

EFEKTIVITAS E-MODUL BERBASIS *AUGMENTED REALITY* DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK SMP PADA MATERI SISTEM PENCERNAAN

Lina Indrawati^{1*}, Kusnadi², Saefudin³

¹Pendidikan Biologi, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Kota Bandung, Indonesia

*Corresponding author: kusnadi@upi.edu

Abstract. Bioeducation plays an essential role in developing students' understanding of nutrition, health, and the digestive system as a foundation for making informed decisions that support sustainable living. Developing instructional materials that foster critical thinking skills is one strategy to achieve this goal. This study aimed to analyze the effectiveness of an augmented reality-based e-module in improving junior high school students' critical thinking skills on the topic of the digestive system. The study employed a mixed methods approach with an exploratory sequential design, involving qualitative e-module development followed by effectiveness testing using a quasi-experimental design. Critical thinking skills were assessed through pre-tests and post-tests administered to the experimental and control groups, and the data were analyzed using a mean difference test. The findings showed that students who learned using the augmented reality-based e-module demonstrated better critical thinking skills than those who used conventional instructional materials. Three-dimensional visualizations and interactive learning activities enable students to analyze information, connect concepts, and draw more meaningful conclusions. Therefore, the augmented reality-based e-module is recommended as an alternative biology instructional material to strengthen bioeducation and promote the development of students' critical thinking skills.

Keywords: E-module, Augmented reality, Critical thinking skills, digestive system

Abstrak. Bioedukasi berperan penting dalam membangun pemahaman peserta didik mengenai gizi, kesehatan, dan fungsi sistem pencernaan sebagai dasar pengambilan keputusan yang mendukung kehidupan berkelanjutan. Pengembangan bahan ajar yang mampu memfasilitasi keterampilan berpikir kritis menjadi salah satu upaya untuk mencapai tujuan tersebut. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas penggunaan *e-modul* berbasis *augmented reality* dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik sekolah menengah pertama pada materi sistem pencernaan. Penelitian menggunakan metode *mixed methods* dengan desain *exploratory sequential* yang meliputi pengembangan *e-modul* secara kualitatif dan pengujian efektivitas menggunakan *quasi-experimental design*. Keterampilan berpikir kritis diukur menggunakan tes sebelum dan sesudah pembelajaran pada kelas eksperimen dan kelas kontrol, kemudian dianalisis melalui uji beda rata-rata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik yang belajar menggunakan *e-modul* berbasis *augmented reality* lebih baik dibandingkan peserta didik yang menggunakan bahan ajar konvensional. Visualisasi tiga dimensi dan aktivitas pembelajaran yang interaktif membantu peserta didik menganalisis informasi, menghubungkan konsep, serta menarik kesimpulan secara lebih mendalam. Dengan demikian, *e-modul* berbasis *augmented reality* direkomendasikan sebagai alternatif media pembelajaran biologi yang mendukung penguatan bioedukasi dan pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Kata Kunci: E-modul, *Augmented Reality*, Keterampilan Berpikir Kritis, Sistem Pencernaan

Copyright © 2026 The Authors. Published by Genintelektual Conference Series.

PENDAHULUAN This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license

Bioedukasi merupakan bagian dari pendidikan biologi yang berperan dalam membangun pengetahuan, keterampilan, dan sikap peserta didik mengenai berbagai isu kehidupan, seperti kesehatan, gizi, lingkungan, dan keberlanjutan. Peran tersebut sejalan dengan konsep *Education for Sustainable Development* (ESD) yang menempatkan pendidikan sebagai sarana untuk membekali

peserta didik dengan pengetahuan, keterampilan, nilai, dan kemampuan berpikir kritis sehingga mampu mengambil keputusan yang bertanggung jawab dalam menghadapi berbagai tantangan global (UNESCO, 2020). Dalam implementasinya, pembelajaran IPA tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga mendorong peserta didik untuk mengaitkan pengetahuan ilmiah dengan permasalahan kehidupan nyata. Sejalan dengan Kurikulum Merdeka, pembelajaran diharapkan mampu mengembangkan kompetensi berpikir tingkat tinggi melalui pengalaman belajar yang kontekstual, berpusat pada peserta didik, dan memanfaatkan teknologi digital sebagai pendukung pembelajaran. Salah satu materi IPA yang memiliki peran penting dalam mendukung bioedukasi adalah sistem pencernaan manusia. Materi ini membahas hubungan antara konsumsi pangan, proses pencernaan, penyerapan zat gizi, dan kesehatan tubuh sehingga menjadi dasar bagi peserta didik dalam memahami pentingnya pola makan sehat dan pemanfaatan pangan yang berkualitas (Campbell & Reece, 2020; Marieb & Hoehn, 2019; Semba, 2022). Pemahaman tersebut relevan dengan upaya membangun kesadaran peserta didik terhadap pentingnya kesehatan sebagai bagian dari kehidupan yang berkelanjutan. Namun, materi sistem pencernaan memiliki karakteristik yang kompleks karena melibatkan struktur organ serta proses biologis yang berlangsung secara bertahap dan tidak dapat diamati secara langsung. Akibatnya, peserta didik sering mengalami kesulitan memahami hubungan antarfungsi organ maupun mekanisme pencernaan secara utuh sehingga berpotensi menimbulkan miskonsepsi.

Selain penguasaan konsep, pembelajaran sistem pencernaan juga diharapkan mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Facione (2015) menjelaskan bahwa berpikir kritis merupakan proses analisis, evaluasi, dan penarikan kesimpulan yang digunakan untuk menghasilkan keputusan yang logis. Akan tetapi, hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains peserta didik Indonesia masih berada di bawah rata-rata internasional sehingga menunjukkan perlunya peningkatan kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran sains (OECD, 2019). Kondisi tersebut diperkuat oleh hasil observasi awal yang menunjukkan bahwa pembelajaran masih didominasi penggunaan buku teks dan media visual dua dimensi sehingga peserta didik kurang memperoleh pengalaman belajar yang mampu membantu mereka membangun pemahaman konseptual secara mendalam. Perkembangan teknologi digital memberikan peluang untuk menghadirkan pembelajaran yang lebih interaktif melalui pemanfaatan *Augmented Reality* (AR). Teknologi AR memungkinkan objek virtual tiga dimensi dipadukan dengan lingkungan nyata sehingga peserta didik dapat mengamati struktur maupun proses biologis secara lebih konkret (Akçayir & Akçayir, 2017; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Berdasarkan teori *Multimedia Learning*, penyajian informasi melalui kombinasi teks, gambar, dan visualisasi dinamis membantu peserta didik membangun model mental yang lebih utuh dibandingkan penyajian menggunakan media statis (Mayer, 2021). Ketika diintegrasikan ke dalam e-modul, teknologi AR dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih fleksibel, interaktif, dan mendorong peserta didik untuk mengeksplorasi konsep secara mandiri.

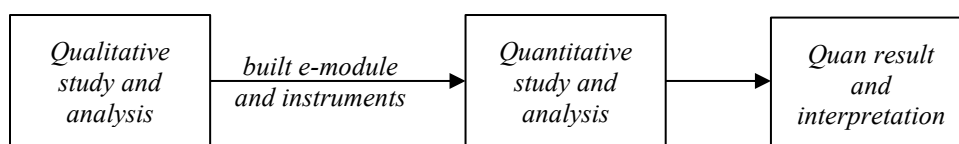
Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *Augmented Reality* dalam pembelajaran sains mampu meningkatkan motivasi belajar, keterlibatan peserta didik, pemahaman konsep, dan hasil belajar (Akçayir & Akçayir, 2017; Garzón & Acevedo, 2019; Bui et al., 2021). Penelitian Zhao dan Li (2023) melaporkan bahwa AR membantu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi sistem pencernaan melalui visualisasi tiga dimensi, sedangkan Aliyanti et al. (2024) dan Fatih et al. (2024) menunjukkan bahwa media berbasis AR berkontribusi terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis. Selain itu, Lestari et al. (2024) melaporkan bahwa e-modul berbasis AR mampu meningkatkan hasil belajar dan kemandirian belajar peserta didik. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada hasil belajar, motivasi belajar, atau penguasaan konsep. Penelitian yang mengintegrasikan e-modul berbasis *Augmented Reality* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi sistem pencernaan di jenjang SMP, sekaligus

mengaitkannya dengan penguatan bioedukasi, masih relatif terbatas. Kesenjangan tersebut menjadi dasar dilaksanakannya penelitian ini.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas penggunaan e-modul berbasis *Augmented Reality* dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik SMP pada materi sistem pencernaan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan alternatif bahan ajar digital yang mendukung pembelajaran biologi secara lebih interaktif, memperkuat bioedukasi mengenai gizi dan kesehatan, serta berkontribusi terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis sebagai bekal peserta didik dalam menghadapi tantangan kehidupan yang sehat dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *mixed methods* dengan desain *exploratory sequential* yang mengintegrasikan pendekatan kualitatif dan kuantitatif secara berurutan (Creswell & Guetterman, 2019). Tahap kualitatif dilakukan untuk menganalisis kebutuhan pembelajaran sebagai dasar penyusunan e-modul berbasis *Augmented Reality* (AR), sedangkan tahap kuantitatif bertujuan menguji efektivitas penggunaan e-modul dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.



Gambar 1. Alur penelitian *mixed methods* dengan desain *exploratory sequential*

Tahap kualitatif dilakukan melalui wawancara dengan guru IPA dan peserta didik serta observasi proses pembelajaran pada materi sistem pencernaan. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi karakteristik peserta didik, media pembelajaran yang digunakan, kendala pembelajaran, serta kebutuhan terhadap bahan ajar digital yang mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis. Temuan pada tahap ini menjadi dasar dalam penyusunan e-modul berbasis *Augmented Reality* yang selanjutnya diimplementasikan pada tahap kuantitatif. Tahap kuantitatif menggunakan desain *quasi experimental* dengan bentuk *nonequivalent control group design*. Populasi penelitian adalah seluruh peserta didik kelas VIII pada salah satu SMP Negeri di Kota Bandung Tahun Ajaran 2025/2026. Sampel ditentukan menggunakan teknik *convenience sampling*, sehingga diperoleh dua kelas yang terdiri atas 21 peserta didik pada kelas eksperimen dan 21 peserta didik pada kelas kontrol. Kelas eksperimen mengikuti pembelajaran menggunakan e-modul berbasis *Augmented Reality*, sedangkan kelas kontrol menggunakan bahan ajar yang biasa digunakan di sekolah. Kedua kelas diberikan *pre-test* sebelum pembelajaran dan *post-test* setelah pembelajaran untuk mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Instrumen penelitian pada tahap kualitatif meliputi pedoman wawancara dan lembar observasi. Sementara itu, tahap kuantitatif menggunakan instrumen tes keterampilan berpikir kritis yang disusun berdasarkan indikator berpikir kritis menurut Inch (2006). Sebelum digunakan, instrumen telah melalui uji validitas dan uji reliabilitas untuk memastikan kelayakan sebagai alat pengumpulan data. Data kualitatif dianalisis secara deskriptif melalui tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial. Uji prasyarat meliputi uji normalitas *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas varians. Selanjutnya, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan *independent sample t-test* apabila data memenuhi asumsi parametrik atau *Mann-Whitney U test* apabila data tidak berdistribusi normal, dengan taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keterampilan berpikir kritis peserta didik diukur melalui tes sebelum *pre-test* dan sesudah *post-test* pembelajaran pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Analisis dilakukan untuk mengetahui efektivitas penggunaan e-modul berbasis *Augmented Reality* terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pencernaan. Ringkasan hasil analisis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik

Kelas	n	Pretest (Mean $\pm$ SD)	Posttest (Mean $\pm$ SD)	N-Gain	Kategori
Eksperimen	21	47,95 $\pm$ 8,12	81,67 $\pm$ 6,85	0,61	Sedang
Kontrol	21	44,81 $\pm$ 7,96	60,83 $\pm$ 8,54	0,31	Sedang

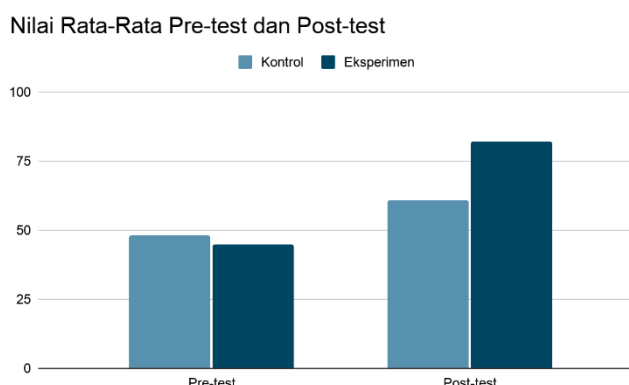
Berdasarkan Tabel 1, keterampilan berpikir kritis peserta didik mengalami peningkatan pada kedua kelas setelah pembelajaran. Namun, peningkatan pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Rata-rata nilai *post-test* kelas eksperimen mencapai 81,67, sedangkan kelas kontrol sebesar 60,83. Selain itu, nilai N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,61 lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 0,31. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan e-modul berbasis *Augmented Reality* memberikan peningkatan keterampilan berpikir kritis yang lebih baik dibandingkan pembelajaran menggunakan bahan ajar konvensional. Selanjutnya dilakukan uji beda rata-rata menggunakan *Independent Samples t-test*. Hasil analisis menunjukkan nilai signifikansi $p < 0,001$, sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara keterampilan berpikir kritis peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Dengan demikian, e-modul berbasis *Augmented Reality* terbukti efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pencernaan. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa peserta didik yang belajar menggunakan e-modul berbasis *Augmented Reality* memperoleh pengalaman belajar yang lebih mendukung proses berpikir kritis. Selama pembelajaran, peserta didik tidak hanya mengamati visualisasi tiga dimensi organ pencernaan, tetapi juga diarahkan untuk menganalisis informasi melalui aktivitas yang terdapat pada e-modul. Kondisi ini memungkinkan peserta didik membangun hubungan antarkonsep sebelum menarik kesimpulan sehingga peningkatan kemampuan berpikir kritis pada kelas eksperimen menjadi lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol.

Tabel 2. Hasil Uji *Independent Samples t-test*

Variabel	Uji Statistik	Nilai Signifikansi (Sig.)	Keputusan
Keterampilan berpikir kritis	<i>Independent Samples t-test</i>	$< 0,001$	Terdapat perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol

Berdasarkan hasil uji *Independent Samples t-test* pada Tabel 2 diperoleh nilai signifikansi $p < 0,001$, sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara keterampilan berpikir kritis peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah pembelajaran. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan berpikir kritis pada kelas eksperimen bukan hanya terlihat dari perbedaan rata-rata nilai, tetapi juga didukung oleh bukti statistik yang menunjukkan bahwa penggunaan e-modul berbasis *Augmented Reality* memberikan pengaruh yang lebih efektif dibandingkan penggunaan bahan ajar konvensional. Dengan demikian, hipotesis penelitian yang menyatakan

bahwa e-modul berbasis *Augmented Reality* efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik dapat diterima.



Gambar 2. Perbandingan Rata-Rata Nilai *pre-test* dan *post-test* Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.

Gambar 2 menunjukkan bahwa rata-rata nilai *pre-test* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol relatif tidak berbeda, sehingga kedua kelas memiliki kemampuan awal yang sebanding sebelum pembelajaran. Setelah diberikan perlakuan, rata-rata nilai *post-test* pada kelas eksperimen mengalami peningkatan yang lebih besar dibandingkan kelas kontrol. Temuan ini memperkuat hasil analisis pada Tabel 1 dan Tabel 2 bahwa penggunaan e-modul berbasis *Augmented Reality* lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik dibandingkan penggunaan bahan ajar konvensional. Peningkatan keterampilan berpikir kritis pada kelas eksperimen tidak hanya dipengaruhi oleh penggunaan teknologi *Augmented Reality*, tetapi juga oleh desain pembelajaran yang terintegrasi dalam e-modul. Visualisasi tiga dimensi membantu peserta didik mengamati struktur organ dan proses sistem pencernaan yang bersifat abstrak menjadi lebih konkret sehingga memudahkan mereka membangun hubungan antar konsep. Setelah melakukan pengamatan melalui fitur *Augmented Reality*, peserta didik diarahkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang disusun berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis. Pertanyaan tersebut mendorong peserta didik mengidentifikasi informasi penting, menganalisis hubungan antar organ dan proses pencernaan, mengevaluasi penyebab suatu fenomena, serta menarik kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan. Dengan demikian, visualisasi *Augmented Reality* tidak hanya berfungsi sebagai media untuk menyajikan informasi, tetapi juga menjadi stimulus yang memfasilitasi proses berpikir kritis peserta didik.

Selanjutnya, proses berpikir kritis tersebut diperkuat melalui aktivitas pada LKPD yang disusun berdasarkan framework INCH (2006). LKPD membimbing peserta didik untuk mengidentifikasi permasalahan, mengumpulkan informasi yang relevan, mengevaluasi bukti, dan menyusun kesimpulan berdasarkan alasan ilmiah. Rangkaian aktivitas tersebut memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk membangun pengetahuan secara aktif sehingga pembelajaran tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan keterampilan berpikir kritis. Sebaliknya, pada kelas kontrol proses pembelajaran masih didominasi oleh penggunaan bahan ajar konvensional sehingga kesempatan peserta didik untuk melakukan analisis dan evaluasi informasi relatif lebih terbatas. Temuan penelitian ini sejalan dengan Garzón dan Acevedo (2019) yang menunjukkan bahwa penggunaan *Augmented Reality* memberikan dampak positif terhadap hasil belajar peserta didik melalui peningkatan pemahaman konsep dan keterlibatan dalam pembelajaran. Hasil penelitian ini juga didukung oleh Ibáñez dan Delgado-Kloos (2018) yang menjelaskan bahwa integrasi *Augmented Reality* dalam pembelajaran sains membantu peserta didik memvisualisasikan konsep yang abstrak sehingga memudahkan proses analisis dan penalaran. Selain

itu, Aliyanti et al. (2024) dan Fatih et al. (2024) melaporkan bahwa media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* berkontribusi terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Dengan demikian, efektivitas e-modul dalam penelitian ini tidak hanya berasal dari penggunaan teknologi *Augmented Reality*, tetapi juga dari integrasi visualisasi tiga dimensi, pertanyaan pemicu berpikir kritis, dan LKPD berbasis INCH yang secara bersama-sama memfasilitasi peserta didik untuk mengamati, menganalisis, mengevaluasi, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti selama pembelajaran.



Gambar 3. Tampilan e-modul berbasis *Augmented Reality* dan pertanyaan berpikir kritis

Gambar 3 menunjukkan salah satu tampilan e-modul berbasis *Augmented Reality* yang digunakan pada penelitian ini. Setelah peserta didik mengamati visualisasi tiga dimensi organ maupun proses sistem pencernaan melalui fitur *Augmented Reality*, e-modul menyajikan serangkaian pertanyaan yang dirancang untuk menstimulasi keterampilan berpikir kritis. Pertanyaan tersebut tidak hanya menuntut peserta didik mengingat informasi, tetapi juga mendorong mereka mengidentifikasi fakta, menjelaskan hubungan antar organ, menganalisis penyebab suatu fenomena, mengevaluasi informasi yang diperoleh, serta menyusun kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan. Penyajian pertanyaan setelah visualisasi *Augmented Reality* memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menghubungkan objek yang diamati dengan konsep ilmiah yang dipelajari. Dengan demikian, visualisasi tiga dimensi tidak hanya berfungsi sebagai media untuk memperjelas konsep yang bersifat abstrak, tetapi juga menjadi stimulus awal yang memfasilitasi proses analisis, interpretasi, dan penalaran. Desain pembelajaran tersebut sejalan dengan tujuan pengembangan keterampilan berpikir kritis yang menekankan kemampuan peserta didik dalam menggunakan bukti untuk menyusun alasan dan mengambil kesimpulan secara logis. Selanjutnya, proses berpikir kritis tersebut diperkuat melalui aktivitas pada LKPD yang disusun berdasarkan framework INCH (2006). LKPD membimbing peserta didik untuk mengidentifikasi masalah, mengumpulkan informasi yang relevan, mengevaluasi bukti, serta menarik kesimpulan berdasarkan alasan ilmiah. Rangkaian aktivitas tersebut menjadikan peserta didik berperan aktif selama pembelajaran sehingga peningkatan keterampilan berpikir kritis yang diperoleh tidak hanya dipengaruhi oleh penggunaan teknologi *Augmented Reality*, tetapi juga oleh desain aktivitas belajar yang terintegrasi dalam e-modul.

KESIMPULAN

Copyright © 2026 The Authors. Published by Genintelektual Conference Series.
This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan e-modul berbasis *Augmented Reality* efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik SMP pada materi sistem pencernaan. Efektivitas tersebut didukung oleh integrasi visualisasi tiga dimensi, pertanyaan yang menstimulasi keterampilan berpikir kritis, dan aktivitas pembelajaran yang mendorong peserta didik melakukan

analisis, evaluasi, serta penarikan kesimpulan. Dengan demikian, e-modul berbasis *Augmented Reality* berpotensi menjadi alternatif bahan ajar digital yang mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis sekaligus memperkuat bioedukasi dalam pembelajaran IPA. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengimplementasikan e-modul berbasis *Augmented Reality* pada materi IPA lainnya, melibatkan jumlah sampel yang lebih luas, serta mengembangkan fitur pembelajaran yang lebih adaptif untuk mengoptimalkan pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Website: <https://journal.genintelektual.id/index.php/conferences>

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Pascasarjana Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Pendidikan Indonesia atas dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kurnadi dan Saefudin atas bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berarti selama proses penelitian dan penyusunan artikel ini

DAFTAR PUSTAKA

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Aliyanti, F., Taufiq, M., & Prihatiningtyas, S. (2024). The effectiveness of augmented reality media based on context to improve junior high school students' critical thinking skills. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 12(2), 145–156. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v12i2.44052>
- Bui, D. T., Pham, T. N., & Chang, C. Y. (2021). Enhancing students' learning engagement and scientific understanding through augmented reality-based interactive biology learning. *Frontiers in Education*, 6, 720865. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.720865>
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2020). *Biology* (12th ed.). Pearson Education.
- Creswell, J. W., & Guetterman, T. C. (2019). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (6th ed.). Pearson.
- Facione, P. A. (2015). *Critical thinking: What it is and why it counts* (7th ed.). Insight Assessment.
- Fatih, M., Fikri, R., & Nanda, A. (2024). The effectiveness of AR-based science learning game in improving critical thinking skills and science literacy of elementary school students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(2), 378–386. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i2.6107>
- Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of augmented reality on students' learning outcomes. *Educational Research Review*, 27, 244–260. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Inch, E. S., Warnick, B., & Endres, D. (2006). *Critical thinking and communication: The use of reason in argument*. Pearson.
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2022). *Kurikulum Merdeka: Panduan implementasi pembelajaran berbasis kompetensi*. Kemendikbudristek.

Copyright © 2026 The Authors. Published by Genintelektual Conference Series.

This is an open access article distributed under the terms of the CC BY 4.0 license.

- Lestari, N. D., Putra, A., & Haryanto, A. (2024). Pengembangan e-modul berbasis *Augmented Reality* untuk meningkatkan hasil belajar dan kemandirian siswa. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 13(2), 112–125.
- Marieb, E. N., & Hoehn, K. (2019). *Human anatomy & physiology* (11th ed.). Pearson.
Website <https://journal.genintelektual.id/index.php/conferences>
- Mayer, R. E. (2021). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- OECD. (2019). *PISA 2018 results (Volume I): What students know and can do*. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Semba, R. D. (2022). *Nutrition and human health: Integrating the microbiome perspective*. Springer Nature.
- UNESCO. (2020). *Education for sustainable development: A roadmap*. UNESCO Publishing.
- Zhao, J., & Li, M. (2023). Digital health education with augmented reality improves students' understanding of human digestion. *International Journal of Science Education*, 45(3), 285–301.