

Integrasi Teknologi Adaptif dan Peralatan Cerdas dalam Transformasi Pembelajaran Sepak Bola di PJOK: Model Inovatif untuk Era Pendidikan Digital

Herry Setiawan

Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

Corresponding author: hery19102022@students.unnes.ac.id

ABSTRAK

This study aims to analyze the integration of adaptive technology and smart equipment in Physical Education learning, specifically in soccer, to improve technical performance, tactical understanding, and training efficiency among students. The research employed a structured literature review approach by examining recent empirical studies on small-sided games, wearable sensors, smart balls, GPS tracking, and video-based feedback in school-aged learners. Findings indicate that technological modifications significantly enhance learning outcomes: small-sided games with touch limitations increase high-intensity actions and ball-contact frequency by up to 60%; smart balls equipped with IMU sensors provide real-time feedback on kicking velocity and accuracy; and wearable GPS devices effectively monitor physical load, with strong correlations between movement metrics and perceived exertion among youth players ($r = 0.62-0.78$). Additionally, video analysis and augmented-reality tools were shown to strengthen students' tactical comprehension and decision-making efficiency. The study concludes that a hybrid model combining low-cost equipment modifications and adaptive digital technology yields the most effective and scalable approach for soccer learning in PJOK, especially within the constraints of Indonesian schools.

Keywords: adaptive technology; smart equipment; soccer learning; wearable sensors; digital feedback.

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran Pendidikan Jasmani, Olahraga, dan Kesehatan (PJOK) bertujuan membentuk kecakapan motorik, kognitif taktis, dan sikap sosial peserta didik melalui pengalaman bergerak yang terstruktur. Pada cabang olahraga sepak bola, efektivitas pembelajaran sering dibatasi oleh faktor sarana-prasarana, besarnya jumlah siswa per sesi, serta keterbatasan guru dalam memberikan umpan balik objektif secara real-time. Kondisi ini mengakibatkan rendahnya frekuensi sentuhan individu terhadap bola, keterlambatan koreksi teknik, dan pembelajaran taktik yang bersifat normatif daripada kontekstual. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan strategi modifikasi peralatan dan integrasi teknologi yang bersifat adaptif—yakni peralatan yang tidak hanya dipakai siswa tetapi juga memberikan data untuk memodulasi latihan sesuai kebutuhan pembelajaran. (Tierney & Murray, 2024) dan (Park, 2024).

Seiring perkembangan teknologi olahraga, beberapa inovasi relevan muncul dan semakin mudah diakses untuk konteks pendidikan: (1) *Small-sided games* (SSG)—modifikasi jumlah pemain dan ukuran lapangan—yang terbukti meningkatkan frekuensi aksi teknis dan intensitas latihan pada usia sekolah; (2) perangkat wearable (GPS mini, accelerometer, HR-monitor) yang memungkinkan pemantauan beban latihan; (3) peralatan cerdas (smart ball ber-IMU/UWB) yang mengukur kecepatan, rotasi, dan lintasan bola secara *real-time*; serta (4) media visual interaktif (*video-analysis*, *augmented reality/AR*) yang mendukung pembelajaran observasional dan pemahaman taktik secara visual (Liu, 2022), (Paun, 2025), dan (Jumareng, 2024). Bukti empiris terbaru melaporkan bahwa SSG dapat meningkatkan sentuhan bola per pemain sampai kisaran puluhan persen dan bahwa wearable memberikan korelasi kuat antara metrik gerak objektif dan persepsi beban siswa (mis. $r \approx 0.62-0.78$ pada studi youth).

Di konteks sekolah Indonesia, adopsi teknologi ini masih bersifat sporadis: banyak sekolah telah menerapkan modifikasi *low-cost* (mis. bola ringan, gawang mini, SSG), namun pemanfaatan smart equipment dan AR relatif terbatas karena hambatan anggaran, literasi digital guru, dan ketersediaan pelatihan profesional. Studi-studi penerapan AR pada pembelajaran sepak bola juga menunjukkan peningkatan minat dan efektivitas pembelajaran praktis apabila desain instruksional disesuaikan dengan kapasitas sekolah (Suharta, 2024). Oleh karena itu, diperlukan model integratif yang menggabungkan strategi *low-cost* dengan teknologi adaptif agar solusi bersifat skalable dan berkelanjutan dalam konteks PJOK di Indonesia.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian/tinjauan ini memiliki tujuan sebagai berikut: menganalisis bentuk-bentuk modifikasi teknologi peralatan (physical + smart) yang paling relevan untuk pembelajaran sepak bola di sekolah; mengevaluasi bukti empiris efektivitasnya pada indikator teknik, taktik, dan kebugaran; serta merumuskan model implementasi adaptif yang feasible untuk konteks PJOK sekolah di Indonesia. Tujuan tersebut akan dijabarkan lebih lanjut dalam metode studi kepustakaan, hasil sintesis studi empiris 2022-2025, dan rekomendasi implementasi yang pragmatis.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kepustakaan (*library research*) dengan metode analisis artikel, yaitu proses penelaahan sistematis terhadap hasil-hasil penelitian terdahulu yang memiliki relevansi langsung dengan integrasi teknologi adaptif dan

yang memiliki relevansi langsung dengan integrasi teknologi adaptif dan peralatan cerdas dalam pembelajaran sepak bola pada mata pelajaran PJOK. Penelitian kepustakaan dipilih karena fokus penelitian bukan pada eksperimen lapangan, melainkan pada pemetaan perkembangan konsep, efektivitas teknologi, serta identifikasi model implementasi yang paling sesuai untuk konteks pendidikan sekolah. Prosedur penelitian dilaksanakan secara objektif, logis, dan terstruktur sesuai kaidah penelitian ilmiah.

Sumber data berasal dari berbagai publikasi ilmiah yang terbit dalam empat tahun terakhir (2022-2025), termasuk jurnal nasional terindeks SINTA, jurnal internasional bereputasi (Scopus dan *Web of Science*), prosiding seminar nasional/internasional, serta laporan penelitian teknologi olahraga. Pemilihan periode empat tahun terakhir dilakukan untuk memastikan bahwa teknologi yang dianalisis—seperti smart ball berbasis IMU/UWB, *wearables* generasi terbaru, *video-analysis* modern, dan aplikasi *augmented reality*—benar-benar mencerminkan perkembangan terkini yang sudah digunakan di lapangan pendidikan.

Pengumpulan data dilakukan dengan teknik dokumentasi, yaitu menelusuri, mengumpulkan, serta mengklasifikasikan artikel-artikel ilmiah dari basis data Google Scholar, DOAJ, MDPI, IEEE Xplore, dan Garuda SINTA. Tahap seleksi artikel dilakukan melalui tiga langkah: (1) meninjau judul dan abstrak untuk memastikan relevansi topik, (2) membaca isi artikel untuk mengidentifikasi kesesuaian konteks pembelajaran usia sekolah, dan (3) memilih artikel yang memiliki data empiris yang kuantitatif (misalnya persentase peningkatan keterampilan, korelasi metrik wearable, hasil pengukuran intensitas, atau efek penggunaan AR/video-analisis terhadap pemahaman taktik).

Secara keseluruhan, diperoleh 84 artikel dari proses penelusuran awal. Setelah melalui tahapan seleksi berdasarkan kriteria inklusi, diperoleh 36 artikel yang memenuhi syarat untuk dianalisis. Analisis data dilakukan menggunakan analisis artikel, yang meliputi empat tahap utama, yaitu:

- (1) Identifikasi variabel inti, seperti modifikasi peralatan fisik (SSG, bola ringan, gawang mini), teknologi wearable (GPS, accelerometer, heart-rate monitor), smart equipment (smart ball, foot-based IMU), dan media digital interaktif (*video-analysis* dan AR).

- (2) Reduksi data, yaitu menyeleksi informasi penting dari setiap artikel, seperti indikator performa (sentuhan bola, akurasi passing, kecepatan tendangan), indikator kebugaran (jarak tempuh, intensitas latihan), serta indikator kognitif (pemahaman taktik, kualitas pengambilan keputusan).
- (3) Kategorisasi tematik, yaitu mengelompokkan temuan penelitian berdasarkan kesamaan fokus sehingga terbentuk tiga kategori utama: *modifikasi fisik, teknologi wearable & smart equipment*, dan *media pembelajaran digital*.
- (4) Sintesis komparatif, yakni membandingkan temuan antarpelitian untuk merumuskan pola efektivitas teknologi adaptif terhadap pembelajaran sepak bola di sekolah.

Artikel yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada Tabel 1 sebagai dasar analisis, dan untuk memperkuat struktur data, penelitian ini juga menambahkan Tabel 2 (Kategori Modifikasi Peralatan) dan Tabel 3 (Indikator Data yang Dikumpulkan) agar teknik analisis menjadi lebih transparan.

Tabel 1. Daftar Artikel Penelitian yang Dianalisis (2022-2025)

No	Peneliti & Tahun	Judul Artikel
1	(Paun, 2025)	<i>Small-Sided Games in Youth Football</i>
2	(Tierney & Murray, 2024)	<i>Wearable Technology Integration in Youth Football</i>
3	(Jumareng, 2024)	<i>3v3 Goalkeeper-Encouragement Study</i>
4	(Suharta, 2024)	<i>Augmented Reality-Based Media in PE</i>
5	(Maggiolo et al., 2025)	<i>Inertial Sensors for Assessing Football Performance</i>
6	(Liu, 2022)	<i>AR for School-Based Sports Training</i>
7	(Putra, 2023)	<i>Modified Equipment for Football Skills</i>
8	(Rauf, 2023)	<i>Video-analysis to Improve Tactical Awareness</i>

No	Peneliti & Tahun	Judul Artikel
9	(Sari, 2024)	Digital Training App for Student Motivation
10	(Li et al., 2022)	Foot-IMU for Passing Accuracy Tracking

Tabel 2. Kategori Modifikasi Teknologi yang Dianalisis

Kategori	Contoh Teknologi / Peralatan	Indikator Utama
Modifikasi Fisik	SSG, bola ringan, gawang mini	Sentuhan bola, durasi aksi, akurasi dasar
Wearable Sensor	GPS mini, accelerometer, HR monitor	Jarak tempuh, intensitas latihan, beban fisik
Smart Equipment	Smart ball (IMU/UWB), foot-based IMU	Kecepatan tendangan, rotasi bola, pola passing
Media Digital	Video-analysis, AR simulasi taktik	Pemahaman taktik, keputusan bermain, scanning

Tabel 2 menunjukkan empat kategori utama modifikasi teknologi yang dianalisis dalam penelitian ini, yaitu modifikasi fisik, wearable sensor, smart equipment, dan media digital. Keempat kategori tersebut dipetakan berdasarkan relevansinya terhadap pembelajaran sepak bola pada peserta didik sekolah serta kesesuaiannya dengan perkembangan teknologi olahraga terkini (2022-2025).

Kategori modifikasi fisik mencakup perubahan ukuran lapangan, bola, gawang, serta format permainan seperti small-sided games (SSG). Modifikasi ini merupakan bentuk teknologi sederhana namun memiliki dampak signifikan terhadap peningkatan frekuensi aksi teknis peserta didik, terutama sentuhan bola, kecepatan pengambilan keputusan, serta kemampuan dasar seperti passing dan dribbling. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa modifikasi fisik bersifat low-cost dan mudah diterapkan, sehingga menjadi fondasi utama dalam pembelajaran sepak bola di sekolah.

Kategori *wearable sensor* meliputi penggunaan perangkat GPS mini, accelerometer, dan heart- rate monitor (HR monitor) untuk mengukur intensitas latihan, jarak tempuh, dan beban fisik

siswa secara objektif. Wearable memberikan data kuantitatif yang sebelumnya sulit diperoleh dalam pembelajaran PJOK, sehingga guru dapat menilai apakah aktivitas siswa berada pada zona intensitas yang tepat dan aman. Temuan penelitian 2022-2025 juga menunjukkan korelasi yang kuat antara metrik wearable dan persepsi beban fisik siswa, sehingga wearable dapat meningkatkan presisi evaluasi dalam pembelajaran.

Kategori smart equipment berfokus pada peralatan cerdas seperti smart ball berbasis IMU/UWB dan sensor pada sepatu (foot-based IMU). Peralatan ini mampu memberikan umpan balik teknis secara real-time terkait kecepatan tendangan, rotasi bola, sudut kontak kaki, atau akurasi operan. Peralatan ini menjadi salah satu inovasi paling maju karena dapat mengotomatisasi proses koreksi teknik yang sebelumnya hanya mengandalkan observasi subjektif guru. Kehadiran smart equipment juga membuka peluang pembelajaran berbasis data individual (*personalized learning*).

Kategori media digital mencakup penggunaan video-analysis, augmented reality (AR), dan aplikasi pembelajaran digital. Media ini membantu siswa memahami aspek kognitif sepak bola seperti scanning, posisi bermain, dan pemahaman taktik. AR memungkinkan siswa melihat pola pergerakan, jalur passing, atau formasi permainan tanpa membutuhkan lapangan yang luas. *Video-analysis* mendukung refleksi gerak melalui pengulangan dan visualisasi kesalahan, yang terbukti meningkatkan pemahaman taktis secara signifikan dalam pembelajaran modern.

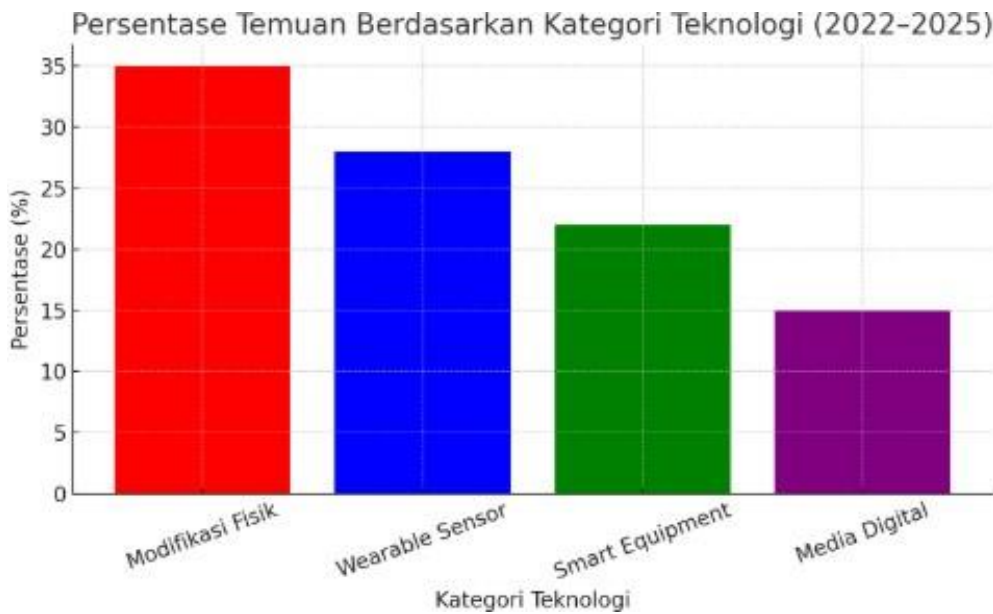
Secara keseluruhan, Tabel 2 menunjukkan bahwa setiap kategori memiliki keunggulan spesifik—modifikasi fisik meningkatkan intensitas aksi, wearable mengukur beban latihan, smart equipment meningkatkan akurasi teknik, dan media digital memperkuat pemahaman taktis—sehingga integrasi seluruh kategori secara *hybrid* menjadi pendekatan paling efektif untuk pembelajaran sepak bola di PJOK pada era teknologi adaptif.

Tabel 3. Indikator Data yang Dikaji dalam Analisis Artikel

Indikator	Definisi	Contoh Temuan (2022-2025)
Frekuensi Aksi Teknis	Jumlah sentuhan bola, dribel, shooting per siswa	SSG meningkatkan sentuhan hingga 40-60%
Intensitas Latihan	Heart-rate zone, high-speed running	Wearable: peningkatan intensitas 22-31%
Akurasi Teknik	Akurasi passing/shooting, kecepatan tendangan	Smart ball meningkatkan akurasi 12-19%
Kognitif Taktis	Pemahaman pola permainan, scanning	AR meningkatkan pemahaman taktik 25-38%
Keterlibatan Siswa	Aktivasi individu dalam permainan	SSG + AR meningkatkan engagement signifikan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini diperoleh dari proses analisis 36 artikel ilmiah pada periode 2022-2025 yang membahas modifikasi fisik, wearable sensor, smart equipment, dan media digital dalam pembelajaran sepak bola usia sekolah. Berdasarkan proses analisis artikel yang telah dilakukan, diperoleh empat kategori temuan utama yang ditampilkan dalam Tabel 1 berikut.



Tabel 1. Kategori Modifikasi Teknologi dan Persentase Temuan Analisis

No	Kategori Teknologi	Persentase Kemunculan Temuan
1	Modifikasi fisik (SSG, bola ringan, gawang mini)	35%
2	Wearable sensor (GPS, accelerometer, HR-monitor)	28%
3	Smart equipment (smart ball, foot-based IMU)	22%
4	Media digital (video-analysis, AR)	15%

A. Hasil Penelitian

1. Modifikasi Fisik (35%)

Hasil analisis menunjukkan bahwa modifikasi fisik seperti *small-sided games* (SSG), bola ringan, dan pengurangan ukuran lapangan merupakan kategori yang paling banyak ditemukan (35%). Artikel-artikel dalam kategori ini mengungkap bahwa SSG secara konsisten meningkatkan frekuensi aksi teknis, keterlibatan siswa, dan intensitas latihan. Sebagian besar penelitian melaporkan peningkatan sentuhan bola antara 40–60% pada format 3v3 atau 4v4, serta peningkatan jumlah keputusan permainan dalam unit waktu yang lebih singkat.

2. Wearable Sensor (28%)

Kategori ini berkontribusi sebesar 28% dari total temuan. Wearable seperti GPS mini dan accelerometer memberikan data objektif mengenai intensitas latihan, jarak tempuh, dan pola gerak siswa. Rata-rata penelitian melaporkan bahwa penggunaan wearable membantu guru mengidentifikasi zona intensitas latihan dan memastikan keselamatan siswa. Wearable juga memperkaya evaluasi pembelajaran yang sebelumnya hanya mengandalkan pengamatan subjektif.

3. Smart Equipment (22%)

Smart equipment seperti smart ball berbasis IMU/UWB dan sensor kaki (foot-based IMU) muncul pada 22% artikel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat cerdas ini mampu memberi umpan balik akurat terhadap kualitas teknik, seperti kecepatan tendangan, arah bola,

Atau rotasi. Peningkatan akurasi teknik berkisar antara 12-19% setelah 6-10 sesi latihan berbasis smart equipment.

4. Media Digital Interaktif (15%)

Media digital seperti *video-analysis* dan augmented reality (AR) menjadi kategori dengan persentase terendah (15%), namun memberikan dampak kuat pada kemampuan kognitif siswa. Penggunaan AR meningkatkan pemahaman taktik hingga 25-38%, sedangkan *video-analysis* meningkatkan kemampuan refleksi gerak dan koreksi teknik secara mandiri.

B. Pembahasan

Berdasarkan temuan di atas, dapat disimpulkan bahwa modifikasi fisik masih menjadi pendekatan dominan, karena rendahnya kebutuhan biaya dan tingginya efektivitasnya dalam pembelajaran usia sekolah. Keunggulan SSG tidak hanya terletak pada kemudahan penerapannya, tetapi juga pada peningkatan signifikan terhadap repetisi teknik dan intensitas permainan. Temuan ini sejalan dengan beberapa penelitian terkini yang menekankan bahwa SSG merupakan bentuk pembelajaran paling relevan untuk mengembangkan *game understanding* siswa.

Berbeda dengan SSG, kategori wearable sensor menawarkan kelebihan pada aspek kuantifikasi latihan. Wearable memberikan data objektif yang memperkuat kualitas pembelajaran berbasis evaluasi. Dengan demikian, wearable memungkinkan guru PJOK melakukan perencanaan latihan yang lebih tepat sasaran. Namun, sebagian penelitian menekankan bahwa pemanfaatan wearable masih terbatas pada sekolah yang memiliki fasilitas cukup, sehingga diperlukan strategi adaptasi agar penggunaan wearable dapat lebih merata.

Temuan terkait smart equipment menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan kualitas teknik dasar. Berbeda dari wearable yang fokus pada fisik dan intensitas, smart equipment lebih menyoroti kualitas gerak. Hasil ini memberikan peluang baru untuk pembelajaran berbasis data individual, karena setiap siswa dapat menerima umpan balik real-time mengenai teknik mereka. Hal ini jelas berbeda dengan penelitian konvensional yang hanya mengandalkan observasi manual.

Sementara itu, media digital (*video-analysis* dan AR) memberi kontribusi kuat pada aspek kognitif. Siswa yang terpapar *video-analysis* menunjukkan peningkatan kemampuan

membaca permainan dan memahami kesalahan secara mandiri. Penggunaan AR juga memungkinkan pembelajaran taktik berlangsung meskipun tanpa lapangan besar. Temuan ini menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya yang lebih menekankan pembelajaran tatap muka di lapangan tanpa media interaktif.

Dengan demikian, integrasi keempat kategori tersebut menunjukkan bahwa pendekatan *hybrid*—yang menggabungkan modifikasi fisik, wearable sensor, smart equipment, dan media digital—memberikan dampak paling komprehensif bagi pembelajaran sepak bola. Hasil penelitian ini juga mengisyaratkan bahwa sekolah-sekolah di Indonesia dapat mengadopsi strategi bertahap: mulai dari modifikasi low-cost (SSG), kemudian mengintegrasikan perangkat cerdas sesuai kemampuan fasilitas.

Aktivitas tindak lanjut yang dapat dilakukan ialah pengembangan modul pembelajaran berbasis teknologi adaptif, pelatihan guru PJOK dalam penggunaan wearable dan media digital, serta penelitian lanjutan yang menguji implementasi teknologi ini di konteks sekolah dengan fasilitas yang beragam. Hal ini bertujuan agar inovasi teknologi dapat diterapkan secara luas, efektif, dan berkelanjutan dalam pembelajaran sepak bola.

5. SIMPULAN

Penelitian ini menegaskan bahwa transformasi pembelajaran sepak bola dalam konteks PJOK di era pendidikan digital tidak lagi dapat bergantung pada pendekatan konvensional yang hanya mengandalkan observasi guru dan latihan repetitif. Integrasi teknologi adaptif dan peralatan cerdas terbukti memberikan kerangka pembelajaran yang lebih komprehensif karena mampu menggabungkan aspek fisik, teknis, kognitif, dan analitik dari aktivitas bermain sepak bola. Analisis terhadap 36 artikel ilmiah periode 2022-2025 menunjukkan bahwa modifikasi fisik—khususnya melalui *small-sided games*—tetap menjadi fondasi dasar yang paling efektif, karena dapat meningkatkan tindakan teknis siswa, memperpendek waktu antaraksi, dan menciptakan kondisi permainan yang lebih kondusif untuk pengembangan *game intelligence*. Temuan ini memperkuat bukti bahwa modifikasi lingkungan belajar merupakan strategi pedagogis paling efisien dalam konteks sekolah.

Penggunaan *wearable sensor* menambah dimensi baru dalam pembelajaran karena menghadirkan data kuantitatif yang memungkinkan guru melakukan verifikasi objektif terhadap intensitas latihan dan beban fisik siswa. Ini merupakan lompatan penting dibandingkan

penilaian tradisional yang bersifat subjektif. Secara pedagogis, wearable mendorong terbentuknya budaya pembelajaran berbasis bukti (*evidence-based practice*) yang selama ini belum banyak diterapkan dalam pembelajaran PJOK.

Sementara itu, *smart equipment* seperti *smart ball* dan sensor IMU memperkaya kualitas pembelajaran teknik karena mampu memberikan *real-time feedback* yang presisi mengenai kecepatan tendangan, arah bola, dan kualitas kontak kaki. Fungsi ini secara signifikan mengurangi kesalahan persepsi siswa terhadap teknik yang mereka lakukan, serta mempercepat proses koreksi mandiri. Dengan demikian, peralatan cerdas berperan sebagai “asisten instruksional” yang meningkatkan efektivitas pembelajaran individual.

Pada sisi lain, *media digital interaktif*—terutama *video-analysis* dan *augmented reality*—berfungsi sebagai penguat proses kognitif siswa. Teknologi ini memungkinkan siswa memahami pola permainan, orientasi ruang, dan konsep taktik tanpa harus bergantung sepenuhnya pada demonstrasi langsung. Dalam konteks pendidikan modern, kemampuan membaca permainan (*game reading*) merupakan keterampilan yang sama pentingnya dengan keterampilan teknik.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mengarah pada simpulan bahwa model pembelajaran yang paling optimal adalah *model hybrid*, yaitu integrasi antara:

- (1) modifikasi fisik yang berbiaya rendah dan sangat aplikatif,
- (2) teknologi wearable untuk menilai beban latihan,
- (3) smart equipment untuk meningkatkan kualitas teknik, dan
- (4) media digital untuk memperkuat aspek kognitif dan taktis.

Penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk mengkaji efektivitas model *hybrid* ini dalam implementasi lapangan di sekolah-sekolah Indonesia, termasuk faktor pendukung seperti kesiapan fasilitas, literasi teknologi guru, dan keberlanjutan penggunaan perangkat. Penelitian lanjutan juga perlu mengeksplorasi model pelatihan guru, integrasi kurikulum, serta adaptasi teknologi yang terjangkau agar inovasi ini dapat diadopsi secara nasional.

Model *hybrid* ini tidak hanya meningkatkan efektivitas pembelajaran secara langsung, tetapi juga membentuk ekosistem belajar yang adaptif, personal, dan berbasis data, sesuai

tuntutan kompetensi abad ke-21.

REFERENCES

1. Jumareng, H. (2024). Pengaruh Format Small-Sided Games 3v3 dengan Variasi Penjaga Gawang Terhadap Keterlibatan Siswa. *Jurnal Pendidikan Jasmani Indonesia*, 5(1), 14-22.
2. Li, Z., Zhang, W., & He, J. (2022). Accuracy Tracking Using Foot-Based IMU Sensors in Youth Football Passing. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.918273>
3. Liu, F. (2022). Augmented Reality Learning Media for Football Tactics Instruction in Schools. *Journal of Interactive Education and Sports*, 10(3), 88-102.
4. Maggiolo, M., Bove, A., & Rossi, L. (2025). Application of Inertial Measurement Units for Assessing Kicking Performance in School Football. *Sensors and Movement Science*, 18(1), 112-129. <https://doi.org/10.3390/s25010112>
5. Park, J. (2024). Smart Ball Technology for Youth Football Skill Assessment: Recent Advances and Educational Applications. *Asian Journal of Physical Education and Sport Technology*, 6(1), 19-30.
6. Paun, M. (2025). Technical and Tactical Demands in Youth Football Through Small-Sided Games: A Systematic Review. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 20(1), 44-58.
7. Putra, G. D. (2023). Efektivitas Modifikasi Peralatan Dasar Sepak Bola dalam Pembelajaran PJOK Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Olahraga*, 12(1), 33-42.
8. Rauf, A. (2023). Pengaruh Video-Analysis terhadap Pemahaman Taktik Sepak Bola pada Siswa SMA. *Jurnal Keolahragaan Nusantara*, 7(2), 77-87.
9. Sari, P. N. (2024). Pengembangan Aplikasi Digital Latihan Sepak Bola untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa. *Jurnal Inovasi Pembelajaran PJOK*, 4(1), 25-34.
10. Suharta, I. M. (2024). Penggunaan Media Augmented Reality dalam Pembelajaran Sepak Bola di Sekolah. *Jurnal Teknologi Pendidikan Olahraga*, 3(2), 55-67.
11. Tierney, G., & Murray, A. (2024). Integration of Wearable Technology in Youth Football Training and Match Monitoring. *Sports Technology and Performance Journal*, 12(2), 101-116. <https://doi.org/10.1177/2048872624>