

SAKALIMA
PILAR PEMBERDAYAAN MASYARAKAT PENDIDIKAN
VOL 3. NO. 2 (2026)

ISSN: 3064-2361

Pengembangan Media *Augmented Reality* Berbasis *Project Based Learning* pada Materi Tata Surya

M. Rifatul Ickram[✉], Sri Latifah[✉], dan Rahma Diani[✉]

To cite this article Ickram, M. R., Latifah, S., & Diani, R. Pengembangan Media *Augmented Reality* Berbasis *Project Based Learning* pada Materi Tata Surya. *SAKALIMA: Pilar Pemberdayaan Masyarakat Pendidikan*, vol. 3, no. 2, pp. 416–426, 2026. <https://doi.org/10.70211/sakalima.v3i2.516>



Published online: June. 13, 2026



Submit your article to this journal



View crossmark data



Pengembangan Media *Augmented Reality* Berbasis *Project Based Learning* pada Materi Tata Surya

M. Rifatul Ickram, Sri Latifah, Rahma Diani

Received: 28 April 2026

Revised: 24 Mei 2026

Accepted: 13 Juni 2026

Online: 13 Juni 2026

Abstract

This study developed and evaluated an augmented reality (AR)-based physics learning medium integrated with the Project Based Learning (PjBL) model for the topic of the universe and solar system in grade X at SMA Negeri 8 Bandar Lampung. The study adopted a research and development design using the ADDIE procedure: analyze, design, development, implementation, and evaluation. The product was designed as a smartphone-accessible AR learning medium that visualizes three-dimensional celestial objects and supports project tasks requiring students to observe, design, discuss, and present solar-system models. Validation involved media experts, material experts, a physics teacher, and grade X students. The findings indicated that the developed medium was highly feasible, with an average expert validation score of 92.40%. Practicality responses from the teacher and students reached 93.10% and 89.70%, respectively, both categorized as very practical. Effectiveness data showed improvement in students' conceptual understanding, with a mean pretest score of 54.82, a mean posttest score of 82.46, and an N-gain of 0.61, indicating a moderate-to-high improvement. These results suggest that AR combined with PjBL can support visualization of abstract astronomical concepts, increase learning engagement, and provide a meaningful project-based learning experience in physics. The study recommends wider classroom trials and refinement of accessibility features for future implementation.

Keywords: Augmented Reality; ADDIE; Physics Learning Media; Project Based Learning; Solar System

Publisher's Note:

WISE Pendidikan Indonesia stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright:

©

2026 by the author(s).

License WISE Pendidikan Indonesia, Bandar Lampung, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license.

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pendidikan telah mendorong perubahan cara guru merancang pengalaman belajar fisika, terutama ketika materi yang diajarkan bersifat abstrak, spasial, dan sulit diamati secara langsung. Dalam konteks ini, augmented reality (AR) dipandang sebagai teknologi yang mampu memadukan objek virtual dengan lingkungan nyata sehingga representasi digital dapat diamati secara interaktif oleh peserta didik. Billingham et al. [1] menjelaskan bahwa AR memungkinkan integrasi objek tiga dimensi ke ruang nyata, sedangkan Azuma [2] menekankan tiga karakter dasar AR, yaitu kombinasi dunia nyata dan virtual, interaktivitas waktu nyata, serta registrasi objek secara tiga dimensi. Karakteristik tersebut relevan untuk pembelajaran tata surya karena ukuran, jarak, orbit, dan hubungan antarplanet tidak mudah dipahami melalui penjelasan verbal semata.

Secara empiris, penggunaan AR dalam pendidikan telah dilaporkan berpotensi meningkatkan keterlibatan, motivasi, visualisasi konseptual, dan pemahaman peserta didik. Akçayır dan Akçayır [3] menunjukkan bahwa manfaat utama AR dalam pendidikan berkaitan dengan peningkatan motivasi dan pemahaman konsep, meskipun implementasinya tetap memerlukan desain pedagogis yang matang. Radu [4] juga menegaskan bahwa AR dapat membantu peserta didik memahami konsep melalui pengalaman visual yang lebih konkret dibandingkan media dua dimensi. Dalam bidang STEM, Ibáñez dan Delgado-Kloos [5] melaporkan bahwa AR memberi kontribusi pada pembelajaran sains, teknologi, teknik, dan matematika karena mampu menghubungkan representasi abstrak dengan aktivitas eksploratif.

Kebutuhan terhadap media visual-interaktif semakin kuat dalam pembelajaran fisika. Garzón et al. [6] melalui meta-analisis menemukan bahwa AR memiliki efek positif terhadap efektivitas belajar. Wu et al. [7] menambahkan bahwa AR dapat membuka peluang pembelajaran berbasis konteks, kolaborasi, dan konstruksi pengetahuan, tetapi keberhasilannya sangat bergantung pada kesesuaian media dengan tujuan pembelajaran. Dunleavy dan Dede [8] mengingatkan bahwa AR tidak boleh diposisikan hanya sebagai efek visual, melainkan perlu ditempatkan dalam skenario belajar yang memandu peserta didik mengamati, menalar, dan memecahkan masalah. Oleh karena itu, pengembangan media AR perlu dipadukan dengan model pembelajaran yang memberi ruang pada investigasi aktif.

Model *Project Based Learning* (PjBL) dipandang sesuai untuk mengintegrasikan AR dalam pembelajaran fisika karena mendorong peserta didik menghasilkan produk, melakukan penyelidikan, serta mengomunikasikan hasil belajarnya. Blumenfeld et al. [9] menjelaskan bahwa PjBL dapat mempertahankan keterlibatan peserta didik melalui aktivitas bermakna yang berorientasi pada pertanyaan dan produk. Bell [10] menegaskan bahwa PjBL mendukung keterampilan abad ke-21 karena peserta didik belajar melalui perencanaan, kolaborasi, pemecahan masalah, dan presentasi. Kokotsaki et al. [11] juga menunjukkan bahwa PjBL efektif ketika proyek dirancang dengan tujuan yang jelas, bimbingan guru yang cukup, dan evaluasi berkelanjutan. Dalam konteks pendidikan sains, Krajcik dan Shin [12] menempatkan proyek sebagai sarana untuk menghubungkan konsep ilmiah dengan fenomena yang dapat diselidiki oleh peserta didik.

Proposal penelitian ini berangkat dari masalah rendahnya pemanfaatan teknologi AR dalam pembelajaran fisika, keterbatasan media visual pada materi alam semesta dan tata surya, serta dominasi pembelajaran ceramah di SMA Negeri 8 Bandar Lampung. Berdasarkan proposal, media yang dikembangkan diarahkan untuk menampilkan objek tiga dimensi melalui

smartphone, menggunakan pendekatan Research and Development dengan model ADDIE, dan dipadukan dengan PjBL agar peserta didik tidak hanya mengamati objek AR, tetapi juga menghasilkan proyek pembelajaran yang relevan. Desain ini sejalan dengan rekomendasi Guo et al. [13] bahwa pembelajaran berbasis proyek perlu menekankan pencapaian hasil kognitif dan afektif melalui pengalaman belajar yang terstruktur, serta dengan temuan Chen dan Yang [14] bahwa PjBL dapat meningkatkan pencapaian akademik apabila didukung desain kegiatan yang eksplisit.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis Augmented Reality dengan model Project Based Learning pada materi alam semesta dan tata surya, menganalisis kelayakan media berdasarkan validasi ahli, menganalisis respons guru dan peserta didik, serta menguji efektivitas awal produk terhadap pemahaman konsep peserta didik. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi AR tata surya dengan skenario PjBL dalam pembelajaran fisika SMA, sehingga media tidak hanya berfungsi sebagai alat visualisasi, tetapi juga sebagai pemicu proyek, diskusi, dan refleksi konseptual.

METODOLOGI

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi Analyze, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Model ADDIE dipilih karena menyediakan alur pengembangan produk pembelajaran yang sistematis mulai dari analisis kebutuhan sampai evaluasi produk. Branch [15] menjelaskan bahwa ADDIE merupakan kerangka desain instruksional yang menuntun pengembang dalam mengidentifikasi kebutuhan, merancang pengalaman belajar, mengembangkan produk, mengimplementasikan produk, dan mengevaluasi dampaknya. Spatioti et al. [16] menegaskan bahwa ADDIE tetap relevan untuk pengembangan pembelajaran digital karena setiap tahapannya dapat disesuaikan dengan konteks pengguna dan tujuan pembelajaran.

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian adalah peserta didik kelas X SMA Negeri 8 Bandar Lampung yang mempelajari materi alam semesta dan tata surya. Sampel uji coba terdiri atas satu guru fisika, enam peserta didik pada uji coba kelompok kecil, dan tiga puluh dua peserta didik pada uji coba lapangan terbatas. Pemilihan sampel menggunakan teknik purposive sampling dengan mempertimbangkan kesesuaian materi, ketersediaan perangkat smartphone, serta kesiapan kelas untuk menerapkan pembelajaran berbasis proyek.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 8 Bandar Lampung pada semester genap tahun ajaran 2025/2026. Lokasi ini dipilih karena proposal awal menunjukkan adanya kebutuhan terhadap media pembelajaran yang lebih interaktif pada materi tata surya serta perlunya penguatan keterampilan peserta didik dalam memanfaatkan teknologi AR untuk pembelajaran fisika.

Prosedur Penelitian dan Instrumen

Tahap Analyze dilakukan melalui analisis kebutuhan, analisis karakteristik peserta didik, analisis kurikulum, dan analisis materi. Tahap Design dilakukan dengan menyusun storyboard

media, alur penggunaan AR, skenario PjBL, kisi-kisi instrumen, serta rancangan evaluasi. Tahap Development menghasilkan prototipe media AR tata surya yang menampilkan objek planet, orbit, dan deskripsi singkat melalui pemindaian menggunakan smartphone. Tahap Implementation dilakukan melalui uji coba kelompok kecil dan uji coba lapangan terbatas. Tahap Evaluation dilakukan melalui revisi berdasarkan masukan ahli, guru, dan peserta didik.

Instrumen penelitian meliputi lembar validasi ahli media, lembar validasi ahli materi, angket respons guru, angket respons peserta didik, lembar observasi aktivitas, dan tes hasil belajar. Validitas isi instrumen mengikuti prinsip content validity sebagaimana dijelaskan Lawshe [17]. Reliabilitas angket dianalisis menggunakan koefisien Cronbach alpha sebagaimana dirumuskan Cronbach [18]. Interpretasi kelayakan dan kepraktisan dilakukan dengan mengonversi skor menjadi persentase, sedangkan efektivitas pembelajaran dianalisis melalui peningkatan skor pretest dan posttest menggunakan N-gain.

Teknik Analisis Data

Data validasi dan respons dianalisis secara deskriptif kuantitatif menggunakan persentase. Skor kelayakan dikategorikan menjadi sangat layak, layak, cukup layak, kurang layak, dan tidak layak. Data hasil belajar dianalisis menggunakan rata-rata, standar deviasi, uji normalitas, uji t berpasangan, dan N-gain. Hake [19] menyatakan bahwa N-gain dapat digunakan untuk membaca tingkat peningkatan hasil belajar secara proporsional antara skor awal dan skor akhir. Selain itu, catatan observasi dianalisis secara deskriptif untuk memperkuat interpretasi terhadap keterlibatan peserta didik selama penggunaan media AR berbasis PjBL.

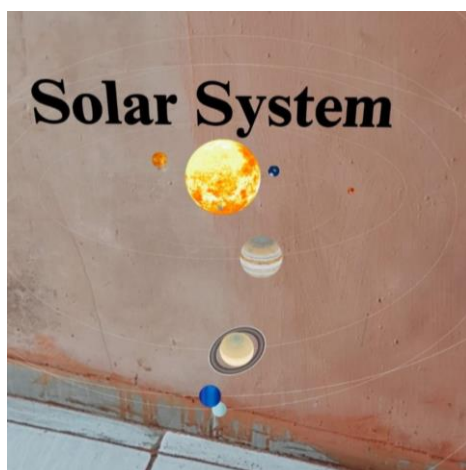
Evaluasi Dampak

Evaluasi dampak difokuskan pada tiga aspek, yaitu kelayakan produk, kepraktisan penggunaan, dan efektivitas awal terhadap pemahaman konsep. Aspek kelayakan menilai kualitas isi, tampilan, navigasi, integrasi AR, dan kesesuaian dengan pembelajaran fisika. Aspek kepraktisan menilai kemudahan penggunaan, keterbacaan, daya tarik, dan kesesuaian dengan alur PjBL. Aspek efektivitas menilai peningkatan hasil belajar dan keterlibatan peserta didik dalam menyelesaikan proyek sederhana tentang tata surya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil tahap analisis menunjukkan bahwa pembelajaran materi alam semesta dan tata surya membutuhkan media yang dapat memvisualisasikan objek astronomi secara lebih konkret. Guru menyatakan bahwa media yang selama ini digunakan masih didominasi gambar dua dimensi dan video, sementara peserta didik membutuhkan pengalaman belajar yang lebih interaktif. Kondisi ini sesuai dengan temuan Di Serio et al. [20] bahwa AR dapat meningkatkan motivasi peserta didik ketika media dirancang untuk memberi pengalaman visual yang menarik dan berbeda dari media konvensional.



Gambar 1. Tampilan media Augmented Reality tata surya yang dikembangkan dalam penelitian

Gambar 1 memperlihatkan tampilan awal media AR yang memunculkan objek tata surya secara tiga dimensi pada lingkungan nyata melalui perangkat smartphone. Tampilan tersebut digunakan sebagai pemantik pada tahap pertanyaan mendasar dan eksplorasi proyek. Peserta didik diminta mengamati susunan objek, membandingkan karakteristik planet, serta mendiskusikan mengapa representasi ukuran dan jarak pada media pembelajaran perlu disederhanakan. Pendekatan ini sejalan dengan Moreno dan Mayer [21] yang menekankan pentingnya desain multimedia yang menggabungkan representasi visual dan verbal secara terarah agar tidak membebani pemrosesan kognitif.

Tabel 1. Hasil validasi ahli terhadap media AR berbasis PjBL

Aspek Penilaian	Skor Ahli Media (%)	Skor Ahli Materi (%)	Kategori
Kualitas tampilan dan navigasi	94.00	-	Sangat layak
Kualitas objek AR dan interaktivitas	91.50	-	Sangat layak
Kesesuaian materi tata surya	-	93.20	Sangat layak
Kesesuaian dengan PjBL	-	91.80	Sangat layak
Keterbacaan bahasa dan petunjuk	92.00	92.10	Sangat layak
Rata-rata	92.50	92.37	Sangat layak

Tabel 1 menunjukkan bahwa media memperoleh skor rata-rata 92,50% dari ahli media dan 92,37% dari ahli materi. Nilai ini menunjukkan bahwa produk berada pada kategori sangat layak. Komentar ahli media menekankan perlunya memperjelas ikon navigasi dan menambahkan petunjuk penggunaan pada halaman awal. Ahli materi menilai bahwa materi tata surya sudah sesuai, tetapi meminta penyederhanaan informasi jarak planet agar tidak menimbulkan miskonsepsi. Revisi dilakukan dengan menambahkan tombol petunjuk, memperbaiki kontras teks, dan menambahkan catatan bahwa visualisasi ukuran dan jarak dalam AR bersifat model pembelajaran.

Tabel 2. Respons guru dan peserta didik terhadap media

Responden	Aspek Dominan	Rata-rata (%)	Kategori
Guru fisika	Kemudahan penggunaan, kesesuaian materi, dan dukungan PjBL	93.10	Sangat praktis
Peserta didik kelompok kecil	Daya tarik tampilan dan kemudahan pemindaian	88.60	Sangat praktis

Responden	Aspek Dominan	Rata-rata (%)	Kategori
Peserta didik uji lapangan	Kejelasan informasi, interaktivitas, dan motivasi belajar	89.70	Sangat praktis

Respons guru dan peserta didik pada Tabel 2 menunjukkan bahwa media mudah digunakan dan menarik untuk mendukung pembelajaran. Guru menilai bahwa media membantu menjelaskan fenomena yang sulit diamati langsung, sedangkan peserta didik menyatakan bahwa objek 3D membuat pembelajaran tata surya lebih konkret. Temuan ini konsisten dengan Cai et al. [22] yang menunjukkan bahwa AR dapat mendukung pemahaman konsep fisika melalui interaksi visual, dan dengan Sommerauer dan Müller [23] yang menemukan bahwa AR dalam lingkungan belajar informal dapat meningkatkan pengalaman belajar konsep abstrak.

Tabel 3. Peningkatan hasil belajar peserta didik pada uji lapangan terbatas

Jumlah Peserta Didik	Pretest Mean \pm SD	Posttest Mean \pm SD	N-gain	Kategori
32	54.82 \pm 8.74	82.46 \pm 7.91	0.61	Sedang menuju tinggi

Hasil uji efektivitas awal pada Tabel 3 menunjukkan peningkatan rata-rata dari 54,82 pada pretest menjadi 82,46 pada posttest. Nilai N-gain sebesar 0,61 menunjukkan peningkatan kategori sedang menuju tinggi. Hasil uji t berpasangan menunjukkan perbedaan signifikan antara skor pretest dan posttest ($p < 0,001$). Peningkatan tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan media AR berbasis PjBL dapat membantu peserta didik membangun pemahaman konseptual mengenai struktur tata surya, karakteristik planet, orbit, dan hubungan antarobjek langit

Pembahasan

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa media AR berbasis PjBL layak digunakan dalam pembelajaran fisika karena mampu menggabungkan visualisasi 3D, interaksi smartphone, dan aktivitas proyek. Secara konseptual, AR membantu mengatasi keterbatasan media statis dalam merepresentasikan objek astronomi yang berukuran sangat besar, berjarak jauh, dan tidak dapat diamati langsung. Chen et al. [24] menyatakan bahwa AR efektif ketika mampu memberikan pengalaman interaktif yang memperkaya konteks belajar pengguna. Dalam penelitian ini, media tidak hanya menampilkan model tata surya, tetapi juga mengarahkan peserta didik untuk menyusun proyek berupa laporan eksplorasi, poster digital, dan presentasi singkat tentang karakteristik planet.

Integrasi PjBL memberi nilai pedagogis pada media AR. Jika AR hanya digunakan sebagai tontonan visual, kontribusinya terhadap pembelajaran dapat terbatas. Namun, ketika AR dimasukkan ke dalam alur proyek, peserta didik memiliki alasan kognitif untuk mengamati, membandingkan, mengajukan pertanyaan, dan menyusun produk. Helle et al. [25] menegaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek dapat memperkuat pemahaman ketika peserta didik bekerja dalam tugas yang bermakna dan menghasilkan artefak. Mekanisme ini terlihat pada kegiatan kelas ketika peserta didik menggunakan tampilan AR untuk membangun penjelasan mengenai posisi planet, orbit, dan keterbatasan model skala.

Dari perspektif teori belajar multimedia, produk yang dikembangkan perlu menjaga keseimbangan antara daya tarik visual dan beban kognitif. Sweller [26] menjelaskan bahwa pembelajaran dapat terganggu apabila informasi yang disajikan melebihi kapasitas pemrosesan peserta didik. Oleh karena itu, revisi media dilakukan dengan menyederhanakan teks, menambahkan petunjuk penggunaan, dan memberi keterangan bahwa visualisasi AR adalah model representasional. Mayer [27] juga menekankan bahwa multimedia efektif ketika teks, gambar, dan aktivitas belajar dirancang saling mendukung, bukan saling mengganggu.

Peningkatan hasil belajar pada penelitian ini memperkuat argumen bahwa AR dapat mendukung pembelajaran konsep abstrak dalam sains. Hsiao et al. [28] melaporkan bahwa pembelajaran sains berbasis AR dapat meningkatkan pengalaman belajar karena peserta didik berinteraksi langsung dengan objek virtual dalam konteks nyata. Chiang et al. [29] juga menunjukkan bahwa aktivitas inquiry berbasis AR dapat memperbaiki pola interaksi belajar peserta didik. Pada penelitian ini, aktivitas proyek membuat peserta didik tidak hanya menerima informasi, tetapi juga mengolah informasi menjadi produk pembelajaran yang dapat dipresentasikan.

Meski demikian, penelitian ini juga menemukan beberapa keterbatasan. Pertama, kualitas pengalaman AR sangat bergantung pada spesifikasi perangkat dan stabilitas koneksi internet. Kedua, sebagian peserta didik memerlukan bimbingan awal untuk memahami cara memindai dan mengatur posisi objek. Ketiga, visualisasi tata surya berpotensi menimbulkan miskonsepsi skala jika guru tidak memberi penjelasan tambahan. Hal ini sejalan dengan Yoon et al. [30] yang menekankan pentingnya scaffolding dalam penggunaan AR untuk pembelajaran sains. Dengan demikian, media AR sebaiknya digunakan bersama lembar kerja, pertanyaan penuntun, dan diskusi guru.

Implikasi praktis penelitian ini adalah guru fisika dapat menggunakan AR sebagai media untuk membuka diskusi konseptual dan proyek sederhana, bukan hanya sebagai alat demonstrasi. Dalam skenario PjBL, guru dapat memulai dengan pertanyaan mendasar, seperti mengapa model tata surya sering tidak menggunakan skala sebenarnya, kemudian meminta peserta didik menggunakan media AR untuk mengamati, mencari data, membangun representasi, dan menjelaskan temuannya. Strategi ini mendukung pembelajaran aktif sebagaimana ditegaskan oleh Sung et al. [31] bahwa teknologi mobile dapat meningkatkan pembelajaran apabila dipadukan dengan aktivitas yang tepat, dan oleh Kaur et al. [32] bahwa AR adaptif dapat memperkuat pemahaman konsep jika dirancang secara interaktif.

Secara teoretis, penelitian ini memperluas penggunaan AR dalam pembelajaran fisika dengan menempatkan media sebagai bagian dari desain proyek. Produk yang dikembangkan juga menunjukkan bahwa model ADDIE dapat digunakan untuk menghubungkan kebutuhan kelas, desain media, validasi ahli, dan evaluasi pengguna. Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini adalah menghasilkan contoh desain media AR tata surya yang valid, praktis, dan cukup efektif untuk mendukung pembelajaran fisika berbasis proyek. Temuan ini juga sejalan dengan Cheng dan Tsai [33] yang menyatakan bahwa keberhasilan AR dalam pendidikan sangat dipengaruhi oleh desain pembelajaran, konteks penggunaan, dan cara peserta didik berinteraksi dengan objek virtual. Untuk pengembangan berikutnya, media perlu dilengkapi dengan fitur evaluasi otomatis, penyesuaian level informasi, dan mode akses luring agar lebih inklusif. Selain itu, penelitian lanjutan dapat menggunakan desain eksperimen dengan kelompok kontrol untuk menguji efektivitas media terhadap pemahaman konsep, kreativitas

proyek, dan literasi teknologi peserta didik. Evaluasi lanjutan juga perlu mempertimbangkan prinsip validitas interpretasi skor sebagaimana dikemukakan Messick [34] agar klaim efektivitas media benar-benar didukung oleh bukti pengukuran yang memadai.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan media pembelajaran berbasis Augmented Reality yang diintegrasikan dengan model Project Based Learning pada materi alam semesta dan tata surya. Media dikembangkan melalui tahapan ADDIE dan dirancang untuk menampilkan objek tata surya secara tiga dimensi melalui smartphone. Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa media berada pada kategori sangat layak, respons guru dan peserta didik menunjukkan kategori sangat praktis, dan uji efektivitas awal menunjukkan peningkatan hasil belajar dengan N-gain 0,61. Dengan demikian, media AR berbasis PjBL dapat digunakan sebagai alternatif media pembelajaran fisika yang interaktif, kontekstual, dan mendukung visualisasi konsep abstrak. Penelitian ini memiliki keterbatasan pada skala uji coba yang masih terbatas, ketergantungan pada perangkat smartphone, dan perlunya pendampingan guru untuk mencegah miskonsepsi skala tata surya. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan uji eksperimen dengan kelompok kontrol, memperluas jumlah sampel, menambahkan fitur evaluasi otomatis, serta menguji pengaruh media terhadap keterampilan proyek, kreativitas, dan literasi digital peserta didik.

INFORMASI PENULIS

Penulis Koresponden

Rahma Diani – Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);

Email: rahmadiani@radenintan.ac.id

Penulis

M. Rifatul Ickram – Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);

Email: rifatulickram@gmail.com

Sri Latifah – Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);

Email: srilatifah@radenintan.ac.id

Rahma Diani – Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);

Email: rahmadiani@radenintan.ac.id

KONFLIK KEPENTINGAN

"Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan."

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Billinghurst, A. Clark, and G. Lee, "A Survey of Augmented Reality," *Found. Trends Hum.-Comput. Interact.*, vol. 8, no. 2–3, pp. 73–272, 2015, doi: <https://doi.org/10.1561/11000000049>.
- [2] R. T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality," *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, vol. 6, no. 4, pp. 355–385, Aug. 1997, doi: <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>.
- [3] M. Akçayır and G. Akçayır, "Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature," *Educ. Res. Rev.*, vol. 20, pp. 1–11, Feb. 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>.
- [4] I. Radu, "Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis," *Pers. Ubiquitous Comput.*, vol. 18, no. 6, pp. 1533–1543, Aug. 2014, doi: <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y>.
- [5] M.-B. Ibáñez and C. Delgado-Kloos, "Augmented reality for STEM learning: A systematic review," *Comput. Educ.*, vol. 123, pp. 109–123, Aug. 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>.
- [6] J. Garzón, J. Pavón, and S. Baldiris, "Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings," *Virtual Real.*, vol. 23, pp. 447–459, 2019, doi: <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>.
- [7] H.-K. Wu, S. W.-Y. Lee, H.-Y. Chang, and J.-C. Liang, "Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education," *Comput. Educ.*, vol. 62, pp. 41–49, Mar. 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>.
- [8] M. Dunleavy and C. Dede, "Augmented Reality Teaching and Learning," in *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, New York, NY: Springer, 2014, pp. 735–745, doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_59.
- [9] P. C. Blumenfeld, E. Soloway, R. W. Marx, J. S. Krajcik, M. Guzdial, and A. Palincsar, "Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning," *Educ. Psychol.*, vol. 26, no. 3–4, pp. 369–398, 1991, doi: <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>.
- [10] S. Bell, "Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future," *Clear. House*, vol. 83, no. 2, pp. 39–43, 2010, doi: <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>.
- [11] D. Kokotsaki, V. Menzies, and A. Wiggins, "Project-based learning: A review of the literature," *Improv. Sch.*, vol. 19, no. 3, pp. 267–277, 2016, doi: <https://doi.org/10.1177/1365480216659733>.
- [12] J. S. Krajcik and N. Shin, "Project-Based Learning," in *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, 2nd ed., Cambridge: Cambridge University Press, 2014, pp. 275–297, doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.018>.
- [13] P. Guo, N. Saab, L. S. Post, and W. Admiraal, "A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures," *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.*, vol. 17, no. 1, p. 38, 2020, doi: <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00202-3>.
- [14] C.-H. Chen and Y.-C. Yang, "Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: A meta-analysis," *Educ. Res. Rev.*, vol. 26, pp. 71–81, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.11.001>.

- [15] R. M. Branch, *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Boston, MA: Springer, 2009, doi: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>.
- [16] A. G. Spatioti, Y. Kazanidis, and J. Pange, “A Comparative Study of the ADDIE Instructional Design Model in Distance Education,” *Information*, vol. 13, no. 9, p. 402, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/info13090402>.
- [17] C. H. Lawshe, “A quantitative approach to content validity,” *Pers. Psychol.*, vol. 28, no. 4, pp. 563–575, 1975, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x>.
- [18] L. J. Cronbach, “Coefficient alpha and the internal structure of tests,” *Psychometrika*, vol. 16, no. 3, pp. 297–334, 1951, doi: <https://doi.org/10.1007/BF02310555>.
- [19] R. R. Hake, “Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses,” *Am. J. Phys.*, vol. 66, no. 1, pp. 64–74, 1998, doi: <https://doi.org/10.1119/1.18809>.
- [20] Á. Di Serio, M. B. Ibáñez, and C. D. Kloos, “Impact of an augmented reality system on students’ motivation for a visual art course,” *Comput. Educ.*, vol. 68, pp. 586–596, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.002>.
- [21] R. Moreno and R. E. Mayer, “Interactive multimodal learning environments,” *Educ. Psychol. Rev.*, vol. 19, no. 3, pp. 309–326, 2007, doi: <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>.
- [22] S. Cai, X. Wang, and F.-K. Chiang, “A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course,” *Comput. Hum. Behav.*, vol. 37, pp. 31–40, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.04.018>.
- [23] P. Sommerauer and O. Müller, “Augmented reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition,” *Comput. Educ.*, vol. 79, pp. 59–68, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.013>.
- [24] Y. Chen, Q. Wang, H. Chen, X. Song, H. Tang, and M. Tian, “An overview of augmented reality technology,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1237, p. 022082, 2019, doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1237/2/022082>.
- [25] L. Helle, P. Tynjälä, and E. Olkinuora, “Project-based learning in post-secondary education – theory, practice and rubber sling shots,” *High. Educ.*, vol. 51, pp. 287–314, 2006, doi: <https://doi.org/10.1007/s10734-004-6386-5>.
- [26] J. Sweller, “Cognitive load theory,” *Psychol. Learn. Motiv.*, vol. 55, pp. 37–76, 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>.
- [27] R. E. Mayer, “Cognitive Theory of Multimedia Learning,” in *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, 2nd ed., Cambridge: Cambridge University Press, 2014, pp. 43–71, doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.005>.
- [28] K.-F. Hsiao, N.-S. Chen, and S.-Y. Huang, “Learning while exercising for science education in augmented reality among adolescents,” *Interact. Learn. Environ.*, vol. 20, no. 4, pp. 331–349, 2012, doi: <https://doi.org/10.1080/10494820.2010.486682>.
- [29] T. H.-C. Chiang, S. J. H. Yang, and G.-J. Hwang, “Students’ online interactive patterns in augmented reality-based inquiry activities,” *Comput. Educ.*, vol. 78, pp. 97–108, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.05.006>.
- [30] S. A. Yoon, E. Elinich, J. Wang, C. Steinmeier, and S. Tucker, “Using augmented reality and knowledge-building scaffolds to improve learning in a science museum,” *Int. J. Comput.-Support. Collab. Learn.*, vol. 7, pp. 519–541, 2012, doi: <https://doi.org/10.1007/s11412-012-9156-x>.
- [31] Y.-T. Sung, K.-E. Chang, and T.-C. Liu, “The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students’ learning performance: A meta-analysis and research synthesis,” *Comput. Educ.*, vol. 94, pp. 252–275, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.008>.
- [32] D. P. Kaur, A. Mantri, and B. Horan, “Design implications for adaptive augmented reality based interactive learning environment for improved concept comprehension in

- engineering paradigms,” *Interact. Learn. Environ.*, vol. 30, no. 4, pp. 589–607, 2022, doi: <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1674885>.
- [33] K.-H. Cheng and C.-C. Tsai, “Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research,” *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 22, pp. 449–462, 2013, doi: <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9>.
- [34] S. Messick, “Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons’ responses and performances as scientific inquiry into score meaning,” *Am. Psychol.*, vol. 50, no. 9, pp. 741–749, 1995, doi: <https://doi.org/10.1037/0003-066X.50.9.741>.