

Sistem Monitoring Postur Duduk Berbasis Internet Of Things Menggunakan Sensor Akselerometer MPU6050

Andi Alif Rahmat Fauzan*, Dinda Arojo Dos Santos
Teknik Informatika, Universitas Dipa Makassar, Makassar, Indonesia.
*¹andialif1306@gmail.com, ²dindaarojo89@gmail.com

Abstrak

Postur duduk yang tidak ergonomis dalam jangka waktu lama merupakan faktor risiko utama untuk berbagai gangguan kesehatan, termasuk nyeri punggung dan masalah tulang belakang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem monitoring postur duduk real-time berbasis Internet of Things (IoT). Meskipun banyak solusi telah diusulkan, mayoritas berfokus pada sensor tunggal atau kurang dalam umpan balik instan. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengembangkan rompi yang dapat dikenakan (wearable vest) yang dilengkapi dengan dua sensor akselerometer MPU6050 untuk mendeteksi orientasi punggung atas dan bawah. Data sensor dari mahasiswa Universitas Dipa Makassar diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan diklasifikasikan menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM) untuk membedakan postur 'Tegak' (ergonomis) dan 'Bungkuk' (non-ergonomis). Jika postur bungkuk terdeteksi, sistem memberikan umpan balik ganda langsung berupa peringatan suara buzzer dan notifikasi melalui aplikasi Telegram. Proses validasi model dilakukan dengan membagi 3643 sampel data (2308 'Tegak', 1334 'Bungkuk') menjadi data latih dan data uji. Model SVM yang dilatih mencapai akurasi 100% pada data uji (729 sampel). Lebih lanjut, pengujian fungsional black-box pada prototipe menunjukkan akurasi real-time sebesar 97% dalam skenario penggunaan dinamis. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan adalah solusi yang valid dan efektif untuk meningkatkan kesadaran pengguna dan mendorong koreksi postur duduk secara proaktif.

Kata kunci: Postur Duduk, IoT, mpu6050, SVM.

I. PENDAHULUAN

Posisi duduk di depan komputer adalah cara kerja yang paling umum digunakan di lingkungan kerja [1]. Duduk dalam posisi yang kurang baik dalam jangka panjang dapat mengakibatkan nyeri punggung, leher, serta masalah pada tulang belakang. Jika tidak ditangani, situasi ini dapat menjelma menjadi isu kesehatan yang serius, seperti perubahan postur tubuh yang permanen dan penurunan kualitas hidup. Posisi duduk yang ideal seharusnya dilakukan dengan sudut 135 derajat agar dapat menghindari sakit di punggung bawah [2].

Dalam beberapa kasus posisi duduk yang salah dapat menyebabkan saraf terjepit. Pada kasus salah duduk, biasanya saraf yang terkena adalah saraf siatik yang berada di punggung bawah. Masalah lainnya yaitu Nyeri Punggung Kronis. Saat duduk anggota tubuh bagian bawah cenderung lebih pasif dibandingkan bagian atas. Ditambah lagi jika posisinya salah dan terjadi dalam jangka waktu panjang yang berulang-ulang, nyeri punggung kronis pun tidak akan terhindarkan. Selain itu, risiko tulang belakang yang degeneratif juga akan muncul. Degenerasi tersebut lama kelamaan pun dapat menekan urat dan saraf tulang belakang sehingga menimbulkan berbagai keluhan dan gangguan kesehatan lainnya (alodokter.com).

Saat ini, upaya untuk mencegah masalah postur saat duduk umumnya dilakukan melalui edukasi tentang ergonomi dan penggunaan kursi yang dirancang khusus untuk memberikan dukungan yang lebih baik pada tubuh [3]. Penelitian oleh [4] mengonfirmasi bahwa durasi duduk yang lama dengan posisi tidak tepat memperparah keluhan nyeri punggung bawah. Dalam studi tersebut, 76,3% responden memiliki posisi duduk risiko sedang dan 2% berisiko tinggi akibat posisi tubuh yang janggal.

Meskipun edukasi dan penelitian observasional penting, intervensi proaktif menggunakan teknologi masih perlu dikembangkan. Penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi penggunaan sensor MPU6050 untuk analisis postur [5] dan bahkan untuk latihan spesifik seperti deadlift [6]. Namun, penelitian-penelitian ini seringkali terbatas pada penggunaan sensor tunggal yang tidak dapat membedakan kelengkungan tulang belakang secara akurat, atau berfokus pada analisis offline daripada intervensi real-time. Banyak sistem yang ada juga kekurangan mekanisme umpan balik langsung yang efektif untuk mendorong koreksi postur instan.

Celah penelitian (research gap) yang diidentifikasi adalah kurangnya sistem wearable yang terintegrasi, yang mampu menggunakan dual-sensor untuk memonitor punggung atas dan bawah secara bersamaan, sekaligus menjalankan algoritma klasifikasi machine learning (seperti SVM) langsung di

perangkat (on-device) untuk latensi minimal, serta menyediakan umpan balik korektif ganda (audio dan teks) secara real-time.

Oleh karena itu, penelitian ini merancang sistem pemantauan posisi duduk yang berbasis Internet of Things (IoT) [7], [8] (menggunakan sensor akselerometer MPU6050. Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada integrasi dua sensor untuk akurasi deteksi postur yang lebih baik, implementasi SVM yang efisien pada mikrokontroler ESP32, dan mekanisme umpan balik ganda instan melalui buzzer dan notifikasi Telegram. Apabila posisi duduk yang terdeteksi tidak ergonomis, sistem akan mengirimkan notifikasi atau peringatan kepada pengguna untuk segera melakukan perbaikan. Melalui metode ini, pengguna bisa segera menyadari dan memperbaiki posisi duduk mereka sebelum efek buruk terhadap kesehatan muncul.

II. METODOLOGI PENELITIAN

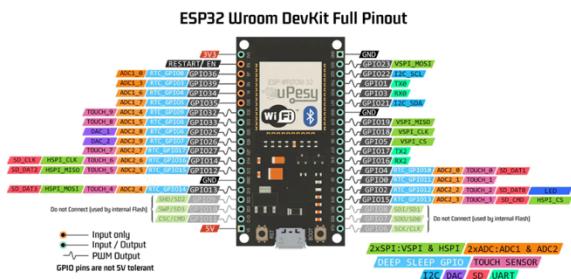
Penelitian ini menggunakan metodologi Research and Development (R&D) untuk menghasilkan sebuah prototipe fungsional. Tahapan penelitian mencakup perancangan sistem, pengembangan prototipe, pengumpulan data, pelatihan model, dan pengujian sistem.

A. Perancangan Perangkat Keras

Prototipe sistem dirancang sebagai rompi yang dapat dikenakan (wearable vest). Komponen utama perangkat keras meliputi:

1. Mikrokontroler ESP32

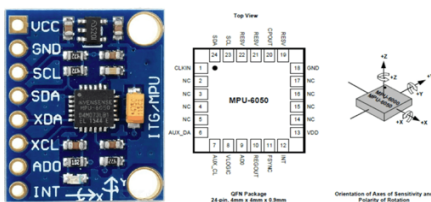
Sebagai unit pemrosesan pusat yang mengakuisisi data sensor, menjalankan model SVM, dan mengelola konektivitas Wi-Fi untuk notifikasi IoT.



Gambar 1. ESP32

2. Sensor MPU6050

Sensor inersia yang menggabungkan akselerometer dan giroskop. Satu sensor ditempatkan di punggung atas dan satu di punggung bawah untuk menangkap kelengkungan tulang belakang.



Gambar 2. Sensor MPU6050

3. Buzzer

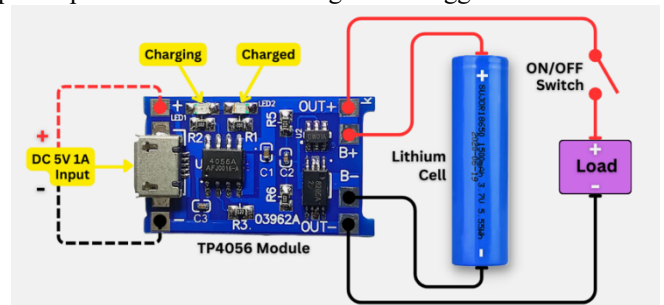
Buzzer aktif untuk peringatan suara dan integrasi dengan bot Telegram untuk notifikasi teks.



Gambar 3. Buzzer

4. Modul TP4056

TP4056 adalah pengisi linear arus konstan atau tegangan penuh pada baterai lithium dengan sel tunggal.



Gambar 4. Modul TP4056

B. Pengumpulan Data

Data primer dikumpulkan dari subjek penelitian (mahasiswa Universitas Dipa Makassar) menggunakan teknik Purposive Sampling. Responden diminta untuk mengenakan prototipe dan melakukan dua postur utama secara bergantian: 'Tegak' (posisi ergonomis) dan 'Bungkuk' (posisi non-ergonomis). Data sudut (pitch dan roll) dari kedua sensor direkam melalui web server yang di-hosting di ESP32. Total 3643 sampel data berhasil dikumpulkan, terdiri dari 2308 sampel 'Tegak' dan 1334 sampel 'Bungkuk'.

C. Analisis dan Klasifikasi Model (SVM)

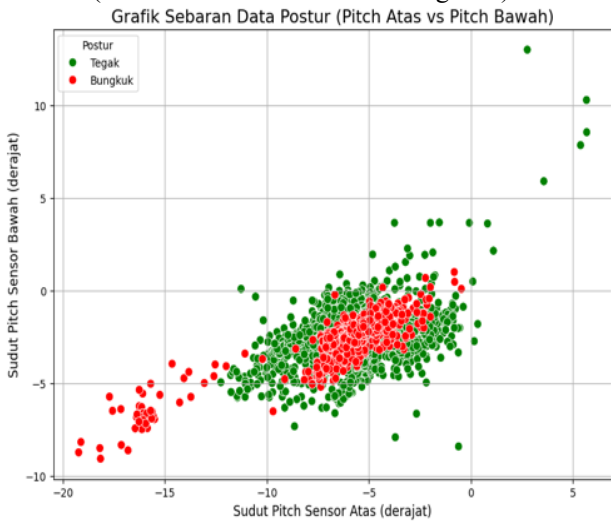
Data yang terkumpul dianalisis untuk mengidentifikasi fitur yang paling berpengaruh. Analisis korelasi menunjukkan bahwa variabel Roll (kemiringan ke depan/belakang) memiliki korelasi yang sangat kuat dengan postur, terutama Roll_Bawah (koefisien 0.99) dan Roll_Atas (0.81). Sebaliknya, variabel Pitch (kemiringan ke kanan/kiri) memiliki korelasi yang sangat rendah.

Model klasifikasi Support Vector Machine (SVM) dipilih karena kemampuannya yang baik dalam menemukan bidang pemisah (hyperplane) optimal, bahkan di data yang memiliki tumpang tindih. Model dilatih di Google Colab menggunakan pustaka Scikit-learn. Parameter model SVM yang telah dilatih (termasuk parameter scaler, support vectors, coefficients, dan intercept) kemudian diekspor dan ditanamkan (embedded) ke dalam firmware mikrokontroler ESP32 untuk inferensi real-time di perangkat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kinerja Model Klasifikasi SVM

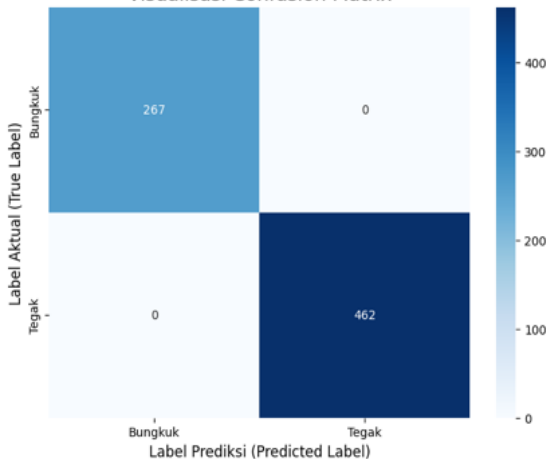
Model SVM dievaluasi pada dataset uji yang terdiri dari 729 sampel. Hasil evaluasi menunjukkan performa yang sempurna pada data ini. Confusion matrix menunjukkan bahwa model berhasil mengklasifikasikan 267 sampel 'Bungkuk' (True Positive) dan 462 sampel 'Tegak' (True Negative) tanpa kesalahan (0 False Positive dan 0 False Negative).



Gambar 5. Sebaran Data

Laporan klasifikasi mengonfirmasi hasil ini, dengan nilai accuracy, precision, recall, dan f1-score mencapai 1.00 (atau 100%) untuk kedua kelas. Hal ini menunjukkan bahwa data yang dikumpulkan sangat dapat dipisahkan secara linear (atau melalui kernel SVM) dan model sangat efektif dalam mempelajari pola postur dari data sensor.

Visualisasi Confusion Matrix



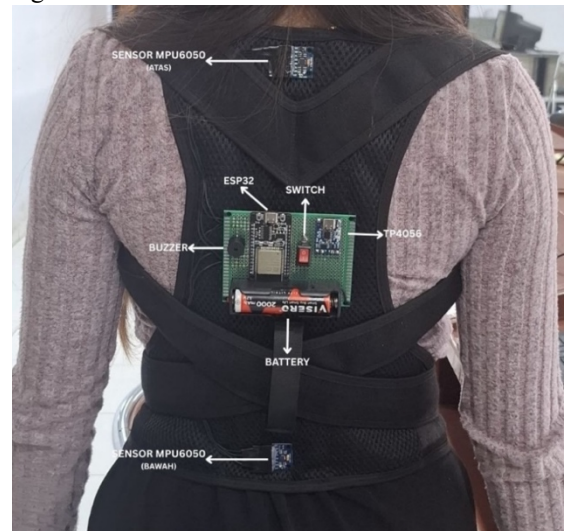
Gambar 6. Hasil Confusion Matrix

B. Pengujian Sistem Real-Time

Kinerja prototipe diuji secara fungsional menggunakan metode Black Box Testing. Sistem diatur untuk melakukan pembacaan dan klasifikasi sensor setiap 500 ms. Rangkaian

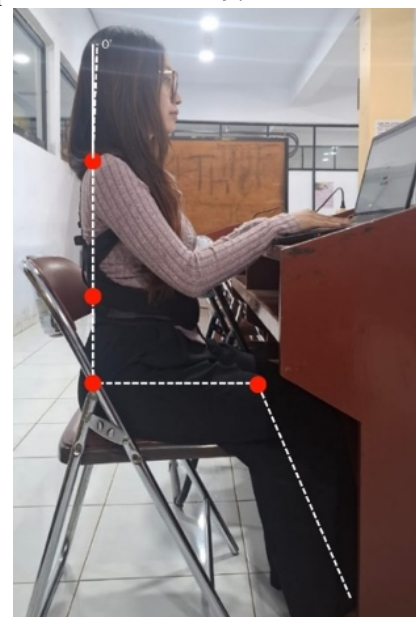
skenario pengujian dilakukan untuk memvalidasi fungsionalitas dan akurasi real-time.

1. Uji Fungsional Sistem berhasil lolos semua uji fungsional. Sistem tetap diam saat postur 'Tegak', segera mengaktifkan buzzer dan mengirim notifikasi Telegram saat postur 'Bungkuk' terdeteksi, dan langsung mematikan peringatan serta mengirim notifikasi pemulihan saat pengguna kembali ke postur 'Tegak'.



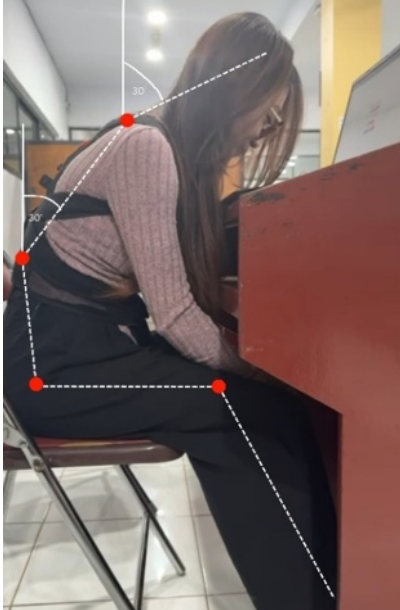
Gambar 7. Perancangan Alat

2. Uji Akurasi Dinamis Uji ini adalah metrik kinerja yang paling krusial. Pengguna diminta melakukan 100 kali perubahan postur acak (Tegak ke Bungkuk atau sebaliknya). Hasilnya dibandingkan dengan observasi visual langsung. Sistem berhasil mengklasifikasikan 97 dari 100 percobaan dengan benar, sehingga mencapai akurasi real-time 97%.



Gambar 8. Posisi Duduk Tegak

Ini adalah postur duduk yang benar secara ergonomis. Postur ini dicirikan dengan punggung yang lurus, bahu rileks, dan paha membentuk sudut yang mendekati 90 derajat dengan punggung. Postur ini menjadi acuan untuk label Tegak.



Gambar 9. Posisi Duduk Bungkuk

Ini adalah postur duduk yang salah, di mana punggung melengkung ke depan, bahu cenderung turun, dan kepala lebih condong ke depan dengan sudut 30 derajat. Postur ini menjadi acuan untuk label Bungkuk.

C. Pembahasan

Sistem yang dikembangkan memiliki arsitektur fungsional yang jelas, terbagi menjadi tiga blok utama: Input, Proses, dan Output. Prinsip kerja alat ini dimulai dari blok Input, yang terdiri dari dua unit sensor MPU6050. Sensor-sensor ini, yang ditempatkan pada punggung atas dan bawah rompi, bertugas mengakuisisi data sudut kemiringan (Pitch dan Roll) secara real-time.

Data mentah ini kemudian dikirim ke blok Proses, yaitu mikrokontroler ESP32. Di dalam ESP32, data dinormalisasi dan dimasukkan ke model SVM yang telah ditanamkan (embedded). Model inilah yang melakukan inferensi atau klasifikasi untuk menentukan apakah postur pengguna saat itu 'Tegak' atau 'Bungkuk'.

Apabila hasil klasifikasi adalah 'Bungkuk', ESP32 akan segera mengaktifkan blok Output. Blok ini dirancang untuk memberikan umpan balik ganda dan instan: peringatan suara langsung melalui Buzzer dan notifikasi peringatan teks ke aplikasi Telegram pengguna melalui koneksi Wi-Fi. Arsitektur lengkap ini, yang juga mencakup blok daya portabel (Baterai dan Modul TP4056) dan dirakit menjadi satu wearable vest fungsional, terbukti efektif dalam menjalankan fungsinya.

Penelitian ini berhasil membuktikan kelayakan sistem monitoring postur duduk IoT. Akurasi 100% pada data uji dan

97% pada pengujian real-time menunjukkan keandalan sistem. Penggunaan dua sensor (atas dan bawah) terbukti krusial, divalidasi oleh analisis korelasi yang menunjukkan data Roll dari kedua sensor (terutama bagian bawah) adalah prediktor postur yang paling dominan.

Mekanisme umpan balik ganda (buzzer dan Telegram) memastikan peringatan tersampaikan secara efektif. Dibandingkan dengan penelitian terkait yang mungkin berfokus pada deteksi jatuh, sistem ini secara spesifik dirancang untuk intervensi preventif pada postur duduk statis. Keterbatasan penelitian ini mencakup pengujian pada satu jenis lingkungan duduk dan belum mencakup variasi postur lain seperti miring ke samping.

IV. KESIMPULAN

Sistem monitoring postur duduk berbasis IoT menggunakan dua sensor MPU6050 dan klasifikasi SVM telah berhasil dirancang, diimplementasikan, dan diuji. Sistem ini terbukti mampu mendeteksi dan membedakan antara postur 'Tegak' dan 'Bungkuk' dengan akurasi 100% pada data uji dan akurasi fungsional 97% dalam penggunaan real-time. Sistem ini menyediakan umpan balik korektif secara instan melalui buzzer dan notifikasi Telegram, yang berpotensi meningkatkan kesadaran pengguna dan mencegah masalah kesehatan akibat postur duduk yang buruk.

Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan untuk melakukan uji coba pada populasi pengguna yang lebih beragam dan mengintegrasikan sistem dengan aplikasi seluler khusus untuk analisis data historis dan gamifikasi.

REFERENSI

- [1] N. Luh Putu Ekarini, Y. Putri Susman, N. Yarden, & S. Manurung. (2023). Posisi Duduk dan Lama Duduk di Depan Komputer Sebagai Faktor Risiko Keluhan Nyeri Punggung Bawah pada Karyawan Kantoran. *JKEP (Jurnal Keperawatan)*, 8 (2).
- [2] P. Hadi, & W. Hasmar. (2021). Ergonomi Duduk yang Benar untuk Mencegah Terjadinya Low Back Pain (LBP) di Kelurahan Mayang Mangurai Kota Jambi. *Jurnal Abdimas Kesehatan (JAK)*, 3 (3), 287.
- [3] R. Burgess-Limerick. (2022). *Foundations of Office Ergonomics: Preventing Musculoskeletal Disorders*. ErgoBooks Press.
- [4] S. Alifia, P. A. Putri, R. Listyandini, S. K. Aulia, S. Azzahra, N. Ernawati, N. H. Atizki, R. Fatimah, P. Studi, K. Masyarakat, I. Kesehatan, U. Ibn, K. Bogor, J. S. Bogor, K. M. Iskandar, K. T. Sereal, K. Bogor, I. K. Bogor, & J. S. Iskandar, (2023). HUBUNGAN POSISI DUDUK DENGAN KELUHAN NYERI PUNGGUNG BAWAH PADA MAHASISWA FIKES UNIVERSITAS IBN KHALDUN BOGOR TAHUN 2023 (Vol. 11, Issue 2).
- [5] Andriansyah Fahmi. (2020). Rancang Bangun Alat Ukur Sudut Punggung Untuk Mempermudah Perhitungan Rula Menggunakan MPU6050.

- [6] Grafidi Alif Akbar, Syauqy Dahnia, & Kurniawan Wijaya. (2025). Sistem Wearable Untuk Deteksi Postur Awal Badan Pada Latihan Deadlift Menggunakan Sensor MPU6050 Dengan Metode Support Vector Machine (SVM) . 9 .
- [7] Rasyid, M. F., Rizal, M., & Musu, W. (2023). Introduction Internet of Things Design for Students in SMKs Darul Ulum Layoa Bantaeng. ETHOS: Jurnal Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, 11(2), 113-124.
- [8] Suryani, S., Husain, H., & Faizal, F. (2025). Advancing Parking Systems: A Performance Comparison of MobileNet and Canny in License Plate Detection. CogITo Smart Journal, 11(1), 67-79.
- [9] <https://www.alodokter.com/nyeri-saat-duduk-terlalu-lama-ketahui-penyebab-dan-solusi-yang-bisa-dicoba>.