

SMART TRAINING KIT BERBASIS INTERNET OF THINGS SEBAGAI ALAT MONITORING KEBUGARAN FISIK ATLET BOLA VOLI

Renno Bagas Syahputra*, Muhamad Syariffuddien Zuhrie, Lusia Rakhmawati,
Agus Wiyono

Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

Email: rennobagas.21013@mhs.unesa.ac.id*, zuhrie@unesa.ac.id, lusiarakhmawati@unesa.ac.id,
aguswiyono@unesa.ac.id

Info Artikel

Histori Artikel:

Diterima Jul 31, 2025

Direvisi Sept 15, 2025

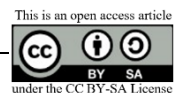
Disetujui Okt 30, 2025



ABSTRACT

The performance of volleyball athletes is greatly influenced by the speed and accuracy of their footwork in reaching the ball, especially during footwork training. This study aims to design a physical fitness monitoring device based on the Internet of Things (IoT) called STARK (Smart Training Kit) using the Neo M9N GNSS sensor and ESP32 microcontroller. Position coordinates, time, and speed data are collected in real-time at a sampling rate of up to 25 Hz, then stored on a MicroSD card in CSV format. The data is transmitted to the cloud via a gateway application for visualization through Google Sheets and Google Maps. Testing was conducted using a comparison method of speed and distance traveled, with the Haversine Formula as the benchmark. Test results show that higher sampling frequencies yield more detailed recorded data. The device demonstrates sufficiently stable accuracy during constant movement, though small errors increase as object speed increases. Thus, this tool can serve as an alternative for monitoring sports training and support a sports science approach through measurable and structured data.

Keywords: IoT, GNSS, ESP32, Footwork, Volleyball, Athlete Monitoring



ABSTRAK

Performa atlet bola voli sangat dipengaruhi oleh kecepatan dan ketepatan pergerakan kaki dalam menjangkau posisi bola, terutama selama latihan footwork. Penelitian ini bertujuan merancang alat pemantau kebugaran fisik berbasis Internet of Things (IoT) bernama STARK (Smart Training Kit) dengan memanfaatkan sensor GNSS Neo M9N dan mikrokontroler ESP32. Data koordinat posisi, waktu, dan kecepatan diambil secara real-time dengan frekuensi sampling hingga 25 Hz, kemudian disimpan dalam kartu MicroSD dalam format CSV. Data dikirimkan ke cloud melalui aplikasi gateway untuk divisualisasikan melalui Google Sheets dan Google Maps. Pengujian dilakukan dengan metode perbandingan kecepatan dan jarak tempuh menggunakan Haversine Formula sebagai pembanding. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi sampling, semakin baik detail data yang terekam. Perangkat menunjukkan akurasi yang cukup stabil pada pergerakan konstan, meskipun terdapat error kecil yang meningkat seiring bertambahnya kecepatan objek. Dengan demikian, alat ini dapat menjadi alternatif dalam monitoring latihan olahraga, serta mendukung pendekatan sport science melalui data yang terukur dan terstruktur.

Kata Kunci: IoT, GNSS, ESP32, Footwork, Bola Voli, Monitoring Atlet

Penulis Korespondensi:

Renno Bagas Syahputra,

Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya,

Jl. Ketintang, Ketintang, Kec. Gayungan, Surabaya, Jawa Timur.

rennobagas.21013@mhs.unesa.ac.id



1. PENDAHULUAN

Olah raga bola voli merupakan olah raga yang dimainkan secara berkelompok dan terdiri dari 6 orang setiap regunya yang memiliki tugas untuk mendapatkan poin dengan cara menjatuhkan bola voli ke dalam area lawan dengan maksimal hanya menyentuh bola sebanyak tiga kali dalam permainannya [1]. Atlet olah raga bola voli Indonesia telah mengantongi beberapa prestasi yang bisa dibanggakan seperti 12 kali menerima medali emas di ajang SEA Games dan dua kali mendapatkan juara pada ajang SEA V.League tahun 2023 [2]. Akan tetapi dalam beberapa tahun terakhir atlet bola voli Indonesia mengalami stagnasi dalam hal prestasi yang masih stagnan diperingkat enam besar Asia dan tidak bisa melebihi prestasi yang diraih dalam tahun 2023 di kejuaraan serupa [3]. Stagnasi ini perlu dipatahkan dengan peningkatan kemampuan atlet dimulai dari latihan intensif dan tepat. Latihan yang tepat seperti penerapan model latihan yang bersifat teknis untuk memperkuat dasar-dasar dalam kemampuan bermain. Dengan memfokuskan pada teknik-teknik dasar melalui latihan yang terstruktur dan bimbingan dari ahli, pendidik dapat secara signifikan meningkatkan performa, kepercayaan diri, kebugaran, dan kesenangan siswa dalam olahraga [4]. Salah satu aspek dasar dari olah raga bola voli yang perlu dilatih adalah *footwork*. *Footwork* adalah kemampuan untuk cara kaki bergerak untuk mendukung teknik dan taktik dalam olahraga. Gerakan ini mencakup start, arah, kecepatan, dan perubahan langkah untuk mengambil posisi optimal [5].

Selain latihan intensif, pemanfaatan teknologi dalam bidang olahraga atau bisa kita kategorikan sebagai *sports science* juga bisa memberikan hasil yang memuaskan. *Sports science* adalah bagaimana melakukan pembinaan berupa peningkatan performa atlet baik dari segi teknik maupun kondisi fisik dengan dukungan ilmu pengetahuan teknologi yang berguna untuk menggali kelemahan dan kekuatan atlet, serta mental atlet yang diolah dalam laboratorium perguruan tinggi keolahragaan [6] [7]. Pelaksanaan *sports science* untuk bisa dalam bentuk pembuatan alat bantu monitoring latihan. Penelitian sebelumnya yang telah dilaksanakan adalah pembuatan alat *monitoring* latihan. Dalam pelaksanaannya digunakan yaitu *Ultra-Wideband* (UWB) untuk mendeteksi perpindahan atau pergerakan atlet dan dibandingkan dengan *Global Positioning System* (GPS) yang menggunakan frekuensi sampling 1 Hz dan 10 Hz [8]. Selain

penggunaan UWB, penggunaan *Wireless Sensor Network* (WSN) juga sudah dilakukan dengan tujuan yang sama [5]. Metodologi yang keduanya gunakan dalam merancang alat tersebut adalah membuat suatu *anchor* atau node yang tersebar di area lapangan untuk menjadi suatu pemancar atau penentu relatif atlet dengan sensor.

Kebaruan yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah perancangan sistem yang digunakan dalam mendeteksi perpindahan atau pergerakan atlet saat latihan menggunakan *Global Navigation Satellite System* (GNSS). Keunggulan dan tingkat keakuratan sistem GNSS lebih baik dibandingkan dengan sistem GPS yang hanya menggunakan satu buah satelit saja [9]. Penelitian sebelumnya oleh Benjamin M. Jackson juga menggunakan GNSS akan tetapi hanya memiliki frekuensi pengambilan data sebesar 10 Hz [10]. Dalam penelitian ini sensor GNSS yang digunakan adalah sensor dari U-Blox yaitu Neo M9N. Sensor Neo M9N memiliki keunggulan yaitu frekuensi pengambilan data yang lebih besar sebanyak 25 Hz dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang hanya 10 Hz [10] [11]. Dengan peningkatan frekuensi pengambilan data diharapkan bisa meningkatkan hasil keakuratan dari penelitian sebelumnya.

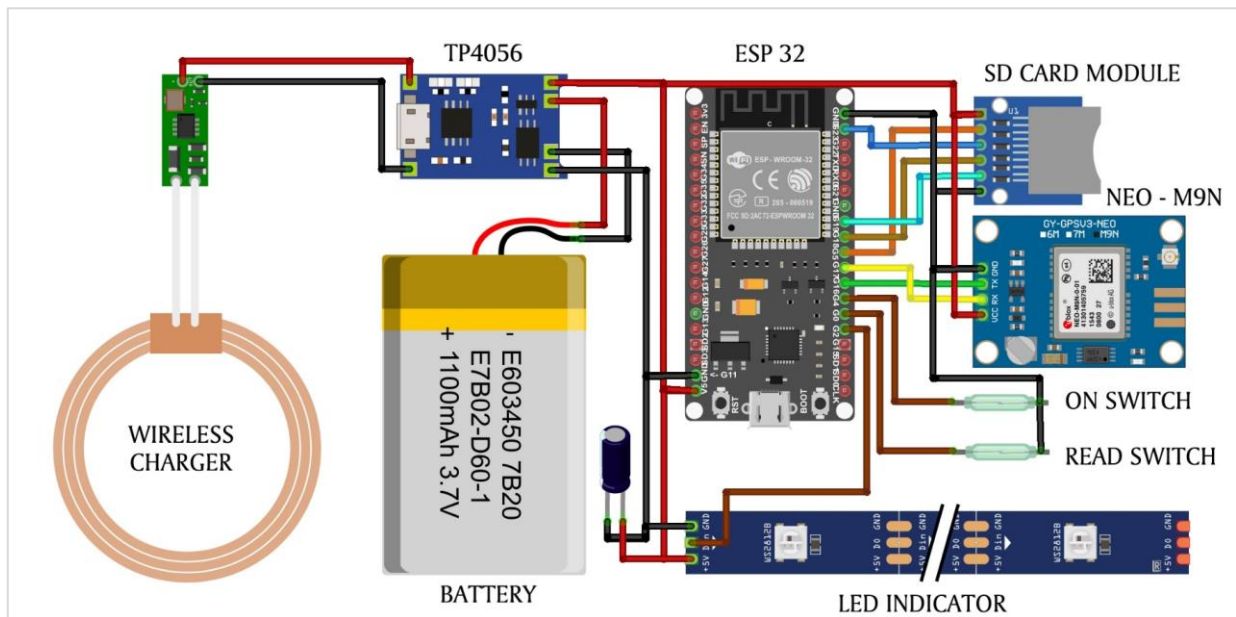
Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu perangkat *monitoring* kebugaran atlet dengan cara memantau hasil latihan atlet menggunakan sensor berbasis *Global Navigation Satellite System* (GNSS). Ada pula tujuan lain yaitu mengetahui apakah dengan peningkatan frekuensi pengambilan data akan memberikan data yang lebih akurat. Dibuatnya perangkat ini akan membantu para pelatih untuk memberikan perlakuan yang tepat terhadap atlet bola voli Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian rekayasa teknologi (*engineering research*) dengan pendekatan *Research and Development* (R&D). Pendekatan *Research and Development* (R&D) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut [12]. Pendekatan ini sejalan dengan tujuan penelitian ini yang bertujuan untuk merancang alat *monitoring* latihan atlet olahraga bola voli menggunakan sistem *Global Navigation Satellite System* (GNSS).

2.1 Perancang Alat

Dalam pembuatan perangkat peneliti menggunakan beberapa komponen yang seperti disajikan dalam *wiring diagram* pada Gambar 1 ini.



Gambar 1 Wiring diagram perangkat

Fungsi dari masing-masing komponen yang digunakan dalam pembuatan perangkat ini adalah sebagai berikut:

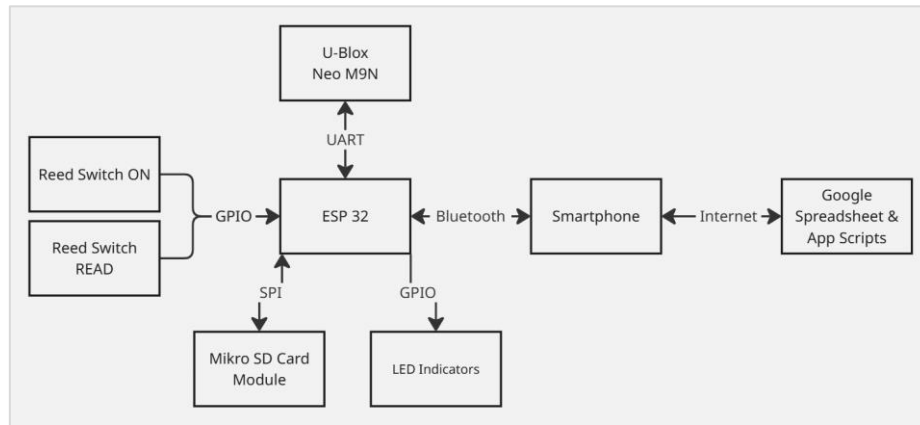
- *Wireless charger module* digunakan sebagai perangkat pengisian daya perangkat yang menyediakan tegangan 5 V kepada sistem.
- TP4056 module adalah komponen yang berfungsi sebagai sistem manajemen pengisian baterai, dirancang untuk mencegah pengisian berlebihan dan penggunaan berlebihan. Modul ini memastikan baterai tetap terjaga dalam kondisi optimal, memperpanjang umur baterai serta meningkatkan efisiensi penggunaan energi.
- Baterai LiPo digunakan sebagai sumber tegangan perangkat. Baterai ini dipilih karena bentuknya yang ringkas dan kapasitasnya yang sangat padat. Selain itu tegangan yang disediakan cocok dengan sistem yang digunakan yaitu sebesar 3,7 V dan cocok dengan modul pengisian TP4056.
- ESP 32 digunakan sebagai pusat kontrol seluruh sistem. Dengan spesifikasi yang tinggi untuk ukuran mikro kontroler sangat cocok dengan sistem yang dirancang dalam penelitian ini yang membutuhkan frekuensi pembacaan sebesar 25 Hz. Selain itu modul ini memiliki koneksi bluetooth yang bisa

memungkinkan perangkat terhubung ke *gateway* untuk melakukan pengiriman data.

- Reed Switch berfungsi sebagai input cerdas yang memungkinkan alat untuk mengatur mode operasinya tanpa memerlukan tombol fisik. Hal ini sangat memudahkan atlet karena mereka dapat menyalakan perangkat dengan mudah, tanpa harus khawatir kemungkinan perangkat mati secara tidak sengaja, sehingga meningkatkan kenyamanan dan efisiensi selama penggunaan.
- Sensor Neo M9N digunakan untuk mengambil data koordinat lokasi, kecepatan perpindahan atlet, dan waktu yang data tersebut diterima. Data kecepatan perpindahan dihasilkan oleh efek *doppler shift* saat perangkat menjauh atau mendekat dari satelit [13].
- SD *card module* digunakan sebagai jembatan antara esp 32 untuk menyimpan atau meminta data dari sd *card*.
- LED digunakan sebagai indikator keadaan sistem apakah dalam kondisi standby, mengambil data, dan mengirim data.

2.2 Koneksi Dan Arsitektur IoT

Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai hubungan antar komponen, dalam penelitian ini telah dibuat sistem koneksi antar komponen yang dapat dilihat pada diagram blok pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram blok koneksi perangkat

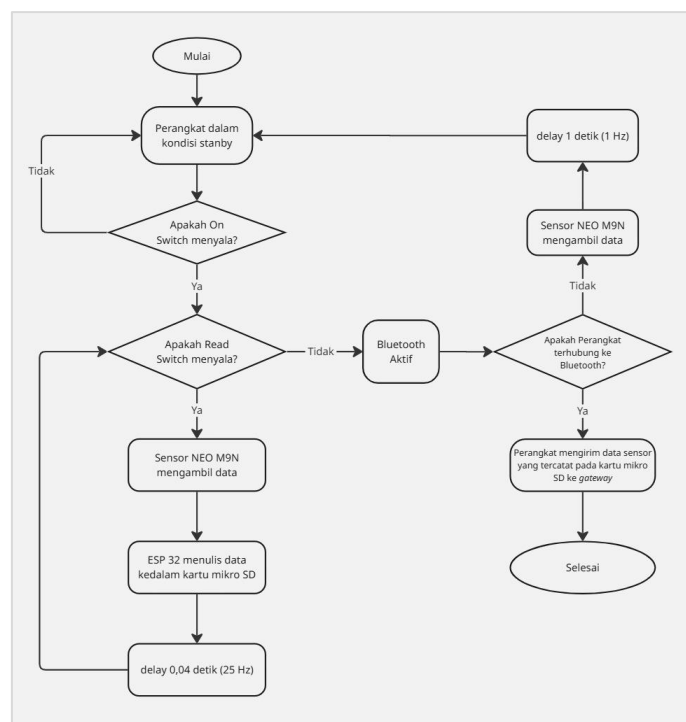
Reed switch dan indikator LED langsung terhubung pada pin GPIO dari ESP 32 dikarenakan sinyal yang dikirim oleh *reed switch* adalah sinyal digital dan masukan untuk indikator LED adalah *output PWM*. Untuk sensor Neo M9N menggunakan koneksi UART dikarenakan dalam pengiriman data *string* tidak memerlukan sinyal *clock* untuk sinkronisasi. Berbeda dengan sensor tersebut *SD Card Module* menggunakan koneksi SPI yang memerlukan sinkronisasi *clock* antara mikrokontroler dan modul dikarenakan perpindahan data yang cepat.

Untuk arsitektur IoT yang digunakan dalam perancangan perangkat ini adalah *IoT via gateway*. *IoT via gateway* adalah arsitektur IoT yang menggunakan perangkat lain sebagai *gateway* untuk terhubung pada *cloud* [14]. Pemilihan arsitektur ini bertujuan agar perangkat bisa lebih fokus dalam

pencatatan data secara lengkap serta menghemat daya selama sesi latihan maupun pertandingan. Data yang didapat akan dicatat ke dalam kartu SD melalui modul dalam format *Comma Separated Values (CSV)*. Data yang sudah tercatat akan dikirim ke *gateway* yaitu *smartphone* melalui bluetooth. Setelah data terkirim maka *smartphone* akan mengirim data melalui aplikasi menuju cloud logger dari *Google Spreadsheet* yang kemudian diproses oleh *App Script*. Data yang sudah diproses oleh *App Script* kemudian dikirim kembali *smartphone* untuk menampilkan visualisasi.

2.3 Diagram Alur Kerja Sistem

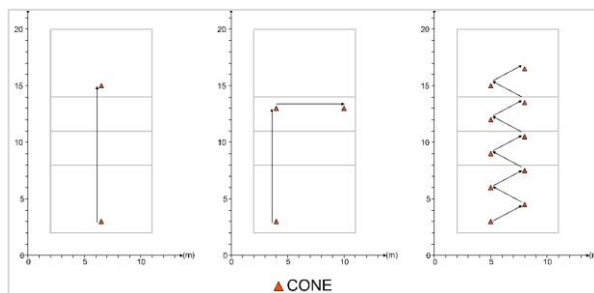
Pada Gambar 3 dapat dilihat diagram alur sistem kerja dari perangkat ini untuk memudahkan pemahaman pembaca.



Gambar 3 Diagram blok sistem kerja perangkat

2.4 Pengujian Perangkat

Pengujian perangkat dilakukan di lapangan voli luar ruangan. Pengujian dilakukan dengan tiga buah objek yaitu mobil RC untuk menghasilkan kecepatan konstan sebagai referensi, pemain bola voli amatir, dan pemain bola voli profesional. Untuk frekuensi pengambilan data ada 10 Hz dan juga 25 Hz. Dari tiga objek tersebut akan dibandingkan hasil pembacaan baik itu dari masing-masing objek maupun frekuensi pengambilan datanya. Data yang nantinya didapatkan antara lain latitude, longitude, kecepatan perpindahan (m/s), tanggal, waktu. Alat akan di uji dengan bergerak sesuai dengan lintasan pada Gambar 4.



Gambar 4 Gambar lintasan pengujian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang telah dilakukan menghasilkan perangkat yang terlihat seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Gambar perangkat

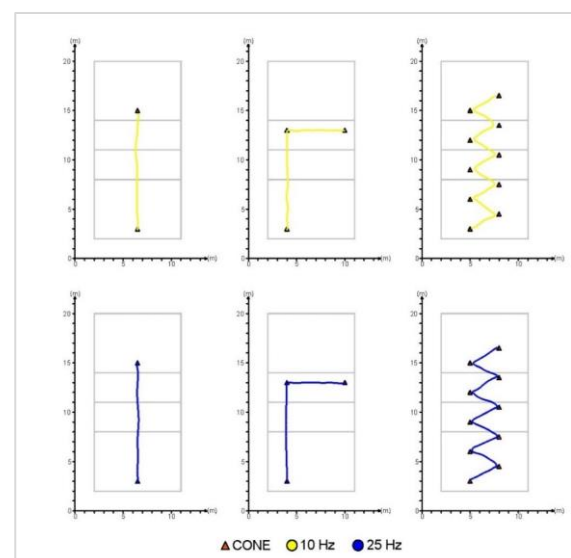
Perangkat ini diletakkan pada punggung pengguna pada kantong khusus yang telah dibuat di dalam baju agar tidak mengganggu pemain saat berlatih atau bertanding. Pada kantong khusus tersebut terdapat dua buah magnet yang berfungsi sebagai

pemacu *reed switch* untuk bekerja. Berikut merupakan foto ketika sensor sudah terpasang di dalam baju pada Gambar 6.



Gambar 6 Gambar penempatan perangkat

Dalam pengujian pertama perangkat ditempatkan pada mobil RC dengan kecepatan stabil yaitu 1 m/s untuk menguji keakuratan hasil pembacaan koordinat serta menguji efek dari peningkatan frekuensi pengambilan yang sebesar 25 Hz. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Gambar visualisasi data pengujian

Dari gambar 7, pengujian dengan frekuensi pengambilan data 10 Hz direpresentasikan oleh lingkaran kuning sedangkan frekuensi pengambilan data 25 Hz direpresentasikan oleh lingkaran biru. Dapat dilihat perbedaan yang jelas bahwa kerapatan representasi data antara frekuensi 10 Hz dan 25 Hz cukup berbeda. Pada Frekuensi 25 Hz dihasilkan data yang lebih menyerupai garis dan akurat mengikuti garis lurus sesuai lintasan. Terlihat dari gambar tersebut keduanya tidak memiliki kesulitan dalam pendeteksian vertikal dan horizontal. Akan tetapi dalam pergerakan diagonal, pengambilan data dengan frekuensi 25 Hz memiliki keunggulan dibandingkan dengan frekuensi pengambilan data 10 Hz dilihat dari frekuensi 25 Hz dapat melacak

hingga ujung sudut mendekati *cone* yang telah dipasang didalam lapangan.

Pengujian kedua di sini memastikan apakah ada perbedaan dari pembacaan kecepatan perpindahan di antara frekuensi pengambilan data 25 Hz. Pengujian dilakukan dengan membuat ketiga objek bergerak pada lintasan lurus sejauh 10 m dengan tiga kecepatan yang berbeda. Kecepatan berjalan, *jogging*, dan berlari. Untuk mobil RC akan digunakan sebagai referensi kecepatan yang umum. Selain kecepatan kami juga menghitung jarak tempuh untuk menentukan kecepatan gerak yang dilakukan. Penentuan jarak perpindahan

menggunakan rumus haversine seperti yang tercantum pada [persamaan 1](#) ini.

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos(\phi_1) \times \cos(\phi_2) \times \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)$$

$$c = 2 \times \arctan2(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})$$

$$d = R \times c \quad (1)$$

Rumus haversine adalah rumus yang digunakan dalam menghitung jarak antara dua titik koordinat [15]. Pengujian yang dilakukan didapatkan data yang telah ditulis pada [Tabel 1](#).

Tabel 1 Tabel pembacaan dan perhitungan pengujian.

Objek	Kecepatan Gerak rata-rata (m/s)			Perhitungan Jarak Tempuh (m)	Waktu (s)		
	Jalan Kaki	<i>Jogging</i>	Lari		Jalan Kaki	<i>Jogging</i>	Lari
Mobil RC	1,01	1,32	2,23	10,342	10,23	7,63	4,54
Pemain Amatir	1,54	2,36	4,07	10,223	6,52	4,37	2,57
Pemain Profesional	2,43	3,45	5,79	10,321	4,11	2,89	1,92

Seluruh objek penelitian memiliki kecepatan gerak yang konstan. Hal ini disebabkan pemilihan jarak pengujian yang sebesar 10 m. Hasil pembacaan dan nilai rata-rata kecepatan perpindahan dari masing-masing objek tidak jauh berbeda. Dari data diatas kemudian dihitung lah nilai error pembacaan yaitu dengan nilai referensi perhitungan jarak tempuh dibagi dengan waktu. Nilai referensi kemudian dihitung dengan [persamaan 2](#) ini untuk menentukan nilai error.

$$\text{error} = \frac{\text{Nilai Pembacaan} - \text{Nilai Referensi}}{\text{Nilai Referensi}} \times 100\% \quad (2)$$

Didapatkan data perhitungan nilai error sebagai berikut pada [Tabel 2](#).

Tabel 2 Tabel perhitungan nilai error.

Objek	Nilai Error		
	Jalan Kaki	<i>Jogging</i>	Lari
Mobil RC	0.00%	-2.94%	-2.19%
Pemain Amatir	-1.91%	+0.85%	+2.26%
Pemain Profesional	-3.19%	-3.36%	+7.61%

Dapat dilihat dari perhitungan nilai error bahwa dengan kecepatan konstan dan lambat perangkat memiliki nilai error yang tidak terlalu besar yaitu 1-2%. Peningkatan nilai error terlihat meningkat dengan semakin cepatnya pergerakan objek uji yang menyebabkan nilai error sebesar 3-7%.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan perangkat monitoring kebugaran fisik atlet bola voli berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sistem Global Navigation Satellite System (GNSS) dengan sensor Neo M9N. Perangkat ini mampu mencatat data posisi, waktu, dan kecepatan perpindahan atlet secara real-time dengan frekuensi pengambilan data hingga 25 Hz, serta menyimpan data dalam format CSV melalui modul MicroSD. Pengujian perangkat menunjukkan bahwa peningkatan frekuensi pengambilan data dari 10 Hz menjadi 25 Hz menghasilkan tingkat akurasi dan kerapatan data yang lebih baik, terutama pada pergerakan diagonal dan kecepatan tinggi. Nilai error pembacaan

kecepatan tetap dalam batas wajar, meskipun meningkat seiring bertambahnya kecepatan objek uji. Dengan integrasi sistem IoT via gateway, perangkat ini juga dapat mengirimkan data ke cloud untuk dianalisis dan divisualisasikan, memberikan informasi yang berguna bagi pelatih dalam mengevaluasi performa latihan atlet. Oleh karena itu, perangkat ini memiliki potensi besar sebagai alat bantu dalam pelatihan olahraga berbasis pendekatan sport science.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] FIVB, "The Game: History," Juli 2025. [Online]. Available: <https://www.inilah.com/sejarah-bola-voli-di-indonesia>.
- [2] F. Putri, "Sejarah Bola Voli di Indonesia, Awal Mula hingga Prestasi Tim Nasional," 31 Januari 2025. [Online]. Available: <https://www.inilah.com/sejarah-bola-voli-di-indonesia>.
- [3] R. Salasah, "Stagnasi Prestasi Timnas Bola Voli Indonesia," 25 Juni 2025. [Online]. Available: <https://www.kompas.id/artikel/stagnasi-prestasi-timnas-bola-voli-indonesia>.
- [4] Y. Astuti, E. Erianti, H. Lawanis, B. E. Orhan, A. Ikhlas dan K. Govindasamy, "Implementing technical training models to enhance basic volleyball skills in students," *Retos*, pp. 1075-1083, 2025.
- [5] Q. Hu, Q. Chen, Y. Liu dan Q. Zhen, "Study on a Footwork Training and Testing System," *MDPI*, pp. 1-6, 2018, doi: <https://doi.org/10.3390/proceedings2060537>.
- [6] T. Purwati, K. Ismawati dan A. A. Aji, "Dampak Ekonomi dari Sport Industry, Sport Tourism, dan Sport Sciencedi Era Pasca Pandemi Covid'19," *Jurnal Ekonomi & Ekonomi Syariah*, pp. 2700-2718, 2022, doi: <https://doi.org/10.36778/jesya.v5i2.880>.
- [7] A. Rohendi dan H. Rustiawan, "Kebutuhan Sport Science Pada Bidang Olahraga Prestasi," *Research Physical Education and Sports*, pp. 32-43, 2020, doi: <https://doi.org/10.31949/jr.v2i1.2013>.
- [8] A. Waqar, I. Ahmad, D. Habibi dan Q. V. Phung, "Analysis of GPS and UWB positioning system for athlete tracking," *Measurement: Sensors*, pp. 1-12, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.measen.2020.100036>.
- [9] D. Egea-Roca, M. Arizabaleta-Diez, T. Pany, F. Antreich, J. A. López-Salcedo, M. Paonni dan G. Seco-Granados, "GNSS User Technology: State-of-the-Art and Future Trends," *IEEE Access*, vol. X, pp. 39939 - 39968, 2022, doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3165594>.
- [10] B. M. Jackson, T. Polglaze, B. Dawson, T. King dan P. Peeling, "Comparing Global Positioning System and Global Navigation Satellite System Measures of Team-Sport Movements," *International Journal of Sports Physiology and Performance*, vol. 13, no. 8, pp. 1005-1010, 2018, doi: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0529>.
- [11] u-blox, "NEO-M9N module," 2025. [Online]. Available: <https://www.u-blox.com/en/product/neo-m9n-module>.
- [12] Sugiyono, Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R&D, 2013.
- [13] F. Guo, Y. Yang, F. Ma, Y. Zhu, H. Liu dan X. Zhang, "Instantaneous velocity determination and positioning using Doppler shift from a LEO constellation," *Satellite Navigation*, vol. 4, no. 9, pp. 1-13, 2023, doi: <https://doi.org/10.1186/s43020-023-00098-2>.
- [14] G. Beniwal dan A. Singhrova, "A systematic literature review on IoT gateways," *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, vol. 34, pp. 9541-9563, 2023.
- [15] G. H. Prakarsha, H. D. K. Lumbantobing, M. R. Ramadhan dan I. Prihandi, "Haversine Algorithm Design using the Google Maps API Method for Android-based Public Security Applications," *International Journal of Computer Trends and Technology*, vol. 69, no. 2, pp. 53-60, 2021.