



Tinjauan Literatur Sistematis: Perkembangan Penggunaan Teknologi Augmented Reality (AR) pada Pembelajaran Fisika

Mohammad Ryan Mahsun Ali^{1),2),*}, Novita Eka Putri²⁾, Heru Kuswanto²⁾

¹⁾SMK Negeri 1 Bunyu

²⁾Departemen Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta

*Corresponding Author: mahsun.ryan93@gmail.com

Abstrak: Artikel ini memberikan gambaran mengenai perkembangan penggunaan teknologi augmented reality (AR) dalam pembelajaran fisika, sehingga harapannya dapat memberikan arah dalam melakukan penelitian lebih lanjut. Metode penelitian menggunakan model PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses*), analisis yang dilakukan sebanyak 53 artikel berkaitan dengan AR yang dipublikasikan sejak tahun 2017 hingga 2022. Penelitian AR dalam pembelajaran fisika mengalami peningkatan hingga puncaknya di tahun 2022, yang didominasi oleh topik penelitian pengembangan media pembelajaran. Jenjang sekolah yang sering dijadikan sebagai sampel penelitian yaitu jenjang SMA, dengan besar ukuran sampel 1-30 responden. Metode yang mendominasi penelitian AR adalah R&D model ADDIE. Penggunaan AR menciptakan lingkungan belajar yang lebih menarik. Hasil yang didapatkan dari tinjauan literatur menunjukkan terdapat keberhasilan pengembangan teknologi AR dalam menunjang capaian pembelajaran pada berbagai konsep fisika. Menggabungkan bahan ajar yang telah ada dengan didukung teknologi AR menggunakan smartphone mampu mengubah wajah pembelajaran fisika saat ini dan dimasa mendatang.

Kata Kunci: *Augmented Reality*, Media, Pembelajaran Fisika.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pendidikan abad 21 menuntut guru menguasai teknologi dalam melaksanakan pembelajaran di dalam kelas. Penggunaan teknologi dalam pendidikan mengalami perkembangan yang sangat pesat. Salah satu penggunaan teknologi dalam Pendidikan yaitu teknologi *Augmented Reality* (AR). *Augmented Reality* (AR) menjadi sangat populer dalam beberapa tahun terakhir. Awalnya aplikasi AR digunakan sebagai alat yang berorientasi sains. Namun, setelah digunakan dalam pembelajaran oleh pendidik dan peserta didik, aplikasi AR berkembang menjadi sebuah media pembelajaran yang modern untuk diterapkan didalam kelas dalam meningkatkan proses pendidikan (Huang *et al.*, 2016). Selain itu, aplikasi AR menumbuhkan keterampilan pemecahan masalah, observasi dan eksplorasi (Zafeiropoulou *et al.*, 2021). Sehingga dengan penggunaan aplikasi AR dapat memudahkan pembelajaran dan meningkatkan interaksi antara peserta didik dengan konsep-konsep yang sedang dipelajari.

Teknologi *augmented reality* (AR) menjadi jembatan antara dunia virtual dan dunia nyata. Keberhasilan AR dalam pembelajaran telah terbukti membantu peserta didik dalam melakukan praktik sederhana. Pengenalan aplikasi AR dalam pendidikan telah membuat materi pembelajaran dipahami dengan lebih mudah dan meningkatkan efisiensi penyelesaian serta realisasi penugasan (Radosavljevic *et al.*, 2020). Penyebaran teknologi semacam ini semakin dipercepat dengan penggunaan perangkat seluler yang luas (Devers and Panke, 2018). Aplikasi AR memungkinkan informasi berupa; teks, gambar, suara atau objek yang disatukan dengan lingkungan nyata, sehingga peserta didik dapat memahami melalui demonstrasi.

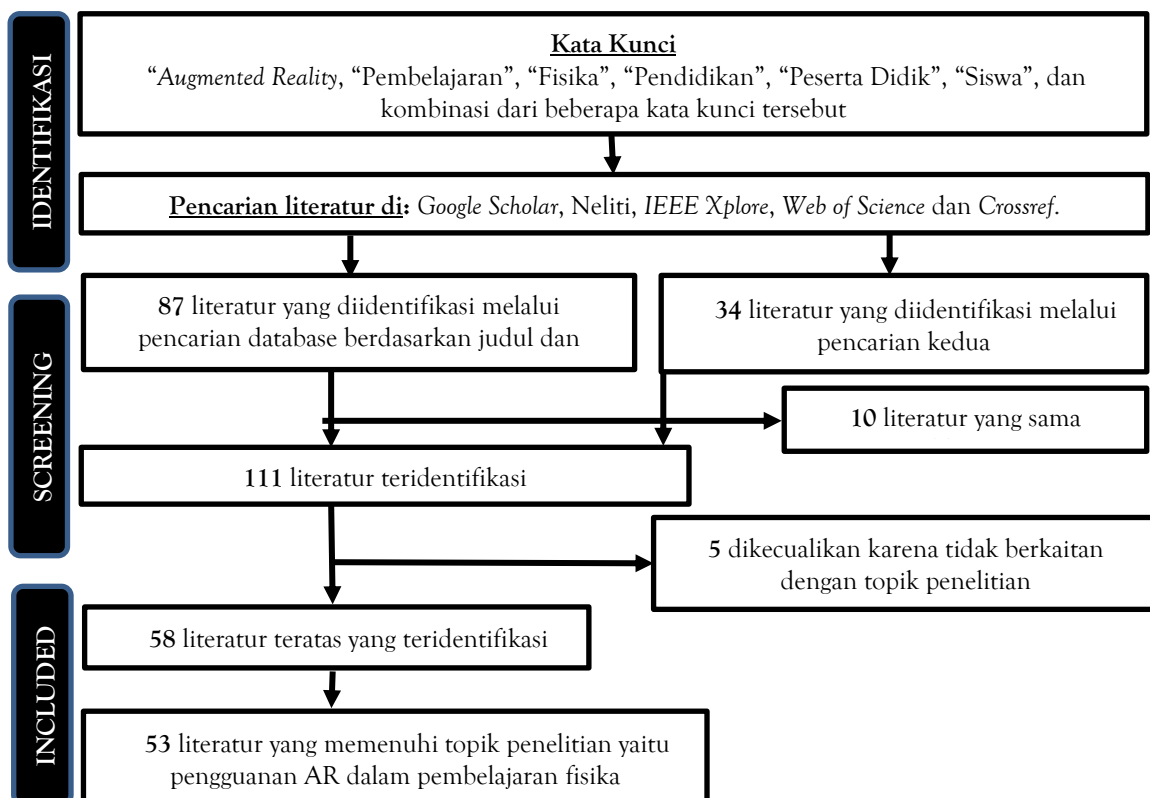
Penggunaan aplikasi *augmented reality* dalam pembelajaran fisika antara lain, memvisualisasikan medan vector dalam materi elektromagnetik melalui objek dunia nyata (Cai *et al.*, 2017; Matsutomo *et al.*, 2017), menganimasi gerak internal mesin *Stirling* dan aliran udara dalam eksperimen fisika suhu dan kalor (Strzys *et al.*, 2017; Pittman and LaViola, 2020), dan mengoperasikan peralatan laboratorium yang kompleks untuk percobaan fisika dalam membangun pengetahuan konseptual (Altmeyer *et al.*, 2020; Thees *et al.*, 2020). Hal ini dapat divisualisasikan melalui penambahan objek virtual. Kemudahan penggunaan aplikasi pada *smartphone* yang

memiliki sifat *mobile* dapat memfasilitasi interaksi antara peserta didik dan lingkungan belajar. Teknologi *augmented reality* memungkinkan peserta didik mendapatkan pengalaman penggabungan antara dunia *virtual* dan dunia nyata. Meskipun telah terbukti membantu dalam pemahaman materi fisika, masih diperlukan penelitian yang mendalam mengenai sejauh mana penggunaan AR secara berkelanjutan dapat mempertahankan pemahaman dan retensi konsep fisika oleh siswa. Evaluasi yang memperhatikan efek jangka panjang dari penggunaan AR terhadap pemahaman siswa dari waktu ke waktu perlu dilakukan.

Pembelajaran fisika di masa depan mendapat tantangan dengan adanya aplikasi *augmented reality*. Peserta didik sudah seharusnya disediakan kesempatan seluas-luasnya dalam hal membaca, berdiskusi, dan merenungkan konten, ide gagasan, masalah serta mempelajari objek materi secara bermakna. Terdapat kebutuhan akan penelitian yang memfokuskan pada perkembangan keterampilan kognitif siswa, seperti kemampuan pemecahan masalah, pemikiran kritis, dan analisis, yang terjadi melalui penggunaan AR dalam pembelajaran fisika. Hal ini akan memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai manfaat kognitif yang diperoleh siswa melalui teknologi AR ini. Idealnya pembelajaran fisika dapat mengikuti perkembangan zaman ketika berada di dunia yang serba canggih dalam meningkatkan pemikiran komputasi diantara peserta didik. (Baranov, 2020; Orban and Teeling-Smith, 2020; Weber and Wilhelm, 2020). Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan evaluasi terhadap perkembangan pemanfaatan teknologi *augmented reality* (AR) dalam proses belajar-mengajar fisika. Harapannya adalah agar dapat digunakan sebagai arahan dan acuan bagi pendidik dalam mengajar maupun bagi peneliti yang hendak mengembangkan inovasi penggunaan aplikasi AR.

2. METODE

Studi ini merupakan bentuk studi tinjauan literatur sistematis (*systematic literature review*) yang melibatkan analisis terhadap pengetahuan, hasil diskusi, dan konsep yang terdapat pada literatur ilmiah. Pengolahan data teknis dilakukan dengan pendekatan analitis melalui pemanfaatan informasi yang terdokumentasi dalam kajian literatur. Informasi yang terkumpul terdiri dari data kualitatif yang selanjutnya diuraikan dalam bentuk penjelasan yang lebih detail. Pencarian studi literatur terkait penggunaan AR dalam pembelajaran fisika dengan penekanan literatur terbaru dilakukan untuk menjawab pertanyaan tentang bagaimana penggunaan AR dalam pembelajaran fisika. Metode penelitian diilustrasikan kedalam diagram alir PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses*) yang diadopsi dari penelitian Lai dan Cheong pada tahun 2022 Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir PRISMA untuk pemilihan literatur (Lai and Cheong, 2022)

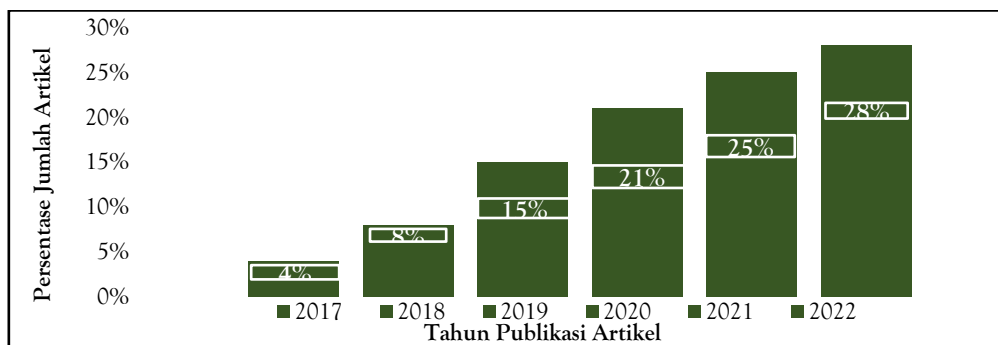
Literatur yang dicari harus memenuhi kriteria topik penelitian baik berupa artikel penelitian, konferensi dan makalah review. Database sumber dari pencarian *Google Scholar*, *Neliti*, *IEEE Xplore*, *Web of Science* dan *Crossref*. Pencarian difokuskan dari 7 tahun terakhir (2017 hingga 2022) dari jurnal internasional maupun nasional untuk melacak perkembangan terkini. Literatur diluar 7 tahun terakhir juga disertakan jika informasi yang diberikan tidak terikat waktu. Pencarian literatur berdasarkan pemasukan kata kunci berikut ini: “*Augmented Reality*”, “Pembelajaran”, “Fisika”, “Pendidikan”, “Peserta Didik”, “Siswa”, dan kombinasi dari beberapa kata kunci tersebut. Literatur yang muncul berulang telah dihapus pada pemeriksaan lini pertama.

Kemudian dilakukan proses penyaringan kedua yaitu dengan membaca abstrak atau pendahuluan. Sumber data lain yang menjadi fokus pembahasan adalah berdasarkan cara pembuatan AR, penggunaan dan pengaruh yang diberikan dalam pembelajaran fisika. Artikel yang dipublikasikan dalam jurnal atau *conference* berindeks SCOPUS, ISSN Journal, DOAJ, ataupun agensi pengindeks jurnal lainnya. Kriteria yang ditetapkan dalam analisis antara lain tahun terbit artikel, topik penelitian dan materi fisika yang diteliti.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian mengenai AR ini merupakan salah satu hal yang menjadi sorotan dalam bidang akademik. Ini di dimulai sejak maraknya kemajuan teknologi dalam menunjang pembelajaran di sekolah. Salah satunya yaitu penggunaan teknologi seperti AR (*Augmented Reality*) untuk memudahkan siswa memahami fisika dalam kemajuan abad 21.

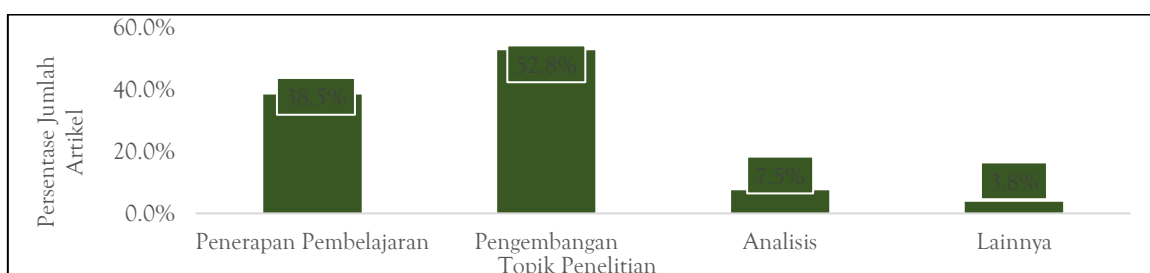
Sejak tahun 2017 hingga 2022, terdapat 53 literatur mengenai AR dalam pembelajaran fisika yang dipublikasikan pada berbagai jurnal dan konferensi baik nasional maupun internasional. Jumlah artikel yang terbit pada jurnal atau konferensi nasional sebanyak 34 dan pada jurnal atau konferensi internasional sebanyak 19 artikel. Gambar 2 berikut menunjukkan banyaknya peningkatan penelitian mengenai AR pada pembelajaran fisika di sekolah oleh para peneliti.



Gambar 2. Jumlah Penelitian AR Fisika dalam Beberapa Tahun

Jumlah penelitian mengenai AR sejak tahun 2017 terus mengalami peningkatan hingga puncaknya yaitu tahun 2022 yang mencapai 28%. Penelitian terkait AR ini tergolong dalam tema penelitian yang baru untuk pembelajaran fisika, sehingga memiliki peningkatan yang signifikan setiap tahunnya dalam menyelidiki pengembangan dan penggunaan *augmented reality*.

Selanjutnya, pada Gambar 3. Topik penelitian yang banyak digunakan untuk diteliti oleh para peneliti yaitu mengenai; pengembangan sebesar 52,8% , kemudian disusul oleh penerapan dalam pembelajaran sebesar 38,5%, analisis sebesar 7,5% dan lainnya 3,8%.



Gambar 3. Topik dalam Penelitian AR Fisika

Topik penelitian terkait pengembangan memuat tentang pengembangan bahan ajar menggunakan AR disampaikan oleh (Astra and Saputra, 2018; Bakri et al., 2018; Chaeranti et al., 2018; Permana et al., 2019; Putri et al., 2019; Siahaan et al., 2019; Ibisono and Achmadi, 2020; Khunaeni et al., 2020; Purwandari et al., 2021; Suprpto et al., 2021; Burhendi, 2022; Fortuna et al., 2022; Ilhamsyah et al., 2022; Kwuta et al., 2022); Pengembangan media pembelajaran dilakukan penelitian oleh (Siswarana and Djuniadi, 2017; Ismail et al., 2019; Nasir et al., 2019; Sumardani et al., 2019; Affriyenni et al., 2020; Apriliani et al., 2020; Dewi and Anggaryani, 2020; Kurniawati et al., 2020; Suprpto et al., 2020; Ali et al., 2021; Aryanta, 2021; Hyder et al., 2021; Oktaviani et al., 2021; Rohmaniyah and Wiyatmo, 2021; Wibowo et al., 2021; Zafeiropoulou et al., 2021; Ariama and Burhendi, 2022; Eddy and RA, 2022; Fortuna et al., 2022; Simaremare et al., 2022; Volioti et al., 2022; Wamepa et al., 2022; Wulandari et al., 2022; Yovan and Kholiq, 2022), dan Pengembangan perangkat pembelajaran oleh (Sari et al., 2020; Sumardani et al., 2020).

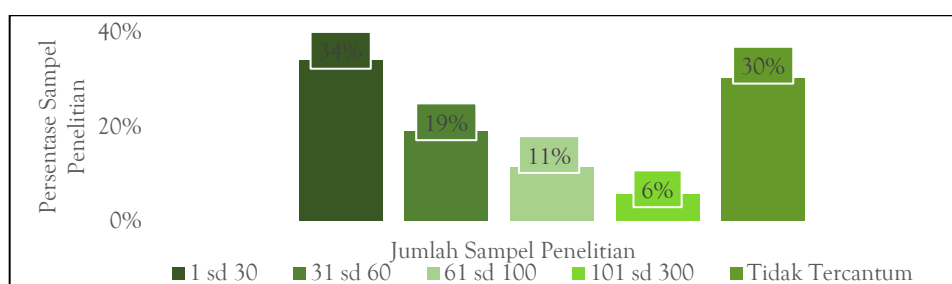
Selain itu untuk penerapan/implementasi AR dalam pembelajaran fisika juga menjadi dominasi ke-2 setelah meninjau penelitian pengembangan, yakni mencapai 38,5%. Banyak penggunaan *augmented reality*, rata-rata penggunaan AR dalam pembelajaran fisika menggunakan teknik pemodelan tiga dimensi. Pemodelan 3D ini dapat menjelaskan konsep dan proses yang ideal untuk pembelajaran fisika dikarenakan memberikan nilai tambah dan keunikan yang berbeda dibanding model kertas atau dua dimensi (2D) (Matsutomo et al., 2017). Teknik berikutnya adalah simulasi, yaitu penggunaan yang memungkinkan membuat lapisan *virtual AR* hanya ke bagian tertentu dari suatu proses dalam keadaan yang sebenarnya. (Chaeranti et al., 2018)

Secara umum teknologi AR dalam pembelajaran fisika penggunaannya memiliki karakteristik, yaitu dapat mengintegrasikan materi *virtual* dalam simulasi nyata dengan cara yang realistis dan *realtime*. Penggunaan secara sederhana dengan cara meletakkan teks dan gambar *qr code* didalam lembar materi atau bahan ajar yang dapat dipindai oleh kamera. Mendapatkan pemanfaatan secara optimal ketika objek nyata dapat diasosiasikan dengan objek virtual dengan sangat tepat, maka perlu menggunakan teknik seperti pemindaian komputer yang memungkinkan memantau objek secara *realtime* (Akçayır and Akçayır, 2017). Sehingga, kesulitan-kesulitan peserta didik dalam memahami materi yang abstrak dan fenomena kompleks dapat dengan mudah divisualisaikan menggunakan aplikasi *augmented reality*

Melalui teknologi AR yang digunakan dalam pembelajaran fisika dapat meningkatkan pembelajaran konstruktivis yaitu pembelajaran yang menekankan pada pengalaman bermakna peserta didik dan mengajak peserta didik untuk menjadi lebih aktif terlibat dalam konstruksi pemahaman konsep (Chaeranti et al., 2018). Melalui eksplorasi dan analisis data serta mendorong pembelajaran yang ada untuk mendukung kontekstualisasi pengalaman belajar. (Aryanta, 2021). Meningkatkan motivasi, interaksi dan kerjasama antara teman sebaya. Meningkatkan pemahaman tentang fenomena dan konsep yang kompleks. Mengontekstualisasi dan memperkaya dengan tambahan informasi dalam berbagai objek.

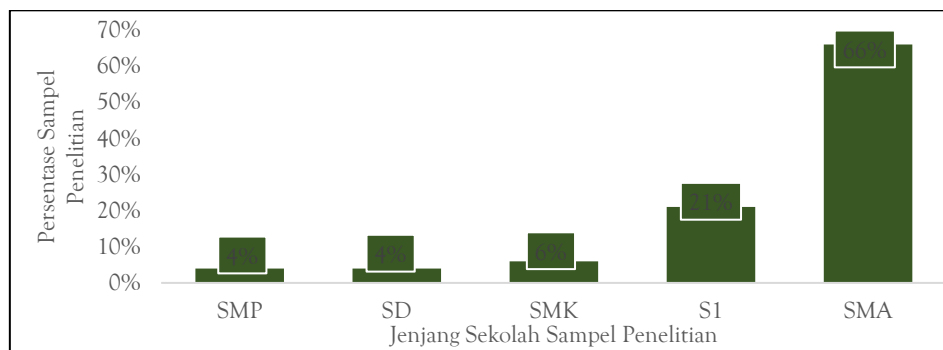
Kemudian topik yang populer berikutnya diikuti oleh topik analisis, yang meliputi; analisis buku dan analisis penggunaan media AR yang diungkapkan oleh (Cai et al., 2017, 2021; Mahpudin and Puadi, 2018; Bakri et al., 2019; Abdusselam and Karal, 2020; Faridi et al., 2021; Gurevych et al., 2021; Ismail, 2021; Ropawandi et al., 2022), sedangkan untuk topik penelitian lainnya hanya sebesar 3,8% yang meliputi penerapan model pembelajaran dengan penerapan AR serta efektifitas dari menggunakan media AR (Morales et al., 2019; Aisyah et al., 2020; Hartono, 2022; Yu et al., 2022).

Berikut ditunjukkan jumlah sampel pada artikel-artikel yang terdapat dalam penelitian AR ini ditunjukkan oleh Gambar 4.



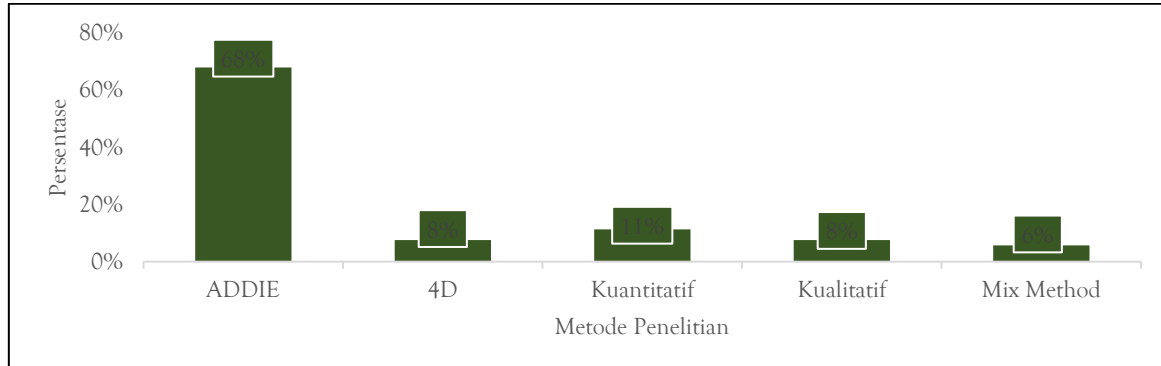
Gambar 4. Jumlah Sampel yang Digunakan dalam Penelitian AR

Dimana dapat diketahui pada Gambar 4 bahwa jumlah sampel 1 hingga 30 responden yang sering digunakan dalam penelitian, dengan perolehan persentase sebesar 34%. Dominasi jumlah sampel tersebut sering digunakan dalam model penelitian AR pada jenis pengembangan (*R&D*). Hal ini sejalan dengan penelitian milik (Dewi and Anggaryani, 2020; Ibisono and Achmadi, 2020) yang melakukan pengembangan media AR dalam pembelajaran fisika dengan jumlah sampel yang digunakan berkisar pada 1 hingga 30 responden. Selanjutnya, sebanyak 30% artikel tidak mengungkapkan lebih jauh mengenai seberapa banyak responden yang dijadikan sebagai sampel dalam penelitian. Artikel yang menggunakan sampel 31 hingga 60 responden sebanyak 19%, sementara untuk artikel dengan jumlah 61 hingga 100 responden sebesar 11%. Namun, hanya sedikit artikel dengan jumlah sampel 101 hingga 300 responden yang digunakan dalam penelitian, yaitu sebanyak 6%.



Gambar 5. Sampel yang Digunakan dalam Penelitian AR

Pada Gambar 5 menunjukkan sampel yang umum digunakan dalam penelitian. Banyak peneliti yang menjadikan siswa pada jenjang SMA sebagai subjek penelitian, hingga mendominasi jumlah persentase sampel penelitian sebesar 66%. Selanjutnya disusul oleh jenjang S1 yaitu sebesar 21%. Hingga penelitian yang paling sedikit mengenai AR dalam pembelajaran fisika dilakukan pada jenjang SMP dan SD dengan perolehan persentase masing-masing hanya sebesar 4%.

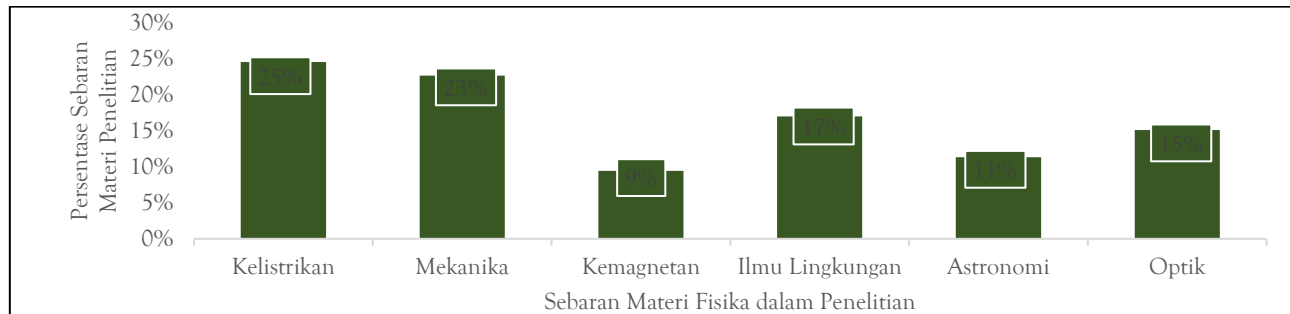


Gambar 6. Jenis Metode Penelitian yang Digunakan dalam Penelitian AR

Gambar 6 menunjukkan jenis metode yang digunakan dalam penelitian AR pada pembelajaran fisika. Jenis-jenis metode yang digunakan beragam meliputi; jenis metode (*Research and Development*) model ADDIE yang paling sering digunakan yaitu sebesar 68%. Selanjutnya didominasi oleh metode penelitian kuantitatif sebesar 11%. Sementara untuk metode penelitian yang memiliki hasil presentase yang sama yaitu (*Research and Development*) model 4D dan kualitatif, yaitu sebesar 8%. Metode penelitian mixed method memiliki perolehan persentase terendah yaitu sebesar 6% dalam tren penelitian AR pada pembelajaran fisika.

Jenis penelitian *R&D* (*Research and Development*) sangat mendominasi dalam penelitian terkait AR dalam pembelajaran fisika. Hal ini dikarenakan penelitian dengan metode *R&D* ini memberikan tempat untuk para peneliti mampu mengembangkan ide-ide mereka untuk membentuk suatu perangkat pembelajaran (Asy'ari et al., 2021) yang meliputi; media ajar, bahan ajar, instrumen penilaian yang bertujuan agar mampu mengembangkan dan meningkatkan pemahaman siswa terhadap fisika melalui *Augmented Reality* (Irwansyah et al., 2017; Yoon et al., 2017; Nechypurenko et al., 2020). Selain itu, jenis penelitian dengan metode kualitatif yang mendominasi yaitu mengenai; pembelajaran, penilaian, maupun analisis yang berkaitan dengan *Augmented Reality*.

Berbagai jenis penggunaan AR dapat dikaji berdasarkan mekanisme bagaimana informasi dapat dikaitkan dengan konten materi yang ingin dicapai dalam sebuah pembelajaran. Salah satunya dengan gambar yang saat ini digunakan dalam objek pembelajaran fisika (Sumardani *et al.*, 2019). Gambar nyata ditambah melalui perangkat *smarthphone* dengan gambar lain yang telah ditentukan. Desain materi pembelajaran didukung oleh penggabungan AR yang diimplementasikan dengan strategi pembelajaran yang tepat, berkolaborasi dalam memperoleh konsep tertentu dan membantu dalam membuat interpretasi masalah oleh peserta didik (Pratama *et al.*, 2022). Hal ini dapat meningkatkan pemahaman dan pengetahuan mengenai konsep materi dalam pembelajaran fisika.



Gambar 7. Sebaran Materi Fisika yang Digunakan dalam Penelitian AR

Pada Gambar 7 berikut memberikan gambaran bahwa materi fisika yang paling sering digunakan sebagai konten penelitian AR ini adalah kelistrikan, dengan persentase 25%. Kemudian tidak berbeda jauh dengan kelistrikan, sebesar 23% materi mekanika populer untuk digunakan dalam konten penelitian AR. Selanjutnya ilmu lingkungan dengan persentase 17%, optik sebesar 15%, astronomi 11%, dan yang terendah pada materi fisika mengenai kemagnetan dengan persentase 9%.

Secara umum penggunaan teknologi AR dalam pembelajaran fisika sudah beragam. Hal ini dapat dilihat dari pemilihan materi yang digunakan dalam mengembangkan media atau bahan ajar. Namun, masih banyak juga materi fisika yang perlu diuji coba sehingga dapat menjadi alternatif pembelajaran fisika oleh peserta didik. Pengembangan media yang dihasilkan masih sedikit digunakan untuk mengukur keterampilan pada peserta didik, sehingga perlu adanya pengembangan dan diuji coba lebih lanjut untuk mengukur keterampilan peserta didik. Maka, dengan adanya pengembangan dan penggunaan AR dalam pembelajaran fisika dapat membuat peserta didik menunjukkan kepercayaan dirinya dalam mengkomunikasikan pemahaman mereka (Yovan and Kholiq, 2022). Selain itu, peserta didik dapat menyatakan kecenderungan mereka untuk memahami konsep-konsep fisika pada tingkat yang lebih tinggi.

4. SIMPULAN

Penelitian tentang penggunaan *augmented reality* (AR) dalam pembelajaran fisika telah menjadi topik yang semakin populer dan mengalami peningkatan dalam beberapa tahun terakhir dengan puncaknya pada tahun 2022. Dimana didominasi oleh pengembangan-pengembangan seperti; media, bahan ajar maupun komponen lainnya yang berkaitan dengan pengembangan dari AR untuk pembelajaran fisika. Peserta didik SMA dan besar ukuran sampel 1 hingga 30 responden yang lebih sering digunakan dalam penelitian. Jenis metode penelitian yang sering digunakan didominasi oleh R&D model ADDIE dibandingkan dengan metode-metode lainnya. Metode ini sering digunakan dalam penelitian sebab digunakan sebagai tahap pengembangan media pembelajaran fisika. Banyaknya penelitian dan materi fisika yang digunakan, untuk menginvestigasi potensi AR dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep fisika yang sulit.

Daftar Pustaka

Abdusselam, M.S. and Karal, H. (2020) 'The effect of using augmented reality and sensing technology to teach magnetism in high school physics', *Technology, Pedagogy and Education*, 29(4), pp. 407-424. Available at: <https://doi.org/10.1080/1475939X.2020.1766550>.

- Affriyenni, Y. *et al.* (2020) 'Pengembangan media pembelajaran fisika pada materi optik geometri berbasis augmented reality dengan unity dan vuforia', *JIPVA (Jurnal Pendidikan IPA Veteran)*, 4(2), pp. 160–174. Available at: <https://doi.org/10.31331/jipva.v4i2.1301>.
- Aisyah, Bukit, N., and Derlina (2020) 'Blended Learning on Physics Using Augmented Reality', *Journal of Physics: Conference Series*, 1485(1), p. 012004. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1485/1/012004>.
- Akçayır, M. and Akçayır, G. (2017) 'Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature', *Educational research review*, 20, pp. 1–11. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>.
- Ali, Z., Wahyuningsih, D. and Supurwoko, S. (2021) 'Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality Video Berbasis Android Materi Pemanasan Global Kelas X', *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, 11(1), pp. 37–46. Available at: <https://doi.org/10.20961/jmpf.v11i1.47826>.
- Altmeyer, K. *et al.* (2020) 'The use of augmented reality to foster conceptual knowledge acquisition in STEM laboratory courses—Theoretical background and empirical results', *British Journal of Educational Technology*, 51(3), pp. 611–628. Available at: <https://doi.org/10.1111/bjet.12900>.
- Apriliani, I., Ermawati, I.R. and Hidayat, M.N. (2020) 'Media Pembelajaran Berbasis Android Dengan Teknologi Augmented Reality Menggunakan Metode Jan Van Den Akker Pada Materi Alat Optik'. *WaPfi (Wahana Pendidikan Fisika)*, pp. 61–65. Available at: <https://doi.org/10.17509/wapfi>
- Ariama, S. and Burhendi, F.C.A. (2022) 'Pengembangan Website Sebagai Media Pembelajaran Fisika Berbasis Augmented Reality Dengan Menggunakan Metode Marker Based Tracking Pada Materi Listrik Dinamis', *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 13(2), pp. 181–190. Available at: <https://doi.org/10.26877/jp2f.v13i2.12132>.
- Aryanta, I.K.D. (2021) 'Pengembangan "Bugar" Fisika Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa', in *Seminar Nasional Fisika*, pp. 12–17.
- Astra, I.M. and Saputra, F. (2018) 'The Development of a Physics Knowledge Enrichment Book "Optical Instrument Equipped with Augmented Reality" to Improve Students' Learning Outcomes', *Journal of Physics: Conference Series*, 1013, p. 012064. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012064>.
- Asy'ari, M., Prayogi, S. and Mirawati, B. (2021) 'Development of physics learning tools based on inquiry to increase creative thinking skills', in *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, p. 012094. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1816/1/012094>.
- Bakri, F., Ambarwulan, D. and Muliwati, D. (2018) 'Pengembangan Buku Pembelajaran Yang Dilengkapi Augmented Reality Pada Pokok Bahasan Gelombang Bunyi Dan Optik', *Gravity : Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika*, 4(2). Available at: <https://doi.org/10.30870/gravity.v4i2.4032>.
- Bakri, F., Marsal, O. and Muliwati, D. (2019) 'Textbooks equipped with augmented reality technology for physics topic in high-school', *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 5(2), pp. 113–122. Available at: <https://doi.org/10.21009/1.05206>.
- Baranov, A.V. (2020) 'Forming computational thinking and computer modeling project activities in the physics course of the technical university', in *ITM Web of Conferences*. EDP Sciences, p. 03002. Available at: <https://doi.org/10.1051/itmconf/20203503002>.
- Burhendi, F.C.A. (2022) 'Pengembangan Mini Glosarium Fisika Modern Sebagai Referensi Tambahan Peserta Didik Berbasis Augmented Reality', *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 13(2), pp. 201–210. Available at: <https://doi.org/10.26877/jp2f.v13i2.12451>
- Cai, S. *et al.* (2017) 'Applications of augmented reality-based natural interactive learning in magnetic field instruction', *Interactive Learning Environments*, 25(6), pp. 778–791. Available at: <https://doi.org/10.1080/10494820.2016.1181094>

- Cai, S. et al. (2021) 'Effects of learning physics using Augmented Reality on students' self-efficacy and conceptions of learning', *British Journal of Educational Technology*, 52(1), pp. 235–251. Available at: <https://doi.org/10.1111/bjet.13020>.
- Chaeranti, S.N., Bakri, F. and Permana, A.H. (2018) 'Modul yang Dilengkapi dengan Teknologi Augmented Reality: Cara Mudah Belajar Fisika untuk Konsep dan Fenomena Kuantum di SMA Kelas XII', in *Prosiding Seminar Nasional Fisika (EJournal)*, pp. SNF2018-PE. Available at: <https://doi.org/10.21009/03.SNF2018.01.PE.16>.
- Devers, C.J. and Panke, S. (2018) 'Learning with Mobile Devices: An Overview', *Journal of Interactive Learning Research*, 29(3), pp. 257–269.
- Dewi, L.R. and Anggaryani, M. (2020) 'Pembuatan Media Pembelajaran Fisika Dengan Augmented Reality Berbasis Android Pada Materi Alat Optik', *IPF: Inovasi Pendidikan Fisika*, 9(3), pp. 369–376. Available at: <https://doi.org/10.26740/ipf.v9n3.p369-376>.
- Eddy, C. and RA, W.O.N.T. (2022) 'RANCANG BANGUN APLIKASI PEMBELAJARAN ALAT-ALAT OPTIK BERBASIS AUGMENTED REALITY', *Jurnal Informatika*, 11(1), pp. 98–106. Available at: <https://doi.org/10.55340/jiu.v11i1.958>.
- Faridi, H. et al. (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), pp. 258–273. Available at: <https://doi.org/10.1002/cae.22342>.
- Fortuna, A. et al. (2022) 'Development of Physics Learning Media Based on Augmented Reality Newton's Law Material', in *SNPF (Seminar Nasional Pendidikan Fisika)*.
- Gurevych, R. et al. (2021) 'Using Augmented Reality Technology in Higher Education Institutions', *Postmodern Openings*, 12(2). Available at: <https://doi.org/10.18662/po/12.2/299>.
- Hartono, H. (2022) 'Pengaruh Aplikasi Augmented Reality Terhadap Hasil Belajar Fisika SMA Negeri 1 Karangrayung Tahun Pelajaran 2021/2022', *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 13(1), pp. 145–154. Available at: <https://doi.org/10.26877/jp2f.v13i1.11716>.
- Huang, Y., Li, H. and Fong, R. (2016) 'Using Augmented Reality in early art education: a case study in Hong Kong kindergarten', *Early Child Development and Care*, 186(6), pp. 879–894. Available at: <https://doi.org/10.1080/03004430.2015.1067888>.
- Hyder, H. et al. (2021) 'Particle Physics Simulator for Scientific Education using Augmented Reality', *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(2). Available at: <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120284>.
- Ibisono, H.S. and Achmadi, H.R. (2020) 'Efektivitas buku saku berbasis augmented reality pada materi gerak planet untuk meningkatkan prestasi belajar peserta didik SMA', *Inovasi Pendidikan Fisika*, 9(2). Available at: <https://doi.org/10.26740/ipf.v9n2.p%25p>.
- Ilhamsyah, B.Y., Sudarti, S. and Bektiarso, S. (2022) 'Pengembangan Modul Fisika Berbasis Augmented Reality (Ar) Materi Rangkaian Arus Searah Untuk Siswa Sma', *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 11(3), pp. 98–105. Available at: <https://doi.org/10.19184/jpf.v11i3.33689>.
- Irwansyah, F.S., Ramdani, I. and Farida, I. (2017) 'The development of an Augmented Reality (AR) technology-based learning media in metal structure concept', *Ideas for 21st Century Education*, pp. 233–238.
- Ismail, A. et al. (2019) 'Physics learning media based Augmented Reality (AR) for electricity concepts', *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(6), p. 066035. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/6/066035>.
- Ismail, A. (2021) 'Penerapan Model Pembelajaran Problem Solving Berbantuan Augmented Reality Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Mahasiswa Pada Mata Kuliah Fisika Umum', *JURNAL PETIK*, 7(2), pp. 87–92. Available at: <https://doi.org/10.31980/jpetik.v7i2.1017>.

- Khunaeni, L.N., Yuniarti, W.D. and Khalif, M.A. (2020) 'Pengembangan modul fisika berbantuan teknologi augmented reality pada materi gelombang bunyi untuk SMA/MA kelas XI', *Physics Education Research Journal*, 2(2), pp. 83–94. Available at: <https://doi.org/10.21580/perj.2020.2.2.6144>.
- Kurniawati, T., Ermawaty, I.R. and Hidayat, M.N. (2020) 'Media Pembelajaran Pada Materi Fluida Dengan Teknologi Augmented Reality Berbasis Android Untuk Siswa SMA', in *Prosiding Seminar Nasional Fisika Festival*, pp. 168–173.
- Kwuta, M.M.K., Nasar, A. and Rahmawati, A.S. (2022) 'KELAYAKAN DAN KEPRAKTISAN MODUL PRAKTIKUM TATA SURYA MENGGUNAKAN PAPER MERGE CUBE BERBASIS AUGMENTED REALITY', *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(1), pp. 79–86. Available at: <https://doi.org/10.37478/optika.v6i1.1840>.
- Lai, J.W. and Cheong, K.H. (2022) 'Educational Opportunities and Challenges in Augmented Reality: Featuring Implementations in Physics Education', *IEEE Access*, 10, pp. 43143–43158. Available at: <https://doi.org/10.1109/access.2022.3166478>.
- Mahpudin, A. and Puadi, E.F.W. (2018) 'Rancang Bangun Augmented Reality (Ar) Berbasis Android Untuk Pengembangan Media Pembelajaran Fisika', in *Prosiding Seminar Nasional & Internasional*.
- Matsutomo, S. et al. (2017) 'A computer aided education system based on augmented reality by immersion to 3-D magnetic field', *IEEE transactions on magnetics*, 53(6), pp. 1–4. Available at: <https://doi.org/10.1109/tmag.2017.2665563>.
- Morales, A.D. et al. (2019) 'Use of Augmented Reality for the Simulation of Basic Mechanical Physics Phenomena', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 519(1), p. 012021. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/519/1/012021>.
- Nasir, M., Fakhrudin, Z. and Prastowo, R.B. (2019) 'Development of Physics Learning Media Based on Self-Efficacy Use Mobile Augmented Reality for Senior High School', *Journal of Physics: Conference Series*, 1351(1), p. 012018. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1351/1/012018>.
- Nechypurenko, P.P. et al. (2020) 'Development and implementation of educational resources in chemistry with elements of augmented reality'. Available at: <https://doi.org/10.31812/123456789/3751>.
- Oktaviani, D.R. et al. (2021) 'Desain augmented reality laboratory based implement optical physics sebagai media pembelajaran fisika', *Navigation Physics: Journal of Physics Education*, 3(1), pp. 32–38. Available at: <https://doi.org/10.30998/npjpe.v3i1.682>
- Orban, C.M. and Teeling-Smith, R.M. (2020) 'Computational thinking in introductory physics', *The Physics Teacher*, 58(4), pp. 247–251. Available at: <https://doi.org/10.1119/1.5145470>.
- Permana, A.H., Bakri, F. and Chaerunnisa, M. (2019) 'Buku IPA dengan Teknologi Augmented Reality: Melatih Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP Kelas VII', in *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, pp. SNF2019-PE. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032027>.
- Pittman, C. and LaViola, J.J. (2020) 'PhyAR: Determining the utility of augmented reality for physics education in the classroom', in *2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*. IEEE, pp. 760–761. Available at: <https://doi.org/10.1109/VRW50115.2020.00231>.
- Pratama, O.R., Connie, C. and Risdianto, E. (2022) 'Persepsi Peserta Didik Terhadap Keterbacaan Modul Pembelajaran Menggunakan Model Self Organized Learning Environment (Sole) Berbantuan Augmented Reality Pada Materi Dinamika Rotasi Dan Kesetimbangan Benda Tegar', *Amplitudo: Jurnal Ilmu dan Pembelajaran Fisika*, 1(2), pp. 150–157. Available at: <https://doi.org/10.33369/ajipf.1.2.150-157>.
- Purwandari, P., Yusro, A.C. and Purwito, A. (2021) 'Modul Fisika Berbasis Augmented Reality Sebagai Alternatif Sumber Belajar Siswa', *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 5(1), p. 38. Available at: <https://doi.org/10.20527/jipf.v5i1.2874>.
- Putri, R.M., Susila, A.B. and Permana, H. (2019) 'Pengembangan Buku Pengayaan Pengetahuan Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Dilengkapi Dengan Augmented Reality Untuk Siswa Sma', in *Prosiding*

Seminar Nasional Fisika (EJournal), pp. SNF2019-PE. Available at:
<https://doi.org/10.21009/03.SNF2019.01.PE.05>

- Radosavljevic, S., Radosavljevic, V. and Grgurovic, B. (2020) 'The potential of implementing augmented reality into vocational higher education through mobile learning', *Interactive Learning Environments*, 28(4), pp. 404–418. Available at: <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1528286>.
- Rohmaniyah, I.A. and Wiyatmo, Y. (2021) 'Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Augmented Reality pada Materi Pemanasan Global untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik Kelas XI SMA/MA', *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(2).
- Ropawandi, D., Halim, L. and 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), pp. 132–140. Available at: <https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.2.1596>.
- Sari, O.B.M., Risdianto, E. and Sutarno, S. (2020) 'Analisis kebutuhan pengembangan LKPD berbasis POE berbantuan augmented reality untuk melatih keterampilan proses dasar pada konsep fluida statis', *PENDIPA Journal of Science Education*, 4(2), pp. 85–93. Available at: <https://doi.org/10.33369/pendipa.4.2.85-93>.
- Siahaan, A.D., Medriati, R. and Risdianto, E. (2019) 'PENGEMBANGAN PENUNTUN PRAKTIKUM FISIKA DASAR II MENGGUNAKAN TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY PADA MATERI RANGKAIAN LISTRIK DAN OPTIK GEOMETRIS', *Jurnal Kumbaran Fisika*, 2(2), pp. 91–98. Available at: <https://doi.org/10.33369/jkf.2.2.91-98>.
- Simaremare, A. et al. (2022) 'Pengembangan Game Edukasi Fisika Berbasis Augmented Reality pada Materi Kinematika untuk Siswa SMA J', *Ilm. Pendidik. Fis*, 6, pp. 203–213. Available at: <https://doi.org/10.20527/jipf.v6i1.4893>.
- Siswarana, S.A. and Djuniadi, D. (2017) 'Media Pembelajaran Tata Surya Berbasis Augmented Reality Bagi Siswa Smk Kelas X', *Jurnal Ilmiah Digital for Information Technology*, 5(2). Available at: <https://doi.org/10.51920/jd.v5i2.47>.
- Strzys, M.P. et al. (2017) 'Augmenting the thermal flux experiment: A mixed reality approach with the HoloLens', *The Physics Teacher*, 55(6), pp. 376–377. Available at: <https://doi.org/10.1119/1.4999739>.
- Sumardani, D. et al. (2020) 'System implementation of augmented reality application in student worksheet', *Informatika*, 8(1), pp. 10–18. Available at: <https://doi.org/10.36987/informatika.v8i1.1449>.
- Sumardani, D., Wulandari, A. and Doriza, S. (2019) 'Penerapan Teknologi Augmented Reality pada Media Pembelajaran Poster Tatasurya', in *Prosiding Seminar Nasional Fisika (EJournal)*, pp. SNF2019-PE. Available at: <https://doi.org/10.21009/03.SNF2019.01.PE.57>.
- Suprpto, N., Ibisono, H.S. and Mubarak, H. (2021) 'The use of physics pocketbook based on augmented reality on planetary motion to improve students' learning achievement', *Journal of Technology and Science Education*, 11(2), p. 526. Available at: <https://doi.org/10.3926/jotse.1167>.
- Suprpto, N., Nandyansah, W. and Mubarak, H. (2020) 'An Evaluation of the "PicsAR" Research Project: An Augmented Reality in Physics Learning', *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(10), p. 113. Available at: <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i10.12703>.
- Thees, M. et al. (2020) 'Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses', *Computers in Human Behavior*, 108, p. 106316. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316>.
- Volioti, C. et al. (2022) 'Using Augmented Reality in K-12 Education: An Indicative Platform for Teaching Physics', *Information*, 13(7), p. 336. Available at: <https://doi.org/10.3390/info13070336>.
- Wamepa, A., Siregar, E. and Sagala, M.K. (2022) 'Pengembangan Augmented Reality Sebagai Media Pendukung Praktikum Mekanika Dan Termodinamika Dasar: Development of Augmented Reality as a Support Media

- For Basic Mechanics And Thermodynamic Practices', *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 2(1), pp. 8-14. Available at: <https://doi.org/10.51454/decode.v2i1.38>.
- Weber, J. and Wilhelm, T. (2020) 'The benefit of computational modelling in physics teaching: a historical overview', *European Journal of Physics*, 41(3), p. 034003. Available at: <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab7a7f>.
- Wibowo, F.C. et al. (2021) 'Interactive Book Augmented Reality (IBAR) for Lesson Physics on STEM', *Journal of Physics: Conference Series*, 2019(1), p. 012039. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2019/1/012039>.
- Wulandari, N., Adha, E.H. and Setiaji, B. (2022) 'Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Pada Materi Optika Geometri', *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Fisika Indonesia*, 4(1). Available at: <https://doi.org/10.29303/jppfi.v4i1.164>.
- Yoon, S. et al. (2017) 'How augmented reality enables conceptual understanding of challenging science content', *Journal of Educational Technology & Society*, 20(1), pp. 156-168.
- Yovan, R.A.R. and Kholiq, A. (2022) 'Pengembangan media augmented reality untuk melatih keterampilan berpikir abstrak siswa SMA pada materi medan magnet', *PENDIPA Journal of Science Education*, 6(1), pp. 80-87. Available at: <https://doi.org/10.33369/pendipa.6.1.80-87>.
- Yu, S. et al. (2022) 'Applying Augmented reality to enhance physics laboratory experience: does learning anxiety matter?', *Interactive Learning Environments*, pp. 1-16. Available at: <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2057547>.
- Zafeiropoulou, M. et al. (2021) 'Developing Physics Experiments Using Augmented Reality Game-Based Learning Approach: A Pilot Study in Primary School', *Computers*, 10(10), p. 126. Available at: <https://doi.org/10.3390/computers10100126>.