

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA BERBASIS AUGMENTED REALITY UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS

Gabriel Dina Rahmawati*, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia
Bayu Setiaji, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia
*email: gabrieldina.2019@student.uny.ac.id (corresponding author)

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* yang layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran fisika pada materi momentum dan impuls dan mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* pada materi momentum dan impuls. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Research & Development* (R&D) dengan model 4D yang terdiri dari tahap *Define, Design, Development, dan Dissemination*. Produk berupa modul dan aplikasi *Augmented Reality*. Subjek penelitian adalah peserta didik di SMA Negeri 10 Yogyakarta tahun ajaran 2022/2023. Teknik *sampling* yang digunakan untuk menentukan kelas pada uji coba lapangan adalah *simple random sampling*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran momentum impuls dengan nilai kelayakan SBI sebesar 1.602 berkategori baik. Media ini juga mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada uji coba lapangan dengan nilai gain sebesar 0.80 yang berarti terjadi peningkatan tinggi.

Kata kunci: media pembelajaran, modul fisika, aplikasi, *Augmented Reality*, berpikir kritis.

Abstract. This study aims to produce physics learning media based on *Augmented Reality* that is worth for momentum and impulse learning activities and to find out the enhancement of student's critical thinking skill after using the physics learning media based on *Augmented Reality*. This research was a development research (R&D) using 4D models that consist of *Define, Design, Development, and Dissemination*. The product was a module and *Augmented Reality* application. The research subjects are SMA Negeri 10 Yogyakarta students for the academic year 2022/2023. The sampling technique used to determine the class was *simple random sampling*. The result of this research showed that physics learning media based on *Augmented Reality* were feasible to use in momentum impulse learning activities with SBI score 1.602 with the good category. This media also increase student's critical thinking skill with gain score 0.79 that mean there was a high increase.

Keyword: learning media, physics module, application, *Augmented Reality*, critical thinking.

PENDAHULUAN

Era Revolusi Industri 4.0 telah dimulai sejak abad ke-21. Era ini ditandai dengan pemanfaatan teknologi dan informasi yang mendobrak batasan di berbagai bidang, serta munculnya inovasi teknologi dan informasi di segala bidang (Savitri, 2019). Revolusi Industri 4.0 dapat digambarkan sebagai integrasi teknologi, perangkat, dan proses (CasteloBranco, et al., 2019: 23). Elemen kuncinya adalah Internet of Things (IoT). IoT di era Revolusi Industri 4.0 memberikan dampak yang signifikan terhadap perkembangan, salah satunya *smart education* (Kristianti, 2019: 50) yang dapat memberikan tantangan dalam proses pembelajaran. Untuk beradaptasi dengan era Revolusi Industri 4.0, setiap orang harus memiliki keterampilan abad 21.

Salah satu keterampilan abad 21 adalah berpikir kritis. Keterampilan berpikir kritis merupakan kemampuan penting untuk memecahkan masalah sehari-hari. Dalam proses pembelajaran, keterampilan berpikir kritis mengacu pada kemampuan peserta didik dalam memahami konsep yang dipelajari dan dapat dicapai melalui indikator yang mengevaluasi kemampuan memecahkan masalah yang berkaitan dengan fenomena kehidupan sehari-hari peserta didik (Tiruneh Cock, 2017) dengan menggunakan konsep yang telah dipelajari sebelumnya. Dengan berpikir kritis, siswa akan memiliki struktur berpikir yang lebih kompleks dan sistematis (Hudha & Batlolona, 2017: 693). Oleh karena itu, kemampuan berpikir kritis merupakan kemampuan yang diperlukan di abad ke-21.

Masyarakat atau peserta didik, terutama di Indonesia, perlu memiliki kemampuan berpikir kritis. Menurut penelitian yang dilakukan Rachmedita (2017), kemampuan berpikir kritis yang dilihat dari keaktifan bertanya, menjawab pertanyaan, menemukan solusi dari suatu permasalahan serta alasannya masih tergolong rendah. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik masih tergolong rendah, terutama pada kemampuan membuat penjelasan lebih lanjut. Penelitian oleh Mahanal, et al., (2019) juga menyatakan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik SMA di Indonesia masih tergolong rendah. Didukung oleh penelitian Rahayu & Kuswanto (2021) yang menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik tergolong rendah dengan rata-rata nilai kurang pada 31 dari 64 peserta didik SMA N 2 Banguntapan Yogyakarta. Secara khusus penelitian Permata, Muslim, dan Suyana, Iyon (2019) menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa SMA bidang impuls masih tergolong lemah. Usmeldi, Amini, dan Trisna (2017) mengemukakan bahwa keterampilan berpikir kritis di sekolah menengah (Dyer dan Hall, 2019; Tang, 2018) perlu ditingkatkan. Jadi kemampuan berpikir kritis siswa Indonesia sangat perlu ditingkatkan karena masih tergolong lemah.

Model pembelajaran yang tepat untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis adalah model pembelajaran yang berpusat pada siswa. Salah satu contoh model pembelajaran yang berpusat pada siswa adalah *Problem Based Learning*. Masih lemahnya kemampuan berpikir kritis siswa mungkin disebabkan karena model *Problem Based Learning* kurang sering digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Efek penggunaan model *Problem Based Learning* ditunjukkan dalam penelitian Fadilla dkk. (2021: 3-4) menunjukkan bahwa model *Problem Based Learning* dapat memberikan motivasi dan pengalaman dalam belajar serta meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Hasil penelitian serupa juga dicapai pada penelitian Thahara, Mulyadi, dan Utama (2016). Secara spesifik model *Problem Based Learning* dapat meningkatkan kemampuan berpikir siswa ketika pembelajaran fisika (Ndhokubwayo, Uwamahoro, & Ndayambaje, 2020). Model *Problem Based Learning* dinilai cocok digunakan sebagai model pembelajaran untuk mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran fisika di sekolah.

Selain model pembelajaran, guru harus menggunakan perangkat pembelajaran yang menunjang proses pembelajaran untuk dapat mencapai tujuan. Telah ditemukan bahwa perangkat pembelajaran yang dapat diintegrasikan ke dalam model pembelajaran yang berpusat

pada siswa dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa (Fatimah, 2020). Hal ini sesuai dengan penelitian pengembangan perangkat pembelajaran menggunakan model *Problem Based Learning* (Permatasari, Yerizon, Arwana & Musdi, 2020) yang dapat mengoptimalkan kemampuan berpikir kritis siswa. Apalagi jika penerapan perangkat pembelajaran diintegrasikan ke dalam peristiwa kehidupan sehari-hari dan penggunaan media yang biasa digunakan, misalnya *smartphone*.

Fisika sangat erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari. Fisika juga dapat diekspresikan dalam berbagai bentuk, seperti verbal, fisika, visual dan matematika, diajarkan sejak sekolah dasar dan dikembangkan lebih lanjut di sekolah menengah. Materi tentang momentum mulai dikenalkan pada tingkat SMP dan terdapat pada KD 3.10 untuk kelas 10 SMA dengan materi “Menerapkan Konsep Impuls dan Momentum serta Hukum Kekekalan Momentum dalam Kehidupan Sehari-hari” 2013. Buku pelajaran fisika kelas X. Materi tersebut memiliki banyak persamaan matematis yang dirasa rumit sehingga masih ditemukannya miskonsepsi dalam materi momentum (Kumar, et al., 2016; Tiruneh & Cock, 2018). Permasalahan siswa dalam memahami materi pulsa perlu diatasi.

Penggunaan teknologi tepat guna seperti IoT dalam dunia pendidikan diyakini dapat menjadi pilihan yang baik untuk menumbuhkan keterampilan abad 21 di era revolusi 4.0 ini. Salah satu pengembangan media pembelajaran berbasis IoT berupa teknologi visual adalah AR (*Augmented Reality*). Azuma (1997: 2) mendefinisikan *Augmented Reality* sebagai kombinasi objek nyata dengan objek virtual dan didasarkan pada integrasi *real-time* dengan objek tiga dimensi. *Augmented Reality* dapat mereproduksi informasi menjadi gambar digital detail yang terintegrasi dengan dunia nyata (Indrawan, 2021) sehingga siswa dapat lebih mudah memvisualisasikan informasi yang diberikan (Hafidha & Endah, 2014) dan membangun pengetahuannya dengan lebih baik (Aththibby, 2021: 12). Penggunaannya cukup sederhana yaitu dengan memindai penanda dengan perangkat seperti *smartphone* untuk memicu munculnya objek virtual yang ingin ditampilkan (Azzam, 2015).

Media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* juga masih cukup jarang digunakan dalam kegiatan pembelajaran di Indonesia. Hal tersebut selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Pangestu & Wulandari (2023). Jarangnya penggunaan media teknologi seperti *Augmented Reality* dapat terjadi dikarenakan keterbatasan informasi dan sumber daya pengembang teknologi. Berdasarkan penemuan para pengembang media yang mulai muncul, media ini dapat menarik minat peserta didik untuk belajar fisika dengan sesuatu yang baru. Pernyataan tersebut didukung oleh hasil penelitian Vari dan Bramastia (2021) yang menyatakan bahwa media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* pada mata pelajaran IPA yang dilakukan dengan model pembelajaran yang tepat mampu melatih keterampilan abad 21. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa (Faridi, dkk, 2020: 10). Dengan demikian, materi pembelajaran berbasis *Augmented Reality* dengan model pembelajaran berbasis masalah dapat digunakan dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain penelitian dan pengembangan (*Research and Development*), yang merupakan proses untuk menghasilkan produk baru atau mengembangkan dan menyempurnakan produk yang sudah ada (Sugiono, 2019:26). Penelitian ini mengembangkan produk berupa media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* yang terdiri dari modul dan aplikasi *Augmented Reality* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan multi representasi peserta didik SMA. Desain penelitian dan pengembangan dipilih karena cocok digunakan untuk mendapatkan produk yang layak dan efektif. Model penelitian yang digunakan adalah 4D (*Define, Design, Development, and Dessimination*) dengan 4

tahapan menurut Thiagarajan, et al., (1974).

Instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data pada penelitian ini adalah angket lembar kelayakan RPP, angket lembar validasi observasi keterlaksanaan RPP, angket lembar observasi keterlaksanaan RPP, angket lembar kelayakan media pengembangan, angket lembar validasi soal tes kemampuan berpikir kritis, soal *pretest* dan *posttest* kemampuan berpikir kritis, angket validasi respon peserta didik, dan angket respon peserta didik terhadap media pengembangan.

Subjek penelitian ini adalah peserta didik SMA Negeri 10 Yogyakarta kelas X MIPA dan XI MIPA semester 2 tahun ajaran 2022/2023. Uji coba terbatas melibatkan 34 peserta didik kelas XI MIPA 2. Sedangkan uji coba lapangan melibatkan 35 peserta didik kelas X MIPA 1 (kelas kontrol 2), 36 peserta didik X MIPA 2 (kelas eksperimen), dan 36 peserta didik X MIPA 4 (kelas kontrol 1). Pemilihan sampel dilakukan menggunakan teknik *simple random sampling*. Alasan pemilihan sampel yang digunakan untuk pengambilan data adalah ketiga kelas memiliki pendidik yang sama dan jumlah peserta didik yang hampir sama.

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Desain Penelitian Uji Luasan

Kelompok	Sebelum Perlakuan	Perlakuan	Setelah Perlakuan
Kontrol 1	O ₁	X ₁	O ₂
Kontrol 2	O ₁	X ₂	O ₂
Eksperimen	O ₁	X ₃	O ₂

Keterangan

O₁ : Pemberian *pretest*

O₂ : Pemberian *posttest*

X₁ : Pembelajaran dengan model konvensional
(ceramah dan buku paket)

X₂ : Pembelajaran dengan model *Problem Based Learning*

X₃ : Pembelajaran dengan model *Problem* dan media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality*

Data kuantitatif yang diperoleh dari hasil pengisian instrumen penelitian kemudian dianalisis menggunakan beberapa teknis analisis data sebagai berikut.

1. *Method of Succesive Interval* (MSI) digunakan untuk mengubah data ordinal menjadi interval pada data angket menggunakan bantuan Ms. Excel.
2. SBI digunakan untuk mengetahui kelayakan instrumen pembelajaran seperti RPP dan media pembelajaran pengembangan.
3. V Aiken's digunakan untuk mengetahui validitas dari instrumen pengumpul data seperti soal *pretest* dan *posttest*.
4. Analisis INFIT MNSQ dengan bantuan aplikasi QUEST untuk menentukan validitas dan reliabilitas soal *pretest* dan *posttest* pada uji terbatas.
5. Gain ternormalisasi digunakan untuk mengetahui besar dan kategori peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik menggunakan nilai *pretest* dan *posttest* pada uji lauasan.

Hasil analisis yang telah didapatkan kemudian dapat diinterpretasikan dengan kategori tertentu. Kategori yang digunakan untuk menginterpretasi hasil analisis menggunakan SBI menurut Mardapi (2016) adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Kategori Penilaian Hasil Analisis SBI

Rentang Skor	Kategori
$\bar{x} > \bar{x}_i + 1SB_i$	Sangat Baik
$\bar{x}_i + 1SB_i < \bar{x} < \bar{x}_i$	Baik
$\bar{x}_i > \bar{x} \geq \bar{x}_i - 1SB_i$	Cukup Baik
$\bar{x} \leq \bar{x}_i - 1SB_i$	Kurang Baik

Hasil analisis validitas menggunakan V Aiken's menurut Azwar (2016: 132) dapat diinterpretasikan sebagai berikut.

Tabel 3. Kategori Validitas Butir Soal Berdasarkan V Aiken

Rentang Skor	Kategori
$1 \geq V > 0,8$	Sangat Baik
$0,8 \geq V > 0,6$	Baik
$0,6 \geq V > 0,4$	Cukup
$0,4 \geq V \geq 0$	Kurang

Validitas pada data uji terbatas dilakukan menggunakan skor INFIT MNSQ dengan bantuan QUEST. Hasil uji dapat dianggap valid atau fit apabila skor INFIT MNSQ berada pada rentang 0,77—1,30 (Adam & Khoo, 1996:30 & 90 dalam Istiyono, 2020:370).

Sedangkan reliabilitas menggunakan kategori *Cronbach Alpha's* menurut Guilford dalam Sundayana (2018: 69—70) sebagai berikut.

Tabel 4. Klasifikasi Koefisien Reliabilitas

Koefisien Reliabilitas (r)	Interpretasi
$0.80 \leq r \leq 1.00$	Sangat Tinggi
$0.60 \leq r < 0.80$	Tinggi
$0.40 \leq r < 0.60$	Sedang/Cukup
$0.20 \leq r < 0.40$	Rendah
$0.00 \leq r < 0.20$	Sangat Rendah

Analisis gain ternormalisasi menurut Hake (1999) dalam Sundayana (2018: 151) dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Interpretasi Gain Ternormalisasi yang Dimodifikasi

Skor N-Gain	Interpretasi
$-1.00 \leq g \leq 0.00$	Terjadi penurunan
$g = 0.00$	Tetap/Tidak terjadi peningkatan
$0.00 < g < 0.30$	Terjadi peningkatan skala rendah
$0.30 \leq g < 0.70$	Terjadi peningkatan skala sedang

$0.70 \leq g \leq 1.00$	Terjadi peningkatan skala tinggi
-------------------------	----------------------------------

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

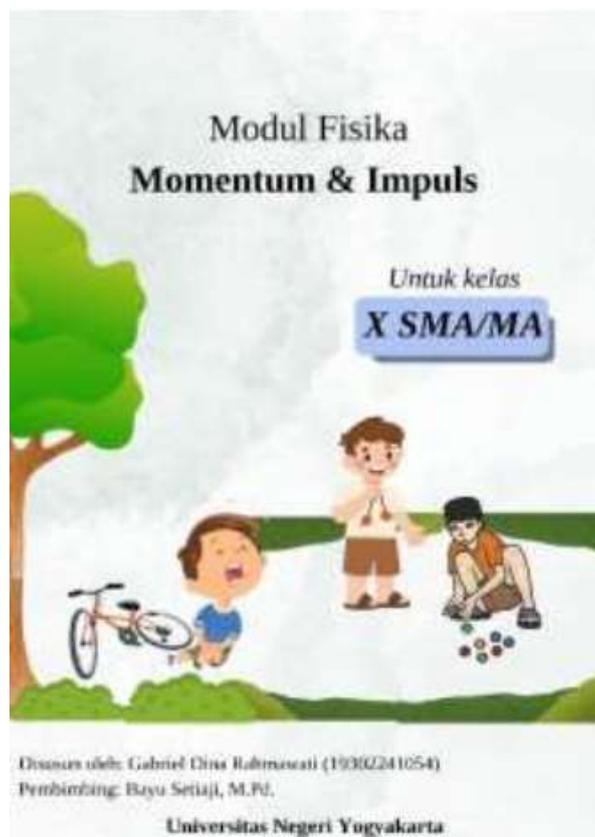
1. Tahap *Define*

Tahap pendefinisian ini dilakukan untuk mendapatkan informasi terkait keadaan peserta didik, permasalahan yang muncul saat pembelajaran, metode pembelajaran yang dilakukan di kelas, dan media yang digunakan untuk menunjang pembelajaran yang dilakukan di kelas, dan media yang digunakan untuk menunjang pembelajaran fisika serta mengkaji kurikulum yang digunakan di SMA Negeri 10 Yogyakarta.

2. Tahap *Design*

Rancangan awal modul yang dibuat berupa desain modul yang sesuai dengan model pembelajaran yang digunakan dan dapat terintegrasi dengan aplikasi *Augmented Reality*. Rancangan awal aplikasi berbasis *Augmented Reality* dimulai dengan pembuatan *flowchart* yang menggambarkan fitur dan pengalaman pengguna pada aplikasi tersebut. Dilanjutkan dengan membuat *story board* sebagai panduan dalam menyusun fitur-fitur aplikasi menggunakan *software* Unity 3D. Dan yang terakhir adalah penyusunan dalam *software* Unity 3D. Tidak lupa perangkat pembelajaran lain seperti RPP dan lembar observasi keterlaksanaan RPP. Untuk mengetahui besar peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik, maka dibuat pula tes berupa *pretest* dan *posttest*.

Berikut adalah gambar hasil modul fisika yang telah dibuat.



Gambar 1. Halaman Sampul Modul Fisika

Modul pada gambar di atas disusun berdasarkan sintaks model *Problem Based Learning* dengan contoh sebagai berikut.

A. MOMENTUM DAN IMPULS

1. Orientasi Kepala Masalah

Jalan tol yang disebut juga sebagai jalur bebas hambatan sering menyebabkan kecelakaan karena para pengendara yang menggunakan kendaraan dengan kecepatan tinggi hingga mengakibatkan ledang kendali kemudi. Salah satu kasus kecelakaan lalu lintas di jalan tol yang sempat mengakibatkan sebuah kecelakaan tunggal Vanessa Angeli di jalan tol Ngajek. Mobil Pajero Sport Dakar Ultimate 4x2 AT yang ditumpanginya Vanessa menabrak beton pembatas di sebelah kiri jalan hingga bucaran depan dan kiri mobil rusak parah. Akibat kecelakaan ini, 2 orang yang berada di sisi kiri mobil meninggal dan 3 orang lainnya mengalami luka-luka. Analisislah penyebab kecelakaan ini! Bagaimana cara meminimalkan akibat kecelakaan mobil di jalan raya? Agar lebih jelas, saksikan gambar yang beranda khusus urak melalui simulasi kecelakaan tersebut!



Momentum & Impuls

2

Gambar 2. Sintaks 1 PBL dan Kegiatan 1 dalam Modul

Aplikasi *Augmented Reality* yang telah dieskrak dari aplikasi Unity 3D memiliki 4 tombol dengan 3 fitur utama dan 1 untuk keluar.



Gambar 3. Halaman Awal Aplikasi Momentum Impuls

Fitur mainkan digunakan untuk membuka kamera yang dapat menscan *marker* berupa gambar tertentu yang telah disajikan dalam modul. Hasil sebelum dan setelah dilakukan *scan marker* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Fitur Mainkan untuk Scan Marker pada Modul

Fitur Petunjuk dan Credit dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Fitur Petunjuk (Kiri) dan Credit (Kanan) pada Aplikasi *Augmented Reality*

3. Tahap *Development*

Pada tahap pengembangan, produk pengembangan media pembelajaran divalidasi oleh validator ahli dan praktisi. Selain itu, produk juga diuji secara terbatas dan luas setelah dilakukan revisi berdasarkan saran dan masukan yang didapatkan. Pada tahap ini, didapatkan data kualitatif dan kuantitatif yang meliputi hasil penilaian validasi dan kelayakan media, hasil *pretest* dan *posttest* peserta didik, serta hasil angket respon peserta didik.

Data yang didapatkan pada validasi, uji terbatas, dan uji luasan kemudian dianalisis menggunakan teknik analisis yang telah dijabarkan sebelumnya.

a. Kelayakan dan Validitas Instrumen oleh Validator Ahli dan Praktisi

Hasil analisis yang dilakukan menggunakan SBI menunjukkan bahwa instrumen pembelajaran berupa RPP dan media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* dinyatakan layak dengan kategori baik. Ringkasan hasil analisis tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 6. Kelayakan Instrumen Pembelajaran (SBI)

Instrumen	Rata-Rata (\bar{x})	Kategori
RPP	2.30	Baik
Media pembelajaran fisika berbasis <i>Augmented Reality</i>	1.61	Baik

Berdasarkan hasil analisis V Aiken's, instrumen pengumpul data, yaitu soal tes berupa *pretest* dan *posttest*, serta angket respon peserta didik dinyatakan valid digunakan sebagai alat pengukur kemampuan berpikir kritis peserta didik dan kelayakan media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* oleh peserta didik dalam uji luasan. Hasil analisis V Aiken's dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Hasil Analisis Instrumen Pengumpulan Data (V Aiken's)

Instrumen	Rentang Nilai	Kategori Validitas
Soal Pretest dan Posttest	0.89—1.00	Tinggi
Angket Respon Peserta Didik	1.00	Tinggi

b. Uji Terbatas

Validasi empiris dilakukan untuk menguji validitas soal tes berdasarkan data nilai *pretest* dan *posttest* yang diberikan oleh peserta didik dalam uji terbatas. Dengan menggunakan bantuan QUEST dan analisis kriteria skor INFIT MNSQ, seluruh soal pretest dan posttest dinyatakan valid. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 8. Hasil Validasi Empiris Soal *Pretest*

No	IndikatorBK	Skor	Keterangan
1	1	1.06	Valid
	2	0.92	Valid
	3	1.19	Valid
	4	0.86	Valid
	5	0.86	Valid
2	1	0.99	Valid
	2	0.82	Valid
	3	1.17	Valid
	4	1.03	Valid

	5	1.08	Valid
3	1	1.12	Valid
	2	0.98	Valid
	3	1.23	Valid
	4	1.08	Valid
	5	1.01	Valid
4	1	0.82	Valid
	2	0.81	Valid
	3	1.02	Valid
	4	0.98	Valid
	5	0.97	Valid

No	IndikatorBK	Skor	Keterangan
1	1	1.03	Valid
	2	0.83	Valid
	3	1.11	Valid
	4	0.80	Valid
	5	0.80	Valid
2	1	0.87	Valid
	2	0.99	Valid
	3	0.86	Valid
	4	0.96	Valid
	5	0.89	Valid
3	1	0.93	Valid
	2	Perfec t score	Valid
	3	1.20	Valid
	4	1.18	Valid
	5	1.18	Valid
4	1	0.82	Valid
	2	1.17	Valid
	3	1.16	Valid
	4	1.15	Valid
	5	1.24	Valid

Keterangan Indikator Berpikir Kritis

1 : Memahami pokok permasalahan

2 : Menganalisis besaran fisis yang ada dalam permasalahan

3 : Menyelesaikan permasalahan dengan persamaan yang tepat.

4 : Membuat kesimpulan dari proses pemecahan permasalahan.

5 : Memberikan alasan atau menjelaskan kesimpulan yang telah dibuat.

Tabel di atas menunjukkan bahwa 4 soal *pretest* dan 4 soal *posttest* dinyatakan valid atau fit untuk digunakan pada uji luasan. Dilakukan pula analisis hasil data dari uji terbatas untuk mengetahui kekurangan dari instrumen penelitian yang dikembangkan oleh peneliti. Hasil analisis data pada uji terbatas dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 9. Hasil Analisis Data pada Uji Terbatas

	Nilai	Kategori
Kelayakan Media oleh Peserta Didik	$S_{Bi} = 2.45$	Baik
Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis	Gain = 0.706	Peningkatan Tinggi

Tabel di atas menunjukkan bahwa media telah dinilai layak oleh peserta didik dengan kategori baik dan kategori peningkatan kemampuan berpikir kritis yang dialami oleh peserta didik pada uji terbatas adalah peningkatan yang tinggi.

c. Uji Luasan

Uji luasan melibatkan tiga kelas yang berbeda, yaitu kelas kontrol 1, kelas kontrol 2, dan kelas eksperimen. Kelas kontrol 1 berisi peserta didik yang menggunakan model pembelajaran konvensional, yaitu ceramah. Sedangkan kelas kontrol 2 dan kelas eksperimen menggunakan model *Problem Based Learning*. Perbedaan kedua kelas terletak pada media pembelajaran yang digunakan. Pada kelas kontrol 2, media pembelajaran yang digunakan adalah PPT dan buku. Sedangkan pada kelas eksperimen, media pembelajaran yang digunakan adalah media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* yang dikembangkan oleh peneliti.

Peningkatan kemampuan berpikir kritis berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest* yang diberikan kepada peserta didik di tiga kelas yang berbeda pada uji luasan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 10. Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Uji Luasan

Kelas	Gain	Kategori
Kontrol 1	0.64	Sedang
Kontrol 2	0.67	Sedang
Eksperimen	0.80	Tinggi

Untuk lebih detailnya, peningkatan kemampuan berpikir kritis di setiap indikator kemampuan berpikir kritis dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 11. Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Setiap Indikator

Indikator	Kelas	Nilai	Kategori
K1	Kontrol 1	0.85	Tinggi
	Kontrol 2	0.80	Tinggi
	Eksperimen	0.94	Tinggi
K2	Kontrol 1	0.85	Tinggi
	Kontrol 2	0.80	Tinggi
	Eksperimen	0.94	Tinggi
K3	Kontrol 1	0.68	Sedang
	Kontrol 2	0.53	Sedang
	Eksperimen	0.68	Sedang

K4	Kontrol 1	0.39	Rendah
	Kontrol 2	0.58	Sedang
	Eksperimen	0.80	Tinggi
K5	Kontrol 1	0.39	Rendah
	Kontrol 2	0.58	Sedang
	Eksperimen	0.80	Tinggi

Keterangan Indikator Berpikir Kritis

- 1 : Memahami pokok permasalahan
- 2 : Menganalisis besaran fisis yang ada dalam permasalahan
- 3 : Menyelesaikan permasalahan dengan persamaan yang tepat.
- 4 : Membuat kesimpulan dari proses pemecahan permasalahan.
- 5 : Memberikan alasan atau menjelaskan kesimpulan yang telah dibuat.

Tabel di atas menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan peserta didik pada kelas eksperimen yang menggunakan media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* lebih tinggi daripada kelas kontrol 1 dan kelas kontrol 2 yang tidak menggunakan media tersebut. Selain berdasarkan nilai hasil pretest dan posttest, Adapun analisis berdasarkan angket respon peserta didik dalam uji luasan. Hasil analisis angket respon peserta didik dalam uji luasan mendapatkan nilai rata-rata SBi sebesar 2.59 dengan kategori baik.

4. Tahap *Dissemination*

Kegiatan pada tahap terakhir yang dilakukan adalah penyebaran produk akhir pengembangan. Produk berupa media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* yang terdiri dari modul fisika dan aplikasi *Augmented Reality* disebar ke melalui link gdrive untuk dimanfaatkan sebagai media penunjang dalam kegiatan pembelajaran.

Pembahasan

a..Kelayakan Menurut Validator Ahli dan Praktisi

Kelayakan media pembelajaran fisika berupa modul dan aplikasi Android yang dikembangkan peneliti diperoleh dari hasil penilaian oleh validator ahli dan validator praktisi. Penilaian berupa tanggapan terhadap media yang dikembangkan dengan mengisi lembar instrumen penilaian. Penilaian ditinjau dari beberapa aspek, yaitu isi, kebahasaan, desain dan tampilan, serta penggunaan.

Secara keseluruhan, media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* mendapatkan nilai rata-rata kelayakan dari para validator sebesar 1.602 dan berada pada kategori baik menurut Mardapi (2016). Membantu peserta didik dalam mengimajinasikan atau dan memvisualisasikan konsep fisika

kepraktisan serta kemudahan penggunaan, baik oleh guru maupun peserta didik, merupakan keunggulan dalam media ini. Berdasarkan nilai tersebut, media ini dapat digunakan sebagai inovasi media pembelajaran fisika bagi pendidik serta membantu mengenalkan media *Augmented Reality* kepada peserta didik.

Media pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti sesuai dengan KI, KD, dan tujuan pembelajaran. Sesuai dengan indikator media pembelajaran yang baik menurut Pratiwi & Meilani (2018), yaitu adanya relevansi antara media pembelajaran dengan bahan ajar juga Nurrita (2018) yang menyebutkan pentingnya kesesuaian media pembelajaran dengan tujuan pembelajaran. Media pembelajaran yang dikembangkan peneliti juga dilengkapi dengan petunjuk penggunaan media yang jelas serta materi yang disajikan lengkap dan runtut. Hal ini sesuai dengan Munadi (2013:8) yang mengungkapkan bahwa media adalah sesuatu yang menyalurkan informasi dari sumber secara terstruktur. Penyusunan kegiatan pembelajaran dalam media juga mendukung kemampuan berpikir kritis. Kegiatan pembelajaran disusun dengan memberikan permasalahan untuk dianalisis dan dipecahkan, serta ditarik kesimpulan

penyelesaiannya oleh peserta didik. Hal tersebut sesuai dengan indikator kemampuan berpikir kritis menurut Setyawati (dalam Rachmantika, 2019).

Gambar yang disajikan dalam media juga baik dan jelas, serta tampilan animasi video pada aplikasi Android berbasis *Augmented Reality* menarik. Hal ini menunjukkan bahwa media pembelajaran fisika yang dikembangkan peneliti membantu peserta didik dalam memvisualisasikan dan mengimajinasikan konsep fisika sehingga materi momentum impuls lebih mudah dimengerti oleh peserta didik. Hal tersebut sesuai dengan kelebihan media *Augmented Reality* yang diungkapkan oleh Mustaqim & Kurniawan (2017:37) dan sejalan dengan Rohmaniyah (2020:20) yang menyebutkan bahwa *Augmented Reality* berfungsi memperjelas gambar dengan menerapkan variasi animasi, audio, ataupun video juga sejalan dengan penelitian Faridi, et al. (2020) yang menemukan bahwa media berbasis *Augmented Reality* mempermudah peserta didik dalam memvisualisasikan konsep fisika yang abstrak.

Media mudah diakses dan dioperasikan, tampilan pada media sesuai dengan konsep fisika yang diajarkan, media praktis dan dapat digunakan kapan pun di mana pun, serta aplikasi Android berbasis *Augmented Reality* yang dikembangkan peneliti dapat memvisualisasikan konsep fisika. Kemudahan dalam pengaksesan dan kepraktisan atau fleksibilitas menunjukkan kriteria dan indikator pemilihan media yang telah sesuai dengan Nurrita (2018) dan Pratiwi & Meilani (2018).

b. Kelayakan Menurut Peserta Didik

Secara keseluruhan, media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* mendapat tanggapan baik dari peserta didik dengan nilai rata-rata sebesar 2.59. Penggunaan media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* dapat dikatakan praktis dan efektif karena tujuan yang ditetapkan dalam pembentukan media ini dapat dikatakan tercapai berdasarkan respon peserta didik dengan kategori baik. Sesuai dengan makna efektifitas menurut Rahma (dalam Abi Hamid, et al., 2020:44) yang berarti keberhasilan pembelajaran yang dapat dilihat dari tingkat ketercapaian tujuan setelah pembelajaran selesai dilaksanakan. Maka media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran fisika untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik berdasarkan respon peserta didik.

Media ini mampu menarik perhatian peserta didik karena media *Augmented Reality* masih jarang ditemui di sekolah-sekolah, khususnya ini adalah kali pertama bagi peserta didik di SMAN 10 Yogyakarta melakukan kegiatan pembelajaran fisika menggunakan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality*. Unsur tata letak pada media juga saling berhubungan dan cenderung sama di setiap halaman modul sehingga nyaman dilihat serta tidak mendistraksi fokus peserta didik saat kegiatan pembelajaran berlangsung.

Dengan menggunakan media ini, peserta didik merasa terbantu sehingga mudah untuk memvisualisasikan konsep fisika yang dimaksud. Hal tersebut nampak pada perbedaan kelas yang tidak menggunakan media pembelajaran ini yang membutuhkan waktu lebih banyak dalam memahami konsep fisika yang diberikan dalam kegiatan pembelajaran. Sejalan dengan Faridi, et al., (2021) yang mengungkapkan bahwa media berbasis *Augmented Reality* mempermudah peserta didik dalam memvisualisasikan konsep fisika yang abstrak dan membantu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep tersebut. Media pembelajaran fisika ini juga mendorong peserta didik untuk berpikir kritis dengan penyajian permasalahan yang harus dipecahkan sesuai dengan setiap kegiatan yang disusun berdasarkan model *Problem Based Learning*. Hal ini sejalan dengan penelitian Rahmatullah (2021) yang menyatakan bahwa media berbasis *Augmented Reality* dengan model *Problem Based Learning* (Ratnasari, et al., 2022) membantu peserta didik dalam melatih kemampuan pemecahan masalah. Penyajian soal dan latihan soal untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan multi representasi peserta didik. Peserta didik yang telah melakukan proses pemecahan permasalahan secara kelompok dan mendapatkan penguatan materi momentum impuls dapat mengerjakan

latihan soal berupa Quiz yang disediakan dalam modul untuk melatih kemampuan peserta didik.

Peserta didik dapat memahami petunjuk penggunaan media yang telah disajikan pada modul secara mandiri. Media yang dikembangkan juga mudah diaplikasikan di smartphone, yaitu dengan cara menginstall file aplikasi yang telah dibagikan oleh peneliti. Meski demikian, masih ada beberapa keterbatasan, yaitu tidak semua smartphone Android berhasil menginstall aplikasi di *smartphone* masing-masing. Hal ini terjadi karena pengaturan dasar smartphone dan beberapa hal lain yang tidak dapat dipecahkan oleh peneliti. Adapula yang tidak berhasil menginstall aplikasi ini karena memori yang tidak memadai. Media yang dikembangkan peneliti praktis saat digunakan serta dapat digunakan di manapun dan kapanpun. Media berupa modul dan aplikasi Android *Augmented Reality* ini tidak memerlukan koneksi internet setelah modul berhasil tersimpan dan aplikasi berhasil terinstall di smartphone. Namun masih ada kegiatan dalam modul yang memerlukan koneksi internet, seperti kegiatan praktikum menggunakan virtual lab.

c. Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis

Kelas kontrol 1 merupakan kelas dengan peserta didik yang melakukan kegiatan pembelajaran secara konvensional seperti kegiatan pembelajaran di sekolah pada umumnya, yaitu menggunakan model ceramah dan media berupa buku juga papan tulis. Sedangkan kelas kontrol 2 dan eksperimen menggunakan model *Problem Based Learning* dengan 3 permasalahan yang diangkat dalam kegiatan pembelajaran. Permasalahan tersebut antara lain menghubungkan fenomena kecelakaan seorang artis dengan konsep momentum impuls, mencari cara untuk mendapatkan kelereng paling banyak saat melakukan permainan kelereng, dan menentukan jenis bola yang dapat menggantikan bola bekel untuk melakukan permainan bola bekel.

Perbedaan perlakuan di kelas kontrol 2 dan eksperimen terletak pada media pembelajaran yang digunakan. Peserta didik di kelas kontrol 2 melakukan kegiatan pembelajaran menggunakan media berupa PPT atau buku. Sedangkan peserta didik kelas eksperimen melakukan kegiatan pembelajaran menggunakan media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* berupa modul dan aplikasi Android *Augmented Reality*.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diketahui bahwa terjadi peningkatan kemampuan berpikir kritis di setiap kelas. Meski demikian, besarnya peningkatan yang telah dianalisis menggunakan gain ternormalisasi menunjukkan adanya perbedaan. Diketahui bahwa peningkatan kemampuan berpikir kritis tertinggi dialami oleh peserta didik di kelas eksperimen dengan

nilai gain sebesar 0.80 yang termasuk kategori peningkatan sedang. Kemudian disusul dengan peningkatan peserta didik di kelas kontrol 2 dan yang terakhir adalah di kelas kontrol 1. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* berpengaruh positif terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik secara signifikan.

Berdasarkan hasil analisis, didapatkan pula bahwa kemampuan berpikir kritis di kelas eksperimen pada indikator 1 dan 2, yaitu, memahami pokok permasalahan dan menganalisis besaran fisis yang ada dalam permasalahan, mengalami peningkatan yang lebih maksimal dengan nilai gain 0.94 pada kategori tinggi daripada indikator yang lain. Besar peningkatan serupa juga hampir diimbangi oleh kelas kontrol 1 dan 2. Dengan peningkatan terkecil terjadi oleh kelas kontrol 2. Hal tersebut menunjukkan bahwa peserta didik masih kurang memahami pokok permasalahan dan menganalisis besaran fisis saat menggunakan model *Problem Based Learning* tanpa media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality*. Dapat diartikan bahwa modul yang terintegrasi dengan aplikasi *Augmented Reality* mempermudah peserta didik dalam memvisualisasikan atau mengimajinasikan suatu informasi atau konsep fisika dengan lebih

baik. Hal tersebut juga membantu peserta didik untuk menganalisis besaran fisis yang ada dalam suatu konsep atau fenomena.

Sayangnya indikator kemampuan berpikir kritis 3, yaitu menyelesaikan permasalahan dengan persamaan yang tepat, mengalami peningkatan yang lebih rendah dibandingkan yang lainnya dengan nilai gain sebesar 0.68 pada kategori sedang. Besar peningkatan pada kelas eksperimen tersebut sama dengan besar peningkatan pada kelas kontrol 1 yang menggunakan model konvensional. Hal ini menandakan bahwa tidak ada perbedaan peningkatan kemampuan peserta didik untuk menyelesaikan permasalahan dengan persamaan yang tepat pada peserta didik yang menggunakan model *Problem Based Learning* dengan media pembelajaran fisika berbasis *Augmented*

Reality dan yang menggunakan model konvensional. Namun terdapat perbedaan peningkatan pada peserta didik kelas kontrol 2 dengan kelas eksperimen yang menunjukkan bahwa kegiatan pembelajaran dengan menggunakan metode *Problem Based Learning* menggunakan media berbasis *Augmented Reality* lebih unggul dibandingkan jika menggunakan media konvensional seperti PPT dan buku.

Kelas eksperimen terbukti jauh lebih unggul dalam meningkatkan kemampuan peserta didik pada indikator 3 dan 4, yaitu menyimpulkan dan mengevaluasi, dengan nilai gain sebesar 0.8 dan termasuk kategori terjadi peningkatan yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa modul yang didesain untuk mengarahkan kegiatan yang mendukung peserta didik untuk menyajikan hubungan dalam konsep dan antarvariabel dalam fenomena, serta simbol-simbol yang terdapat dalam modul juga animasi yang disajikan melalui aplikasi *Augmented Reality* berhasil membuat peserta didik mampu menyimpulkan dengan logis dan mengevaluasi hasil pemecahan permasalahan.

Peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik menggunakan media pembelajaran fisika yang dikembangkan peneliti diyakini karena media pembelajaran berupa modul yang dikembangkan sesuai dengan sintaks model *Problem Based Learning* yang dalam penerapannya terpusat pada peserta didik dan melibatkan peserta didik secara aktif untuk melakukan penyelidikan sehingga pemahaman konsep fisika dapat terbentuk dan kemampuan pemecahan permasalahan meningkat. Modul ini terintegrasi dengan aplikasi Android *Augmented Reality* guna membantu peserta didik untuk memvisualisasikan konsep fisika sehingga lebih mudah memahami konsep tersebut. Penelitian ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmatullah (2021), Dewi (2021), Faridi, et al., (2020), dan Retnaningtyas, et al., (2021) yang menyatakan bahwa media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah peserta didik.

Selain karena media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality*, peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik juga dipengaruhi oleh model pembelajaran yang digunakan, yaitu *Problem Based Learning*. Hal ini dibuktikan dengan peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik di kelas kontrol 2 yang menggunakan model *Problem Based Learning* lebih tinggi jika dibandingkan dengan peserta didik di kelas kontrol 1 yang menggunakan model ceramah. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ratnasari, et al. (2022) yang meyakini bahwa model pembelajaran *Problem Based Learning* dengan media *Augmented Reality* dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Juga penelitian oleh Fadilla, et al. (2021) yang menunjukkan bahwa model *Problem Based Learning* sendiri mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* berupa modul dan aplikasi Android berbasis *Augmented Reality* layak digunakan dalam pembelajaran fisika pada materi momentum impuls. Media media pembelajaran fisika berbasis *Augmented Reality* yang dikembangkan peneliti

telah mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik yang ditunjukkan dari perolehan nilai gain pada uji luasan sebesar 0.80 yang menunjukkan terjadi peningkatan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abi Hamid, M., Ramadhani, R., Masrul, M., Juliana, J., Safitri, M., Munsarif, M., ... & Simarmata, J. (2020). *Media pembelajaran*. Yayasan Kita Menulis.
- Aththibby, A. R., & Kuswanto, H. (2021, February). Development of an integrated augmented reality experiment module on the topic of motion kinematics on student learning motivation. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1816, No. 1, p. 012086). IOP Publishing.
- Azuma, R. T. (1997). *A survey of Augmented Reality. Presence: teleoperators & virtual environments*, 6(4), 355-385.
- Azwar, S. (2016). *Metode Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Azzam, A. (2015). Pembangunan Flash Card Berbasis Augmented Reality Untuk Menunjang Pembelajaran Pada Anak PRA Sekolah. *Teknoin*, 21(4).
- Castelo-Branco, I., Cruz-Jesus, F., & Oliveira, T. (2019). Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union. *Computers in Industry*, 107, 22-32.
- Dewi, Poppy Sari. (2021). *Pengembangan EModule Fisika Berbantuan Augmented Reality Berbasis Kearifan Lokal Becak pada Materi Gerak Melingkar untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Representasi Matematis* [Tesis Tidak Diterbitkan, Universitas Negeri Yogyakarta].
- Dyer, K. D., & Hall, R. E. (2019). Effect of critical thinking education on epistemically unwarranted beliefs in college students. *Research in Higher Education*, 60, 293-314.
- Fadilla, N., Nurlaela, L., Rijanto, T., Ariyanto, S. R., Rahmah, L., & Huda, S. (2021, March). Effect of problem-based learning on critical thinking skills. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1810, No. 1, p. 012060). IOP Publishing.
- Faridi, H., Tuli, N., Mantri, A., Singh, G., & Gargrish, S. (2021). A framework utilizing augmented reality to improve critical thinking ability and learning gain of the students in Physics. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 258-273.
- Fatimah, S. (2020). *Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Melalui Penerapan Blended Learning Dalam Kerangka Tpack Pada Materi Sistem Imun* (Doctoral dissertation, FKIP UNPAS).
- Hafidha, P. N. W., & Endah Sudarmilah, S. T. (2014). *Augmented Reality Sistem Periodik Unsur Kimia Sebagai Media Pembelajaran Bagi Siswa Tingkat SMA Berbasis Android Mobile* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Hudha, M. N., & Batlolona, J. R. (2017). How are the physics critical thinking skills of the students taught by using inquirydiscovery through empirical and theoretical overview? *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(2), 691-697.
- Indrawan, A., Wayan, I., & Komang, S. (2021). Augmented reality sebagai media pendidikan interaktif dalam pandemi COVID-19. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 61-70.
- Istiyono, Edi. (2020). *Pengembangan Instrumen Penilaian dan analisis Hasil Belajar Fisika dengan Teori Klasik dan Modern Edisi ke-2*. UNY Press.
- Kristianti, N. (2019). Pengaruh Internet of Things (Iot) Pada Education Business Model: Studi Kasus Universitas Atma Jaya Yogyakarta. *Jurnal Teknologi Informasi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknik Bidang Informatika*, 13(2), 47-53.
- Kumar, R., Zhi-gang, Z., & Livadiotis, G. (2016). The learning reconstruction of particle system and linear momentum conservation in introductory physics course the learning reconstruction of particle system and linear momentum conservation in introductory

- physics course. *Journal of Physics: Conference Series*, 739. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/739/1/012111>.
- Mahanal, S., Zubaidah, S., Sumiati, I. D., Sari, T. M., & Ismirawati, N. (2019). RICOSRE: A Learning Model to Develop Critical Thinking Skills for Students with Different Academic Abilities. *International Journal of Instruction*, 12(2), 417-434.
- Mardapi, D. (2016). *Pengukuran, Penilaian, dan Evaluasi Pendidikan*. Yogyakarta: Parama Publishing.
- Munadi, Yudhi. 2013. *Media Pembelajaran (Sebuah Pendekatan Baru)*. Jakarta: Referensi.
- Mustaqim, I., & Kurniawan, N. (2017). Pengembangan augmented reality sebagai media pembelajaran pengenalan komponen pneumatik di SMK. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 14(2).
- Ndihokubwayo, K., Uwamahoro, J., & Ndayambaje, I. (2020). Usability of Electronic Instructional Tools in the Physics Classroom. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(11).
- Ndihokubwayo, K., Uwamahoro, J., & Ndayambaje, I. (2022). Assessment of Rwandan physics students' active learning environments: classroom observations. *Physics Education*, 57(4), 045027.
- Nurrita Teni.(2018) Pengembangan Media Pembelajaran Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Media Pembelajaran*,(1),7-8.
- Pangestu, A. T., & Wulandari, S. (2023). Aplikasi Mobile Augmented Reality Pengenalan Berbagai Macam Virus Sebagai Media Pembelajaran Berbasis Android. *JUKI: Jurnal Komputer dan Informatika*, 5(2), 278-287.
- Permata, A. R., Muslim, M., & Suyana, I. (2019, December). Analisis kemampuan berpikir kritis siswa SMA pada materi momentum dan impuls. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* (Vol. 8, pp. SNF2019-PE).
- Permatasari, C. P., Yerizon, Y., Arnawa, I. M., & Musdi, E. (2020, May). Improving Students' Problem-Solving Ability through Learning Tools Based on Problem Based Learning. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1554, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.
- Pratiwi, I. T. M., & Meilani, R. I. (2018). Peran media pembelajaran dalam meningkatkan prestasi belajar siswa. *Jurnal Pendidikan Manajemen Perkantoran*, 3(2), 173-181.
- Rachmedita, Valensy. (2017). *PENINGKATAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA DALAM PEMBELAJARAN IPS DENGAN MENGGUNAKAN STRATEGI ACTIVE SHARING KNOWLEDGE PADA KELAS VIII B SMP WIYATA KARYA NATAR TAHUN PELAJARAN 2015/2016* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS LAMPUNG).
- Rahayu, Mega Sepriana Ika & Kuswanto, Heru. (2020). *Pengembangan Komik Permainan Karambol Berbasis Android Terintegrasi Discovery Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Representasi Matematis pada Pembelajaran Fisika*. [Tesis, Tidak Diterbitkan]. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rahmatullah. (2021). *Pengembangan Bahan Ajar Fisika Kontekstual Berbantuan Media Augmented Reality (AR) untuk Meningkatkan Kemampuan Representasi Matematis dan Pemecahan Masalah Peserta Didik*. [Tesis, Tidak Diterbitkan]. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Ratnasari, D., Mahrawi, M., Wahyuni, I., & Risdatika, V. (2022). PENGARUH AUGMENTED REALITY BERBASIS WEB DENGAN MODEL PROBLEM BASED LEARNING TERHADAP SIKAP KONSERVASI PESERTA DIDIK. *AL ULUM: JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI*, 8(1), 6-12.
- Retnaningtyas, T. A., Suprapro, Nadi, & Achmadi, Hainur Rasid. (2021). Studi Literatur Pemanfaatan Media Augmented Reality untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik, *Inovasi Pendidikan Fisika*, 10(01):39—49. ISSN: 2302-4496.

- Rohmaniyah, I. A., & Wiyatmo, Y. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Augmented Reality pada Materi Pemanasan Global untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik Kelas XI SMA/MA. [Skripsi Tidak Diterbitkan] Universitas Negeri Yogyakarta.
- Savitri, A. (2019). *Revolusi industri 4.0: mengubah tantangan menjadi peluang di era disrupsi 4.0*. Penerbit Genesis.
- Sugiono, P. D. (2019). *Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development/R&D)*, Kesatu. Bandung: Alfabeta.
- Sundayana, H. R. (2018). *Statistika penelitian pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Tang, K. N. (2018). The importance of soft skills acquisition by teachers in higher education institutions. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 2–7. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2018.01.002>.
- Thahara, I. P., Mulyadi, H., & Utama, D. H. (2016). Efektivitas Model Problem Based Learning Dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Pada Kelas Bisnis Dan Kewirausahaan. *Journal of Business Management Education (JBME)*, 1(2), 70-74.
- Thiagarajan, S. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*.
- Tiruneh, D. T., De Cock, M., Weldeslassie, A. G., Elen, J., & Janssen, R. (2017). Measuring critical thinking in physics: Development and validation of a critical thinking test in electricity and magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15, 663-682.
- Usmeldi, U., Amini, R., & Trisna, S. (2017). The development of research-based learning model with science, environment, technology, and society approaches to improve critical thinking of students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 318-325.
- Vari, Y., & Bramastia, B. (2021). Pemanfaatan Augmented Reality Untuk Melatih Keterampilan Berpikir Abad 21 Di Pembelajaran Ipa. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 10 (2), 131–136.