Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pembelajaran
e-ISSN: 2962-6579
p-ISSN: 2962-3464

Vol 05, No 01, 46-58
https://doi.org/10.58706/jipp
jipp.mep@gmail.com

Peningkatan *Attitude Toward Science* Siswa SMA Melalui Pembelajaran *Virtual Reality* Bertema Gravitasi Rendah

Achmad Zainur Rozzykin [1, 2, *], Alka Budi Wahidin [1, 2], Ririn Andriyani [1, 2], Sulistiyowati [1, 2], Ajeng Utari Siti Saodah [1, 2], Alfiah Rizky Diana Putri [1, 2], M. Refan Haisar Abhiyasa [1], Yuliana Fistriyani Hayon [1], Sulistiani [3], dan Dwi Asmayanti [4]

[1] Program Studi Sains Atmosfer dan Keplanetan, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia
[2] Obsevatorium Astronomi Itera Lampung, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia
[3] SMA Negeri 15 Bandar Lampung, Bandar Lampung, Indonesia
[4] SMA Al Huda Jati Agung, Lampung Selatan, Indonesia
[*] Email: achmad.rozzykin@sap.itera.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji pengaruh pembelajaran berbasis Virtual Reality (VR) terhadap attitude toward science (ATS) siswa sekolah menengah atas. Tujuan penelitian ini adalah menilai perubahan pada empat dimensi ATS meliputi sikap terhadap penyelidikan ilmiah, pengadopsian sikap ilmiah, kesenangan dalam pembelajaran sains, dan minat terhadap sains di waktu luang. Studi menggunakan desain kuasi-eksperimental pra-test–pasca-test dengan kelompok intervensi (VR) dan kelompok kontrol (non-VR); sampel terdiri dari 55 siswa.. Instrumen yang digunakan merupakan adaptasi Test of Science Related Attitudes (TOSRA) yang disesuaikan dengan konteks pembelajaran bertema gravitasi rendah. Data dianalisis menggunakan uji berpasangan untuk membandingkan skor pra dan pasca pada masing-masing dimensi, dengan interpretasi hasil didasarkan pada nilai p-value dan ukuran efek Cohen's d. Hasil menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis VR memberikan dampak positif pada seluruh dimensi ATS. Peningkatan yang signifikan secara statistik ditemukan pada dimensi minat terhadap sains di waktu luang ($p < 0,05$) dengan ukuran efek sedang, sementara dimensi kesenangan dalam pembelajaran sains dan pengadopsian sikap ilmiah menunjukkan peningkatan bermakna secara praktis meskipun tidak signifikan secara statistik. Sebaliknya, perubahan pada sikap terhadap penyelidikan ilmiah relatif kecil dan tidak signifikan. Temuan ini mengindikasikan bahwa VR efektif dalam meningkatkan aspek afektif sikap siswa terhadap sains, namun diperlukan integrasi dengan strategi pembelajaran berbasis inkuiri untuk mendorong perubahan yang lebih kuat pada dimensi kognitif-investigatif. Penelitian ini memberikan implikasi penting bagi pengembangan pembelajaran sains berbasis teknologi imersif di tingkat SMA.

Kata kunci: *attitude toward science*, pembelajaran sains, pendidikan STEM, TOSRA, *virtual reality*

Low-Gravity–Themed Virtual Reality Learning and Its Impact on High School Students' Attitude Toward Science

Abstract

This study examines the effect of Virtual Reality (VR)–based learning on students' attitude toward science (ATS) at the high school level. This study aims to examine the change on the four ATS dimensions such as attitude to scientific inquiry, adoption of scientific attitude, enjoyment of science lessons, and leisure interest in science. The study used a quasi-experimental design of pre-and-post-test involving a VR experimental group and a Non-VR control group from a sample of 55 students. A quantitative pre-experimental design with pre-test and post-test measurements was employed, involving a VR experimental group and a Non-VR control group. The instrument used was an adapted version of the Test of Science Related Attitudes (TOSRA), modified to fit a low-gravity learning context. Data were analyzed using paired statistical tests to compare pre-test and post-test scores for each dimension, with

Copyright © The Author(s). This work is licensed under CC BY-NC 4.0

interpretations based on both p-values and effect sizes (Cohen's d). The results indicate that VR-based learning produced positive changes across all ATS dimensions. A statistically significant improvement was observed in minat terhadap sains di waktu luang ($p < 0.05$) with a medium effect size, while kesenangan dalam pembelajaran sains and pengadopsian sikap ilmiah demonstrated practically meaningful improvements despite not reaching statistical significance. In contrast, changes in sikap terhadap penyelidikan ilmiah were relatively small and not statistically significant. These findings suggest that VR is particularly effective in enhancing the affective aspects of students' attitudes toward science, whereas stronger changes in cognitive–investigative dispositions may require integration with inquiry-based instructional strategies. This study highlights the potential of immersive technologies to support science learning at the high school level.

Keywords: *attitude toward science, science education, STEM education, TOSRA, virtual reality*

Riwayat Naskah

Diserahkan	Direvisi	Diterima	Diterbitkan Daring
Desember 15, 2026	Mei 13, 2026	Juni 7, 2026	Oktober 31, 2026

How to cite:

Rozzykin, A.Z., Wahidin, A.B., Andriyani, R., Sulistiyowati, Saodah, A.U.S., Putri, A.R.D., Abhiyasa, M.F.H., Hayon, Y.F., Sulistiani, dan Asmayanti, D. (2026). Peningkatan Attitude Toward Science Siswa SMA Melalui Pembelajaran Virtual Reality Bertema Gravitasi Rendah. *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pembelajaran*, **5**(1), 46-58. DOI: https://doi.org/10.58706/jipp.id514.

PENDAHULUAN

Teknologi *virtual reality* (VR) dan *augmented reality* (AR) menunjukkan potensi transformatif yang kuat dalam sains dan edukasi, terbukti secara signifikan meningkatkan luaran pembelajaran serta pengalaman siswa di berbagai disiplin ilmu (Tene dkk., 2024). Analisis sistematik dan meta-analisis mengonfirmasi bahwa teknologi imersif memberikan dampak positif atau peningkatan substansial pada kinerja siswa, pemahaman materi kompleks, dan perolehan pengetahuan. Sebagai contoh, dalam konteks *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM), penggunaan VR telah terbukti unggul dibandingkan metode konvensional (Ka dkk., 2025). Secara kualitatif, VR secara konsisten meningkatkan aspek afektif seperti motivasi, keterlibatan (*engagement*), dan imersi, di mana satu studi mencatat peningkatan keterlibatan sebesar 11,9% dan perendaman sebesar 18,6% (Lampropoulus & Kinshuk, 2024). Keefektifan ini berasal dari kemampuan VR untuk menyediakan simulasi yang aman, terkontrol, dan realistis untuk pembelajaran pengalaman (*experiential learning*), memfasilitasi visualisasi konsep abstrak 3D, dan memungkinkan praktik keterampilan praktis (Tene dkk., 2024). Meta-analisis menunjukkan bahwa VR memiliki efek positif yang signifikan terhadap peningkatan keterampilan praktis siswa dalam STEM, dan efektivitas optimal dicapai ketika VR digunakan sebagai alat pelengkap (*practice approach*) untuk memperkuat konsep yang telah diajarkan secara tradisional.

VR terbukti sangat efektif sebagai sarana didaktik untuk meningkatkan dimensi afektif pembelajaran, di berbagai jenjang pendidikan, terutama pendidikan tinggi dan menengah. Berdasarkan model motivasi ARCS (*Attention, Relevance, Confidence, Satisfaction*) yang banyak digunakan, pengalaman belajar berbasis VR secara konsisten menghasilkan respons yang sangat positif. Dalam studi yang melibatkan siswa sekolah menengah di mata pelajaran kimia, dimensi atensi (perhatian/ketertarikan) dan kepuasan (satisfaction) meraih persentase positif tertinggi. Peningkatan ini mencerminkan tingginya minat, kesenangan, dan keinginan siswa untuk berpartisipasi lebih lanjut dalam aktivitas berbasis VR (Garduño dkk., 2021). Selain itu, VR meningkatkan motivasi secara keseluruhan sekitar 10,3% dibandingkan metode tradisional. Peningkatan motivasi ini berasal dari kemampuan VR untuk menciptakan pengalaman belajar yang mendalam (*immersive*), interaktif, dan menyenangkan, yang secara langsung memicu rasa ingin tahu dan keterlibatan (*engagement*) siswa (Ka dkk., 2025). Efektivitas VR dalam meningkatkan motivasi juga terkait dengan kemampuan

teknologi ini untuk memvisualisasikan konsep abstrak menjadi bentuk 3D yang lebih mudah dipahami, serta untuk memberikan umpan balik dan rasa pencapaian (*sense of accomplishment*) (Garduño dkk., 2021), yang pada akhirnya dapat meningkatkan kinerja dan hasil belajar (Lampropoulus & Kinshuk, 2024). Meskipun demikian, efektivitas motivasional ini dipengaruhi oleh karakteristik siswa yang sudah ada sebelumnya, di mana siswa dengan sikap yang sudah tinggi terhadap sains dan teknologi cenderung memiliki motivasi yang lebih besar dalam lingkungan VR (Garduño dkk., 2021).

Sikap terhadap Sains (*Attitudes Towards Science*/ATS) didefinisikan sebagai respon seseorang terhadap sains, yang didasarkan pada keyakinan mereka, termasuk perasaan, keyakinan, dan nilai yang dimiliki terhadap sains sebagai keilmuan, sains di sekolah, ataupun pada ilmuwan sebagai pelaku sains (Kind dkk., 2007; Oppong dkk., 2022; Tai dkk., 2022). Minat siswa terhadap sains tercermin kuat melalui berbagai dimensi ATS, seperti yang ditunjukkan oleh penelitian psikometri yang menyimpulkan bahwa dimensi *learning science in school* (belajar sains di sekolah), *science outside of school* (sains di luar sekolah), dan *future participation in science* (partisipasi masa depan dalam sains) berkorelasi erat dan membentuk minat terhadap sains (Kind dkk., 2007). Secara spesifik mengenai minat siswa, temuan menunjukkan bahwa *enjoyment in science* (kesenangan dalam sains) memiliki korelasi positif yang kuat dengan *minat terhadap sains di waktu luang* (minat waktu luang dalam sains), menegaskan bahwa siswa yang menikmati pelajaran sains cenderung memiliki minat berkelanjutan dan meluangkan waktu untuk kegiatan sains di luar jam sekolah (Tanti dkk., 2021). Dengan demikian, pemahaman dan pengembangan sikap positif meliputi motivasi, minat, dan partisipasi, sangat penting karena berkorelasi positif dengan hasil dan capaian belajar siswa dalam sains. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau dampak penggunaan VR simulasi antariksa terhadap minat siswa terhadap sains yang direpresentasikan oleh ATS.

Walaupun literatur menunjukkan bahwa VR meningkatkan keterlibatan dan aspek afektif pembelajaran STEM, kajian empiris yang memisahkan efek pada dimensi afektif dan investigatif masih terbatas, khususnya pada konteks simulasi gravitasi rendah untuk siswa SMA. Selain itu, sebagian studi menggunakan durasi intervensi relatif panjang atau sampel mahasiswa sehingga generalisasi ke konteks SMA belum memadai. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi kekosongan tersebut dengan mengevaluasi empat dimensi ATS secara terpisah pada sampel SMA menggunakan intervensi VR singkat, sehingga menyediakan bukti awal mengenai potensi VR dalam menumbuhkan minat rekreasional sekaligus mengidentifikasi keterbatasan pengaruhnya pada sikap investigatif.

METODE

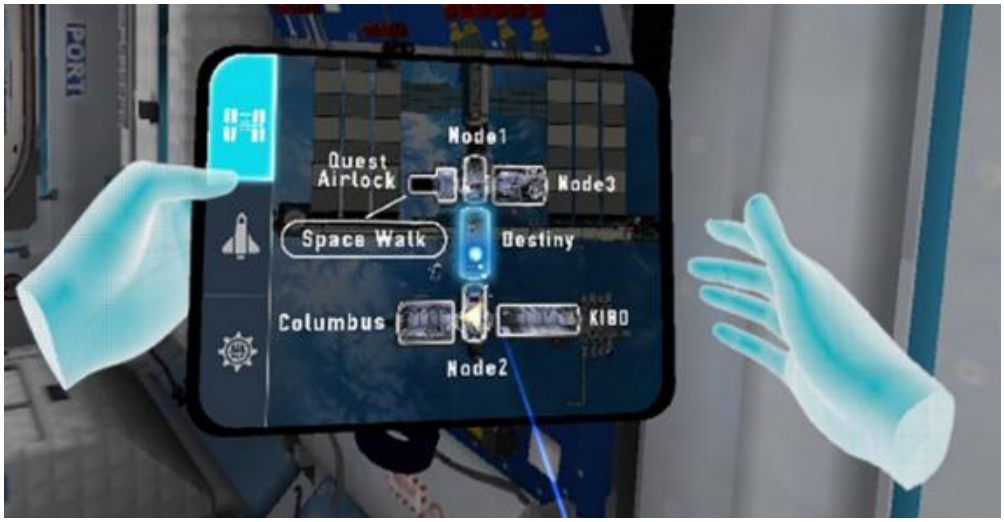
Penelitian menggunakan desain kuasi-eksperimental pra-test–pasca-test dengan dua kondisi: kelompok intervensi (VR) dan kelompok kontrol (non-VR). Pemilihan sampel sebanyak 55 siswa dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling* dengan mempertimbangkan homogenitas latar belakang pendidikan siswa di sekolah mitra. Untuk memastikan kekuatan statistik penelitian, dilakukan *power analysis* menggunakan G*Power (Moshagen & Bader, 2024). Dengan asumsi *effect size* medium (d = 0,5) dan tingkat signifikansi α = 0,05, ukuran sampel minimum yang diperlukan untuk uji-t berpasangan adalah 34 partisipan untuk mencapai *power* 0,80. Dengan demikian, jumlah sampel sebanyak 55 siswa dalam penelitian ini dianggap memadai untuk menarik kesimpulan statistik yang valid, meskipun generalisasi hasil tetap terbatas pada karakteristik populasi yang serupa.

Penelitian ini menggunakan desain kuasi-eksperimental karena keterbatasan logistik di lingkungan sekolah yang tidak memungkinkan dilakukannya randomisasi subjek secara individu ke dalam kelompok eksperimen dan kontrol. Sebagai gantinya, digunakan teknik *intact groups*, di mana kelompok yang sudah terbentuk secara alami (kelas-kelas yang ada) ditetapkan sebagai kelompok intervensi dan kelompok kontrol. Pendekatan ini dipilih untuk menjaga ekologi lingkungan pembelajaran agar tetap natural dan meminimalkan gangguan terhadap jadwal akademik rutin siswa.

Instrumen utama adalah adaptasi *Test of Science-Related Attitudes* (TOSRA) yang terdiri dari 20 butir untuk empat subskala dengan masing-masing 5 pernyataan: (1) sikap terhadap penyelidikan ilmiah (*attitude to scientific inquiry*); (2) pengadopsian sikap ilmiah (*adoption of scientific attitudes*); (3) kesenangan dalam pembelajaran sains (*enjoyment of science lessons*); dan (4) minat terhadap sains di waktu luang (*leisure interest in science*) (Rahmatiah dkk., 2023). Skala Likert 5 poin (1 = sangat tidak setuju sampai 5 = sangat setuju) digunakan. Secara struktural, instrumen ini mencakup 13 pernyataan dengan formulasi positif dan 7 pernyataan dengan formulasi negatif yang bertujuan untuk menghindari bias respon melalui teknik *reverse coding*. Validitas item diuji dengan korelasi item-total dan reliabilitas dilaporkan dengan Cronbach's alpha. Data dianalisis menggunakan uji berpasangan (*paired t-test*) untuk membandingkan skor pra dan pasca pada

masing-masing dimensi di setiap kelompok. Selain nilai p, Cohen's d dihitung untuk menilai ukuran efek (kecil ≈ 0.2; sedang ≈ 0.5; besar ≈ 0.8). Semua analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak lembar bentang, yaitu Microsoft Excel 2019.

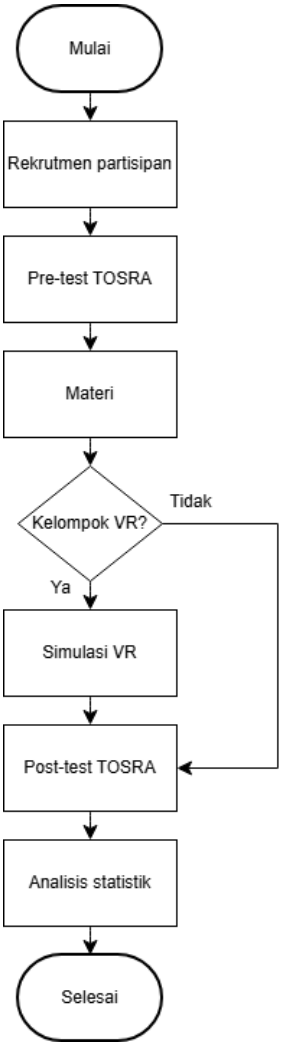
Semua kegiatan dilaksanakan pada semester ganjil tahun akademik 2025/2026. Dalam penelitian ini, penerapan *Virtual Reality* (VR) dilakukan melalui skema pembelajaran imersif menggunakan aplikasi *Mission: ISS* yang terstruktur dalam tiga tahapan utama: orientasi, eksplorasi aktif, dan penguatan konsep. Pada tahap orientasi, siswa diberikan pengarahan teknis mengenai penggunaan perangkat *headset* VR dan penyesuaian lingkungan virtual untuk meminimalisir risiko *cyber-sickness*. Hal ini krusial untuk memastikan bahwa perhatian siswa terfokus pada konten sains, bukan pada kendala teknis perangkat. Durasi intervensi VR selama 10 menit dipilih secara sengaja sebagai langkah mitigasi terhadap risiko *cyber-sickness* (gejala mual dan pusing akibat VR) yang sering terjadi pada pengguna pemula di tingkat sekolah menengah. Selain itu, durasi ini bertujuan untuk mencegah *cognitive overload*, memastikan siswa tetap fokus pada konten esensial mengenai konsep gravitasi rendah tanpa terdistraksi oleh kelelahan visual. Visualisasi aplikasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan awal aplikasi *Mission: ISS*

Pada tahap eksplorasi imersif, siswa ditempatkan dalam simulasi lingkungan gravitasi rendah, yaitu stasiun luar angkasa seperti pada Gambar 1. Dalam lingkungan ini, siswa melakukan aktivitas eksperimen virtual, seperti mengamati gerak jatuh bebas benda dan melakukan simulasi gerak motorik dalam kondisi gravitasi rendah. Pengalaman ini memberikan representasi visual dan kinestetik yang konkret mengenai konsep fisika yang selama ini bersifat abstrak di buku teks. Tahap terakhir adalah refleksi dan penguatan, di mana setelah sesi VR selama kurang lebih 10 menit, siswa diarahkan untuk menghubungkan temuan fenomenologis mereka di dunia virtual dengan hukum-hukum gravitasi universal. Pendekatan ini memastikan bahwa penggunaan VR berfungsi sebagai 'jembatan kognitif' yang meningkatkan pemahaman sekaligus kepuasan belajar (*Satisfaction*), yang pada akhirnya memberikan kontribusi positif terhadap skor kesenangan dalam pembelajaran sains siswa. Sebelum intervensi, peserta mengisi pre-test; sesaat setelah sesi lengkap, peserta mengisi post-test digital. Pengukuran dan kegiatan dilakukan di dalam kelas dengan instruksi penggunaan perangkat VR diberikan terlebih dahulu. Ilustrasi diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 menggambarkan tahapan pelaksanaan penelitian yang dimulai dari proses rekrutmen partisipan hingga analisis statistik. Pada tahap awal, peneliti merekrut partisipan yang memenuhi kriteria penelitian. Setelah itu, seluruh partisipan diberikan pre-test menggunakan instrumen TOSRA untuk mengukur kondisi awal atau tingkat sikap sains sebelum perlakuan diberikan. Selanjutnya, partisipan memperoleh materi pembelajaran yang sama sebagai dasar pemahaman sebelum memasuki tahap perlakuan. Tahap berikutnya adalah pembagian kelompok berdasarkan penggunaan teknologi VR. Partisipan yang termasuk dalam kelompok VR mendapatkan perlakuan berupa simulasi VR, sedangkan kelompok non-VR tidak menerima simulasi tersebut dan langsung melanjutkan ke tahap berikutnya. Setelah perlakuan selesai, seluruh partisipan mengikuti post-test TOSRA untuk mengukur perubahan atau perbedaan sikap setelah proses pembelajaran berlangsung. Data hasil pre-test dan post-test kemudian dianalisis menggunakan metode statistik untuk mengetahui pengaruh penggunaan simulasi VR terhadap variabel yang diteliti. Proses penelitian diakhiri setelah seluruh analisis data selesai dilakukan.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian dengan risiko rendah atau dapat diabaikan dan, berdasarkan ketentuan institusional yang berlaku, tidak memerlukan *Ethical Clearance* formal. Izin pelaksanaan penelitian telah diperoleh dari sekolah/institusi terkait. Selama pelaksanaan penelitian, prinsip-prinsip etika tetap diterapkan, termasuk partisipasi secara sukarela, persetujuan apabila diperlukan, serta perlindungan terhadap privasi dan kerahasiaan partisipan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum analisis utama dilakukan, instrumen pengukuran ATS pada penelitian ini diuji terlebih dahulu melalui serangkaian prosedur validitas dan reliabilitas untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan memenuhi standar psikometrik. Uji validitas dilakukan menggunakan korelasi item–total dengan menghitung koefisien Pearson (*r*-result) untuk setiap butir pernyataan dan membandingkannya dengan nilai *r*-tabel sesuai jumlah responden. Butir dinyatakan valid apabila nilai *r*-result melampaui batas *r*-tabel dan berkorelasi positif terhadap skor total subskala tempat ia berada (Prihandini dkk., 2024).

Selanjutnya, uji reliabilitas dilakukan menggunakan koefisien Cronbach's alpha, yang dihitung berdasarkan varians tiap item dan varians total skor subskala (Prihandini dkk., 2024). Seluruh prosedur ini diterapkan secara terpisah pada data pra-test dan pasca-test untuk memastikan bahwa instrumen bekerja secara konsisten pada kedua sesi pengukuran. Dengan demikian, tahap pengujian ini memastikan bahwa interpretasi terhadap perubahan skor ATS yang dianalisis pada bagian berikutnya didukung oleh instrumen yang valid dan reliabel.

Berdasarkan hasil analisis validitas dan reliabilitas, instrumen ATS dalam penelitian ini menunjukkan kualitas psikometrik yang memadai untuk digunakan dalam mengukur perubahan sikap siswa terhadap sains ditunjukkan dengan nilai reliabilitas yang tergolong sangat baik dengan skor 0,905 untuk *pre-test* dan 0,886

untuk *post-test*. Namun, terdapat satu butir pernyataan pada *pre-test* yang dinyatakan tidak valid karena nilai *r-result* = 0,256 yang lebih rendah dibanding nilai rujukan untuk jumlah data 55 (*r*-tabel = 0,266). Meskipun terdapat satu butir yang tidak memenuhi kriteria validitas pada pra-test, butir tersebut tetap dipertahankan karena valid pada pasca-test serta tidak menurunkan konsistensi internal instrumen secara keseluruhan. Ketidakvalidan pernyataan 12 (Bermain dengan VR membuat saya tertarik belajar fisika atau sains) pada pra-test diduga muncul karena siswa belum memiliki pemahaman mendalam terkait penggunaan VR sebelum perlakuan. Mengingat reliabilitas berada pada kategori sangat baik, mempertahankan seluruh butir dianggap lebih tepat untuk menjaga kesetaraan struktur instrumen, konsistensi pengukuran pra–pasca, dan keutuhan instrumen TOSRA. Dengan demikian, instrumen dinyatakan layak digunakan tanpa perubahan untuk analisis lebih lanjut mengenai perubahan ATS pada siswa setelah mengikuti pembelajaran berbasis VR.

Dalam penelitian ini, interpretasi perubahan skor ATS dilakukan dengan menganalisis perubahan rata-rata skor setiap dimensi serta mengombinasikan nilai *p-value* dan ukuran efek Cohen's *d* untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai makna statistik dan makna praktis dari intervensi yang diterapkan (Firdaus & Sari, 2018). Nilai *p-value* digunakan untuk menguji signifikansi statistik perbedaan skor pra-test dan pasca-test pada masing-masing dimensi, dengan tingkat signifikansi ditetapkan pada $\alpha = 0,05$. Nilai *p* yang lebih kecil dari α diinterpretasikan sebagai bukti adanya perbedaan yang signifikan secara statistik, sementara nilai *p* di atas ambang tersebut dipahami sebagai tidak adanya bukti yang cukup untuk menolak hipotesis nol. Namun demikian, karena *p-value* sensitif terhadap ukuran sampel dan variabilitas data, interpretasi tidak semata-mata bergantung pada signifikansi statistik. Oleh karena itu, Cohen's *d* dilaporkan sebagai ukuran efek untuk menilai besarnya perubahan skor secara praktis, dengan mempertimbangkan arah dan kekuatan efek independen dari ukuran sampel. Nilai Cohen's d ditafsirkan mengikuti konvensi umum (kecil $\approx 0,2$; sedang $\approx 0,5$; besar $\approx 0,8$), sehingga memungkinkan evaluasi apakah perubahan yang tidak signifikan secara statistik tetap memiliki relevansi pendidikan. Pendekatan ini memungkinkan penarikan kesimpulan yang lebih seimbang, terutama pada studi pendidikan dengan jumlah sampel terbatas dan intervensi berdurasi singkat, di mana perubahan yang bermakna secara praktis belum tentu selalu tercermin dalam *p-value* yang signifikan. Hasil perhitungan *p-value* dan Cohen's *d* untuk setiap dimensi pada kedua kelompok ditampilkan pada Tabel 1.

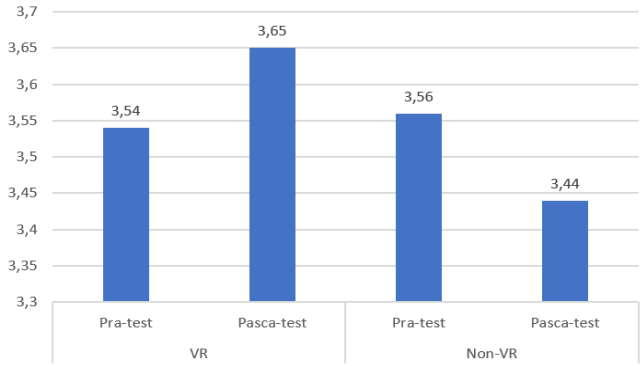
Tabel 1. Hasil Perhitungan Signifikansi Statistik dan *Effect Size* pada Kedua Kelompok

Dimensi	VR		Non-VR	
	p-value	**Cohen's *d***	***p-value***	**Cohen's *d***
Sikap terhadap penyelidikan ilmiah	0,105	0,277	0,134	-0,360
Pengadopsian sikap ilmiah	0,078	0,302	0,893	-0,031
Kesenangan dalam pembelajaran sains	0,077	0,303	0,238	0,280
Minat terhadap sains di waktu luang	0,021	0,402	0,563	0,135

Rata-rata skor sikap terhadap penyelidikan ilmiah pada kelompok yang menerima intervensi VR meningkat dari 3,54 pada pra-test menjadi 3,65 pada pasca-test seperti pada Gambar 3. Uji berpasangan menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan ($p = 0,105$), sementara ukuran efek Cohen's *d* sebesar 0,277 mengindikasikan efek kecil–sedang ke arah peningkatan. Dalam simulasi, siswa melakukan tindakan seperti melempar atau menjatuhkan benda untuk mengamati perilaku geraknya. Siswa mulai menginternalisasi bahwa hukum sains (seperti gravitasi) bersifat universal dan dapat dibuktikan melalui pengamatan dan pengalaman. Metode ini dapat dikatakan cukup efektif untuk mengubah persepsi (*attitude*) daripada mendalami proses metodologis yang kompleks. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan penerapan VR dapat meningkatkan sikap positif siswa seperti minat dan motivasi pada pembelajaran sains dalam aspek penyelidikan (Cheng & Tsai, 2020; Sarıoğlu & Girgin, 2020; Tsivitanidou dkk., 2021; Arici & Yılmaz, 2025). Sebaliknya, kelompok non-VR mengalami penurunan rata-rata pada dimensi yang sama (3,56 ke 3,44), dengan $p = 0,134$ dan $d = -0,36$ (efek sedang ke arah penurunan, namun tidak signifikan).

Secara pragmatis, temuan ini menandai adanya kecenderungan positif pada dimensi investigatif peserta VR tetapi bukti statistiknya belum cukup kuat untuk menyatakan perubahan yang konsisten. Berdasarkan studi sebelumnya, profil siswa dalam hal sains dan teknologi berbanding lurus dengan peningkatan konsep ilmiah serta penarikan persepsi dari pengalaman (Wu dkk., 2019). Dengan kata lain, peningkatan sikap ilmiah siswa juga bergantung pada profil awal siswa itu sendiri. Hasil ini juga mengindikasikan bahwa paparan singkat melalui VR cenderung memicu minat investigatif secara awal. Namun perubahan yang lebih stabil kemungkinan memerlukan intervensi yang lebih panjang atau pengayaan kegiatan. Selain itu, intervensi yang dilakukan juga perlu mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi untuk memaksimalkan manfaat

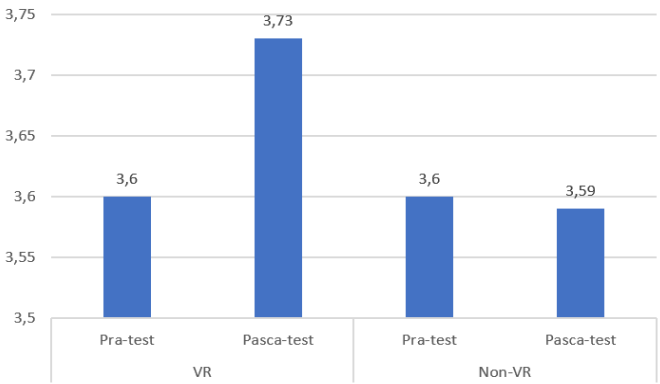
terutama pada siswa dengan sikap belajar yang buruk (Lin & Sumardani, 2023). Penggunaan VR dalam pembelajaran ditengarai mampu meningkatkan kemampuan penyelidikan ilmiah di mana siswa dengan sikap belajar buruk justru mendapat manfaat yang lebih besar (Parong & Mayer, 2018).



Gambar 3. Perubahan Skor Rata-rata Sikap Terhadap Penyelidikan Ilmiah Sebelum dan Sesudah Perlakuan pada Kedua Kelompok

Untuk dimensi pengadopsian sikap ilmiah, kelompok VR menunjukkan peningkatan rata-rata dari 3,60 menjadi 3,73 ditunjukkan pada Gambar 4. Uji berpasangan menghasilkan p = 0,078 dan Cohen's d = 0,302 (efek kecil–sedang). Skala perubahan yang positif dan cenderung lemah hingga moderat ini juga ditemukan pada penelitian lain seperti Reveles (2023) dan Liu dkk. (2022). Kenaikan arah ini konsisten dengan pergeseran menuju penerimaan nilai-nilai berpikir ilmiah seperti rasa ingin tahu, objektivitas, dan keterbukaan setelah pengalaman VR seperti yang ditunjukkan dalam penelitian mengenai VR imersif (Cheng & Tsai, 2020), VR dalam simulasi laboratorium (Artun dkk., 2020), serta teknologi AR (Sahin & Yilmaz, 2020). Kelompok non-VR tidak memperlihatkan perubahan berarti pada dimensi ini (3,60 ke 3,59; p = 0,893; d = −0,031), yang menguatkan interpretasi bahwa perbedaan yang teramati pada kelompok intervensi tidak semata-mata disebabkan oleh waktu atau pengukuran berulang. Dimensi lain seperti kesenangan juga berperan penting dalam internalisasi sikap ilmiah (Tsivitanidou dkk., 2021).

Diskusi singkat di akhir sesi berfungsi untuk menghubungkan apa yang dilihat di dunia virtual dengan konsep teori di kelas. Tahapan ini berfungsi sebagai "jembatan kognitif" yang memperkuat keyakinan siswa bahwa sains relevan dengan pengalaman mereka. Hal ini membantu menstabilkan perubahan sikap yang awalnya dipicu oleh kesenangan (afektif) menjadi sebuah keyakinan bahwa sains adalah disiplin yang logis dan penting untuk dipelajari. Temuan ini menunjukkan bahwa VR dapat menstimulasi adopsi sikap ilmiah secara awal, tetapi bukti kuat tentang perubahan perilaku berpikir ilmiah masih perlu diperkuat melalui desain yang menggabungkan instruksi eksplisit mengenai praktik ilmiah. Akan tetapi, desain pedagogis yang dikembangkan perlu dipersiapkan dengan matang agar sikap positif yang muncul tidak disertai pemahaman yang lemah akibat beban kognitif yang lebih tinggi (Markowitz dkk., 2018).

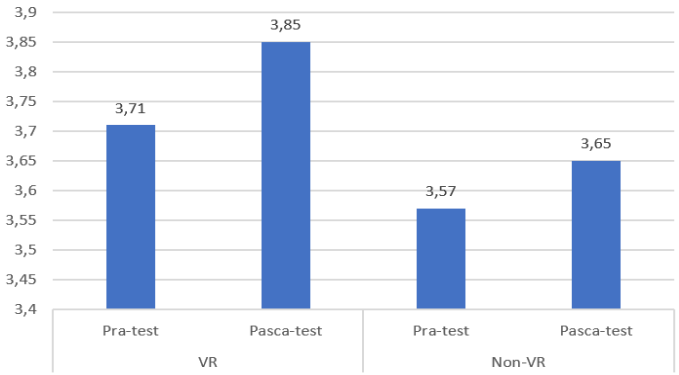


Gambar 4. Perubahan Skor Rata-rata Pengadopsian Sikap Ilmiah Sebelum dan Sesudah Perlakuan pada Kedua Kelompok

Dimensi afektif kesenangan dalam pembelajaran sains menunjukkan peningkatan terukur pada kelompok VR (3,71 menjadi 3,85) dengan p = 0,077 dan d = 0,303 (Gambar 5). Meskipun nilai p berada sedikit di atas

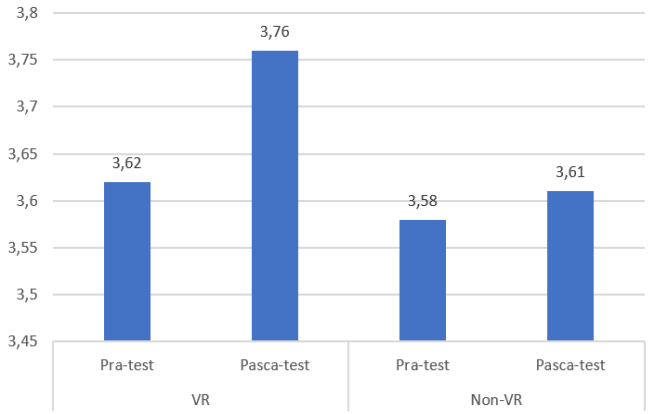
ambang 0,05, ukuran efek menunjukkan perubahan praktis yang bermakna dalam hal keterlibatan dan kesenangan belajar. Dalam tahap eksplorasi, siswa ditempatkan dalam simulasi lingkungan luar angkasa di mana mereka dapat berinteraksi secara aktif dengan objek dalam kondisi gravitasi rendah. Sifat interaktif dan *game-like environment* pada VR menciptakan pengalaman belajar yang menyenangkan (*fun learning*). Perasaan senang ini muncul karena siswa tidak lagi menjadi pengamat pasif, melainkan aktor utama dalam simulasi. Skor kesenangan meningkat karena pembelajaran sains dipersepsikan sebagai pengalaman emosional yang positif, bukan sekadar transfer kognitif sehingga mampu mengatasi konsep yang selama ini dianggap abstrak (Parong & Mayer, 2021). Studi sebelumnya juga menunjukkan hasil serupa seperti pada studi komparasi VR dengan metode konvensional (Cheng & Tsai, 2020; Li dkk., 2023; Huang dkk., 2024) serta VR dan media video (Makransky dkk., 2021). Kelompok non-VR juga memperlihatkan kecenderungan naik (3,57 ke 3,65; $p = 0{,}237$; $d = 0{,}28$), tetapi peningkatannya lebih kecil dan tidak signifikan.

Hasil ini konsisten dengan literatur bahwa media imersif seperti VR cenderung memiliki dampak yang cepat dan relatif kuat pada aspek afektif pembelajaran, yakni peningkatan minat, motivasi, dan keterlibatan emosional, yang merupakan kondisi awal penting untuk pembelajaran lebih lanjut (Ka dkk., 2025). Lebih jauh lagi, pada beberapa kelompok peningkatan kesenangan pada pembelajaran VR imersif dapat meningkatkan aspirasi terhadap karier di bidang sains (Qorbani dkk., 2024). Akan tetapi, pembelajaran VR dirasa tetap perlu didampingi strategi generatif seperti merangkum agar kesenangan dan hasil belajar juga terjaga tetap tinggi (Makransky dkk., 2020).



Gambar 5. Perubahan Skor Rata-rata Kesenangan dalam Pembelajaran Sains Sebelum dan Sesudah Perlakuan pada Kedua Kelompok

Merujuk pada Gambar 6, perubahan paling jelas ditemukan pada dimensi minat terhadap sains di waktu luang dalam kelompok VR, dengan kenaikan rata-rata dari 3,62 menjadi 3,76 yang mencapai signifikansi statistik ($p = 0{,}021$) dan ukuran efek Cohen's $d = 0{,}401$ (efek sedang). Di sisi lain, kelompok non-VR menunjukkan peningkatan kecil yang tidak signifikan (3,58 ke 3,61; $p = 0{,}563$; $d = 0{,}135$). Pada tahap awal, siswa diperkenalkan dengan lingkungan virtual dan mekanisme interaksi dalam VR. Tahapan ini berhasil menurunkan hambatan teknis dan membangun rasa ingin tahu yang tinggi. Rasa ingin tahu yang dipicu oleh kebaruan teknologi (*novelty effect*) mendorong siswa untuk melihat sains sebagai aktivitas yang menarik untuk dieksplorasi di luar jam pelajaran formal. Hal ini menjelaskan mengapa dimensi ini menunjukkan peningkatan yang paling signifikan dalam penelitian ini. Efek sedang pada minat waktu luang menandakan potensi VR untuk menumbuhkan dorongan eksplorasi mandiri yang penting bagi perkembangan literasi sains jangka panjang. Hal ini sejalan dengan hasil studi lain dalam penggunaan imersif VR (Cheng & Tsai, 2020) serta VR dalam sains lingkungan (Huang dkk., 2024). Dalam perbandingan dengan media video, VR juga terbukti lebih berpotensi memicu minat untuk belajar di luar kelas secara sukarela (Makransky dkk., 2021). Game sains serta materi VR juga terbukti mampu mendorong siswa untuk mengeksplorasi lingkungan sekitar di luar aktivitas kelas (Chen, dkk., 2019; Lin dkk., 2024; Lin & Cheng, 2024).



Gambar 6. Perubahan Skor Rata-rata Minat Terhadap Sains di Waktu Luang Sebelum dan Sesudah Perlakuan pada Kedua Kelompok

Secara keseluruhan, hasil menunjukkan pola konsisten: intervensi VR cenderung memberikan dampak positif yang lebih nyata pada dimensi afektif (kesenangan dan minat rekreasional) daripada pada dimensi kognitif-investigatif (Parong & Mayer, 2021). Hanya minat waktu luang pada kelompok VR yang mencapai signifikansi statistik pada tingkat $\alpha = 0{,}05$, sedangkan pengadopsian dan kesenangan menunjukkan tren positif dengan ukuran efek kecil–sedang, dan sikap terhadap penyelidikan ilmiah memperlihatkan peningkatan kecil namun tidak signifikan. Perlu diingat bahwa beberapa uji berada pada rentang *p* yang mendekati ambang signifikan sehingga interpretasi harus mempertimbangkan keterbatasan daya statistik.

Peningkatan pada aspek kesenangan dalam pembelajaran sains dan minat terhadap sains di waktu luang dalam penelitian ini memperkuat argumen Kind dkk. (2007) bahwa sikap merupakan manifestasi afektif yang berakar pada keyakinan individu. Penggunaan teknologi VR memediasi perubahan keyakinan siswa terhadap konsep sains yang abstrak menjadi representasi visual yang konkret, yang pada gilirannya menghasilkan respon afektif yang lebih positif terhadap objek sains tersebut.

Tidak adanya perubahan signifikan pada dimensi sikap terhadap penyelidikan ilmiah menunjukkan bahwa simulasi VR, dalam konteks penelitian ini, lebih berfungsi sebagai instrumen pemicu motivasi (*motivational trigger*) daripada sarana pengembangan kompetensi investigatif. Oleh karena itu, sejalan dengan rekomendasi untuk mempertimbangkan relevansi operasional dalam setiap dimensi, integrasi VR di masa depan memerlukan sinkronisasi dengan strategi pembelajaran berbasis inkuiri aktif guna menyasar komponen sikap yang lebih kompleks.

Secara praktis, temuan ini merekomendasikan pemanfaatan VR sebagai alat untuk meningkatkan keterlibatan dan minat siswa terhadap sains, namun untuk mengubah sikap investigatif dan adopsi praktik ilmiah secara nyata disarankan penggabungan VR dengan rangkaian kegiatan lain yang terstruktur, pengulangan intervensi, serta ukuran sampel (> 100) dan durasi intervensi yang lebih besar pada studi lanjutan.

Meskipun visualisasi pada Gambar 3 hingga 5 menunjukkan kecenderungan peningkatan sikap yang lebih tinggi pada kelompok VR, diperlukan pengujian statistik lebih lanjut untuk membuktikan signifikansi perbedaan antar kedua kelompok tersebut. Hasil uji *independent sample t-test* pada skor *post-test* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan signifikansi skor *post-test* antara kelompok VR dan Non-VR

Dimensi	***t***	***p-value***
Sikap terhadap penyelidikan ilmiah	1,678	0,104
Pengadopsian sikap ilmiah	1,135	0,266
Kesenangan dalam pembelajaran sains	2,095	0,043
Minat terhadap sains di waktu luang	0,894	0,379

Berdasarkan hasil uji *independent sample t-test* yang disajikan pada Tabel 2, dilakukan perbandingan skor *post-test* antara kelompok VR dan kelompok Non-VR untuk melihat signifikansi perbedaan sikap siswa setelah intervensi. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada dimensi kesenangan dalam pembelajaran sains, terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kedua kelompok dengan nilai $t = 2{,}095$ dan $p = 0{,}043$ ($p < 0{,}05$). Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan media VR bertema gravitasi rendah secara nyata lebih efektif dalam meningkatkan aspek afektif siswa, khususnya rasa senang dalam pembelajaran sains, dibandingkan dengan metode konvensional. Namun demikian, pada tiga dimensi lainnya, yaitu sikap terhadap

penyelidikan ilmiah (p = 0,104), pengadopsian sikap ilmiah (p = 0,266), dan minat terhadap sains di waktu luang (p = 0,379), tidak ditemukan perbedaan yang signifikan secara statistik (p > 0,05).

Penggunaan VR dalam pembelajaran sains memang terbukti mampu memicu antusiasme belajar yang lebih tinggi, tetapi ini tidak secara otomatis membentuk pemikiran kritis maupun sikap ilmiah yang bertahan lama. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa intervensi berbasis VR umumnya berlangsung singkat dan lebih menekankan penyampaian informasi faktual daripada pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi (Hamilton et al., 2021; Zhang & Wang, 2021). Karena itu, pengalaman imersif melalui VR perlu dilengkapi dengan kerangka pedagogis yang komprehensif meliputi penugasan, diskusi, dan refleksi agar dapat menumbuhkan minat serta daya kritis siswa secara lebih berkelanjutan (Lampropoulos & Kinshuk, 2024). Alih-alih dipandang sebagai kelemahan media VR itu sendiri, temuan ini justru menegaskan betapa pentingnya perancangan pembelajaran yang matang, durasi intervensi yang memadai, serta integrasi pedagogis yang terencana.

Studi ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui. Pertama, durasi paparan VR relatif singkat (10 – 15 menit per siswa), sehingga efek jangka panjang tidak dapat diestimasi. Kedua, ukuran sampel terbatas dan pengambilan sampel yang disengaja pada dua sekolah mengurangi generalisasi hasil ke populasi yang lebih luas. Ketiga, kemungkinan *novelty effect* (efek kebaruan) tidak dapat sepenuhnya dieliminasi pada intervensi singkat, sehingga peningkatan afektif mungkin bersifat sementara. Untuk penelitian selanjutnya disarankan pengulangan intervensi, desain longitudinal, dan penggunaan ukuran tindak lanjut (*follow-up*) untuk menilai ketahanan perubahan sikap.

Meskipun demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa VR dapat menjadi alat yang efektif untuk meningkatkan aspek afektif sikap siswa terhadap sains, terutama pada dimensi minat rekreasional terhadap sains. Pengalaman belajar yang bersifat imersif dan interaktif memungkinkan siswa merasakan keterlibatan emosional yang lebih tinggi dibandingkan pembelajaran konvensional, sehingga dapat menumbuhkan ketertarikan terhadap aktivitas ilmiah. Peningkatan pada aspek ini berpotensi memberikan kontribusi terhadap pengembangan literasi sains jangka panjang apabila didukung oleh kegiatan pembelajaran lanjutan yang konsisten. Di sisi lain, implementasi VR sebagai pelengkap praktikum atau bagian dari modul pembelajaran terstruktur juga berpotensi memperkuat dimensi investigatif dan keterampilan ilmiah siswa yang pada penelitian ini belum menunjukkan perubahan signifikan akibat durasi intervensi yang relatif singkat. Oleh karena itu, integrasi VR dalam pembelajaran sains sebaiknya dirancang secara berkelanjutan dan terhubung dengan aktivitas eksploratif lainnya agar dampaknya tidak hanya bersifat afektif, tetapi juga berkembang pada aspek kognitif dan investigatif.

KESIMPULAN

Berdasarkan temuan penelitian ini, pembelajaran berbasis VR bertema gravitasi rendah efektif meningkatkan aspek afektif sikap siswa terhadap sains, khususnya minat rekreasional untuk terlibat dalam kegiatan sains di luar kelas. Untuk mendorong perubahan yang lebih kuat pada dimensi investigatif dan adopsi praktik berpikir ilmiah, disarankan penggabungan VR dengan strategi pembelajaran berbasis praktik, peningkatan durasi intervensi, serta studi lanjutan dengan dan sampel yang lebih besar. Hasil penelitian ini membuka peluang bagi pengembangan studi di masa depan, khususnya melalui integrasi media VR dengan strategi pembelajaran berbasis inkuiri terbimbing (*guided inquiry*). Hal ini dipandang perlu untuk mengoptimalkan dimensi sikap terhadap penyelidikan ilmiah yang dalam penelitian ini belum menunjukkan peningkatan yang signifikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, atas dukungan pendanaan melalui program Hibah BIMA (Nomor Kontrak: 1483ar/IT9.2.1/PT.01.03/2025) yang telah memungkinkan terlaksananya penelitian ini. Dukungan pendanaan tersebut berperan penting dalam penyediaan fasilitas, pengumpulan data, serta pelaksanaan seluruh rangkaian kegiatan penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kepala sekolah, guru, dan siswa dari SMA Negeri 15 Bandar Lampung dan SMA Al-Huda Jati Agung yang terlibat dalam penelitian ini atas partisipasi dan kerja samanya.

KONTRIBUSI PENULIS

Achmad Zainur Rozzykin: Conceptualization, Validation, Formal Analysis, Writing – Original Draft, Funding Acquisition; **Alka Budi Wahidin**: Methodology, Software; **Ririn Andriyani**: Methodology, Data

Curation, Investigation; **Sulistiyowati**: Methodology, Data Curation, Investigation; **Ajeng Utari Siti Saodah**: Data Curation; **Alfiah Rizky Diana Putri**: Conceptualization, Resources; **M. Refan Haisar Abhiyasa**: Resources; **Yuliana Fistriyani Hayon**: Investigation, Data Curation, Project Administration; **Sulistiani**: Resources, Supervision; serta **Dwi Asmayanti**: Resources, Supervision. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir dari naskah ini.

PERNYATAAN KETERSEDIAAN DATA

Data yang mendukung temuan dalam penelitian ini tersedia dengan mengikuti ketentuan akses yang berlaku. Bergantung pada karakteristik data, akses dapat diberikan secara terbuka kepada publik atau berdasarkan permintaan yang wajar, kecuali jika terdapat pembatasan terkait etika, hukum, privasi, atau ketentuan institusional.

PERNYATAAN BEBAS KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan finansial maupun hubungan pribadi yang dapat mempengaruhi hasil yang dilaporkan dalam naskah ini.

PERNYATAAN ETIKA PENELITIAN DAN PUBLIKASI

Para penulis menyatakan bahwa penelitian dan penulisan naskah ini telah mematuhi standar etika penelitian dan publikasi, sesuai dengan prinsip ilmiah, serta bebas dari plagiasi.

PERNYATAAN PEMANFAATAN TEKNOLOGI ASISTIF

Para penulis menyatakan bahwa Kecerdasan Buatan Generatif (*Generative Artificial Intelligence*) dan teknologi asistif lainnya tidak digunakan secara berlebihan dalam proses penelitian dan penulisan naskah ini. Secara khusus, ChatGPT dan Gemini AI digunakan untuk menyempurnakan teks, serta Consensus digunakan untuk pencarian semantik dan sintesis bukti dari literatur. Para penulis telah meninjau dan menyunting semua konten yang dihasilkan AI guna memastikan ketepatan, kelengkapan, serta kepatuhan terhadap standar etika dan ilmiah, dan bertanggung jawab penuh atas naskah versi akhir.

DAFTAR PUSTAKA

Arici, F. dan Yılmaz, R.M. (2025). Effects of augmented reality and video-based learning in inquiry-based science education on academic achievement and motivation to learn science. *Journal of Computer Assisted Learning,* **41**(5), e70128. DOI: https://doi.org/10.1111/jcal.70128.

Artun, H., Durukan, A., dan Temur, A. (2020). Effects of virtual reality enriched science laboratory activities on pre-service science teachers' science process skills and attitudes toward science. *Education and Information Technologies,* **25**(6), 5477–5498. DOI: https://doi.org/10.1007/s10639-020-10232-1.

Chen, J., Huang, Y., Lin, K., Chang, Y., Lin, H., Lin, C., dan Hsiao, H. (2019). Developing a hands-on activity using virtual reality to help students learn by doing. *Journal of Computer Assisted Learning*, **36**(1), 46-60. DOI: https://doi.org/10.1111/jcal.12389.

Cheng, K.-H. dan Tsai, C.-C. (2020). Students' motivational beliefs and strategies, perceived immersion and attitudes towards science learning with immersive virtual reality: A partial least squares analysis. *British Journal of Educational Technology,* **51**(6), 2139–2158. DOI: https://doi.org/10.1111/bjet.12956.

Firdaus, F.M. dan Sari, R.N. (2018). Pengaruh penggunaan alat peraga timbangan bilangan terhadap pemahaman konsep perkalian di kelas II SD Islam Al Azhar 15 Pamulang. *Didaktika: Jurnal Pendidikan Sekolah Dasar,* **1**(1), 1–8. DOI: https://doi.org/10.21831/didaktika.v1i1.27782.

Garduño, H., Martínez, M., dan Castro, M. (2021). Impact of virtual reality on student motivation in a high school science course. *Applied Sciences,* **11**(20), 9516. DOI: https://doi.org/10.3390/app11209516.

Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2020). 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**, 1-32. DOI: https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2.

Huang, X., Zhao, Q., Liu, Y., Harris, D., dan Shawler, M. (2024). Learning in an immersive VR environment: Role of learner characteristics and relations between learning and psychological outcomes. *Journal of Educational Technology Systems,* **53**(1), 3-29. DOI: https://doi.org/10.1177/00472395231216943.

Ka, J., Kim, H., Kim, J., dan Kim, W. (2025). Analysis of virtual reality teaching methods in engineering education: Assessing educational effectiveness and understanding of 3D structures. *Virtual Reality,* **29**, 01081. DOI: https://doi.org/10.1007/s10055-024-01081-1.

Kind, P., Jones, K., dan Barmby, P. (2007). Developing attitudes towards science measures. *International Journal of Science Education,* **29**(7), 871–893. DOI: https://doi.org/10.1080/09500690600909091.

Lampropoulos, G. dan Keramopoulos, K. (2024). Virtual reality and gamification in education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, **72**, 1691-1785. DOI: https://doi.org/10.1007/s11423-024-10351-3.

Li, J., Antonenko, P., dan Wang, J. (2023). How does interactive virtual reality enhance learning outcomes via emotional experiences? A structural equation modeling approach. *Frontiers in Psychology,* **13**, 1081372. DOI: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1081372.

Lin, A. dan Cheng, F. (2024). Virtual reality game for science education. *2024 5th International Conference on Computer Science, Engineering, and Education (CSEE)*, 8-12. DOI: https://doi.org/10.1109/csee63195.2024.00010.

Lin, C. dan Sumardani, D. (2023). Transitioning to virtual reality learning in 5E learning model: pedagogical practices for science learning. *Interactive Learning Environments,* **32**, 2817-2831. DOI: https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2160468.

Lin, X., Li, R., Chen, Z., dan Xiong, J. (2024). Design strategies for VR science and education games from an embodied cognition perspective: A literature-based meta-analysis. *Frontiers in Psychology,* **14**, 1292110. DOI: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1292110.

Liu, R., Wang, L., Koszalka, T., dan Wan, K. (2022). Effects of immersive virtual reality classrooms on students' academic achievement, motivation and cognitive load in science lessons. *Journal of Computer Assisted Learning,* **38**, 1422-1433. DOI: https://doi.org/10.1111/jcal.12688.

Makransky, G., Andreasen, N.K., Baceviciute, S., dan Mayer, R.E. (2021). Immersive virtual reality increases liking but not learning with a science simulation and generative learning strategies promote learning in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology,* **113**(4), 719–735. DOI: https://doi.org/10.1037/edu0000473.

Makransky, G., Petersen, G., & Klingenberg, S. (2020). Can an immersive virtual reality simulation increase students' interest and career aspirations in science? *British Journal of Educational Technology,* **51**, 2079-2097. DOI: https://doi.org/10.1111/bjet.12954.

Markowitz, D.M., Laha, R., Perone, B.P., Pea, R.D., dan Bailenson, J.N. (2018). Immersive virtual reality field trips facilitate learning about climate change. *Frontiers in Psychology,* **9**, 2364. DOI: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02364.

Moshagen, M. dan Bader, M. (2024). semPower: General power analysis for structural equation models. *Behavior Research Methods*, **56**, 2901–2922. DOI: https://doi.org/10.3758/s13428-023-02254-7.

Oppong, E.K., Asare, I., Parker, J., dan Quansah, F. (2022). Investigating students' attitude towards science in the colleges of education. *European Journal of Open Education and E-Learning Studies,* **7**(1), 33-45. DOI: https://doi.org/10.46827/ejoe.v7i1.4138.

Parong, J. dan Mayer, R.E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology,* **110**, 785–797. DOI: https://doi.org/10.1037/edu0000241.

Parong, J. dan Mayer, R.E. (2021). Cognitive and affective processes for learning science in immersive virtual reality. *Journal of Computer Assisted Learning,* **37**(1), 226–241. DOI: https://doi.org/10.1111/jcal.12482.

Prihandini, M.P., Winarno, N., Prima, E.C., dan Ekawati, R. (2024). Analysis of attitude toward science on junior high school students: A survey research. *Didaktika: Jurnal Kependidikan,* **13**(4), 4401–4414. DOI: https://doi.org/10.58230/27454312.978.

Qorbani, S., Dalili, S., Arya, A., dan Joslin, C. (2024). Assessing learning in an immersive virtual reality: A curriculum-based experiment in chemistry education. *Education Sciences*, **14**(5), 476. DOI: https://doi.org/10.3390/educsci14050476.

Rahmatiah, R., Rokhmat, J., Jufri, A.W., Gunawan, dan Sukarso, A.A. (2023). Validating test of science-related attitudes (TOSRA) for elementary students in Mataram, Indonesia. *International Journal of Contextual Science Education,* **1**(1), 22–28. DOI: https://doi.org/10.29303/ijcse.v1i1.553.

Reveles, M.A.S. (2023). The effects of virtual and augmented reality on attitudes towards science in Mexican primary school students. *Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad*, **13**(25), 1-30. DOI: https://doi.org/10.32870/pk.a13n25.804.

Sahin, D. dan Yilmaz, R.M. (2020). The effect of augmented reality technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. *Education and Information Technologies,* **25**(5), 4139–4157. DOI: https://doi.org/10.1007/s10639-020-10150-2.

Sarıoğlu, S. dan Girgin, S. (2020). The effect of using virtual reality in 6th grade science course the cell topic on students' academic achievements and attitudes towards the course. *Journal of Turkish Science Education,* **17**(1), 109–125. Retrieved from: https://www.tused.org/index.php/tused/article/view/848.

Tai, R.H., Ryoo, J., Skeeles-Worley, A., Dabney, K.P., Almarode, J.T., dan Maltese, A.V. (2022). (Re-)Designing a measure of students' attitudes toward science: A longitudinal psychometric approach. *International Journal of STEM Education,* **9**, 12. DOI: https://doi.org/10.1186/s40594-022-00332-4.

Tanti, T., Kurniawan, D.A., Kurniawan, N., dan Anggraini, L. (2021). Attitudes toward science based on analysis and correlation: Learning enjoyment & leisure interest on science. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA,* **11**(1), 113-126. DOI: https://doi.org/10.30998/formatif.v11i1.5142.

Tene, T., Guevara, M., Moreano, G., Vera, J., dan Gomez, C.V. (2024). The role of immersive virtual realities: Enhancing science learning in higher education. *Emerging Science Journal*, **8**, 88-102. DOI: https://doi.org/10.28991/esj-2024-sied1-06.

Tsivitanidou, O.E., Georgiou, Y., dan Ioannou, A. (2021). A learning experience in inquiry-based physics with immersive virtual reality: Student perceptions and an interaction effect between conceptual gains and attitudinal profiles. *Journal of Science Education and Technology,* **30**(6), 841–861. DOI: https://doi.org/10.1007/s10956-021-09924-1.

Wu, J., Guo, R., Wang, Z., dan Zeng, R. (2019). Integrating spherical video-based virtual reality into elementary school students' scientific inquiry instruction: Effects on their problem-solving performance. *Interactive Learning Environments*, **29**, 496-509. DOI: https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1587469.

Zhang, W., & Wang, Z. (2021). Theory and Practice of VR/AR in K-12 Science Education—A Systematic Review. *Sustainability*, **13**(22), 12646. DOI: https://doi.org/10.3390/su132212646.