DINAMISIA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Vol. 10, No. 5 Oktober 2026, Hal. 1663-1673
DOI: https://doi.org/10.31849/dinamisia.v10i5.34610

E-TENS Training to Improve Central Java Tennis Coaches' Digital Competence

Pelatihan E-TENS Dalam Meningkatkan Kompetensi Digital Pelatih Tenis Jawa Tengah

Ricko Irawan*[1], Bambang Priyono[1], Soedjatmiko[1], Agung Wahyudi[1], Supriyono[1], Dimas Saputra[1]
[1,2,] Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia
E-mail: rickoirawan@mail.unnes.ac.id

Abstract

Tennis coaches in Central Java rely on visual observation, making evaluations of forehand biomechanics and ball speed subjective and difficult to document. This community service program aimed to improve the digital competence of 30 coaches through E-TENS, an Android application for video-assisted motion and stroke-speed analysis. The performance-based training comprised needs assessment, tutorials, demonstrations, guided field practice, independent practice, and final evaluation. Initial mapping revealed that 29 coaches (96.67%) had never used digital biomechanics-analysis applications, while one (3.33%) had previous experience. After training, 24 coaches (80%) effectively operated core functions, including selecting or recording videos, uploading data, interpreting basic outputs, and providing technical feedback. Participants suggested improvements involving offline functionality, athlete-history storage, data export, and additional stroke analyses. These findings indicate that E-TENS training can strengthen coaches' digital literacy and support more objective, accessible, and data-informed tennis coaching. Further evaluation is needed to assess sustained application use and athlete outcomes.

Keywords*:coach education; digital competence; E-TENS; markerless motion analysis; tennis biomechanics*

Abstrak

Pelatih tenis di Jawa Tengah mengandalkan pengamatan visual sehingga evaluasi biomekanika forehand dan kecepatan bola cenderung subjektif serta sulit didokumentasikan. Pengabdian ini bertujuan meningkatkan kompetensi digital 30 pelatih melalui pelatihan E-TENS, aplikasi Android untuk analisis gerak dan kecepatan pukulan berbantuan video. Pelatihan berbasis kinerja mencakup asesmen kebutuhan, tutorial, demonstrasi, praktik lapangan terbimbing, praktik mandiri, dan evaluasi akhir. Pemetaan awal menunjukkan 29 pelatih (96,67%) belum pernah menggunakan aplikasi analisis biomekanika digital, sedangkan satu pelatih (3,33%) memiliki pengalaman sebelumnya. Setelah pelatihan, 24 pelatih (80%) mampu mengoperasikan fungsi inti aplikasi, meliputi pemilihan atau perekaman video, pengunggahan data, pembacaan keluaran dasar, dan pemberian umpan balik teknik. Peserta mengusulkan pengembangan mode luring, penyimpanan riwayat atlet, ekspor data, serta analisis jenis pukulan lain. Hasil ini menunjukkan bahwa pelatihan E-TENS dapat memperkuat literasi digital pelatih dan mendukung pembinaan tenis yang objektif, terjangkau, serta berbasis data. Evaluasi lanjutan diperlukan untuk menilai keberlanjutan penggunaan aplikasi dan dampaknya terhadap atlet..

Kata kunci*: analisis gerak tanpa penanda; biomekanika tenis; E-TENS; kompetensi digital; Pendidikan pelatih*

1. PENDAHULUAN

Pembinaan olahraga tenis memerlukan proses latihan yang terencana, sistematis, dan didukung oleh evaluasi teknik yang akurat. Keberhasilan seorang atlet dalam menghasilkan pukulan yang cepat, kuat, dan tepat tidak hanya dipengaruhi oleh kemampuan fisik, tetapi juga oleh kualitas koordinasi gerak, posisi tubuh, sudut persendian, keseimbangan, serta ketepatan perkenaan antara raket dan bola. Pada pukulan forehand, misalnya, keterlibatan gerak kaki, rotasi pinggul, pergerakan bahu, sudut siku, dan ayunan raket merupakan satu rangkaian biomekanika yang saling berkaitan. Kesalahan pada salah satu bagian gerak dapat mengurangi kecepatan bola, menurunkan akurasi pukulan, bahkan meningkatkan risiko cedera pada atlet (Fleisig et al., 2024; Horsak et al., 2024; Ikenaga et al., 2020a; Lam & Fong, 2024).

DOI: https://doi.org/10.31849/dinamisia.v10i5.34610

Pelatih memiliki peran penting dalam mengidentifikasi kesalahan tersebut dan memberikan umpan balik yang sesuai. Namun, proses evaluasi teknik di tingkat klub dan daerah masih banyak dilakukan melalui pengamatan visual secara langsung. Metode ini mudah diterapkan, tetapi cenderung subjektif karena hasil penilaian sangat bergantung pada pengalaman, ketelitian, dan sudut pandang masing-masing pelatih. Gerakan tenis yang berlangsung sangat cepat juga membuat beberapa detail penting sulit diamati secara langsung. Akibatnya, koreksi teknik sering diberikan berdasarkan perkiraan tanpa didukung data kuantitatif mengenai sudut sendi, pola gerakan tubuh, maupun kecepatan pukulan (Huang & Hsieh, 2025; Irmawati et al., 2020; Utomo et al., 2025).

Keterbatasan pengamatan konvensional dapat memengaruhi efektivitas program latihan. Tanpa data yang terukur, pelatih mengalami kesulitan dalam membandingkan perkembangan teknik atlet dari satu sesi latihan ke sesi berikutnya. Evaluasi juga belum terdokumentasi secara sistematis sehingga perubahan gerakan atlet sulit dipantau dalam jangka panjang. Padahal, analisis biomekanika dapat membantu pelatih mengenali bagian gerakan yang belum efisien, menentukan bentuk latihan korektif, dan mengevaluasi keberhasilan program latihan secara lebih objektif. Analisis pukulan forehand berbasis biomekanika juga dapat menunjukkan hubungan antara pola gerakan tubuh dan kecepatan bola yang dihasilkan (Andi Hidayatul Fadlilah et al., 2026; Ikenaga et al., 2020b; Irawan et al., 2023)

Perkembangan teknologi digital memberikan peluang untuk mengatasi keterbatasan tersebut. Pemanfaatan rekaman video, computer vision, kecerdasan buatan, dan markerless motion capture memungkinkan gerakan atlet dianalisis tanpa menggunakan alat laboratorium yang rumit. Teknologi berbasis video dapat memperkirakan posisi tubuh dan sudut persendian, sedangkan aplikasi digital memungkinkan hasil analisis disimpan dan digunakan sebagai bahan evaluasi. Penggunaan teknologi tersebut dapat membantu pelatih memperoleh informasi yang lebih cepat, terukur, dan mudah dipahami selama proses latihan (Lambrich & Muehlbauer, 2023; Martin et al., 2021; Wu et al., 2022).

Penerapan kecerdasan buatan dalam olahraga juga berkembang untuk mendukung klasifikasi gerakan, analisis teknik, pemantauan performa, dan pengambilan keputusan pelatih. Teknologi tidak dimaksudkan untuk menggantikan peran pelatih, tetapi menjadi alat pendukung agar penilaian yang diberikan lebih objektif dan berbasis bukti. Data yang dihasilkan aplikasi tetap perlu dikombinasikan dengan pengalaman pelatih, kondisi atlet, tujuan latihan, serta konteks pelaksanaan gerakan. Dengan demikian, teknologi dapat memperkuat kompetensi profesional pelatih dalam merancang program latihan yang lebih tepat sasaran (Reis et al., 2024a; Stodter & Cushion, 2019).

Meskipun teknologi analisis olahraga berkembang pesat, tingkat pemanfaatannya oleh pelatih tenis di daerah masih relatif rendah. Berdasarkan identifikasi awal terhadap 30 pelatih tenis dari berbagai kabupaten dan kota di Jawa Tengah, sebanyak 29 peserta atau 96,67% belum pernah menggunakan aplikasi digital untuk menganalisis gerakan biomekanika dan kecepatan pukulan. Hanya satu peserta atau 3,33% yang memiliki pengalaman menggunakan teknologi analisis gerak. Sebagian besar pelatih masih mengandalkan pengamatan langsung dan belum terbiasa membaca data berupa sudut persendian, kecepatan bola, serta hasil analisis gerakan atlet. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara perkembangan teknologi olahraga dan kemampuan pelatih dalam memanfaatkannya. Keterbatasan tidak hanya berkaitan dengan belum tersedianya perangkat yang mudah digunakan, tetapi juga kurangnya pengetahuan dan keterampilan pelatih dalam mengoperasikan aplikasi, menyiapkan rekaman video, membaca hasil analisis, serta menerjemahkan data menjadi umpan balik teknik. Oleh karena itu, penyediaan teknologi perlu disertai dengan pelatihan dan pendampingan agar aplikasi benar-benar dapat digunakan dalam kegiatan pembinaan atlet (Reis et al., 2024b; Turner et al., 2024)

Salah satu inovasi yang dikembangkan untuk menjawab kebutuhan tersebut adalah aplikasi Evaluation Tennis atau E-TENS. E-TENS merupakan aplikasi berbasis Android dan web yang dirancang untuk membantu proses analisis gerakan biomekanika dan kecepatan pukulan

DOI: https://doi.org/10.31849/dinamisia.v10i5.34610

tenis melalui rekaman video. Aplikasi ini dapat menampilkan informasi dasar mengenai sudut siku, bahu, pinggul, lutut, pergelangan kaki, serta estimasi kecepatan bola. Informasi tersebut dapat digunakan oleh pelatih untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan teknik atlet serta memberikan koreksi yang lebih terarah (Reis et al., 2024a; Stodter & Cushion, 2019). Penggunaan E-TENS juga memberikan peluang bagi pelatih untuk mendokumentasikan hasil evaluasi secara lebih sistematis. Data yang diperoleh dapat digunakan sebagai bahan diskusi bersama atlet, dasar penyusunan program latihan, dan alat untuk memantau perubahan teknik. Melalui visualisasi gerakan, atlet dapat melihat secara langsung bagian tubuh yang perlu diperbaiki sehingga proses pemberian umpan balik menjadi lebih konkret. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan keterlibatan atlet dalam memahami dan memperbaiki tekniknya sendiri (Weriono et al., 2026; Wijayanti, Masrukhi, & Irawan, 2025) .

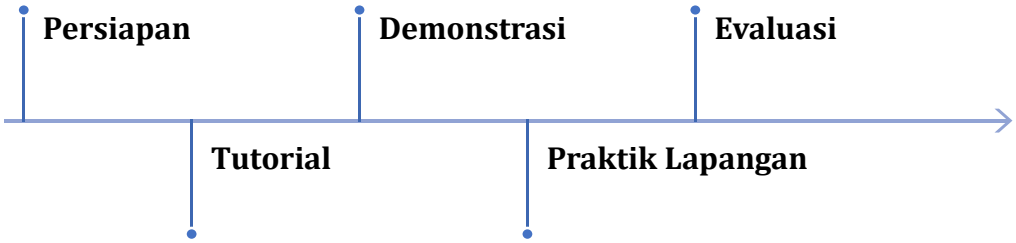
Namun, keberhasilan penerapan aplikasi sangat dipengaruhi oleh kompetensi pengguna. Pelatih perlu memahami cara menentukan posisi kamera, mengatur jarak perekaman, memastikan seluruh tubuh berada dalam bidang pandang, memilih video yang layak dianalisis, menjalankan proses pengolahan data, serta membaca hasil yang ditampilkan. Kesalahan dalam proses perekaman dapat memengaruhi kualitas keluaran aplikasi. Oleh sebab itu, pelatihan E-TENS disusun melalui kegiatan tutorial, demonstrasi, praktik langsung, diskusi, dan pendampingan agar peserta tidak hanya mengenal aplikasi, tetapi mampu menggunakannya dalam situasi latihan. Pelatihan yang memadukan teori dan praktik penting untuk meningkatkan kemampuan pelatih dalam mengadopsi teknologi. Penyampaian materi memberikan pemahaman mengenai dasar biomekanika dan fungsi aplikasi, sedangkan demonstrasi memperlihatkan langkah penggunaan secara nyata. Praktik berulang memberikan kesempatan kepada peserta untuk mencoba, menemukan kendala, dan memperbaiki kesalahan dengan bantuan tim pengabdi. Buku panduan juga disediakan agar peserta dapat mengulang prosedur penggunaan secara mandiri setelah kegiatan selesai.

Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian ini bertujuan meningkatkan kompetensi digital pelatih tenis Jawa Tengah melalui pelatihan penggunaan aplikasi E-TENS. Kegiatan diarahkan agar pelatih mampu melakukan atau memilih rekaman video, menjalankan proses analisis, membaca keluaran dasar, dan memanfaatkan hasilnya untuk memberikan umpan balik teknik kepada atlet. Melalui penerapan E-TENS, proses evaluasi diharapkan menjadi lebih cepat, objektif, terukur, terdokumentasi, dan berbasis data, sehingga dapat mendukung peningkatan kualitas pembinaan atlet tenis di Jawa Tengah

2. METODE

Kegiatan pengabdian dilaksanakan secara luring bekerja sama dengan Pengprov PELTI Jawa Tengah dengan sasaran 30 pelatih tenis dari berbagai kabupaten/kota. Lokasi kegiatan dipusatkan di Kabupaten Cilacap. Desain program menggunakan pendekatan pelatihan berbasis kinerja (performance-based training), yaitu peserta dinilai bukan hanya dari kehadiran, tetapi juga dari kemampuan menjalankan fungsi inti aplikasi setelah pelatihan selesai (Izza & Rezki, 2026; Prawenti et al., 2026; Rizkiawan et al., 2026) . Tahap pelaksanaan mencakup: (1) persiapan yang meliputi aktivasi aplikasi, pengujian server, koordinasi mitra, dan penyiapan perangkat; (2) asesmen awal terhadap pengalaman penggunaan teknologi; (3) tutorial mengenai prinsip dasar analisis biomekanika, fitur E-TENS, serta interpretasi keluaran; (4) demonstrasi proses perekaman, pengunggahan video, dan pembacaan hasil; (5) praktik lapangan terbimbing dan praktik mandiri; dan (6) evaluasi akhir, diskusi reflektif, dan pengumpulan masukan pengembangan (Handoyo et al., 2021, 2025; Wijayanti, Masrukhi, Irawan, et al., 2025). Rangkaian pelaksanaan disajikan pada Gambar 1.

DOI: https://doi.org/10.31849/dinamisia.v10i5.34610



Gambar 1. Alur pelaksanaan pelatihan dan pendampingan E-TENS
Sumber: rancangan tim pengabdi (2026)

Materi pelatihan meliputi prinsip perekaman video yang baik, pengaturan posisi kamera, pencahayaan dan bidang pandang, pemilihan video yang layak dianalisis, penggunaan file kalibrasi, proses analisis, pembacaan sudut siku, bahu, pinggul, lutut, dan pergelangan kaki, pembacaan kecepatan bola, serta penerjemahan data menjadi umpan balik teknik. Untuk memperkuat keberlanjutan program, peserta juga memperoleh buku panduan penggunaan aplikasi.

Tabel 1. Instrumen dan indikator evaluasi kegiatan

Tahap evaluasi	Instrumen	Indikator	Kriteria ketercapaian
Asesmen awal	Kuesioner singkat	Pengalaman menggunakan aplikasi analisis gerak dan kecepatan pukulan	Profil kebutuhan peserta teridentifikasi
Proses praktik	Lembar observasi	Kemampuan menyiapkan rekaman, mengunggah video, menjalankan analisis, dan membaca keluaran	Peserta menyelesaikan langkah inti dengan pendampingan minimal
Evaluasi akhir	Uji kinerja	Kemampuan mengoperasikan E-TENS dan menggunakan hasil untuk umpan balik	Sekurang-kurangnya 80% peserta mampu mengoperasikan aplikasi secara efektif
Umpan balik	Diskusi dan catatan saran	Kendala, kemudahan, kebutuhan fitur, dan rencana penggunaan	Tersusun rekomendasi perbaikan dan tindak lanjut

Data hasil kegiatan dianalisis secara deskriptif menggunakan frekuensi dan persentase. Seorang peserta dikategorikan mampu apabila dapat memilih atau membuat rekaman yang layak, menjalankan proses analisis, membaca informasi dasar yang ditampilkan aplikasi, dan menjelaskan cara memanfaatkan data tersebut untuk diagnosis atau koreksi teknik. Dengan demikian, luaran pengabdian diukur pada tingkat peningkatan kompetensi operasional pelatih, bukan pada validasi algoritma E-TENS terhadap sistem motion capture laboratorium.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan awal menunjukkan bahwa tingkat kesiapan digital peserta masih rendah. Dari 30 pelatih yang mengikuti kegiatan, 29 orang atau 96,67% menyatakan belum pernah menggunakan aplikasi analisis biomekanika dan kecepatan pukulan berbasis digital. Hanya 1 orang atau 3,33% yang pernah memiliki pengalaman menggunakan perangkat serupa. Kondisi

DOI: https://doi.org/10.31849/dinamisia.v10i5.34610

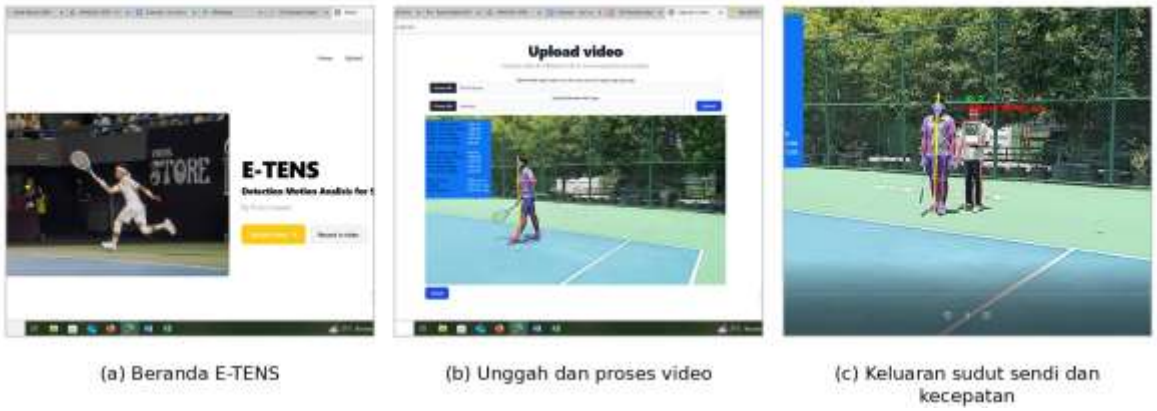
awal ini penting dicatat karena menegaskan bahwa mayoritas peserta memulai dari tahap pengenalan dasar terhadap teknologi analisis performa. Pada tahap penyampaian materi, peserta diperkenalkan pada alasan penggunaan teknologi dalam evaluasi tenis, hubungan antara biomekanika gerak dengan kualitas pukulan, serta manfaat dokumentasi data bagi perencanaan latihan. Materi tidak berhenti pada pengenalan fitur aplikasi, tetapi juga menekankan bahwa kualitas keluaran sangat ditentukan oleh kualitas input, khususnya posisi kamera, kestabilan perekaman, pencahayaan, dan keterlihatan seluruh tubuh dalam bidang pandang.

Tahap demonstrasi dilaksanakan dengan menampilkan alur penggunaan E-TENS secara utuh, mulai dari beranda aplikasi, proses unggah video, penggunaan file kalibrasi, hingga keluaran analisis berupa estimasi sudut sendi dan kecepatan pukulan. Dalam sesi ini, peserta dapat melihat secara langsung bagaimana perubahan kualitas video dapat memengaruhi kenyamanan pembacaan hasil dan bagaimana data yang muncul perlu diinterpretasikan bersama fase gerak atlet.



Gambar 2. Pelaksanaan pelatihan E-TENS: (a) penyampaian materi, (b) demonstrasi, dan (c) modul serta perlengkapan peserta
Sumber: dokumentasi kegiatan (2026)

Pada sesi praktik lapangan, peserta melakukan simulasi penggunaan E-TENS secara langsung. Peserta merekam gerakan atlet, memilih video, mengunggah data, dan mengamati hasil analisis yang dihasilkan aplikasi. Hambatan awal yang paling sering muncul adalah penentuan posisi kamera, pemilihan video yang sesuai, pengunggahan data, dan interpretasi keluaran numerik. Meskipun demikian, setelah beberapa kali pengulangan dan pendampingan langsung, sebagian besar peserta menunjukkan peningkatan kelancaran dalam mengikuti alur kerja aplikasi.



Gambar 3. Alur penggunaan E-TENS: (a) beranda, (b) unggah dan proses video, dan (c) keluaran analisis
Sumber: dokumentasi aplikasi E-TENS (2026)

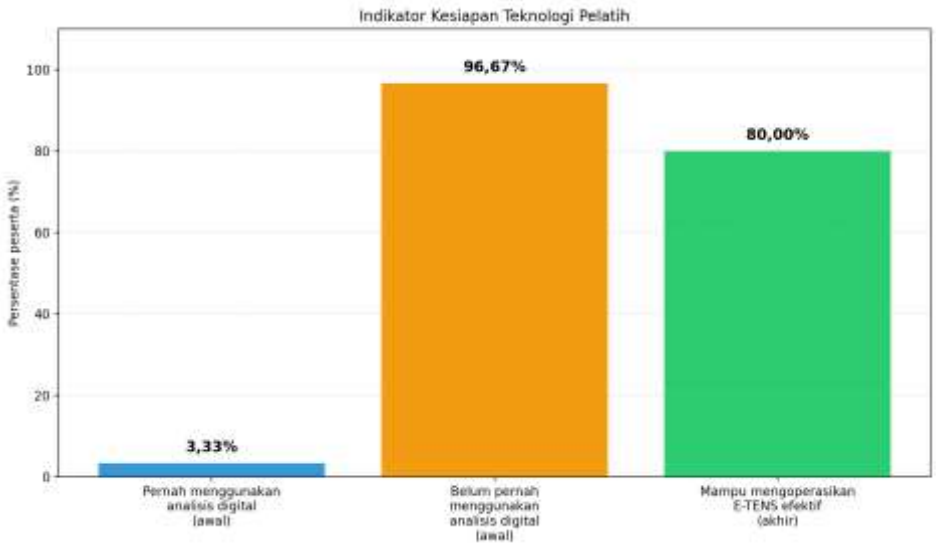
DOI: https://doi.org/10.31849/dinamisia.v10i5.34610

Kegiatan praktik memperlihatkan bahwa pengalaman langsung merupakan bagian paling menentukan dalam pembelajaran peserta. Pelatih yang semula merasa asing dengan antarmuka digital menjadi lebih percaya diri setelah memperoleh contoh konkret dan kesempatan mencoba sendiri. Buku panduan yang dibagikan juga membantu peserta meninjau ulang prosedur secara mandiri, terutama bagi peserta yang membutuhkan tempo belajar lebih bertahap.

Tabel 2. Ketercapaian sasaran pelatihan E-TENS

Aspek	Kondisi awal	Hasil kegiatan	Status
Pengalaman teknologi	1 dari 30 peserta (3,33%) pernah menggunakan analisis digital	Seluruh peserta memperoleh pengalaman menggunakan E-TENS	Tercapai
Keterampilan operasional	Mayoritas belum memahami proses perekaman dan analisis	24 dari 30 peserta (80%) mampu mengoperasikan E-TENS secara efektif	Target utama tercapai
Interpretasi data	Belum terbiasa membaca sudut sendi dan kecepatan pukulan	Peserta mampu membaca informasi dasar dan menghubungkannya dengan koreksi teknik	Tercapai dengan pendampingan
Keberlanjutan	Belum tersedia alat dan panduan yang digunakan bersama	Aplikasi dan buku panduan dapat digunakan untuk praktik mandiri	Perlu monitoring lanjutan

Hasil evaluasi akhir menunjukkan bahwa 24 peserta atau 80% telah mampu mengoperasikan fungsi inti E-TENS secara efektif. Peserta pada kelompok ini mampu menyiapkan atau memilih rekaman yang layak, menjalankan analisis, membaca keluaran dasar yang muncul, serta menjelaskan pemanfaatan data tersebut untuk memperbaiki teknik pukulan. Sementara itu, enam peserta masih memerlukan pendampingan lebih lanjut, terutama pada aspek pengoperasian perangkat Android dan pemahaman makna keluaran numerik



Gambar 4. Indikator pengalaman awal dan kemampuan operasional peserta setelah pelatihan
Sumber: hasil evaluasi kegiatan (2026)

Temuan kegiatan menunjukkan adanya kesenjangan yang kuat antara perkembangan teknologi analisis olahraga dan kapasitas digital pelatih tenis di tingkat daerah. Sebelum pelatihan, sebanyak 29 dari 30 peserta atau 96,67% belum pernah menggunakan aplikasi digital

DOI: https://doi.org/10.31849/dinamisia.v10i5.34610

untuk menganalisis biomekanika gerakan dan kecepatan pukulan. Kondisi tersebut menjelaskan bahwa evaluasi teknik masih didominasi oleh pengamatan visual dan belum didukung data kuantitatif yang terdokumentasi. Setelah mengikuti pelatihan, sebanyak 24 peserta atau 80% mampu mengoperasikan fungsi utama E-TENS, mulai dari menyiapkan atau memilih rekaman, menjalankan analisis, membaca keluaran dasar, hingga menggunakan hasilnya untuk memberikan umpan balik teknik. Capaian ini menunjukkan bahwa pelatihan E-TENS relevan dalam menjawab kebutuhan mitra dan efektif pada tingkat peningkatan keterampilan operasional, meskipun belum dapat langsung dimaknai sebagai bukti peningkatan performa atlet.

Keberhasilan tersebut tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan aplikasi, tetapi juga oleh desain pelatihan yang menggabungkan penyampaian materi, tutorial, demonstrasi, praktik berulang, diskusi, dan pendampingan langsung. Pendekatan bertahap memungkinkan peserta mempelajari teknologi melalui permasalahan yang benar-benar mereka hadapi dalam kegiatan latihan. Peserta tidak ditempatkan sebagai penerima informasi pasif, melainkan sebagai pengguna yang mencoba aplikasi, menemukan kesalahan, memperoleh umpan balik, dan memperbaiki cara penggunaannya. Hal ini penting karena Stodter dan Cushion (2019) menemukan bahwa pendidikan pelatih dapat meningkatkan pengetahuan, tetapi perubahan pengetahuan tidak selalu langsung diikuti perubahan perilaku kepelatihan. Dengan demikian, praktik kontekstual dan pendampingan diperlukan untuk memperkecil kesenjangan antara pengetahuan dan penerapan dalam pekerjaan sehari-hari.

Hasil tersebut juga memperlihatkan bahwa latar belakang pengalaman teknologi yang terbatas tidak selalu menjadi penghalang permanen bagi pelatih. Sebagian besar peserta dapat menguasai fungsi dasar E-TENS setelah memperoleh contoh yang jelas dan kesempatan praktik berulang. Temuan ini relevan dengan penelitian Myrza Akbari et al., (2024)) yang menunjukkan bahwa pemahaman tenaga pendidik olahraga terhadap media visual dan audiovisual dapat lebih tinggi dibandingkan keterampilan penggunaan komputer dan internet. Artinya, pengenalan teknologi olahraga tidak cukup hanya menjelaskan manfaat aplikasi, tetapi perlu menyertakan latihan teknis mengenai perekaman, pengunggahan, pengolahan, dan interpretasi data. Oleh karena itu, peningkatan kompetensi digital pelatih harus dipandang sebagai proses pembelajaran yang memerlukan latihan, dukungan, dan monitoring secara berkelanjutan.

Secara substantif, E-TENS memberikan nilai tambah karena dapat menghasilkan informasi yang lebih terukur dibandingkan pengamatan visual semata. Estimasi sudut siku, bahu, pinggul, lutut, dan pergelangan kaki dapat membantu pelatih memperjelas bagian gerakan yang belum efisien. Informasi kecepatan pukulan juga dapat digunakan untuk membandingkan hasil teknik antarpercobaan atau antarperiode latihan. Dalam konteks ini, data digital tidak menggantikan pengalaman dan intuisi pelatih, tetapi memperkuat dasar pemberian umpan balik. Ardiyanto dan Widiyanto (2019) menegaskan bahwa biomekanika olahraga berfungsi menjembatani teori gerak dengan kebutuhan praktis untuk meningkatkan performa atlet. Penelitian Irmawati et al., (2020) juga menunjukkan bahwa video dan perangkat lunak analisis gerak dapat menghasilkan data sudut persendian dan posisi tubuh yang berguna untuk mengevaluasi keterampilan olahraga secara lebih sistematis.

Penggunaan keluaran E-TENS juga berpotensi meningkatkan kualitas komunikasi antara pelatih dan atlet. Umpan balik yang sebelumnya disampaikan dalam bentuk instruksi verbal dapat diperkuat dengan visualisasi gerakan dan angka hasil pengukuran. Atlet dapat melihat bagian tubuh yang perlu diperbaiki, sedangkan pelatih dapat menjelaskan alasan pemberian latihan korektif secara lebih konkret. Penelitian Mubar et al., (2024) menunjukkan bahwa media video dalam pembelajaran keterampilan olahraga dapat menjadi sarana yang praktis dan efektif karena gerakan dapat ditampilkan, diamati kembali, dan dipelajari secara bertahap. Dengan demikian, E-TENS tidak hanya berfungsi sebagai instrumen pengukuran, tetapi juga dapat dikembangkan menjadi media refleksi teknik bagi pelatih dan atlet.

Hasil kegiatan ini sejalan dengan perkembangan teknologi markerless motion capture dan kecerdasan buatan dalam olahraga. Sistem tersebut menggunakan video, computer vision, dan

DOI: https://doi.org/10.31849/dinamisia.v10i5.34610

algoritma pembelajaran mesin untuk mendeteksi posisi tubuh tanpa memasang penanda fisik pada atlet. K. Song et al., (2023); S. Song et al., (2024)) menemukan bahwa hasil analisis markerless motion capture memiliki kesesuaian yang baik dengan sistem berbasis penanda untuk sudut pergelangan kaki dan lutut pada sejumlah gerakan, meskipun perbedaan yang lebih besar masih ditemukan pada pengukuran pinggul dan gerakan berkecepatan tinggi. Dalam cabang tenis, Wu et al. (2022) menunjukkan bahwa kombinasi sensor dan machine learning dapat digunakan untuk mengklasifikasikan jenis pukulan serta memberikan evaluasi keterampilan secara real-time. Temuan tersebut memperkuat dasar ilmiah bahwa teknologi digital berpotensi mendukung analisis teknik dan pemberian umpan balik dalam pembinaan tenis.

Kemudahan penggunaan perangkat bergerak juga membuka peluang perluasan akses analisis biomekanika di luar laboratorium. Turner et al., (2024) melaporkan bahwa sistem markerless berbasis telepon pintar dapat menghasilkan kesesuaian yang tinggi untuk gerakan pinggul dan lutut pada bidang sagital, dengan rata-rata kesalahan keseluruhan sekitar 3,85 derajat. Namun, kesesuaiannya lebih rendah pada bidang frontal dan transversal. Temuan tersebut menunjukkan bahwa sistem berbiaya rendah dapat memperluas penggunaan analisis gerak, tetapi ketepatannya tidak sama untuk seluruh sendi, bidang gerak, dan jenis aktivitas. Oleh karena itu, E-TENS dapat dipandang sebagai bagian dari proses demokratisasi teknologi analisis olahraga karena membawa praktik evaluasi berbasis data ke tingkat daerah, tetapi hasilnya tetap perlu ditafsirkan sesuai batas kemampuan sistem.

Pembahasan terhadap capaian 80% juga harus dilakukan secara proporsional. Persentase tersebut menunjukkan kemampuan peserta mengoperasikan aplikasi setelah pelatihan, bukan validitas atau reliabilitas hasil pengukuran E-TENS. Kemampuan mengunggah video dan membaca angka tidak secara otomatis membuktikan bahwa seluruh keluaran aplikasi telah setara dengan pengukuran laboratorium. Reis et al., 2024a) menegaskan bahwa penerapan kecerdasan buatan dalam olahraga memiliki potensi untuk meningkatkan analisis performa, personalisasi latihan, dan pencegahan cedera, tetapi masih menghadapi tantangan kualitas data, kompleksitas performa olahraga, interpretasi hasil, serta persoalan teknis dan etis. Oleh karena itu, hasil E-TENS sebaiknya digunakan sebagai data pendukung keputusan pelatih dan dikombinasikan dengan pengamatan langsung, kondisi atlet, tujuan latihan, dan konteks pelaksanaan gerakan.

Keandalan keluaran aplikasi juga dipengaruhi oleh prosedur pengambilan video. Posisi kamera, jarak perekaman, pencahayaan, resolusi video, pakaian, kecepatan gerakan, dan tertutupnya bagian tubuh dapat memengaruhi kemampuan sistem mendeteksi titik-titik tubuh. Horsak et al., (2024) menemukan bahwa sistem markerless berbasis telepon pintar mempunyai potensi penggunaan yang baik, tetapi beberapa variabel masih memiliki nilai perubahan minimum yang relatif tinggi sehingga membutuhkan kehati-hatian dalam menilai perubahan kecil. Armitano-Lago et al., (2022) juga menjelaskan bahwa keterjangkauan dan kemudahan penggunaan menjadi kekuatan teknologi markerless, sedangkan konfigurasi kamera, kompleksitas gerakan, kualitas gambar, kebutuhan komputasi, dan kondisi lingkungan masih menjadi keterbatasan. Implikasinya, pelatih E-TENS perlu mengikuti prosedur perekaman yang konsisten agar perbandingan hasil antarsesi menjadi lebih dapat dipercaya`

4. KESIMPULAN

Pelatihan E-TENS berhasil meningkatkan kompetensi digital 30 pelatih tenis di Jawa Tengah yang pada kondisi awal masih memiliki pengalaman terbatas dalam penggunaan teknologi analisis biomekanika. Setelah mengikuti pelatihan, sebanyak 24 peserta atau 80% mampu mengoperasikan fungsi utama E-TENS secara efektif, mulai dari merekam atau memilih video, menjalankan proses analisis, membaca keluaran dasar, hingga memanfaatkan hasilnya sebagai dasar pemberian umpan balik teknik kepada atlet. Keberhasilan kegiatan didukung oleh strategi pelatihan yang memadukan tutorial, demonstrasi, praktik berulang, dan pendampingan langsung sehingga teknologi tidak hanya diperkenalkan, tetapi juga dipahami dan diterapkan sebagai alat kerja pelatih. Meskipun demikian, program ini masih memiliki keterbatasan berupa

ketergantungan pada jaringan internet, sensitivitas hasil terhadap kualitas perekaman, serta belum dilakukannya validasi aplikasi menggunakan sistem motion capture laboratorium. Oleh karena itu, pengembangan berikutnya perlu diarahkan pada penyediaan mode luring, penyimpanan riwayat perkembangan atlet, fasilitas ekspor data, penambahan analisis jenis pukulan lain, pendampingan berkelanjutan, serta pengujian validitas, reliabilitas, kepraktisan, dan efektivitas aplikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Semarang atas dukungan terhadap program pengabdian kepada masyarakat serta kepada Pengprov PELTI Jawa Tengah dan seluruh pelatih peserta yang telah berpartisipasi aktif dalam pelatihan, praktik, evaluasi, dan pemberian masukan untuk pengembangan E-TENS.

DAFTAR PUSTAKA

Andi Hidayatul Fadlilah, Andi Auliya Rahmadhani, Irawati, I., Septa Diana Nabella, Nurmayunita, N., Yandra Rivaldo, Widya Ayu Kusuma Wati, & Alya Puspita Marpaung. (2026). Financial Management Training Housewives and Fishermen in Bulang Lintang Village, Bulang District, Batam City. *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *10*(4), 1340–1346. https://doi.org/10.31849/dinamisia.v10i4.33538

Armitano-Lago, C., Willoughby, D., & Kiefer, A. W. (2022). A SWOT Analysis of Portable and Low-Cost Markerless Motion Capture Systems to Assess Lower-Limb Musculoskeletal Kinematics in Sport. *Frontiers in Sports and Active Living*, *3*. https://doi.org/10.3389/fspor.2021.809898

Fleisig, G. S., Slowik, J. S., Wassom, D., Yanagita, Y., Bishop, J., & Diffendaffer, A. (2024). Comparison of marker-less and marker-based motion capture for baseball pitching kinematics. *Sports Biomechanics*, *23*(12), 2950–2959. https://doi.org/10.1080/14763141.2022.2076608

Handoyo, E., Wasiono, & Wijayanti, T. (2025). Penguatan Budaya Integritas melalui Edukasi Anti-Korupsi bagi Siswa SMA Institut Indonesia Semarang. *Advances In Education Journal* , *2*(1).

Handoyo, E., Wijayanti, T., Irawan, H., Khomsani, I., & Hermawan, D. (2021). Penguatan Karakter Anti Korupsi Bagi Lurah di Kecamatan Gunung Pati Kota Semarang. *Abdimas*, *25*(2). https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/abdimas/

Horsak, B., Kainz, H., & Dumphart, B. (2024). Repeatability and minimal detectable change including clothing effects for smartphone-based 3D markerless motion capture. *Journal of Biomechanics*, *175*, 112281. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2024.112281

Huang, C. Y., & Hsieh, L.-C. (2025). *Enhancing Tennis Serve Performance Through AI Video Analysis: Acceleration and Accuracy Optimization*. https://doi.org/10.20944/preprints202504.1276.v1

Ikenaga, M., Okuma, N., Nishiyama, H., Chiba, S., Nishino, K., Omori, G., & Nunome, H. (2020a). Influence of Ball Impact Location on Racquet Kinematics, Forearm Muscle Activation and Shot Accuracy during the Forehand Groundstrokes in Tennis. *The 13th Conference of the International Sports Engineering Association*, 89. https://doi.org/10.3390/proceedings2020049089

Ikenaga, M., Okuma, N., Nishiyama, H., Chiba, S., Nishino, K., Omori, G., & Nunome, H. (2020b). Influence of Ball Impact Location on Racquet Kinematics, Forearm Muscle Activation and Shot Accuracy during the Forehand Groundstrokes in Tennis. *The 13th Conference of the International Sports Engineering Association*, 89. https://doi.org/10.3390/proceedings2020049089

Irawan, R., Azam, M., Rahayu, S., Setyawati, H., Soedjatmiko, Adi S, Priyono, B., & Nugroho, A. (2023). Biomechanical Motion of the Tennis Forehand Stroke: Analyzing the Impact on the Ball Speed Using Biofor Analysis Software. *Physical Education Theory and Methodology*, *23*(6), 918–924. https://doi.org/10.17309/tmfv.2023.6.14

Irmawati, D. A., Kresnapati, P., & Isna, Muh. (2020). Analisis Biomekanika Keterampilan Gerak Topspin Tenis Meja pada Klub Alaska Kota Pekalongan. *Journal of Sport Coaching and Physical Education*, *5*(2), 103–108. https://doi.org/10.15294/jscpe.v5i2.37070

Izza, N., & Rezki, S. H. (2026). Training on Strawberry Cultivation and Utilization as an Additive Ingredient in Toothpaste Production. *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *10*(4), 1128–1139. https://doi.org/10.31849/dinamisia.v10i4.19067

Lam, W. W. T., & Fong, K. N. K. (2024). Validity and Reliability of Upper Limb Kinematic Assessment Using a Markerless Motion Capture (MMC) System: A Pilot Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *105*(4), 673-681.e2. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2023.10.018

Lambrich, J., & Muehlbauer, T. (2023). Plantar pressure is changed to increase post-impact ball speed during longline forehand and backhand groundstroke in elite female tennis players. *Frontiers in Sports and Active Living*, *5*. https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1165628

Martin, C., Sorel, A., Touzard, P., Bideau, B., Gaborit, R., DeGroot, H., & Kulpa, R. (2021). Influence of the forehand stance on knee biomechanics: Implications for potential injury risks in tennis players. *Journal of Sports Sciences*, *39*(9), 992–1000. https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1853335

Mubar, M. Y. Y., Arnidah, A., Hasyim, N., & Hakim, A. (2024). Feasibility of volleyball technics video in physical education for senior high school. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan* , *11*(1).

Myrza Akbari, Rahmati, Razali, Misran, & Myrna Lestari. (2024). Elementary School Physical Education Teachers' Understanding of Technology-Based Physical Education Learning Media. *ACTIVE: Journal of Physical Education, Sport, Health and Recreation*, *13*(3), 598–604. https://doi.org/10.15294/active.v13i3.30184

Prawenti, H., Fitriyani, E., Chrisnawati, Y., Jannah, R. M., Ismaili, A. F., Istikomah, H., Arfianto, N., Wajdi, B. A., Kurniawan, A. W., Emilia, V. M., Mahendra, I. A. M., Rafid, H. N., Kholafin, S. E., Hanifah, N., & Handayani, M. C. (2026). Increasing Disaster Preparedness Through Education and Mitigation Simulation at SMPN 2 Magelang. *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *10*(4), 1254–1260. https://doi.org/10.31849/dinamisia.v10i4.32235

Reis, F. J. J., Alaiti, R. K., Vallio, C. S., & Hespanhol, L. (2024a). Artificial intelligence and Machine Learning approaches in sports: Concepts, applications, challenges, and future perspectives. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, *28*(3), 101083. https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2024.101083

Reis, F. J. J., Alaiti, R. K., Vallio, C. S., & Hespanhol, L. (2024b). Artificial intelligence and Machine Learning approaches in sports: Concepts, applications, challenges, and future perspectives. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, *28*(3), 101083. https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2024.101083

Rizkiawan, M. A., Kuniawan, E., Avista, Z., Ajitomo, D. S., Witanto, Y., & Yattaqi, M. A. L. (2026). Implementation of Smart Building Monitoring Temperature and Humidity Based on IoT Web at PT. MINORI. *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *10*(4), 1180–1188. https://doi.org/10.31849/dinamisia.v10i4.29062

Song, K., Hullfish, T. J., Scattone Silva, R., Silbernagel, K. G., & Baxter, J. R. (2023). Markerless motion capture estimates of lower extremity kinematics and kinetics are comparable to marker-based across 8 movements. *Journal of Biomechanics*, *157*, 111751. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2023.111751

Song, S., Tabares, E., Ishdorj, A., Crews, M., & Dave, J. (2024). The Quality of Lunches Brought from Home to School: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Advances in Nutrition*, *15*(8), 100255. https://doi.org/10.1016/j.advnut.2024.100255

Stodter, A., & Cushion, C. J. (2019). Evidencing the impact of coaches' learning: Changes in coaching knowledge and practice over time. *Journal of Sports Sciences*, *37*(18), 2086–2093. https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1621045

Turner, J. A., Chaaban, C. R., & Padua, D. A. (2024). Validation of OpenCap: A low-cost markerless motion capture system for lower-extremity kinematics during return-to-sport tasks. *Journal of Biomechanics*, *171*, 112200. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2024.112200

Utomo, A. W. B., Ashari, M. I., & Septianingrum, K. (2025). Evaluating the Effectiveness of Technology in Sports Injury Prevention: A Systematic Review. *Jurnal Porkes*, *8*(2), 919–931. https://doi.org/10.29408/porkes.v8i2.30357

Weriono, W., Lusi Dwi Putri, Muhammad Toyeb, Eni Suhesti, Hadinoto, H., Monice, M., Imbardi, I., Repi, R., Ardian Hanif, Amanda Rosetia, & Yose Rizal. (2026). Dissemination of a Sago Rasping Machine to Improve the Productivity of MSMEs in Bengkalis. *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *10*(4), 1115–1120. https://doi.org/10.31849/dinamisia.v10i4.34636

Wijayanti, T., Masrukhi, & Irawan, H. (2025). Implementasi Pendekatan Deep Learning Melalui Model Digital Citizenship Character Habituation. *Jurnal Wahana Sekolah Dasar*, *33*(2).

Wijayanti, T., Masrukhi, Irawan, H., & Suyahmo. (2025). Penguatan Karakter Cinta Damai Bagi Generasi Muda dalam Mewujudkan Lingkungan Aman dan Nyaman di Desa Gogik. *ASPIRASI: Publikasi Hasil Pengabdian Dan Kegiatan Masyarakat*, *1*(1).

Wu, M., Fan, M., Hu, Y., Wang, R., Wang, Y., Li, Y., Wu, S., & Xia, G. (2022). A real-time tennis level evaluation and strokes classification system based on the Internet of Things. *Internet of Things*, *17*, 100494. https://doi.org/10.1016/j.iot.2021.100494