

**OPTIMASI SISTEM DETEKSI JATUH UNTUK LANJUT USIA
BERBASIS *EDGE COMPUTING* MENGGUNAKAN ALGORITMA
HYBRID PADA *PLATFORM* ESP32**

SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar

Sarjana Teknik Elektro



Disusun Oleh:

Galuh Yudha Prastyo

2107975

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN INDUSTRI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2025

**OPTIMASI SISTEM DETEKSI JATUH UNTUK LANJUT USIA
BERBASIS *EDGE COMPUTING* MENGGUNAKAN ALGORITMA
HYBRID PADA *PLATFORM* ESP32**

Oleh

Galuh Yudha Prastyo

2107975

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Elektro

Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri

© Galuh Yudha Prastyo

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2025

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau Sebagian
dengan dicetak ulang, di-*photocopy*, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Galuh Yudha Prastyo

E.505.2108942

**OPTIMASI SISTEM DETEKSI JATUH UNTUK LANJUT USIA
BERBASIS *EDGE COMPUTING* MENGGUNAKAN ALGORITMA
HYBRID PADA PLATFORM ESP32**

Disetujui dan Disahkan Oleh:

Dosen Pembimbing

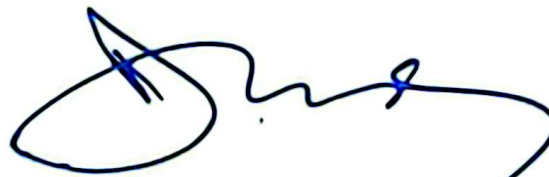


Dr. Agus Heri Setya Budi, S.T., M.T.

NIP. 1972082622005011001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Didin Wahyudin, S.Pd., M.T., Ph.D.

NIP. 19760827 200912 1 001

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Galuh Yudha Prastyo

NIM : 2107975

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Karya : OPTIMASI SISTEM DETEKSI JATUH UNTUK LANJUT USIA
BERBASIS *EDGE COMPUTING* MENGGUNAKAN
ALGORITMA *HYBRID* PADA *PLATFORM* ESP32

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 12 Maret 2025

Yang membuat pernyataan ,



Galuh Yudha Prastyo

NIM 2107975

ABSTRAK

Insiden jatuh pada lansia merupakan masalah kesehatan serius yang solusinya saat ini sering terhambat oleh kelemahan sistem deteksi berbasis *cloud*, seperti latensi tinggi, konsumsi daya besar, dan ketergantungan pada konektivitas internet. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem deteksi jatuh dengan mengembangkan dan menguji arsitektur *hybrid* berbasis *edge computing* pada *platform Artificial Intelligence of Things* menggunakan mikrokontroler ESP32-S3. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D), di mana sebuah prototipe *wearable* fungsional dibangun menggunakan sensor MPU6050 dan mikrokontroler ESP32-S3. Algoritma deteksi *hybrid* yang mengombinasikan metode *threshold* sebagai pemicu awal dan *classifier Random Forest* untuk validasi akhir diimplementasikan untuk berjalan sepenuhnya secara lokal di perangkat. Model *Random Forest* dilatih menggunakan *dataset* publik SisFall dan kemudian diuji melalui serangkaian skenario simulasi jatuh dan *Activities of Daily Living* (ADL) di lingkungan laboratorium terkontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis *edge* ini mampu mencapai tingkat keberhasilan deteksi jatuh sebesar 91,25% dengan tingkat alarm palsu yang sangat rendah, yaitu 2,5%. Waktu komputasi sistem, tercatat rata-rata 4,85 detik, yang secara signifikan membuktikan keunggulan arsitektur *edge computing* dalam hal kecepatan dan efisiensi dibandingkan pendekatan berbasis *cloud*. Sistem ini menawarkan solusi yang lebih responsif dan andal.

Kata Kunci: Deteksi Jatuh, *Edge Computing*, *Artificial Intelligence of Things*, Mikrokontroler ESP32, *Random Forest*.

ABSTRACT

Falls among the elderly are a serious health issue, where current solutions are often hindered by the weaknesses of cloud-based detection systems, such as high latency, significant power consumption, and internet dependency. This research aims to optimize a fall detection system by developing and testing a hybrid architecture based on edge computing on an Artificial Intelligence of Things platform using the ESP32-S3 microcontroller. The research method is Research and Development (R&D), wherein this study builds a functional wearable prototype using an MPU6050 sensor and an ESP32-S3 microcontroller. It implements a hybrid detection algorithm, which combines a threshold-based method as an initial trigger and a Random Forest classifier for final validation, to run entirely locally on the device. The study trains the Random Forest model offline using the public SisFall dataset and tests it through a series of simulated fall scenarios and Activities of Daily Living (ADLs) in a controlled laboratory environment. The results show that this edge-based system achieves a fall detection success rate of 91.25% with a very low false positive rate of 2.5%. The end-to-end system response time, from the moment of the incident until the notification is received, averages 4.85 seconds, which demonstrates the superiority of the edge computing architecture in terms of speed and efficiency compared to cloud-based approaches. This system offers a more responsive, reliable, and power-efficient solution.

Keywords: Fall Detection, Edge Computing, Artificial Intelligence of Things, ESP32 microcontroller, Random Forest.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Struktur Organisasi Skripsi	6
BAB II	8
TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Konsep Deteksi Jatuh pada Lansia.....	8
2.1.1. Definisi, Klasifikasi, dan Dampak Jatuh.....	8
2.1.2. Activities of Daily Living (ADLs).....	9
2.1.3. Tinjauan Metode Deteksi Jatuh.....	10
2.2. Sistem <i>Wearable</i> untuk Pemantuan Kesehatan.....	11
2.2.1. Perangkat Keras Sensor Inersia (IMU)	12
2.2.2. Pentingnya Penempatan Sensor	13
2.3. Paradigma Komputasi dalam Sistem Deteksi Jatuh.....	14
2.3.1. Arsitektur Berbasis <i>Cloud Computing</i>	14
2.3.2. Arsitektur Berbasis <i>Edge Computing</i>	14
2.3.3. Artificial Intelligence of Things (AIoT)	15
2.4. Platform dan Algoritma Deteksi Jatuh.....	15
2.4.1. Mikrokontroler ESP32 sebagai <i>Platform Edge</i>	15
2.4.2. Tinjauan Algoritma Deteksi Jatuh	16

2.4.3.	Pendekatan <i>Hybrid</i> untuk Optimasi	16
2.5.	Sistem Notifikasi Darurat.....	17
2.6.	Penelitian yang Relevan.....	17
BAB III.....		23
METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1.	Desain Penelitian.....	23
3.2.	Instrumen Penelitian.....	25
3.2.1.	Perangkat Keras	25
3.2.2.	Perangkat Lunak.....	27
3.3.	Prosedur Penelitian.....	28
3.3.1.	Pengumpulan dan Pra-pemrosesan Data.....	28
3.3.2.	Pengembangan dan Pelatihan Model <i>Machine Learning</i>	29
3.3.3.	Implementasi Sistem pada Perangkat Keras	30
3.3.4.	Pengujian dan Evaluasi Sistem	30
3.4.	Analisis Data	32
3.4.1.	Analisis Kinerja Model	32
3.4.2.	Analisis Kinerja Sistem.....	33
BAB IV		35
TEMUAN DAN PEMBAHASAN		35
4.1.	Kinerja Model Klasifikasi Jatuh.....	35
4.1.1.	Hasil Uji Akurasi Model Random Forest	35
4.1.2.	Pembahasan Kinerja Akurasi	36
4.2.	Kinerja Sistem Berbasis <i>Edge Computing</i>	37
4.2.1.	Hasil Pengujian Waktu Komputasi dan Waktu Respons Sistem ..	37
4.2.2.	Pembahasan Kinerja Sistem.....	39
4.3.	Pembahasan Umum.....	40
4.3.1.	Implikasi Temuan terhadap Optimasi Sistem Deteksi Jatuh.....	40
4.3.2.	Perbandingan Hasil Penelitian dengan Studi Terdahulu.....	41
4.4.	Keterbatasan Penelitian.....	42
BAB V.....		43
SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI		43
5.1.	Simpulan	43
5.2.	Implikasi Penelitian.....	44
5.2.1.	Implikasi Teoritis	44

5.2.2.	Implikasi Praktis	44
5.3.	Rekomendasi untuk Penelitian Selanjutnya	45
DAFTAR PUSTAKA		49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Sinyal Akselerometer Selama Kejadian Jatuh	8
Gambar 2.2 Grafik Perbandingan Sinyal Sensor Antara Jatuh dan ADL	10
Gambar 2.3 Diagram Alur Kerja Sistem	11
Gambar 2.4 Sensor MPU6050	13
Gambar 2.5 Penempatan Sensor pada Pinggang.....	13
Gambar 2.6 Perbandingan Arsitektur Cloud Computing dengan Edge Computing	15
Gambar 2.7 <i>ESP32 S3</i>	16
Gambar 3.1 Kerangka Alur Penelitian	23
Gambar 3.2 Skematis Rangkaian Sistem	26
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Pengembangan Model <i>Random Forest</i>	29
Gambar 3. 4 <i>Flowchart</i> Sistem	30
Gambar 4. 1 Diagram Batang Keberhasilan Prototipe.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Laporan Kinerja Klasifikasi Model Random Forest	35
Tabel 4. 2 Matriks Konfusi Hasil Pengujian Model.....	36
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Waktu Komputasi Sistem pada Skenario Jatuh.....	38
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Alarm Palsu pada Skenario ADL	39

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, C. E., Fitzpatrick, A. L., Leary, C. S., Ilango, S. D., Phelan, E. A., & Semmens, E. O. (2024). The impact of falls on activities of daily living in older adults: A retrospective cohort analysis. *PLoS ONE*, 19(1 January). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294017>
- Alves, J., Silva, J., Grifo, E., Resende, C., & Sousa, I. (2019). Wearable embedded intelligence for detection of falls independently of on-body location. *Sensors (Switzerland)*, 19(11). <https://doi.org/10.3390/s19112426>
- Amir, N. I. M., Dziyauddin, R. A., Mohamed, N., Ismail, N. S. N., Kaidi, H. M., Ahmad, N., & Izhar, M. A. M. (2024). *Fall Detection System using Wearable Sensor Devices and Machine Learning: A Review*. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.171084921.16728034/v1>
- Azghadi, S. A. R., Nguyen, T.-T.-H., Fournier, H., Wachowicz, M., Richard, R., Palma, F., & Cao, H. (2025). *Privacy-Preserving Multi-Stage Fall Detection Framework with Semi-supervised Federated Learning and Robotic Vision Confirmation*. <http://arxiv.org/abs/2507.10474>
- Britto Filho, J. C., & Lubaszewski, M. (2020). A Highly Reliable Wearable Device for Fall Detection. *21st IEEE Latin-American Test Symposium, LATS 2020*. <https://doi.org/10.1109/LATS49555.2020.9093673>
- Casilari, E., Álvarez-Marco, M., & García-Lagos, F. (2020). A Study of the use of gyroscope measurements in wearable fall detection systems. *Symmetry*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/SYM12040649>
- Giovannini, S., Brau, F., Galluzzo, V., Santagada, D. A., Loreti, C., Biscotti, L., Laudisio, A., Zuccalà, G., & Bernabei, R. (2022). Falls among Older Adults: Screening, Identification, Rehabilitation, and Management. Dalam *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Nomor 15). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app12157934>
- Guo, W., Liu, X., Lu, C., & Jing, L. (2024). PIFall: A Pressure Insole-Based Fall Detection System for the Elderly Using ResNet3D. *Electronics (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/electronics13061066>
- Khojasteh, S. B., Villar, J. R., Chira, C., González, V. M., & de la Cal, E. (2018). Improving fall detection using an on-wrist wearable accelerometer. *Sensors (Switzerland)*, 18(5). <https://doi.org/10.3390/s18051350>
- Lin, H. C., Chen, M. J., Lee, C. H., Kung, L. C., & Huang, J. T. (2023). Fall Recognition Based on an IMU Wearable Device and Fall Verification through a Smart Speaker and the IoT. *Sensors*, 23(12). <https://doi.org/10.3390/s23125472>

- Lousado, J. P., & Antunes, S. (2020). Monitoring and support for elderly people using lora communication technologies: Iot concepts and applications. *Future Internet*, 12(11), 1–30. <https://doi.org/10.3390/fi12110206>
- Miller De Toledo, V., Henrique, I., Pizetta, B., Timm Do Carmo, L. P., & Guimarães, R. S. (t.t.). *Wearable IoT Devices: Feasibility and Effectiveness in Implementing Local Decision-Making for Elderly Fall Detection*.
- Moreira, J. M. P., Bettio, R. W., Freire, A. P., Br, A., Santos, L. M., & Pereira, M. R. (2024). *Elderly Fall Monitoring in Smart Homes Using Wearable Device*.
- Muhammad, A., Alfajra, A., Syauqy, D., & Setyawan, G. E. (2017). *PERANCANGAN WEARABLE VEST PENDETEKSI JATUH LANSIA BERBASIS ESP-32 DAN SENSOR MPU9250 MENGGUNAKAN ALGORITMA SUPPORT VECTOR MACHINE*. 1(1). <https://doi.org/10.25126/jtiik>
- Nguyen, V.-T., Tran, N.-M., Tran, P.-N., Tran, T.-H., Tran Thi, T.-K., & Pham, V.-K. (t.t.). DEVELOPMENT OF A WEARABLE DEVICE FOR HEART RATE MONITORING AND FALL DETECTION USING MACHINE LEARNING TO ANALYZE AND DETECT EARLY ANOMALY OF CARDIOVASCULAR CONDITIONS. Dalam *THE UNIVERSITY OF DANANG-JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY* (Vol. 22, Nomor 6A).
- Noor Mohammad Rafee, A. (t.t.). *Decision Tree-Based Real-Time Personalized Human Activity Recognition and Fall Detection Utilizing Cost Effective Highly Resource-Constrained Microcontrollers*.
- Pierleoni, P., Belli, A., Palma, L., Pellegrini, M., Pernini, L., & Valenti, S. (2015). A High Reliability Wearable Device for Elderly Fall Detection. *IEEE Sensors Journal*, 15(8), 4544–4553. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2015.2423562>
- Ren, L., & Peng, Y. (2019). Research of fall detection and fall prevention technologies: A systematic review. Dalam *IEEE Access* (Vol. 7, hlm. 77702–77722). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2922708>
- Saleh, M., & Jeannes, R. L. B. (2019). Elderly Fall Detection Using Wearable Sensors: A Low Cost Highly Accurate Algorithm. *IEEE Sensors Journal*, 19(8), 3156–3164. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2891128>
- Soomar, S. M., & Dhalla, Z. (2023). Injuries and outcomes resulting due to falls in elderly patients presenting to the Emergency Department of a tertiary care hospital – a cohort study. Dalam *BMC Emergency Medicine* (Vol. 23, Nomor 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12873-023-00784-z>

- Sucerquia, A., López, J. D., & Vargas-Bonilla, J. F. (2017). SisFall: A Fall and Movement Dataset. *Sensors* 2017, Vol. 17, Page 198, 17(1), 198.
<https://doi.org/10.3390/S17010198>
- Tang, H. T., Vu, H. M., Tang, H. T., Tran, P. T., Van Tran, L., Nguyen, C. D., Nguyen, T. Q., Nguyen, C. M. T., Tran, K. Q., & Luong, H. X. (2023). Knowledge, attitude and practice on fall risk factors and prevention among rural older community-dwellers in Vietnam. *PLoS ONE*, 18(11 November).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295119>
- Villa, M., & Casilari, E. (2025). Energy-Efficient Fall-Detection System Using LoRa and Hybrid Algorithms. *Biomimetics*, 10(5).
<https://doi.org/10.3390/biomimetics10050313>
- Yi, D., Jang, S., & Yim, J. (2022). Relationship between Associated Neuropsychological Factors and Fall Risk Factors in Community-Dwelling Elderly. *Healthcare (Switzerland)*, 10(4).
<https://doi.org/10.3390/healthcare10040728>
- Zhong, Y. J., Meng, Q., & Su, C. H. (2024). Mechanism-Driven Strategies for Reducing Fall Risk in the Elderly: A Multidisciplinary Review of Exercise Interventions. Dalam *Healthcare (Switzerland)* (Vol. 12, Nomor 23). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
<https://doi.org/10.3390/healthcare12232394>