

**IMPLEMENTASI MEDIA PEMBELAJARAN STEAM BERBASIS *VIRTUAL REALITY* DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA DAN IMPLIKASINYA TERHADAP MINAT BELAJAR SISWA SMA**

**Acep Musliman<sup>1</sup>, Hermansyah<sup>2</sup>, Hilman Luqmanul<sup>3</sup>, Januar Muhamad Hasanudin<sup>4</sup>,  
Muhammad Reyza Prayoga<sup>5</sup>, Suratno<sup>6</sup>**

Universitas Indraprasta, PGRI Jakarta<sup>1,2,3,4,5,6</sup>

e-mail: [acepmatsci16@gmail.com](mailto:acepmatsci16@gmail.com)

Diterima: 18/12/2025; Direvisi: 24/12/2025; Diterbitkan: 6/1/2026

**ABSTRAK**

Rendahnya minat belajar siswa pada mata pelajaran Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) di Sekolah Menengah Atas (SMA) masih menjadi tantangan, terutama akibat dominasi pembelajaran konvensional dan terbatasnya pemanfaatan teknologi digital dalam proses pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis pendekatan *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* (STEAM) yang terintegrasi dengan teknologi *Virtual Reality* (VR) serta menguji validitas, kepraktisan, dan efektivitasnya dalam meningkatkan minat belajar siswa MIPA. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Subjek penelitian adalah siswa kelas X SMA. Data dikumpulkan melalui angket minat belajar, lembar validasi ahli materi dan media, serta observasi pembelajaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran STEAM berbasis VR memiliki tingkat validitas yang sangat baik dan dinilai praktis untuk diterapkan dalam pembelajaran. Selain itu, penggunaan media ini terbukti efektif dalam meningkatkan minat belajar siswa, yang tercermin dari meningkatnya keterlibatan aktif, ketertarikan terhadap materi, dan rasa ingin tahu selama proses pembelajaran. Dengan demikian, media pembelajaran STEAM terintegrasi *Virtual Reality* dapat dijadikan sebagai alternatif inovatif untuk mendukung pembelajaran MIPA di SMA pada era digital.

**Kata Kunci:** *STEAM, Virtual Reality, Minat Belajar, MIPA.*

**ABSTRACT**

The low level of students' learning interest in Mathematics and Natural Sciences (MIPA) at Senior High Schools (SMA) remains a challenge, particularly due to the dominance of conventional teaching methods and the limited use of digital technology in the learning process. This study aims to develop learning media based on the Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM) approach integrated with Virtual Reality (VR) technology and to examine its validity, practicality, and effectiveness in enhancing students' learning interest in MIPA. The study employed a Research and Development (R&D) method using the ADDIE model, which consists of the stages of analysis, design, development, implementation, and evaluation. The research subjects were Grade X senior high school students. Data were collected through learning interest questionnaires, expert validation sheets for content and media, and classroom observations. The results indicate that the VR-based STEAM learning media demonstrate a very high level of validity and are considered practical for classroom implementation. Furthermore, the use of this media is proven to be effective in increasing students' learning interest, as reflected in higher levels of active engagement, interest in the learning materials, and curiosity during the learning process. Therefore, STEAM-based

learning media integrated with Virtual Reality can be considered an innovative alternative to support MIPA learning in senior high schools in the digital era.

**Keywords:** *STEAM, Virtual Reality, Learning Interest, Mathematics and Natural Science MIPA.*

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital yang berlangsung secara masif, bersamaan dengan arus globalisasi dan meningkatnya persaingan dunia kerja, telah membentuk tuntutan baru terhadap kompetensi sumber daya manusia. Individu tidak lagi cukup dibekali dengan penguasaan pengetahuan faktual, tetapi juga dituntut memiliki kemampuan berpikir tingkat tinggi, kreativitas, serta adaptabilitas terhadap perubahan. Dalam konteks ini, kualitas sumber daya manusia suatu bangsa sangat ditentukan oleh mutu sistem pendidikan yang diterapkan. OECD (2025) menegaskan bahwa pendidikan abad ke-21 memegang peran strategis dalam mengembangkan keterampilan kognitif, sosial, dan digital yang relevan dengan tantangan masa depan.

Pendidikan pada era kontemporer tidak dapat lagi dipahami hanya sebagai proses penyampaian materi dari guru kepada peserta didik. Pendidikan berfungsi sebagai sarana pengembangan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, serta literasi teknologi yang berkelanjutan. Namun, realitas di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) di Sekolah Menengah Atas (SMA) masih didominasi oleh pendekatan konvensional yang berpusat pada guru. Pola pembelajaran tersebut cenderung membatasi partisipasi aktif siswa dan berdampak pada rendahnya minat serta motivasi belajar, terutama dalam memahami konsep MIPA yang bersifat abstrak (Makransky & Petersen, 2021).

Kesenjangan antara tuntutan pembelajaran abad ke-21 dan praktik pembelajaran yang masih berlangsung di kelas menunjukkan perlunya pembaruan pendekatan pedagogis yang lebih kontekstual dan integratif. Salah satu pendekatan yang dinilai relevan untuk menjawab tantangan tersebut adalah *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM)*. Pendekatan STEAM menekankan integrasi lintas disiplin, pembelajaran berbasis konteks nyata, serta pengembangan kreativitas dan kemampuan pemecahan masalah siswa (Yakman & Lee, 2021). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEAM mampu meningkatkan pemahaman konseptual dan minat belajar siswa melalui aktivitas kolaboratif dan eksploratif (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019; Kang, 2019; Yim et al., 2025).

Seiring dengan perkembangan teknologi pembelajaran, *Virtual Reality (VR)* muncul sebagai salah satu media inovatif yang menawarkan pengalaman belajar imersif dan interaktif. Teknologi VR memungkinkan siswa berinteraksi secara langsung dengan lingkungan tiga dimensi, sehingga konsep-konsep abstrak dapat divisualisasikan secara lebih konkret dan bermakna. Berbagai studi melaporkan bahwa penggunaan VR dalam pembelajaran memberikan dampak positif terhadap peningkatan motivasi, keterlibatan belajar, serta hasil belajar siswa (Radianti et al., 2020; Hamilton et al., 2021). Dalam konteks Indonesia, pemanfaatan VR sebagai media pembelajaran juga mulai berkembang dan dinilai mampu meningkatkan kualitas pembelajaran berbasis teknologi (Musril et al., 2020).

Meskipun pendekatan STEAM dan teknologi VR telah banyak dikaji secara terpisah, penelitian yang mengintegrasikan keduanya dalam pembelajaran MIPA di tingkat SMA masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih menitikberatkan pada efektivitas STEAM tanpa dukungan teknologi imersif, atau sebaliknya memanfaatkan VR tanpa kerangka pedagogis STEAM yang jelas. Selain itu, kajian yang secara khusus menelaah pengaruh

integrasi STEAM berbasis VR terhadap minat belajar siswa MIPA juga masih jarang ditemukan. Padahal, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran STEAM memiliki potensi besar dalam membentuk berbagai kompetensi siswa apabila dirancang secara kontekstual dan sistematis (Zulaeha, 2025; Yim et al., 2025).

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan melalui pengembangan media pembelajaran STEAM berbasis *Virtual Reality* yang dirancang secara sistematis dan disesuaikan dengan karakteristik siswa MIPA SMA. Integrasi STEAM dan VR diharapkan mampu menciptakan pengalaman belajar yang imersif, interaktif, dan bermakna sehingga dapat meningkatkan minat belajar siswa. Selain memperkuat kajian teoretis mengenai integrasi pendekatan STEAM dan teknologi imersif, penelitian ini juga memberikan implikasi praktis bagi guru dalam mengimplementasikan pembelajaran inovatif. Dengan demikian, penelitian ini sejalan dengan tuntutan transformasi pendidikan abad ke-21 yang menekankan kualitas pembelajaran, relevansi teknologi, serta pengembangan kompetensi siswa secara holistik.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan (*research and development*) yang bertujuan menghasilkan media pembelajaran berbasis STEAM terintegrasi teknologi Virtual Reality (VR) untuk meningkatkan minat belajar siswa MIPA. Model pengembangan yang diterapkan adalah ADDIE, yang mencakup tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Pemilihan model ini didasarkan pada kemampuannya dalam memfasilitasi proses pengembangan media secara sistematis dan berkelanjutan. Seluruh tahapan dilaksanakan secara berurutan dengan mempertimbangkan kebutuhan pembelajaran dan karakteristik peserta didik.

Penelitian dilaksanakan pada siswa kelas X di salah satu Sekolah Menengah Atas (SMA) di wilayah Jakarta pada semester genap tahun ajaran berjalan. Media pembelajaran diterapkan pada materi MIPA yang bersifat abstrak dan memerlukan visualisasi tiga dimensi untuk membantu pemahaman konsep. Proses pembelajaran dilakukan secara tatap muka terbatas dengan memanfaatkan perangkat *smartphone* dan *VR viewer* yang digunakan secara bergantian dalam kelompok kecil. Pengaturan ini dirancang untuk memastikan keterlaksanaan pembelajaran sekaligus menyesuaikan dengan kondisi dan ketersediaan sarana di sekolah.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan beberapa instrumen, yaitu lembar validasi ahli untuk menilai kelayakan media, angket minat belajar siswa untuk mengukur efektivitas, serta lembar observasi untuk menilai kepraktisan dan keterlaksanaan pembelajaran. Data kuantitatif dianalisis secara deskriptif menggunakan skor rata-rata dan persentase untuk menentukan kategori validitas, kepraktisan, dan efektivitas media. Data kualitatif berupa saran dan komentar dari ahli serta hasil observasi dianalisis secara deskriptif sebagai dasar penyempurnaan produk. Evaluasi dilakukan secara formatif pada setiap tahap pengembangan dan secara sumatif setelah uji coba media pembelajaran dilaksanakan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

#### Hasil Validitas Media Pembelajaran

Hasil validasi menunjukkan bahwa media pembelajaran STEAM berbasis Virtual Reality yang dikembangkan berada pada kategori valid dan dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran MIPA di tingkat SMA. Proses penilaian dilakukan oleh ahli materi dan ahli media dengan mempertimbangkan beberapa aspek utama, yaitu kesesuaian konten dengan kurikulum,

integrasi pendekatan STEAM, kualitas visualisasi objek tiga dimensi, serta fungsi dan navigasi aplikasi. Penilaian ini bertujuan memastikan bahwa media tidak hanya akurat secara konsep, tetapi juga efektif dalam mendukung pengalaman belajar siswa. Rekapitulasi hasil validasi dari para ahli tersebut disajikan secara ringkas pada Tabel 1 sebagai gambaran tingkat kelayakan media pembelajaran yang dikembangkan.

**Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Validasi Media Pembelajaran**

Aspek yang Dinilai	Skor Rata-rata	Kategori
Kesesuaian Materi	Tinggi	Valid
Desain dan Visualisasi	Tinggi	Valid
Fungsi dan Interaktivitas	Tinggi	Valid
Integrasi STEAM	Tinggi	Valid

Berdasarkan data pada Tabel 1, seluruh aspek penilaian memperoleh kategori valid dengan skor rata-rata yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa materi yang disajikan telah sesuai dengan tujuan pembelajaran dan tingkat perkembangan siswa SMA. Selain itu, visualisasi objek tiga dimensi dan fungsi interaktif aplikasi dinilai mampu mendukung pemahaman konsep MIPA yang bersifat abstrak. Dengan demikian, media pembelajaran yang dikembangkan dinyatakan layak untuk diimplementasikan pada tahap uji coba pembelajaran. Untuk memperjelas bentuk produk yang dikembangkan, tampilan depan aplikasi ARTIC beserta objek bangun ruang kubus disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Tampilan Depan Aplikasi ARTIC dan Objek Bangun Ruang Kubus**

Gambar 1 memperlihatkan antarmuka utama aplikasi serta visualisasi objek kubus berbasis AR yang menjadi fokus materi pembelajaran. Tampilan tersebut dirancang untuk memudahkan siswa dalam mengamati dan berinteraksi dengan objek tiga dimensi secara langsung. Kejelasan visual dan kemudahan navigasi pada aplikasi mendukung hasil validasi ahli yang menilai media dalam kategori valid. Dengan demikian, Gambar 1 berfungsi sebagai bukti visual dari kelayakan produk yang dikembangkan.

### Hasil Kepraktisan Media Pembelajaran

Kepraktisan media pembelajaran ditinjau melalui observasi keterlaksanaan pembelajaran serta respon siswa selama penggunaan media di kelas. Observasi dilakukan untuk menilai sejauh mana media dapat digunakan secara optimal sesuai dengan skenario pembelajaran berbasis STEAM yang telah dirancang. Selain itu, perhatian juga diberikan pada

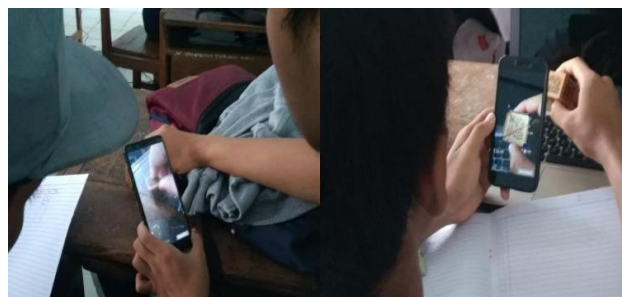


kemudahan penggunaan media dan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran berlangsung. Ringkasan hasil kepraktisan media pembelajaran tersebut disajikan pada Tabel 2 sebagai gambaran tingkat kemudahan dan keterlaksanaan media dalam pembelajaran MIPA SMA.

**Tabel 2. Hasil Kepraktisan Media Pembelajaran**

Indikator Kepraktisan	Hasil
Keterlaksanaan Pembelajaran	Sangat Baik
Kemudahan Penggunaan	Baik
Keterlibatan Siswa	Sangat Baik

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pembelajaran dapat dilaksanakan dengan sangat baik menggunakan media yang dikembangkan. Siswa mampu mengoperasikan aplikasi dengan relatif mudah menggunakan perangkat *smartphone* dan *VR viewer*. Selain itu, tingkat keterlibatan siswa selama pembelajaran tergolong tinggi, yang tercermin dari partisipasi aktif dalam kegiatan eksplorasi objek virtual. Temuan ini mengindikasikan bahwa media pembelajaran bersifat praktis dan sesuai untuk diterapkan di kelas MIPA SMA. Implementasi penggunaan media pembelajaran di kelas ditampilkan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Penerapan Media Pembelajaran Berbasis AR di Kelas**

Gambar 2 menunjukkan aktivitas siswa saat menggunakan media pembelajaran berbasis AR dalam kelompok kecil. Siswa tampak terlibat secara aktif dalam mengamati dan mendiskusikan objek virtual yang ditampilkan. Kondisi ini mendukung hasil observasi yang menunjukkan keterlaksanaan pembelajaran dalam kategori sangat baik. Dengan demikian, gambar tersebut memperkuat temuan bahwa media pembelajaran praktis dan dapat digunakan secara efektif di kelas.

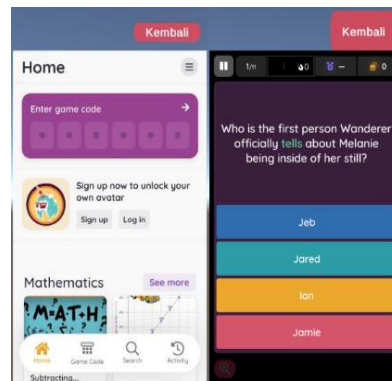
### **Hasil Efektivitas Media terhadap Minat Belajar**

Efektivitas media pembelajaran dianalisis berdasarkan hasil angket minat belajar siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan media STEAM berbasis Virtual Reality. Penilaian difokuskan pada beberapa aspek utama, yaitu perhatian, ketertarikan, dan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran berlangsung. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana media yang dikembangkan mampu menciptakan pengalaman belajar yang menarik dan bermakna bagi siswa. Ringkasan hasil minat belajar siswa setelah penggunaan media pembelajaran disajikan pada Tabel 3 sebagai gambaran tingkat efektivitas media dalam pembelajaran MIPA SMA.

**Tabel 3. Ringkasan Hasil Minat Belajar Siswa**

Aspek Minat Belajar	Kategori
Perhatian	Baik
Ketertarikan	Sangat Baik
Keterlibatan	Baik
Rata-rata	Baik

Berdasarkan data pada Tabel 3, minat belajar siswa berada pada kategori baik hingga sangat baik setelah penggunaan media pembelajaran. Peningkatan terlihat terutama pada aspek ketertarikan siswa terhadap materi yang disajikan secara visual dan interaktif. Hal ini menunjukkan bahwa pengalaman belajar yang imersif mampu menciptakan suasana pembelajaran yang lebih menarik. Dengan demikian, media pembelajaran STEAM berbasis VR dinilai efektif dalam meningkatkan minat belajar siswa MIPA. Untuk melengkapi hasil efektivitas tersebut, tampilan fitur evaluasi dalam aplikasi ARTIC disajikan pada Gambar 3.



**Gambar 3. Tampilan Fitur Evaluasi pada Aplikasi ARTIC**

Gambar 3 memperlihatkan antarmuka evaluasi yang dirancang interaktif dan mudah digunakan oleh siswa. Fitur ini memungkinkan siswa untuk memberikan respon terhadap pembelajaran secara langsung melalui aplikasi. Keberadaan fitur evaluasi mendukung pengumpulan data minat belajar secara sistematis. Oleh karena itu, Gambar 2 berperan sebagai bukti pendukung efektivitas media pembelajaran yang dikembangkan.

## Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran STEAM berbasis Virtual Reality (VR) memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan minat belajar dan kemampuan spasial matematis siswa MIPA. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Radianti et al. (2020) yang menegaskan bahwa teknologi VR efektif meningkatkan keterlibatan kognitif dan afektif siswa apabila dirancang selaras dengan tujuan pembelajaran dan karakteristik materi. Lingkungan virtual yang imersif memungkinkan siswa berinteraksi langsung dengan objek pembelajaran, sehingga proses belajar tidak hanya bersifat informatif, tetapi juga eksploratif dan reflektif. Dengan demikian, penggunaan VR dalam konteks pembelajaran MIPA SMA dapat menjadi solusi untuk mengatasi rendahnya keterlibatan siswa pada materi yang bersifat abstrak.

Dari perspektif keterlibatan siswa, peningkatan minat belajar yang ditemukan dalam penelitian ini juga konsisten dengan temuan Makransky et al. (2020) yang menyatakan bahwa

simulasi VR imersif mampu meningkatkan ketertarikan dan aspirasi siswa terhadap pembelajaran sains. Teknologi VR menciptakan pengalaman belajar yang menantang sekaligus menyenangkan, sehingga siswa terdorong untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran. Selain itu, penelitian Maričić dan Lavicza (2024) menegaskan bahwa integrasi teknologi baru dalam lingkungan STEAM secara signifikan memperkuat keterlibatan siswa melalui pengalaman belajar yang interaktif dan kontekstual. Hal ini memperkuat argumen bahwa media VR berbasis STEAM tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu visual, tetapi juga sebagai pemicu motivasi belajar.

Integrasi pendekatan STEAM, khususnya unsur seni (arts), terbukti memperkuat daya tarik visual media serta mendorong kreativitas siswa dalam memahami konsep MIPA yang abstrak. Temuan ini sejalan dengan pandangan Yakman (2021) yang menekankan bahwa STEAM tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan imajinasi, inovasi, dan pemaknaan lintas disiplin. Dukungan empiris juga diberikan oleh Herro et al. (2018) yang menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran STEAM mampu meningkatkan kualitas pengalaman belajar siswa di jenjang pendidikan menengah. Dengan demikian, media yang dikembangkan dalam penelitian ini relevan dengan tuntutan pembelajaran MIPA abad ke-21 yang menekankan kreativitas, berpikir kritis, dan pemecahan masalah.

Peningkatan minat belajar siswa dalam penelitian ini mengindikasikan bahwa kombinasi pendekatan STEAM dan teknologi VR mampu menciptakan pengalaman belajar yang bermakna. Temuan ini dapat dijelaskan melalui perspektif konstruktivistik yang menyatakan bahwa pembelajaran akan lebih efektif ketika siswa secara aktif membangun pengetahuannya melalui pengalaman langsung dan visualisasi konkret (Schunk, 2020). Dalam konteks ini, VR berfungsi sebagai jembatan antara konsep abstrak MIPA dan representasi visual tiga dimensi. Hasil penelitian Ma et al. (2023) juga memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa VR mendorong pembelajaran aktif lintas disiplin melalui keterlibatan langsung siswa dalam lingkungan virtual.

Selain berdampak pada minat belajar, hasil penelitian juga menunjukkan peningkatan kemampuan spasial matematis siswa, yang memperkuat temuan penelitian sebelumnya mengenai peran media visual-interaktif dalam pembelajaran geometri dan matematika (Sugiarni et al., 2018). Penelitian Medina Herrera et al. (2019) dan Yanuarto dan Iqbal (2022) menunjukkan bahwa penggunaan teknologi tiga dimensi seperti VR dan AR secara signifikan meningkatkan kemampuan visualisasi spasial siswa. Secara teoretis, peningkatan ini dipengaruhi oleh kemampuan media VR dalam memungkinkan siswa memanipulasi objek tiga dimensi secara langsung. Hal ini sejalan dengan teori pengalaman belajar Dale yang menyatakan bahwa semakin konkret pengalaman belajar, semakin tinggi tingkat pemahaman dan retensi siswa.

Lebih lanjut, penerapan pendekatan STEAM dalam alur pembelajaran mengaitkan konsep matematika dengan sains, teknologi, dan konteks nyata, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna (Afriana et al., 2016). Media yang dikembangkan juga mendorong siswa untuk mengeksplorasi dan menemukan konsep secara mandiri, bukan sekadar menerima informasi dari guru, yang selaras dengan prinsip utama konstruktivisme. Selain itu, penelitian Ali (2022) menegaskan bahwa teknologi imersif efektif dalam membekali siswa dengan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang relevan dengan kebutuhan masa depan. Dengan demikian, integrasi STEAM dan VR memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan kompetensi abad ke-21.

Meskipun media pembelajaran yang dikembangkan dinyatakan valid, praktis, dan efektif, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Media VR yang dikembangkan baru mencakup materi bangun ruang sisi datar, sehingga penerapannya belum menjangkau materi MIPA lainnya yang juga membutuhkan visualisasi spasial. Selain itu, pengembangan konten masih bergantung pada pengembang, sehingga guru belum dapat melakukan pembaruan secara mandiri. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan media VR yang lebih adaptif, mencakup materi yang lebih luas, serta dilengkapi fitur authoring, sebagaimana direkomendasikan oleh Bukhori et al. (2022) dalam pengembangan VR berbasis model ADDIE.

## KESIMPULAN

Penelitian dan pengembangan ini menegaskan bahwa integrasi pendekatan *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* (STEAM) dengan teknologi *Virtual Reality* (VR) merupakan strategi pembelajaran yang kontekstual dan adaptif dalam menjawab tantangan pembelajaran MIPA di abad ke-21. Media pembelajaran yang dikembangkan mampu mengonversi karakteristik materi MIPA yang bersifat abstrak menjadi pengalaman belajar yang lebih konkret, interaktif, dan bermakna, sehingga mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran. Temuan ini menunjukkan bahwa pengembangan media tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga relevan secara pedagogis.

Secara teoretis, hasil penelitian ini memperkuat pendekatan konstruktivistik yang memandang pembelajaran sebagai proses aktif dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman langsung. Lingkungan belajar berbasis VR memberikan ruang bagi siswa untuk mengeksplorasi dan memanipulasi objek tiga dimensi secara dinamis, yang berdampak pada peningkatan minat belajar serta pengembangan kemampuan berpikir spasial. Integrasi STEAM turut memberikan kerangka lintas disiplin yang membantu siswa memahami keterkaitan antara konsep matematika, sains, dan teknologi dalam konteks nyata, sehingga pembelajaran menjadi lebih utuh dan bermakna.

Dari sisi kontribusi praktis, penelitian ini mengisi kesenjangan kajian yang selama ini memisahkan pendekatan STEAM dan teknologi VR dengan menghadirkan media pembelajaran terintegrasi yang dirancang secara sistematis. Media STEAM berbasis VR memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran MIPA di tingkat sekolah menengah. Ke depan, pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada perluasan cakupan materi MIPA dengan tingkat abstraksi tinggi, penyediaan fitur kustomisasi agar guru dapat menyesuaikan konten pembelajaran, serta pengujian efektivitas media pada jenjang dan konteks pendidikan yang lebih beragam. Dengan demikian, media pembelajaran STEAM–VR berpeluang menjadi solusi inovatif yang berkelanjutan dalam mendukung transformasi pembelajaran MIPA.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afiana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan project based learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan literasi sains siswa ditinjau dari gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202–212. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>
- Ali, S. (2022). The effectiveness of immersive technologies for future professional education. *Futurity Education*, 2(2), 14-22. <https://doi.org/10.57125/FED/2022.10.11.25>
- Bukhori, H. A., Sunarti, S., Widyatmoko, T., & Ting, H. L. (2022). ADDIE method for implementation of virtual reality in online course using model project-based learning. *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, 8(1), 33-41.





<https://doi.org/10.22219/jinop.v8i1.18905>

- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1-32. <https://link.springer.com/article/10.1007/S40692-020-00169-2>
- Herro, D., Quigley, C., & Jacques, L. A. (2018). Examining technology integration in middle school STEAM units. *Technology, Pedagogy and Education*, 27(4), 485-498. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2018.1514322>
- Kang, N. H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*, 5(1), 1-22. [https://brill.com/view/journals/apse/5/1/article-pl\\_6.xml](https://brill.com/view/journals/apse/5/1/article-pl_6.xml)
- Ma, C. W., Cheng, P. S., Chan, Y. S., & Tipoe, G. L. (2023). Virtual reality: a technology to promote active learning of physiology for students across multiple disciplines. *Advances in Physiology Education*, 47(3), 594-603. <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/advan.00172.2022>
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational psychology review*, 33(3), 937-958. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Makransky, G., Petersen, G. B., & Klingenberg, S. (2020). Can an immersive virtual reality simulation increase students' interest and career aspirations in science?. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2079-2097. <https://doi.org/10.1111/bjet.12954>
- Maričić, M., & Lavicza, Z. (2024). Enhancing student engagement through emerging technology integration in STEAM learning environments. *Education and Information Technologies*, 29(17), 23361-23389. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-024-12710-2>
- Medina Herrera, L., Castro Pérez, J., & Juárez Ordóñez, S. (2019). Developing spatial mathematical skills through 3D tools: augmented reality, virtual environments and 3D printing. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 13(4), 1385-1399. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12008-019-00595-2>
- Musril, H. A., Jasmienti, J., & Hurrahman, M. (2020). Implementasi teknologi virtual reality pada media pembelajaran perakitan komputer. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: JANAPATI*, 9(1), 83-95. <https://doi.org/10.23887/janapati.v9i1.23215>
- OECD. (2025). *OECD Skills Outlook 2025: Building the skills of the 21st century for all*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/26163cd3-en>
- Pellas, N., Fotaris, P., Kazanidis, I., & Wells, D. (2019). Augmenting the learning experience in primary and secondary school education: A systematic review of recent trends in augmented reality game-based learning. *Virtual Reality*, 23(4), 329-346. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-018-0347-2>
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking skills and creativity*, 31, 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & education*, 147, 103778.



<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131519303276>

- Schunk, D. H. (2020). *Learning theories: An educational perspective* (8th ed.). Pearson Education.
- Sugiarni, R., Alghifari, E., & Ifanda, A. R. (2018). Meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa dengan model pembelajaran problem based learning berbantuan Geogebra. *KALAMATIKA: Jurnal pendidikan matematika*, 3(1), 93-102. <https://doi.org/10.22236/KALAMATIKA.vol3no1.2018pp93-102>
- Yanuarto, W. N., & Iqbal, A. M. (2022). The The Augmented Reality Learning Media to Improve Mathematical Spatial Ability in Geometry Concept. *Edumatica: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(1), 30-40. <https://doi.org/10.22437/edumatica.v12i01.17615>
- Yim, I. H. Y., Su, J., & Wegerif, R. (2025). STEAM in practice and research in primary schools: a systematic literature review. *Research in Science & Technological Education*, 43(4), 1065-1089. <https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2440424>
- Zulaeha, O. (2025). Asesmen Dampak Penggunaan STEAM Berbasis Kabaroko dalam Membentuk Literasi Budaya dan Literasi Sains Siswa. *KUANTUM: Jurnal Pembelajaran dan Sains Fisika*, 6(1), 126-133. <https://doi.org/10.63976/kuantum.v6i1.933>