

PERANCANGAN *WEARABLE VEST* PENDETEKSI JATUH LANSIA BERBASIS ESP-32 DAN SENSOR MPU9250 MENGGUNAKAN ALGORITMA *SUPPORT VECTOR MACHINE*

Andi Muhammad Alif Alfajra¹, Dahnia Syauqy², Gembong Edhi Setyawan³

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹andimalif@student.ub.ac.id, ²dahnial87@ub.ac.id, ³gembong@ub.ac.id

Abstrak

Fenomena penuaan penduduk merupakan isu global yang turut dialami Indonesia, di mana peningkatan jumlah lansia juga disertai meningkatnya risiko jatuh yang dapat menyebabkan cedera serius hingga kematian. Data menunjukkan bahwa 47% lansia yang tidak dapat bangkit setelah jatuh meninggal dalam waktu enam bulan meskipun tidak mengalami cedera serius (Ren dan Peng, 2019). Penelitian ini merancang *wearable vest* berbasis ESP-32 dan sensor MPU9250 untuk mendeteksi jatuh secara *real-time*. Sensor diletakkan di kantong dada kiri dan pinggang rompi, dengan parameter utama meliputi akselerasi, sudut, magnetometer, pitch, dan roll. Data diolah menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) yang akurat dan ringan, cocok untuk deteksi cepat. Sistem juga membedakan posisi tidur untuk mencegah alarm palsu. Hasil klasifikasi jatuh ditandai dengan bunyi buzzer dan notifikasi melalui aplikasi *Blynk IoT* serta *email*. Pengujian model SVM pada 328 data uji mencapai akurasi 98,17%, sementara uji *wearable vest* pada tiga subjek menunjukkan akurasi 87,5% dengan waktu komputasi rata-rata 3,5 ms, dan waktu rata-rata pengiriman notifikasi sebesar 1,5s. Sistem ini efektif mendeteksi jatuh lansia dan memenuhi kriteria respons *real-time*, membantu pengasuh atau keluarga terdekat merespons insiden jatuh dengan cepat.

Kata kunci: Deteksi jatuh, *wearable vest*, ESP-32, *Support Vector Machine*, *Blynk IoT*

Abstract

The phenomenon of population aging is a global issue also experienced by Indonesia, where the increasing number of elderly people is accompanied by a higher risk of falls that can lead to serious injuries or even death. Data shows that 47% of elderly individuals unable to get up after a fall die within six months, even without suffering serious injuries (Ren and Peng, 2019). This study designs a *wearable vest* based on the ESP-32 microcontroller and MPU9250 sensor to detect falls in *real-time*. The sensors are placed in pockets on the left chest and waist of the vest, using key parameters such as acceleration, angle, magnetometer, pitch, and roll. The data is processed using a *Support Vector Machine* (SVM) algorithm, known for its high accuracy and low computational load, making it suitable for quick detection. The system also distinguishes sleeping positions to prevent false alarms. Fall detection results are indicated by a buzzer sound and notifications via the *Blynk IoT* application and email. Testing the SVM model with 328 test data achieved an accuracy of 98.17%, while testing the *wearable vest* on three subjects showed an accuracy of 87.5%, with an average computation time of 3.5ms and an average notification delivery time of 1.5 seconds. This system effectively detects elderly falls and meets *real-time* response criteria, assisting caregivers or family members in quickly responding to fall incidents.

Keywords: Fall detection, *wearable vest*, ESP-32, *Support Vector Machine*, MPU9250, *Blynk IoT*

1. PENDAHULUAN

Fenomena penuaan penduduk adalah sebuah hal yang tidak dapat dihindari secara global, termasuk Indonesia. Keberhasilan pembangunan, terutama dalam dalam pengembangan kesehatan merupakan alasan utama fenomena ini terjadi. Menurut Badan Pusat Statistika Indonesia (BPS, 2023), pada tahun 2050 diperkirakan akan terjadi lonjakan signifikan dalam jumlah individu berusia 60 tahun ke atas, dengan perkiraan akan mencapai sekitar 22% dari keseluruhan populasi global.

Meskipun demikian, fenomena penuaan penduduk memiliki tantangan tersendiri untuk dihadapi, karena penuaan penduduk sering kali berkaitan dengan berbagai masalah, seperti penurunan berbagai fungsi tubuh, termasuk fisik, indra, dan kapabilitas kognitif, faktor-faktor tersebut berkontribusi pada peningkatan risiko terjadinya kecelakaan jatuh pada lansia (Ren & Peng, 2019).

Jatuh merupakan kejadian fisik, Ketika tubuh gagal untuk mendeteksi perubahan posisi dan pusat massa tidak diposisikan kembali dengan benar atas dasar dukungan tubuh pada waktu yang sesuai (Noorratri et al., 2020). Jatuh merupakan faktor utama yang menyebabkan cedera parah pada lansia di seluruh dunia. Sebanyak 20% dari pasien yang dirawat di rumah sakit adalah karena mereka tidak dapat bangkit setelah terjatuh dan berada di lantai selama satu jam atau lebih. Dampak dari kondisi ini dapat berakibat fatal, menimbulkan trauma mental yang serius, serta meningkatkan risiko kematian.

Melihat fakta dan penelitian yang ada, penelitian ini berfokus pada perancangan sebuah *wearable vest* pendeteksi jatuh lansia yang memanfaatkan sensor MPU9250. Selain itu, pentingnya mendeteksi perubahan postur yang drastis, membuat deteksi pose menjadi fitur kritis dalam sistem ini. Karena deteksi pose memungkinkan penilaian detail terhadap orientasi dan posisi tubuh saat dan sesudah jatuh, sehingga dapat secara akurat mendeteksi dan membedakan pose tidur dari jatuh untuk meningkatkan keakuratan dan mengurangi kemungkinan alarm palsu. Lebih lanjut, Sistem ini diharapkan dapat menggabungkan kelebihan hardware ESP-32 dan keakuratan algoritma SVM yang telah terbukti efektif dalam klasifikasi *binary* yang akurat (Arsi, Wahyudi & Waluyo, 2021) untuk memberikan solusi yang

dapat diimplementasikan secara praktis di lingkungan rumah atau fasilitas perawatan lansia, guna memberikan pengawasan proaktif dan berkelanjutan terhadap risiko jatuh.

2. DASAR TEORI

2.1. Jatuh

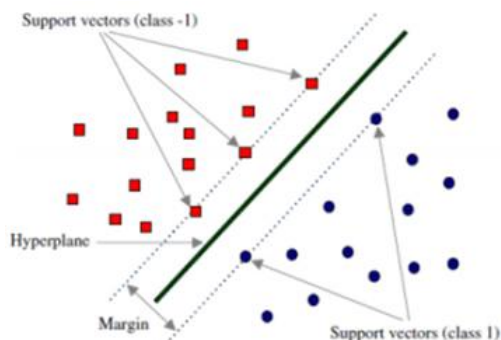
Menurut Ren & Peng., (2019) jatuh merupakan suatu kejadian mendadak di mana seseorang kehilangan keseimbangan dan postur tubuhnya, lalu terdorong oleh gravitasi untuk bergerak ke bawah secara tidak terkendali, seringkali berakhir dengan kontak yang tidak lembut dengan lantai atau permukaan lainnya. Ini dapat terjadi karena berbagai alasan, termasuk kehilangan kesadaran, terpeleset, tersandung, atau kelemahan otot, dan seringnya dikaitkan dengan risiko cedera, terutama pada populasi lansia yang lebih rentan. Karakteristik yang membedakan jatuh dari gerakan turun lainnya adalah kecepatan dan arah pergerakan kepala yang tidak sama dengan gerakan duduk atau jongkok, serta adanya gangguan bentuk tubuh yang lebih kecil. Meski cenderung terjadi secara instan, konsekuensi dari jatuh bisa sangat beragam, mulai dari lecet ringan hingga cedera yang serius, termasuk patah tulang atau trauma kepala, yang dapat memengaruhi kesehatan dan kualitas hidup seseorang.

2.2. Wearable Technology

Menurut Yasar., (2022) Teknologi yang dapat dipakai atau *wearable technology* adalah jenis perangkat elektronik yang dirancang untuk dikenakan pada tubuh pengguna. Tujuan utamanya bervariasi, mulai dari fungsi kesehatan hingga hiburan. Perangkat ini beroperasi dengan mengandalkan komponen seperti mikroprosesor, baterai, sensor, dan konektivitas internet, yang memungkinkan pengumpulan data dan sinkronisasi informasi dengan perangkat lain seperti *smartphone* atau komputer. Di berbagai sektor, termasuk kesehatan, hiburan, navigasi, olahraga, dan edukasi, *wearable technology* telah menjadi populer dengan contoh yang meliputi jam pintar, headset VR, dan alat pemantau aktivitas fisik. Kegunaannya tidak hanya untuk memonitor kondisi kesehatan tapi juga menyediakan hiburan yang imersif dan membantu peningkatan performa atletis. Di lingkungan industri, penggunaan teknologi yang dapat dipakai meningkatkan efektivitas dan

keamanan pekerja. Inovasi dalam bidang ini terus berlanjut, memberi peluang bagi terciptanya metode interaksi yang baru dengan dunia di sekitar kita.

2.3. Support Vector Machine



Gambar 1. Support Vector Machine

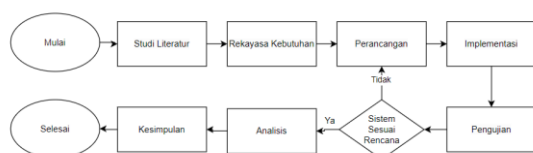
Dalam SVM, setelah *hyperplane* ditentukan, data yang belum terklasifikasi akan diposisikan relatif terhadap *hyperplane* ini untuk dikategorikan. Intuitifnya, jarak yang lebih besar antara data dan *hyperplane* menandakan tingkat keyakinan yang lebih tinggi dalam klasifikasi yang dilakukan. *Hyperplane* yang ideal adalah yang memiliki *margin* terlebar antara dirinya dan titik data terdekat.

Margin tersebut secara visual digambarkan sebagai jarak minimum antara *hyperplane* dan titik-titik data yang terdekat dengannya. Sebuah *hyperplane* diwakili melalui persamaan 1.

$$y = wx + b \quad (1)$$

Pada persamaan (1) w merupakan bobot dan b merupakan bias. Algoritma SVM bertujuan untuk mengatur nilai w dan b sedemikian rupa sehingga menghasilkan pembatas (*hyperplane*) yang paling efektif.

3. METODOLOGI



Gambar 2. Strategi Penelitian

Gambar 2 diatas menunjukkan diagram alir yang bertujuan untuk memudahkan dalam proses penulisan. Berdasarkan judul, tipe penelitian adalah implementatif dimana akan merancang sebuah alat yang dapat digunakan

untuk memprediksi jatuh dengan modul MPU9250 menggunakan algoritma SVM.

3.1. Teknik Pengumpulan Data

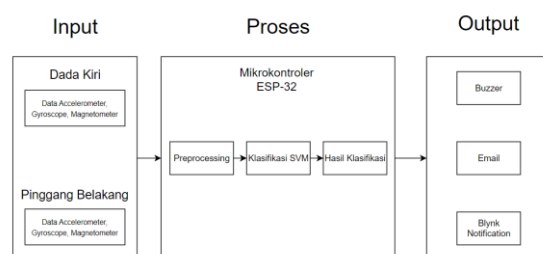
Teknik pengumpulan data dilakukan menyesuaikan kebutuhan sistem yang dibuat. Penulis mengambil data dari sensor MPU9250 langsung ke relawan sebanyak 3 orang (2 laki-laki dan 1 perempuan), relawan akan menggunakan *wearable vest* yang telah disematkan sensor, lalu relawan akan melakukan gerakan jatuh ke depan, ke belakang, menyamping ke kiri, dan menyamping ke kanan, serta aktivitas non-jatuh seperti tidur tengkurap, telentang, miring ke kiri, dan miring ke kanan.

Tabel 1. Subjek Penelitian

Parameter Pengujian	Jumlah
Gender (Laki-Laki)	2 subjek
Gender (Perempuan)	1 subjek

4. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

4.1. Perancangan Sistem

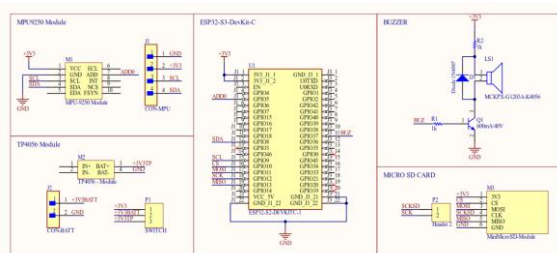


Gambar 3. Blok Diagram Sistem

Berdasarkan gambar 3. dapat dilihat keseluruhan proses *wearable vest* pendeteksi jatuh pada lansia yang dimulai dengan sensor MPU9250 mengirim data akselerometer, giroskop, dan magnetometer ke mikrokontroler ESP-32 untuk dilakukan proses klasifikasi data menggunakan algoritma SVM yang telah dilatih sebelumnya, lalu diubah agar *compatible* dengan arduino IDE menggunakan pustaka *EloquentTinyML*. Setelah jatuh terdeteksi, akan muncul umpan balik berupa suara dari buzzer dan juga notifikasi *Blynk IoT* serta *email* pada gawai keluarga atau kontak darurat yang telah diatur dengan cara *hard-code* diawal pemrograman.

4.2. Perancangan dan Implementasi Hardware

Perancangan perangkat keras akan menampilkan penjelasan rangkaian yang saling terhubung antar pin pada mikrokontroler dan juga sensor. Pada tahap ini, diagram skematik perangkat keras meliputi komponen seperti sensor MPU9250, mikrokontroler ESP-32, baterai lipo 3.7v 2000mah, buzzer dan modul charger TP4056 ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. Skematik Sistem

Berdasarkan diagram skematik pada Gambar 4 yang sudah dibuat berikut penjelasan dari koneksi pin konfigurasi:

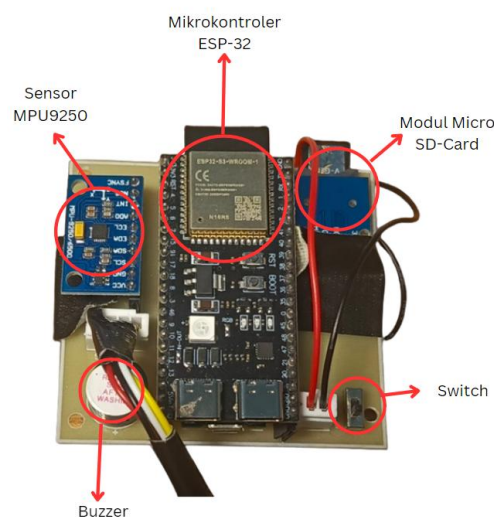
Tabel 2. Koneksi Pin ESP-32

Pin ESP-32	Pin Komponen	Komponen
3V3	VCC	
GND	GND	
GPIO8	SDA	MPU9250
GPIO9	SCL	
GPIO5	ADD	
10	CS	MICRO SD-CARD MODULE
12	SCK	
11	MOSI	
13	MISO	
5V	VCC	BUZZER
GND	GND	
3V3	BAT+	TP4056
GND	BAT-	
3V3BATT	IN+	
GND	IN-	

Gambar 4 menampilkan diagram skematik sistem deteksi jatuh untuk lansia, yang menjadi dasar perancangan perangkat keras pada penelitian ini. Diagram tersebut menunjukkan bahwa alamat komunikasi I2C untuk sensor MPU9250 dan mikrokontroler ESP-32 masing-masing adalah 0x68 dan 0x69, yang terhubung melalui pin SCL (*Serial Clock Line*) dan SDA (*Serial Data Line*). Pin SCL dihubungkan ke GPIO9 pada ESP-32, berfungsi sebagai clock untuk sinkronisasi transfer data antar perangkat, sedangkan pin SDA dihubungkan ke GPIO8,

yang digunakan sebagai jalur untuk transfer data. Sistem ini memperoleh daya dari baterai Li-Po berkapasitas 3.7V 2000mAh, yang didukung oleh modul pengisian TP4056 untuk memastikan pengisian ulang daya dapat dilakukan dengan mudah. Selain itu, terdapat *switch* yang bertindak sebagai elemen kontrol tambahan. *Switch* ini dihubungkan langsung ke ESP-32 untuk mengatur kontrol daya pada sistem. Dengan konfigurasi pin tersebut, ESP-32 dapat menerima daya dari baterai, sementara sensor MPU9250, buzzer, dan modul micro sd-card mendapatkan daya dari ESP-32.

Hasil implementasi perangkat keras yang mengacu pada rancangan diagram skematik pada Gambar 4 dapat dilihat pada Gambar 5. Pada gambar tersebut, seluruh komponen penting yang telah dirancang, seperti sensor MPU9250, mikrokontroler ESP-32, modul micro sd-card, buzzer, dan *switch*, telah dirakit dan dipasang dengan rapi pada papan PCB. Papan PCB ini sudah dalam kondisi siap untuk disematkan pada *wearable vest*, memastikan semua komponen bekerja sesuai dengan fungsinya dalam sistem deteksi jatuh yang dirancang. Implementasi ini menunjukkan keselarasan antara perancangan diagram skematik dan hasil akhir perangkat keras, yang menjadi dasar bagi sistem deteksi jatuh pada lansia.

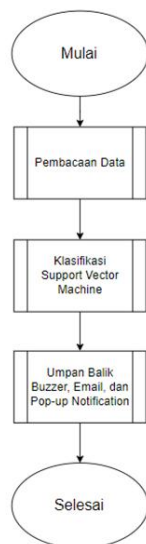


Gambar 5. Implementasi Perangkat Keras

4.3. Perancangan dan Implementasi Software

Perancangan *software* adalah proses untuk menentukan bagaimana perangkat lunak akan bekerja untuk mencapai tujuan sistem. Perancangan perangkat lunak terdiri atas tiga bagian yang meliputi pembacaan data, klasifikasi menggunakan metode *Support Vector*

Machine, dan memberikan umpan balik melalui *buzzer*, *email*, dan notifikasi pada aplikasi *Blynk IoT*. Diagram alir program utama dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 6. Diagram Alir Keseluruhan Sistem

Berdasarkan gambar 6, proses keseluruhan sistem dimulai dengan melakukan pembacaan data dari dua sensor MPU9250 yang telah disematkan pada bagian dada kiri dan belakang dari *wearable vest*. Data yang dibaca mencakup data akselerometer, giroskop, magnetometer yang telah dilakukan kalibrasi sebelumnya agar data yang didapatkan menjadi lebih akurat. Selain itu, dua fitur tambahan berupa *pitch* dan *roll* juga diekstrak guna menambah akurasi dari sistem deteksi yang dirancang. Selanjutnya, akan dilakukan klasifikasi gerakan jatuh dan tidur berdasarkan data yang telah dibaca sebelumnya, jika jatuh terdeteksi akan ada umpan balik berupa bunyi dari *buzzer*, *email*, serta notifikasi pada aplikasi *Blynk IoT*.

4.4. Implementasi Wearable Vest

Tahap ini akan menjelaskan bagaimana implementasi perangkat keras untuk disematkan secara cermat pada *wearable vest* yang dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Implementasi Wearable vest

Dalam implementasi perangkat *wearable*, penempatan sensor sangat penting untuk memastikan sistem berfungsi dengan optimal dan memberikan kenyamanan bagi pengguna. Pada bagian kiri dada, perangkat keras yang mencakup mikrokontroler ESP-32, sensor MPU9250, buzzer, dan modul *micro SD-card* akan ditempatkan dalam kantong yang sudah ada. Sementara itu, pada kantong bagian belakang, akan ditempatkan sensor MPU9250 kedua, yang akan terhubung dengan ESP-32 di bagian kiri dada menggunakan kabel JST connector. *Vest* ini didesain agar dapat digunakan dengan aman dan nyaman, tanpa mengganggu pergerakan atau aktivitas fisik pengguna, untuk memberikan pengalaman maksimal.

5. PENGUJIAN DAN ANALISIS

5.1. Pengujian Proses Pembacaan Data MPU9250

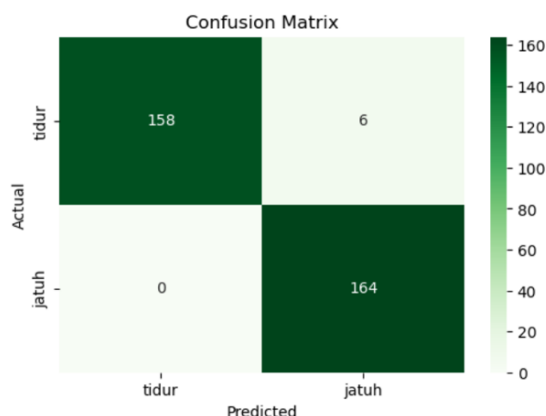
Pengujian pembacaan nilai sensor MPU9250 bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sensor MPU9250 dalam membaca data akselerometer (Ax, Ay, Az), giroskop (Gx, Gy, Gz), dan magnetometer (Mx, My, Mz). Dalam konteks ini, simbol A digunakan untuk mewakili Akselerometer, simbol G untuk mewakili Giroskop, sementara simbol M untuk mewakili magnetometer.

Tabel 3. Pengujian Pembacaan Sensor

Pengujian	Parameter
Menampilkan	Berhasil
Proses Akuisisi Data	Berhasil

5.2. Pengujian Akurasi Model SVM

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah model *Support Vector Machine* yang telah dilatih dapat melakukan klasifikasi kelas jatuh dan tidak jatuh secara tepat pada data uji yang telah disiapkan.



Gambar 8. Confusion Matrix Akurasi Model

Berdasarkan Gambar 6.2, dari total 328 data uji, model berhasil mendeteksi 164 gerakan jatuh dengan benar (true positive) dan 158 sampel tidur dengan benar (true negative), dengan hanya 6 kesalahan prediksi di mana tidur terdeteksi sebagai jatuh (false positive), serta tidak ada kesalahan prediksi jatuh sebagai tidur (false negative). Selanjutnya, perhitungan akurasi akan dilakukan menggunakan rumus pada persamaan 2.

$$Akurasi = \frac{(TP+TN)}{(TP+TN+FP+FN)} \times 100\% \quad (2)$$

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan persamaan 2, diperoleh nilai akurasi dari pengujian ini sebesar 98.17%. Akurasi ini menunjukkan kemampuan model untuk secara efektif mengklasifikasikan kelas jatuh dan tidur pada dataset pengujian. Hasil ini mencerminkan tingkat kesuksesan model dalam melakukan klasifikasi dan dapat dijadikan sebagai indikasi kehandalan model dalam konteks pengujian sistem.

5.3. Pengujian Akurasi Hasil Klasifikasi Sistem

Pengujian model SVM setelah diintegrasikan ke dalam perangkat wearable bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mengklasifikasi gerakan jatuh dan tidur secara akurat. Pengujian ini melibatkan tiga partisipan dengan karakteristik tubuh yang berbeda, yang masing-masing melakukan 4 jenis variasi gerakan jatuh dan 4 jenis variasi gerakan tidur, dengan setiap gerakan dilakukan sebanyak satu kali repetisi. Umpan balik dari sistem kemudian diamati untuk menentukan apakah hasil klasifikasi sesuai dengan gerakan yang sebenarnya dilakukan. Hasil pengujian untuk klasifikasi gerakan jatuh disajikan dalam tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Akurasi Support Vector Machine pada Sistem

N o	Partisi pan	Spesifikasi Partisipan	Gerakan	Klasifikasi
1	P01	Jenis	Jatuh	Jatuh
2		Kelamin:	Jatuh	Tidur
3		Laki-laki	Jatuh	Jatuh
4		Tinggi:	Jatuh	Jatuh
5		170cm	Tidur	Tidur
6		Berat: 76kg	Tidur	Tidur
7		Usia: 23	Tidur	Tidur
8			Tidur	Tidur
9	P02	Jenis	Jatuh	Jatuh
10		Kelamin:	Jatuh	Jatuh
11		Laki-laki	Jatuh	Tidur
12		Tinggi:	Jatuh	Jatuh
13		173cm	Tidur	Tidur
14		Berat: 65kg	Tidur	Tidur
15		Usia: 20	Tidur	Tidur
16			Tidur	Tidur
17	P03	Jenis	Jatuh	Jatuh
18		Kelamin:	Jatuh	Tidur
19		Perempuan	Jatuh	Jatuh
20		Tinggi:	Jatuh	Jatuh
21		148cm	Tidur	Tidur
22		Berat: 54kg	Tidur	Tidur
23		Usia: 24	Tidur	Tidur
24			Tidur	Tidur

Merujuk pada tabel 5, terlihat bahwa terdapat kesesuaian antara gerakan yang dilakukan dengan hasil klasifikasi sistem. Dari total 24 percobaan yang dilakukan, tercatat sebanyak 3 kali sistem memberikan hasil klasifikasi yang tidak sesuai dengan gerakan sebenarnya. Selanjutnya, akurasi akan dihitung menggunakan rumus sesuai persamaan 3.

$$Akurasi = \frac{(24-3)}{(24)} \times 100\% \quad (3)$$

Dari perhitungan menggunakan persamaan 3, didapatkan akurasi sistem sebesar 87.5% dalam melakukan klasifikasi gerakan jatuh dan tidur

5.4. Pengujian Waktu Komputasi Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu komputasi yang diperlukan sistem dalam melakukan klasifikasi gerakan jatuh maupun tidur. Pengujian ini dilakukan sebanyak 24 kali, di mana setiap variasi gerakan jatuh dan tidur dilakukan sebanyak tiga kali repetisi. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Waktu Komputasi Sistem

Pengujian ke-	Waktu Komputasi (ms)
1	3ms
2	3ms
3	3ms
4	4ms
5	4ms
6	4ms
7	3ms
8	3ms
9	3ms
10	4ms
11	4ms
12	3ms
13	3ms
14	3ms
15	4ms
16	4ms
17	4ms
18	4ms
19	4ms
20	3ms
21	3ms
22	4ms
23	4ms
24	4ms

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 6, dari 24 data pengujian didapatkan total nilai sebesar 84. Untuk menghitung rata-rata waktu komputasi akan digunakan persamaan 4.

$$Rata - rata = \frac{(\sum Waktu Pengujian)}{(Total Pengujian)} \times 100\% \quad (4)$$

Dari perhitungan menggunakan persamaan 4, didapatkan akurasi sistem sebesar 3.5ms dalam melakukan klasifikasi gerakan jatuh dan tidur. Dengan demikian, hasil pengujian waktu komputasi menunjukkan bahwa implementasi *Support Vector Machine* pada sistem ini memenuhi kriteria waktu yang dapat diterima untuk sebuah gerakan aplikasi yang memerlukan waktu komputasi secara *real-time*.

5.4. Pengujian Waktu Pengiriman Notifikasi

Tujuan pengujian waktu pengiriman notifikasi adalah untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk mengirimkan notifikasi email saat jatuh terdeteksi. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Waktu Pengiriman Notifikasi

Pengujian ke-	Waktu Pengiriman Notifikasi (s)
1	1s
2	1s
3	3s
4	3s
5	5s
6	1s
7	3s
8	2s
9	1s
10	1s
11	1s
12	1s
13	1s
14	1s
15	1s
16	1s
17	1s
18	1s
19	2s
20	1s
21	1s
22	1s
23	1s
24	1s

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 7, dari 24 data pengujian didapatkan total nilai sebesar 36. Untuk menghitung rata-rata waktu pengiriman notifikasi akan digunakan persamaan 4. Dari perhitungan menggunakan persamaan 4, didapatkan rata-rata waktu pengiriman notifikasi melalui *email* saat jatuh terdeteksi adalah 1.5s. Dengan demikian, hasil pengujian waktu pengiriman notifikasi sudah cukup baik

6. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa model *Support Vector Machine* yang dilatih mencapai akurasi sebesar 98,17%. Implementasi model pada sistem yang dibangun juga menunjukkan hasil yang sangat baik dengan akurasi sebesar 87.5%, menunjukkan kemampuan sistem dalam mengenali dan membedakan gerakan jatuh dan tidur secara akurat menggunakan sensor MPU9250, ESP-32, dan algoritma SVM. Rata-rata waktu komputasi untuk klasifikasi gerakan jatuh dan tidur adalah 3,5 ms, yang mengindikasikan respons cepat dari sistem ketika mendeteksi gerakan jatuh. Selain itu, waktu pengiriman notifikasi melalui *Blynk IoT*

dan *email* saat jatuh terdeteksi memiliki rata-rata waktu pengiriman sebesar 1.5s yang tergolong cukup singkat, memastikan pemberian notifikasi yang cepat jika umpan balik *buzzer* tidak terdengar saat insiden jatuh terjadi. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar sistem dapat menambah jenis jatuh yang dideteksi sehingga meningkatkan akurasi dan fleksibilitas dalam berbagai situasi. Selain itu, sistem juga dapat dikembangkan untuk mendeteksi variasi gerakan ADL (*Activity Daily Living*) lain, seperti berlari, menuruni tangga, atau aktivitas olahraga, yang akan memperluas kemampuan sistem dalam memantau aktivitas sehari-hari pengguna.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Abekiri, N. et al. 2023. Platform for hands-on remote labs based on the ESP32 and NOD red. *Scientific African*, e01502
- Anik, Md.A.I. et al. 2016. Activity recognition of a badminton game through Accelerometer and Gyroscope, in 2016 19th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT). 2016 19th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT), Dhaka, Bangladesh: IEEE, pp. 213–217. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICCITECHN.2016.7860197>.
- Arsi, P. et al. 2021. Optimasi SVM Berbasis PSO pada Analisis Sentimen Wacana Pindah Ibu Kota Indonesia, *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 5(2), pp. 231–237. Available at: <https://doi.org/10.29207/resti.v5i2.2698>.
- Awad, M. & Khanna, R. 2015. Machine Learning in Action: Examples. In: *Efficient Learning Machines*. [ebook]. Apress Media. Tersedia melalui: https://doi.org/10.1007/978-1-4302-5990-9_1 [Diakses 1 Februari 2024].
- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2023. Statistik Penduduk Lanjut Usia 2023. [pdf] Badan Pusat Statistik Indonesia. Tersedia di: [Diakses 18 Februari 2024].
- Blunda, L.L. et al. 2020. A Wearable Fall Detection System Based on Body Area Networks', *IEEE Access*, 8, pp. 193060–193074. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3032497>.
- Chandra, H.D. & Amrizal 2023. Sistem Informasi Absensi RFID Berbasis Web Menggunakan ESP32 di PT Dharma Sentosa Marindo, [e-journal]. Tersedia melalui: <https://j-ilkominformasi.org/index.php/ejournalaikom/article/view/168> [Diakses 18 Februari 2024].
- Chia-Yeh Hsieh et al. 2017. Novel Hierarchical Fall Detection a Multiphase Fall Mode, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 17(2). Available at: <https://doi.org/10.3390/s17020307>.
- Fallmann, S. et al. 2017. Wearable Akselerometer based extended sleep position recognition, in 2017 IEEE 19th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom). 2017 IEEE 19th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), Dalian: IEEE, pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1109/HealthCom.2017.8210806>.
- Fan, K. et al. 2017. Fall detection via human posture representation and support vector machine, *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 13(5), p. 155014771770741. Available at: <https://doi.org/10.1177/1550147717707418>.
- Fauzi, R. A. et al. 2021. Pemanfaatan Spark untuk Analisis Sentimen Mengenai Netralitas Berita dalam Membahas Pemilu Presiden 2019 Menggunakan Metode Naive Bayes Classifier (Vol.5, issue 3). Tersedia melalui: <http://j-ptiik.ub.ac.id> [Diakses 20 Februari 2024].
- Fernandez, A., & Dang, D. 2013. Chapter 9 – 1s and 0s Revisited: The Digital Stream. In A. Fernandez, & D. Dan, *Getting Started with the MSP430 Launchpad* (pp 127-142). Newnes
- Hussain, Faisal et al. 2019. Activity-Aware Fall Detection and Recognition Based on Wearable Sensors, *IEEE Sensors Journal*, 19(12), pp. 4528–4536. Available at:

- <https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2898891>.
- Jefiza, A. 2017. Sistem Pendeteksi Jatuh Berbasis Sensor Giroskop dan Tersedia melalui:
<https://repository.its.ac.id/44739/1/adliann%20jefiza%20tesis.pdf> [Diakses 13 Januari 2024].
- Jiang, C. et al. 2017. Machine Learning Paradigms for Next-Generation Wireless Networks, *IEEE Wireless Communications*, 24(2), pp. 98–105. Available at: <https://doi.org/10.1109/MWC.2016.1500356WC>.
- Li, H. et al. 2020. Bi-LSTM Network for Multimodal Continuous Human Activity Recognition and Fall Detection, *IEEE Sensors Journal*, 20(3), pp. 1191–1201. Available at: <https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2946095>.
- Noorratri, E.D. et al. 2020. Deteksi Dini Resiko Jatuh Pada Lansia di Posyandu Lansia Kentingan, Kecamatan Jebres, Surakarta, *GEMASSIKA : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), p. 128. Available at: <https://doi.org/10.30787/gemassika.v4i2.636>.
- Pierleoni, P. et al. 2015. A High Reliability Wearable Device for Elderly Fall Detection, *IEEE Sensors Journal*, 15(8), pp. 4544–4553. Available at: <https://doi.org/10.1109/JSEN.2015.2423562>.
- Ponce, H. et al. 2020. Sensor Location Analysis and Minimal Deployment for Fall Detection System, *IEEE Access*, 8, pp. 166678–166691. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.302297>.
- Ranakoti, S. et al. 2019. Human Fall Detection System over IMU Sensors Using Triaxial Akselerometer, in N.K. Verma and A.K. Ghosh (eds) *Computational Intelligence: Theories, Applications and Future Directions - Volume I*. Singapore: Springer Singapore (Advances in Intelligent Systems and Computing), pp. 495–507. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-13-1132-1_39.
- Ren, L. and Peng, Y. 2019. Research of Fall Detection and Fall Prevention Technologies: A Systematic Review, *IEEE Access*, 7, pp. 77702–77722. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2922708>.
- Rifka, S. et al. 2018. Penerapan Embedded System pada Sistem Pintar Pengendali Multi Perangkat dalam Kelas berbasis Intel Galileo dan Web, *Jurnal Rekayasa Elekrika*, 14(1), pp. 51–61. Available at: <https://doi.org/10.17529/jre.v14i1.9790>.
- Wahyudi, D. 2022. Pengukuran Gelombang Air Laut menggunakan Akselerometer pada PSoC Untuk Deteksi Parameter Tsunami. Tersedia melalui: https://eprints.untirta.ac.id/23812/1/Dwi%20Wahyudi_3332150071_Fulltext.pdf [Diakses 13 Januari 2024].
- Yasar, K. 2022. wearable technology <https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/wearable-technology>