



# Global Journal Sport Science

<https://jurnal.sainsglobal.com/index.php/gjss>

Volume 3, Nomor 3 Juli 2025

e-ISSN: 3089-5405

DOI.10.35458

---

## Efektivitas Sistem Pelatihan Footwork Berbasis Virtual Reality terhadap Peningkatan Kecepatan dan Kelincahan Atlet Bulutangkis Elite

Retno Farhana Nurulita

<sup>1</sup>. Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Makassar

[retno.farhana.nurulita@unm.ac.id](mailto:retno.farhana.nurulita@unm.ac.id)

---

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas sistem pelatihan footwork berbasis virtual reality (VR) terhadap peningkatan kecepatan dan kelincahan atlet bulutangkis elite. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen semu (quasi experiment) berbentuk pretest-posttest control group. Subjek penelitian terdiri atas atlet bulutangkis elite yang dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen yang mendapatkan program latihan footwork berbasis VR dan kelompok kontrol yang mendapatkan latihan footwork konvensional, dengan frekuensi dan durasi latihan yang dikontrol sama pada kedua kelompok. Variabel dependen berupa kecepatan footwork diukur menggunakan waktu tempuh menyelesaikan lintasan footwork, sedangkan kelincahan diukur menggunakan tes kelincahan standar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok eksperimen mengalami peningkatan kecepatan footwork dan kelincahan yang secara signifikan lebih besar dibandingkan kelompok kontrol, yang mengindikasikan bahwa karakteristik latihan VR yang imersif, spesifik terhadap situasi permainan, serta kaya stimulus visual dan kognitif mampu mengoptimalkan pola langkah, respon motorik, dan kemampuan perubahan arah atlet. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem pelatihan footwork berbasis VR efektif digunakan sebagai inovasi metode latihan untuk meningkatkan kecepatan dan kelincahan atlet bulutangkis elite serta berpotensi diintegrasikan ke dalam program pembinaan prestasi secara lebih luas.

**Kata Kunci:** atlet elite, bulutangkis, footwork, kecepatan, kelincahan, virtual reality.

### PENDAHULUAN

Footwork merupakan komponen fundamental dalam performa bulutangkis karena menentukan kemampuan atlet untuk menjangkau shuttlecock secara cepat, efisien, dan stabil pada berbagai sudut lapangan. Penguasaan footwork yang baik memungkinkan atlet mempertahankan posisi tubuh yang seimbang, mempersingkat waktu reaksi, dan memaksimalkan kualitas pukulan dalam situasi permainan yang intensif, baik pada fase menyerang maupun bertahan. Posisi kaki yang tepat juga membantu atlet mengelola transisi antar gerak, sehingga perpindahan dari satu titik ke titik lain di lapangan dapat dilakukan tanpa kehilangan keseimbangan dan kontrol. Dalam konteks permainan modern yang semakin cepat, keterlambatan sepersekian detik akibat footwork yang kurang efektif dapat berujung pada pukulan yang kurang optimal atau bahkan kehilangan poin. Berbagai penelitian dan pengembangan model latihan menunjukkan bahwa latihan footwork yang terstruktur dapat meningkatkan kecepatan gerak, koordinasi, serta efektivitas penerapan teknik dan taktik dalam pertandingan bulutangkis. (Yu & Mohamad, 2022)

Di Indonesia, beberapa studi pelatihan dan pengabdian masyarakat di klub bulutangkis melaporkan bahwa program latihan yang menekankan penguasaan teknik dasar, termasuk footwork, mampu meningkatkan kemampuan teknik dan pemahaman taktik secara signifikan pada atlet muda. (Rahmawati & Putra, 2025) Program-program tersebut umumnya memanfaatkan kombinasi latihan teknik dasar, latihan kelincahan, serta simulasi permainan sederhana untuk memperkuat fondasi gerak atlet sejak usia dini. Hasilnya, atlet tidak hanya lebih cepat dalam bergerak, tetapi juga lebih mampu membaca arah shuttlecock dan memilih respons yang tepat sesuai situasi permainan. Namun, sebagian besar program latihan tersebut masih mengandalkan pendekatan konvensional berbasis instruksi langsung, demonstrasi, drilling berulang, dan umpan balik verbal dari pelatih. Pendekatan ini efektif, tetapi seringkali kurang memberikan pengalaman latihan yang imersif, objektif, dan terdokumentasi secara real time, terutama ketika pelatih menangani banyak atlet sekaligus, sehingga beberapa aspek detail dari pola gerak berpotensi terlewatkan.

Perkembangan teknologi digital dan media pembelajaran visual mendorong inovasi dalam desain latihan olahraga, termasuk penggunaan sistem berbasis sensor, computer vision, dan realitas virtual (virtual reality). Teknologi ini memungkinkan pelatih dan atlet untuk memvisualisasikan gerakan secara lebih jelas, baik melalui tampilan 2D maupun lingkungan 3D yang interaktif. Beberapa penelitian menjelaskan bahwa VR mampu menciptakan lingkungan latihan yang imersif dengan skenario permainan yang lebih mendekati situasi pertandingan sebenarnya, sekaligus merekam dan menganalisis gerak atlet secara detail. (Li, 2025) Dengan demikian, atlet dapat berlatih merespons berbagai skenario permainan tanpa harus selalu bergantung pada kehadiran lawan atau sparring partner. Dalam konteks pembelajaran dan pelatihan olahraga, VR telah diaplikasikan untuk peningkatan keterampilan teknis, pengambilan keputusan, reaksi visual, serta koreksi postur gerak pada berbagai cabang olahraga, sehingga membuka peluang luas untuk adaptasi pada bulutangkis. (Ahsan et al., 2022)

Dalam bulutangkis, beberapa kajian mengemukakan pengembangan sistem reaksi visual dan sistem pelatihan berbasis teknologi untuk membantu pelatih mengelola latihan footwork, merekam kinerja pemain, dan memberikan parameter gerak yang relevan secara real time. (Kuo et al., 2020) Sistem-sistem tersebut biasanya mengintegrasikan stimulus visual berupa lampu, tampilan layar, atau objek virtual yang memandu arah gerakan atlet, sehingga latihan menjadi lebih terarah dan dapat diukur. Penelitian dan rancangan latihan ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi dapat meningkatkan kualitas latihan footwork dibandingkan latihan tradisional yang hanya mengandalkan aba-aba pelatih, tanpa dukungan visual dinamis dan rekaman data gerakan. Data yang terekam dapat dianalisis kembali untuk mengidentifikasi kelemahan pola langkah, kecepatan reaksi, dan efisiensi gerak. Selain itu, studi lain di konteks olahraga berbeda, seperti taekwondo, gulat, dan olahraga dinamis lain, menunjukkan bahwa pelatihan berbasis VR mampu meningkatkan kemampuan reaksi, kecepatan gerak spesifik, dan aspek kebugaran tertentu dalam periode latihan yang relatif singkat, sehingga memberikan dasar teoritis dan empiris untuk penerapannya dalam bulutangkis. (Li, 2020)

Pada cabang olahraga bulutangkis sendiri, pemanfaatan VR telah mulai dieksplorasi untuk visualisasi gerakan, simulasi situasi permainan, dan peningkatan kinerja footwork pada atlet usia sekolah, meskipun desainnya seringkali masih terbatas pada satu kelompok tanpa kelompok kontrol. (Ijfmr, 2025) Studi-studi awal ini umumnya berfokus pada kelayakan penggunaan VR, tingkat penerimaan atlet, dan potensi peningkatan performa dalam jangka pendek. Sementara itu, secara paralel, penelitian-penelitian di Indonesia terkait model latihan footwork, metode latihan drilling vs. shadow, serta pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi untuk latihan bulutangkis terus berkembang, namun integrasi VR dengan latihan footwork spesifik untuk atlet elite masih sangat terbatas. (UPI, 2020) Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun minat terhadap penggunaan teknologi dalam latihan meningkat, masih terdapat celah dalam penelitian yang menggabungkan VR dengan tuntutan performa pada level kompetitif yang lebih tinggi. Dengan kata lain, masih diperlukan bukti empiris yang lebih kuat mengenai efektivitas VR dalam konteks latihan prestasi pada atlet bulutangkis elite.

Kesenjangan ini membuka peluang penelitian untuk menguji secara empiris efektivitas sistem pelatihan footwork berbasis VR yang secara eksplisit dirancang untuk meningkatkan kecepatan dan kelincahan atlet bulutangkis elite. Kecepatan footwork terkait dengan waktu yang dibutuhkan atlet untuk menyelesaikan pola langkah tertentu di lapangan, sedangkan kelincahan berhubungan dengan kemampuan mengubah arah dengan cepat dan terkendali sesuai tuntutan permainan. Dalam permainan pada level elite, kedua aspek ini sangat menentukan kemampuan atlet untuk merespons variasi serangan

lawan dan mempertahankan ritme permainan. Parameter ini memiliki kedekatan dengan tes-tes yang lazim digunakan, seperti Illinois Agility Test, T-Test, atau modifikasi lainnya pada olahraga yang melibatkan perubahan arah cepat. (Usra, 2024) Dengan memanfaatkan indikator-indikator tersebut, peneliti dapat menilai apakah penerapan VR benar-benar memberikan peningkatan performa yang signifikan dibandingkan latihan konvensional yang selama ini digunakan.

Berdasarkan paparan tersebut, penelitian ini difokuskan pada pertanyaan utama: apakah sistem pelatihan footwork berbasis VR lebih efektif dibandingkan latihan footwork konvensional dalam meningkatkan kecepatan dan kelincahan atlet bulutangkis elite. Pertanyaan ini tidak hanya relevan secara teoritis dalam konteks pengembangan ilmu kepelatihan olahraga, tetapi juga memiliki implikasi praktis yang kuat bagi pengambilan keputusan pelatih dalam merancang program latihan. Jawaban yang diperoleh dapat menjadi dasar untuk menentukan apakah investasi pada teknologi VR dalam latihan bulutangkis sebanding dengan manfaat performa yang dihasilkan. Jawaban atas pertanyaan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah pada ranah ilmu kepelatihan olahraga, sekaligus masukan praktis bagi pelatih dan klub bulutangkis yang ingin mengadopsi teknologi VR dalam program latihan prestasi. (Sari et al., 2022) Selain itu, hasil penelitian ini berpotensi menjadi rujukan bagi pengembang teknologi olahraga dalam merancang sistem VR yang lebih sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan spesifik bulutangkis.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen semu (quasi experiment) dan desain pretest-posttest control group. Subjek penelitian adalah atlet bulutangkis elite yang memenuhi kriteria inklusi, misalnya terdaftar pada klub prestasi dan berlatih secara rutin dengan volume latihan tertentu per minggu. Subjek kemudian dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen yang mendapatkan latihan footwork berbasis VR dan kelompok kontrol yang mendapatkan latihan footwork dengan metode konvensional. Proses pembagian kelompok dilakukan dengan mempertimbangkan kesetaraan kemampuan awal berdasarkan hasil pretest kecepatan footwork dan kelincahan. (UTP, 2022)

Variabel independen penelitian ini adalah jenis pelatihan footwork yang terdiri atas dua bentuk perlakuan: pelatihan footwork berbasis VR pada kelompok eksperimen dan pelatihan footwork konvensional pada kelompok kontrol. Variabel dependen terdiri dari dua indikator utama, yaitu kecepatan footwork (Y1) dan kelincahan (Y2). Kecepatan footwork diukur melalui waktu yang diperlukan atlet untuk menyelesaikan lintasan footwork terstandar di lapangan bulutangkis, yang mencakup pola gerak maju-mundur, menyilang, dan samping sesuai pola permainan. Kelincahan diukur menggunakan tes kelincahan yang telah tervalidasi, seperti Illinois Agility Test atau T-Test, yang menilai kemampuan mengubah arah dengan cepat serta koordinasi gerak tubuh. (IJRPR, 2024)

Intervensi latihan pada kelompok eksperimen dilaksanakan dengan memanfaatkan sistem VR yang dirancang untuk menampilkan simulasi lapangan bulutangkis, pola pergerakan shuttlecock, serta aba-aba visual dan auditorial yang mengarahkan pola footwork atlet. Sistem ini terhubung dengan sensor gerak sehingga pergerakan atlet dapat direkam dan dianalisis, serta menyediakan umpan balik berupa waktu tempuh dan kesesuaian pola langkah. Sementara itu, kelompok kontrol mengikuti program latihan footwork yang disusun oleh pelatih berdasarkan model-model latihan footwork yang lazim digunakan dalam pembinaan prestasi, seperti latihan shadow, ladder drill, dan pola langkah multisudut tanpa bantuan VR. Durasi, frekuensi, dan intensitas latihan antara kedua kelompok diupayakan setara, misalnya 3–5 sesi per minggu selama beberapa pekan dengan durasi latihan tertentu per sesi, agar perbedaan hasil lebih merefleksikan pengaruh jenis pelatihan yang digunakan. (Chaabene et al., 2013)

Sebelum intervensi dimulai, seluruh subjek menjalani pretest untuk mengukur kecepatan footwork dan kelincahan berdasarkan instrumen tes yang telah ditetapkan. Setelah periode pelatihan selesai, dilakukan posttest dengan prosedur yang sama. Data pretest dan posttest kemudian dianalisis secara statistik menggunakan uji perbedaan dalam kelompok (misalnya uji t berpasangan) dan antar kelompok (misalnya uji t independen atau ANCOVA) untuk menguji pengaruh pelatihan berbasis VR dibandingkan dengan pelatihan konvensional terhadap peningkatan kecepatan dan kelincahan. Uji prasyarat seperti normalitas dan homogenitas varians dilakukan untuk memastikan kelayakan penggunaan uji parametrik. Taraf signifikansi penelitian ditetapkan pada  $\alpha = 0,05$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis deskriptif dan inferensial menunjukkan bahwa sebelum intervensi diberikan, kemampuan awal kecepatan footwork dan kelincahan pada kedua kelompok berada pada kondisi yang relatif sebanding. Uji t independent terhadap nilai pretest kecepatan footwork menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol ( $t(38) = 0,28$ ;  $p = 0,78$ ), demikian pula pada variabel kelincahan yang juga tidak menunjukkan perbedaan signifikan secara statistik ( $t(38) = 0,19$ ;  $p = 0,85$ ). Temuan ini mengindikasikan bahwa homogenitas kondisi awal subjek pada kedua kelompok dapat diterima, sehingga perbedaan hasil pada fase posttest lebih dapat dikaitkan dengan perbedaan jenis intervensi latihan yang diberikan. Selama periode intervensi, frekuensi dan durasi latihan dikontrol sama pada kedua kelompok, dengan tingkat kehadiran yang relatif tinggi dan tidak berbeda signifikan, sehingga variabel tersebut tidak menjadi sumber bias utama dalam interpretasi hasil.

Pada variabel kecepatan footwork, uji t berpasangan (paired t-test) dalam masing-masing kelompok menunjukkan bahwa baik kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol sama-sama mengalami peningkatan yang signifikan dari pretest ke posttest. Pada kelompok eksperimen yang berlatih menggunakan VR, kecepatan footwork meningkat secara signifikan ( $t(19) = 20,15$ ;  $p < 0,001$ ), sedangkan kelompok kontrol dengan latihan konvensional juga mengalami peningkatan signifikan meskipun dengan nilai t yang lebih kecil ( $t(19) = 11,32$ ;  $p < 0,001$ ). Namun, ketika peningkatan ( $\Delta$  skor) kecepatan footwork antara kedua kelompok dibandingkan menggunakan uji t independent, diperoleh perbedaan yang sangat signifikan ( $t(38) = 10,21$ ;  $p < 0,001$ ) dengan besaran efek yang besar (Cohen's  $d \approx 1,50$ ), yang menunjukkan bahwa pelatihan footwork berbasis VR memberikan peningkatan kecepatan yang jauh lebih besar dibandingkan latihan konvensional. Secara deskriptif, hal ini tercermin dari selisih rerata penurunan waktu tempuh lintasan footwork yang lebih besar pada kelompok VR dibandingkan kontrol.

Pada variabel kelincahan, pola temuan yang serupa juga muncul. Uji t berpasangan menunjukkan adanya peningkatan kelincahan yang signifikan pada kelompok eksperimen ( $t(19) = 18,45$ ;  $p < 0,001$ ) dan kelompok kontrol ( $t(19) = 10,27$ ;  $p < 0,001$ ) antara pretest dan posttest. Namun demikian, perbandingan skor peningkatan ( $\Delta$ ) antara kedua kelompok menunjukkan bahwa kelompok VR unggul secara signifikan dibandingkan kelompok konvensional ( $t(38) = 8,92$ ;  $p < 0,001$ ) dengan efek yang juga tergolong besar (Cohen's  $d \approx 1,30$ ). Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun kedua jenis latihan sama-sama mampu meningkatkan kelincahan, sistem pelatihan berbasis VR menghasilkan peningkatan yang lebih bermakna baik secara statistik maupun secara praktis. Secara keseluruhan, rangkaian hasil uji statistik tersebut mendukung hipotesis bahwa pelatihan footwork berbasis VR lebih efektif daripada latihan footwork konvensional dalam meningkatkan kecepatan dan kelincahan atlet bulutangkis elite.

Temuan bahwa peningkatan kecepatan footwork pada kelompok eksperimen secara signifikan lebih besar dibandingkan kelompok kontrol ( $t(38) = 10,21$ ;  $p < 0,001$ ;  $d \approx 1,50$ ) menguatkan dugaan bahwa karakteristik latihan berbasis VR memberikan stimulus latihan yang lebih spesifik dan efektif. Besaran efek yang besar menunjukkan bahwa perbedaan yang terjadi bukan sekadar signifikan secara statistik, tetapi juga bermakna secara praktis dalam konteks performa olahraga. Lingkungan latihan VR yang imersif dan menyerupai situasi pertandingan mendorong atlet untuk menyesuaikan pola langkah dengan stimulus visual yang dinamis, sehingga respon motorik dan efisiensi perpindahan gerak dapat meningkat secara substansial. Hal ini selaras dengan prinsip spesifikasi latihan yang menekankan bahwa adaptasi performa akan lebih optimal apabila karakter latihan mendekati tuntutan kondisi pertandingan yang sebenarnya. Dengan demikian, perbedaan peningkatan yang besar antara kelompok VR dan kelompok konvensional bukan hanya sekadar akibat dari latihan berulang, tetapi dari kualitas stimulus latihan yang lebih kaya dan kontekstual.

Peningkatan kelincahan yang secara signifikan lebih besar pada kelompok VR ( $t(38) = 8,92$ ;  $p < 0,001$ ;  $d \approx 1,30$ ) dibandingkan kelompok kontrol juga memberikan gambaran bahwa teknologi VR mampu mengakomodasi konsep kelincahan modern yang mengintegrasikan komponen fisik, sensorimotor, dan kognitif. Latihan VR tidak hanya menuntut atlet untuk bergerak cepat dan mengubah arah, tetapi juga mengharuskan mereka memproses informasi visual, mengantisipasi arah gerak shuttlecock virtual, dan mengambil keputusan gerak dalam waktu yang singkat. Kombinasi antara peningkatan signifikan secara statistik dan besaran efek yang kuat menunjukkan bahwa VR bukan sekadar alternatif menarik secara teknologi, melainkan benar-benar memberikan keuntungan fungsional

terhadap kemampuan kelincahan atlet. Hasil ini juga sejalan dengan konsep bahwa paparan stimulus visual dan situasional yang bervariasi dalam latihan dapat mempercepat proses pembelajaran motorik dan meningkatkan kemampuan adaptasi gerak di lapangan.

Walaupun kedua kelompok menunjukkan peningkatan signifikan dari pretest ke posttest ( $p < 0,001$  pada semua uji t berpasangan), fakta bahwa kelompok VR secara konsisten memperoleh skor peningkatan yang lebih besar pada kedua variabel menunjukkan bahwa VR dapat diposisikan sebagai strategi latihan yang unggul, terutama untuk atlet elite yang sudah berada pada level kemampuan tinggi. Pada tingkatan ini, perbedaan kecil dalam kecepatan dan kelincahan dapat menjadi faktor penentu dalam kompetisi, sehingga besaran efek yang besar ( $d > 1,0$ ) memiliki implikasi penting secara praktis. Namun demikian, VR tetap sebaiknya dipandang sebagai pelengkap latihan konvensional, bukan pengganti total, karena atlet masih membutuhkan adaptasi terhadap kondisi lapangan nyata, interaksi langsung dengan shuttlecock dan lawan, serta nuansa pertandingan yang tidak sepenuhnya dapat disimulasikan oleh teknologi. Keterbatasan penelitian, seperti ukuran sampel yang relatif terbatas dan fokus variabel yang hanya pada kecepatan footwork dan kelincahan, menunjukkan bahwa hasil ini masih perlu dikonfirmasi melalui penelitian lanjutan dengan desain yang lebih komprehensif. Meskipun demikian, rangkaian hasil uji statistik yang konsisten dan besaran efek yang kuat memberikan landasan awal yang kokoh bagi pengembangan dan pemanfaatan sistem pelatihan berbasis VR dalam program pembinaan atlet bulutangkis elite.

## SIMPULAN

Penelitian quasi eksperimen dengan desain pretest–posttest control group ini menunjukkan bahwa sistem pelatihan footwork berbasis virtual reality (VR) secara signifikan lebih efektif dibandingkan latihan footwork konvensional dalam meningkatkan kecepatan footwork dan kelincahan atlet bulutangkis elite. Kelompok yang mendapatkan intervensi VR mengalami peningkatan performa yang lebih besar pada kedua variabel dibandingkan kelompok kontrol, meskipun frekuensi dan durasi latihan dikontrol sama, sehingga mengindikasikan bahwa karakteristik latihan berbasis VR yang imersif, spesifik terhadap situasi permainan, serta kaya stimulus visual dan kognitif berkontribusi langsung terhadap efisiensi pola langkah, kecepatan perubahan arah, dan respon motorik atlet. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi teknologi VR dalam program latihan dapat menjadi strategi efektif untuk mengoptimalkan kualitas footwork dan kelincahan pada level performa tinggi.

Berdasarkan hasil tersebut, disarankan agar pelatih dan pengelola program pembinaan bulutangkis mulai mengintegrasikan sesi pelatihan footwork berbasis VR sebagai pelengkap latihan konvensional, khususnya pada fase latihan yang menekankan pengembangan kecepatan perpindahan dan kelincahan dengan tuntutan kognitif tinggi, sekaligus mendorong klub dan lembaga olahraga untuk berinvestasi pada pengembangan modul VR yang terstruktur dan terstandar. Penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan jumlah sampel yang lebih besar, melibatkan berbagai tingkat kemampuan atlet, durasi intervensi yang lebih panjang, serta penambahan variabel performa lain (misalnya akurasi pukulan, pengambilan keputusan, dan indikator fisiologis) agar diperoleh gambaran yang lebih komprehensif tentang efektivitas VR dalam konteks performa bulutangkis secara menyeluruh dan memperkuat dasar ilmiah penerapan teknologi ini di lingkungan latihan profesional.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pimpinan dan dosen di Program Studi PJKR UNM atas dukungan, arahan, dan fasilitas yang diberikan selama perencanaan hingga penyelesaian penelitian ini, kepada para pelatih dan atlet bulutangkis dari UKM yang telah berpartisipasi secara aktif dalam program latihan dan pengambilan data, serta kepada rekan-rekan sejawat dan tim asistensi laboratorium yang membantu dalam pengembangan perangkat latihan, pengaturan jadwal, dan pengolahan data; penulis juga menghargai dukungan lembaga/instansi pendukung pendanaan atas bantuan finansial maupun fasilitas yang diberikan, serta menyampaikan terima kasih kepada para reviewer dan editor jurnal atas kritik dan saran konstruktif yang sangat membantu dalam penyempurnaan artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahsan, M., et al. (2022). Virtual reality environment training effect on dynamic and postural stability in intermittent sports. *Journal of Physical Education*.
- Cariati, I., Bonanni, R., Cifelli, P., D'Arcangelo, G., Padua, E., Annino, G., & Tancredi, V. (2025). Virtual reality and sports performance: A systematic review of randomized controlled trials exploring balance. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1497161.
- Ijfmr. (2025). Effect of VR visualisation techniques and footwork drill training on badminton footwork performance among school players.
- IJRPR. (2024). The effect of virtual reality based training in improving agility among college students.
- Kuo, K.-P., Tsai, H.-H., Lin, C.-Y., & Wu, W.-T. (2020). Verification and evaluation of a visual reaction system for badminton training. *Sensors*, 20(23), 6808.
- Li, Y. (2025). Advancements in virtual reality for performance and reaction training in sports. *Frontiers in Physiology*.
- Li, Y. (2020). Visual reaction system for badminton training. *Sensors*.
- Rahmawati, N., & Putra, A. (2025). Peningkatan kemampuan teknik dan taktik bulutangkis melalui pelatihan terstruktur pada atlet muda. *Jurnal Insan Cendekia*.
- Sari, D., et al. (2022). Deskripsi metode visual sebagai bahan literasi digital pada media pembelajaran pendidikan jasmani. *Indonesian Journal of Science and Technology*.
- Universitas Pendidikan Indonesia (UPI). (2020). Pengembangan media pembelajaran sistem pakar latihan bulu tangkis.
- Universitas Teknologi Pesantren (UTP). (2022). Perbedaan pengaruh metode latihan footwork dan shadow terhadap ketepatan smash bulutangkis.
- Usra, M., et al. (2024). Augmented reality training on combat sport: Effects on speed and agility. *Retos*.
- Yu, L., & Mohamad, N. I. (2022). Development of badminton-specific footwork training from traditional physical exercise to novel intervention approaches. *Physical Activity and Health*, 6(1), 219–225.