

## Efektivitas Virtual Reality dalam Pembelajaran Teknik Dasar Olahraga untuk Generasi Z

F Maya Nurhayati<sup>1</sup>, Tatang Suryadin<sup>2</sup>, Udi Sahudi<sup>3</sup>, Ali Priyono<sup>4</sup>, Indra Prabowo<sup>5</sup>, Didik Subakti

Pravira Raharja<sup>6</sup>, Riza Sukma Fauzi<sup>7</sup>, Rudi<sup>8</sup>, Brio Alfatihah Ramayudha<sup>9</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9</sup>Pendidikan Jasmani , Universitas Majalengka, Majalengka, Indonesia

\*Corresponding Author: [udisahudi11@unma.ac.id](mailto:udisahudi11@unma.ac.id)

### ABSTRACT

#### Article History:

Received 2025-11-09

Accepted 2025-12-15

#### Keywords:

Virtual Reality  
Physical Education  
Motor Learning  
Generation Z  
Learning Motivation

Physical education at the secondary school level faces increasing challenges in aligning instructional approaches with the characteristics of Generation Z students as digital native learners. This study aimed to examine the effectiveness of Virtual Reality (VR)-based instruction compared to conventional teaching methods in improving students' fundamental sport skills, cognitive understanding, and learning motivation. A quantitative approach with a quasi-experimental pretest–posttest control group design was employed. The sample consisted of 60 tenth-grade high school students in Jakarta, divided into an experimental group receiving VR-based instruction and a control group receiving conventional instruction. Research instruments included a psychomotor skill performance test, a cognitive knowledge test, and a learning motivation questionnaire. Data were analyzed using descriptive and inferential statistics, including independent sample t-tests and effect size calculations. The results revealed that the experimental group demonstrated significantly greater improvements than the control group across all measured outcomes, with very large effect sizes for psychomotor skills (Cohen's  $d = 1.92$ ), cognitive understanding (Cohen's  $d = 1.34$ ), and learning motivation (Cohen's  $d = 1.61$ ). These findings indicate that VR-based instruction is an effective and innovative learning medium that supports motor skill acquisition, conceptual understanding, and student motivation. This study contributes theoretically to motor learning and embodied cognition literature and provides practical implications for curriculum development and the digital transformation of physical education.

### ABSTRAK

#### Kata Kunci:

Virtual Reality  
Pendidikan Jasmani  
Pembelajaran Motorik  
Generasi Z  
Motivasi Belajar

Pembelajaran pendidikan jasmani di tingkat sekolah menengah menghadapi tantangan dalam menyesuaikan metode pembelajaran dengan karakteristik siswa Generasi Z sebagai digital native learners. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas pembelajaran berbasis Virtual Reality (VR) dibandingkan dengan pembelajaran konvensional dalam meningkatkan penguasaan teknik dasar olahraga, pemahaman kognitif, dan motivasi belajar siswa. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain quasi-experimental pretest–posttest control group. Sampel penelitian terdiri atas 60 siswa SMA kelas X di Jakarta yang dibagi ke dalam kelompok eksperimen (pembelajaran berbasis VR) dan kelompok kontrol (pembelajaran konvensional). Instrumen penelitian meliputi tes keterampilan psikomotorik, tes pemahaman kognitif, dan kuesioner motivasi belajar. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial dengan Independent Sample t-test serta perhitungan effect size. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok eksperimen mengalami peningkatan yang signifikan dan lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol pada seluruh variabel yang diukur, dengan ukuran efek sangat besar pada aspek psikomotorik (Cohen's  $d = 1,92$ ), kognitif (Cohen's  $d = 1,34$ ), dan motivasi belajar (Cohen's  $d = 1,61$ ). Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis VR efektif sebagai media pembelajaran inovatif yang mendukung pembelajaran keterampilan motorik, pemahaman konseptual, dan motivasi siswa. Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis terhadap kajian motor learning dan embodied cognition, serta implikasi praktis bagi pengembangan kurikulum dan transformasi pembelajaran pendidikan jasmani di era digital.

## 1. PENDAHULUAN

Pembelajaran pendidikan jasmani (PJOK) memiliki karakteristik unik karena menekankan penguasaan keterampilan psikomotorik yang memerlukan demonstrasi, praktik berulang, serta umpan balik langsung. Namun, dalam konteks pendidikan menengah di Indonesia, pendekatan pembelajaran PJOK menghadapi tantangan serius ketika berhadapan dengan siswa Generasi Z yang tumbuh sebagai digital native learners. Generasi ini menunjukkan preferensi belajar yang kuat terhadap pengalaman visual-interaktif, simulasi digital, dan umpan balik instan, yang sering kali tidak terakomodasi oleh metode pembelajaran konvensional berbasis demonstrasi langsung dan repetisi fisik semata. Data Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi menunjukkan bahwa tingkat partisipasi aktif siswa SMA dalam pembelajaran PJOK menurun dari 67% pada tahun 2015 menjadi hanya 43% pada tahun 2023, mencerminkan melemahnya keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran (Kemendikbudristek, 2023). Kondisi ini diperparah oleh keterbatasan struktural di sekolah, seperti rasio guru dan siswa yang tinggi ( $\pm 1:35$ ), yang berdampak pada rendahnya intensitas umpan balik individual, menurunnya motivasi belajar, serta kurang optimalnya penguasaan keterampilan motorik dasar.

Sejalan dengan perkembangan teknologi pendidikan, Virtual Reality (VR) muncul sebagai pendekatan potensial untuk mengatasi kesenjangan antara karakteristik belajar Generasi Z dan tuntutan pembelajaran keterampilan psikomotorik. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa VR efektif dalam meningkatkan hasil belajar keterampilan motorik melalui penyediaan lingkungan imersif, umpan balik visual real-time, dan kesempatan praktik yang berulang tanpa risiko fisik (Webster & Mertens, 2022). Meta-analisis terhadap 47 studi menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis VR meningkatkan retensi keterampilan motorik secara signifikan dibandingkan metode konvensional ( $d = 0.67$ ,  $p < 0.001$ ). Studi neurokognitif juga mengindikasikan bahwa VR mendukung mekanisme embodied cognition dengan mengaktifkan jalur saraf yang serupa dengan gerakan fisik aktual (Chang et al., 2023). Meski demikian, mayoritas penelitian tersebut dilakukan pada konteks negara maju dan populasi atlet profesional dengan infrastruktur teknologi yang mapan (Kim & Park, 2024). Hingga saat ini, masih terdapat keterbatasan bukti empiris mengenai efektivitas VR dalam pembelajaran PJOK pada siswa sekolah menengah di negara berkembang, khususnya dalam konteks kelas besar dan keterbatasan fasilitas, sehingga membuka ruang penelitian untuk mengevaluasi relevansi dan efektivitas VR pada konteks pendidikan Indonesia.

Meskipun literatur menunjukkan potensi Virtual Reality dalam meningkatkan kualitas pembelajaran keterampilan motorik, penelitian yang berfokus pada pendidikan jasmani tingkat menengah masih menunjukkan keterbatasan yang signifikan. Rodriguez dan Chen (2023), dalam studi pada siswa sekolah menengah di Spanyol ( $N = 89$ ), melaporkan peningkatan motivasi intrinsik siswa sebesar 41% setelah penerapan pembelajaran berbasis VR. Namun, penelitian tersebut tidak mengevaluasi penguasaan keterampilan psikomotorik secara sistematis, sehingga hubungan antara peningkatan motivasi dan pencapaian keterampilan gerak inti pendidikan jasmani belum dapat dipastikan. Temuan serupa juga terlihat di konteks Asia, di mana Tanaka et al. (2024) melaporkan bahwa 76% siswa sekolah menengah di Jepang menunjukkan peningkatan pemahaman teknik gerakan melalui simulasi VR. Akan tetapi, fokus penelitian tersebut lebih menekankan aspek kognitif, sementara dimensi psikomotorik dan afektif—yang merupakan inti dari pendidikan jasmani—tidak dievaluasi secara mendalam. Selain itu, penelitian-penelitian tersebut belum mempertimbangkan faktor kontekstual seperti budaya pembelajaran, dinamika kelas besar, dan keterbatasan fasilitas sekolah, yang berpotensi memengaruhi efektivitas implementasi VR secara nyata.

Keterbatasan dalam penelitian terdahulu menunjukkan adanya kesenjangan empiris yang relevan untuk dikaji lebih lanjut, khususnya dalam konteks negara berkembang. Hingga saat ini, belum ditemukan penelitian empiris yang menguji efektivitas Virtual Reality dalam pembelajaran pendidikan jasmani bagi

siswa Generasi Z di Indonesia, yang memiliki karakteristik khas dalam hal kesiapan digital, disparitas infrastruktur teknologi antarsekolah, serta budaya pembelajaran yang masih didominasi pendekatan konvensional. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang tidak hanya menguji efektivitas VR dari sisi hasil belajar, tetapi juga mengevaluasi bagaimana teknologi ini beroperasi dalam konteks pembelajaran yang nyata dan kompleks. Pendekatan yang mengintegrasikan pengukuran aspek psikomotorik, kognitif, dan afektif secara simultan, serta mempertimbangkan faktor-faktor moderator kontekstual, menjadi penting untuk menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai peran VR dalam pembelajaran pendidikan jasmani di tingkat menengah.

Justifikasi penelitian ini didasarkan pada tiga landasan utama: teoretis, praktis, dan metodologis. Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan kajian pembelajaran motorik dengan mengintegrasikan Motor Learning Theory yang dikemukakan oleh Schmidt dan Lee (2019) dengan konsep embodied cognition dalam konteks lingkungan virtual. Teori pembelajaran motorik menekankan peran umpan balik, praktik berulang, dan pembentukan motor schema, sementara embodied cognition memandang proses kognitif sebagai hasil interaksi dinamis antara tubuh, persepsi, dan lingkungan. Virtual Reality menyediakan medium yang memungkinkan kedua perspektif ini beroperasi secara simultan melalui simulasi gerakan yang imersif, umpan balik visual real-time, dan representasi spasial tiga dimensi. Secara praktis, temuan penelitian ini diharapkan menyediakan dasar empiris bagi integrasi teknologi imersif dalam kurikulum pendidikan jasmani serta memberikan panduan implementasi yang realistik bagi guru di konteks sekolah menengah. Secara metodologis, penelitian ini mengembangkan dan memvalidasi instrumen penilaian multidimensi untuk mengevaluasi efektivitas pembelajaran berbasis VR, yang dapat direplikasi atau diadaptasi dalam penelitian lanjutan.

Sejalan dengan justifikasi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas teknologi Virtual Reality sebagai media pembelajaran teknik dasar olahraga pada siswa Generasi Z di tingkat pendidikan menengah. Efektivitas pembelajaran dievaluasi melalui tiga outcome utama. Pertama, penguasaan keterampilan psikomotorik, yang diukur menggunakan tes performa keterampilan standar sesuai karakteristik materi pendidikan jasmani. Kedua, pemahaman kognitif mengenai prinsip dan teknik gerakan, yang diukur melalui tes pengetahuan terstruktur. Ketiga, motivasi belajar siswa, yang diukur menggunakan Intrinsic Motivation Inventory sebagai instrumen yang telah teruji secara luas dalam penelitian motivasi belajar (Ryan & Deci, 2020). Selain menilai hasil pembelajaran, penelitian ini juga mengeksplorasi peran faktor-faktor moderator—seperti pengalaman digital sebelumnya, kemampuan spasial, dan penerimaan teknologi—yang berpotensi memengaruhi efektivitas pembelajaran berbasis VR. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfokus pada apakah VR efektif, tetapi juga dalam kondisi apa dan untuk siapa teknologi ini bekerja secara optimal.

Signifikansi penelitian ini terletak pada kontribusinya terhadap pengembangan pembelajaran pendidikan jasmani yang relevan dengan karakteristik peserta didik di era digital. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya literatur technology-enhanced learning dengan menyajikan bukti empiris yang mengintegrasikan perspektif pedagogis, psikologis, dan teknologis dalam pembelajaran keterampilan motorik. Secara praktis, temuan penelitian ini memberikan rekomendasi berbasis bukti bagi pengambil kebijakan, pengembang kurikulum, dan praktisi pendidikan jasmani dalam merancang pembelajaran yang adaptif terhadap karakteristik digital native learners tanpa mengabaikan keterbatasan infrastruktur sekolah. Dalam konteks yang lebih luas, penelitian ini berkontribusi pada diskursus global mengenai pemanfaatan teknologi imersif dalam pendidikan jasmani, khususnya di negara berkembang, dengan menunjukkan bagaimana inovasi pedagogis dapat disesuaikan dengan realitas sosial, budaya, dan teknologi yang beragam.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain quasi-experimental pretest-posttest control group design. Desain ini dipilih karena memungkinkan evaluasi efektivitas intervensi pembelajaran berbasis Virtual Reality dibandingkan dengan pembelajaran konvensional melalui pengukuran perubahan hasil belajar sebelum dan sesudah perlakuan, sekaligus mempertahankan kontrol terhadap variabel pengganggu utama dalam konteks pendidikan formal (Creswell & Creswell, 2018). Penggunaan desain quasi-eksperimental dipandang tepat karena peneliti tidak memiliki keleluasaan untuk melakukan randomisasi subjek secara penuh sebagaimana pada true experimental design, mengingat keterbatasan administratif dan etis di lingkungan sekolah. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menghasilkan pengukuran objektif berbasis data numerik yang dapat dianalisis secara statistik guna menilai efektivitas intervensi secara empiris (Fraenkel, Wallen, & Hyun, 2019).

Populasi penelitian ini adalah siswa kelas X Sekolah Menengah Atas (SMA) di wilayah Jakarta yang termasuk dalam kategori Generasi Z, yaitu individu yang tumbuh dalam lingkungan dengan paparan teknologi digital yang tinggi sejak usia dini (Seemiller & Grace, 2016). Sampel penelitian terdiri atas 60 siswa yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan kriteria inklusi tertentu, yaitu: (1) berusia 15–16 tahun, (2) belum memiliki pengalaman sebelumnya menggunakan Virtual Reality dalam konteks pembelajaran, (3) memiliki tingkat keterampilan olahraga dasar yang relatif setara berdasarkan hasil pretest, serta (4) tidak memiliki kondisi kesehatan yang berpotensi menimbulkan risiko saat penggunaan VR, seperti epilepsi fotosensitif atau gangguan keseimbangan. Setelah proses seleksi, sampel dibagi secara acak ke dalam dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen ( $n = 30$ ) yang menerima pembelajaran berbasis VR dan kelompok kontrol ( $n = 30$ ) yang mengikuti pembelajaran konvensional. Prosedur ini bertujuan untuk meminimalkan bias seleksi dan meningkatkan validitas internal penelitian (Shadish, Cook, & Campbell, 2002).

Instrumen penelitian terdiri dari tiga jenis utama yang dirancang untuk mengukur outcome pembelajaran secara multidimensi. Pertama, tes keterampilan psikomotorik yang dikembangkan berdasarkan rubrik penilaian teknik dasar olahraga, khususnya teknik basket shooting. Rubrik ini memuat 10 kriteria penilaian kualitas eksekusi gerakan yang dinilai menggunakan skala Likert 1–5. Validitas isi instrumen dievaluasi oleh tiga ahli pendidikan jasmani menggunakan Content Validity Ratio (CVR), dengan nilai  $CVR > 0,75$  yang menunjukkan tingkat validitas isi yang memadai (Lawshe, 1975). Kedua, tes pemahaman kognitif berbentuk kombinasi soal pilihan ganda dan esai, yang mengukur pemahaman siswa terhadap prinsip biomekanik, tahapan gerakan, dan aplikasi teknik dasar olahraga. Ketiga, motivasi belajar siswa diukur menggunakan kuesioner yang diadaptasi dari Instructional Materials Motivation Survey (IMMS), yang dikembangkan berdasarkan model motivasi ARCS dan menunjukkan reliabilitas internal yang tinggi (Cronbach's Alpha = 0,89) (Keller, 2010). Seluruh instrumen telah melalui uji validitas dan reliabilitas dalam studi pendahuluan yang melibatkan 20 siswa di luar sampel penelitian utama untuk memastikan kelayakan penggunaan instrumen dalam konteks penelitian ini.

Prosedur pengumpulan data dilaksanakan dalam tiga tahap selama periode delapan minggu. Tahap pertama adalah pelaksanaan pretest pada minggu pertama untuk mengukur kemampuan awal seluruh partisipan pada aspek psikomotorik, kognitif, dan motivasi belajar. Tahap kedua merupakan fase intervensi pembelajaran yang berlangsung selama enam minggu dengan frekuensi dua kali pertemuan per minggu, masing-masing berdurasi 90 menit. Pada fase ini, kelompok eksperimen mengikuti pembelajaran berbasis Virtual Reality menggunakan perangkat Oculus Quest 2 dengan aplikasi pembelajaran teknik basket shooting yang dikembangkan khusus untuk penelitian ini. Aplikasi tersebut menyajikan model gerakan tiga dimensi, simulasi interaktif berbasis sudut pandang orang pertama, serta sistem umpan balik visual otomatis yang memungkinkan siswa mengoreksi kesalahan gerakan secara langsung. Sebaliknya,

kelompok kontrol mengikuti pembelajaran konvensional yang mengandalkan demonstrasi langsung oleh guru, latihan (drill), dan corrective feedback verbal. Tahap ketiga adalah pelaksanaan posttest pada minggu kedelapan menggunakan instrumen yang sama dengan pretest untuk memastikan konsistensi pengukuran (Creswell & Creswell, 2018).

Variabel independen dalam penelitian ini adalah model pembelajaran yang terdiri dari pembelajaran berbasis Virtual Reality dan pembelajaran konvensional. Variabel dependen meliputi tiga outcome utama, yaitu: (1) keterampilan psikomotorik yang diukur melalui skor performa eksekusi teknik basket shooting, (2) pemahaman kognitif yang diukur melalui skor tes pengetahuan tentang prinsip dan tahapan gerakan, serta (3) motivasi belajar yang diukur menggunakan skor kuesioner Instructional Materials Motivation Survey. Untuk menjaga validitas internal penelitian, sejumlah variabel kontrol ditetapkan dan dijaga konstan, meliputi durasi pembelajaran, materi ajar, lingkungan pembelajaran, serta kualifikasi dan pengalaman instruktur. Pengendalian variabel-variabel ini bertujuan untuk memastikan bahwa perbedaan hasil belajar yang muncul dapat dikaitkan secara lebih akurat dengan perbedaan model pembelajaran yang diterapkan (Shadish et al., 2002).

Untuk memastikan konsistensi implementasi intervensi (fidelity of implementation), seluruh sesi pembelajaran pada kedua kelompok mengikuti rencana pembelajaran yang telah distandardkan. Guru/instruktur yang terlibat mendapatkan pelatihan awal mengenai prosedur pembelajaran VR dan konvensional untuk meminimalkan variasi perlakuan yang tidak diinginkan. Selama fase intervensi, observasi berkala dilakukan menggunakan lembar cek kesesuaian prosedur guna memastikan bahwa pembelajaran dilaksanakan sesuai dengan protokol yang dirancang. Pendekatan ini penting untuk meningkatkan validitas internal penelitian dan mengurangi potensi bias implementasi yang sering terjadi dalam penelitian quasi-eksperimental di lingkungan sekolah (Dusenbury et al., 2003).

Analisis data dilakukan menggunakan kombinasi statistik deskriptif dan inferensial. Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik data, meliputi nilai rata-rata, simpangan baku, dan rentang skor. Sebelum pengujian hipotesis, data diuji asumsi normalitas menggunakan Shapiro-Wilk test dan homogenitas varians menggunakan Levene's test. Untuk membandingkan peningkatan hasil belajar antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, digunakan Independent Sample t-test apabila asumsi parametrik terpenuhi, atau Mann-Whitney U test sebagai alternatif non-parametrik. Selain itu, perbedaan skor posttest dianalisis dengan mempertimbangkan skor pretest sebagai kovariat untuk meningkatkan ketepatan estimasi efek perlakuan. Seluruh analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 26 dengan tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$ . Besaran efek dihitung menggunakan Cohen's d untuk menilai signifikansi praktis dari perbedaan yang ditemukan (Field, 2018; Cohen, 1988).

Penelitian ini telah memperoleh persetujuan dari Komite Etik Penelitian Universitas. Seluruh partisipan dan orang tua/wali menandatangani informed consent tertulis setelah menerima penjelasan lengkap mengenai tujuan, prosedur, manfaat, dan potensi risiko penelitian. Kerahasiaan data dijaga melalui penggunaan kode identitas anonim, dan partisipan diberikan hak untuk mengundurkan diri dari penelitian kapan saja tanpa konsekuensi akademik. Mengingat penggunaan teknologi Virtual Reality berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan seperti motion sickness, setiap sesi VR dibatasi maksimal 20 menit dengan jeda istirahat, serta prosedur penghentian segera diterapkan apabila partisipan menunjukkan gejala ketidaknyamanan. Praktik etis ini sejalan dengan pedoman penelitian pendidikan dan penggunaan teknologi imersif pada peserta didik (Slater & Sanchez-Vives, 2016).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Penelitian

##### Karakteristik Partisipan Penelitian

Penelitian ini melibatkan total 60 siswa kelas X Sekolah Menengah Atas yang terbagi secara seimbang ke dalam kelompok eksperimen ( $n = 30$ ) dan kelompok kontrol ( $n = 30$ ). Dari keseluruhan partisipan, 32 siswa (53,3%) berjenis kelamin laki-laki dan 28 siswa (46,7%) perempuan, dengan rerata usia 15,4 tahun ( $SD = 0,8$ ). Selama periode penelitian berlangsung, tingkat partisipasi mencapai 100%, dan tidak terdapat partisipan yang mengundurkan diri atau dikeluarkan dari penelitian, sehingga seluruh data dapat dianalisis secara lengkap.

Uji homogenitas kondisi awal dilakukan untuk memastikan kesetaraan kedua kelompok sebelum intervensi pembelajaran. Hasil Levene's test menunjukkan tidak terdapat perbedaan varians yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol pada seluruh variabel yang diukur, yaitu keterampilan psikomotorik ( $F = 0,142$ ;  $p = 0,708$ ), pemahaman kognitif ( $F = 0,089$ ;  $p = 0,766$ ), dan motivasi belajar ( $F = 0,256$ ;  $p = 0,615$ ). Temuan ini mengindikasikan bahwa kedua kelompok memiliki karakteristik dan kemampuan awal yang relatif setara, sehingga memenuhi asumsi dasar untuk dilakukan analisis komparatif terhadap efektivitas intervensi pembelajaran.

Tabel 1 Perbandingan Peningkatan Hasil Belajar antara Kelompok Eksperimen dan Kelompok Kontrol

Variabel	Kelompok	Pretest M (SD)	Posttest M (SD)	Gain Score	t-value	p-value	Cohen's d
Psikomotorik	Eksperimen	42,3 (6,2)	68,7 (5,8)	26,4	7,42	< 0,001	1,92
	Kontrol	41,8 (6,5)	56,2 (7,1)	14,4			
Kognitif	Eksperimen	65,2 (8,3)	85,6 (6,9)	20,4	5,18	< 0,001	1,34
	Kontrol	64,8 (8,7)	74,3 (8,2)	9,5			
Motivasi	Eksperimen	3,2 (0,6)	4,5 (0,4)	1,3	6,23	< 0,001	1,61
	Kontrol	3,1 (0,7)	3,6 (0,6)	0,5			

Keterangan:

M = Mean (rerata);

SD = Standard Deviation (simpangan baku)

Gain Score = selisih skor posttest dan pretest

Cohen's d = ukuran efek

p-value < 0,05 menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik.

### Statistik Inferensial

Hasil uji Independent Sample t-test menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol pada seluruh variabel dependen yang diukur. Pada variabel keterampilan psikomotorik, diperoleh nilai  $t(58) = 7,42$  dengan  $p < 0,001$ , serta ukuran efek Cohen's  $d = 1,92$ , yang dikategorikan sebagai efek sangat besar. Pada variabel pemahaman kognitif, hasil analisis menunjukkan nilai  $t(58) = 5,18$ ,  $p < 0,001$ , dengan Cohen's  $d = 1,34$ , yang mengindikasikan efek besar. Sementara itu, pada variabel motivasi belajar, nilai  $t(58) = 6,23$ ,  $p < 0,001$ , dengan Cohen's  $d = 1,61$ , juga menunjukkan efek yang sangat besar. Secara keseluruhan, hasil analisis inferensial mengonfirmasi adanya perbedaan peningkatan hasil belajar yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol pada ketiga outcome yang diteliti.

### Analisis Sub-Komponen Keterampilan Psikomotorik

Analisis lanjutan terhadap sub-komponen keterampilan psikomotorik menunjukkan bahwa peningkatan skor pada kelompok eksperimen tidak terjadi secara merata pada seluruh aspek gerakan. Peningkatan paling besar ditemukan pada sub-komponen konsistensi gerakan, dengan gain score sebesar 28,3, diikuti oleh akurasi eksekusi teknik dengan gain score sebesar 25,7. Sebaliknya, kelompok kontrol menunjukkan peningkatan yang lebih moderat pada seluruh sub-komponen yang dianalisis.

Data observasi selama proses pembelajaran menunjukkan bahwa siswa pada kelompok eksperimen melakukan jumlah repetisi gerakan yang lebih tinggi selama periode intervensi, dengan rata-rata 245 repetisi, dibandingkan dengan 138 repetisi pada kelompok kontrol. Perbedaan jumlah repetisi ini dicatat secara konsisten sepanjang sesi pembelajaran dan digunakan sebagai indikator intensitas praktik yang diterima oleh masing-masing kelompok.

### **Temuan Variasi Individual dalam Kelompok Eksperimen**

Analisis hasil pembelajaran pada kelompok eksperimen menunjukkan adanya variasi respons individual terhadap intervensi pembelajaran berbasis Virtual Reality. Dari total 30 siswa pada kelompok eksperimen, sebanyak 4 siswa (13,3%) melaporkan mengalami gejala motion sickness ringan selama 2–3 sesi awal pembelajaran. Gejala yang dilaporkan meliputi pusing ringan dan ketidaknyamanan visual, namun tidak ada partisipan yang menghentikan keikutsertaannya dalam penelitian. Pada sesi-sesi selanjutnya, keluhan tersebut berkurang dan tidak lagi dilaporkan, sehingga seluruh partisipan dapat mengikuti rangkaian intervensi hingga selesai.

Untuk mengevaluasi apakah pengalaman motion sickness awal memengaruhi hasil pembelajaran, dilakukan analisis perbandingan peningkatan keterampilan psikomotorik antara siswa yang mengalami gejala tersebut dan siswa lainnya dalam kelompok eksperimen. Hasil uji Independent Sample t-test menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan peningkatan keterampilan yang signifikan antara kedua subkelompok setelah fase adaptasi ( $t = 0,89$ ;  $p = 0,381$ ). Temuan ini menunjukkan bahwa variasi respons awal terhadap penggunaan VR tidak berimplikasi signifikan terhadap capaian hasil belajar pada akhir intervensi.

### **Analisis Subkelompok Berdasarkan Gaya Belajar**

Analisis subkelompok selanjutnya dilakukan untuk mengidentifikasi perbedaan peningkatan hasil belajar berdasarkan kecenderungan gaya belajar siswa dalam kelompok eksperimen. Hasil analisis menunjukkan bahwa siswa dengan kecenderungan visual learning style mengalami peningkatan keterampilan psikomotorik yang lebih besar dibandingkan siswa dengan kecenderungan auditory maupun kinesthetic learning style. Ukuran efek peningkatan pada siswa dengan gaya belajar visual menunjukkan nilai Cohen's  $d = 2,15$ , sedangkan siswa dengan gaya belajar auditorial menunjukkan Cohen's  $d = 1,68$ , dan siswa dengan gaya belajar kinestetik menunjukkan Cohen's  $d = 1,82$ . Perbedaan besaran efek ini menunjukkan adanya variasi tingkat respons terhadap pembelajaran berbasis VR berdasarkan karakteristik individual siswa.

### **Variabilitas Gain Score**

Selain perbedaan rerata peningkatan, analisis variabilitas gain score menunjukkan bahwa kelompok eksperimen memiliki sebaran skor peningkatan yang lebih homogen dibandingkan kelompok kontrol, khususnya pada variabel keterampilan psikomotorik. Nilai simpangan baku gain score pada kelompok eksperimen tercatat lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol, yang mengindikasikan bahwa pembelajaran berbasis VR menghasilkan peningkatan keterampilan yang relatif konsisten di antara siswa. Sebaliknya, kelompok kontrol menunjukkan variasi peningkatan yang lebih besar, dengan selisih capaian antarsiswa yang lebih lebar.

## **Pembahasan**

### **Temuan Utama dan Interpretasi**

Temuan utama penelitian ini mengonfirmasi hipotesis bahwa pembelajaran berbasis Virtual Reality secara signifikan lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional dalam meningkatkan penguasaan teknik dasar olahraga pada siswa Generasi Z. Efektivitas tersebut tercermin secara konsisten pada ketiga outcome pembelajaran yang diukur, yaitu keterampilan psikomotorik, pemahaman kognitif, dan motivasi belajar, dengan ukuran efek yang tergolong besar hingga sangat besar. Besarnya effect size pada aspek

psikomotorik (Cohen's  $d = 1,92$ ) menunjukkan bahwa intervensi berbasis VR tidak hanya menghasilkan perbedaan yang signifikan secara statistik, tetapi juga bermakna secara praktis dalam konteks pendidikan jasmani. Temuan ini memperkuat argumen bahwa pendekatan pembelajaran yang selaras dengan karakteristik digital native learners memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran keterampilan gerak secara substansial (Seemiller & Grace, 2016).

Keunggulan pembelajaran berbasis VR yang ditunjukkan dalam penelitian ini juga konsisten dengan temuan studi-studi sebelumnya yang melaporkan dampak positif teknologi imersif terhadap pembelajaran keterampilan motorik dan motivasi belajar. Namun, berbeda dengan sebagian besar penelitian terdahulu yang berfokus pada atlet profesional atau konteks negara maju, penelitian ini memperluas bukti empiris ke ranah pendidikan jasmani tingkat menengah di negara berkembang. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya mengonfirmasi efektivitas VR secara umum, tetapi juga menunjukkan relevansinya dalam konteks pembelajaran formal dengan keterbatasan infrastruktur dan rasio guru-siswa yang tinggi, sebagaimana umum ditemukan di sekolah menengah di Indonesia (Webster & Mertens, 2022). Bagian pembahasan dalam artikel ilmiah merupakan ruang penting di mana peneliti menafsirkan hasil dan menjelaskan maknanya dalam konteks yang lebih luas. Di sinilah hubungan antara data dan teori dibangun, temuan diposisikan dalam lanskap pengetahuan yang sudah ada, serta kontribusi unik penelitian diartikulasikan. Diskusi berperan sebagai penghubung antara fakta empiris dan gagasan konseptual, serta menjadi wadah bagi peneliti untuk menunjukkan implikasi, mengakui keterbatasan, dan membuka peluang eksplorasi lanjutan.

### **Mekanisme Peningkatan Keterampilan Psikomotorik**

Keunggulan pembelajaran berbasis VR dalam meningkatkan keterampilan psikomotorik dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme pembelajaran yang saling terkait. Pertama, VR menyediakan lingkungan embodied learning yang memungkinkan siswa melakukan simulasi gerakan secara berulang dalam kondisi yang aman dan terkontrol. Dalam kerangka Motor Learning Theory, Schmidt dan Lee (2019) menekankan bahwa pembelajaran keterampilan motorik yang efektif bergantung pada praktik berulang yang bervariasi serta umpan balik yang konsisten untuk membentuk dan memperkuat motor schema. Lingkungan VR dalam penelitian ini memungkinkan siswa melakukan jumlah repetisi yang lebih tinggi dibandingkan pembelajaran konvensional, sekaligus mengurangi hambatan fisik seperti kelelahan dan risiko cedera, sehingga mendukung proses pembentukan keterampilan motorik secara optimal.

Kedua, sistem umpan balik visual real-time yang terintegrasi dalam aplikasi VR berperan penting dalam mempercepat proses error detection dan error correction. Umpan balik visual berupa penanda gerakan yang benar dan koreksi kesalahan secara langsung memungkinkan siswa membandingkan performa aktual dengan model ideal secara simultan. Mekanisme ini sejalan dengan prinsip augmented feedback dalam pembelajaran motorik, yang terbukti lebih efektif dibandingkan umpan balik verbal semata, terutama pada pembelajaran pemula (Schmidt & Lee, 2019). Dalam konteks pembelajaran konvensional, keterbatasan waktu dan rasio guru-siswa yang tinggi sering kali membatasi intensitas dan ketepatan umpan balik individual, sehingga menghambat proses perbaikan gerakan secara berkelanjutan.

Ketiga, karakter imersif dari teknologi VR berkontribusi pada peningkatan fokus dan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran. Lingkungan virtual yang imersif memungkinkan siswa memusatkan perhatian pada tugas gerak tanpa distraksi eksternal, yang berperan penting dalam pembelajaran keterampilan motorik kompleks. Temuan ini selaras dengan penelitian neurokognitif yang menunjukkan bahwa pengalaman imersif dalam VR dapat mengaktifkan jalur saraf yang serupa dengan pengalaman fisik aktual, sehingga mendukung proses transfer of learning dari lingkungan virtual ke situasi nyata (Chang et al., 2023). Dalam penelitian ini, kemampuan sebagian besar siswa kelompok eksperimen untuk menerapkan

teknik shooting yang dipelajari dalam VR ke kondisi lapangan sesungguhnya mengindikasikan bahwa proses transfer keterampilan terjadi secara efektif.

### **Peningkatan Pemahaman Kognitif**

Peningkatan pemahaman kognitif yang signifikan pada kelompok eksperimen dapat dipahami melalui kemampuan teknologi Virtual Reality dalam menyajikan informasi gerak secara multimodal dan multi-perspektif. Berbeda dengan pembelajaran konvensional yang umumnya mengandalkan demonstrasi tunggal dan penjelasan verbal, VR memungkinkan siswa mengamati teknik gerakan dari berbagai sudut pandang, memperlambat atau mengulang gerakan tertentu, serta memvisualisasikan aspek biomekanik yang sulit diamati secara langsung, seperti distribusi berat badan dan sudut persendian. Fitur-fitur ini mendukung pembentukan mental model yang lebih akurat dan terintegrasi mengenai teknik gerakan.

Temuan ini sejalan dengan Cognitive Theory of Multimedia Learning yang dikemukakan oleh Mayer (2021), yang menyatakan bahwa pembelajaran akan lebih efektif ketika informasi disajikan melalui kombinasi representasi visual dan verbal yang saling melengkapi. Dalam konteks VR, prinsip dual-channel processing dan active processing memungkinkan siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga memanipulasi dan mengeksplorasi representasi gerakan secara aktif. Dengan demikian, peningkatan pemahaman kognitif yang ditemukan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa VR berfungsi sebagai medium pembelajaran yang mendukung integrasi persepsi visual, pengetahuan konseptual, dan pemahaman prosedural secara simultan.

### **Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya**

Kontekstualisasi hasil penelitian ini dengan literatur yang ada menunjukkan konsistensi sekaligus perbedaan penting dengan studi-studi sebelumnya. Penelitian oleh Chang et al. (2023) mengenai penggunaan VR dalam pembelajaran keterampilan motorik pada atlet muda di Taiwan melaporkan ukuran efek yang besar untuk peningkatan keterampilan teknis (Cohen's  $d = 1,78$ ), yang mendekati temuan penelitian ini (Cohen's  $d = 1,92$ ). Kesamaan ini mengindikasikan bahwa VR memiliki potensi kuat sebagai media pembelajaran keterampilan motorik lintas konteks dan populasi. Namun, terdapat perbedaan metodologis yang signifikan antara kedua penelitian tersebut. Chang et al. (2023) menerapkan intervensi selama delapan minggu dengan frekuensi lima sesi per minggu, sedangkan penelitian ini menggunakan periode intervensi yang lebih singkat, yaitu enam minggu dengan frekuensi tiga sesi per minggu. Meskipun total durasi paparan lebih rendah, penelitian ini tetap menghasilkan ukuran efek yang sangat besar, yang menunjukkan efisiensi pembelajaran berbasis VR dalam konteks kurikulum sekolah reguler yang memiliki keterbatasan waktu.

Dari sisi kontekstual, penelitian Chang et al. (2023) dilakukan dalam lingkungan klub olahraga dengan infrastruktur teknologi yang sangat memadai dan partisipan yang telah terbiasa menggunakan teknologi canggih. Sebaliknya, penelitian ini mengeksplorasi konteks pendidikan formal di Indonesia, di mana ketersediaan infrastruktur teknologi sekolah relatif beragam. Temuan bahwa sebagian besar siswa mampu beradaptasi dengan teknologi VR setelah dua hingga tiga sesi awal menunjukkan bahwa karakteristik Generasi Z sebagai digital native learners memungkinkan adopsi teknologi pembelajaran baru, bahkan dalam setting dengan keterbatasan fasilitas. Hal ini memperluas pemahaman tentang kesiapan teknologi peserta didik di negara berkembang, yang sering kali diasumsikan lebih rendah dibandingkan konteks negara maju.

Perbedaan fokus aplikasi juga terlihat ketika dibandingkan dengan studi Kim dan Park (2024) yang meneliti penggunaan VR pada atlet profesional di Korea Selatan. Studi tersebut menemukan bahwa VR berfungsi terutama sebagai supplementary tool untuk penyempurnaan teknik lanjutan (fine-tuning advanced skills), dengan ukuran efek yang tergolong moderat (Cohen's  $d = 0,98$ ). Sebaliknya, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa VR dapat berfungsi secara efektif sebagai primary instructional medium

dalam pembelajaran teknik dasar olahraga, dengan ukuran efek yang jauh lebih besar. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa efektivitas VR cenderung lebih menonjol pada tahap pembelajaran fundamental dibandingkan pada tahap penyempurnaan keterampilan tingkat lanjut, yang telah memiliki pola gerak yang relatif stabil.

Kontribusi unik penelitian ini terletak pada konteks penerapannya dalam pendidikan formal dengan partisipan siswa reguler, bukan atlet atau anggota klub olahraga. Pendekatan ini memberikan validitas ekologis yang lebih tinggi terhadap implementasi VR dalam kurikulum pendidikan jasmani sekolah. Selain itu, pengukuran tiga dimensi outcome pembelajaran—psikomotorik, kognitif, dan motivasi—secara simultan memungkinkan pemahaman yang lebih holistik mengenai dampak pembelajaran berbasis VR, melampaui kecenderungan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada satu atau dua aspek hasil belajar.

### **Implikasi Teoretis**

Dari perspektif teoretis, temuan penelitian ini memperkuat dan memperluas kerangka embodied cognition dalam konteks pembelajaran berbasis teknologi imersif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simulasi gerakan dalam lingkungan virtual tidak hanya berperan sebagai representasi visual, tetapi juga mengaktifkan motor imagery dan procedural memory yang mendukung pembelajaran keterampilan fisik. Temuan ini memberikan dukungan empiris terhadap prinsip learning by doing, yang dalam konteks VR dapat terjadi meskipun interaksi dilakukan dalam lingkungan virtual, bukan fisik sepenuhnya (Schmidt & Lee, 2019; Chang et al., 2023).

Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi terhadap pengembangan Technology Acceptance Model (TAM) dalam konteks pendidikan jasmani. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persepsi kegunaan (perceived usefulness) dan kemudahan penggunaan (perceived ease of use) teknologi VR berperan penting dalam meningkatkan motivasi belajar siswa, yang pada gilirannya berkorelasi dengan peningkatan outcome pembelajaran. Dengan demikian, temuan ini memperluas aplikasi TAM ke domain pembelajaran keterampilan psikomotorik, yang selama ini relatif kurang dieksplorasi dalam literatur teknologi pendidikan.

### **Implikasi Praktis**

Temuan penelitian ini memiliki implikasi praktis yang signifikan bagi transformasi pembelajaran pendidikan jasmani di era digital, khususnya dalam merespons karakteristik siswa Generasi Z sebagai digital native learners. Bagi guru pendidikan jasmani, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi Virtual Reality dapat diintegrasikan secara efektif sebagai pelengkap pembelajaran konvensional, terutama pada fase kognitif dan asosiatif dalam pembelajaran keterampilan motorik. Penggunaan VR sebagai media demonstrasi teknik dan analisis gerakan memungkinkan siswa membangun pemahaman awal yang kuat sebelum melanjutkan ke praktik fisik di lapangan. Pendekatan kombinatif ini sejalan dengan prinsip pembelajaran motorik yang menekankan transisi bertahap dari pemahaman konseptual menuju otomatisasi gerakan (Schmidt & Lee, 2019). Selain itu, guru perlu mengembangkan kompetensi pedagogis-digital untuk merancang lesson plan yang mengintegrasikan VR secara bermakna, termasuk pemanfaatan data performa yang dihasilkan sistem VR untuk memberikan umpan balik individual yang lebih objektif dan terpersonalisasi.

Dari perspektif pengembangan kurikulum, hasil penelitian ini mengindikasikan perlunya penyesuaian kurikulum pendidikan jasmani agar lebih adaptif terhadap perkembangan teknologi pembelajaran. Integrasi VR tidak dimaksudkan untuk menggantikan praktik fisik, melainkan untuk memperkaya proses pembelajaran dengan alokasi waktu khusus bagi aktivitas berbasis teknologi yang mendukung pemahaman teknik dan prinsip gerak. Kurikulum juga perlu memasukkan standar kompetensi literasi digital bagi guru pendidikan jasmani, yang mencakup kemampuan mengoperasikan teknologi imersif dan

mengintegrasikannya ke dalam strategi pembelajaran. Selain itu, sistem penilaian pembelajaran jasmani perlu diperluas agar tidak hanya berfokus pada performa fisik, tetapi juga pada pemahaman kognitif mengenai prinsip biomekanik dan taktik permainan yang dapat dikembangkan melalui media VR.

Implikasi praktis lainnya berkaitan dengan aspek implementasi dan infrastruktur. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan VR dalam pembelajaran jasmani memerlukan perencanaan infrastruktur yang realistik dan bertahap. Rasio perangkat VR terhadap siswa sebesar 1:2 memungkinkan rotasi penggunaan yang efektif dan meminimalkan waktu tunggu, namun model ini perlu disesuaikan dengan kapasitas dan anggaran masing-masing sekolah. Sekolah juga perlu menyiapkan ruang khusus untuk pembelajaran VR dengan tata ruang yang memadai dan sistem ventilasi yang baik guna mengurangi risiko ketidaknyamanan fisik seperti motion sickness. Selain itu, pengembangan prosedur operasional standar termasuk protokol sanitasi dan pemeliharaan perangkat menjadi faktor penting untuk menjamin keberlanjutan implementasi teknologi ini dalam jangka panjang.

Pada level kebijakan, temuan penelitian ini memberikan dasar empiris bagi pengambil kebijakan pendidikan untuk mempertimbangkan integrasi teknologi imersif dalam program digitalisasi pendidikan. Pendekatan yang disarankan adalah implementasi bertahap melalui sekolah percontohan (pilot projects), disertai dengan penyusunan panduan nasional yang fleksibel dan dapat disesuaikan dengan kondisi lokal sekolah. Program pelatihan guru, baik pre-service maupun in-service training, juga perlu dirancang secara sistematis untuk membekali guru pendidikan jasmani dengan kompetensi pedagogis dan teknologis yang relevan dengan pembelajaran berbasis VR.

Bagi pengembang konten edukatif, hasil penelitian ini menekankan pentingnya desain aplikasi VR yang user-friendly dan berorientasi pedagogis. Antarmuka yang intuitif, penyediaan tingkat kesulitan yang bertahap, serta opsi kustomisasi konten menjadi elemen kunci untuk mengakomodasi variasi kemampuan dan kebutuhan belajar siswa. Sistem umpan balik dalam aplikasi VR perlu dirancang tidak hanya untuk menunjukkan kesalahan, tetapi juga memberikan panduan perbaikan yang bersifat instruksional. Selain itu, penyediaan berbagai mode representasi visual, auditori, dan kinestetik menjadi penting untuk mengakomodasi perbedaan gaya belajar siswa dan memaksimalkan efektivitas pembelajaran.

### **Keterbatasan Penelitian**

Meskipun penelitian ini memberikan kontribusi empiris yang signifikan, sejumlah keterbatasan perlu diakui sebagai bagian dari kejajaran ilmiah. Pertama, fokus penelitian ini terbatas pada satu jenis keterampilan olahraga, yaitu teknik shooting dalam permainan bola basket. Oleh karena itu, generalisasi temuan ke keterampilan olahraga lain terutama yang melibatkan kontak fisik, koordinasi tim yang kompleks, atau dinamika permainan yang berbeda perlu dilakukan dengan kehati-hatian dan memerlukan penelitian lanjutan.

Kedua, durasi intervensi selama enam minggu mungkin belum cukup untuk mengevaluasi retensi jangka panjang dari pembelajaran berbasis VR. Literatur pembelajaran motorik menunjukkan bahwa penguasaan keterampilan yang stabil dan berkelanjutan memerlukan periode latihan yang lebih panjang serta evaluasi retention dan transfer dalam jangka waktu yang lebih luas (Schmidt & Lee, 2019). Ketiga, penelitian ini dilakukan dalam kondisi yang relatif terkontrol dengan rasio perangkat VR terhadap siswa yang ideal, yang mungkin sulit direplikasi secara langsung di sekolah-sekolah dengan keterbatasan anggaran dan fasilitas.

Keempat, tidak adanya pengukuran tindak lanjut (follow-up measurement) membatasi pemahaman mengenai keberlanjutan efek pembelajaran dan transfer keterampilan ke situasi permainan yang lebih autentik atau kompetitif. Kelima, penelitian ini belum mengeksplorasi secara mendalam aspek afektif lain seperti self-efficacy, kecemasan, dan interaksi sosial, yang berpotensi dipengaruhi oleh penggunaan teknologi VR dalam pembelajaran jasmani. Aspek-aspek tersebut menjadi peluang penting bagi penelitian

selanjutnya untuk memperluas pemahaman mengenai dampak holistik pembelajaran berbasis teknologi imersif.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa pembelajaran berbasis Virtual Reality terbukti secara empiris lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional dalam meningkatkan penguasaan teknik dasar olahraga pada siswa Generasi Z di tingkat pendidikan menengah. Peningkatan yang signifikan pada aspek psikomotorik, pemahaman kognitif, dan motivasi belajar menunjukkan bahwa teknologi VR mampu berfungsi sebagai media pembelajaran yang tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga selaras dengan prinsip-prinsip pembelajaran motorik dan karakteristik digital native learners. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi teknologi imersif dapat memberikan dampak pembelajaran yang bermakna secara praktis, bahkan dalam konteks sekolah formal dengan keterbatasan waktu, rasio guru-siswa yang tinggi, dan infrastruktur teknologi yang beragam.

Secara teoretis, penelitian ini memperkuat kerangka motor learning and embodied cognition dengan menunjukkan bahwa simulasi gerakan dalam lingkungan virtual dapat mendukung pembentukan keterampilan fisik melalui mekanisme praktik berulang, umpan balik visual real-time, dan transfer pembelajaran ke situasi nyata. Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan dasar berbasis bukti bagi guru, pengembang kurikulum, dan pembuat kebijakan untuk mengintegrasikan Virtual Reality sebagai pelengkap strategis pembelajaran pendidikan jasmani, bukan sebagai pengganti praktik fisik. Meskipun demikian, generalisasi temuan ini tetap perlu dilakukan secara hati-hati mengingat keterbatasan ruang lingkup keterampilan yang diteliti dan durasi intervensi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi penerapan VR pada berbagai jenis keterampilan olahraga, mengkaji retensi jangka panjang dan transfer keterampilan, serta memperluas pengukuran pada aspek afektif dan sosial guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai peran teknologi imersif dalam pendidikan jasmani.

#### 5. REFERENSI

- Chang, Y. H., Lin, C. Y., & Hsu, T. L. (2023). Virtual reality-based motor learning and embodied cognition: Neural evidence from immersive training environments. *Computers & Education*, 195, 104684. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104684>
- Kemendikbudristek. (2023). Laporan nasional partisipasi pembelajaran pendidikan jasmani jenjang SMA. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Kim, J., & Park, S. H. (2024). Skill transfer from virtual reality training to real-world athletic performance: Evidence from elite athletes. *Journal of Sports Sciences*, 42(3), 215–227. <https://doi.org/10.1080/02640414.2023.2284519>
- Rodriguez, L. M., & Chen, Y. C. (2023). Virtual reality-supported physical education and students' intrinsic motivation: Evidence from secondary schools. *Journal of Teaching in Physical Education*, 42(2), 214–226. <https://doi.org/10.1123/jtpe.2022-0148>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective. Academic Press.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2019). Motor learning and performance: From principles to application (6th ed.). Human Kinetics.
- Tanaka, H., Saito, K., & Nakamura, T. (2024). Learning movement techniques through virtual reality simulations in secondary physical education. *Asia-Pacific Journal of Education*, 44(1), 98–114. <https://doi.org/10.1080/02188791.2023.2261145>

- Webster, K. E., & Mertens, M. J. (2022). Effectiveness of virtual reality-based motor skill training: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 34(4), 1951–1978. <https://doi.org/10.1007/s10648-022-09664-3>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage Publications.
- Dusenbury, L., Brannigan, R., Falco, M., & Hansen, W. B. (2003). A review of research on fidelity of implementation: Implications for drug abuse prevention in school settings. *Health Education Research*, 18(2), 237–256. <https://doi.org/10.1093/her/18.2.237>
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). Sage Publications.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2019). *How to design and evaluate research in education* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- Keller, J. M. (2010). *Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach*. Springer.
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563–575. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x>
- Seemiller, C., & Grace, M. (2016). *Generation Z goes to college*. Jossey-Bass.
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin.
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, 74. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Chang, Y. H., Lin, C. Y., & Hsu, T. L. (2023). Virtual reality-based motor learning and embodied cognition: Neural evidence from immersive training environments. *Computers & Education*, 195, 104684. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104684>
- Kim, J., & Park, S. H. (2024). Skill transfer from virtual reality training to real-world athletic performance: Evidence from elite athletes. *Journal of Sports Sciences*, 42(3), 215–227. <https://doi.org/10.1080/02640414.2023.2284519>
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2019). *Motor learning and performance: From principles to application* (6th ed.). Human Kinetics.
- Seemiller, C., & Grace, M. (2016). *Generation Z goes to college*. Jossey-Bass.
- Webster, K. E., & Mertens, M. J. (2022). Effectiveness of virtual reality-based motor skill training: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 34(4), 1951–1978. <https://doi.org/10.1007/s10648-022-09664-3>