

**INTEGRASI AUGMENTED REALITY (AR) DALAM LKPD PADA MATERI
GELOMBANG CAHAYA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN SPASIAL
SISWA SMA KELAS XI**

(Aria Dwi Fanni¹), (Muhammad Nasir²), (Zulhelmi³)
Universitas Riau (Pendidikan Fisika FKIP)
(aria.dwi3015@student.unri.ac.id)

ABSTRACT

This research aims to determine the validity and effectiveness of developing student worksheets (LKPD) integrated with Augmented Reality (AR) in improving spatial abilities on light wave material for grade XI high school students. This study used a Research and Development (R&D) approach with the ADDIE model combined with a quasi-experimental non-equivalent control group design. Data were collected through validation sheets, practicality questionnaires, and pretest-posttest of spatial abilities. The results showed that the AR-based LKPD was valid with an Aiken's V average of 0.910 and practical with a positive response from teachers and students. Inferential analysis using the Mann-Whitney U test showed a significance value of $0.001 < 0.05$, and the N-Gain of the experimental class (0.5827) was higher than the control class (0.4128). It is concluded that the integration of AR in LKPD is effective in improving students' spatial abilities.

Keywords: Augmented Reality, LKPD, Spatial Ability, Light Waves

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui validitas pengembangan LKPD terintegrasi AR serta mengetahui efektivitasnya dalam meningkatkan kemampuan spasial siswa pada materi gelombang cahaya. Jenis penelitian ini adalah pengembangan R&D (model ADDIE) yang dikombinasikan dengan kuasi eksperimen menggunakan rancangan nonequivalent control group design. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan LKPD terintegrasi AR berada pada kategori valid dengan rata-rata indeks Aiken's V sebesar 0,910. Analisis inferensial menggunakan uji Mann-Whitney U menunjukkan terdapat perbedaan signifikan antara kemampuan spasial siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol ($\text{sig } 0,001 < 0,05$). Hasil uji N-Gain kelas eksperimen (0,5827) juga lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (0,4128). Dengan demikian, integrasi AR dalam LKPD efektif meningkatkan kemampuan spasial pada materi gelombang cahaya siswa SMA kelas XI.

Kata Kunci: Augmented Reality, LKPD, Kemampuan Spasial, Gelombang Cahaya

A. Pendahuluan

Salah satu keterampilan abad ke-21 yang perlu dikembangkan dalam pendidikan fisika adalah keterampilan spasial. Berdasarkan pengamatan, siswa cenderung mengalami kesulitan

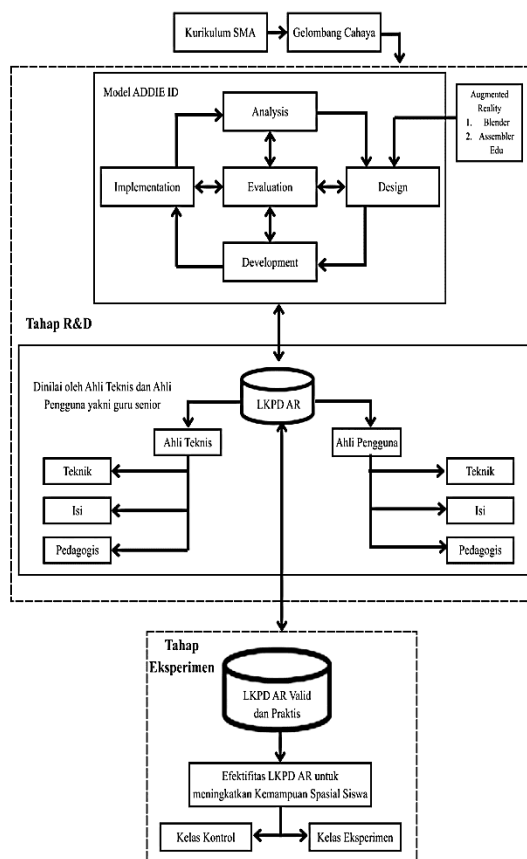
dalam memvisualisasikan konsep-konsep gelombang cahaya seperti arah getaran medan listrik dan medan magnet, proses interferensi, dispersi, serta polarisasi cahaya. Kondisi ini menyebabkan siswa hanya menghafal

rumus tanpa memahami makna fisis karena proses pembelajaran yang masih menggunakan metode ceramah dan gambar dua dimensi yang bersifat statis.

Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran inovatif yang mampu menyajikan konsep tersebut secara visual dan interaktif, salah satunya melalui pengintegrasian teknologi *Augmented Reality* (AR) ke dalam Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan LKPD berbasis AR yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan spasial siswa.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis *Research and Development* (R&D) menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*). Tahap pengembangan dikombinasikan dengan metode kuasi eksperimen menggunakan rancangan *nonequivalent control group design*.



Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas XI Fisika di SMA Negeri 3 Mandau dengan sampel terdiri dari kelas eksperimen (LKPD berbasis AR) dan kelas kontrol (LKPD konvensional). Instrumen penelitian meliputi lembar validasi, angket praktikalitas, serta tes kemampuan spasial berupa 20 butir soal pilihan ganda yang disusun berdasarkan indikator rotasi mental, orientasi spasial, visualisasi spasial, persepsi spasial, dan relasi spasial.

Tabel 1 Lembar Validasi Penelitian

No.	Indikator
Aspek Desain	
1.	Desain tampilan layar media pembelajaran menarik.

2.	Huruf yang digunakan sesuai atau mudah dibaca.
3.	Gambar dalam media sesuai dengan isi materi.
4.	Gambar yang digunakan membantu pemahaman peserta didik.
5.	Gambar yang digunakan membantu proses pembelajaran.
6.	Warna yang digunakan sesuai untuk dibaca.
7.	Petunjuk penggunaan perangkat lunak dan panduan pengguna lengkap.
8.	Penempatan teks konsisten.
Aspek Pedagogi	
9.	Kompetensi pembelajaran dituliskan dengan jelas.
10.	Kompetensi pembelajaran dapat dicapai.
11.	Perumusan kompetensi menjadi pedoman bagi pengguna media.
12.	Topik sesuai dengan kompetensi.
13.	Penyajian materi menarik perhatian peserta didik.
14.	Informasi yang disampaikan mudah dipahami.
15.	Media ini mendorong peserta didik untuk kemampuan spasial.
16.	Penyajian materi tersusun dan mudah diikuti.
17.	Contoh dan latihan yang diberikan sesuai dengan materi.
18.	Metode pembelajaran sesuai untuk pembelajaran multimedia.
Aspek Materi	
19.	Materi pembelajaran sesuai dengan Kurikulum yang berlaku.
20.	Materi pembelajaran sesuai dengan kompetensi.
21.	Materi pembelajaran sesuai dengan tingkat kemampuan peserta didik.
22.	Materi pembelajaran sesuai dengan pengetahuan dasar peserta didik.
23.	Materi pembelajaran mengandung nilai edukatif.
24.	Materi pembelajaran disertai dengan latihan.
25.	Latihan sesuai dengan topik pembelajaran.
26.	Materi pembelajaran disertai dengan tes formatif.
27.	Materi pembelajaran disertai dengan tes sumatif.
28.	Tes formatif dan tes sumatif sesuai dengan materi pembelajaran.
Aspek Teknis	

29.	Pengguna dapat mengontrol proses pembelajaran.
30.	Media memiliki banyak cabang menuju bagian lain.
31.	Pengguna tidak mengalami kendala saat menjelajahi media.
32.	Alur penyajian konten media mudah diikuti.
33.	Terdapat lebih dari satu sumber perolehan informasi.
34.	Pengguna dapat dengan mudah menemukan informasi yang dibutuhkan.
35.	Pengguna dapat keluar dari media kapan saja.
36.	Perangkat lunak mudah digunakan (dioperasikan).

Berikut angket praktikalitas untuk guru dan siswa:

Tabel 2 Angket Praktikalitas Guru

No.	Aspek yang dinilai
Aspek Materi	
1.	Materi pada LKPD AR ini sudah mengacu pada Capaian Pembelajaran
2.	Materi yang disajikan dalam LKPD AR ini sesuai dengan buku pegangan siswa
3.	LKPD AR ini memudahkan saya dalam menyajikan materi sifat gelombang cahaya
4.	LKPD AR ini dapat dijadikan sebagai salah satu penunjang pembelajaran fisika
5.	LKPD AR ini dapat menarik perhatian siswa
Aspek Tampilan	
6.	Tampilan LKPD AR secara keseluruhan dapat menggambarkan isi materi yang terdapat didalamnya
7.	Petunjuk penggunaan <i>Augmented reality</i> pada LKPD ini memudahkan siswa dalam menggunakannya
8.	Ukuran font huruf mudah dibaca
9.	Simulasi 3D yang disajikan dalam LKPD AR ini memudahkan saya menjelaskan objek yang bersifat semi abstrak
Aspek Kebermanfaatan	
10.	LKPD AR ini dapat digunakan oleh seluruh siswa kelas XI Fisika
11.	LKPD AR bersifat fleksibel yakni mudah dibawa kemana-mana
12.	LKPD AR ini membantu siswa belajar secara mandiri maupun berkelompok

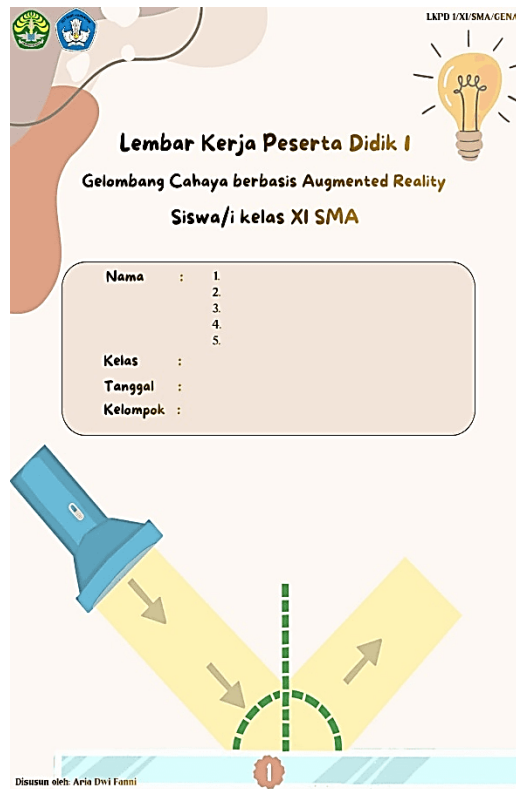
13.	Dengan adanya LKPD AR dapat menambah semangat siswa belajar sifat gelombang cahaya
-----	--

Tabel 3 Angket Praktikalitas Siswa

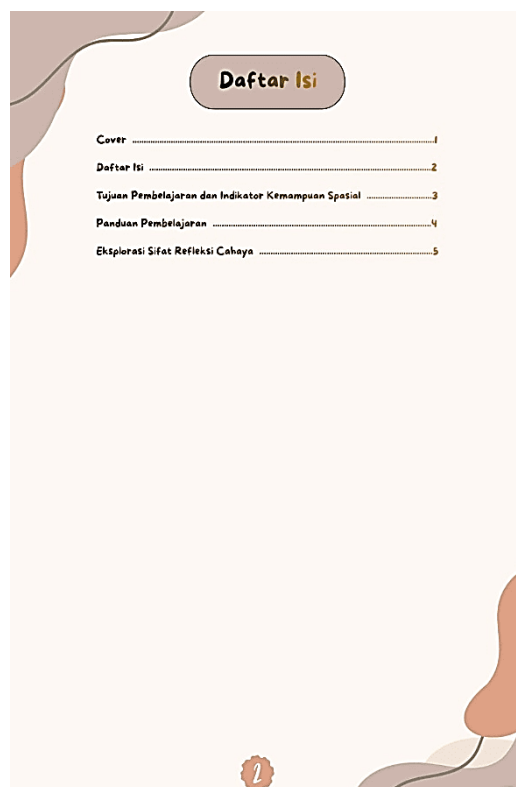
No.	Aspek yang dinilai
1.	Menurut saya <i>Augmented reality (Barcode)</i> ini sangat menarik.
2.	Menurut saya gambar yang ditampilkan sesuai dengan materi.
3.	Kombinasi warna yang terdapat di LKPD sangat cocok.
4.	Desain LKPD AR sangat menarik.
5.	Informasi petunjuk penggunaan LKPD AR mudah dipahami.
6.	Saya dapat memahami materi dengan mudah.
7.	Materi yang disajikan jelas sehingga mudah untuk dipahami.
8.	Penggunaan istilah Fisika yang digunakan mudah untuk dipahami.
9.	Pertanyaan atau soal sesuai dengan materi yang dibahas.
10.	Dengan menggunakan LKPD AR ini membuat saya lebih antusias mengikuti pembelajaran.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa LKPD berbasis AR yang dikembangkan menggunakan RnD dengan model ADDIE, berikut salah satu contoh LKPD pada Gelombang Cahaya yakni materi refleksi cahaya.



Gambar 1 Cover LKPD Refleksi Cahaya



Gambar 2 Daftar isi LKPD Refleksi Cahaya

Tujuan Pembelajaran dan Indikator Kemampuan Spasial

Tujuan Pembelajaran
 Melalui kegiatan eksplorasi menggunakan LKPD berbasis AR, peserta didik mampu menganalisis prinsip kerja gelombang cahaya pada berbagai fenomena dan teknologi di kehidupan sehari-hari dengan benar untuk meningkatkan kemampuan spasial.

Indikator Kemampuan Spasial	Kegiatan Guru
Mental Rotation (Rotasi Mental)	Membimbing siswa untuk memutar objek optik virtual pada simulasi AR guna mengamati perubahan arah rambat atau bentuk gelombang cahaya akibat rotasi benda tersebut.
Spatial Orientation (Orientasi Spasial)	Meminta siswa mengubah sudut pandang kamera (atas/samping/dapan) tanpa memindahkan objek, agar siswa menyadari posisi relatif sinar dan terbentuknya bayangan atau pola dalam ruang tiga dimensi.
Spatial Visualization (Visualisasi Spasial)	Mengarahkan siswa untuk mentransformasikan tampilan 3D di AR menjadi gambar skema 2D (lukisan jalannya sinar atau pola gelombang) secara akurat pada kolom jawaban LKPD.
Spatial Perception (Persepsi Spasial)	Mengajak siswa mengidentifikasi aspek kedalaman (depth) dan jarak posisi objek relatif terhadap acuan tertentu dalam ruang tiga dimensi yang ditampilkan simulasi.
Spatial Relation (Relasi Spasial)	Membantu siswa menganalisis hubungan logis dan keterkaitan pola antara satu komponen dengan komponen lainnya yang terbentuk dalam struktur simulasi tersebut.

Gambar 3 Tujuan dan Indikator Pembelajaran

Eksplorasi Sifat Refleksi Cahaya

Fase 1: Orientasi dan Menyampaikan Tujuan

Tahukah Kamu ??
 Untuk mengawali kegiatan ini, perhatikan gambar berikut dan pikirkan pertanyaan berikut: "Mengapa kita bisa melihat bayangan di cermin?"

Sub Tujuan Kegiatan
 Peserta didik mampu menganalisis hukum refleksi cahaya melalui pengamatan arah sinar datang dan sinar pantul menggunakan LKPD berbasis AR dengan benar untuk meningkatkan kemampuan spasial.

Fase 2: Presentasi/Demonstrasi
 Refleksi cahaya adalah proses terpancarnya kembali cahaya ke arah sisi (medium) asalnya setelah menumbuk antarmuka dua medium (permukaan benda). Untuk penjelasan setiap komponen refleksi cahaya ada pada simulasi AR. Berikut jenis refleksi cahaya:
 1. Refleksi Teratur: Terjadi pada permukaan rata (seperti cermin datar), sinar pantul memiliki arah yang teratur.
 2. Refleksi Baur: Terjadi pada permukaan kasar, sinar pantul menyebar ke segala arah.

Fase 3: Latihan Terbimbing

Kegiatan

- Buka Google lens di smartphone dan pastikan perangkat terhubung ke internet
- Scan QR code/Barcode yang tersedia di LKPD untuk menampilkan objek 3D.
- Setelah QR code/Barcode berhasil dipindai, pilih negara Indonesia lalu simpan.
- Klik "Place it in your room/Letakkan di ruang anda", lalu klik "Play/Main" dan izinkan situs berjalan
- Arahkan kembali kamera ke QR code, kemudian klik "Place AR content" atau "View in 3D"
- Lalu amatilah simulasi refleksi cahaya dan putar konten untuk melihat dari berbagai sudut
- Klik nomor yang tertera pada simulasi untuk melihat deskripsi simulasi refleksi cahaya

Gambar 5 Eksplorasi Sifat Gelombang Cahaya

Panduan Pembelajaran

Tahap Pendahuluan

Fase 1:

- Orientasi: Pada bagian ini, peserta didik diberikan stimulus dan pertanyaan pemantik oleh pendidik sebelum memasuki materi pembelajaran.
- Menyampaikan Tujuan: Peserta didik disampaikan tujuan pembelajaran materi pada hari itu.

Tahap Isi

Fase 2 Presentasi/Demonstrasi:
 Peserta didik dijelaskan konsep dasar materi pembelajaran.

Fase 3 Latihan Terbimbing:
 Peserta didik berkelompok dibimbing untuk mengidentifikasi komponen utama pada simulasi AR

Fase 4 Latihan Mandiri:
 Peserta didik bersama kelompok menjawab pertanyaan analisis pada LKPD berbasis AR

Tahap Penutup

Fase 5:

- Feedback: Peserta didik bersama kelompok mempresentasikan hasil diskusi dan kesimpulan di depan kelas
- Evaluasi: Peserta didik diberikan soal kognitif untuk menguji pemahaman materi pembelajaran.

Petunjuk LKPD

- Tuliskan identitas kelompokmu dengan benar pada cover LKPD.
- Bacalah petunjuk setiap kegiatan LKPD.
- Bertanyalah kepada gurumu jika ada hal yang tidak dipahami.

Langkah Kegiatan

- Siapkan buku cetak, alat tulis, dan smartphone untuk kegiatan belajar
- Baca dan pahami materi yang disediakan di LKPD
- Scan kode QR untuk menampilkan simulasi AR
- Lakukan pengamatan dan identifikasi komponen utama simulasi tiga dimensi
- Jawablah pertanyaan analisis yang ada pada LKPD
- Tuliskan kesimpulan pembelajaran yang didapat untuk hari ini

Gambar 4 Panduan Pembelajaran

Fase 4: Latihan Mandiri

Pertanyaan Analisis

- Bagaimana hubungan antara sudut datang dan sudut pantul yang kamu amati?
 Jawab: Hubungan antara sudut datang dan sudut pantul adalah besarnya sama. Artinya, jika sinar datang membentuk sudut tertentu terhadap garis normal, maka sinar pantul juga membentuk sudut yang sama terhadap garis normal pada sisi berlawanan.
- Apa yang terjadi jika sinar datang diarahkan tegak lurus terhadap cermin?
 Jawab: Jika sinar datang tegak lurus terhadap cermin (sudut datang = 0°), maka sinar pantul akan kembali ke arah semula, atau dengan kata lain memantul tepat sejajar dengan sinar datang.
- Apa bunyi hukum refleksi cahaya sesuai dengan gambar yang kamu amati?
 Jawab:
 Hukum Pemantulan Cahaya:
 Sudut datang sama dengan sudut pantul.
 Sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terletak pada satu bidang datar yang sama.

Fase 5: Feedback dan Evaluasi

Kesimpulan:
 Berdasarkan hasil pengamatan, cahaya yang mengenai permukaan cermin akan dipantulkan dengan besar sudut datang sama dengan sudut pantulnya ($i = r$). Arah sinar datang, garis normal, dan sinar pantul terletak pada satu bidang datar yang sama. Ketika sinar datang tegak lurus ke cermin, sinar pantul kembali ke arah semula. Hal ini menunjukkan bahwa hukum refleksi cahaya berlaku secara konsisten pada setiap kondisi.

Gambar 2D untuk materi hari ini:

Gambar 6 Pertanyaan Analisis dan Kesimpulan

LKPD yang telah dikembangkan berada pada kategori valid dengan rata-rata indeks Aiken's V sebesar 0,910.

Tabel 4 Hasil Validasi LKPD berbasis AR untuk setiap aspek

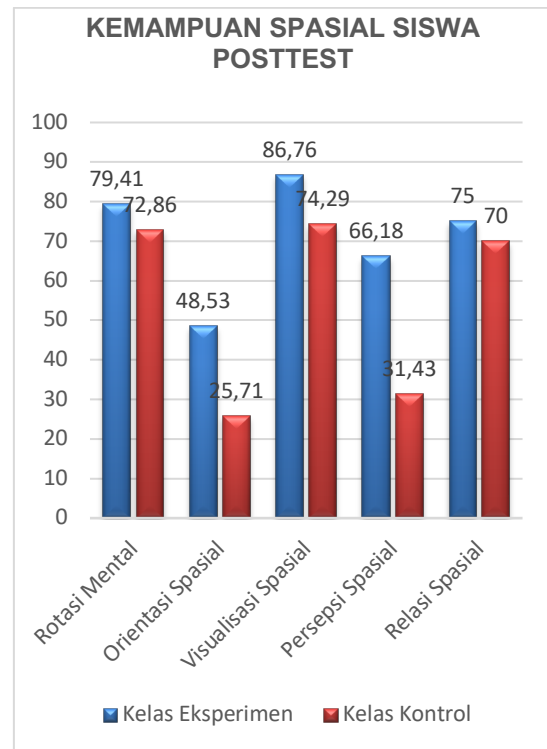
No.	Indikator	V Indeks	Kategori Validitas
1.	Desain	0,917	Valid
2.	Pedagogi	0,892	Valid
3.	Materi	0,917	Valid
4.	Teknis	0,917	Valid
Rata-rata		0,910	Valid

Tingkat praktikalitas menurut guru (3,79) dan siswa (3,73) juga masuk dalam kategori praktis.

Tabel 5 Hasil praktikalitas LKPD berbasis AR menurut guru dan siswa

No.	Praktikan	Skor Rerata	Kategori Praktikalitas
1.	Menurut Guru	3,79	Praktis
2.	Menurut Siswa	3,73	Praktis
Rata-rata		3,76	Praktis

Secara deskriptif, nilai rata-rata *posttest* kelas eksperimen (71,18) lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (56,29). Perbandingan persentase ketercapaian kemampuan spasial untuk setiap indikator berdasarkan hasil *posttest* pada kelas eksperimen dan kontrol dapat dicermati pada Gambar berikut



Hasil uji Mann-Whitney U menghasilkan nilai signifikansi $0,001 < 0,05$, yang membuktikan adanya perbedaan kemampuan spasial yang signifikan antara kedua kelas. Peningkatan kemampuan spasial kelas eksperimen juga dibuktikan dengan nilai N-Gain sebesar 0,5827 (kategori sedang), sementara kelas kontrol hanya mencapai 0,4128. Visualisasi objek 3D melalui teknologi AR terbukti lebih efektif menstimulasi manipulasi mental objek dibandingkan media statis.

D. Kesimpulan

Pengembangan LKPD terintegrasi *Augmented Reality* (AR) pada materi Gelombang Cahaya

dinyatakan valid dan praktis digunakan sebagai media pembelajaran fisika. Penggunaan media ini secara signifikan mampu meningkatkan kemampuan spasial siswa SMA kelas XI dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional. Integrasi AR memfasilitasi visualisasi objek fisis secara interaktif yang membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak pada materi gelombang cahaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afnan, M. Z., & Puspitawati, R. P. (2024). Exploration of biological concept understanding through augmented reality: A constructivism theory approach. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(3), 1139–1147. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i3.36896>
- [2] Agustin Adhaningrum, S. (2020). Pengembangan Bahan Ajar IPS Kontekstual Tema Wirausaha di Kelas 6 Sekolah Dasar. *Jurnal Penelitian Dan Pendidikan IPS*, 14(1), 44–54. <https://doi.org/10.21067/jppi.v14i1.4746>
- [3] Aksa, M. (2017). Classification and Characteristics of Historical Learning Media. *Proceedings of the International Conference on Teacher Training and Education 2017 (ICTTE 2017)*. International Conference on Teacher Training and Education 2017 (ICTTE 2017). <https://doi.org/10.2991/ictte-17.2017.1>
- [4] Altmeyer, K., Kapp, S., Thees, M., Malone, S., Kuhn, J., & Brünken, R. (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), 611–628. <https://doi.org/10.1111/bjet.12900>
- [5] Arifin, A. M., Pujiastuti, H., & Sudiana, R. (2020). Pengembangan media pembelajaran STEM dengan augmented reality untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 7(1), 59–73. <https://doi.org/10.21831/jrpm.v7i1.32135>
- [6] Bakri, F., Sumardani, D., & Mulyati, D. (2019). Integrating augmented reality into worksheets: Unveil learning to support higher-order thinking skills. 020012. <https://doi.org/10.1063/1.5132647>
- [7] Baser, M. (2007). Hydraulic Capacitor Analogy. *The Physics Teacher*, 45(3), 172–173. <https://doi.org/10.1119/1.2709677>
- [8] Bormanaki, H. B., & Khoshhal, Y. (2017). The Role of Equilibration in Piaget's Theory of Cognitive Development and Its Implication for Receptive Skills: A Theoretical Study. *Journal of Language*

- Teaching and Research, 8(5), 996.
<https://doi.org/10.17507/jltr.0805.22>
- [9] Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer US.
<https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- [10] Cheng, K.-H., & Tsai, C.-C. (2013). Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449–462.
<https://doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9>
- [11] Coffie, I. S., Frempong, B. B., & Appiah, E. (2020). Teaching and Learning Physics in Senior High Schools in Ghana: The Challenges and the Way Forward. *Advances in Research*, 35–42.
<https://doi.org/10.9734/air/2020/v21i330192>
- [12] Cuhanazriansyah, M. R., Cahyaningrum, Y., & Qolby, D. A. N. (2023). Implementasi pembelajaran teknologi informasi berbasis augmented reality di sekolah menengah kejuruan. *JRTI (Jurnal Riset Tindakan Indonesia)*, 8(1), 64–69.
- [13] Denny, D. P. S., Fauzi Bakri, & Mulyati, D. (2023). High School Physics Student Worksheets Assisted by Augmented Reality: Enhancing Problem Solving Skills. *Current STEAM and Education Research*, 1(1), 33–40.
<https://doi.org/10.58797/cser.010105>
- [14] Department of Physics Education, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia, & Rahmayani, F. (2024). Development of E-Book Integrated Augmented Reality Based on STEM Approaches to Improve Critical Thinking and Multiple Representation Skills in Learning Physics. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(4), 632–641.
<https://doi.org/10.18178/ijiet.2024.14.4.2087>
- [15] Dhar, P., Rocks, T., Samarasinghe, R. M., Stephenson, G., & Smith, C. (2021). Augmented reality in medical education: Students' experiences and learning outcomes. *Medical Education Online*, 26(1), 22–31.
<https://doi.org/10.1080/10872981.2021.1953953>
- [16] Dirsa, A., Anggreni Bp, S., Diananseri, C., & Setiawan, I. (2022). Teacher Role as Professional Educator in School Environment. *International Journal of Science Education and Cultural Studies*, 1(1), 32–41.
<https://doi.org/10.58291/ijsecs.v1i1.25>
- [17] Gan, B., Menkhoff, T., & Smith, R. (2015). Enhancing students' learning process through interactive digital media: New opportunities for collaborative learning. *Computers in Human Behavior*, 51, 652–663.

- <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.12.048>
- [18] Hakimi, A. T., & Anam, K. N. (2025). Pengaruh media animasi interaktif terhadap motivasi belajar pada mata pelajaran fisika sma negeri 2 surabaya. *Journal of Science and Mathematics Education*, 1(2), 39–45.
- [19] Haqq, A. A., Hidayani, S. M., & Muchyidin, A. (2025). Development of an Augmented Reality-Integrated Student Worksheet (LKPD) to Enhance Mathematics Learning Outcomes. *Journal of Mathematics Instruction, Social Research and Opinion*, 4(2), 291–304. <https://doi.org/10.58421/misro.v4i2.395>
- [20] Harmita, P. L., Dewi, W. S., Akmam, A., & Hidayati, H. (2023). Liveworksheet-Based Student Worksheet for Senior High School in Physics Learning. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 6(2), 253–267. <https://doi.org/10.24042/ijsme.v6i2.18004>
- [21] Herawati, H., & Hariyani, M. (2024). SPATIAL THINKING ABILITY IN ELEMENTARY SCHOOL. *PIONIR: JURNAL PENDIDIKAN*, 13(1), 81. <https://doi.org/10.22373/pjp.v13i1.23002>
- [22] Hidayani, S. M., Muchyidin, A., & Haqq, A. A. (2025). Development of an Augmented Reality-Integrated Student Worksheet (LKPD) to Enhance Mathematics Learning Outcomes. *Journal of Mathematics Instruction, Social Research and Opinion*, 4(2), 291–304. <https://doi.org/10.58421/misro.v4i2.395>
- [23] Hodgkiss, A., Gilligan, K. A., Tolmie, A. K., Thomas, M. S. C., & Farran, E. K. (2018). Spatial cognition and science achievement: The contribution of intrinsic and extrinsic spatial skills from 7 to 11 years. *British Journal of Educational Psychology*, 88(4), 675–697. <https://doi.org/10.1111/bjep.12211>
- [24] Huda S. Alazmi & Ghader M. Alemtairy. (2024). The Development of Instructional Considerations for Using Augmented Reality (AR) in Light of the Principles of Constructivism Learning Theory in Social Studies Classrooms. *Journal of Educational Research*, 151(38), 46–15). <https://doi.org/10.34120/joe.v38i1.51.297>
- [25] Iatraki, G., & Mikropoulos, T. A. (2025). Using Immersive Augmented Reality to Teach Physics to Students With Intellectual Disabilities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 41(3), 532–548. <https://doi.org/10.1111/jcal.70040>
- [26] Ishikawa, T., & Newcombe, N. S. (2021). Why spatial is special in education, learning, and everyday activities. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 6(1), 351. <https://doi.org/10.1186/s41235-021-00274-5>

- [27] Juliangkary, E., Suparta, I. N., Ardana, I. M., & Mahayukti, G. A. (2024). Development of Learning Models to Enhance Students' Creative Thinking: A Systematic Literature Review. *PPSDP International Journal of Education*, 3(2), 488–503. <https://doi.org/10.59175/pijed.v3i2.333>
- [28] Koumpouros, Y. (2024). Revealing the true potential and prospects of augmented reality in education. *Smart Learning Environments*, 11(1), 11–17. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00288-0>
- [29] Kozma, R. B. (1991). Learning with Media. *Review of Educational Research*, 61(2), 179–211. <https://doi.org/10.3102/00346543061002179>
- [30] Kristyasari, M. L. (2022). Validitas dan Reliabilitas Instrumen CTTMC pada Pembelajaran IPA Terpadu SMP. *Pedagogika: Jurnal Ilmu-Ilmu Kependidikan*, 1(1), 76–85. <https://doi.org/10.57251/ped.v1i1.228>
- [31] Krüger, J. M., Palzer, K., & Bodemer, D. (2022). Learning with augmented reality: Impact of dimensionality and spatial abilities. *Computers and Education Open*, 3, 100065. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100065>
- [32] Lin, Y., & Yu, Z. (2023a). A meta-analysis of the effects of augmented reality technologies in interactive learning environments (2012–2022). *Computer Applications in Engineering Education*, 31(4), 1111–1131. <https://doi.org/10.1002/cae.22628>
- [33] Lin, Y., & Yu, Z. (2023b). A meta-analysis of the effects of augmented reality technologies in interactive learning environments (2012–2022). *Computer Applications in Engineering Education*, 31(4), 1111–1131. <https://doi.org/10.1002/cae.22628>
- [34] Maharani, P., & Hamid, M. A. (2024). Development of E-Student Worksheet Based Task-Based Learning Through LiveWorksheets.com for High School Students. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 16(2), 1205–1217. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v16i2.5183>
- [35] Maysara, M., Ariana, D., Saefuddin, S., Haetami, A., & Habiddin, H. (2023). Implementation of Live Worksheets Assisted Interactive Student Worksheets Based on Discovery Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 7628–7637. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.4029>
- [36] Mungfarida, A., Kinaryosih, A. W., Wardhana, N. R. P., & Hadi, F. R. (2025). Inovasi Pembelajaran dengan Media Power Point Interaktif untuk Meningkatkan Pembelajaran Berbasis Teknologi: Learning Innovation with Interactive Power Point Media to Improve Technology-Based Learning. *MIKHAYLA : Journal of Advanced Research*,

- 2(1), 82–88. <https://doi.org/10.55849/jiiet.v3i1.577>
<https://doi.org/10.61579/mikhayla.v2i1.351>
- [37] Najamuddin, N., Makmur, M., Sukmawati, S., & Nirfayanti, N. (2025). PERAN AUGMENTED REALITY (AR) DALAM MENINGKATKAN PEMAHAMAN SPASIAL SISWA PADA PEMBELAJARAN GEOMETRI: KAJIAN LITERATUR. *Pedagogy: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(4), 2585–2599. <https://doi.org/10.30605/pedagogiy.v10i4.7620>
- [38] Nasir, M., & Z, F. (2023). Design and Analysis of Multimedia Mobile Learning Based on Augmented Reality to Improve Achievement in Physics Learning. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(6), 993–1000. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.6.1897>
- [39] Nasruloh, A. & Mochamad Abdul Basir. (2025). ANALISIS KEMAMPUAN SPASIAL SISWA BERDASARAKAN GAYA KOGNITIF DALAM PEMBELAJARAN BANGUN RUANG BERBASIS AUGMENTED REALITY. *Jurnal Pendidikan Matematika Malikussaleh*, 5(2), 148–157. <https://doi.org/10.29103/jpmm.v5i2.21871>
- [40] Nurhasnah, N., Sepriyanti, N., & Kustati, M. (2024). Learning Theories According to Constructivism Theory. *Journal International Inspire Education Technology*, 3(1), 19–30.
-