

Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis *Augmented Reality* (AR) Pada Materi Radiasi Elektromagnetik

Berkat Panjaitan^{1)*}, Hotromasari Dabukke²⁾, Tomy Satria Alasi³⁾

¹Teknologi Elektro-medis, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Binalita Sudama, Deli Serdang, 20371, Indonesia

² Teknologi Elektro-medis, Universitas Sari Mutiara Indonesia, Medan, 20124, Indonesia

³ Sistem Informasi, STMIK Methodist Binjai, Binjai, 20717, Indonesia

*Corresponding author, email: hamonanganberkat@gmail.com

Receipt : 06/02/2026; Revision : 25/02/2026; Accepted : 28/02/2026

ABSTRAK

Pemanfaatan teknologi digital pembelajaran fisika menggunakan media *Augmented Reality* (AR) guna untuk meningkatkan kualitas dan keberlanjutan pendidikan. Pemahaman tentang radiasi elektromagnetik sangat krusial bagi mahasiswa Teknologi Elektromedis, mengingat pengaplikasian perangkat medis seperti peralatan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui Kelayakan, Kepraktisan, Efektivitas media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi Radiasi Elektromagnetik di STIKes Binalita Sudama yang dikembangkan. Metode penelitian menggunakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*), tahapan meliputi Rancangan Pengembangan menggunakan model ADDIE yang terdiri dari *Analysis, Design, Development, Implementasi dan Evaluation*. Media pembelajaran dikembangkan dengan memadukan materi fisika, visualisasi objek tiga dimensi, dan interaksi AR yang dapat diakses melalui perangkat mobile. Penilaian dilakukan oleh ahli materi, ahli media, serta pengguna untuk menilai aspek kelayakan, kepraktisan, dan efektivitas media pembelajaran. Hasil validasi menunjukkan bahwa media AR memperoleh skor 87% dari ahli media dan 85% dari ahli materi, termasuk kategori sangat layak. Uji kepraktisan menunjukkan respon mahasiswa sebesar 82% (praktis) dan dosen 84% (sangat praktis). Uji efektivitas memperlihatkan adanya peningkatan nilai rata-rata dari 62,5 (*pretest*) menjadi 82,3 (*posttest*) dengan N-Gain sebesar 0,58 (kategori sedang-tinggi). Dengan demikian, media pembelajaran berbasis AR ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran fisika serta berkontribusi pada penguatan pendidikan yang inovatif dan berkelanjutan di lingkungan perguruan tinggi.

Kata kunci: *Augmented Reality, Fisika, Media Pembelajaran, Radiasi Elektromagnetik*

ABSTRACT

The utilization of digital technology in physics learning through *Augmented Reality* (AR) media aims to enhance the quality and sustainability of education. Understanding electromagnetic radiation is crucial for students of Electromedical Technology, considering its application in medical devices and equipment. This study aims to evaluate the feasibility, practicality, and effectiveness of AR-based physics learning media on the topic of electromagnetic radiation developed at STIKes Binalita Sudama. The research employed a *Research and Development (R&D)* approach, with development stages following the ADDIE model, which consists of *Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*. The learning media were developed by integrating physics content, three-dimensional object visualization, and AR interaction accessible via mobile devices. The evaluation involved subject matter experts, media experts, and users to assess the feasibility, practicality, and effectiveness of the learning media. The validation results indicated that the AR media achieved a score of 87% from media experts and 85% from subject matter experts, categorized as highly feasible. Practicality testing showed student responses of 82% (practical) and lecturer responses of 84% (very practical). Effectiveness testing demonstrated an increase in the average score from 62.5 (*pretest*) to 82.3 (*posttest*), with an N-Gain value of 0.58 (moderate to high category). Therefore, this AR-based learning media is expected to improve the quality of physics learning and contribute to strengthening innovative and sustainable education in higher education institutions.

Keywords: *Augmented Reality, Learning Media, Physics, Electromagnetic Radiation*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kesehatan modern tidak dapat dilepaskan dari pemanfaatan prinsip-prinsip fisika, khususnya radiasi elektromagnetik. Berbagai perangkat medis seperti X-ray, CT-Scan, MRI, Radioterapi, dan alat diagnostik lainnya bekerja berdasarkan konsep

gelombang elektromagnetik dan interaksinya dengan materi (Bushberg, 2012). Oleh karena itu, pemahaman radiasi elektromagnetik menjadi kompetensi fundamental bagi mahasiswa Teknologi Elektromedis, karena berkaitan langsung dengan aspek operasional alat, keselamatan pasien, serta standar proteksi radiasi dalam layanan kesehatan (Grossi, 2022). Di lingkungan STIKes Binalita Sudama, materi radiasi elektromagnetik merupakan bagian penting dalam pembelajaran fisika dasar yang mendukung kompetensi profesional mahasiswa di bidang elektromedis.

Pemahaman mendalam tentang radiasi elektromagnetik sangat krusial bagi mahasiswa Teknologi Elektromedis, mengingat aplikasinya yang luas dalam perangkat medis seperti MRI, CT Scan, dan terapi radiasi. Namun, karakteristik abstrak dari konsep ini sering kali menjadi tantangan dalam proses pembelajaran. Metode pengajaran konvensional yang mengandalkan teks dan gambar dua dimensi sering kali kurang efektif dalam menjembatani pemahaman mahasiswa terhadap fenomena tiga dimensi yang kompleks. Diperlukan metode pembelajaran yang inovatif dengan menggabungkan teknologi seperti AR dapat berinteraksi secara virtual dengan meningkatkan pemahaman konsep dasar fisika khususnya materi pembelajaran Fisika (Maričić et al., 2020)-(Ferdinan et al., 2023).

Meskipun demikian, radiasi elektromagnetik termasuk materi yang bersifat abstrak karena melibatkan konsep panjang gelombang, frekuensi, spektrum elektromagnetik, serta interaksi energi dengan jaringan biologis yang tidak dapat diamati secara langsung. Pembelajaran yang masih didominasi metode ceramah dan penggunaan media dua dimensi seringkali kurang mampu memvisualisasikan konsep tersebut secara konkret. Kondisi ini berpotensi menimbulkan miskonsepsi (Meltzer & Thornton, 2012), rendahnya pemahaman konseptual, serta kurangnya keterkaitan antara teori fisika dan aplikasi klinis.

Metode pembelajaran yang menggabungkan teknologi seperti AR digunakan dalam dunia pendidikan, terbukti lebih efektif dibandingkan metode pembelajaran tradisional (Sung et al., 2019). Radiasi elektromagnetik mencakup spektrum gelombang energi yang luas, dari radio hingga sinar gamma, masing-masing dengan karakteristik dan interaksi yang unik. Melalui interaksi dengan pengetahuan dasar ini, mahasiswa dapat mengenali kemungkinan bahaya dan keuntungan dari kontak dengan berbagai bentuk radiasi elektromagnetik. Ini tentang mengetahui sains dan mengetahui cara menggunakannya dengan bijaksana (Savage & Gilbertson, 2023). Pengintegrasian sumber daya digital dalam materi pengajaran tentang radiasi elektromagnetik, dengan demikian bahwa perubahan fungsi digitalisasi dalam pendidikan (Sholichah et al., 2023). Pengetahuan siswa tampaknya masih terpisah-pisah. Misalnya, siswa tidak mengetahui perbedaan antara radiasi pengion dan non-pengion (Plotz, 2017).

Pengintegrasian teknologi digital dalam materi pengajaran tentang radiasi elektromagnetik memberi mahasiswa sarana kreatif, meningkatkan pengetahuan untuk mempelajari interaksi radiasi elektromagnetik (Sholichah et al., 2023). Gelombang elektromagnetik dipengaruhi oleh medan listrik dan medan magnet untuk menghasilkan energi radiasi tanpa medium (Arya & Murad, 2022). Pemahaman mengenai radiasi elektromagnetik memiliki peran yang sangat krusial dalam bidang kedokteran, terutama dalam pemanfaatan teknologi pencitraan medis seperti sinar-X dan Magnetic Resonance Imaging (MRI) (Hussain et al., 2022).

Selain itu, pengembangan media pembelajaran fisika berbasis augmented reality pada platform Android untuk materi alat optik menunjukkan tingkat kelayakan yang sangat tinggi, dengan hasil validasi mencapai persentase 95,5% dan termasuk dalam kategori sangat valid (RISKA DEWI & ANGGARYANI, 2020). Mengajarkan mahasiswa tentang teknologi ini akan memaparkan aplikasi fisika praktis dan membantu mengenal perkembangan medis. Lebih jauh

lagi terapi radiasi digunakan dalam perawatan kanker sekaligus membatasi kerusakan pada jaringan sehat(Cao et al., 2022). Studi tentang interaksi radiasi elektromagnetik dalam mata pelajaran sekolah menengah atas membantu siswa untuk siap memahami peran penting fisika dalam bidang kedokteran (Kainz, 2006).

Teknologi memungkinkan peluang pembelajaran interaktif yang sesuai dengan berbagai gaya belajar, menawarkan pendekatan yang lebih individual terhadap pendidikan simulasi minim membantu kesenjangan antara pemahaman teoritis dan aplikasi praktis sehingga siswa profesional dimasa yang akan datang dalam disiplin ilmu terkait radiasi elektromagnetik(Sholichah et al., 2023). Selain itu pemanfaatan AR dapat mendukung tercapainya pembelajaran berkelanjutan. AR memungkinkan untuk mengeksplorasi dan memahami konsep konsep berkelanjutan secara visual, seperti pengelolaan sumberdaya efisiensi energi dan konservasi lingkungan(Bekaroo et al., 2018).

Literasi sains dan pengetahuan siswa sekolah menengah atas tentang dunia alam bergantung pada paparan terhadap interaksi radiasi elektromagnetik. Cahaya, fitur berbagai jenis gelombang, dan interaksi antara radiasi elektromagnetik dan materi membantu siswa membangun dasar yang kuat dalam fisika dan kimia(Zloklikovits & Hopf, 2021). Desain dan penilaian untuk laboratorium sebagai komponen penting dari proses bagi mahasiswa meningkatkan peluang keberhasilan mereka, program orientasi laboratorium membiasakan mahasiswa, staf, tujuan dari orientasi laboratorium juga untuk memberikan gambaran umum kepada mahasiswa tentang kebijakan dan prosedur di dalam laboratorium (Nadeem et al., 2020). Energi yang dipancarkan oleh gelombang elektromagnetik selanjutnya dapat diserap oleh jaringan tubuh manusia. Proses penyerapan energi tersebut menyebabkan peningkatan energi internal pada jaringan, yang berdampak pada terjadinya kenaikan suhu pada bagian tubuh yang terpapar (Bhargava et al., 2019).

Teknologi AR pada pembelajaran fisika saat pandemi COVID-19 secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep listrik pada siswa dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional. Penelitian ini menekankan bahwa AR sangat membantu siswa untuk memahami konsep-konsep abstrak dalam fisika(Ropawandi et al., 2022). Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan potensi AR dalam meningkatkan pembelajaran fisika, penerapannya pada materi radiasi elektromagnetik khususnya dalam konteks Teknologi Elektromedis masih terbatas. Oleh karena itu, pengembangan media pembelajaran berbasis AR yang difokuskan pada materi ini menjadi penting untuk meningkatkan pemahaman dan hasil belajar mahasiswa.

Namun demikian, berdasarkan kajian terhadap penelitian-penelitian tersebut, pemanfaatan AR masih banyak difokuskan pada materi optik, medan magnet, listrik dinamis, dan mekanika (Syskowski et al., 2024). Penelitian yang secara khusus mengembangkan media AR pada materi radiasi elektromagnetik dalam konteks pendidikan kesehatan atau Teknologi Elektromedis masih terbatas. Selain itu, sebagian penelitian hanya menitikberatkan pada aspek efektivitas tanpa menguji secara komprehensif aspek kelayakan dan kepraktisan media yang dikembangkan. Dengan demikian, terdapat celah penelitian (research gap) pada pengembangan media AR yang terintegrasi dengan konteks aplikasi medis serta diuji secara menyeluruh dari aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas.

Penggunaan media pembelajaran berbasis AR dalam pengajaran fisika teknik dapat meningkatkan hasil belajar mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan augmented reality tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan pemahaman konsep, tetapi juga mendorong mahasiswa untuk terlibat lebih aktif dan termotivasi dalam proses pembelajaran (Sriadhi et al., 2022). Media pembelajaran fisika berbasis AR pada materi medan magnet. Hasil

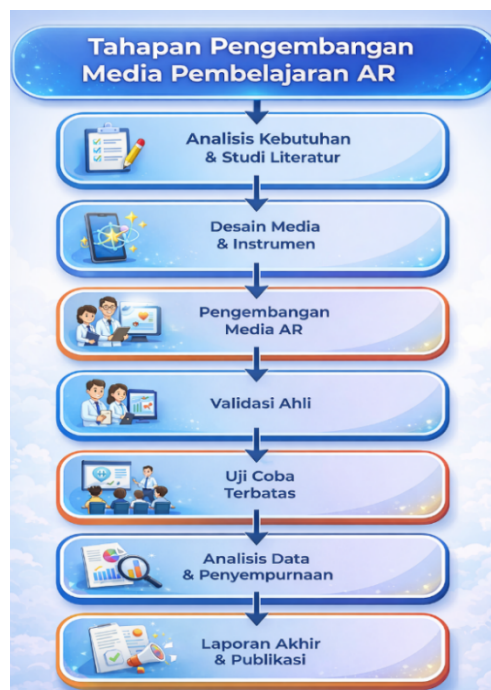
penelitian ini menunjukkan bahwa media tersebut layak digunakan dan mendapatkan respons positif dari guru dan siswa, dengan tingkat kelayakan mencapai 100% berdasarkan koefisien konsistensi internal Gregory (Isma et al., 2024). Pembelajaran fisika melalui tutor AR jarak jauh menemukan bahwa kompleksitas konten AR berpengaruh positif terhadap gaya inkuiri siswa. Siswa yang terpapar konten AR dengan kompleksitas tinggi menunjukkan keinginan eksplorasi yang lebih besar dan variasi inkuiri yang lebih luas (Radu et al., 2023). Implementasi AR dalam pembelajaran fisika dapat meningkatkan pemahaman konsep dan keterlibatan siswa. Namun, tantangan seperti keterbatasan perangkat keras dan perangkat lunak masih menjadi hambatan dalam penerapan AR secara luas (Vidak et al., 2024).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengembangkan media pembelajaran fisika berbasis Augmented Reality pada materi radiasi elektromagnetik; (2) mengetahui tingkat kelayakan media berdasarkan validasi ahli; (3) mengetahui tingkat kepraktisan media berdasarkan respon dosen dan mahasiswa; serta menganalisis efektivitas media dalam meningkatkan hasil belajar mahasiswa.

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi secara teoretis dengan memperkaya kajian mengenai integrasi teknologi AR dalam pembelajaran fisika pada konteks pendidikan kesehatan. Secara praktis, penelitian ini menyediakan alternatif media pembelajaran inovatif yang dapat meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa Teknologi Elektromedis. Selain itu, pengembangan media berbasis AR ini mendukung transformasi pendidikan tinggi menuju pembelajaran digital yang adaptif, inovatif, dan berkelanjutan sesuai tuntutan pendidikan abad ke-21.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development (R&D)* dengan mengacu pada model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Metode ini dipilih untuk menghasilkan produk media pembelajaran AR yang valid, layak, dan efektif meningkatkan pemahaman konsep Fisika Medis.



Gambar 1. Tahapan Pengembangan Media Pembelajaran AR

Lokasi penelitian di program studi Teknologi Elektro-medis STIKES Binalita Sudama mata kuliah fisika dasar. Objek penelitian sebanyak 30 mahasiswa dengan mempertimbangkan keaktifan mahasiswa dalam perkuliahan serta relevansi materi radiasi elektromagnetik dengan program studi yang diikuti.

Metode pengumpulan dalam penelitian ini mencakup observasi, angket, dan dokumentasi. Angket digunakan sebagai instrumen untuk menilai kelayakan media dari aspek materi, tampilan, dan penggunaan, sedangkan observasi digunakan untuk melihat keterlaksanaan pembelajaran menggunakan media AR.

Teknik Analisis Data yang digunakan terdapat tiga tahap, yaitu:

1. Analisis kelayakan
Skor hasil validasi ahli dirata-ratakan dan dikonversi ke dalam bentuk persentase dengan kategori sangat layak, layak, cukup layak, dan kurang layak.
2. Analisis kepraktisan
Data angket dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk menentukan tingkat kepraktisan media pembelajaran.
3. Analisis efektivitas
Skor pretest dan posttest dianalisis menggunakan Normalized gain (N-Gain) untuk mengetahui peningkatan hasil belajar mahasiswa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dan pengembangan media pembelajaran fisika berbasis Augmented Reality (AR) pada materi Radiasi Elektromagnetik di STIKes Binalita Sudama dilaksanakan menggunakan model ADDIE yang meliputi tahap *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*.

1. Hasil Validasi Kelayakan Media Pembelajaran

Analisis melibatkan ahli media dan ahli materi yang bertujuan untuk menilai kualitas media pembelajaran fisika berbasis Augmented Reality (AR) yang telah dikembangkan. Aspek yang dinilai meliputi kesesuaian konten dengan capaian pembelajaran, keakuratan konsep radiasi elektromagnetik, kualitas visualisasi objek 3D, interaktivitas AR, tampilan antarmuka, serta kemudahan navigasi Hasil analisis kelayakan dapat kita lihat pada table 1 berikut ini:

Tabel 1 . Hasil Analisis kelayakan

Validator	Skor	Kategori
Ahli media	87	Sangat Layak
Ahli Materi	85	Sangat Layak
Rata-rata	86	Sangat Layak

Berdasarkan Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa media pembelajaran memperoleh skor kelayakan rata-rata sebesar 86% dan termasuk dalam kategori sangat layak, yang menandakan bahwa media tersebut telah memenuhi kriteria kelayakan ditinjau dari aspek materi, penyajian, maupun teknis.

Tingginya skor validasi menunjukkan bahwa integrasi visualisasi 3D dan interaksi berbasis AR mampu merepresentasikan konsep abstrak radiasi elektromagnetik secara lebih konkret. Konsep seperti panjang gelombang, frekuensi, dan interaksi radiasi dengan materi yang sebelumnya sulit divisualisasikan menjadi lebih mudah dipahami.

Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Ibáñez dan Delgado-Kloos yang menyatakan bahwa teknologi AR efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep sains karena mampu menggabungkan objek virtual dengan lingkungan nyata secara interaktif. Selain itu, penelitian Akçayır dan Akçayır juga menunjukkan bahwa AR memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas visualisasi materi pembelajaran. Dengan demikian, secara teoritis dan empiris, media yang dikembangkan telah memenuhi aspek validitas isi dan konstruksi.

2. Hasil Analisis Kepraktisan Media Pembelajaran

Analisis kepraktisan dilakukan melalui angket respon mahasiswa dan dosen setelah media pembelajaran diterapkan pada 30 mahasiswa STIKES Binalita Sudama.

Tabel 2 . Hasil Analisis Kepraktisan

Responden	Skor	Kategori
Mahasiswa	87	Praktis
Dosen	85	Sangat Praktis
Rata-rata	86	Praktis

Berdasarkan hasil analisis, media pembelajaran berbasis *augmented reality* menunjukkan tingkat kepraktisan yang tinggi, yang tercermin dari perolehan nilai rata-rata sebesar 83% dan termasuk dalam kategori praktis. Kepraktisan media yang berada pada kategori praktis hingga sangat praktis menunjukkan bahwa media mudah digunakan, tidak memerlukan perangkat tambahan yang kompleks, dan kompatibel dengan perangkat mobile mahasiswa.

Hasil ini konsisten dengan temuan Azuma yang menyatakan bahwa karakteristik utama AR adalah kemampuannya untuk diakses secara real-time dan interaktif, sehingga mendukung pembelajaran yang fleksibel. Selain itu, penelitian Wu dkk. menunjukkan bahwa AR dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan mahasiswa dalam pembelajaran sains. Pada konteks mahasiswa Teknologi Elektromedis, kepraktisan ini sangat penting karena pembelajaran tidak hanya bersifat teoritis tetapi juga aplikatif pada perangkat medis berbasis radiasi elektromagnetik.

3. Hasil Uji Efektivitas

Efektivitas media pembelajaran dianalisis melalui hasil pretest dan posttest yang diberikan kepada 30 mahasiswa pada materi radiasi elektromagnetik.

Tabel 3 . Hasil Uji Efektivitas

Jenis	Nilai Rata-Rata	Peningkatan	N-Gain	Kategori
Pretest	62,5	0	0	Rendah
Posttest	82,3	+19,8	0,58	Sedang-Tinggi

Pada Tabel 3, terdapat peningkatan nilai rata-rata hasil belajar mahasiswa sebesar 19,8 poin. Perolehan nilai N-Gain sebesar 0,58 mengindikasikan bahwa media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) berada pada kategori sedang hingga tinggi, sehingga dapat dinyatakan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa. Nilai N-Gain sebesar 0,58 (kategori sedang-tinggi) menunjukkan bahwa media AR cukup efektif dalam meningkatkan hasil belajar mahasiswa. Peningkatan ini dapat dijelaskan melalui teori pembelajaran multimedia yang dikemukakan oleh Richard Mayer, yang menyatakan bahwa kombinasi teks, gambar, dan animasi akan meningkatkan pemrosesan informasi dalam memori kerja.

Visualisasi spektrum elektromagnetik dalam bentuk 3D memungkinkan mahasiswa membangun representasi mental yang lebih kuat dibandingkan pembelajaran konvensional berbasis ceramah. Temuan ini sejalan dengan penelitian Bacca dkk. yang menyimpulkan bahwa penggunaan AR dalam pendidikan sains memberikan dampak positif terhadap hasil belajar dan motivasi.

Dengan demikian, peningkatan skor *post test* membuktikan bahwa media pembelajaran berbasis AR tidak hanya layak dan praktis, tetapi juga efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep radiasi elektromagnetik.

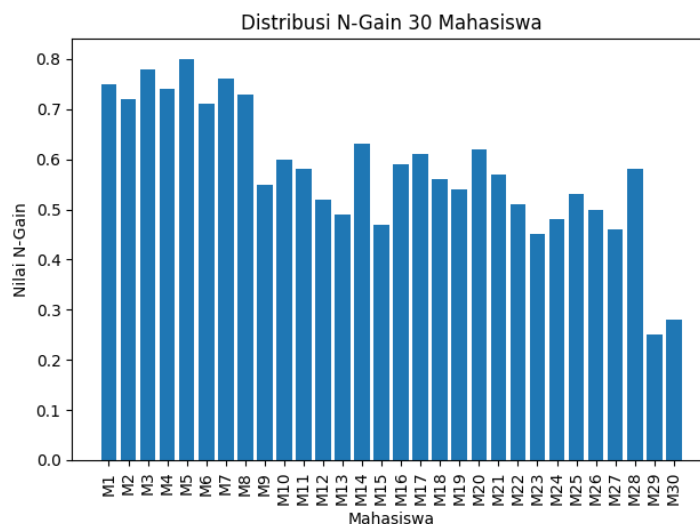
Tabel 4. Distribusi Nilai N-gain Mahasiswa

Kategori N-Gain	Rentang N-Gain	Jumlah mahasiswa	Persentase%
Tinggi	$\geq 0,70$	8	26,67
Sedang	0,30-0,69	20	66,67
Rendah	$<0,30$	2	6,66
Total		30	100

Berdasarkan Tabel 4, distribusi nilai N-Gain mahasiswa menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa berada pada kategori sedang, yaitu sebanyak 20 orang (66,67%). Selanjutnya, 8 mahasiswa (26,67%) termasuk dalam kategori tinggi, sementara hanya 2 mahasiswa (6,66%) berada pada kategori rendah. Pola distribusi tersebut mengindikasikan bahwa penerapan media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* (AR) memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan hasil belajar mahasiswa. Dominannya kategori sedang dan tinggi menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa mengalami peningkatan pemahaman konsep radiasi elektromagnetik setelah mengikuti proses pembelajaran.

4. Keterkaitan dengan Nilai Rata-rata N-Gain

Distribusi N-Gain tersebut selaras dengan nilai N-Gain rata-rata sebesar 0,58, yang termasuk dalam kategori sedang. Hal ini menegaskan bahwa meskipun peningkatan hasil belajar mahasiswa tidak seluruhnya berada pada kategori tinggi, media pembelajaran berbasis AR tetap efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual secara signifikan pada sebagian besar mahasiswa.



Gambar 2. Distribusi N-Gain 30 Mahasiswa

Hasil distribusi nilai N-Gain menunjukkan bahwa sebanyak 66,67% mahasiswa termasuk dalam kategori sedang, sementara 26,67% berada pada kategori tinggi. Temuan ini mengindikasikan bahwa media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* (AR) efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep radiasi elektromagnetik pada mayoritas mahasiswa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi radiasi elektromagnetik dinyatakan sangat layak dengan rata-rata validasi 86%, praktis dengan rata-rata 86%, serta efektif meningkatkan hasil belajar dengan N-Gain sebesar 0,58 (kategori sedang-tinggi).

Hasil kelayakan media ini sejalan dengan penelitian Riska Dewi & Anggaryani (2020) yang memperoleh tingkat validitas 95,5% (sangat valid) pada pengembangan AR materi alat optik. Demikian pula penelitian Isma et al. (2024) menunjukkan kelayakan sangat tinggi pada media AR fisika. Persamaan temuan ini menunjukkan bahwa AR secara konsisten memenuhi aspek validitas isi dan tampilan dalam pembelajaran fisika. Dari aspek efektivitas, nilai N-Gain 0,58 berada pada kategori sedang-tinggi dan sejalan dengan temuan Sriadhi et al. (2022) serta Ropawandi et al. (2022) yang melaporkan peningkatan signifikan hasil belajar melalui penggunaan AR. Perbedaanannya, penelitian ini berfokus pada materi radiasi elektromagnetik dalam konteks Teknologi Elektromedis, yang sebelumnya masih jarang diteliti. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat hasil studi terdahulu bahwa AR efektif dalam pembelajaran fisika, sekaligus memperluas implementasinya pada konteks fisika medis.

Peningkatan hasil belajar dapat dijelaskan melalui Teori Pembelajaran Multimedia (Mayer) yang menyatakan bahwa kombinasi teks, gambar, dan animasi membantu proses dual coding dalam memori kerja. Visualisasi 3D spektrum elektromagnetik pada media AR membantu mahasiswa membangun representasi mental yang lebih konkret dibanding metode ceramah. Selain itu, dari perspektif konstruktivisme, AR memungkinkan mahasiswa berinteraksi langsung dengan objek virtual sehingga membangun pemahaman melalui pengalaman belajar aktif. Hal ini selaras dengan teori *active learning* (Meltzer & Thornton, 2012) yang menekankan pentingnya keterlibatan mahasiswa dalam meningkatkan pemahaman konseptual. Karakteristik AR yang interaktif dan kontekstual juga mendukung teori *experiential learning*, karena mahasiswa dapat menghubungkan konsep radiasi elektromagnetik dengan aplikasi medis secara nyata.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa media AR tidak hanya memenuhi kriteria kelayakan dan kepraktisan, tetapi juga efektif meningkatkan hasil belajar mahasiswa. Temuan ini konsisten dengan penelitian terdahulu dan relevan dengan teori pembelajaran multimedia serta konstruktivisme. Dengan demikian, penggunaan AR pada materi radiasi elektromagnetik dapat menjadi alternatif inovatif untuk mengatasi sifat abstrak konsep fisika dan meningkatkan kualitas pembelajaran di pendidikan tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* (AR) dinyatakan sangat layak (86%), praktis (86%), dan efektif dengan N-Gain 0,58 kategori sedang-tinggi. Temuan ini sejalan dengan penelitian Riska Dewi & Anggaryani (2020) serta Sriadhi et al. (2022) yang melaporkan bahwa AR meningkatkan validitas media dan hasil belajar fisika. Perbedaanannya, penelitian ini berfokus pada materi radiasi elektromagnetik dalam konteks Teknologi Elektromedis, sehingga memperluas implementasi AR pada pembelajaran fisika medis yang masih terbatas dikaji. Secara teoretis, peningkatan hasil belajar dapat dijelaskan melalui Teori Pembelajaran Multimedia Mayer yang menekankan integrasi teks dan visual dalam memperkuat pemrosesan kognitif. Selain itu, pendekatan konstruktivisme mendukung pembelajaran aktif melalui interaksi langsung dengan objek virtual, sehingga konsep abstrak menjadi lebih konkret dan kontekstual.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi Radiasi Elektromagnetik di STIKes Binalita Sudama, dapat disimpulkan bahwa: 1). Media pembelajaran berbasis AR yang dikembangkan dinyatakan sangat layak berdasarkan hasil validasi ahli media (87%) dan ahli materi (85%). Hal ini menunjukkan bahwa media telah memenuhi aspek kesesuaian konten, ketepatan konsep, kualitas visualisasi, interaktivitas, dan desain tampilan. 2). Media tergolong praktis untuk digunakan dalam pembelajaran, ditunjukkan oleh respon mahasiswa sebesar 82% (kategori praktis) dan respon dosen sebesar 84% (kategori sangat praktis). Media mudah dioperasikan melalui perangkat mobile dan dapat diintegrasikan dalam proses pembelajaran tanpa kendala teknis yang berarti. 3).

Media pembelajaran berbasis AR efektif meningkatkan hasil belajar mahasiswa, dibuktikan dengan peningkatan nilai rata-rata dari 62,5 (*pretest*) menjadi 82,3 (*posttest*) serta perolehan nilai N-Gain sebesar 0,58 dalam kategori sedang-tinggi. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep radiasi elektromagnetik secara signifikan setelah penggunaan media. Secara keseluruhan, media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* yang dikembangkan memenuhi kriteria layak, praktis, dan efektif, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif inovatif dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi yang bersifat abstrak seperti radiasi elektromagnetik.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, penelitian hanya dilakukan pada satu kelas tanpa kelompok kontrol, sehingga perbandingan efektivitas dengan metode pembelajaran lain belum dapat dianalisis secara komprehensif. Kedua, jumlah sampel relatif terbatas dan pengukuran efektivitas hanya dilakukan dalam jangka pendek melalui *pretest* dan *posttest*, sehingga belum menggambarkan retensi pemahaman konsep dalam jangka panjang. Oleh karena itu, hasil penelitian ini perlu diinterpretasikan secara hati-hati.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji efektivitas media pada sampel yang lebih besar dan melibatkan kelompok kontrol agar diperoleh perbandingan yang lebih kuat secara eksperimental. Selain itu, penelitian lanjutan dapat mengukur pemahaman konsep dalam jangka panjang (*retention test*) serta mengeksplorasi pengaruh media AR terhadap variabel lain seperti motivasi belajar, kemampuan berpikir kritis, dan literasi teknologi mahasiswa. Pengembangan fitur simulasi yang lebih interaktif dan integrasi dengan materi fisika lainnya juga menjadi peluang pengembangan berikutnya.

Dengan demikian, media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* ini berpotensi menjadi inovasi pembelajaran yang mendukung transformasi pendidikan tinggi menuju pembelajaran berbasis teknologi yang lebih interaktif, kontekstual, dan berkelanjutan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Atya, A. K., & Murad, F. A. (2022). Calculation of the Energy Density Levels of the Rays Emitted from Mobile Phone Towers in Jableh District Center. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 13(7), 156–162. <https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.S07.024>
- Bekaroo, G., Sungkur, R., Ramsamy, P., Okolo, A., & Moedeen, W. (2018). Enhancing awareness on green consumption of electronic devices: The application of Augmented Reality. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 30(May), 279–291. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.10.016>
- Bhargava, D., Leeprechanon, N., Rattanadecho, P., & Wessapan, T. (2019). Specific absorption rate and temperature elevation in the human head due to overexposure to mobile phone

- radiation with different usage patterns. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 130, 1178–1188. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.11.031>
- Bushberg, J. T. (2012). *The essential physics of medical imaging*. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- Cao, M., Siddiqui, F., Parker, W., & Doemer, A. (2022). *considerations : A state of the ART review from NRG Oncology*. 109(4), 1054–1075. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2020.10.021>
- Ferdiman, B., Al Akbar, H., Faturrahman, M. R., & Maulana, F. I. (2023). Development of Augmented Reality Application in Physics through Newton's Laws and Object Interaction. *Procedia Computer Science*, 227, 699–708. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.574>
- Grossi, R. M. (2022). *Foreword by IAEA Director General Rafael Mariano Grossi*.
- Hussain, S., Mubeen, I., Ullah, N., Shah, S. S. U. D., Khan, B. A., Zahoor, M., Ullah, R., Khan, F. A., & Sultan, M. A. (2022). Modern Diagnostic Imaging Technique Applications and Risk Factors in the Medical Field: A Review. *BioMed Research International*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/5164970>
- Isma, H. I., Subaer, Haris, A., & Ramadhan, I. (2024). Development of Physics Learning Media Based on Augmented Reality. *International Journal of Physics and Chemistry Education*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.51724/ijpce.v16i1.362>
- Kainz, K. (2006). Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students. *Medical Physics*, 33(6Part1), 1920–1920. <https://doi.org/10.1118/1.2201870>
- Maričić, O., Ivkov-Džigurski, A., Stojić, I., Cvjetićanin, S., & Bibić, L. I. (2020). Multimedia teaching effectiveness in natural science teaching. *Geographica Pannonica*, 24(2), 147–156. <https://doi.org/10.5937/gp24-23357>
- Meltzer, D. E., & Thornton, R. K. (2012). Resource Letter ALIP-1: Active-Learning Instruction in Physics. *American Journal of Physics*, 80(6), 478–496. <https://doi.org/10.1119/1.3678299>
- Nadeem, M., Chandra, A., Livirya, A., & Beryozkina, S. (2020). AR-LaBOR: Design and assessment of an augmented reality application for lab orientation. *Education Sciences*, 10(11), 1–30. <https://doi.org/10.3390/educsci10110316>
- Plotz, T. (2017). Students' conceptions of radiation and what to do about them. *Physics Education*, 52(1), 14004. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/52/1/014004>
- Radu, I., Huang, X., Kestin, G., & Schneider, B. (2023). How augmented reality influences student learning and inquiry styles: A study of 1-1 physics remote AR tutoring. *Computers & Education: X Reality*, 2(February), 100011. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100011>
- RISKA DEWI, L., & ANGGARYANI, M. (2020). Pembuatan Media Pembelajaran Fisika Dengan Augmented Reality Berbasis Android Pada Materi Alat Optik. *IPF: Inovasi Pendidikan Fisika*, 9(3), 369–376. <https://doi.org/10.26740/ipf.v9n3.p369-376>
- Ropawandi, D., Halim, L., & Husnin, H. (2022). Augmented Reality (AR) Technology-Based Learning: The Effect on Physics Learning during the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Information and Education Technology*, 12(2), 132–140. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.2.1596>
- Savage, D. J., & Gilbertson, R. (2023). Skin cancer screening and sun safety education program for high school students in southern California. *Journal of Clinical Oncology*, 41(16_suppl), e22505–e22505. https://doi.org/10.1200/jco.2023.41.16_suppl.e22505
- Sholichah, A. S., Alam, M., Dendi, D., & Sastradiharja, EE. J. (2023). Digitalization of Education and Its Impact on Urban Society: A Study on Junior High School Teachers. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 15(3), 2895–2905. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v15i3.2103>

- Sriadhi, S., Hamid, A., Sitompul, H., & Restu, R. (2022). Effectiveness of Augmented Reality-Based Learning Media for Engineering-Physics Teaching. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(5), 281–293. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i05.28613>
- Sung, N. J., Ma, J., Choi, Y. J., & Hong, M. (2019). Real-time augmented reality physics simulator for education. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(19), 1–12. <https://doi.org/10.3390/app9194019>
- Syskowski, S., Wilfinger, S., & Huwer, J. (2024). Impact and Classification of Augmented Reality in Science Experiments in Teaching—A Review. In *Education Sciences* (Vol. 14, Number 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/educsci14070760>
- Vidak, A., Movre Šapić, I., Mešić, V., & Gomzi, V. (2024). Augmented reality technology in teaching about physics: a systematic review of opportunities and challenges. *European Journal of Physics*, 45(2), 1–43. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ad0e84>
- Zloklikovits, S., & Hopf, M. (2021). Evaluating key ideas for teaching electromagnetic radiation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1929(1), 012063. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1929/1/012063>