan posttest berdistribusi normal. Dengan demikian, data memenuhi asumsi normalitas sehingga dapat dilanjutkan ke uji parametrik, yaitu uji t berpasangan (Paired Sample t-Test).

Tabel 9. Hasil Uji Paired t Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Pretest - Posttest	-44.67857	11.61115	2.19430	-49.18091	-40.17624	-20.361	27	.000

Berdasarkan hasil uji Paired Sample t-Test diperoleh nilai Sig. (2-tailed) sebesar 0,000 (< 0,05), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pretest dan posttest peserta didik setelah menggunakan media pembelajaran berbasis Augmented Reality yang dikembangkan.

5. Hasil N-Gain Pretest dan Posttest

Hasil pretest dan posttest kemudian dianalisis menggunakan skor N-Gain untuk mengetahui tingkat peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah pembelajaran menggunakan media berbasis augmented reality. Perhitungan N-Gain ini digunakan untuk melihat efektivitas peningkatan hasil belajar secara lebih terukur berdasarkan selisih antara nilai pretest dan posttest.

Data hasil pretest dan posttest peserta didik secara lengkap disajikan pada Lampiran. Selanjutnya, hasil perhitungan skor N-Gain dari kedua data tersebut ditampilkan pada Tabel 10 sebagai dasar untuk mengetahui kategori peningkatan yang terjadi pada keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Tabel 10. Hasil Skor N-Gain

Rata-rata		N-Gain	Interpretasi
Pretest	Posttest		
18,9	67,3	0,57	Sedang

Tabel 10 Hasil Perhitungan N-Gain Pretest dan Posttest. Hasil analisis skor N-Gain pada peserta didik kelas XI.3 SMA Negeri 1 Padarincang menunjukkan bahwa rata-rata nilai pretest sebesar 18,93 dan meningkat menjadi 67,29 pada posttest. Selisih peningkatan sebesar 48,36 dengan rata-rata skor N-Gain sebesar 0,573 yang termasuk dalam kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan media Augmented Reality berbasis augmented reality cukup efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gaya apung.

Secara individu, seluruh peserta didik mengalami peningkatan dengan skor N-Gain yang berada pada rentang 0,307 hingga 0,783. Skor terendah terdapat pada peserta didik A2 dengan nilai 0,307, sedangkan skor tertinggi diperoleh oleh peserta didik A27 dengan nilai 0,783. Meskipun terdapat variasi peningkatan, seluruh peserta didik berada pada kategori sedang, yang menunjukkan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis secara merata setelah pembelajaran.

Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan model Problem Based Learning yang dipadukan dengan media Augmented Reality mampu membantu peserta didik dalam mengamati, menganalisis, dan memecahkan masalah terkait konsep gaya apung. Peserta didik lebih aktif dalam memahami hubungan antara massa jenis, gaya apung, dan fenomena benda terapung maupun tenggelam melalui visualisasi augmented reality.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis Augmented Reality memberikan dampak positif terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik, meskipun peningkatannya masih berada pada kategori sedang. Hal ini dapat dipengaruhi oleh keterbatasan waktu pembelajaran dan proses adaptasi peserta didik terhadap media baru, sehingga diperlukan waktu yang lebih panjang untuk memperoleh peningkatan yang lebih optimal.

6. Hasil N-Gain Keterampilan Berpikir Kritis

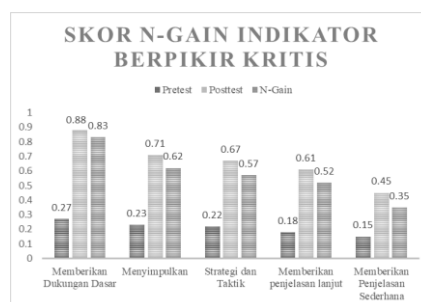
Keterampilan berpikir kritis peserta didik dianalisis berdasarkan hasil pretest dan posttest pada lima indikator, yaitu memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menyimpulkan, membuat penjelasan lanjutan, serta strategi dan taktik. Analisis N-Gain digunakan untuk melihat peningkatan pada setiap indikator setelah pembelajaran menggunakan media Augmented Reality berbasis augmented reality pada materi gaya apung.

Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh indikator mengalami peningkatan, yang menandakan adanya perbaikan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah proses pembelajaran. Secara keseluruhan, pembelajaran menggunakan media Augmented Reality memberikan dampak positif terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Rincian hasil peningkatan pada tiap indikator disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Skor N-Gain Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

Indikator	Pretest	Posttest	N-Gain	Interpretasi
Memberikan Dukungan Dasar	26,61	87,68	0,83	Tinggi
Menyimpulkan	22,50	70,71	0,62	Sedang
Strategi dan Taktik	21,96	66,79	0,57	Sedang
Memberikan penjelasan lanjut	17,50	60,71	0,52	Rendah
Memberikan Penjelasan Sederhana	15,00	44,64	0,35	Sedang
Rata-rata	20,71	66,11	0,57	Sedang

Peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam grafik disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6 menunjukkan hasil peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada setiap indikator. Indikator memberikan dukungan dasar memperoleh nilai N-Gain tertinggi sebesar 0,83 dengan kategori tinggi. Pada indikator ini, peserta didik mampu menggunakan informasi yang relevan sebagai dasar dalam memberikan alasan dan penjelasan terhadap konsep gaya apung. Peningkatan yang tinggi menunjukkan bahwa penggunaan Media pembelajaran berbasis Augmented Reality yang terdiri atas aplikasi AR, Card, dan LKPD membantu peserta didik memahami konsep secara lebih konkret melalui visualisasi

objek tiga dimensi dan simulasi yang disajikan. Visualisasi tersebut memudahkan peserta didik dalam menghubungkan konsep yang dipelajari dengan fenomena yang diamati sehingga mampu memberikan alasan yang lebih tepat.

Indikator menyimpulkan memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,62 dengan kategori sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa peserta didik telah mampu menarik kesimpulan berdasarkan informasi dan bukti yang diperoleh selama proses pembelajaran, meskipun kemampuan tersebut belum berkembang secara optimal. Selanjutnya, indikator strategi dan taktik memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,57 dengan kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peserta didik mulai mampu menentukan strategi yang tepat dalam menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan konsep gaya apung.

Pada indikator memberikan penjelasan lanjut diperoleh nilai N-Gain sebesar 0,52 dengan kategori sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa peserta didik telah mampu memberikan penjelasan yang lebih mendalam terhadap konsep yang dipelajari, namun masih memerlukan latihan lebih lanjut untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Sementara itu, indikator memberikan penjelasan sederhana memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,35 dengan kategori sedang dan menjadi indikator dengan peningkatan terendah. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian peserta didik masih mengalami kesulitan dalam menjelaskan konsep fisika secara sederhana dan sistematis meskipun telah mengalami peningkatan setelah pembelajaran menggunakan Media pembelajaran berbasis Augmented Reality.

Secara keseluruhan, peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada setiap indikator memperoleh rata-rata N-Gain sebesar 0,57 dengan kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Media pembelajaran berbasis Augmented Reality cukup efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gaya apung. Peningkatan ini didukung oleh penggunaan visualisasi Augmented Reality yang mampu membantu peserta didik memahami konsep abstrak menjadi lebih konkret, serta integrasi model Problem Based Learning yang mendorong peserta didik untuk menganalisis masalah, menyusun strategi penyelesaian, dan menarik kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan selama proses pembelajaran.

E. Tahap Evaluate

Pada tahap ini, dilakukan evaluasi secara menyeluruh terhadap Media pembelajaran berbasis Augmented Reality berdasarkan hasil uji kelayakan dan uji keefektifan. Evaluasi dilakukan untuk mengetahui kualitas produk yang dikembangkan, baik dari aspek materi maupun media, serta untuk menilai keberhasilan media dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gaya apung.

a. Kelayakan Media

Pada tahap evaluasi, dilakukan penilaian terhadap kelayakan Media pembelajaran berbasis Augmented Reality berdasarkan hasil validasi oleh ahli materi dan ahli media. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesesuaian media yang dikembangkan dengan tujuan pembelajaran, karakteristik peserta didik, serta materi gaya apung yang diajarkan. Hasil validasi ahli materi menunjukkan persentase kelayakan sebesar 80,8% dengan kategori layak. Nilai tersebut menunjukkan bahwa materi yang disajikan dalam Media pembelajaran berbasis Augmented Reality telah sesuai dengan capaian pembelajaran, memiliki kebenaran konsep yang baik, serta mampu mendukung pemahaman peserta didik terhadap materi gaya apung. Selain itu, penyajian materi dalam media juga dinilai telah sistematis dan mudah dipahami sehingga dapat digunakan sebagai sarana pembelajaran yang mendukung proses pembelajaran fisika.

Sementara itu, hasil validasi ahli media menunjukkan persentase sebesar 79,1% pada aspek desain pembelajaran dan 84,6% pada aspek media komunikasi pembelajaran dengan kategori layak hingga sangat layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Media pembelajaran berbasis Augmented Reality memiliki tampilan yang menarik, navigasi yang mudah

digunakan, serta mampu menyajikan informasi secara efektif kepada peserta didik. Penggunaan teknologi Augmented Reality yang dipadukan dengan AR Card dan LKPD juga dinilai mampu meningkatkan interaksi peserta didik selama proses pembelajaran. Meskipun demikian, validator tetap memberikan beberapa saran perbaikan terkait penyempurnaan tampilan dan penyajian media agar lebih optimal digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

Berdasarkan keseluruhan hasil validasi tersebut, Media pembelajaran berbasis Augmented Reality telah memenuhi kriteria kelayakan baik dari aspek materi maupun aspek media. Perbaikan yang dilakukan berdasarkan saran validator turut meningkatkan kualitas produk yang dikembangkan sehingga media menjadi lebih sesuai dengan kebutuhan pembelajaran di kelas. Dengan demikian, Media pembelajaran berbasis Augmented Reality dinyatakan layak digunakan sebagai media pembelajaran pada materi gaya apung dan dapat diimplementasikan dalam proses pembelajaran untuk membantu peserta didik memahami konsep yang dipelajari secara lebih konkret dan interaktif.

Media pembelajaran berbasis Augmented Reality memiliki beberapa kelebihan yang menjadi nilai tambah dalam pembelajaran fisika. Salah satu keunggulan utama media ini adalah kemampuannya memvisualisasikan konsep gaya apung yang bersifat abstrak menjadi lebih konkret melalui teknologi Augmented Reality. Penggunaan AR Card yang dipadukan dengan LKPD memungkinkan peserta didik melakukan pengamatan secara langsung terhadap objek virtual tiga dimensi sehingga proses pembelajaran menjadi lebih interaktif dan menarik. Selain itu, integrasi model Problem Based Learning dalam Media pembelajaran berbasis Augmented Reality mendorong peserta didik untuk aktif mengidentifikasi masalah, melakukan penyelidikan, berdiskusi, serta menemukan solusi berdasarkan konsep yang dipelajari. Kondisi tersebut dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik selama pembelajaran dan membantu mengembangkan keterampilan berpikir kritis.

Di samping kelebihannya, Media pembelajaran berbasis Augmented Reality masih memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Penggunaan media memerlukan perangkat smartphone yang kompatibel serta kondisi pencahayaan yang cukup agar proses pemindaian AR Card dapat berjalan dengan optimal. Selain itu, beberapa peserta didik masih memerlukan arahan guru pada saat penggunaan awal media karena belum terbiasa dengan pembelajaran berbasis Augmented Reality. Keterbatasan lainnya adalah media belum menyediakan fitur umpan balik otomatis yang dapat membantu peserta didik mengetahui kesalahan konsep secara langsung. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk menyempurnakan fitur media, menambah variasi permasalahan kontekstual, serta meningkatkan interaktivitas media sehingga dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik.

b. Keefektifan Media

Hasil analisis uji N-Gain berdasarkan data pretest dan posttest peserta didik menunjukkan bahwa Media pembelajaran berbasis Augmented Reality efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gaya apung. Hal ini ditunjukkan oleh nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,57 yang berada pada kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan Media pembelajaran berbasis Augmented Reality memberikan dampak positif terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah mengikuti proses pembelajaran. Peningkatan keterampilan berpikir kritis terjadi pada seluruh indikator yang diukur, meskipun dengan tingkat peningkatan yang berbeda-beda.

Peningkatan tertinggi diperoleh pada indikator memberikan dukungan dasar dengan nilai N-Gain sebesar 0,83 yang termasuk dalam kategori tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa peserta didik mampu menggunakan informasi yang relevan sebagai dasar dalam memberikan alasan dan penjelasan terhadap konsep gaya apung setelah menggunakan Media pembelajaran berbasis Augmented Reality. Visualisasi objek tiga dimensi yang ditampilkan melalui teknologi Augmented Reality membantu peserta didik memahami hubungan antara massa

jenis, gaya berat, dan gaya apung secara lebih konkret sehingga memudahkan mereka dalam memberikan alasan yang logis terhadap suatu fenomena fisika.

Selain itu, indikator menyimpulkan memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,62, strategi dan taktik sebesar 0,57, memberikan penjelasan lanjut sebesar 0,52, serta memberikan penjelasan sederhana sebesar 0,35 yang seluruhnya berada pada kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Media pembelajaran berbasis Augmented Reality mampu membantu peserta didik dalam menarik kesimpulan, menentukan strategi pemecahan masalah, serta menjelaskan konsep berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan selama proses pembelajaran. Meskipun demikian, kemampuan peserta didik dalam memberikan penjelasan sederhana masih perlu ditingkatkan melalui latihan yang lebih intensif dan berkelanjutan.

Keefektifan Media pembelajaran berbasis Augmented Reality tidak hanya didukung oleh penggunaan teknologi Augmented Reality, tetapi juga oleh integrasi model Problem Based Learning (PBL) dalam proses pembelajaran. Melalui tahapan orientasi masalah, organisasi belajar, investigasi, presentasi hasil, dan evaluasi, peserta didik didorong untuk mengidentifikasi permasalahan, melakukan penyelidikan, menganalisis informasi, serta menemukan solusi berdasarkan konsep fisika yang dipelajari. Kegiatan tersebut memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran sehingga keterampilan berpikir kritis dapat berkembang secara optimal.

Meskipun demikian, masih terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Beberapa peserta didik masih memerlukan arahan guru pada saat penggunaan awal media karena belum terbiasa menggunakan pembelajaran berbasis Augmented Reality. Selain itu, Media pembelajaran berbasis Augmented Reality belum menyediakan fitur umpan balik otomatis yang dapat membantu peserta didik mengetahui kesalahan konsep secara langsung. Keterbatasan tersebut diduga menjadi salah satu faktor yang menyebabkan peningkatan pada beberapa indikator belum mencapai kategori tinggi. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan fitur evaluasi interaktif, umpan balik otomatis, serta variasi permasalahan kontekstual agar media mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih optimal dan mendukung peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik secara lebih menyeluruh.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan Media pembelajaran berbasis Augmented Reality berbantuan AR Card dan LKPD pada materi gaya apung, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Media pembelajaran berbasis Augmented Reality berhasil dikembangkan menggunakan model ADDIE yang meliputi tahap Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Produk yang dihasilkan berupa media pembelajaran berbasis Augmented Reality yang dipadukan dengan AR Card, LKPD, dan model Problem Based Learning untuk membantu peserta didik memahami konsep gaya apung secara lebih konkret dan interaktif.
2. Media pembelajaran berbasis Augmented Reality dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran fisika berdasarkan hasil validasi ahli. Hasil validasi ahli materi memperoleh persentase sebesar 80,8% dengan kategori layak. Sementara itu, hasil validasi ahli media memperoleh persentase sebesar 79,1% pada aspek desain pembelajaran dan 84,6% pada aspek media komunikasi pembelajaran dengan kategori layak hingga sangat layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Media pembelajaran berbasis Augmented Reality telah memenuhi kriteria kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran.
3. Media pembelajaran berbasis Augmented Reality efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gaya apung. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan rata-rata persentase keterampilan berpikir kritis dari 20,71% pada pretest

menjadi 66,11% pada posttest. Hasil analisis N-Gain menunjukkan nilai rata-rata sebesar 0,57 dengan kategori sedang. Peningkatan tertinggi terjadi pada indikator memberikan dukungan dasar dengan nilai N-Gain sebesar 0,83 yang termasuk kategori tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan Media pembelajaran berbasis Augmented Reality mampu membantu peserta didik mengembangkan keterampilan berpikir kritis selama proses pembelajaran.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan media pembelajaran Media pembelajaran berbasis Augmented Reality untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gaya apung, peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Pengembangan dan penyempurnaan lebih lanjut terhadap Media pembelajaran berbasis Augmented Reality, khususnya dengan menambahkan fitur umpan balik otomatis, variasi permasalahan kontekstual, serta latihan yang lebih berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir kritis. Pengembangan tersebut diharapkan dapat membantu peserta didik dalam memberikan penjelasan, menyusun strategi pemecahan masalah, dan menarik kesimpulan secara lebih mendalam.
2. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain eksperimen yang melibatkan kelas kontrol atau kelas pembanding sehingga keefektifan Media pembelajaran berbasis Augmented Reality dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik dapat dibandingkan secara lebih objektif dan komprehensif.
3. Media pembelajaran berbasis Augmented Reality dapat dikembangkan dan diterapkan pada materi fisika lainnya yang memerlukan visualisasi konsep secara konkret, seperti fluida statis, fluida dinamis, tekanan, atau gelombang. Dengan demikian, pemanfaatan teknologi Augmented Reality dalam pembelajaran fisika dapat memberikan manfaat yang lebih luas bagi peserta didik.
4. Guru disarankan mengintegrasikan penggunaan Media pembelajaran berbasis Augmented Reality dengan model pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, seperti Problem Based Learning atau Project Based Learning, sehingga potensi media dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dapat dimanfaatkan secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Altmeyer, K., Brünken, R., Kuhn, J., & Malone, S. (2024). The role of cognitive learner prerequisites for cognitive load and learning outcomes in AR-supported lab work. *Education Sciences*, 14(11), 1161.
- Anggraini, S., Setyaningrum, W., Retnawati, H., & Marsigit. (2020). How to improve critical thinking skills and spatial reasoning with augmented reality in mathematics learning? *Journal of Physics: Conference Series*, 1581(1), 012066.
- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385.
- Crogman, H. T., Cano, V. D., Pacheco, E., Sonawane, R. B., & Boroan, R. (2025). Virtual reality, augmented reality, and mixed reality in experiential learning: Transforming educational paradigms. *Education Sciences*, 15(3), 303. ([MDPI][2]).
- Dewi, N. R., Kannapiran, S., & Wibowo, S. W. A. (2020). Development of augmented reality-based learning media in science education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(2), 022068.
- Docktor, J. L., & Mestre, J. P. (2014). Synthesis of discipline-based education research in physics. *Physical Review Special Topics–Physics Education Research*, 10(2), 020119.
- Ennis, R. H. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skills. *Educational Leadership*, 43(2), 44–48.
- Ennis, R. H. (2018). Critical thinking across the curriculum: A vision. *Topoi*, 37(1), 165–184.
- Facione, P. A. (2015). *Critical thinking: What it is and why it counts*. Insight Assessment.
- Haryadi, R., & Pujiastuti, H. (2023). Use of augmented reality learning media to improve higher-

- order thinking skills in kinematics material. *THABIEA: Journal of Natural Science Teaching*, 6(1), 37–50. ([Perpustakaan UIN Sunan Kudus][3]).
- Heron, P. R. L., Loverude, M. E., Shaffer, P. S., & McDermott, L. C. (2003). Helping students develop an understanding of Archimedes' principle. *American Journal of Physics*, 71(11), 1188–1195.
- Hidayat, T., & Nurjayadi, M. (2015). Pengembangan media pembelajaran berbasis augmented reality pada materi sains. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 4(2), 192–198.
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002> ([ScienceDirect][1]).
- Kemendikbud. (2024). Panduan implementasi Kurikulum Merdeka. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Mulyasa, E. (2023). Implementasi Kurikulum Merdeka. Bumi Aksara.
- OECD. (2023). *OECD skills outlook 2023: Skills for a resilient green and digital transition*. OECD Publishing.
- Praneswari, D., & Amidi, A. (2023). Critical thinking skills in science learning through digital learning media. *Journal of Physics: Conference Series*, 2438(1), 012031.
- Pujiastuti, H., & Haryadi, R. (2023). Hybrid learning impact with augmented reality to improve higher order thinking skills of students. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 10(12), 7–18. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2023.12.002> ([Science Gate][4]).
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). *Physics for scientists and engineers (10th ed.)*. Cengage Learning.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. Jossey-Bass.
- Vidak, A., Movre Šapić, I., Mešić, V., & Gomzi, V. (2023). Augmented reality technology in teaching about physics: A systematic review of opportunities and challenges. *arXiv Preprint arXiv:2311.18392*. ([arXiv][5]).
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299–321.
- World Economic Forum. (2020). *The future of jobs report 2020*. World Economic Forum.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2016). *University physics with modern physics (14th ed.)*. Pearson.