

Penerapan Sensor Akselerometer dan Giroskop untuk Membedakan Pola Berjalan Militer dan Non-Militer

1st Enrico Naufal Fadilla
Telecommunication Engineering
Faculty of Electrical Engineering
Telkom University, Indonesia
fadillah650@gmail.com

2nd Muhammad Haykal Meidatomo
Telecommunication Engineering
Faculty of Electrical Engineering
Telkom University, Indonesia
haykalmeidatomo@gmail.com

3rd Wakhid Abdullah Prayogo
Telecommunication Engineering
Faculty of Electrical Engineering
Telkom University, Indonesia
wakhidyoga14@gmail.com

Abstrak—Mengkaji pola gerakan berjalan (GAIT) menggunakan perangkat sensor yang menggabungkan akselerometer dan giroskop pada prajurit militer. Pola gerakan yang khusus, seperti cara berjalan tegap, memainkan peran vital dalam membedakan antara prajurit TNI dan individu pada umumnya. Dalam penelitian ini, sensor MPU6050 dikenakan pada perangkat *wearable* berbasis ESP32 untuk merekam gerakan tiga dimensi (x, y, z) yang dihasilkan oleh akselerometer dan giroskop ketika subjek berjalan. Data yang diperoleh kemudian dikirimkan melalui Bluetooth Low Energy (BLE) untuk dianalisis lebih lanjut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi perbedaan pola gerakan antara prajurit militer dan individu dengan tingkat kebugaran fisik yang lebih rendah. Klasifikasi dilakukan dengan membagi dua kategori berdasarkan gaya berjalan: tegap (militer) dan lemas (individu dengan kondisi fisik tidak optimal). Analisa statistik dan variabel gerakan digunakan guna mendalami perbedaan gerak berjalan. Temuan yang dihasilkan diharapkan dapat menunjang pengembangan sistem otomatis untuk mengenali prajurit militer berdasarkan pola gerakan berjalan mereka.

Kata kunci—GAIT, BLE, akselerometer, MPU6050, ESP32, militer

I. PENDAHULUAN

Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi sensor dan pemrosesan data, analisa GAIT kini membuat lebih presisi dan objektif, membuka potensi untuk sistem seleksi yang lebih efektif dan adil; oleh karena itu, penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengeksplorasi penggunaan analisis GAIT dalam pemilihan calon prajurit TNI guna berkontribusi pada peningkatan kualitas sumber daya yang diterima dan efisiensi operasional lembaga.

Pola melangkah atau GAIT merupakan faktor yang sangat relevan dalam proses seleksi calon prajurit TNI. Aspek fisik dan postur tubuh calon prajurit menjadi penentu utama karena tugas-tugas militer memerlukan kondisi fisik yang optimal dan daya tahan tubuh yang tinggi.

Seiring kemajuan teknologi, penggunaan sensor seperti accelerometer menjadi solusi efektif guna mengukur pergerakan tubuh dan menghasilkan data yang lebih objektif tentang gaya berjalan seseorang. Penelitian diharapkan terus

dilakukan untuk menyempurnakan teknik analisis GAIT yang lebih superior, termasuk penerapan kecerdasan buatan dan pemrosesan data tingkat lanjut, dengan tujuan untuk meningkatkan sistem seleksi dan memastikan bahwa calon prajurit TNI memiliki pola berjalan yang sehat dan efisien saat menjalankan tugas mereka.

Fokus penelitian ini adalah pada analisis pola GAIT dalam lingkungan militer guna mengukur bagaimana calon prajurit TNI bereaksi terhadap perintah baris-berbaris, serta membandingkan reaksi tersebut dengan reaksi individu pada umumnya. Penelitian ini bertujuan guna memahami dan eksplorasi pola berjalan dan respon tubuh calon prajurit ketika melaksanakan perintah baris-berbaris, dengan harapan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan program pelatihan militer dan memperbaiki kinerja serta kelancaran dalam menjalankan tugas militer.

II. KAJIAN TEORI

Penelitian ini melibatkan penggunaan sejumlah perangkat keras dan perangkat lunak, yaitu:

A. Sensor MPU6050

Sensor ini menggabungkan akselerometer tiga sumbu dan giroskop tiga sumbu dalam satu modul. Modul ini digunakan guna pemrosesan data dan kalibrasi yang diciptakan oleh kedua sensor tersebut.

B. ESP32

Modul Mikrokontroler ini menyediakan koneksi Wi-Fi dan Bluetooth, memungkinkan perangkat untuk tersambung dengan jaringan nirkabel dan berkomunikasi tanpa menggunakan kabel. Dengan dukungan *Bluetooth Low Energy* (selanjutnya disingkat: BLE), ESP32 memfasilitasi konektivitas tanpa kabel dengan beragam perangkat seperti ponsel pintar, tablet, dan sensor. Mikrokontroler ini dapat diprogram melalui platform pengembangan seperti Arduino IDE.

C. Module Charger

Modul pengisi daya ini digunakan untuk memberikan daya listrik kepada perangkat elektronik dengan cara mengisi ulang baterai internal. Modul ini sering kali digunakan dalam sistem berbasis mikrokontroler atau perangkat portabel yang membutuhkan pasokan energi yang stabil dan terkelola. Modul pengisi daya umumnya dilengkapi dengan fitur untuk mengatur tegangan dan arus yang sesuai dengan kebutuhan perangkat yang terhubung, serta mekanisme proteksi untuk mencegah kerusakan akibat overcharge atau *overvoltage*. Salah satu contoh modul pengisi daya yang sering digunakan adalah modul berbasis chip TP4056, yang dirancang untuk mengisi baterai lithium-ion secara efisien.

D. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah *software* guna mengembangkan dan mengunggah kode ke papan Arduino. Alat ini menyediakan antarmuka grafis yang memudahkan dalam menulis, mengedit, dan mengunggah program ke papan Arduino.

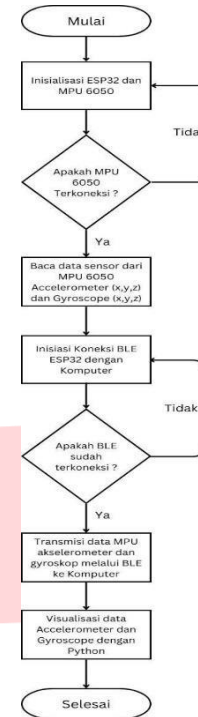
E. Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) adalah *source code editor* yang dikembangkan oleh Microsoft. Perangkat lunak ini sering digunakan oleh para pengembang.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan metode berbasis aturan (*rule-based*). Pendekatan ini digunakan untuk menentukan batasan angka yang memberikan perbedaan antara kategori "Tegap" dan "Lemas," kemudian mengklasifikasikan data tersebut. Aturan-aturan yang ditetapkan melibatkan pengukuran nilai rata-rata akselerasi, variansi, serta parameter lainnya seperti data giroskop. Sebanyak 20 percobaan dilakukan untuk menetapkan rentang angka (*threshold*) yang akan digunakan untuk mengklasifikasikan data yang dikumpulkan.

A. Alur Pengiriman Data



Gambar 1. Alur Pengiriman Data

Alur pengiriman data dapat dijelaskan melalui langkah-langkah berikut:

1. **Inisialisasi Perangkat:** Langkah pertama adalah mengaktifkan MPU6050 dan ESP32. Setelah alat dinyalakan, kedua modul diinisialisasi dan saling terhubung.
2. **Pembacaan Data Sensor:** Selanjutnya, alat akan mulai membaca data dari sensor MPU6050 yang meliputi akselerometer (sumbu x, y, z) dan giroskop (sumbu x, y, z).
3. **Pemrosesan Data:** Data yang terkumpul kemudian diproses untuk mengidentifikasi gerakan atau perubahan posisi, seperti rotasi atau perubahan sudut.
4. **Pengiriman Data:** Setelah pemrosesan, data yang telah dianalisis dikirimkan melalui ESP32 menggunakan modul BLE atau *Wi-Fi* ke komputer atau perangkat penerima lainnya.
5. **Penerimaan dan Tampilan Data:** Data yang dikirimkan diterima oleh perangkat penerima dan ditampilkan untuk analisis lebih lanjut, kemudian sistem siap untuk melakukan deteksi dan pengiriman data gerakan berikutnya.

B. Akurasi Pengujian

Untuk mengukur keakuratan dalam proses klasifikasi, digunakan metrik akurasi (*accuracy*), yang menghitung sejauh mana model berhasil memprediksi kelas yang benar. Rumus perhitungan akurasi adalah sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Total data benar}}{\text{Total data}} \times 100\% \quad (1)$$

Pengujian yang dilakukan mencakup pengambilan data dari beberapa gerakan setelah diberikan perintah baris-berbaris, seperti:

1. Jalan Tegap
2. Istirahat di Tempat
3. Hormat

Data yang dikumpulkan dari dua kelompok ini kemudian dibagi menjadi dua kategori utama: Kelompok Tegap dan Kelompok Lemas. Selanjutnya, analisis dilakukan untuk membandingkan perbedaan antara kedua kelompok ini dengan mempertimbangkan faktor-faktor keluarannya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap pengujian, dilakukan analisis terhadap berbagai gerakan berdasarkan data yang terkumpul, yakni gerakan "Jalan Tegap," "Istirahat di Tempat," dan "Hormat." Untuk setiap gerakan, dilakukan serangkaian percobaan untuk mengevaluasi akurasi klasifikasi berdasarkan data sensor yang dikumpulkan.

Pada pengujian Jalan Tegap, data dari kelompok Tegap dan Lemas berhasil dikumpulkan dan dianalisis dengan menggunakan nilai rata-rata dan variansi dari akselerometer dan giroskop. Dari hasil percobaan sebanyak 20 kali, didapatkan bahwa 14 data diklasifikasikan dengan benar sebagai kelompok Tegap, sementara 6 data lainnya diklasifikasikan sebagai Lemas. Dengan menggunakan rumus keakuratan, didapatkan nilai 70% untuk akurasi klasifikasi gerakan jalan tegap, yang menunjukkan tingkat keberhasilan yang cukup baik dalam mengidentifikasi pola gait.

Selanjutnya, pada pengujian Istirahat di Tempat, pengujian yang sama dilakukan dengan menggunakan threshold yang telah ditentukan untuk akselerometer dan giroskop. Hasil dari 20 percobaan menunjukkan bahwa 14 data diklasifikasikan sebagai Tegap dan 6 data lainnya masuk ke dalam kategori Lemas. Keakuratan untuk gerakan ini juga tercatat 70%, menunjukkan bahwa sistem dapat dengan cukup baik membedakan antara dua kondisi tersebut.

Pada pengujian Hormat, analisis data dari 20 percobaan menunjukkan bahwa 12 data diklasifikasikan dengan benar sebagai Tegap, sedangkan 8 data lainnya dikategorikan sebagai Lemas. Keakuratan klasifikasi gerakan hormat tercatat 60%, yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan hasil pengujian sebelumnya. Meskipun demikian, pengujian ini masih memberikan gambaran yang cukup jelas mengenai kemampuan sistem dalam mendeteksi pola berjalan yang sesuai dengan kondisi fisik.

Secara keseluruhan, pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki kemampuan yang cukup baik untuk mengklasifikasikan gerakan-gerakan fisik berdasarkan data sensor. Hasil dari ketiga pengujian ini memberikan wawasan penting terkait potensi pengembangan lebih lanjut dalam analisis pola gait untuk aplikasi seperti seleksi calon prajurit.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa analisis pola jalan (GAIT) dapat dilakukan dengan menggunakan sensor akselerometer dan giroskop untuk merekam Gerakan 3 (tiga) dimensi (x, y, z). Sensor ini efektif dalam mendeteksi perbedaan gaya berjalan, seperti variasi dalam percepatan dan rotasi tubuh. Analisis akselerasi dan variabel statistik memungkinkan identifikasi perbedaan antara pola jalan yang tegap (seperti yang dimiliki prajurit militer) dan pola jalan yang kurang tegas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis pola jalan (GAIT) menggunakan sensor akselerometer dan giroskop dapat membedakan antara individu dengan postur tegap dan individu dengan postur lemas. Individu dengan postur tegap cenderung memiliki gerakan yang lebih teratur dan konsisten, dengan amplitudo akselerasi dan rotasi yang lebih besar, terutama pada sumbu vertikal dan horizontal. Sebaliknya, gerakan individu dengan postur lemas cenderung lebih acak dengan fluktuasi yang lebih tinggi dan amplitudo yang lebih rendah.

Penelitian ini juga membuktikan efektivitas perangkat wearable yang dilengkapi dengan sensor MPU6050 dan mikrokontroler ESP32 dalam merekam data gait secara real-time. Desain yang ringan dan kemampuan transmisi data nirkabel melalui BLE menjadikan perangkat ini ideal untuk pengujian di lingkungan lapangan, yang memungkinkan pengumpulan data yang akurat dan berkelanjutan selama pergerakan subjek.

REFERENSI

- [1] Morris, D., Schazmann, B., Wu, Y., Fay, C., Beirne, S., Slater, C., ... Diamond, D. (2008). Wearable technology for the real-time analysis of sweat during exercise. 2008 First International Symposium on Applied Sciences on Biomedical and Communication Technologies. doi:10.1109/isabel.2008.4712603
- [2] Ramalingame, R., Barioul, R., Li, X., Sanseverino, G., Krumm, D., Odenwald, S., & Kanoun, O. (2021). Wearable Smart Band for American Sign Language Recognition With Polymer Carbon Nanocomposite-Based Pressure Sensors. *IEEE Sensors Letters*, 5(6), 1–4. DOI: 10.1109/lensens.2021.3081689
- [3] Mischie, S. (2018). On the Development of Bluetooth Low Energy Devices. 2018 International Conference on Communications (COMM). DOI: 10.1109/iccomm.2018.8484756
- [4] Kajikawa, N., Minami, Y., Kohno, E., & Kakuda, Y. (2016). On Availability and Energy Consumption of the Fast Connection Establishment Method by Using Bluetooth Classic and Bluetooth Low Energy. 2016 Fourth International Symposium on Computing and Networking (CANDAR). DOI: 10.1109/candar.2016.0058
- [5] Jung, K. K., & Kim, Y.-J. (2018). Design of smart monitoring system based on bluetooth low energy. 2018 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC).
- [6] Bao, S., Gia, T. N., Chen, W., & Westerlund, T. (2020). Wearable Health Monitoring System using Flexible

Materials Electrodes. 2020 IEEE 6th World Forum on Internet of Things (WF-IoT). DOI: 10.1109/wf-iot48130.2020.9221282

[7] Zakirov, R., & Umarov, A. (2020). Fiber optic gyroscope and accelerometer application in aircraft inertial system. 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT).

[8] Lord, S. R., Menz, H. B., & Tiedemann, A. (2011). Age-related Changes in Gait Performance: A Longitudinal of Community-Dwelling Older People. *Age and Ageing*, 30(2), 72-78.

[9] Mazzà, C., Della Croce, U., & Ferrarin, M. (2012). *Gait Analysis and Posture Measurement in Clinical Practice*. Springer.

