

INTISARI

Pemantauan kondisi fisiologis secara *real-time* sangat krusial bagi atlet lari guna mengoptimalkan program latihan dan mencegah risiko cedera. Ketiadaan akses terhadap kombinasi data parameter detak jantung, saturasi oksigen (SpO₂), dan kecepatan secara komprehensif dalam satu perangkat menjadi tantangan tersendiri. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe *wearable device* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terjangkau dan fungsional untuk pemantauan performa lari.

Sistem yang diusulkan menggunakan arsitektur *split-system* yang penempatannya terbagi pada area lengan atas dan pergelangan tangan. Perangkat keras ditenagai oleh mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor MAX30102, modul GPS *dual-constellation* Beitian BN-220, sensor gerak MPU6050, serta layar OLED. Data telemetri dikirimkan secara nirkabel menuju *Firebase Realtime Database* untuk divisualisasikan melalui aplikasi *mobile* Android yang dilengkapi fitur *live tracking*, riwayat lari, dan *safety alert*. Sistem juga mengimplementasikan mekanisme penyimpanan luring otomatis berbasis memori internal (SPIFFS) untuk menjaga integritas data saat terjadi gangguan sinyal internet.

Hasil pengujian menunjukkan perangkat berhasil beroperasi dengan tingkat presisi yang baik. Pengujian biometrik mencatatkan rata-rata galat sebesar 3,00% untuk pembacaan detak jantung dan 1,46% untuk SpO₂, dengan kondisi subjek menjaga ayunan lengan pada intensitas yang wajar selama pengujian berlangsung. Pada kondisi ayunan lengan yang ekstrem, sensor berpotensi mengalami anomali pembacaan akibat motion artifact, namun sistem mampu mendeteksi dan memfilter data anomali tersebut secara otomatis. Pengujian modul GPS menghasilkan error kecepatan 3,32% dan selisih akumulasi jarak tempuh sebesar 1,50%. Waktu tunda (delay) transmisi data ke cloud tercatat sebesar 1,64 detik. Selain itu, perangkat terbukti mampu beroperasi secara kontinu selama 8 jam 45 menit menggunakan baterai Li-Po 2000 mAh. Prototipe ini dapat digunakan sebagai perangkat bantu olahraga.

Kata Kunci: *Wearable, Internet of Things, Detak Jantung, GPS, Aplikasi Mobile*

ABSTRACT

Real-time physiological monitoring is crucial for runners to optimize training programs and prevent injury. The lack of access to a comprehensive combination of heart rate, oxygen saturation (SpO_2), and speed data in a single device presents a challenge. Therefore, this research aims to design and build an affordable and functional Internet of Things (IoT)-based wearable device prototype for monitoring running performance.

The proposed system uses a split-system architecture, with devices positioned on the upper arm and wrist. The hardware is powered by an ESP32 microcontroller integrated with a MAX30102 sensor, a Beitian BN-220 dual-constellation GPS module, an MPU6050 motion sensor, and an OLED display. Telemetry data is sent wirelessly to the Firebase Realtime Database for visualization via an Android mobile app featuring live tracking, running history, and safety alerts. The system also implements an internal memory-based automatic offline storage mechanism (SPIFFS) to maintain data integrity during internet signal disruptions.

Test results demonstrate that the device operates with a good level of precision. Biometric testing recorded an average error of 3.00% for heart rate readings and 1.46% for SpO_2 , achieved under controlled conditions where the subject maintained a moderate arm swing intensity throughout the testing session. Under extreme arm swing conditions, the sensor may experience reading anomalies due to motion artifact; however, the system is capable of automatically detecting and filtering such anomalous data. GPS module testing resulted in a speed error of 3.32% and an accumulated distance error of 1.50%. The data transmission delay to the cloud was recorded at 1.64 seconds. Furthermore, the device was proven to operate continuously for 8 hours and 45 minutes using a 2000 mAh Li-Po battery. This prototype can be utilized as a wearable assistive device for running sports.

Keywords: Wearable, Internet of Things, Heart Rate, GPS, Mobile Application