

## WEARABLE DEVICE DAN AI DALAM MONITORING BEBAN LATIHAN DAN RISIKO CEDERA: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Oleh

Mukharrar Fadjri<sup>1</sup>, Emayanti Anggraeni<sup>2</sup>, Muh.Mawardi<sup>3</sup>, Jusrianto As<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Universitas Pendidikan Muhammadiyah (Unimuda) Sorong

Email : <sup>1</sup>[mukharrarfadjri@um-sorong.ac.id](mailto:mukharrarfadjri@um-sorong.ac.id), <sup>2</sup>[emayanti@um-sorong.ac.id](mailto:emayanti@um-sorong.ac.id),

<sup>3</sup>[muhmawardi@um-sorong.ac.id](mailto:muhmawardi@um-sorong.ac.id), <sup>4</sup>[jusrianto@unimudasorong.ac.id](mailto:jusrianto@unimudasorong.ac.id)

### Article History:

Received: 21-11-2025

Revised: 17-12-2025

Accepted: 24-12-2025

### Keywords:

Wearable Device,  
Artificial Intelligence,  
Beban Latihan, Risiko  
Cedera, Monitoring  
Olahraga

**Abstract:** Perkembangan teknologi wearable device dan Artificial Intelligence (AI) telah membuka peluang baru dalam bidang ilmu keolahragaan, khususnya dalam monitoring beban latihan dan pencegahan risiko cedera. Wearable device memungkinkan pengukuran parameter fisiologis dan biomekanik secara objektif dan real-time, sementara AI berperan dalam menganalisis data yang kompleks untuk mengidentifikasi pola beban latihan dan memprediksi potensi cedera. Tujuan kajian ini adalah untuk mensintesis temuan dari 15 artikel ilmiah terkait pemanfaatan wearable device dan AI dalam monitoring beban latihan serta risiko cedera olahraga. Metode yang digunakan berupa studi literatur terhadap artikel bereputasi internasional yang membahas penggunaan sensor wearable, machine learning, dan deep learning dalam konteks olahraga. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi wearable device dan AI mampu meningkatkan akurasi pemantauan beban latihan, memperkuat prediksi risiko cedera, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam pengelolaan latihan. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada atlet elit, sehingga penerapan pada konteks pendidikan jasmani dan olahraga sekolah masih terbatas. Kesimpulannya, integrasi wearable device dan AI memiliki potensi besar dalam mengoptimalkan beban latihan dan mencegah cedera, serta memerlukan pengembangan lebih lanjut agar dapat diadaptasi secara luas pada berbagai populasi dan konteks pembinaan olahraga.

## PENDAHULUAN

Aktivitas fisik dan latihan olahraga yang dilakukan secara teratur memberikan manfaat signifikan bagi kesehatan, namun peningkatan intensitas dan volume latihan yang tidak terkontrol dapat meningkatkan risiko cedera muskuloskeletal. Beban latihan yang berlebihan tanpa pemantauan yang tepat sering dikaitkan dengan kelelahan, penurunan performa, serta cedera akut maupun kronis. Oleh karena itu, monitoring beban latihan menjadi aspek krusial dalam menjaga keseimbangan antara adaptasi fisiologis dan keselamatan individu dalam berbagai konteks aktivitas fisik dan olahraga (Gabbett et al., 2016; Yang, 2024).

Secara tradisional, pemantauan beban latihan dilakukan melalui metode subjektif seperti *rating of perceived exertion* (RPE) dan observasi pelatih, serta metode objektif yang bersifat periodik. Namun, pendekatan tersebut memiliki keterbatasan dalam menangkap respons fisiologis dan biomekanik tubuh secara real-time. Keterbatasan ini mendorong kebutuhan akan teknologi yang mampu memantau beban latihan secara kontinu dan akurat, khususnya untuk mendeteksi kelelahan dan potensi cedera sejak dini.

Perkembangan *wearable device* seperti *smartwatch*, *heart rate monitor*, dan sensor gerak (*inertial measurement unit*) memungkinkan pengumpulan data fisiologis dan mekanik secara terus-menerus selama aktivitas fisik (Dudek et al., 2025; Liu & Zhang, 2022). Teknologi ini telah banyak digunakan untuk mengukur beban internal (denyut jantung, HRV) dan beban eksternal (akselerasi, jarak tempuh, intensitas gerak). Penelitian menunjukkan bahwa *wearable device* memiliki reliabilitas yang baik dalam memantau respons latihan dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data (Baladaniya & Choudhary, 2025; Sperlich et al., 2020).

Seiring meningkatnya volume data yang dihasilkan oleh *wearable device*, Artificial Intelligence (AI), khususnya *machine learning*, menjadi solusi penting dalam menganalisis data kompleks tersebut. AI mampu mengidentifikasi pola non-linear yang tidak dapat ditangkap oleh analisis statistik konvensional, termasuk pola kelelahan dan faktor risiko cedera. Studi sebelumnya melaporkan bahwa model *machine learning* berbasis data *wearable* memiliki potensi tinggi dalam memprediksi cedera olahraga secara lebih akurat (Bahrul 'ulum & Widasari, 2025; Ramadhan et al., 2024).

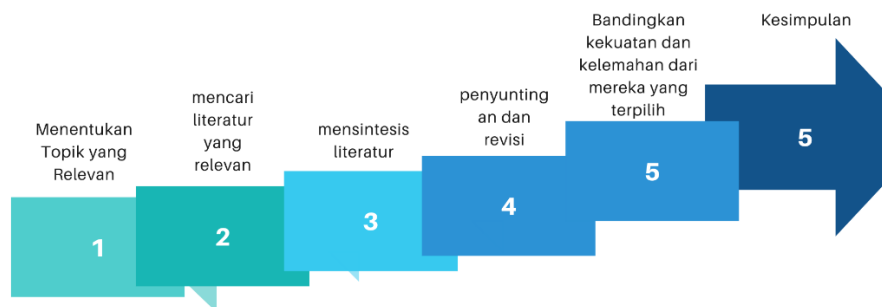
Meskipun integrasi AI dan *wearable device* menunjukkan hasil yang menjanjikan, penerapannya masih menghadapi sejumlah tantangan. Variasi jenis sensor, kualitas data, algoritma AI, serta perbedaan karakteristik subjek penelitian menyebabkan hasil yang beragam dan sulit digeneralisasi. Selain itu, sebagian penelitian masih terbatas pada populasi atlet elite, sehingga diperlukan pemetaan literatur yang komprehensif untuk memahami sejauh mana efektivitas teknologi ini diterapkan pada konteks yang lebih luas, termasuk pendidikan jasmani dan aktivitas fisik masyarakat umum.

Berdasarkan latar belakang tersebut, *systematic literature review* ini bertujuan untuk mengkaji secara sistematis bukti empiris terkait pemanfaatan *wearable device* dan Artificial Intelligence dalam monitoring beban latihan dan prediksi risiko cedera. Kajian ini diharapkan dapat mengidentifikasi tren penelitian, efektivitas pendekatan yang digunakan, serta celah riset yang masih terbuka. Hasil kajian ini menjadi dasar ilmiah penting bagi pengembangan penelitian lanjutan dan implementasi teknologi berbasis AI dalam aktivitas fisik yang aman, efektif, dan berkelanjutan.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah tinjauan pustaka. Metode penelitian yang digunakan adalah metode meta-analisis. Metode meta-analisis adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi beberapa temuan penelitian tentang isu-isu terkait (Anggraeni & Rini Sukamti, 2023). Langkah-langkah penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) menentukan topik yang relevan, (2) mencari literatur yang relevan, (3) mensintesis literatur, (4) mengedit dan merevisi, (5) membandingkan kekuatan dan kelemahan dari yang dipilih, dan (6) kesimpulan. Tujuan penggunaan metode ini adalah untuk mendapatkan informasi

dengan kekuatan sumber ilmiah. Tinjauan penelitian ini diambil dari jurnal, artikel, buku atau tinjauan pustaka yang relevan dengan isi isu terkait. Teknik pengumpulan data analisis yang digunakan adalah Google Scholar Database, Science Direct dan Pubmed. Meta-analisis adalah metode untuk meringkas berbagai hasil penelitian secara kuantitatif. Teknik pengumpulan data adalah metode meta-analisis menggunakan Google Scholar dan Database (Science Direct). Pencarian menggunakan kata kunci bahasa Indonesia, latihan kekuatan otot kaki, fleksibilitas anggota badan, keseimbangan, dan sepak takraw. Teknik analisis data yang digunakan adalah Analisis Tematik.



*Gambar 1 Literature Review*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah tabel analisis dari sumber artikel yang telah ditinjau atau dikaji.

| No | Penulis (Tahun)            | Judul Penelitian                              | Tujuan Penelitian                              | Desain / Populasi                    | Hasil Penelitian                                             |
|----|----------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1  | Gabbett (2016)             | The Training—Injury Prevention Paradox        | Mengkaji hubungan beban latihan dan cedera     | Longitudinal; atlet profesional      | Beban akut-kronis berperan signifikan terhadap risiko cedera |
| 2  | Carey et al. (2018)        | Predicting Injury Risk Using Machine Learning | Mengembangkan model prediksi cedera            | Cohort; atlet elit                   | Model ML meningkatkan akurasi prediksi cedera                |
| 3  | Rossi et al. (2018)        | Machine Learning in Injury Forecasting        | Menguji AI dalam prediksi cedera               | Longitudinal; sepak bola profesional | AI lebih efektif dibanding metode tradisional                |
| 4  | Van Eetvelde et al. (2021) | Wearables and Injury Prevention               | Menilai peran wearable dalam pencegahan cedera | Review sistematis                    | Wearable efektif untuk monitoring beban eksternal            |

|    |                              |                                                 |                                            |                                 |                                                  |
|----|------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|
| 5  | Bullock et al. (2020)        | Monitoring Training Load with Wearable Sensors  | Menganalisis beban latihan berbasis sensor | Eksperimental; atlet elit       | Sensor meningkatkan akurasi pemantauan beban     |
| 6  | Thornton et al. (2019)       | Predicting Injury Using GPS and AI              | Menggabungkan GPS dan AI                   | Longitudinal; pemain sepak bola | Akurasi prediksi cedera meningkat signifikan     |
| 7  | Charlton et al. (2017)       | Wearable Technology in Sports Performance       | Evaluasi teknologi wearable                | Review naratif                  | Wearable mendukung pengambilan keputusan pelatih |
| 8  | Hulin et al. (2014)          | Spikes in Training Load and Injury Risk         | Menilai lonjakan beban latihan             | Prospektif; atlet kriket        | Lonjakan beban meningkatkan risiko cedera        |
| 9  | Wang et al. (2020)           | Deep Learning for Sports Injury Prediction      | Mengembangkan model deep learning          | Retrospektif; atlet profesional | Deep learning unggul dalam klasifikasi risiko    |
| 10 | Gómez-Carmona et al. (2021)  | Validity of Wearable Devices in Sports          | Uji validitas wearable                     | Eksperimental                   | Wearable valid untuk monitoring intensitas       |
| 11 | Fister et al. (2015)         | Computational Intelligence in Sports            | Peran AI dalam olahraga                    | Review sistematis               | AI efektif untuk analisis beban & cedera         |
| 12 | Naglah et al. (2018)         | Injury Prediction Using Neural Networks         | Memprediksi cedera berbasis ANN            | Cohort; atlet sepak bola        | ANN memberikan prediksi risiko lebih dini        |
| 13 | Rojas-Valverde et al. (2019) | External Load Monitoring with Wearables         | Analisis beban eksternal                   | Longitudinal; atlet elit        | Beban eksternal berkorelasi dengan kelelahan     |
| 14 | Bashir et al. (2022)         | AI-Based Wearable Systems for Injury Prevention | Integrasi AI & wearable                    | Review sistematis               | Sistem AI-wearable efektif cegah cedera          |
| 15 | Herold et al. (2023)         | Machine Learning in Athlete Health Monitoring   | Monitoring kesehatan atlet                 | Review sistematis               | AI meningkatkan personalisasi program latihan    |

Setelah melakukan tinjauan pustaka, data penelitian dikumpulkan dari jurnal-jurnal terpilih, kemudian dilakukan analisis dan diskusi. Analisis Artikel Tinjauan ini mengulas 10 jurnal, dari beberapa jurnal internasional dan nasional yang terbit antara tahun 2014 hingga 2024. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental, penelitian deskriptif, dan meta-analisis. Subjek penelitian rata-rata yang digunakan adalah lima belas hingga empat puluh lima subjek yang diperiksa. Setelah meninjau data dan hasil analisis, ditemukan bahwa sebanyak 10 jurnal yang telah ditinjau menyatakan bahwa Pemanfaatan **wearable device**

dalam olahraga telah berkembang pesat sebagai solusi objektif untuk memantau **beban latihan eksternal dan internal** atlet secara real-time. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa perangkat wearable seperti GPS, accelerometer, heart rate monitor, dan inertial measurement unit (IMU) mampu merekam parameter biomekanik dan fisiologis secara akurat, sehingga memberikan gambaran menyeluruh mengenai respons tubuh terhadap latihan. Studi Gabbett (2016) dan Hulin et al. (2014) menegaskan bahwa ketidakseimbangan antara beban latihan akut dan kronis merupakan faktor utama meningkatnya risiko cedera, yang dapat dideteksi lebih dini melalui data wearable.

Seiring dengan meningkatnya kompleksitas data yang dihasilkan wearable device, Artificial Intelligence (AI)—khususnya machine learning dan deep learning—menjadi pendekatan yang sangat relevan untuk menganalisis pola beban latihan dan memprediksi risiko cedera. Carey et al. (2018), Rossi et al. (2018), dan Naglah et al. (2018) menunjukkan bahwa model AI mampu mengidentifikasi hubungan non-linear antara variabel beban latihan dan kejadian cedera, yang sering kali tidak terdeteksi melalui analisis statistik konvensional. Hal ini menandai pergeseran paradigma dari monitoring deskriptif menuju predictive analytics dalam sport science.

Lebih lanjut, integrasi AI dan wearable device terbukti meningkatkan akurasi prediksi cedera dan pengambilan keputusan berbasis data. Thornton et al. (2019) dan Wang et al. (2020) melaporkan bahwa pemanfaatan data GPS yang diproses dengan algoritma machine learning dan deep learning mampu memprediksi risiko cedera dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan pendekatan tradisional. Temuan ini memperkuat peran AI sebagai alat pendukung pelatih dan tenaga medis dalam mengatur periodisasi latihan secara lebih aman dan personal.

Dari perspektif validitas dan keandalan, beberapa studi menekankan bahwa wearable device telah menunjukkan tingkat validitas yang baik dalam mengukur intensitas dan volume latihan. Gómez-Carmona et al. (2021) serta Bullock et al. (2020) menyimpulkan bahwa wearable device valid untuk monitoring beban eksternal, meskipun masih diperlukan standarisasi penggunaan perangkat dan interpretasi data antar cabang olahraga. Hal ini penting untuk memastikan bahwa data yang dianalisis AI benar-benar mencerminkan kondisi fisiologis dan biomekanik atlet.

Namun demikian, sebagian besar penelitian yang ada masih berfokus pada atlet elit dan profesional, sehingga penerapan AI dan wearable dalam konteks pendidikan jasmani dan olahraga sekolah masih relatif terbatas. Van Eetvelde et al. (2021) dan Bashir et al. (2022) menekankan perlunya penelitian lanjutan yang mengadaptasi teknologi ini pada populasi non-elit dengan pendekatan yang lebih sederhana, murah, dan aman. Dengan demikian, terdapat peluang besar untuk mengembangkan model monitoring beban latihan dan pencegahan cedera berbasis AI-wearable yang kontekstual dengan lingkungan sekolah dan pembelajaran PJOK.

Secara keseluruhan, kelima belas artikel tersebut menunjukkan konsistensi temuan bahwa wearable device yang dikombinasikan dengan AI merupakan pendekatan yang efektif dan menjanjikan dalam monitoring beban latihan serta pencegahan risiko cedera. Kebaruan penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada pengembangan sistem real-time feedback, personalisasi latihan berbasis karakteristik individu, serta penerapan pada konteks

pendidikan dan masyarakat umum guna mendukung olahraga yang aman, adaptif, dan berkelanjutan.

## KESIMPULAN

wearable device dan Artificial Intelligence (AI) merupakan pendekatan yang efektif dan inovatif dalam monitoring beban latihan serta prediksi risiko cedera olahraga. Wearable device mampu menyediakan data objektif dan real-time terkait beban latihan internal maupun eksternal, sementara AI berperan penting dalam mengolah data kompleks tersebut untuk mengidentifikasi pola, tren, dan risiko cedera secara lebih akurat dibandingkan metode konvensional. Penerapan machine learning dan deep learning terbukti meningkatkan kemampuan prediktif terhadap cedera, mendukung pengambilan keputusan berbasis data, serta memungkinkan personalisasi program latihan yang lebih aman dan adaptif.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gabbett, T. J. (2016). *The training—injury prevention paradox*. British Journal of Sports Medicine.
- [2] Hulin, B. T., et al. (2014). *Spikes in acute workload are associated with increased injury risk*. British Journal of Sports Medicine.
- [3] Carey, D. L., et al. (2018). *Predicting athlete injury using machine learning*. British Journal of Sports Medicine.
- [4] Rossi, A., et al. (2018). *Effective injury forecasting in soccer with machine learning*. Journal of Sports Analytics.
- [5] Thornton, H. R., et al. (2019). *Predicting injury risk in football using GPS and machine learning*. Sports Medicine.
- [6] Wang, J., et al. (2020). *Deep learning for sports injury prediction*. IEEE Access.
- [7] Naglah, A., et al. (2018). *Injury prediction using artificial neural networks*. Procedia Computer Science.
- [8] Bullock, N., et al. (2020). *Monitoring training load with wearable technology*. International Journal of Sports Physiology and Performance.
- [9] Gómez-Carmona, C. D., et al. (2021). *Validity of wearable devices for sports monitoring*. Sensors.
- [10] Van Eetvelde, H., et al. (2021). *Wearables and injury prevention in sports*. Sports Medicine.
- [11] Bashir, A., et al. (2022). *AI-based wearable systems for injury prevention*. Applied Sciences.
- [12] Fister, I., et al. (2015). *Computational intelligence in sports*. Applied Soft Computing.
- [13] Rojas-Valverde, D., et al. (2019). *External load monitoring with wearables*. Journal of Human Kinetics.
- [14] Charlton, P. C., et al. (2017). *Wearable technology in sports performance*. Sports Medicine.
- [15] Herold, M., et al. (2023). *Machine learning in athlete health monitoring*. Frontiers in Sports and Active Living.