

Penerapan Model STEM Menggunakan *Virtual Reality* pada Pembelajaran Gelombang Elektromagnetik

Wawan Purnama¹, Sri Wulan², Mohammad Sabarudin³, Supiana⁴, Qiqi Yulianti Zaqiah⁵

^{1,3,4,5}Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia

²STAI Al-Maarif Ciamis, Indonesia

¹wawan_purnama@upi.edu

Abstrak

Penelitian ini mengkaji respon siswa terhadap penggunaan media *Virtual Reality* (VR) dalam pembelajaran Gelombang Elektromagnetik pada siswa SMAN 1 Soreang angkatan 2024/2025. Metode penelitian menggunakan kuesioner yang mengukur tiga aspek utama yaitu kemudahan penggunaan, efektivitas pembelajaran, serta minat dan motivasi belajar terhadap media VR. Data dari 36 responden menunjukkan bahwa meskipun terdapat kendala awal dalam penggunaan aplikasi VR, sebagian besar siswa menyatakan bahwa media ini memudahkan pemahaman konsep gelombang elektromagnetik melalui visualisasi interaktif dan pengalaman belajar yang lebih imersif. Hasil juga mengindikasikan peningkatan minat dan motivasi belajar, serta rasa percaya diri siswa dalam menguasai materi. Namun, keterbatasan literasi digital dan dukungan teknis menjadi tantangan yang perlu diperhatikan dalam implementasi VR secara lebih luas. Penelitian ini merekomendasikan integrasi VR dengan metode pembelajaran yang mendukung serta peningkatan pelatihan dan infrastruktur agar media VR dapat memberikan manfaat optimal dalam pembelajaran sains.

Kata kunci: *Virtual Reality*, pembelajaran interaktif, gelombang elektromagnetik, motivasi belajar, teknologi pendidikan

Pendahuluan

Pendahuluan harus berisi apa yang ingin dicapai oleh penulis dan menyatakan masalah yang diteliti. Penguasaan konsep gelombang elektromagnetik merupakan salah satu kompetensi penting dalam pembelajaran fisika di tingkat sekolah menengah. Materi ini tidak hanya menjadi bagian integral dalam kurikulum, tetapi juga memiliki keterkaitan erat dengan berbagai fenomena kehidupan sehari-hari, seperti komunikasi nirkabel, sinar-X, dan teknologi radar. Pemahaman terhadap gelombang elektromagnetik menjadi dasar bagi siswa untuk mengembangkan literasi sains dan berpikir kritis dalam menghadapi tantangan dunia modern yang semakin sarat teknologi (Ambya et al., 2025).

Meskipun demikian, dalam praktiknya, banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep gelombang elektromagnetik. Hal ini disebabkan oleh sifat konsep yang abstrak, sulit diamati secara langsung, serta memerlukan pemahaman spasial dan visualisasi tinggi. Pembelajaran yang masih didominasi oleh metode konvensional, seperti ceramah dan penugasan tertulis, cenderung kurang efektif dalam membangun pemahaman konseptual yang mendalam. Kondisi ini menunjukkan perlunya pendekatan pembelajaran yang inovatif dan kontekstual guna menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah model pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). Pendekatan STEM menekankan integrasi antardisiplin ilmu dan mendorong siswa untuk terlibat

aktif dalam kegiatan eksploratif, pemecahan masalah, serta proyek berbasis kehidupan nyata. Beberapa studi sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, dan pemahaman konseptual siswa secara signifikan (B. Baniqued & G. Bautista, 2024; Koes-H & Putri, 2021).

Seiring dengan perkembangan teknologi, pemanfaatan *Virtual Reality* (VR) dalam pembelajaran sains juga mulai menunjukkan potensi besar dalam menciptakan pengalaman belajar yang lebih imersif dan interaktif. VR memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi simulasi lingkungan tiga dimensi, mengamati fenomena ilmiah secara visual, serta membangun pemahaman melalui pengalaman langsung yang tidak dapat diperoleh dari media konvensional. Penelitian oleh Radianti et al. menunjukkan bahwa penggunaan VR dalam pendidikan dapat meningkatkan keterlibatan siswa dan hasil belajar, khususnya dalam materi yang kompleks dan abstrak (Radianti et al., 2020).

Namun, masih terdapat keterbatasan dalam penelitian yang secara spesifik mengintegrasikan pendekatan STEM dan teknologi VR dalam pembelajaran gelombang elektromagnetik di konteks sekolah menengah di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan model pembelajaran STEM berbasis *Virtual Reality* dalam pembelajaran gelombang elektromagnetik di SMAN 1 Soreang Kabupaten Bandung. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pendekatan tersebut dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa serta memberikan gambaran empiris mengenai potensi integrasi teknologi imersif dalam konteks pendidikan fisika.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) terbatas yang diarahkan pada perancangan dan implementasi kurikulum STEM berbasis teknologi *Virtual Reality* (VR) dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi gelombang elektromagnetik. Untuk mengevaluasi efektivitas intervensi, digunakan desain eksperimen berupa *pretest-posttest control group design* sebagaimana dijelaskan oleh Creswell (Creswell & Plano Clark, 2018). Desain ini memungkinkan perbandingan peningkatan pemahaman konseptual antara kelompok yang menerima pembelajaran inovatif berbasis VR dan kelompok yang menerima pembelajaran konvensional (Rahmasari et al., 2025; Sulastri & Silaban, 2025).

Penelitian dilaksanakan di SMAN 1 Soreang, Kabupaten Bandung, dengan melibatkan 36 siswa kelas XI jurusan IPA yang dibagi secara acak ke dalam dua kelompok. Kelompok eksperimen terdiri dari 36 siswa yang mengikuti pembelajaran berbasis kurikulum STEM dengan bantuan media *Virtual Reality*. Pemilihan lokasi penelitian mempertimbangkan kesiapan sekolah dari aspek infrastruktur dan keterbukaan terhadap implementasi teknologi pembelajaran.

Pengembangan kurikulum dalam penelitian ini mengacu pada pendekatan *Understanding by Design* (UbD) oleh Wiggins dan McTighe, yang terdiri atas tiga tahapan utama (Ramli & Argaswari, 2023). Pada tahap pertama, ditetapkan hasil belajar yang diharapkan, yaitu siswa mampu memahami konsep dasar gelombang elektromagnetik, jenis-jenis dan karakteristiknya, aplikasi dalam kehidupan sehari-hari, serta dampak positif dan negatifnya. Pembelajaran diarahkan melalui *essential questions* seperti “Bagaimana gelombang elektromagnetik memengaruhi kehidupan modern?” dan “Apa perbedaan antara gelombang elektromagnetik dan gelombang mekanik?”. Tahap kedua melibatkan perancangan bukti penilaian berupa pre-test dan post-test, simulasi VR yang menguji pemahaman konseptual dan prosedural, serta proyek kelompok yang mengeksplorasi aplikasi gelombang elektromagnetik dalam bidang teknologi. Pada tahap ketiga, pengalaman belajar dirancang secara aktif dan partisipatif, meliputi diskusi

fenomena aktual, eksplorasi konsep menggunakan media VR, refleksi kelompok, serta kegiatan berbasis eksperimen sederhana.

Intervensi pembelajaran berlangsung selama empat minggu dengan total dua belas pertemuan. Dalam prosesnya, siswa pada kelompok eksperimen menggunakan perangkat VR untuk mengeksplorasi interaksi gelombang elektromagnetik dengan berbagai medium, memahami spektrum gelombang, serta mengamati aplikasi nyata seperti pemanfaatan sinar-X, gelombang radio, dan sinar inframerah. Sebaliknya, siswa pada kelompok kontrol mengikuti pembelajaran berbasis media konvensional tanpa simulasi VR. Data dikumpulkan melalui beberapa instrumen, yakni tes tertulis (pre-test dan post-test) untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep, observasi kelas untuk menilai keterlibatan siswa, wawancara semi-terstruktur untuk menggali persepsi siswa terhadap pembelajaran, serta refleksi guru untuk mengevaluasi keberjalanan pembelajaran.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Analisis kuantitatif dilakukan dengan menggunakan uji-t berpasangan (*paired t-test*) untuk mengetahui peningkatan skor dalam masing-masing kelompok, dan uji-t independen (*independent t-test*) untuk membandingkan hasil antara kelompok eksperimen dan kontrol. Sementara itu, data kualitatif dari observasi dan wawancara dianalisis secara tematik deskriptif untuk mengidentifikasi pola-pola temuan seperti tingkat keterlibatan, efektivitas visualisasi, dan persepsi siswa terhadap penggunaan VR dalam memahami konsep abstrak gelombang elektromagnetik. Dengan pendekatan ini, diharapkan diperoleh gambaran yang utuh mengenai efektivitas kurikulum STEM berbasis VR dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi gelombang elektromagnetik.

Hasil

Berdasarkan hasil analisis data dari 36 responden siswa SMAN 1 Soreang, diketahui sebagai berikut :

Tabel 1. Pemahaman dan Frekuensi Penggunaan VR

Indikator	Jumlah Siswa	Persentase
Sangat mengetahui VR	13	36%
Jarang menggunakan VR	20	56%

Pemahaman siswa tentang konsep *Virtual Reality* (VR) cukup tinggi, namun frekuensi penggunaannya dalam kegiatan belajar mengajar masih tergolong rendah. Sebanyak 13 siswa (36%) menyatakan sangat mengetahui tentang VR, namun 20 siswa (56%) mengaku jarang menggunakannya. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara pengetahuan konseptual dengan pengalaman praktis siswa dalam menggunakan VR sebagai media pembelajaran. Fenomena ini sejalan dengan temuan dari Mikropoulos & Natsis, 2011 yang menyatakan bahwa meskipun siswa memiliki pemahaman yang baik terhadap teknologi VR secara teoretis, keterbatasan infrastruktur dan integrasi dalam kurikulumnya seringkali menghambat dalam praktik pembelajaran.

Tabel 2. Kemudahan Penggunaan (Ease of Use)

Indikator	Respon	Jumlah Siswa	Persentase
Navigasi menu mudah	Tinggi	16	44%
Navigasi menu sangat tinggi	Sangat Tinggi	15	42%
VR responsif terhadap gerakan	Tinggi	21	58%

Bantuan teknis sangat membantu	Sangat Tinggi	5	14%
--------------------------------	---------------	---	-----

Pada aspek kemudahan penggunaan (*ease of use*), responden menunjukkan kecenderungan positif. Sebagian besar siswa merasa dapat mengoperasikan aplikasi VR dengan baik setelah beberapa kali mencoba. Sebanyak 16 siswa (44%) memberikan respon "tinggi" dan 15 siswa (42%) memberikan respon "sangat tinggi" terkait kemudahan navigasi menu dan ikon dalam aplikasi VR. Selain itu, 21 siswa (58%) menyatakan bahwa aplikasi VR merespons pergerakan mereka dengan baik, menandakan fitur interaktif dari VR dinilai efektif oleh pengguna.

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Davis (1988) dalam *technology Acceptance Model (TAM)*, yang menyatakan bahwa persepsi kemudahan pengguna merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi adopsi teknologi oleh pengguna. Dalam konteks pendidikan, kemudahan antarmuka dan responsivitas dalam VR terbukti meningkatkan kenyamanan siswa dalam menggunakan teknologi tersebut. Namun demikian, kemudahan menemukan bantuan saat menghadapi kendala teknis masih menjadi kelemahan, di mana hanya 5 siswa (14%) yang merasa sangat terbantu dengan panduan dan bantuan yang tersedia. Hal ini menguatkan hasil studi dari Radianti yang menyebutkan bahwa meskipun pengguna merasa antarmuka VR intuitif, masih banyak aplikasi edukatif VR yang kurang menyediakan *system bantuan (support system)* yang jelas dan mudah diakses, terutama bagi pengguna pemula.

Tabel 3. Efektivitas Pembelajaran

Indikator	Jumlah Siswa	Persentase
Dapat menjelaskan kembali konsep	20	56%
Informasi lebih mudah diingat	19	53%
Interaksi real-time membantu	21	58%

Dari segi efektivitas pembelajaran, mayoritas responden menyatakan bahwa penggunaan VR membantu mereka memahami konsep Gelombang Elektromagnetik secara lebih konkret. Sebanyak 20 siswa (56%) merasa mampu menjelaskan kembali konsep setelah belajar dengan VR, dan 19 siswa (53%) menyatakan informasi yang disampaikan melalui VR lebih mudah diingat. Selain itu, interaksi langsung yang memungkinkan siswa mengetahui jawaban secara real-time mendapatkan respon "tinggi" dari 21 siswa (58%). Ini menunjukkan bahwa VR tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi, tetapi juga sebagai alat pembelajaran interaktif yang efektif. Temuan ini sejalan dengan studi dari Makransky & Lilleholt, 2018 yang menunjukkan bahwa VR mampu meningkatkan *presence* (rasa hadir dalam lingkungan belajar virtual) dan *engagement*, sehingga mendukung retensi informasi dan pemahaman konsep kompleks. Dalam konteks pembelajaran sains, seperti Gelombang Elektromagnetik, visualisasi interaktif memungkinkan siswa mengamati fenomena yang biasanya sulit dijelaskan secara abstrak di kelas konvensional.

Tabel 4. Minat dan Motivasi Belajar

Indikator	Jumlah Siswa	Persentase
Lebih tertarik mempelajari materi	25	69%
Lebih percaya diri memahami fisika	20	56%
Motivasi meningkat karena kemudahan penggunaan	21	58%

Pada aspek minat dan motivasi belajar, VR memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan ketertarikan siswa terhadap materi Gelombang Elektromagnetik. Sebanyak 25 siswa (69%) menyatakan lebih tertarik mempelajari topik ini setelah menggunakan VR, sedangkan 20 siswa (56%) merasa lebih percaya diri dalam memahami materi fisika. Lebih dari itu, 21 siswa (58%) menyatakan bahwa kemudahan penggunaan VR berpengaruh positif terhadap motivasi belajar mereka. Hal ini menunjukkan bahwa VR mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan memotivasi dibandingkan metode konvensional.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa media Virtual Reality memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran, khususnya dalam mempermudah pemahaman konsep abstrak, meningkatkan minat dan motivasi belajar siswa, serta memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menyenangkan. Namun demikian, tantangan teknis seperti literasi digital siswa, kualitas panduan penggunaan, dan ketersediaan bantuan teknis menjadi faktor penting yang perlu mendapat perhatian dalam implementasi VR di lingkungan sekolah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan media *Virtual Reality* (VR) dalam pembelajaran Gelombang Elektromagnetik memberikan dampak positif terhadap proses belajar siswa, meskipun masih ditemukan beberapa kendala teknis dalam implementasinya. Secara umum, siswa menunjukkan antusiasme yang tinggi terhadap penggunaan VR, baik dari segi kemudahan penggunaan, efektivitas pembelajaran, maupun peningkatan minat dan motivasi belajar.

Pada aspek kemudahan penggunaan, mayoritas siswa merasa terbantu dengan desain antarmuka aplikasi VR yang intuitif, terutama dalam hal navigasi menu dan ikon yang mudah dipahami. Hal ini sesuai dengan temuan sebelumnya (Milgram & Kishino, 1994) bahwa VR yang didesain dengan mempertimbangkan prinsip usability akan lebih mudah diterima pengguna, termasuk dalam konteks pendidikan. Namun demikian, kendala teknis masih ditemukan, terutama dalam hal akses bantuan dan pemahaman petunjuk penggunaan. Masih ada sebagian siswa yang merasa kesulitan saat menghadapi masalah teknis, yang menunjukkan perlunya peningkatan kualitas buku panduan dan sistem bantuan dalam aplikasi VR. Hal ini selaras dengan penelitian Dede (2009) yang menekankan pentingnya dukungan teknis yang memadai agar media berbasis teknologi seperti VR dapat diimplementasikan secara optimal di lingkungan pembelajaran.

Dari segi efektivitas pembelajaran, data menunjukkan bahwa VR mampu memfasilitasi pemahaman siswa terhadap konsep abstrak seperti Gelombang Elektromagnetik. Siswa merasakan manfaat dari visualisasi tiga dimensi yang diberikan oleh VR, sehingga mereka lebih mudah mengingat dan memahami keterkaitan antar konsep. Temuan ini sejalan dengan teori belajar konstruktivisme (Piaget & Vygotsky) yang menyatakan bahwa pengalaman belajar yang melibatkan interaksi langsung akan lebih efektif dalam membangun pemahaman konseptual siswa. Selain itu, fitur interaktif dalam aplikasi VR yang memberikan umpan balik secara real-time terbukti meningkatkan partisipasi aktif siswa selama proses pembelajaran berlangsung.

Aspek minat dan motivasi belajar juga menunjukkan dampak yang signifikan. Sebagian besar siswa mengungkapkan bahwa pembelajaran dengan VR lebih menarik dan menyenangkan dibandingkan metode konvensional. Pengalaman belajar yang lebih imersif dan realistis memicu rasa ingin tahu siswa serta meningkatkan keterlibatan mereka dalam memahami materi fisika. Hal ini memperkuat temuan dari Wu et al. yang menyatakan bahwa penggunaan VR dalam pembelajaran mampu meningkatkan engagement dan motivasi belajar siswa secara signifikan. Namun demikian, perlu dicermati bahwa peningkatan motivasi ini berpotensi dipengaruhi oleh efek kebaruan (*novelty effect*), sehingga diperlukan variasi metode pembelajaran agar motivasi tersebut dapat dipertahankan dalam jangka panjang.

Secara kritis, penerapan VR dalam pembelajaran tidak cukup hanya dengan menghadirkan teknologi sebagai media bantu visual. Dibutuhkan integrasi yang matang dengan strategi pembelajaran berbasis inkuiri, kolaboratif, dan problem solving agar potensi penuh dari VR dapat dimanfaatkan. Selain itu, kesiapan infrastruktur, pelatihan guru, dan literasi digital siswa menjadi faktor penentu keberhasilan implementasi VR di lingkungan sekolah. Tanpa dukungan ini, VR berisiko hanya menjadi media sesaat yang tidak memberikan dampak jangka panjang terhadap kualitas pembelajaran. Dengan demikian, meskipun hasil penelitian menunjukkan bahwa VR efektif dalam meningkatkan pemahaman, minat, dan motivasi belajar siswa, implementasinya harus dirancang dengan pendekatan pedagogis yang tepat serta didukung oleh infrastruktur yang memadai agar dampak positifnya dapat berkelanjutan.

Pembahasan

Integrasi model pembelajaran STEM dalam fisika memberikan peluang besar untuk membangun keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, dan pemecahan masalah (Fathoni, 2020; Suwardi, 2021; Triastuti, 2020). Namun, efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh ketersediaan sumber daya, kesiapan guru, dan dukungan kurikulum (Beers, 2011; Yatim, 2024). Dalam konteks penelitian ini, STEM tidak hanya dipahami sebagai kerangka teori, tetapi juga sebagai strategi praktis untuk menjembatani konsep abstrak fisika dengan pengalaman konkret siswa. Dengan demikian, implikasinya adalah perlunya desain kurikulum yang adaptif dan berbasis proyek agar penerapan STEM tidak berhenti pada teori, tetapi benar-benar mengubah praktik belajar mengajar di kelas.

Teknologi Virtual Reality (VR) memperkaya implementasi STEM melalui pengalaman belajar yang imersif (Jiang et al., 2025; Pramesti et al., 2022; Tene et al., 2024). VR memungkinkan visualisasi fenomena kompleks, seperti gelombang elektromagnetik, yang sulit diamati secara langsung. Hal ini sejalan dengan Merchant et al., bahwa efektivitas VR sangat ditentukan oleh desain instruksional yang terarah (Merchant et al., 2014). Implikasi praktisnya, guru tidak cukup hanya menyediakan perangkat VR, melainkan juga harus merancang aktivitas pembelajaran yang memandu siswa dalam mengeksplorasi konsep. Tanpa hal tersebut, VR berisiko hanya menjadi media hiburan. Di sisi lain, faktor biaya perangkat dan aksesibilitas teknologi tetap menjadi keterbatasan utama dalam upaya implementasi luas di sekolah.

Dari sisi materi gelombang elektromagnetik, penggunaan metode ceramah tradisional terbukti kurang mampu menjembatani kesenjangan antara abstraksi teori dan pemahaman nyata siswa (Zacharia, Z. C., & Olympiou, 2011). Integrasi VR dalam kerangka STEM dapat membantu mengatasi keterbatasan ini dengan memberikan representasi visual yang dinamis serta memungkinkan siswa melakukan eksplorasi mandiri. Implikasi pentingnya adalah peningkatan literasi sains melalui pengalaman belajar berbasis simulasi, meskipun hal ini tetap menuntut kesiapan pedagogis guru untuk memfasilitasi diskusi konseptual pasca-eksperimen virtual (Alfiah & Bramastia, 2024; Ashari Hamzah et al., 2022).

Penelitian terdahulu mendukung temuan ini. Nugraha et al. serta Fauziah & Wijayanti (2024) menegaskan bahwa STEM konsisten meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemahaman konseptual. Sementara itu, Azmi, M. et al. serta Vergara et al. menunjukkan bahwa VR dapat memperkuat motivasi dan keterlibatan siswa, meskipun dampak jangka panjangnya masih memerlukan pengujian lebih lanjut (Azmi, M. et al., 2024; Vergara et al., 2017). Celah penelitian yang masih terbuka adalah kajian yang menggabungkan VR dan STEM secara simultan dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi gelombang elektromagnetik. Penelitian ini berkontribusi dalam mengisi celah tersebut, sekaligus mengindikasikan perlunya

pengembangan instrumen yang tidak hanya menilai hasil akademik, tetapi juga aspek afektif dan kognitif siswa (Dinata & Ali, 2024; Suhendi et al., 2025).

Dari sisi teori pendukung, pendekatan konstruktivisme (Vygotsky ; Hulaimi) dan experiential learning (Oktaviana & Haryadi) menjadi kerangka utama yang menjelaskan mengapa VR dalam STEM dapat meningkatkan pemahaman konsep (Hulaimi, 2021; Oktaviana & Haryadi, 2020; Vygotsky, 1978). Melalui pengalaman konkret, refleksi, dan penerapan, siswa lebih mudah membangun pengetahuan baru. Namun, keterbatasan penelitian ini terletak pada aspek implementasi: tidak semua siswa memiliki gaya belajar yang sama, dan kesiapan guru maupun infrastruktur masih bervariasi antar sekolah. Hal ini menjadi catatan penting bahwa efektivitas VR dan STEM dalam pembelajaran fisika tidak hanya ditentukan oleh teknologinya, tetapi juga oleh faktor manusiawi dan kontekstual yang menyertainya.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai respon siswa terhadap penggunaan media Virtual Reality (VR) dalam pembelajaran Gelombang Elektromagnetik di SMAN 1 Soreang, dapat disimpulkan bahwa VR memberikan dampak positif terhadap pengalaman belajar siswa. Temuan utama menunjukkan bahwa VR efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep, mempermudah visualisasi materi abstrak, serta meningkatkan minat dan motivasi belajar siswa. Sebagian besar responden merasakan kemudahan dalam mengakses fitur VR setelah tahap adaptasi awal, dan menyatakan bahwa pengalaman belajar menjadi lebih menyenangkan dan interaktif dibandingkan metode konvensional. Selain itu, VR juga terbukti mampu meningkatkan rasa percaya diri siswa dalam menguasai materi fisika.

Namun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, literasi digital siswa yang bervariasi mempengaruhi persepsi kemudahan penggunaan VR, sehingga hasil penelitian ini mungkin tidak sepenuhnya merepresentasikan populasi yang lebih luas. Kedua, penelitian ini masih bersifat deskriptif dengan fokus pada persepsi siswa, sehingga belum mengukur secara kuantitatif peningkatan hasil belajar secara objektif. Selain itu, keterbatasan infrastruktur seperti ketersediaan perangkat VR, koneksi internet, dan dukungan teknis juga menjadi faktor yang mempengaruhi optimalisasi implementasi VR di sekolah.

Untuk penelitian lanjutan, disarankan agar dilakukan studi eksperimental guna mengukur dampak VR terhadap peningkatan hasil belajar siswa secara kuantitatif dan membandingkan efektivitasnya dengan metode pembelajaran lainnya. Penelitian berikutnya juga perlu mengeksplorasi strategi integrasi VR dengan model pembelajaran berbasis inkuiri dan kolaboratif agar dampak positif VR tidak hanya bersifat sementara akibat efek kebaruan. Selain itu, untuk implementasi lebih luas, diperlukan pelatihan literasi teknologi bagi guru dan siswa, penyempurnaan panduan penggunaan VR, serta pengembangan aplikasi yang lebih ramah pengguna dan kontekstual dengan kurikulum. Dengan langkah-langkah tersebut, VR berpotensi menjadi media pembelajaran yang mampu meningkatkan kualitas pendidikan secara signifikan di era digital.

References

- Alfiah, M. H., & Bramastia, S. (2024). Peran Literasi Sains dalam Meningkatkan Kompetensi Siswa SMK: Sebuah Tinjauan Literatur. *Proceeding Biology Education Conference*, 21(1), 108–115. <https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/download/97352/48223>
- Ambya, R., Erihadiana, M., Priatna, T., & Nasir, T. M. (2025). Modernization and National Identity : Quantitative Insights into the Role of Islamic Education in Malaysia. *Al-Ishlah: Jurnal Pendidikan*, 17(1), 878–893. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v17i1.6611>
- Ashari Hamzah, R., Mesra, R., Br Karo, K., Alifah, N., Hartini, A., Gita Prima Augusta, H., Maryati Yusuf, F.,

- Endrawati Subroto, D., Lisarani, V., Ihsan Ramadhani, M., Hajar Larekeng, S., Tunnoor, S., Bayu, R. A., & Pinasti, T. (2022). *Strategi Pembelajaran Abad 21* (Vol. 1). PT. Mifandi Mandiri Digital. <https://osf.io/preprints/osf/ec6du>
- Azmi, M., N., Mansur, H., & Utama, A., H. (2024). Potensi Pemanfaatan Virtual Reality Sebagai Media Pembelajaran Di Era Digital. *Jurnal Dimensi Pendidikan Dan Pembelajaran*, 12(1), 212–226. <https://journal.umpo.ac.id/index.php/dimensi/article/download/9746/3132>
- B. Baniqued, W., & G. Bautista, R. (2024). Teachers' Preparedness on Pedagogical Practices in K-12 Science Education: Foundations for Crafting an Effective Science Program. *American Journal of Educational Research*, 12(8), 291–297. <https://doi.org/10.12691/education-12-8-1>
- Beers, S. Z. (2011). 21st Century Skills: Preparing Students for THEIR Future. *Gigiena i Sanitariia*, 93(6), 1–6.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). Designing and conducting mixed methods research (3rd ed.). In *Encyclopedia of Research Design*. Sage Publications. <https://doi.org/10.4135/9781412961288.n245>
- Dinata, C. D. W., & Ali, M. (2024). Strategi Inovatif Guru Pendidikan Agama Islam Dalam Membentuk Karakter Disiplin Peserta Didik: Sebuah Kajian Dengan Pendekatan Fenomenologi. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 13(1), 1237–1246.
- Fathoni, A. (2020). Stem : Innovation in Vocational Learning. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 17(1), 33. <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v17i1.22832>
- Hulaimi, A. (2021). Model Pembelajaran Problem Based Introduction dalam Meningkatkan Hasil Belajar (Pendekatan Pembelajaran Pada Pendidikan Agama Islam di Sekolah). *Jurnal Penelitian Tarbawi*, 6(2), 46–58.
- Jiang, H., Zhu, D., Chugh, R., Turnbull, D., & Jin, W. (2025). Virtual reality and augmented reality-supported K-12 STEM learning: trends, advantages and challenges. *Education and Information Technologies*, 30, 12827–12863. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-024-13210-z>
- Koes-H, S., & Putri, N. D. (2021). The Effect of Project-Based Learning in STEM on Students' Scientific Reasoning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1835(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1835/1/012006>
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Oktaviana, D., & Haryadi, R. (2020). Kemampuan Penalaran Adaptif Melalui Model Reciprocal Teaching pada Logika Matematika dan Himpunan. *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)*, 5(2), 124–130. <https://doi.org/10.30998/sap.v5i2.7276>
- Pramesti, A. A., Sitompul, R. P., Sopiya, N., & Fitroh. (2022). Systematic Literature Review: Pemanfaatan Virtual Reality (Vr) Sebagai Alternatif Media Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 19(2), 105–117. <https://doi.org/10.23887/jptkundiksha.v19i2.48027>
- 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 and Education*, 147(November 2019), 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Rahmasari, K., Sundawa, D., & Ratmaningsih, N. (2025). Pengaruh Model Rational Building terhadap Literasi Digital dan Berpikir Kritis siswa Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Sosial. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 14(2), 1989–2000. <https://doi.org/https://doi.org/10.58230/27454312.2238>
- Ramli, D. P. S., & Argaswari, D. P. A. D. (2023). Praktik Mengajar Understanding by Design (UbD) bagi Calon Guru Pendidikan Matematika di Universitas Sampoerna. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 5(3), 1492–1504. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v5i3.4865>
- Suwardi, S. (2021). Stem (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Inovasi Dalam Pembelajaran Vokasi Era Merdeka Belajar Abad 21. *PAEDAGOGY: Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Psikologi*, 1(1), 40–48. <https://doi.org/10.51878/paedagogy.v1i1.337>
- Suhendi, S., Khoiruddin, H., Ihsan, M. N., & Nasir, T. M. (2025). Hasyim Asy ' ari ' s Dimensions of Multicultural Spiritual Leadership: Harmony in Education and Society in Indonesia. *Al-Hayat:*

- Journal of Islamic Education*, 9(1), 1–27. <https://doi.org/https://doi.org/10.35723/ajie.v9i1.50>
- Sulastri, T., & Silaban, R. (2025). Pengembangan Modul Ajar Kimia Inovatif Berbasis PBL Yang Terintegrasi dengan Kearifan Lokal Gayo Lues-Aceh. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 14(1), 1169–1178. <https://doi.org/https://doi.org/10.58230/27454312.1782>
- Tene, T., Marcatoma Tixi, J. A., Palacios Robalino, M. de L., Mendoza Salazar, M. J., Vacacela Gomez, C., & Bellucci, S. (2024). Integrating immersive technologies with STEM education: a systematic review. *Frontiers in Education*, 9, 1–20. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1410163>
- Triastuti, E. (2020). Model Pembelajaran Stem Pjbl Pada Pembuatan Ice Cream Melatih Keterampilan Berfikir Kreatif Dan Wirausaha. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 5(2), 67–74. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v5i2.159>
- Vergara, D., Rubio, M. P., & Lorenzo, M. (2017). On the design of virtual reality learning environments in engineering. *Multimodal Technologies and Interaction*, 1(2), 1–12. <https://doi.org/10.3390/mti1020011>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- Yatim, M. (2024). Implementasi Pendekatan STEM pada Kurikulum Merdeka di SDN 215/X Bukit Tempurung Tanjung Jabung Timur. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 09(04), 398–410. <https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/download/20729/10164>
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21(3), 317–331. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.03.001>

---Halaman ini sengaja dikosongkan---