



PENERAPAN ILMU BIOMEKANIKA OLAHRAGA DALAM PENINGKATAN PERFORMA ATLET: PENGUATAN KOMPETENSI PRAKTISI DAN AKADEMISI DI LABORATORIUM SPORTS SCIENCE

**Safina Azzahra^{1*}, Bambang Kridasuwarto², Suratmin³, Tommy Soenyoto⁴,
Abdul Aziz Hakim⁵**

^{1,4}Universitas Negeri Semarang, Indonesia

²Universitas Negeri Jakarta, Indonesia

³Universitas Pendidikan Ganesha, Indonesia

⁵Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

*Korespondensi : safinaazzh@students.unnes.ac.id

ABSTRACT

This community service activity aims to enhance the competencies of sports practitioners and academics in understanding and applying the science of biomechanics to support improvements in athlete performance through the use of technology at the Sports Science Laboratory. The method employed was a participatory observation approach. The activity was held over two days and involved 30 participants from various universities in Indonesia. The first day of the event consisted of three sessions: a presentation on the benefits of biomechanics for coaches, academics, and sports instructors; sports motion modeling using Artificial Intelligence (AI) and Computer Fusion; and the theory of biomechanical feedback in sports skill acquisition. Each session lasted 75 minutes, comprising 45 minutes of presentation and 30 minutes of discussion, with an active participant engagement rate of 16.7%. The second day focused on demonstrations and hands-on practice with biomechanical instruments, including a body analyzer, 3D motion analysis, gait analysis, electromyography (EMG), Smart Speed, Contemplas CMJ, HumanTrak, and APECS. The results of the activity showed that the combination of lecture-based instruction and laboratory practice was effective in strengthening participants' understanding of motion analysis, the interpretation of biomechanical data, and the application of technology in performance evaluation and injury prevention for athletes. However, this activity still had limitations regarding the number of participants and did not utilize standardized evaluation instruments. Therefore, similar activities need to be developed with a broader participant base and more comprehensive evaluation methods.

Keywords: sports biomechanics, sports science laboratory, motion analysis, athlete performance

ABSTRAK

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan kompetensi praktisi dan akademisi olahraga dalam memahami serta menerapkan ilmu biomekanika guna mendukung peningkatan performa atlet melalui pemanfaatan teknologi di Laboratorium *Sports Science*. Metode yang digunakan dengan pendekatan observasi partisipatif. Kegiatan dilaksanakan selama dua hari dan melibatkan 30 peserta dari berbagai perguruan tinggi di Indonesia. Hari pertama kegiatan dilaksanakan dalam tiga sesi, yaitu penyampaian materi mengenai manfaat biomekanika bagi pelatih, akademisi, dan pembina olahraga, pemodelan gerak olahraga berbasis *Artificial Intelligence (AI)* dan *Computer Fusion*, serta teori *biomechanical feedback* pada *sport skill acquisition*. Setiap sesi berlangsung selama 75 menit yang terdiri atas 45 menit penyampaian materi dan 30 menit diskusi, dengan tingkat partisipasi aktif peserta sebesar 16,7%. Hari kedua difokuskan pada demonstrasi dan praktik penggunaan instrumen biomekanika, meliputi *body analyzer*, *3D motion analysis*, *gait analysis*, *electromyography (EMG)*, *smart speed*, *Contemplas CMJ*, *HumanTrak*, dan *APECS*. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa kombinasi antara penyampaian materi dan praktik laboratorium mampu memperkuat pemahaman peserta mengenai analisis gerak, interpretasi data biomekanika, serta penerapan teknologi dalam evaluasi performa dan pencegahan cedera atlet. Meskipun demikian, kegiatan ini masih memiliki keterbatasan pada jumlah peserta dan belum menggunakan instrumen evaluasi terstandar. Oleh karena itu, kegiatan serupa perlu dikembangkan dengan cakupan peserta yang lebih luas dan metode evaluasi yang lebih komprehensif.

Kata Kunci: biomekanika olahraga, laboratorium *sports science*, analisis gerak, performa atlet



PENDAHULUAN

Kebutuhan akan pembinaan atlet yang optimal telah meningkat. Proses pembinaan masa kini membutuhkan pendekatan berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi sports science daripada hanya mengandalkan kemampuan teknik dan taktik seperti sebelumnya (Yeadon & Pain, 2023). Komponen fisiologis, biomekanis, psikologis, dan teknis membentuk performa atlet, yang perlu dievaluasi secara sistematis dan objektif untuk mendukung pengambilan keputusan selama latihan dan pertandingan (Souaifi et al., 2025). Dalam konteks ini, biomekanika olahraga sebagai ilmu yang menganalisis gerakan atlet berdasarkan prinsip mekanika seperti pola gerak, gaya, kecepatan, keseimbangan, koordinasi, dan efisiensi teknik sehingga dapat memberikan informasi yang relevan dalam menunjang performa (Adlou et al., 2025; Forte et al., 2021). Berbagai kalangan atlet elite mulai menggunakan teknologi berbasis biomekanika (Mohammad et al., 2024). Namun, untuk memanfaatkan data kinematik dan kinetik secara efektif, diperlukan pemahaman yang baik tentang bagaimana informasi hasil analisis dapat diterjemahkan menjadi strategi untuk meningkatkan teknik dan performa (Glazier, 2021). Kemampuan dalam menginterpretasikan data menjadi semakin penting seiring dengan berkembangnya teknologi analisis biomekanika yang menghasilkan informasi gerak secara lebih kompleks dan terperinci (Vec et al., 2024).

Perkembangan teknologi analisis dalam biomekanika, memungkinkan gerakan yang ukur menggunakan kemajuan teknologi sensor yang dilengkapi dengan hasil analisis digital sehingga memperluas cakupan informasi yang didapatkan dalam sekali pengambilan data (Gonzalez-Millan et al., 2024) (Tai et al., 2023). Penelitian terdahulu mengenai analisa mekanika gerak menghasilkan faktor faktor yang mempengaruhi performa sekaligus menghasilkan pencegahan dan rekomendasi strategi latihan yang spesifik untuk diterapkan (Vancini et al., 2023). Lingkup biomekanika juga mencakup evaluasi berdasar konsep gerak secara ilmiah (Penichet-Tomas, 2024). Perkembangan ini menunjukkan bahwa analisis biomekanika tidak hanya berfungsi sebagai alat pengukuran, tetapi juga menjadi bagian penting dalam proses evaluasi dan pengambilan keputusan berbasis data pada olahraga prestasi (Forte, 2026). Penerapan analisis biomekanika yang semakin kompleks juga menuntut kemampuan untuk memahami hubungan antara variabel biomekanis dan performa agar hasil pengukuran dapat diterjemahkan secara tepat ke dalam strategi latihan yang sesuai dengan kebutuhan atlet (Doyle et al., 2022). Maka dari itu penguasaan ilmu biomekanika menjadi kompetensi penting bagi praktisi dan akademisi olahraga agar hasil analisis gerak dapat diinterpretasikan secara tepat dan diterjemahkan menjadi rekomendasi yang aplikatif untuk meningkatkan efisiensi teknik, mengoptimalkan performa, serta mendukung kesehatan dan keberlanjutan karier atlet (Nugroho et al., 2025).

Penguatan kompetensi memerlukan lingkungan yang mampu mengintegrasikan pemahaman teoritis dengan pengalaman praktik, sehingga proses analisis dan interpretasi data biomekanika tersaji secara kontekstual. Laboratorium *Sports Science* memiliki peran strategis dalam mendukung penerapan ilmu biomekanika olahraga. Ketersediaan alat dalam laboratorium menyongsong berhasilnya penelitian secara komprehensif karena sudah teruji validitasnya oleh ahli biomekanika itu sendiri (Zeng et al., 2022). Proses analisa gerak dalam ruangan meminimalisir gangguan eksternal sehingga data yang didapatkan menjadi lebih akurat (Song et al., 2023). Dengan demikian, laboratorium *Sports Science* tidak hanya berfungsi sebagai fasilitas penelitian, tetapi juga dapat menjadi ruang transfer pengetahuan dan keterampilan yang mempertemukan pemahaman ilmiah dengan kebutuhan praktis di lapangan (Penichet-Tomas, 2024). Penguatan kapasitas praktisi dan akademisi melalui kegiatan pembelajaran dan praktik analisis biomekanika di laboratorium menjadi penting agar hasil pengukuran dapat dipahami dan diterjemahkan secara tepat ke dalam evaluasi teknik, pemantauan performa, serta upaya



optimalisasi kemampuan atlet (Leddy et al., 2024). Kesenjangan kompetensi tersebut juga terlihat dalam penerapan teknologi analisis performa, ketika keterbatasan waktu, jumlah staf, dan kemampuan teknis menjadi faktor yang dapat menghambat pemanfaatan teknologi secara optimal dalam lingkungan pembinaan atlet (Davidson et al., 2024)

Melihat perkembangan teknologi biomekanika dan analisis performa olahraga semakin pesat, penerapannya dalam lingkungan olahraga praktis masih menghadapi tantangan, terutama dalam mengoptimalkan pemanfaatan teknologi dan data yang dihasilkan untuk mendukung proses pengambilan Keputusan (Mohammad et al., 2024). Namun, keberadaan teknologi tersebut membutuhkan kemampuan pengguna untuk memahami prosedur pengukuran dan karakteristik data yang dihasilkan agar informasi biomekanika dapat dimanfaatkan secara tepat dalam konteks olahraga. Penelitian (Davidson et al., 2024) mengenai persepsi praktisi sepak bola profesional menunjukkan bahwa penerapan teknologi analisis performa dalam lingkungan akademi olahraga melibatkan berbagai pertimbangan praktis dalam proses pemantauan karakteristik teknis dan taktis pemain. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi analisis performa tidak hanya berkaitan dengan ketersediaan perangkat, tetapi juga membutuhkan pemahaman mengenai cara penggunaan dan penerapan informasi yang dihasilkan dalam konteks pembinaan atlet.

Kegiatan pengabdian ini penting dilakukan sebagai upaya menjembatani perkembangan ilmu dan teknologi biomekanika dengan kebutuhan penerapannya di lapangan, sehingga praktisi dan akademisi tidak hanya memahami biomekanika secara teoritis, tetapi juga memiliki keterampilan dalam memanfaatkan hasil analisis untuk mengevaluasi teknik gerak dan mendukung peningkatan performa atlet. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dan kompetensi praktisi serta akademisi dalam penerapan ilmu biomekanika olahraga melalui kegiatan pembelajaran dan praktik langsung di *Laboratorium Sports Science*. Melalui kegiatan ini, peserta diharapkan mampu memahami prinsip dasar analisis biomekanika, mengenal dan mengoperasikan instrumen pengukuran, serta menginterpretasikan hasil analisis gerak sebagai dasar dalam evaluasi teknik dan penyusunan rekomendasi yang aplikatif untuk mendukung optimalisasi performa atlet.

METODE

Kegiatan pengabdian ini menggunakan metode observasi partisipatif untuk memperoleh gambaran mengenai pelaksanaan dan keterlibatan peserta dalam penerapan ilmu biomekanika olahraga di *Laboratorium Sports Science*. Pendekatan observasi partisipatif dilakukan dengan melibatkan pengabdian secara langsung dalam proses kegiatan untuk mengamati respons, keterlibatan, dan kemampuan peserta selama penyampaian materi serta praktik analisis biomekanika (Zulkifli & Danis, 2022). Pengabdian ini dilaksanakan di 2 tempat yakni kegiatan pertama dilaksanakan pada tanggal 08 Juli 2026 yang bertempat di Hotel Normans, dilanjutkan tanggal 09 Juli 2026 di *Laboratorium Biomekanika Olahraga*, Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang. Kegiatan ini diikuti oleh 30 peserta yang terdiri dari akademisi dan praktisi dari Perguruan Tinggi Negeri dan Swasta.

Dalam pelaksanaannya, observasi dilakukan selama rangkaian kegiatan workshop yang meliputi penyampaian materi, demonstrasi penggunaan instrumen biomekanika, praktik pengambilan data, dan interpretasi hasil analisis gerak. Data hasil observasi dan evaluasi kegiatan selanjutnya dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan tingkat keterlibatan peserta serta pemahaman dan keterampilan yang diperoleh selama kegiatan. Penggunaan observasi secara sistematis dalam konteks aktivitas olahraga juga memungkinkan peneliti atau pengabdian memperoleh informasi yang lebih kontekstual mengenai proses pembelajaran dan praktik yang berlangsung di lapangan (Moon et al., 2023). Dengan demikian, metode ini diharapkan dapat memberikan gambaran secara objektif mengenai



pelaksanaan kegiatan sekaligus memperlihatkan ketercapaian penguatan kompetensi praktisi dan akademisi dalam memahami dan menerapkan ilmu biomekanika olahraga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian pada hari pertama dilaksanakan dalam tiga sesi utama yang bertujuan untuk memperkuat pemahaman peserta mengenai penerapan biomekanika dalam bidang olahraga. Sesi pertama disampaikan oleh Dr. Bambang Kridasuwarmo, M.Pd. mengenai manfaat biomekanika bagi pelatih, akademisi, dan pembina olahraga. Materi ini menekankan pentingnya biomekanika sebagai dasar ilmiah dalam menganalisis gerakan, mengevaluasi teknik, serta menyusun program latihan yang efektif untuk meningkatkan performa atlet. Sesi kedua disampaikan oleh Dr. Ir. Yahya Heryadi, M.Sc., CDS, CDA, CDRAI dengan topik pemodelan gerak olahraga berbasis *Artificial Intelligence* (AI) dan *Computer Fusion* yang membahas perkembangan teknologi dalam analisis gerak serta pemanfaatannya untuk memperoleh data performa yang lebih objektif dan komprehensif. Selanjutnya, sesi ketiga disampaikan oleh Dr. Abdul Aziz Hakim, M.Or., AIFO-P mengenai teori *biomechanical feedback* pada *sport skill acquisition* yang menjelaskan peran umpan balik biomekanis dalam proses pembelajaran dan penyempurnaan keterampilan olahraga. Dari keseluruhan rangkaian kegiatan hari pertama, masing-masing sesi memiliki proporsi yang sama, yaitu sebesar 33,3% dari total materi yang diberikan, sehingga peserta memperoleh pemahaman yang seimbang antara konsep dasar biomekanika, perkembangan teknologi, dan implementasinya dalam peningkatan performa olahraga.



Gambar 1. Penyampaian Materi

Kegiatan tersebut diikuti oleh 30 peserta yang terdiri atas 25 dosen dan 5 mahasiswa dari berbagai perguruan tinggi di Indonesia. Dominasi peserta dari kalangan dosen menunjukkan tingginya kebutuhan akademisi terhadap penguatan kompetensi di bidang biomekanika olahraga, khususnya dalam mengintegrasikan perkembangan teknologi dengan proses pembelajaran, penelitian, dan pembinaan atlet. Setiap sesi berlangsung selama 75 menit yang terbagi atas 45 menit penyampaian materi dan 30 menit sesi diskusi serta tanya jawab. Berdasarkan hasil observasi partisipatif, rata-rata terdapat lima peserta aktif dalam setiap sesi diskusi atau sebesar 16,7% dari total peserta. Keaktifan peserta dalam sesi tanya jawab menunjukkan adanya antusiasme yang tinggi terhadap materi yang disampaikan, terutama terkait penerapan biomekanika dalam analisis performa, pemanfaatan teknologi



berbasis kecerdasan buatan, serta penggunaan *biomechanical feedback* dalam pengembangan keterampilan olahraga. Tingginya partisipasi peserta selama diskusi juga mengindikasikan bahwa transfer pengetahuan tidak hanya berlangsung secara satu arah, tetapi berkembang menjadi proses interaksi ilmiah yang memungkinkan terjadinya pertukaran pengalaman dan pemahaman antara pemateri, dosen, dan mahasiswa.



Gambar 2. Pengenalan Alat Laboratorium Biomekanika Olahraga FIK UNNES.

Kegiatan pengabdian pada hari kedua dilanjutkan dengan sesi demonstrasi dan praktik yang dilaksanakan di Laboratorium Biomekanika Olahraga dengan pemateri Fajar Awang Irawan, S.Si., M.Pd., Ph.D. Sesi ini dirancang untuk memperkuat pemahaman konseptual yang telah diperoleh peserta pada hari pertama melalui pengalaman praktik secara langsung menggunakan berbagai instrumen biomekanika. Demonstrasi diawali dengan pengenalan fungsi, prinsip kerja, serta penerapan delapan perangkat yang digunakan dalam analisis performa olahraga, meliputi *body analyzer*, sistem analisis gerak tiga dimensi (*3D motion analysis*), *gait analysis*, *electromyography* (EMG), *smart speed*, *Contemplas Counter Movement Jump* (CMJ), *HumanTrak*, dan *APECS*. Melalui pengenalan instrumen tersebut, peserta memperoleh pemahaman mengenai pemanfaatan teknologi biomekanika dalam mengukur komposisi tubuh, menganalisis pola gerak, mengevaluasi aktivitas otot, mengukur kecepatan, mengidentifikasi kemampuan eksplosif, serta menganalisis postur dan keseimbangan tubuh atlet.



Gambar 3. Simulasi Penggunaan Alat Human Trak

Pelaksanaan demonstrasi melibatkan seluruh peserta secara aktif melalui sesi praktik secara bergiliran pada setiap instrumen yang tersedia. Dari total 30 peserta, setiap alat digunakan oleh empat peserta dalam satu giliran sehingga seluruh peserta memperoleh kesempatan untuk mencoba dan memahami prosedur pengoperasian alat secara langsung. Berdasarkan fungsinya, sebanyak 25% instrumen digunakan untuk mengevaluasi aspek fisiologis dan neuromuskular (*body analyzer* dan EMG), 37,5% instrumen digunakan untuk menganalisis karakteristik gerak dan postur tubuh (*3D motion analysis*, *gait analysis*, *HumanTrak*, dan APECS), sedangkan 37,5% instrumen lainnya digunakan untuk mengevaluasi performa fisik (*smart speed*, *Contemplas CMJ*, dan *HumanTrak*) (Zhu et al., 2026). Pembagian tersebut menunjukkan bahwa kegiatan praktik tidak hanya berfokus pada satu komponen performa, tetapi mencakup berbagai aspek yang saling berkaitan dalam analisis biomekanika olahraga (Asiegbu, 2025).



Gambar 4. Simulasi Penggunaan Alat Body Analyzer.

Penggunaan *body analyzer* memberikan informasi mengenai komposisi tubuh atlet, sedangkan EMG digunakan untuk mengidentifikasi pola aktivasi otot selama melakukan gerakan tertentu. Sistem *3D motion analysis*, *gait analysis*, *HumanTrak*, dan *APECS* memungkinkan peserta memahami karakteristik kinematika, pola berjalan, keseimbangan, serta keselarasan postur tubuh yang berhubungan dengan efisiensi gerak dan potensi risiko cedera (Suo et al., 2024). Sementara itu, *smart speed* dan *Contemplas CMJ* digunakan untuk mengevaluasi komponen kecepatan, daya ledak, dan performa neuromuskular yang menjadi faktor penting dalam olahraga prestasi. Pola praktik tersebut memungkinkan terjadinya interaksi yang lebih intensif antara peserta dan pematari, terutama dalam memahami tahapan pengambilan data, pengoperasian perangkat, serta interpretasi hasil pengukuran.

Keterlibatan peserta dalam praktik laboratorium menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*) menjadi salah satu pendekatan yang efektif dalam memperkuat kompetensi praktisi dan akademisi, karena peserta tidak hanya memperoleh pemahaman teoritis, tetapi juga pengalaman teknis dalam menerapkan analisis biomekanika pada konteks olahraga. Selain itu, pembagian peserta ke dalam kelompok-kelompok kecil memberikan ruang diskusi yang lebih mendalam, sehingga proses transfer pengetahuan mengenai penerapan teknologi biomekanika dalam evaluasi, pencegahan cedera, dan peningkatan performa atlet dapat berlangsung secara lebih optimal.

SIMPULAN

Kegiatan pengabdian berhasil meningkatkan pemahaman dan kompetensi praktisi serta akademisi dalam penerapan biomekanika olahraga melalui penyampaian materi dan praktik laboratorium menggunakan berbagai instrumen analisis gerak. Keterbatasan kegiatan ini terletak pada jumlah peserta yang terbatas dan belum adanya pengukuran kuantitatif terkait peningkatan kompetensi peserta. Oleh



karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melibatkan sampel yang lebih besar serta menggunakan instrumen evaluasi yang terstandar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Ahli Biomekanika Olahraga Indonesia (ABOI) dan narasumber yang telah mendukung serangkaian kegiatan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Laboratorium Biomekanika Olahraga dan seluruh peserta yang terdiri atas dosen dan mahasiswa atas partisipasi aktif selama kegiatan berlangsung dan semoga dapat memberikan manfaat dalam pengembangan ilmu biomekanika olahraga serta peningkatan kompetensi praktisi dan akademisi di bidang olahraga.

DAFTAR REFERENSI

- Adlou, B., Wilburn, C., & Weimar, W. (2025). Motion Capture Technologies for Athletic Performance Enhancement and Injury Risk Assessment: A Review for Multi-Sport Organizations. *Sensors*, 25(14), 1–25. <https://doi.org/10.3390/s25144384>
- Asiegbu, A. (2025). Leveraging biomechanics and wearable technologies in sports for performance enhancement, injury prevention, and rehabilitation: A review. *International Journal of Physiology, Sports and Physical Education*, 7(1), 122–125. <https://doi.org/10.33545/26647710..v.i.117>
- Davidson, T. K., Barrett, S., Toner, J., & Towlson, C. (2024). Professional soccer practitioners' perceptions of using performance analysis technology to monitor technical and tactical player characteristics within an academy environment: A category 1 club case study. *PLoS ONE*, 19(3 March), 1–28. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298346>
- Doyle, E., Doyle, T. L. A., Bonacci, J., & Fuller, J. T. (2022). The Effectiveness of Gait Retraining on Running Kinematics, Kinetics, Performance, Pain, and Injury in Distance Runners: A Systematic Review With Meta-analysis. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 52(4), 192–206+A5. <https://doi.org/10.2519/jospt.2022.10585>
- Forte, P. (2026). Special Issue “Biomechanical Analysis in Physical Activity and Sports 2nd Edition.” *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 11(2), 2–4. <https://doi.org/10.3390/jfmk11020132>
- Forte, P., Neiva, H. P., & Marinho, D. A. (2021). Sports biomechanics: Monitoring health and performance. *Journal of Men's Health*, 17(4), 4–6. <https://doi.org/10.31083/jomh.2021.105>
- Glazier, P. S. (2021). Beyond animated skeletons: How can biomechanical feedback be used to enhance sports performance? *Journal of Biomechanics*, 129(September), 110686. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110686>
- Gonzalez-Millan, S., Illera-Dominguez, V., Toro-Roman, V., Fernandez-Valdes, B., Morral-Yepes, M., Albesa-Albiol, L., Buxade, C. P. C., & Caparros, T. (2024). Effects of adding dual-task or sport-specific task constraints to jump-landing tests on biomechanical parameters related to injury risk factors in team sports: a systematic review. *PeerJ*, 12(8). <https://doi.org/10.7717/peerj.17720>
- Leddy, C., Bolger, R., Byrne, P. J., Kinsella, S., & Zambrano, L. (2024). The application of Machine and Deep Learning for technique and skill analysis in swing and team sport-specific movement: A systematic review. *International Journal of Computer Science in Sport*, 23(1), 110–145. <https://doi.org/10.2478/ijcss-2024-0007>
- Mohammad, M., Koli, P., & Fatahi, A. (2024). *Sport Biomechanics Review Paper Modern Approaches in Sport Biomechanics : A Review Paper Sport Biomechanics Extended Abstract Ethical Considerations Compliance with ethical guidelines Funding*. 9(4). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.61186/JSportBiomech.9.4.284>
- Moon, J., Webster, C. A., Brian, A., Stodden, D. F., & Mulvey, K. L. (2023). Development of the system for observing virtual real time lessons in physical education (SOVRTL-PE): A tool to



- support preservice teachers' applied learning experiences. *Computers & Education*, 196, 104738. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104738>
- Nugroho, M. N. A., Rusdiana, A., & Suherman, A. (2025). Bibliometric Trend Analysis of Sports Biomechanics. *JTIKOR (Jurnal Terapan Ilmu Keolahragaan)*, 10(November), 101–115. <https://doi.org/10.17509/jtikor.v10i2>
- Penichet-Tomas, A. (2024). Applied Biomechanics in Sports Performance, Injury Prevention, and Rehabilitation. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/app142411623>
- 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, 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2023.111751>
- Souaifi, M., Dhahbi, W., Jebabli, N., Ceylan, H. İ., Boujabli, M., Muntean, R. I., & Dergaa, I. (2025). Artificial Intelligence in Sports Biomechanics: A Scoping Review on Wearable Technology, Motion Analysis, and Injury Prevention. *Bioengineering*, 12(8), 1–42. <https://doi.org/10.3390/bioengineering12080887>
- Suo, X., Tang, W., & Li, Z. (2024). Motion Capture Technology in Sports Scenarios: A Survey. *Sensors*, 24(9), 1–15. <https://doi.org/10.3390/s24092947>
- Tai, W. H., Zhang, R., & Zhao, L. (2023). Cutting-Edge Research in Sports Biomechanics: From Basic Science to Applied Technology. *Bioengineering*, 10(6), 2–5. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10060668>
- Vancini, R. L., Andrade, M. S., Lira, C. A. B., & Russomano, T. (2023). *Recent Advances in Biomechanics Research: Implications For Sports Performance dan Injury Prevention*. 1(3), 7–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.61838/kman.hn.1.3.2>
- Vec, V., Tomazic, S., Kos, A., & Umek, A. (2024). Trends in real-time artificial intelligence methods in sports: a systematic review. *Journal of Big Data*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-024-01026-0>
- Yeadon, M. R., & Pain, M. T. G. (2023). Fifty years of performance-related sports biomechanics research. *Journal of Biomechanics*, 155(May), 111666. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2023.111666>
- Zeng, Z., Liu, Y., Li, P., & Wang, L. (2022). Validity and reliability of inertial measurement units measurements for running kinematics in different foot strike pattern runners. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10(December), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1005496>
- Zhu, J., Ye, Z., Liu, R., & Liu, J. (2026). Inertial measurement units (IMUs) for biomechanical analysis in sport: a review of applications, challenges and future directions. *Sensor Review*, 46(1), 88–104. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/SR-04-2025-0261>
- Zulkifli, A. F., & Danis, A. (2022). Technology in physical education: Using movement analysis application to improve feedback on sports skills among undergraduate physical education students. *Social Sciences and Humanities Open*, 6(1), 100350. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2022.100350>