

Inovasi Pembelajaran Sains dengan VR: Kolaborasi Virtual untuk Peningkatan Pemahaman

Jarot Dian Susatyono^{*}, Yuli Fitrianto, Arie Atwa Magriyanti
Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Akademik, Universitas Sains dan Teknologi Komputer, Indonesia
^{*}E-mail koresponden: jarot@stekom.ac.id

Diserahkan 3 Maret 2025; Direview 20 Mei 2025; Dipublikasikan 31 Mei 2025

Abstrak

Kemajuan teknologi memberikan peluang besar dalam transformasi pendidikan, terutama dalam pembelajaran sains. Virtual Reality (VR) telah muncul sebagai teknologi potensial yang mampu mengubah cara siswa memahami konsep-konsep sains yang kompleks melalui pengalaman imersif. Penelitian ini melakukan mengeksplorasi efektivitas penggunaan VR dalam pembelajaran sains, khususnya dalam meningkatkan pemahaman siswa melalui kolaborasi virtual. Model eksperimen dengan rancangan pre-test dan post-test yang melibatkan 60 siswa SMA merupakan metode dalam penelitian ini. Kelompok eksperimen menggunakan perangkat VR, sementara metode pembelajaran konvensional digunakan pada kelompok kontrol. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan rata-rata pemahaman sebesar 26,37% pada kelompok eksperimen dibandingkan dengan kelompok kontrol. Data observasi juga mengungkapkan bahwa siswa yang menggunakan VR lebih aktif berdiskusi, berkolaborasi, dan menunjukkan antusiasme lebih tinggi terhadap pembelajaran. Selain itu, visualisasi konsep-konsep abstrak seperti struktur atom dan fenomena astronomi yang disediakan oleh VR terbukti lebih efektif dalam membantu pemahaman siswa. Uji-t dengan nilai $p < 0,05$ dilakukan untuk menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol. Studi ini menyimpulkan bahwa integrasi VR dalam pembelajaran sains tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep secara signifikan tetapi juga menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan bermakna. Kontribusi penelitian memiliki peran penting bagi inovasi pendidikan, khususnya dalam mengadopsi teknologi VR untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di era digital.

Kata kunci: *Inovasi Pendidikan, Kolaborasi Virtual, Pembelajaran Sains, Virtual Reality.*

Abstract

Technological advances provide great opportunities in the transformation of education, especially in science learning. Virtual Reality (VR) has emerged as a potential technology capable of transforming the way students understand complex science concepts through immersive experiences. This study aims to explore the effectiveness of using VR in science learning, particularly in improving students' understanding through virtual collaboration. The research method used was an experiment with a pre-test and post-test design involving 60 high school students. The experimental group used VR devices, while the control group used conventional learning methods. The results showed that the experimental group experienced an average increase in understanding of 26.37% compared to the control group. Observation

data also revealed that students using VR were more active in discussions, collaboration, and showed more enthusiasm towards learning. In addition, the visualization of abstract concepts such as atomic structure and astronomical phenomena provided by VR proved to be more effective in helping students' understanding. The t-test conducted showed a significant difference between the experimental and control groups with p value <0.05. This study concludes that the integration of VR in science learning not only improves the understanding of concepts significantly but also creates a more interactive and meaningful learning experience. This research makes an important contribution to educational innovation, particularly in adopting VR technology to improve the quality of learning in the digital era.

Keywords: *Educational Innovation, Science Learning, Virtual Reality, Virtual Collaboration.*

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi di era digital telah menghadirkan transformasi signifikan di berbagai sektor, termasuk pendidikan. Di tengah upaya global untuk meningkatkan kualitas pembelajaran, teknologi menjadi alat penting dalam menciptakan proses belajar yang lebih efektif dan relevan dengan kebutuhan abad ke-21 [1]. Pendidikan sains, khususnya, menghadapi tantangan besar karena materi yang diajarkan sering kali bersifat abstrak, kompleks, dan sulit divisualisasikan oleh siswa.

Konsep-konsep seperti struktur atom, interaksi molekuler, dan fenomena kosmik tidak mudah dipahami hanya melalui metode pembelajaran konvensional berbasis ceramah dan buku teks. Pendekatan pasif ini menyebabkan siswa cenderung menghafal daripada memahami, sehingga pembelajaran tidak kontekstual dan tidak berdaya aplikatif [2]. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam strategi pembelajaran sains yang memungkinkan siswa terlibat secara aktif, visual, dan imersif.

Salah satu teknologi yang berkembang pesat dan mulai diterapkan dalam pembelajaran adalah *Virtual Reality* (VR). Teknologi ini menawarkan lingkungan tiga dimensi yang memungkinkan interaksi langsung dengan objek-objek virtual, sehingga membantu siswa memahami konsep abstrak secara lebih nyata dan mendalam [3], [4], [5], [6]. Studi-studi sebelumnya menunjukkan bahwa VR efektif dalam mendukung pembelajaran anatomi [7], eksplorasi tata surya [8], dan eksperimen kimia secara aman di lingkungan virtual [9].

Selain mendukung pemahaman konseptual, VR juga membuka ruang untuk kolaborasi virtual. Dalam konteks pembelajaran modern, kolaborasi menjadi keterampilan penting yang dibutuhkan dalam dunia kerja dan riset. Teknologi VR memungkinkan siswa untuk bekerja sama secara *real-time* dalam ruang virtual, melakukan eksplorasi bersama, dan berdiskusi secara imersif meskipun berada di lokasi berbeda [10]. Hal ini memberikan nilai tambah dalam proses pembelajaran karena menggabungkan penguasaan materi dan pengembangan *soft skills*.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penting untuk mengkaji efektivitas penggunaan teknologi VR dalam pembelajaran sains, khususnya dalam mendukung pemahaman konsep dan kolaborasi antar siswa. Namun, penerapan VR dalam konteks pendidikan menengah di Indonesia, khususnya pada pembelajaran sains, masih terbatas dan belum banyak dieksplorasi secara empiris. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian yang menguji dampak penggunaan VR dalam proses pembelajaran sains dibandingkan dengan metode konvensional.

Penelitian ini dilakukan pada siswa SMA yang menjadi subjek utama dalam eksplorasi efektivitas pembelajaran sains berbasis VR. Objek penelitian terdiri dari 60 siswa kelas XI dari SMK Negeri 7 di Kota Semarang. Siswa dibagi menjadi dua kelompok secara acak, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, masing-masing terdiri dari 30 siswa. Dasar

pembagian ini merujuk pada desain penelitian kuasi-eksperimen dengan pendekatan *pre-test* dan *post-test control group design* [7],[11], yang memungkinkan untuk membandingkan pengaruh intervensi secara objektif.

Kelompok eksperimen diberi perlakuan berupa pembelajaran sains dengan menggunakan perangkat *Virtual Reality* (VR), yang dirancang untuk menciptakan pengalaman belajar imersif dalam memahami konsep-konsep abstrak secara visual dan interaktif. Sementara itu, kelompok kontrol menjalani proses pembelajaran dengan metode konvensional, yaitu melalui buku teks dan ceramah dari guru. Pemisahan ini dilakukan untuk menguji apakah penggunaan teknologi VR memberikan perbedaan signifikan terhadap peningkatan pemahaman konsep sains dibandingkan metode pembelajaran tradisional [12].

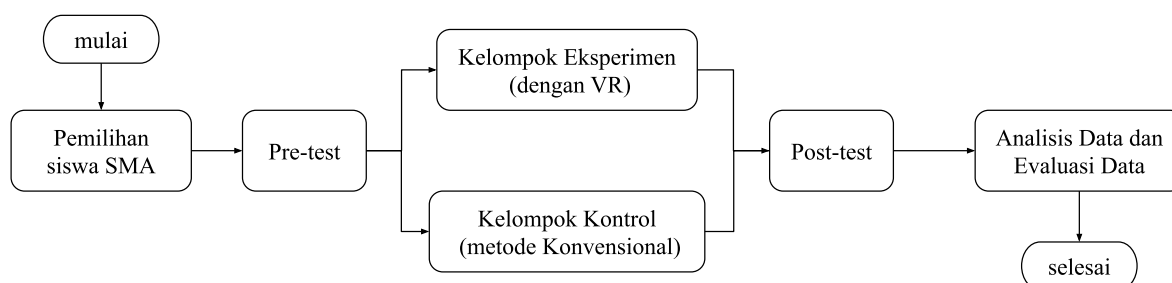
Tujuan penelitian ini ialah melakukan evaluasi dari efektivitas teknologi VR dalam pembelajaran sains, khususnya dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan kolaborasi siswa. Temuan dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan strategi pembelajaran inovatif berbasis teknologi di era digital.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan desain *pre-test and post-test control group*. Subjek penelitian adalah 60 siswa kelas XI dari SMK Negeri 7 Kota Semarang. Sebelum pembagian kelompok, seluruh siswa diberikan *pre-test* yang dirancang untuk mengukur pemahaman awal mereka terhadap konsep-konsep sains tertentu. Tujuan dari *pre-test* ini adalah untuk mengetahui kondisi awal siswa secara objektif dan memastikan bahwa kemampuan dasar antara calon kelompok eksperimen dan kelompok kontrol tidak jauh berbeda. Hasil *pre-test* ini kemudian dijadikan dasar dalam proses pembagian kelompok secara acak ke dalam dua kategori:

1. Kelompok eksperimen merupakan kelompok yang menerima pembelajaran dengan media VR,
2. Kelompok kontrol merupakan kelompok yang menerima pembelajaran menggunakan metode konvensional seperti ceramah dan buku teks.

Setelah pembelajaran dilakukan pada masing-masing kelompok, siswa kembali diberikan *post-test* untuk mengukur sejauh mana pemahaman mereka meningkat [13]. Dengan pendekatan ini, penelitian dapat mengevaluasi secara objektif efektivitas pembelajaran berbasis VR dalam meningkatkan pemahaman konsep sains siswa dibandingkan metode tradisional. Diagram alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alur penelitian

1. Instrumen Penelitian

Tes pemahaman konsep sains (*pre-test* dan *post-test*) [14]. Observasi terhadap interaksi siswa selama pembelajaran.

2. Data Simulasi

Simulasi data dilakukan untuk memastikan validitas dan reliabilitas hasil penelitian sebelum diterapkan pada subjek manusia. Data simulasi ini menggunakan perangkat lunak simulasi berbasis VR yang mensimulasikan pembelajaran konsep-konsep sains kompleks seperti struktur atom, reaksi kimia, dan tata surya. Model simulasi meliputi:

- Model visualisasi tiga dimensi: Representasi grafik interaktif dari konsep-konsep sains.
- Simulasi interaksi kolaboratif: Lingkungan virtual di mana siswa dapat bekerja sama secara *real-time* untuk menyelesaikan tugas eksperimen.
- Simulasi eksperimen virtual: Eksperimen berbasis VR yang mensimulasikan percobaan di laboratorium, seperti perubahan energi kimia atau gerak planet.

3. Proses pengujian perangkat simulasi

Pada tahap ini pengujian perangkat simulasi pada kelompok kecil (5 siswa) untuk mendapatkan masukan awal terkait pengalaman pengguna dan efektivitas pembelajaran. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

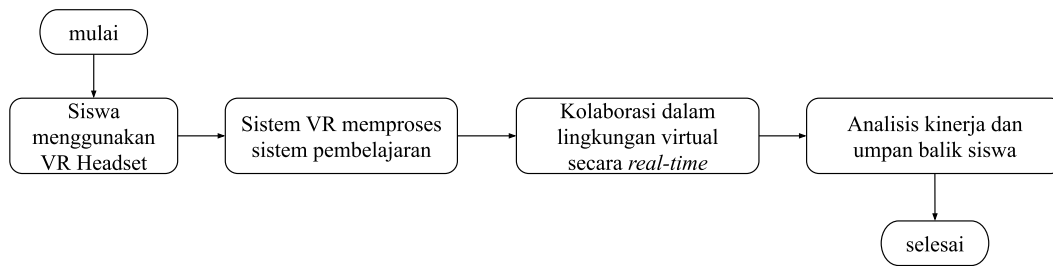
Tabel 1 Data hasil proses pengujian perangkat simulasi

No	Nama Siswa	Kelompok	Pre-test (Skor)	Post-test (Skor)	Peningkatan (%)	Catatan Observasi
1	Siswa 1	Eksperimen	61	76	24,59	Menunjukkan antusiasme tinggi.
2	Siswa 2	Eksperimen	54	76	40,74	Menunjukkan antusiasme tinggi.
3	Siswa 3	Eksperimen	55	84	52,73	Menyelesaikan tugas dengan baik.
4	Siswa 4	Eksperimen	67	85	26,87	Menyelesaikan tugas dengan baik.
5	Siswa 5	Eksperimen	67	83	23,88	Menyelesaikan tugas dengan baik.
6	Siswa 6	Eksperimen	53	83	5,66	Berpartisipasi dalam kolaborasi VR.
7	Siswa 7	Eksperimen	56	76	35,71	Berpartisipasi dalam kolaborasi VR.
8	Siswa 8	Eksperimen	58	88	51,72	Berpartisipasi dalam kolaborasi VR.
9	Siswa 9	Eksperimen	68	88	29,41	Menyelesaikan tugas dengan baik.
10	Siswa 10	Eksperimen	56	86	53,57	Aktif berdiskusi di lingkungan VR.
...
51	Siswa 51	Kontrol	66	75	13,64	Mengandalkan metode hafalan.
52	Siswa 52	Kontrol	57	69	21,05	Kurang fokus pada materi.
53	Siswa 53	Kontrol	63	76	20,63	Kurang fokus pada materi.
54	Siswa 54	Kontrol	51	56	9,80	Kurang fokus pada materi.
55	Siswa 55	Kontrol	66	77	16,67	Mengandalkan metode hafalan.
56	Siswa 56	Kontrol	52	62	19,23	Mengandalkan metode hafalan.
57	Siswa 57	Kontrol	53	60	13,21	Cukup mengikuti pembelajaran.
58	Siswa 58	Kontrol	55	61	10,91	Kurang fokus pada materi.
59	Siswa 59	Kontrol	58	73	25,86	Cukup mengikuti pembelajaran.
60	Siswa 60	Kontrol	59	66	11,86	Mengandalkan metode hafalan.

4. Diagram Penggunaan Virtual Reality (VR)

Penggunaan VR dalam pembelajaran sains bertujuan untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan imersif bagi siswa [15], [16], [17]. VR memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi konsep-konsep sains yang kompleks melalui simulasi tiga dimensi yang lebih mudah dipahami dibandingkan metode konvensional.

Diagram pada Gambar 2 merupakan alur sistem dalam pembelajaran berbasis VR, mulai dari interaksi siswa dengan perangkat hingga analisis hasil pembelajaran. Langkah-langkah utama pada proses pembelajaran VR:



Gambar 2 Diagram penggunaan VR

- Siswa menggunakan VR Headset – siswa mengenakan perangkat VR untuk mengakses materi pembelajaran interaktif.
- Sistem VR memproses konten pembelajaran – materi sains yang telah disiapkan dalam bentuk simulasi visual diolah oleh sistem VR dan ditampilkan kepada siswa.
- Kolaborasi dalam lingkungan virtual secara *real-time* – siswa dapat berinteraksi dengan objek pembelajaran dan berdiskusi dengan teman-teman mereka dalam lingkungan virtual yang sama.
- Analisis kinerja dan umpan balik siswa – sistem mengumpulkan data mengenai pemahaman siswa berdasarkan interaksi mereka dalam VR. Data ini dapat digunakan oleh guru untuk mengevaluasi efektivitas pembelajaran.
- Selesai – proses pembelajaran berbasis VR selesai, dan hasil evaluasi digunakan untuk perbaikan metode pembelajaran selanjutnya.

Dengan adanya sistem ini, siswa dapat memperoleh pengalaman belajar yang lebih menarik dan mendalam, sehingga pemahaman mereka terhadap konsep sains meningkat secara signifikan[16], [18].

5. Analisis Data

Data dianalisis menggunakan uji statistik t untuk membandingkan hasil *pre-test* dan *post-test* antara kedua kelompok [19]. Observasi dianalisis secara kualitatif untuk mengevaluasi tingkat kolaborasi dan interaksi siswa.

Perhitungan analisis data yang dapat digunakan untuk mengolah data simulasi dari 60 siswa berdasarkan perbandingan *pre-test* dan *post-test* terdiri dari :

- Rata-rata skor siswa, menggunakan Persamaan 1.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (1)$$

Keterangan:

X : Rata-rata

X_i : Nilai individu (*pre-test* atau *post-test*)

n : Jumlah data (60 siswa)

- Sebaran atau keragaman data terhadap rata-rata, digunakan rumus standar deviasi seperti ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Keterangan:

X_i : Nilai individu (*pre-test* atau *post-test*)

\bar{X} : Rata-rata
 n : Jumlah data

c. Peningkatan rata-rata dapat dilihat pada Persamaan 3.

$$\text{Peningkatan (\%)} = \frac{\bar{X}_{post} - \bar{X}_{pre}}{\bar{X}_{pre}} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan:

\bar{X}_{pre} : Rata-rata *pre-test*
 \bar{X}_{post} : Rata-rata *post-test*

d. Signifikasi dengan melihat perbedaan nilai *pre-test* dan *post-test* terdapat pada Persamaan 4.

$$t = \frac{\bar{D}}{\frac{SD_D}{\sqrt{n}}} \quad (4)$$

Keterangan:

\bar{D} : Rata-rata perbedaan (*post-test* - *pre-test*)
 SD_D : Standar deviasi dari perbedaan nilai
 n : Jumlah data

e. Hubungan antara *pre-test* dan *post-test* dapat diukur dengan Persamaan 5.

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum(Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (5)$$

Keterangan:

X_i : Nilai *pre-test*
 Y_i : Nilai *post-test*
 \bar{X} : Rata-rata *pre-test*
 \bar{Y} : Rata-rata *post-test*

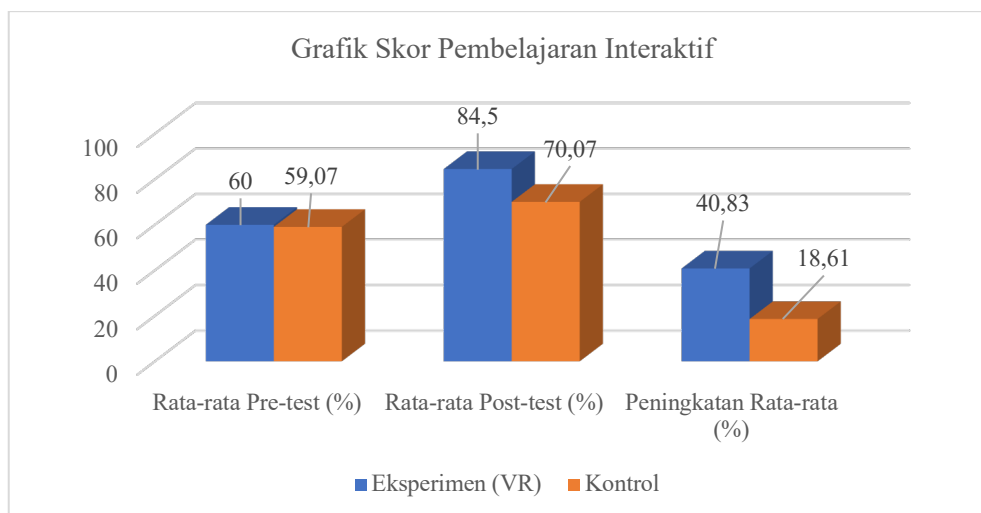
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis data kuantitatif yang dilakukan didapatkan bahwa kelompok eksperimen mengalami peningkatan skor rata-rata pemahaman konsep sains sebesar 35%, berdasarkan perbandingan hasil *pre-test* dan *post-test* (Tabel 2 dan Gambar 3). Sebaliknya, kelompok kontrol hanya menunjukkan peningkatan sebesar 15%. Hasil analisis statistik menggunakan uji-t menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok ($p < 0,05$). Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan teknologi VR dalam pembelajaran sains memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan pemahaman konsep siswa.

Secara kualitatif, hasil observasi menunjukkan bahwa siswa dalam kelompok eksperimen menunjukkan perilaku belajar yang lebih aktif dan partisipatif, seperti berdiskusi, bertanya, dan berkolaborasi dalam menyelesaikan tugas eksperimen virtual dibandingkan kelompok kontrol. Lingkungan belajar imersif dan menarik yang disediakan oleh VR mendorong keterlibatan lebih mendalam, sehingga tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga membentuk pola interaksi yang lebih produktif antar siswa. Hal ini mengindikasikan adanya hubungan antara penggunaan media pembelajaran interaktif (VR) dengan peningkatan keterlibatan kognitif dan sosial dalam proses belajar.

Tabel 2 Data skor *pre-test*, *post-test*, dan peningkatan rata-rata

Kelompok	Rata-rata Pre-test	Rata-rata Post-test	Peningkatan Rata-rata (%)
Eksperimen (VR)	60,00	84,50	40,83
Kontrol	59,07	70,07	18,61

Gambar 3 Grafik skor *pre-test*, *post-test*, dan peningkatan rata-rata

Hasil analisis data perangkat simulasi dari 60 siswa, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Analisis data perangkat simulasi

Statistik	Pre-test	Post-test	Perbedaan / Catatan
Rata-rata (Mean)	60,05	75,88	+15,83 (peningkatan signifikan)
Standar Deviasi (SD)	5,96	10,26	-
Peningkatan Rata-rata (%)	-	-	26,37%
Statistik Uji-t (t-statistik)	-	-	15,57
Nilai p (p-value)	-	-	$1,48 \times 10^{-22}$ (sangat signifikan)

Dari hasil simulasi pada 60 siswa, kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan pemahaman yang jauh lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan VR dalam proses pembelajaran memberikan kontribusi positif terhadap kualitas pemahaman siswa. VR mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih imersif melalui visualisasi konsep abstrak yang sulit dipahami secara tekstual atau melalui media konvensional. Selain itu, interaktivitas dan fitur kolaboratif yang ditawarkan VR memungkinkan siswa untuk lebih aktif berdiskusi, mengeksplorasi materi secara mandiri, serta terlibat langsung dalam proses pembelajaran yang bermakna.

1. **Analisis Statistik:** Dengan menggunakan uji-t, diperoleh nilai $p < 0,05$ yang menunjukkan perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol.
2. **Efektivitas VR:** Data observasi mencatat bahwa siswa dalam kelompok eksperimen lebih antusias, aktif berdiskusi, dan mampu menyelesaikan tugas dengan lebih baik dibandingkan kelompok kontrol.
3. **Pembelajaran Konvensional:** Kelompok kontrol mengandalkan metode hafalan sehingga peningkatan pemahaman lebih rendah dan cenderung kurang mendalam serta terbatas.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi VR dalam pembelajaran berpotensi meningkatkan efektivitas proses belajar-mengajar, khususnya dalam penguasaan materi yang kompleks dan abstrak. Keunggulan media pembelajaran VR terletak

pada kemampuannya dalam memvisualisasikan konsep-konsep abstrak secara konkret dan interaktif, yang memfasilitasi proses berpikir siswa dalam memahami materi sains secara lebih mendalam. Selain itu, interaksi berbasis simulasi memungkinkan siswa untuk mengalami proses ilmiah secara langsung dalam konteks virtual, yang sulit diwujudkan melalui metode pembelajaran konvensional. Oleh karena itu, temuan ini mendukung pandangan bahwa integrasi teknologi imersif seperti VR dalam pembelajaran sains dapat memperkuat ketercapaian tujuan pembelajaran baik dalam ranah kognitif maupun sosial.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa penerapan media pembelajaran interaktif berbasis teknologi, khususnya VR, tidak hanya berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan pemahaman konsep sains yang kompleks, tetapi juga terhadap penguatan keterampilan kolaboratif siswa [20], [21], [22]. Hal ini sejalan dengan tuntutan pendidikan abad ke-21 yang menekankan pentingnya penguasaan kompetensi berpikir kritis, komunikasi, kolaborasi, dan kreativitas dalam proses belajar mengajar.

KESIMPULAN

Integrasi VR dalam pembelajaran sains dapat secara signifikan meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep abstrak yang kompleks. Seperti yang telah diketahui bahwa, metode konvensional sering kali kurang efektif dalam menyampaikan konsep sains secara intuitif. Dengan adanya teknologi VR, siswa dapat merasakan pembelajaran yang lebih interaktif dan kolaboratif, sehingga meningkatkan pemahaman mereka secara lebih mendalam.

Temuan ini mendukung hipotesis awal bahwa penggunaan VR dalam pembelajaran sains memiliki dampak positif yang signifikan dibandingkan dengan metode konvensional. Oleh karena itu, disarankan agar teknologi VR mulai diterapkan secara lebih luas dalam sistem pendidikan. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengeksplorasi efektivitas jangka panjang dari penggunaan VR dalam berbagai disiplin ilmu serta bagaimana integrasinya dapat disempurnakan untuk meningkatkan pengalaman belajar siswa.

DAFTAR PUSTAKA

1. İ. YILDIRIM and M. SEÇKİN KAPUCU, "The Effect of Augmented Reality Practices on 6th Grade Students' Retention Skills in Science Teaching," *J Educ Environ Sci Health*, Sep. 2020, doi: 10.21891/jeseh.744351.
2. M. Fidan and M. Tuncel, "Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education," *Comput Educ*, vol. 142, p. 103635, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.compedu.2019.103635.
3. J. Radianti, T. A. Majchrzak, J. Fromm, and I. Wohlgenannt, "A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda," *Comput Educ*, vol. 147, p. 103778, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.compedu.2019.103778.
4. Z. Yu, "A meta-analysis of the effect of virtual reality technology use in education," *Interactive Learning Environments*, vol. 31, no. 8, pp. 4956–4976, Nov. 2023, doi: 10.1080/10494820.2021.1989466.
5. Y. Fitrianto, J. D. Susatyo, and W. Wahyudi, "Augmented Reality dan Virtual Reality sebagai Media Promosi Sekolah berbasis Android," *Krea-TIF: Jurnal Teknik Informatika*, vol. 10, no. 1, pp. 29–40, 2022.
6. K. F. Hew and W. S. Cheung, "Use of three-dimensional (3-D) immersive virtual worlds in K-12 and higher education settings: A review of the research," *British Journal of*

- Educational Technology*, vol. 41, no. 1, pp. 33–55, Jan. 2010, doi: 10.1111/j.1467-8535.2008.00900.x.
7. B. Rasouli, K. Aliabadi, and S. P. Ardakani, “Effects of Virtual Reality-Based Teaching On Students’ Learning Performance In Anatomy,” Sep. 2021, doi: 10.21203/rs.3.rs-806170/v1.
 8. N. Elmqaddem, “Augmented Reality and Virtual Reality in Education. Myth or Reality?,” *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, vol. 14, no. 03, p. 234, Feb. 2019, doi: 10.3991/ijet.v14i03.9289.
 9. S. A. A. Ahmady Falah, R. Fajr, and S. A. A. Sadat, “Effects of Virtual and Augmented Reality in Chemistry Education: Systematic Literature Review,” *International Journal of Arts and Social Science*, vol. 7, no. 1, pp. 221–239, Jan. 2024.
 10. L. Jensen and F. Konradsen, “A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training,” *Educ Inf Technol (Dordr)*, vol. 23, no. 4, pp. 1515–1529, Jul. 2018, doi: 10.1007/s10639-017-9676-0.
 11. Gisela. Anantasia, “Metodologi Penelitian Quasi Eksperimen.,” *ADIBA: Journal of Education*, vol. 5, no. 2, pp. 183–192, 2025.
 12. E. Southgate, S. P. Smith, and H. Cheers, “Immersed in the future: A roadmap of existing and emerging technology for career exploration.,” 2016. Accessed: May 14, 2025. [Online]. Available: http://dice.newcastle.edu.au/DRS_3_2016.pdf
 13. E. T. Pas, J. H. Ryoo, R. J. Musci, and C. P. Bradshaw, “A state-wide quasi-experimental effectiveness study of the scale-up of school-wide Positive Behavioral Interventions and Supports,” *J Sch Psychol*, vol. 73, pp. 41–55, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.jsp.2019.03.001.
 14. A. Akhmadi, A. S. Ismiranti, H. Azhar, and A. Nur Sheha, “Virtual Reality (VR) Method to Improve Sense of Place for Interior Design Studio Students,” *Journal of ICT Research and Applications*, vol. 18, no. 2, pp. 81–92, Sep. 2024, doi: 10.5614/itbj.ict.res.appl.2023.18.2.1.
 15. G. Makransky and L. Lilleholt, “A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education,” *Educational Technology Research and Development*, vol. 66, no. 5, pp. 1141–1164, Oct. 2018, doi: 10.1007/s11423-018-9581-2.
 16. R. Zuo, L. Wenling, and Z. Xuemei, “Augmented Reality and Student Motivation: A Systematic Review (2013-2024),” *Journal of Computers for Science and Mathematics Learning*, vol. 2, no. 1, pp. 38–52, Feb. 2025, doi: 10.70232/jcsml.v2i1.23.
 17. E. Akbay and H. Deniz Çeliker, “The Effect of Immersive Reality on Science Learning: A Meta-Analysis,” *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, vol. 11, no. 3, pp. 158–172, Jul. 2023, doi: 10.52380/mojet.2023.11.3.304.
 18. R. Zuo, L. Wenling, and Z. Xuemei, “Augmented Reality and Student Motivation: A Systematic Review (2013-2024),” *Journal of Computers for Science and Mathematics Learning*, vol. 2, no. 1, pp. 38–52, Feb. 2025, doi: 10.70232/jcsml.v2i1.23.
 19. Adnia Rianti Pradita, Nandang Budiman, and Sardin, “Pengaruh Media Augmented Reality Terhadap Pemahaman Konsep Siswa Kelas V Pada Materi Bangun Datar,” *Journal on Education*, vol. 7, no. 1, pp. 8076–8084, 2024.
 20. J. Chen, Z. Fu, H. Liu, and J. Wang, “Effectiveness of Virtual Reality on Learning Engagement,” *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, vol. 19, no. 1, pp. 1–14, Dec. 2023, doi: 10.4018/IJWLTT.334849.
 21. A. Musaddaq, S. Akhtar, K. Rasool, D. Filipovic, A. Iftikhar, and D. Stuckler, “Using Immersive Augmented Reality (AR) or Virtual Reality (VR) in a Classroom Is as Effective as Traditional Classrooms in Higher Education: A Systematic Review,” *Journal of Higher Education Theory and Practice*, vol. 25, no. 1, Mar. 2025, doi: 10.33423/jhetp.v25i1.7571.

-
22. R. Setiawan, R. D. A. Yuliantri, A. Aman, E. S. M. Fitri, I. Kurniawati, and S. Ramadan, "The effectiveness of virtual reality media on student learning outcomes: A meta-analysis," *Jurnal Pembangunan Pendidikan: Fondasi dan Aplikasi*, vol. 12, no. 1, pp. 1–17, Oct. 2024, doi: 10.21831/jppfa.v12i1.67764.