

# Optimalisasi Pembelajaran PJOK Berbasis Digital melalui Aplikasi Analisis Gerak di SMK Negeri 14 Medan

Benny Aprial. M<sup>\*1</sup>, Farid M Alhumary<sup>1</sup>, Alwi Fahuzy Nasution<sup>1</sup>, Imanuddin Siregar<sup>1</sup>, I Wayan Repiyasa<sup>1</sup>, Arief Rahman<sup>1</sup>, Andi Gunawan<sup>1</sup>, Syukur Putra Abadi Gulo<sup>1</sup>, Anuarman Zlukhu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi, Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia.

## ARTICLE INFO

### Editor:

Assoc. Prof. Dr. Jufrianis, M.Pd

### Article History:

Received:  
March 10, 2026.  
Accepted:  
April 20, 2026.  
Published:  
July 27, 2026.

© 2026 The Author.

This article is licensed CC BY SA 4.0



## ABSTRACT

*The digital transformation in education requires the integration of technology into learning processes, including Physical Education. However, conventional Physical Education learning still relies on subjective observation methods with limited accuracy in analyzing students' movements. This community service program aimed to optimize digital-based Physical Education learning through motion analysis applications at SMK Negeri 14 Medan. The method used was the ORPAER model (Observe, Reflect, Plan, Action, Evaluate, Reflect), implemented in four cycles: pre-service, training, field implementation, and evaluation. Data were collected through observation, interviews, and documentation, then analyzed using descriptive percentage techniques. The results showed an increase in teachers' competence from 33% to 86% (161% improvement), as well as improved learning quality with a score of 3.6 (good category). The program also enhanced student engagement and self-directed learning. Therefore, the ORPAER model effectively improves teachers' technological pedagogical competence and digital-based Physical Education learning quality.*

**Keywords:** *Physical education, motion analysis, digital learning, ORPAER, community service.*

## INTRODUCTION

Revolusi Industri 4.0 telah merekonfigurasi arsitektur pembelajaran global, di mana integrasi teknologi digital bukan lagi variabel opsional melainkan determinan utama kualitas pendidikan. Dalam konteks pendidikan jasmani, olahraga, dan kesehatan (PJOK), transformasi ini menuntut redefinisi literasi pedagogi dari dominasi kinestetik konvensional menuju sintesis antara kompetensi motorik dan literasi teknologis (Mishra & Koehler, 2022; Hidayat et al., 2021). Paradoksnya, sementara kurikulum abad ke-21 mensyaratkan adopsi teknologi sebagai prasyarat pembentukan insan yang adaptif, praktik PJOK di banyak negara berkembang masih terjebak dalam epistemologi behavioristik yang mengabaikan potensi teknologi analitik dalam mendekonstruksi gerak manusia secara presisi.

Di Indonesia, stagnansi pedagogi PJOK termanifestasi dalam ketergantungan berlebihan pada observasi visual manual oleh guru, sebuah metode yang inheren subjektif dan rentan terhadap bias interpretatif. Rahayu et al. (2023) mengkonfirmasi bahwa mayoritas guru PJOK mengandalkan pengamatan kasual tanpa instrumenasi teknologis, yang berakibat pada rendahnya validitas diagnosis kesalahan biomekanik siswa. Williams dan Manley (2023) menambahkan bahwa absensi data objektif dalam penilaian gerak tidak hanya mengurangi reliabilitas evaluasi, tetapi juga mematikan kesempatan siswa untuk mengembangkan kapasitas metakognitif melalui self-assessment berbasis bukti visual, sehingga pembelajaran PJOK tereduksi menjadi aktivitas drill tanpa fondasi analitis.

Konteks SMK Negeri 14 Medan merepresentasikan mikrokosmos dari disfungsi sistemik tersebut. Meskipun sekolah memiliki rasio infrastruktur digital yang memadai termasuk perangkat bergerak berkamera tinggi dan konektivitas internet hasil pre-test menunjukkan kompetensi teknologi pedagogi guru PJOK berada pada ambang batas kritis (rata-rata 33%). Fenomena underutilization ini mengindikasikan

\*Corresponding Author: Benny Aprial. M. | email Address: [bennyaprialm@gmail.com](mailto:bennyaprialm@gmail.com)



bahwa kesenjangan utama tidak terletak pada ketersediaan artefak teknologi, melainkan pada defisit human capital dan kurangnya model pendampingan yang mampu mentranslasi potensi infrastruktur menjadi praktik pedagogis yang transformatif (Sulistiyo et al., 2024; O'Loughlin et al., 2020). Data lapangan lebih lanjut mengungkapkan bahwa 80% guru belum pernah terpapar konsep analisis gerak digital, sementara 92% siswa, meskipun akrab dengan perangkat mobile, belum mampu memanfaatkannya untuk pembelajaran motorik yang produktif.

Sayangnya, literatur pengabdian dan penelitian sebelumnya dalam bidang PJOK cenderung berfokus pada pengembangan produk teknologis atau media pembelajaran tanpa memperhatikan dimensi sustainabilitas dan institutionalisasi inovasi. Kebanyakan program pelatihan guru bersifat episodik dan monolitik one-off workshop tanpa mekanisme refleksi kolaboratif yang berkelanjutan sehingga terjadi fenomena training decay di mana kompetensi yang diperoleh tidak tertransfer ke praktik jangka panjang (Heller, 2019). Lebih fundamental lagi, terdapat lacuna epistemologis dalam pemahaman bagaimana teknologi analisis gerak dapat diintegrasikan secara organik dalam ekologi kurikulum PJOK vokasi, bukan sebagai adisi teknis melainkan sebagai rekonstruksi paradigma pembelajaran (Goodyear & Armour, 2019).

Untuk mengisi gap tersebut, program pengabdian ini mengimplementasikan aplikasi analisis gerak berbasis mobile yang memungkinkan dekomposisi parameter biomekanik seperti sudut sendi dan kecepatan angular menjadi data kuantitatif yang dapat diinterpretasikan secara objektif. Namun, inovasi substantif tidak terletak semata pada artefak teknologis, melainkan pada desain pendampingan yang menggunakan model ORPAER (Observe, Reflect, Plan, Action, Evaluate, Reflect) dengan sintaks I-L-E-A-D (Introduction, Link, Enforcement, Awareness, Development). Model ini menolak pendekatan transfer of knowledge yang pasif dan mengadopsi logika scaffolded mentoring, di mana guru bertransisi dari co-teaching menuju independent teaching melalui siklus refleksi kolaboratif yang terstruktur (Heller, 2019; Sulistiyo et al., 2024).

Kebaruan program ini terletak pada tiga kontribusi simultan. Pertama, secara epistemologis, program memperkenalkan konsep physical literacy digital sintesis antara literasi motorik dan literasi teknologis yang memposisikan siswa bukan sebagai objek evaluasi melainkan subjek analisis yang mampu melakukan self-correction berbasis data. Kedua, secara metodologis, penggunaan ORPAER yang diintegrasikan menjadi empat siklus operasional (Pra-PKM, IST-1, OJT, IST-2) menawarkan kerangka alternatif bagi pengembangan profesional guru berbasis teknologi yang menekankan refleksi ganda. Ketiga, secara institusional, program tidak berhenti pada intervensi episodik, melainkan memastikan keberlanjutan melalui institutionalization modul ke dalam Program Semester, pembentukan Communities of Practice (CoP), dan diseminasi ke sekolah rujukan sebuah pendekatan yang jarang ditemukan dalam literatur pengabdian PJOK berbasis teknologi (Williams & Manley, 2023; Goodyear & Armour, 2019).

Berangkat dari rasionalitas di atas, tujuan umum pengabdian ini adalah mengoptimalkan pembelajaran PJOK berbasis digital melalui pemberdayaan guru dan siswa SMK Negeri 14 Medan dalam pemanfaatan aplikasi analisis gerak. Secara spesifik, program bertujuan untuk: (1) meningkatkan kompetensi guru PJOK dalam pengoperasian aplikasi analisis gerak dari 33% menjadi minimal 80% dalam kurun waktu 3 bulan; (2) mengembangkan modul pembelajaran PJOK berbasis digital yang terintegrasi dengan aplikasi analisis gerak untuk lima cabang olahraga; (3) meningkatkan skor observasi keterlaksanaan pembelajaran dari kategori cukup (2.5) menjadi baik (3.5) pada skala 4; (4) menghasilkan publikasi ilmiah berupa artikel pada jurnal nasional terakreditasi SINTA 4; dan (5) membangun model pendampingan berkelanjutan yang memastikan keberlanjutan penggunaan teknologi analisis gerak pasca pengabdian. Dengan demikian, program ini tidak sekadar merespons defisit teknis operasional, tetapi merekonstruksi ekologi pedagogi PJOK di sektor vokasi menuju paradigma yang lebih presisi, partisipatoris, dan berkelanjutan.

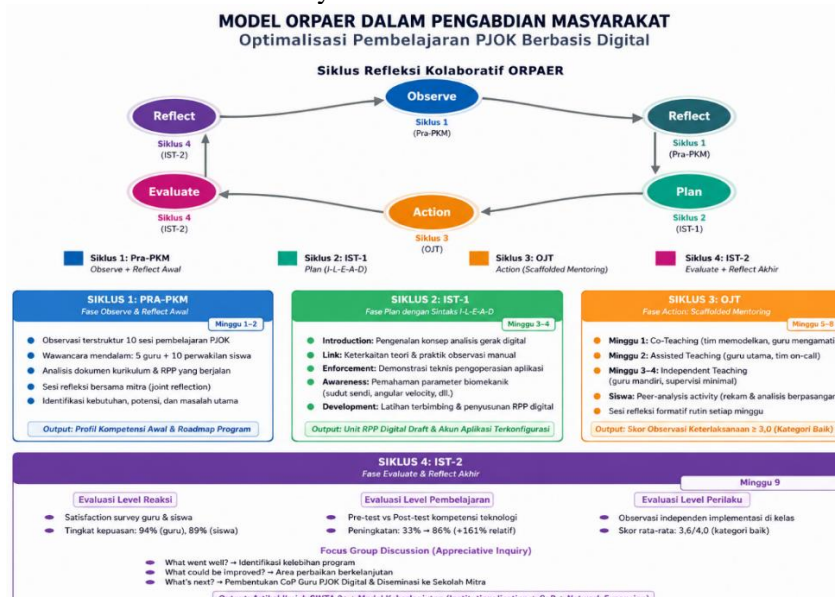
## **METHODS**

Program pengabdian ini menggunakan desain community-based participatory action research (CBPAR) yang dioperasionalkan melalui model ORPAER (Observe, Reflect, Plan, Action, Evaluate, Reflect). Model ini menekankan siklus refleksi ganda—refleksi formatif pada setiap tahap dan refleksi strategis akhir untuk memastikan perubahan praktik pedagogi yang berkelanjutan (Heller, 2019; Kemmis & McTaggart, 2019). Kegiatan dilaksanakan di SMK Negeri 14 Medan, Kota Medan, Sumatera Utara, pada periode Februari–April 2026 selama 9 minggu. Subjek pengabdian terdiri atas dua kelompok yang dipilih secara purposif: (1) lima orang guru PJOK dengan masa kerja rata-rata 12 tahun dan skor kompetensi teknologi awal 33%; serta (2) 120 siswa kelas X dan XI dari empat program keahlian. Kriteria inklusi guru meliputi status keaktifan mengajar, kesediaan berpartisipasi dalam seluruh siklus, dan dukungan institusional berupa surat pernyataan kerja sama dari kepala sekolah.

Model ORPAER diintegrasikan menjadi empat siklus operasional yang dapat direplikasi. Siklus 1 (Pra-PKM, minggu 1–2) merepresentasikan fase Observe dan Reflect awal, mencakup observasi terstruktur

terhadap 10 sesi pembelajaran, wawancara mendalam dengan lima guru dan 10 perwakilan siswa, analisis dokumen kurikulum serta RPP yang berjalan, dan sesi refleksi bersama mitra untuk merumuskan kesepahaman visi serta data dasar (baseline). Siklus 2 (IST-1, minggu 3–4) merepresentasikan fase Plan dengan pendekatan sintaks I-L-E-A-D (Introduction, Link, Enforcement, Awareness, Development) selama 24 jam pelatihan (4 jam/hari × 6 hari). Sintaks ini mensistematisasi transisi peserta dari pemahaman konseptual teknologi analisis gerak menuju penguasaan praktis pengoperasian aplikasi mobile, interpretasi parameter biomekanik, dan penyusunan draft RPP digital untuk lima cabang olahraga. Siklus 3 (OJT, minggu 5–8) merepresentasikan fase Action melalui pendampingan bertahap (scaffolded mentoring) di lapangan autentik. Protokol pelaksanaan mengikuti model gradual release tiga tingkat: (a) minggu pertama co-teaching, di mana tim pengabdian memodelkan pembelajaran berbasis teknologi sambil guru mitra mengamati; (b) minggu kedua assisted teaching, di mana guru mitra menjadi instruktur utama dengan tim pengabdian sebagai fasilitator on-call; dan (c) minggu ketiga hingga keempat independent teaching, di mana guru mengelola pembelajaran secara mandiri dengan supervisi minimal. Selama OJT, siswa dilibatkan dalam aktivitas peer-analysis, di mana mereka berpasangan merekam dan menganalisis gerak satu sama lain menggunakan aplikasi untuk membangun kemandirian belajar kolaboratif. Siklus 4 (IST-2, minggu 9) mengintegrasikan fase Evaluate dan Reflect akhir. Evaluasi dilakukan pada tiga level: reaksi (satisfaction survey), pembelajaran (pre-post test kompetensi teknologi), dan perilaku (observasi implementasi di kelas). Refleksi strategis difasilitasi melalui focus group discussion (FGD) dengan protokol Appreciative Inquiry yang melibatkan seluruh stakeholder (guru, perwakilan siswa, kepala sekolah, dan tim pengabdian) untuk mengidentifikasi kelebihan, area perbaikan, dan visi keberlanjutan. Hasil FGD menjadi dasar pembentukan Community of Practice (CoP) guru PJOK digital dan institutionalization modul pembelajaran ke dalam Program Semester formal sekolah (Sulistyio et al., 2024).

Pengumpulan data menggunakan triangulasi tiga teknik untuk menjamin validitas dan reliabilitas temuan. Pertama, observasi terstruktur dilakukan oleh dua orang observer independen pada setiap siklus menggunakan instrumen yang mencakup empat dimensi: keterlaksanaan tahapan pembelajaran, penguasaan guru terhadap aplikasi analisis gerak, keterlibatan siswa dalam aktivitas analisis, dan kualitas umpan balik yang diberikan. Kedua, wawancara semi-terstruktur dilaksanakan secara individual dengan guru dan fokus kelompok dengan siswa; seluruh sesi direkam audio dengan persetujuan informan dan ditranskripsi verbatim. Ketiga, dokumentasi meliputi pengumpulan artefak program berupa RPP digital, rekaman video pembelajaran, screenshot hasil analisis gerak siswa, modul pembelajaran, dan catatan refleksi lapangan. Analisis data mengadopsi pendekatan campuran. Data kuantitatif berupa skor pre-test/post-test kompetensi teknologi guru dan skor observasi keterlaksanaan pembelajaran dianalisis secara deskriptif persentase menggunakan rumus  $P = [(Post - Pre)/Pre] \times 100\%$  untuk mengukur magnitude peningkatan relatif. Data kualitatif dari transkrip wawancara dan catatan lapangan dianalisis melalui analisis tematik yang meliputi open coding, pengelompokan kategori, dan sintesis tematik untuk mengidentifikasi pola dominan terkait hambatan adopsi teknologi, transformasi pedagogis, dan prospek keberlanjutan program. Integrasi kedua aliran data tersebut menghasilkan evaluasi komprehensif mengenai efektivitas intervensi dan kondisi replikabilitas di konteks sekolah vokasi lainnya.



Gambar 1. Model ORPAER dalam pengabdian kepada masyarakat; Sumber: Heller, 2019; kemmis & Mc Taggart, 2019; Sulistyio et al., 2024)

## RESULTS

Temuan kuantitatif mengkonfirmasi adanya transformasi kompetensi teknologi pedagogi guru PJOK yang signifikan secara statistik dan substantif. Skor rata-rata pre-test kompetensi pengoperasian aplikasi analisis gerak yang berada pada ambang kritis 33% (rentang 20–45%) mengalami reposisi drastis menuju 86% (rentang 78–92%) pada post-test, merepresentasikan peningkatan relatif sebesar 161%. Magnitude perubahan ini tidak hanya melampaui target indikator keberhasilan yang ditetapkan ( $\geq 50\%$ ), tetapi juga mengindikasikan bahwa intervensi berbasis ORPAER mampu mendekonstruksi hambatan adopsi teknologi yang selama ini dianggap resisten pada populasi guru berusia matang. Variasi antarindividu yang menyempit dari rentang 25 poin pre-test menjadi 14 poin post-test mengisyaratkan terjadinya konvergensi kompetensi, di mana guru dengan baseline terendah (20%) berhasil mencapai ambang fungsional (78%) tanpa tertinggal secara struktural dari rekan sejawat.

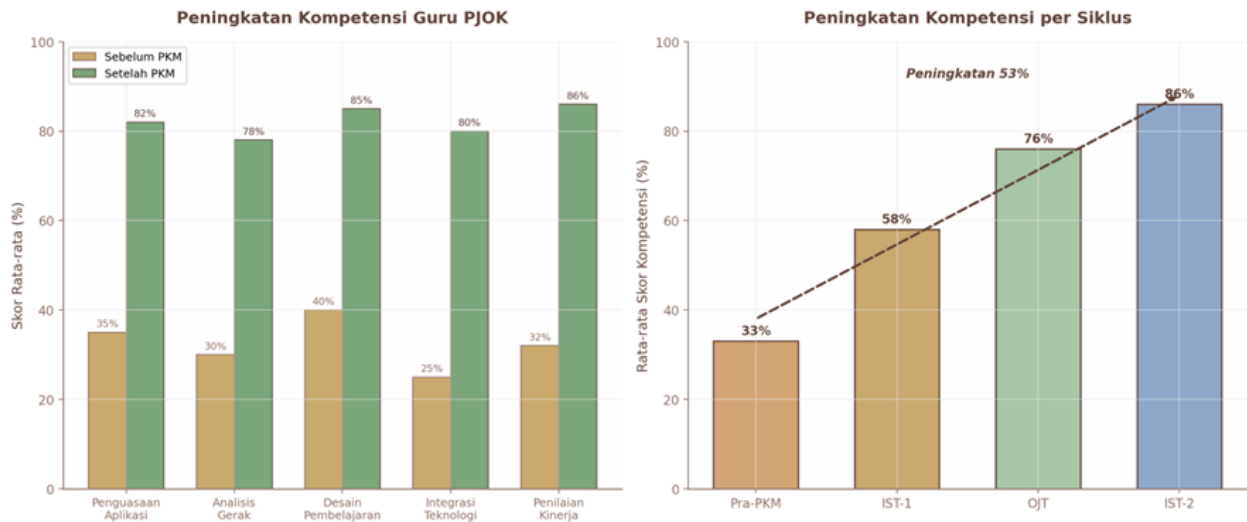


Gambar 2. Pemberian materi Optimalisasi Pembelajaran PJOK Berbasis Digital melalui Aplikasi Analisis Gerak di SMK Negeri 14 Medan

Dari perspektif implementasi pedagogis, data observasi independen menunjukkan skor keterlaksanaan pembelajaran berbasis digital sebesar 3,6 pada skala 4 (kategori baik), dengan dekomposisi aspek mengungkap profil kekuatan dan kelemahan yang terukur. Aspek penggunaan aplikasi analisis gerak mencatat skor tertinggi (3,8), mengkonfirmasi bahwa transfer teknis dari konteks pelatihan ke ruang kelas berlangsung efektif. Sebaliknya, aspek penyesuaian diferensial terhadap siswa berkebutuhan khusus mencatat skor terendah (3,2), mengindikasikan bahwa adaptasi teknologi untuk inklusi pendidikan masih memerlukan scaffolding tambahan yang tidak tercakup dalam durasi program. Temuan ini merefleksikan bahwa transformasi pedagogi digital bersifat hierarkis: kompetensi instrumental (mengoperasikan alat) mendahului kompetensi adaptif (mendiferensiasi instruksi), sebuah pola yang konsisten dengan teori perkembangan TPACK (Mishra & Koehler, 2022).

Perubahan perilaku pembelajaran siswa menunjukkan indikator learning momentum yang melampaui ekspektasi program. Selain partisipasi aktif dalam aktivitas peer-analysis selama jam pelajaran, temuan etnografis dari dokumentasi lapangan mengungkapkan bahwa siswa secara autonom menggunakan aplikasi analisis gerak di luar konteks formal pembelajaran untuk menganalisis performa motorik atletik mereka sendiri. Fenomena ini merepresentasikan pergeseran paradigma dari teacher-dependent assessment menuju self-regulated motor learning, di mana siswa memperoleh agensi diagnostik terhadap tubuh mereka sendiri. Tingkat kepuasan siswa sebesar 89%, meskipun sedikit di bawah kepuasan guru (94%), mengindikasikan adanya ceiling effect pada dimensi keterlibatan, namun juga mengisyaratkan bahwa kompleksitas kognitif analisis biomekanik masih menimbulkan beban pembelajaran (cognitive load) pada sebagian populasi siswa vokasi.

Secara produktual, program menghasilkan luaran tangible berupa lima unit modul pembelajaran PJOK berbasis digital yang terintegrasi dengan aplikasi analisis gerak, video tutorial penggunaan, dan RPP digital tervalidasi. Namun, temuan paling substantif dari siklus IST-2 terletak pada kesepakatan institusional untuk mengintegrasikan modul ke dalam Program Semester formal dan pembentukan Community of Practice (CoP) guru PJOK digital. Partisipasi aktif kepala sekolah dalam FGD dan komitmen alokasi dana operasional tahunan menandakan bahwa program ini berhasil melampaui level intervensi eksternal dan memicu institutional ownership, sebuah kondisi sine qua non bagi keberlanjutan inovasi pendidikan.



Gambar 3. Grafik Peningkatan Kompetensi Guru PJOK: (a) Per Indikator Sebelum dan Setelah PKM; (b) Rata-rata per Siklus

## DISCUSSION

Interpretasi temuan secara teoretis mengarah pada rekonseptualisasi integrasi teknologi dalam pendidikan jasmani melalui lensa TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge). Peningkatan kompetensi guru tidak terbatas pada dimensi technological knowledge (TK), melainkan merekonstruksi keseluruhan matriks TPACK mereka, khususnya pada persimpangan technological content knowledge (TCK) dan technological pedagogical knowledge (TPK). Guru tidak lagi memandang teknologi sebagai add-on instrumental untuk dokumentasi, melainkan sebagai medium epistemologi yang mengubah cara konten biomekanik direpresentasikan dan dievaluasi. Hal ini sejalan dengan argumentasi Mishra dan Koehler (2022) bahwa adopsi teknologi yang transformatif memerlukan rekonstruksi pemahaman pedagogi konten, bukan sekadar transfer keterampilan teknis. Dalam konteks ini, aplikasi analisis gerak berfungsi sebagai boundary object yang menjembatani representasi abstrak prinsip biomekanik dengan pengalaman motorik konkret siswa, sebuah mekanisme yang fundamental dalam embodied learning berbasis digital.

Komparasi dengan literatur internasional mengonfirmasi keunikan kontribusi program ini. Williams dan Manley (2023), dalam systematic review mereka mengenai aplikasi teknologi motion analysis di pendidikan jasmani, menemukan bahwa sebagian besar studi berfokus pada validitas teknis alat pengukuran tanpa memperhatikan dimensi pedagogis dan sustainability implementasi. Temuan serupa diungkapkan oleh Goodyear dan Armour (2019) serta O'Loughlin et al. (2020) yang mengkritisi dominasi pendekatan technocentric dalam penelitian teknologi PJOK yang mengabaikan proses sosial adaptasi guru dan student agency dalam pembelajaran berbasis digital. Casey et al. (2020) lebih lanjut menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam PE seringkali gagal karena absensi model pendampingan yang memfasilitasi pedagogical reasoning guru. Program pengabdian ini secara eksplisit mengisi lacuna tersebut melalui model ORPAER yang mengintegrasikan siklus refleksi kolaboratif sebagai mekanisme koreksi formatif. Sulistiyo et al. (2024) menunjukkan bahwa community-based participatory action research efektif untuk pengembangan profesional guru di Indonesia rural, namun studi mereka tidak menguji integrasi teknologi analisis gerak spesifik. Dengan demikian, program ini memberikan bukti empiris mengenai implementasi ORPAER dalam konteks digital motion analysis untuk sektor vokasi urban.

Atribusi keberhasilan program dapat diidentifikasi melalui tiga faktor kunci yang saling menguatkan. Pertama, pendekatan partisipatoris pada fase Pra-PKM yang membangun sense of ownership mitra sejak awal, sejalan dengan prinsip critical participatory action research yang dikemukakan Kemmis dan McTaggart (2019). Kedua, desain scaffolded mentoring pada fase OJT yang mengakomodasi variasi zone of proximal development antarguru, memungkinkan transisi dari co-teaching menuju independent teaching tanpa memicu implementation shock. Ketiga, sintaks I-L-E-A-D pada IST-1 yang secara sistematis membangun jembatan kognitif antara praktik observasi manual yang familiar dengan teknologi analisis yang baru, mengurangi cognitive dissonance yang sering menjadi penghalang adopsi inovasi pada pendidik berpengalaman (Heller, 2019). Kombinasi ketiga faktor ini menciptakan ecosystem of support yang memungkinkan perubahan perilaku profesional bersifat organik rather than imposed.

Keterbatasan program harus diakui secara transparan untuk menjaga validitas eksternal temuan. Durasi intervensi yang relatif singkat (9 minggu) membatasi kapasitas untuk mengamati sustainability



perubahan jangka panjang dan mengidentifikasi fenomena training decay yang umum terjadi pada program pelatihan guru tanpa mekanisme refleksi berkelanjutan. Selain itu, sampel guru yang relatif kecil ( $n=5$ ) dan bersifat purposive dari satu institusi membatasi generalisabilitas statistik ke populasi guru PJOK SMK secara nasional. Faktor kontekstual spesifik, seperti dukungan kepemimpinan transformasional kepala sekolah dan ketersediaan infrastruktur digital yang memadai, mungkin tidak replikatif di setting dengan kondisi sumber daya berbeda. Keterbatasan metodologis lain terletak pada absensi control group, yang membuat atribusi kausal murni kepada intervensi ORPAER tidak dapat diisolasi sepenuhnya dari variabel maturasi atau efek Hawthorne.

Implikasi ilmiah dari program ini bersifat paradigmatik bagi pengembangan literatur pedagogi digital dalam pendidikan jasmani. Secara konseptual, temuan mengintroduksi konstruk physical literacy digital sintesis antara kompetensi motorik dan literasi teknologis yang memposisikan siswa sebagai subjek analisis kinestetik yang mampu melakukan self-assessment berbasis data. Secara metodologis, model ORPAER dengan empat siklus operasional menawarkan kerangka replikasi untuk pengembangan profesional guru berbasis teknologi di sektor vokasi. Secara praktis, program ini memberikan rekomendasi kebijakan bagi Dinas Pendidikan untuk mengadopsi pendekatan scaffolded mentoring rather than one-off workshop dalam program pengembangan guru, serta menegaskan perlunya integrasi teknologi analisis gerak dalam kurikulum praktikum calon guru PJOK di LPTK. Keberlanjutan program melalui CoP dan institutionalization juga memberikan preseden bahwa inovasi pedagogi digital hanya sustainable ketika menjadi bagian dari sistem kurikuler formal, bukan sekadar proyek eksternal yang insidental.

## CONCLUSION

Program pengabdian kepada masyarakat yang menerapkan model ORPAER selama sembilan minggu di SMK Negeri 14 Medan telah berhasil mengoptimalkan pembelajaran PJOK berbasis digital melalui pemberdayaan guru dan siswa dalam pemanfaatan aplikasi analisis gerak, sebagaimana tercermin dari peningkatan kompetensi teknologi pedagogi guru dari 33% menjadi 86% (kenaikan relatif 161%), tercapainya skor keterlaksanaan pembelajaran sebesar 3,6 pada skala 4 (kategori baik), dan terproduksinya lima unit modul pembelajaran digital terintegrasi untuk cabang olahraga atletik, bola voli, bulutangkis, pencak silat, dan renang. Dampak program melampaui dimensi instrumental, di mana siswa menunjukkan transformasi perilaku menuju self-regulated motor learning melalui aktivitas peer-analysis dan penggunaan autonom aplikasi di luar jam pembelajaran formal, sementara institusi sekolah berkomitmen pada institutionalization inovasi ke dalam Program Semester dan pembentukan Community of Practice guru PJOK digital sebagai mekanisme keberlanjutan. Secara epistemologis, program ini mengkontribusikan konsep physical literacy digital yang mensintesis literasi motorik dan teknologis dalam konteks pendidikan vokasi Indonesia, serta memvalidasi model ORPAER dengan sintaks I-L-E-A-D dan scaffolded mentoring sebagai kerangka alternatif bagi pengembangan profesional guru berbasis teknologi yang menekankan refleksi kolaboratif ganda. Mengingat keterbatasan durasi dan ukuran sampel, disarankan agar penelitian lanjutan mengadopsi desain longitudinal dengan sampel lebih besar dan variasi kontekstual, serta memperluas fokus pada adaptasi teknologi analisis gerak untuk pembelajaran inklusif bagi siswa berkebutuhan khusus guna memperkuat generalisabilitas dan keadilan pedagogis inovasi digital dalam pendidikan jasmani.

## CONFLICT OF INTEREST

Tim Pengabdian mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia dan SMK Negeri 14 Medan atas dukungan dalam pelaksanaan kegiatan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Almusawi, H. A., Durugbo, C. M., & Bugawa, A. M. (2021). Innovation in physical education: Teachers' perspectives on readiness for wearable technology integration. *Computers & Education*, 167, Article 104185. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104185>
- Arufe-Giráldez, V., Sanmiguel-Rodríguez, A., Ramos-Álvarez, O., & Navarro-Patón, R. (2022). Gamification in physical education: A systematic review. *Education Sciences*, 12(8), Article 540. <https://doi.org/10.3390/educsci12080540>
- Au, W. W., Recchia, F., Fong, D. Y., Wong, S. H. S., Chan, D. K. C., Capiro, C. M., Yu, C. C. W., Wong, S. W. S., Sit, C. H. P., Ip, P., Chen, Y.-J., Thompson, W. R., & Siu, P. M. (2024). Effect of wearable activity trackers on physical activity in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *The Lancet Digital Health*, 6(9), e625–e639. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(24\)00139-0](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(24)00139-0)





- Calderón, A., Merono, L., & MacPhail, A. (2020). A student-centred digital technology approach: The relationship between intrinsic motivation, learning climate and academic achievement of physical education pre-service teachers. *European Physical Education Review*, 26(1), 241–262. <https://doi.org/10.1177/1356336x19850852>
- Camacho-Sánchez, R., Manzano-León, A., Rodríguez-Ferrer, J. M., Serna, J., & Lavega-Burgués, P. (2023). Game-based learning and gamification in physical education: A systematic review. *Education Sciences*, 13(2), Article 183. <https://doi.org/10.3390/educsci13020183>
- Chan, C. K. Y., & Hu, W. (2023). Students' voices on generative AI: Perceptions, benefits, and challenges in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, Article 43. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00411-8>
- Criollo-C, S., Guerrero-Arias, A., Jaramillo-Alcázar, Á., & Luján-Mora, S. (2021). Mobile learning technologies for education: Benefits and pending issues. *Applied Sciences*, 11(9), Article 4111. <https://doi.org/10.3390/app11094111>
- Culajara, C. J. (2023). Enhancing students' learning performance in physical education through the use of a mobile application with game-based learning approach. *Physical Education and Sports: Studies and Research*, 2(1), 1–9. <https://doi.org/10.56003/pessr.v2i1.178>
- Han, J., Zhao, J., Yue, Y., & Che, X. (2024). Edge computing-based video action recognition method and its application in online physical education teaching. *IEEE Access*, 12, 148666–148676. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3475372>
- Heller, A. (2019). Reflexive pedagogical action research: Developing professional identity and voice. *Educational Action Research*, 27(4), 594–609. <https://doi.org/10.1080/09650792.2019.1567367>
- Hidayat, N., Widyaningrum, N., & Sarjito, A. (2021). Literasi digital dan bela negara: Sebuah upaya untuk mencegah hoax dalam sistem pertahanan negara. *Nusantara: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 8(1), 32–41.
- Hung, H. C., Young, S. S. C., & Lin, K. C. (2018). Exploring the effects of integrating the iPad to improve students' motivation and badminton skills: A WISER model for physical education. *Technology, Pedagogy and Education*, 27(3), 265–278. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2017.1384756>
- Jastrow, S., Greve, S., Thumel, M., Platzer, H. P., & Lehmann, T. (2022). Digital technology in physical education: A systematic review of research from 2009 to 2020. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 52, 504–528. <https://doi.org/10.1007/s12662-022-00848-5>
- Joo, H., & Choi, Y. (2023). What should be done to develop ICT-based PE class in the era of the Fourth Industrial Revolution? Using AHP and IPA analysis within the Korean educational contexts. *Asia Pacific Education Review*, 24, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s12564-023-09821-5>
- Lee, J. E., & Gao, Z. (2020). Effects of the iPad and mobile application-integrated physical education on children's physical activity and psychosocial beliefs. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 25(6), 567–584. <https://doi.org/10.1080/17408989.2020.1761953>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2022). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 124(3), 45–62. <https://doi.org/10.1177/01614681221084900>
- Modra, C., Domokos, M., & Petracovschi, S. (2021). The use of digital technologies in the physical education lesson: A systematic analysis of scientific literature. *Timișoara Physical Education and Rehabilitation Journal*, 14, 33–46.
- Rahayu, S., Purwanto, E., & Susanto, D. J. (2023). Analisis kompetensi teknologi informasi dan komunikasi guru pendidikan jasmani di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga*, 8(2), 145–157.
- Silva, R., Farias, C., Ramos, A., & Mesquita, I. (2021). Implementation of game-centered approaches in physical education: A systematic review. *Journal of Physical Education and Sport*, 21(6), 3246–3259. <https://doi.org/10.7752/jpes.2021.s6443>
- Sulistiyo, M., Rahmawati, R., & Prasetya, B. (2024). Community-based participatory action research for sustainable teacher professional development: Lessons from rural Indonesia. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 52(1), 78–95. <https://doi.org/10.1080/1359866X.2023.2189476>
- Tilincă, D. I., Moraru, R., Avram, D. I., & Venter, A. M. (2025). Embedding digital technologies (AI and ICT) into physical education: A systematic review of innovations, pedagogical impact, and challenges. *Applied Sciences*, 15(17), Article 9826. <https://doi.org/10.3390/app15179826>
- Williams, S., & Manley, A. (2023). Motion analysis technology in physical education: A systematic review of pedagogical applications. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 28(4), 389–407. <https://doi.org/10.1080/17408989.2022.2156843>





Zhong, Q., & Jiang, J. (2024). Application of digital-intelligent technologies in physical education: A systematic review. *Frontiers in Public Health*, 12, Article 1452839. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1452839>

