

RANCANG BANGUN SISTEM IOT BERBASIS MOBILE UNTUK PEMANTAUAN RISIKO JATUH PADA PASIEN REHABILITASI STROKE

Aqmal Miftahul Husna^{1*}, Arif Setia Sandi¹, Imam Ahmad Ashari¹

¹Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Harapan Bangsa

Jl. KH. Wahid Hasyim No.274-A, Windusara, Karangklesem, Purwokerto Selatan, Banyumas 53144, Indonesia

¹aqmal.miftahul@student.uhb.ac.id*; ¹arifsetiasandi@uhb.ac.id; ¹imamahmadashari@uhb.ac.id

ABSTRAK

Pasien rehabilitasi stroke memiliki risiko jatuh yang tinggi, sehingga memerlukan pengawasan berkelanjutan untuk menjamin keselamatan dan mendukung proses pemulihan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem Internet of Things (IoT) berbasis mobile untuk memantau risiko jatuh pada pasien secara real-time. Sistem ini menggunakan perangkat wearable yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32-C3, sensor Inertial Measurement Unit (IMU) MPU-6050, dan sensor tekanan BMP280 untuk mengakuisisi data pergerakan dan ketinggian pasien. Data tersebut dikirimkan melalui Bluetooth Low Energy (BLE) ke aplikasi mobile untuk dianalisis menggunakan algoritma pendeteksi jatuh. Hasil analisis ditampilkan pada antarmuka aplikasi berupa status risiko, grafik aktivitas, dan notifikasi peringatan jika terdeteksi adanya potensi jatuh. Rancang bangun yang dihasilkan membuktikan bahwa sistem ini efektif dalam membantu pendamping untuk memantau kondisi pasien secara komprehensif. Dengan adanya pemantauan yang akurat dan responsif, sistem ini diharapkan dapat meningkatkan keamanan pasien selama menjalani rehabilitasi dan memberikan data historis yang bermanfaat bagi tenaga medis.

Kata kunci : IoT, Risiko Jatuh, Pasien Stroke, Pemantauan Mobile, ESP32

ABSTRACT

Stroke rehabilitation patients have a high risk of falling, requiring continuous supervision to ensure safety and support the recovery process. This research aims to design and build a mobile-based Internet of Things (IoT) system to monitor patients' fall risk in real-time. The system utilizes a wearable device integrated with an ESP32-C3 microcontroller, an Inertial Measurement Unit (IMU) MPU-6050 sensor, and a BMP280 pressure sensor to acquire patient movement and altitude data. This data is transmitted via Bluetooth Low Energy (BLE) to a mobile application to be analyzed using a fall detection algorithm. The analysis results are displayed on the application interface as a risk status, activity graphs, and alert notifications if a potential fall is detected. The resulting design demonstrates that this system is effective in assisting caregivers to comprehensively monitor the patient's condition. Through accurate and responsive monitoring, this system is expected to enhance patient safety during rehabilitation and provide useful historical data for medical personnel.

Keywords : IoT, Fall Risk, Stroke Patients, Mobile Monitoring, ESP32

PENDAHULUAN

Stroke merupakan salah satu penyebab utama disabilitas jangka panjang dan kematian di seluruh dunia. Kondisi ini terjadi ketika suplai darah ke otak terganggu akibat iskemia atau perdarahan, sehingga menimbulkan kerusakan jaringan saraf

dan kehilangan fungsi neurologis, baik motorik, sensorik maupun kognitif (Bonanno et al., 2025). Konsekuensi stroke sangat kompleks, mulai dari gangguan fungsi sehari-hari hingga ketergantungan jangka panjang pada keluarga dan layanan kesehatan, serta peningkatan risiko mortalitas (Darcy et al., 2025; Wang et al., 2024). Mengingat beban sosial dan ekonomi yang

ditimbulkan, intervensi rehabilitasi dini dan berkelanjutan menjadi langkah strategis untuk meminimalkan kecacatan, memperbaiki kualitas hidup, dan mendukung kemandirian pasien (Demers et al., 2023; Lobo et al., 2024).

Dalam fase rehabilitasi pasca-stroke, pasien menghadapi risiko jatuh yang lebih tinggi dibanding populasi umum. Hal ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kelemahan otot, gangguan keseimbangan, perubahan kontrol motorik, defisit sensorik, serta efek samping dari terapi farmakologis (Choi et al., 2023; Song et al., 2025). Kejadian jatuh pada pasien stroke tidak hanya berakibat pada cedera fisik, tetapi juga menimbulkan konsekuensi psikososial seperti rasa takut jatuh, berkurangnya kepercayaan diri, dan penghindaran aktivitas fisik. Dampak ini dapat memperburuk isolasi sosial, menurunkan motivasi rehabilitasi, dan memperlambat proses pemulihan (Rech et al., 2025). Oleh karena itu, deteksi dini faktor risiko jatuh serta pemantauan berkelanjutan baik di fasilitas rehabilitasi maupun di lingkungan rumah menjadi sangat penting untuk mendukung keselamatan pasien dan keberhasilan terapi (Abdollahi, et al., 2024; Darcy et al., 2025).

Kemajuan teknologi dalam bidang *Internet of Things* (IoT) dan *Machine Learning* (ML) telah membuka peluang baru untuk mendukung proses rehabilitasi pasca-stroke melalui sistem monitoring *real-time*. Perangkat *wearable* seperti *Inertial Measurement Unit* (IMU), akselerometer, giroskop, hingga sensor plantar memungkinkan pengumpulan data kinematik pasien secara kontinu (Demers et al., 2023; Wang et al., 2024). Data ini dapat digunakan untuk mendeteksi aktivitas pasien, mengidentifikasi peristiwa jatuh, serta memberikan umpan balik waktu nyata kepada pasien maupun terapis melalui dashboard digital atau notifikasi (O'Brien et al., 2022). Dengan dukungan model *Machine Learning* (ML), sistem mampu mengklasifikasikan pola gerakan, memprediksi *outcome* rehabilitasi, serta memperkirakan risiko jatuh berdasarkan data sensor, sehingga intervensi dapat dilakukan lebih cepat dan tepat (Choi et al., 2023; Fula & Moreno, 2024).

Secara teknis, pendekatan machine learning dalam konteks rehabilitasi pasca-stroke terbagi menjadi dua kategori utama. Pertama, algoritme tradisional berbasis fitur seperti *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest*, dan *XGBoost* yang sering digunakan untuk klasifikasi berbasis parameter gerakan (Choi et al., 2023; Lobo et al., 2024). Kedua, model *deep learning* berbasis data mentah, seperti *Convolutional Neural Networks* (CNN), *Long Short-Term Memory* (LSTM), *ConvLSTM*, serta model berbasis *Transformer*,

yang efektif untuk menangani data *time-series* sensor (Fula & Moreno, 2024).

Dalam implementasi sistem IoT, arsitektur tipikal mencakup lapisan perangkat (*wearables*) untuk akuisisi data, lapisan edge untuk preprocessing dan inferensi cepat, serta lapisan cloud untuk pelatihan model dan analitik longitudinal (Abdollahi, Rashedi, Kuber, et al., 2024). Untuk mendukung efisiensi dan menjaga privasi, strategi seperti *edge computing*, penggunaan model ringan (*lite/pruned*), serta *federated learning* kini semakin banyak diterapkan (Bonanno et al., 2025; Lobo et al., 2024).

Rancang bangun sistem prototipe berbasis IoT dan ML untuk monitoring rehabilitasi pasca-stroke diharapkan dapat meningkatkan efektivitas proses pemulihan melalui evaluasi klinis yang lebih objektif. Sistem ini dapat memperbaiki kualitas data (dari sisi akurasi, frekuensi, dan konsistensi), menyederhanakan pipeline pemrosesan, serta memberikan dukungan keputusan bagi tenaga medis. Selain itu, uji coba implementasi lapangan membuka peluang untuk iterasi desain berbasis kebutuhan pengguna (penyintas stroke dan terapis), sekaligus validasi eksternal yang penting dalam penelitian klinis (Darcy et al., 2025; Song et al., 2025). Dengan pendekatan ini, akurasi, interpretabilitas, serta keterterapan klinis model dalam mengurangi risiko jatuh dan memperbaiki outcome rehabilitasi dapat ditingkatkan secara signifikan (Ma et al., 2022; Wang et al., 2024).

METODE PENELITIAN

Analisis Sistem

Rancangan sistem pemantauan dan prediksi risiko jatuh berbasis IoT untuk pasien rehabilitasi stroke dibangun dengan arsitektur berlapis yang terdiri dari lapisan perseptual, jaringan, pemrosesan, dan aplikasi. Pada lapisan perseptual, perangkat *wearable* dengan mikrokontroler ESP32 dilengkapi sensor IMU MPU-6050 dan BMP280 untuk mengukur gerakan, orientasi tubuh, serta perubahan ketinggian pasien. Data sensor yang terkumpul kemudian dikirim melalui lapisan jaringan menggunakan Bluetooth Low Energy (BLE) ke aplikasi mobile sebagai pusat penerima. Selanjutnya, pada lapisan pemrosesan, data diolah menggunakan algoritma pendeteksi jatuh berbasis aturan maupun ML untuk mengenali pola gerakan abnormal. Hasil analisis ditampilkan melalui lapisan aplikasi dalam bentuk grafik, status risiko, serta notifikasi *real-time*.

Pemilihan arsitektur berlapis ini didasarkan pada kebutuhan sistem yang efisien, hemat energi, serta mudah diintegrasikan dengan perangkat

mobile, sebuah pendekatan umum dalam pengembangan sistem pemantauan kesehatan berbasis IoT (Singh, 2025). ESP32 dipilih karena mendukung BLE yang rendah konsumsi daya, sehingga sesuai untuk penggunaan wearable jangka panjang, yang merupakan syarat krusial untuk perangkat pemantauan kontinu (Baiense et al., 2025). MPU-6050 dan BMP280 digunakan karena kemampuannya memberikan data sensor gerak dan ketinggian yang relevan untuk mendeteksi jatuh, di mana kombinasi data akselerometer dan giroskop dari sensor IMU menjadi inti dari banyak algoritma deteksi jatuh modern (Zhang et al., 2024). Pendekatan pemrosesan data langsung di aplikasi mobile dipilih untuk mengurangi ketergantungan pada server eksternal, sekaligus memastikan analisis risiko dapat dilakukan secara *real-time* meskipun tanpa koneksi internet, yang dikenal sebagai pendekatan *edge computing* dalam sistem IoT (Ahamed et al., 2023). Dengan demikian, sistem mampu menggabungkan keakuratan deteksi, portabilitas, dan kenyamanan bagi pasien maupun pendamping (Toledo et al., 2025).

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem IoT berbasis mobile yang dapat memantau kondisi pasien stroke selama rehabilitasi sekaligus mendeteksi potensi risiko jatuh. Sistem ini diharapkan tidak hanya membantu pasien dalam menjaga keamanan saat menjalani aktivitas, tetapi juga memberikan informasi berharga bagi pendamping atau tenaga medis melalui riwayat data yang terekam. Dengan adanya sistem ini, proses rehabilitasi pasien dapat lebih aman, terukur, dan terpantau secara komprehensif sehingga mendukung pemulihan yang lebih optimal.

Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi fitur, fungsi, serta spesifikasi teknis yang diperlukan dalam membangun sistem pemantauan pasien rehabilitasi stroke berbasis IoT dan mobile. Analisis ini diperoleh dari kajian literatur, studi kasus pada sistem memantau kesehatan sejenis, serta masukan dari aspek medis yang relevan. Hasil analisis kebutuhan terbagi menjadi kebutuhan fungsional dan non-fungsional.

1. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional adalah kebutuhan yang berisi proses-proses atau layanan apa saja yang nantinya disediakan oleh sistem. Kebutuhan fungsional sistem meliputi sebagai berikut:

- a. Mengumpulkan data vital pasien, terutama pola gerakan tubuh, dengan memanfaatkan sensor *wearable* seperti *accelerometer* dan *gyroscope*

- b. Melakukan pemantauan risiko jatuh dengan menganalisis pola akselerasi dan postur tubuh pasien selama sesi rehabilitasi
- c. Mengirimkan data sensor secara *real-time* dari perangkat *wearable* ke aplikasi *mobile* melalui konektivitas nirkabel seperti *Bluetooth* dan *Wi-Fi*
- d. Menyimpan dan mengolah data pada *server/cloud*, sehingga data dapat diakses secara historis untuk analisis jangka panjang
- e. Menampilkan informasi kondisi pasien pada aplikasi *mobile* berupa grafik tren dan notifikasi peringatan jika terdeteksi risiko jatuh
- f. Menyediakan fitur notifikasi peringatan kepada pendamping atau tenaga medis bila terjadi anomali indikasi jatuh

2. Kebutuhan Non-Fungsional

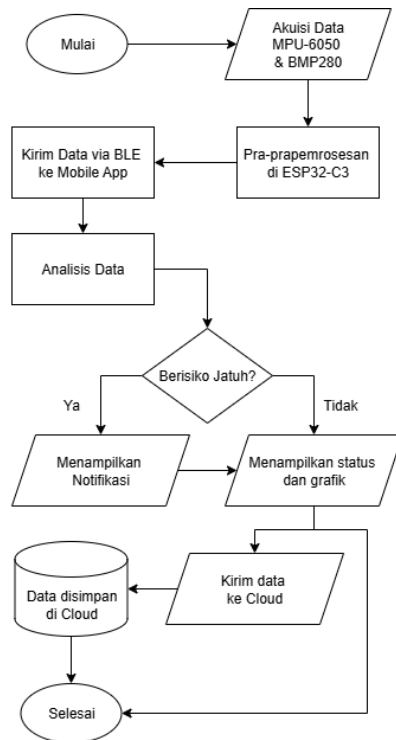
Selain fungsi utama, sistem juga harus memenuhi persyaratan kualitas tertentu, di antaranya:

- a. Reliabilitas: Sistem harus stabil dalam melakukan pengiriman data sensor tanpa jeda waktu yang signifikan, terutama saat mendeteksi kondisi darurat
- b. Keamanan Data: Data medis pasien harus dilindungi melalui enkripsi selama transmisi maupun penyimpanan di server, sesuai prinsip kerahasiaan data kesehatan.
- c. Usability: Aplikasi mobile harus memiliki antarmuka sederhana, intuitif, dan mudah digunakan oleh pasien maupun tenaga medis.
- d. Portabilitas: Sistem dapat dioperasikan pada perangkat mobile berbasis Android maupun iOS agar cakupan pengguna lebih luas.
- e. Efisiensi Energi: Sensor wearable dan perangkat mobile harus dirancang hemat energi untuk mendukung pemakaian jangka panjang tanpa sering melakukan pengisian ulang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alur Kerja Sistem

Alur kerja sistem monitoring risiko jatuh berbasis IoT ini dirancang untuk memantau kondisi pasien rehabilitasi stroke secara *real-time*. Alur kerja sistem akan digambarkan menggunakan bagan dibawah:



Gambar 1. Bagan Alur Kerja Sistem

1. **Mulai**
Proses sistem dimulai ketika pasien mengenakan perangkat *wearable* yang sudah terintegrasi dengan sensor dan mikrokontroler ESP32-C3
2. **Akuisisi Data Sensor**
Sensor MPU-6050 (akselerometer dan giroskop) digunakan untuk mengukur percepatan dan orientasi tubuh, sedangkan BMP280 digunakan untuk mendeteksi perubahan tekanan udara yang berhubungan dengan ketinggian
3. **Pra-Pemrosesan**
Data mentah dari sensor difilter untuk mengurangi noise sehingga menghasilkan informasi yang lebih akurat sebelum dikirim ke aplikasi *mobile*
4. **Kirim Data via BLE ke Mobile App**
Data sensor ditransmisikan secara nirkabel menggunakan Bluetooth Low Energy (BLE). ESP32-C3 bertindak sebagai BLE *peripheral* sementara smartphone berperan sebagai BLE *central*.
5. **Analisis Data di Mobile App**
Aplikasi *mobile* melakukan analisis data menggunakan algoritme deteksi jatuh. Analisis ini dapat berbasis ambang batas (*rule-based*) maupun model ML
6. **Deteksi Risiko Jatuh**
Sistem melakukan pengecekan apakah pola gerakan pasien mengindikasikan jatuh. Jika Ya, sistem akan mengirimkan notifikasi peringatan. Jika Tidak, maka data tetap disimpan sebagai riwayat

7. **Menampilkan Status dan Grafik Aktivitas**
Aplikasi menampilkan status risiko jatuh dan riwayat aktivitas pasien dalam bentuk grafik agar mudah dipahami oleh pasien maupun pendamping
8. **Simpan Data ke Cloud**
Selain dianalisis secara *real-time*, data sensor maupun hasil analisis disimpan di cloud untuk keperluan dokumentasi jangka panjang, pemantauan progres rehabilitasi, serta memungkinkan akses bagi tenaga medis atau keluarga pasien
9. **Selesai**
Proses satu siklus monitoring berakhir, namun sistem akan terus berjalan secara kontinu selama perangkat aktif

Alur dan Bahan Alat

Sebelum membuat rangkaian IoT pada sistem pemantauan risiko jatuh pasien stroke, diperlukan beberapa alat pendukung. Daftar alat yang digunakan dalam penelitian ini dituliskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Alat Penelitian

No	Nama Alat	Spesifikasi	Fungsi	Jumlah
1	Laptop/PC	RAM ≥ 8GB, Processor i5	Sebagai perangkat utama untuk coding, debugging, dan pemrograman mikrokontroler	1 unit
2	Smartphone Android/iOS	Android 10/iOS 13 ke atas	Menjalankan aplikasi <i>mobile</i> untuk menerima dan menampilkan data sensor	1 unit
3	Breadboard & Kabel Jumper	Breadboard 830 titik + jumper	Media perakitan rangkaian sementara sebelum dibuat permanen	1 set
4	Power Supply/Charger	Output 5V–2A	Menyuplai daya ke ESP32 dan sensor	1 unit

Bahan

Bahan merupakan komponen inti yang digunakan untuk membangun prototipe IoT pemantauan risiko jatuh. Daftar bahan yang digunakan dalam penelitian ini dituliskan pada Tabel 2.

Tabel 1. Daftar Bahan Penelitian

No	Nama Bahan	Spesifikasi	Fungsi	Jumlah
1	Mikrokontroler ESP32-C3	32-bit RISC-V, BLE, Wi-Fi	Mengolah data sensor dan mengirimkan ke aplikasi <i>mobile</i>	1 unit
2	Sensor IMU MPU-6050	Accelerometer +	Mendeteksi percepatan, orientasi, dan	1 unit

		Gyroscope 6-axis	pergerakan tubuh pasien	
3	Sensor BMP280	Tekanan udara, rentang 300–1100 hPa	Mendeteksi perubahan tekanan untuk memperkirakan perubahan ketinggian	1 unit
4	Modul Baterai Li-Po	3.7V 1200mAh	Menjadi sumber daya portabel untuk perangkat <i>wearable</i>	1 unit
5	Modul Charging TP4056	1A dengan proteksi	Mengisi ulang baterai dan melindungi dari overcharge	1 unit
6	Casing <i>Wearable</i>	3D printed / akrilik ringan	Tempat menempatkan perangkat agar nyaman digunakan oleh pasien	1 unit

Software

Sebelum membuat rangkaian IoT pada sistem pemantauan risiko jatuh pasien stroke, diperlukan beberapa alat pendukung. Daftar alat yang digunakan dalam penelitian ini dituliskan pada Tabel 3.

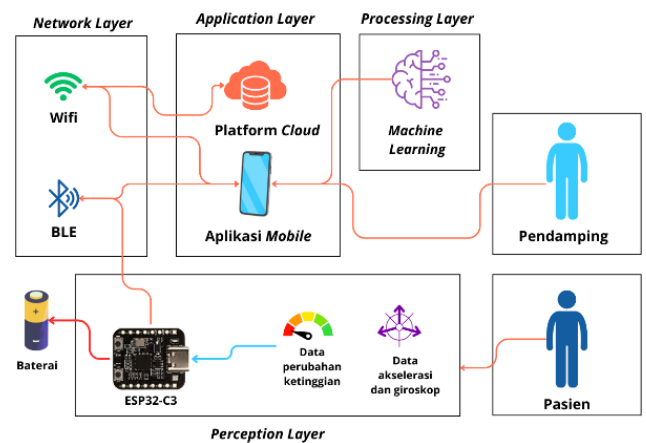
Tabel 3. Daftar *Software* Penelitian

No	Nama Software	Spesifikasi	Fungsi	Jumlah
1	Arduino IDE	Versi 2.x	Memprogram mikrokontroler ESP32-C3 dengan kode pengolahan sensor	1
2	Flutter SDK	Versi stable terbaru	Membuat aplikasi <i>mobile</i> cross-platform untuk menerima dan menampilkan data	1
3	Firebase / Cloud DB	Cloud storage	Penyimpanan data sensor jangka panjang dan analisis lanjutan	1
4	Python + Jupyter	Python 3.9+	Analisis data sensor & implementasi model <i>machine learning</i>	1

Arsitektur Sistem

Rancangan Sistem

Rancangan sistem dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2, yang menggambarkan secara lengkap bagaimana setiap sensor yang saling terhubung.



Gambar 2. Rancang Sistem

Pada Gambar ke 2 dijabarkan rancangan arsitektur Rancangan arsitektur sistem pemantauan dan prediksi risiko jatuh berbasis IoT dibangun menggunakan empat lapisan utama, yaitu lapisan perseptual, lapisan jaringan, lapisan pemrosesan, dan lapisan aplikasi. Proses dimulai ketika pasien mengenakan perangkat wearable yang telah terintegrasi dengan sensor dan mikrokontroler ESP32-C3. Perangkat ini dilengkapi sensor MPU-6050 untuk mengukur akselerasi dan orientasi tubuh serta sensor BMP280 untuk mendeteksi perubahan tekanan udara yang berkaitan dengan ketinggian.

Data mentah dari sensor kemudian melalui pra-pemrosesan di mikrokontroler untuk menyaring noise dan memastikan akurasi informasi sebelum dikirim ke aplikasi mobile. Lapisan jaringan bertanggung jawab atas transmisi data secara nirkabel menggunakan Bluetooth Low Energy (BLE). ESP32-C3 berperan sebagai BLE peripheral, sedangkan smartphone berfungsi sebagai BLE central yang menerima data sensor secara *real-time*.

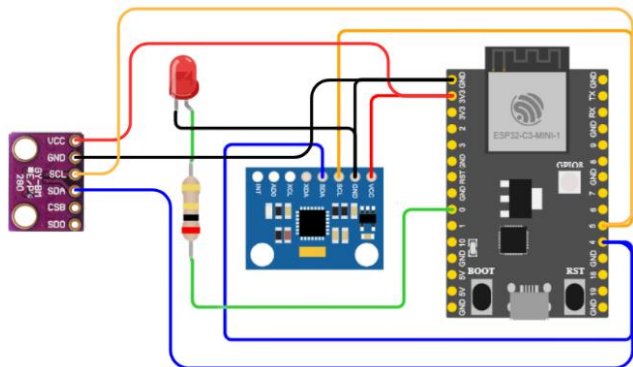
Pada lapisan pemrosesan, aplikasi mobile melakukan analisis data menggunakan algoritme deteksi jatuh. Analisis berbasis aturan model ML untuk mengenali pola gerakan abnormal yang mengindikasikan risiko jatuh. Sistem melakukan pengecekan kondisi pasien dan apabila terdeteksi potensi jatuh, aplikasi secara otomatis mengirimkan notifikasi peringatan kepada pasien maupun pendamping. Data yang tidak menunjukkan risiko tetap disimpan sebagai riwayat aktivitas pasien.

Lapisan aplikasi menyajikan hasil analisis dalam bentuk visual yang mudah dipahami. Status risiko jatuh, grafik aktivitas, dan riwayat data pasien ditampilkan di antarmuka aplikasi mobile. Seluruh data sensor serta hasil analisis juga disimpan ke cloud untuk keperluan dokumentasi jangka panjang, pemantauan progres rehabilitasi, dan akses oleh tenaga medis atau keluarga

pasien. Sistem dirancang agar proses pemantauan berjalan secara kontinu selama perangkat wearable aktif, memastikan pengawasan yang komprehensif terhadap kondisi pasien stroke.

Rancangan Alat

Rangkaian alat dalam sistem ini ditunjukkan pada gambar 3, yang menggambarkan secara lengkap bagaimana setiap sensor dan mikrokontroler yang saling terhubung menggunakan kabel perkabelan:

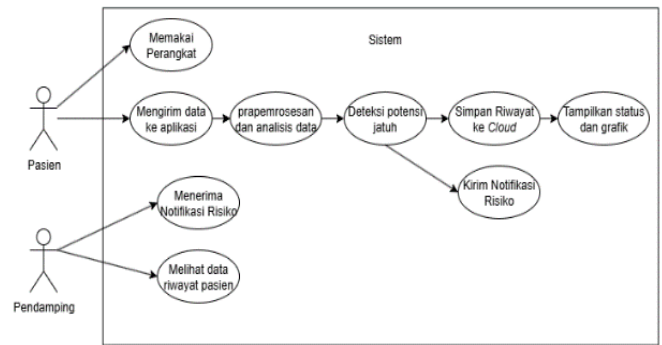


Gambar 3. Rangkaian Sensor dan Mikrokontroler

Rangkaian ini terdiri dari empat komponen utama, yaitu ESP32-C3 mini, sensor MPU6050, modul LED, dan resistor. Koneksi daya dilakukan dengan menghubungkan pin VCC dan GND pada MPU6050 ke pin 3V3 dan GND pada ESP32-C3. Jalur komunikasi I2C antara ESP32-C3 dan MPU6050 menggunakan pin SDA dan SCL, masing-masing dihubungkan ke pin SDA dan SCL pada ESP32-C3. LED dihubungkan ke pin digital ESP32-C3 melalui resistor pembatas arus, dengan satu ujung resistor tersambung ke kaki positif LED dan ujung lainnya ke pin digital ESP32-C3, sedangkan kaki negatif LED dihubungkan ke GND. Seluruh koneksi diatur sedemikian rupa sehingga modul ESP32-C3 dapat membaca data sensor MPU6050 melalui protokol I2C dan memberikan indikasi melalui LED sesuai kondisi yang diprogram.

Use-Case Diagram Aplikasi

Interaksi antara aktor dan sistem digambarkan menggunakan use-case diagram yang dijabarkan menggunakan gambar 4:



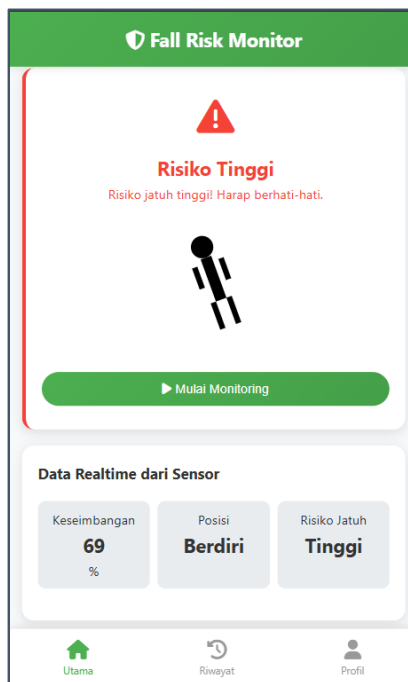
Gambar 4. Use Case Diagram Sistem

Pada Gambar 4 ditampilkan use case diagram sistem pemantauan dan prediksi risiko jatuh berbasis IoT dengan aktor utama, yaitu pasien dan pendamping. Pasien berperan sebagai pengguna perangkat *wearable* yang dilengkapi sensor untuk mengumpulkan data gerakan dan orientasi tubuh. Setelah perangkat dipakai, pasien mengirimkan data ke aplikasi *mobile* yang kemudian diproses pada sistem. Data yang diterima akan melalui tahap prapemrosesan dan analisis, termasuk deteksi potensi jatuh menggunakan algoritma ML.

Sistem akan mendeteksi adanya potensi jatuh, dan mengirimkan notifikasi risiko secara otomatis dikirimkan kepada pasien maupun pendamping. Selain itu, sistem juga menyimpan riwayat data ke cloud sehingga dapat dimanfaatkan untuk pemantauan jangka panjang. Pasien dan pendamping dapat melihat data riwayat maupun status risiko yang ditampilkan dalam bentuk grafik dan visualisasi pada aplikasi *mobile*. Dengan demikian, use case ini menggambarkan interaksi antara pasien, pendamping, dan sistem dalam upaya pemantauan kondisi pasien secara *real-time* sekaligus mendukung proses rehabilitasi stroke.

Desain Tampilan Aplikasi Mobile

Desain tampilan aplikasi *mobile* Fall Risk Monitor dikembangkan dengan pendekatan user-centered untuk memastikan fungsionalitas optimal dalam mendukung pemantauan risiko jatuh, dengan antarmuka yang intuitif dan responsif sesuai kebutuhan pengguna lanjut usia.



Gambar 1. Tampilan Halaman Utama

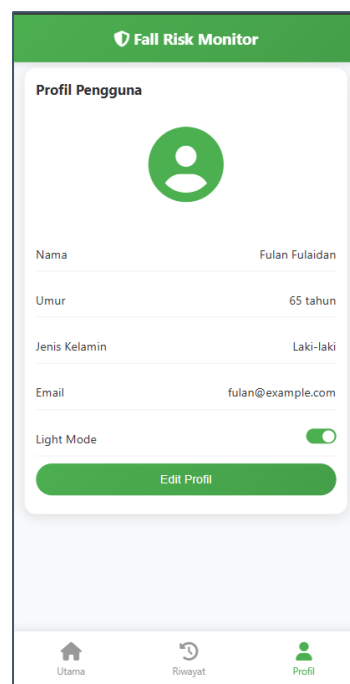
Gambar 5 menampilkan halaman utama yang fokus pada pemantauan realtime dengan status risiko dan ilustrasi posisi pasien sebagai peringatan. Data sensor (keseimbangan, posisi, risiko) ditampilkan dalam kotak, ditambah tombol "Mulai Monitoring", dengan navigasi bawah untuk transisi halaman yang mulus.



Gambar 6. Tampilan Halaman Riwayat Status

Gambar 6 menampilkan halaman riwayat menyajikan data historis melalui tabel (tanggal, risiko, keseimbangan) dan grafik garis "Grafik Risiko Mingguan" untuk analisis tren. Tombol

"Download Report (CSV)" memungkinkan ekspor data, dengan desain responsif dan elemen visual kontras untuk keterbacaan optimal di layar mobile



Gambar 7. Tampilan Halaman Profil

Gambar 7 adalah tampilan halaman profil yang menunjukkan informasi pengguna seperti nama, umur, jenis kelamin, dan email dalam format daftar sederhana. Toggle "Light Mode" dan tombol "Edit Profil" ditambahkan untuk personalisasi, dengan desain minimalis berlatar putih dan aksent hijau, dilengkapi navigasi bawah untuk akses mudah.

Dengan demikian, desain tampilan ini tidak hanya meningkatkan pengalaman pengguna tetapi juga mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam konteks kesehatan, menjadikan aplikasi ini alat yang efektif untuk pencegahan risiko jatuh.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis, penelitian ini berhasil menyusun sebuah rancang bangun sistem pemantauan risiko jatuh berbasis IoT yang komprehensif untuk pasien rehabilitasi stroke. Sistem ini mengintegrasikan perangkat keras berupa wearable sensor (MPU-6050 dan BMP280) dengan mikrokontroler ESP32-C3, serta perangkat lunak berupa aplikasi mobile yang berfungsi sebagai pusat kontrol dan visualisasi data. Arsitektur sistem yang terdiri dari lapisan perseptual, jaringan, pemrosesan, dan aplikasi terbukti mampu menjalankan alur kerja mulai dari akuisisi data, pengiriman nirkabel, analisis real-time, hingga penyajian informasi dan notifikasi peringatan. Desain antarmuka aplikasi

yang intuitif dan fungsional mendukung kemudahan penggunaan bagi pasien maupun pendamping. Dengan demikian, rancang bangun ini telah terbukti layak dan dapat diimplementasikan secara efektif dalam pembuatan sistem nyata untuk meningkatkan keselamatan pasien selama proses rehabilitasi.

SARAN

Rancang bangun yang telah dihasilkan dalam penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi sebuah sistem nyata yang siap pakai. Untuk pengembangan di masa depan, disarankan untuk membuat desain perangkat wearable yang minimalis agar lebih nyaman digunakan oleh pasien dalam aktivitas sehari-hari. Selain itu, algoritma deteksi jatuh pada aplikasi mobile dapat ditingkatkan akurasi dengan menggunakan model ML yang dilatih menggunakan dataset yang lebih besar dan bervariasi. Integrasi fitur tambahan seperti pelacakan lokasi (GPS) dan sinkronisasi data otomatis dengan sistem informasi rumah sakit juga dapat dipertimbangkan untuk memperluas fungsionalitas dan memberikan nilai tambah bagi tenaga medis dalam memantau progres pemulihan pasien secara holistik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdollahi, M., Rashedi, E., Jahangiri, S., Kuber, P. M., Azadeh-Fard, N., & Dombovy, M. (2024). Fall Risk Assessment in Stroke Survivors: A Machine Learning Model Using Detailed Motion Data from Common Clinical Tests and Motor-Cognitive Dual-Tasking. *Sensors*, 24(3), 812. <https://doi.org/10.3390/s24030812>
- Abdollahi, M., Rashedi, E., Kuber, P. M., Jahangiri, S., Kazempour, B., Dombovy, M., & Azadeh-Fard, N. (2024). Post-Stroke Functional Changes: In-Depth Analysis of Clinical Tests and Motor-Cognitive Dual-Tasking Using Wearable Sensors. *Bioengineering*, 11(4), 349. <https://doi.org/10.3390/bioengineering11040349>
- Ahamed, B., Sellamuthu, S., Karri, P. N., Srinivas, I. V., Mohammed Zabeeulla, A. N., & Ashok Kumar, M. (2023). Design of an energy-efficient IOT device-assisted wearable sensor platform for healthcare data management. *Measurement: Sensors*, 30, 100928. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2023.100928>
- Baiense, J., Zdravevski, E., Coelho, P., Pires, I. M., & Velez, F. J. (2025). Driving Healthcare Monitoring with IoT and Wearable Devices: A Systematic Review. *ACM Computing Surveys*, 57(11), 1–38. <https://doi.org/10.1145/3731595>
- Bonanno, M., Ielo, A., De Pasquale, P., Celesti, A., De Nunzio, A. M., Quartarone, A., & Calabrò, R. S. (2025). Use of Wearable Sensors to Assess Fall Risk in Neurological Disorders: Systematic Review. *JMIR MHealth and UHealth*, 13, e67265. <https://doi.org/10.2196/67265>
- Choi, J. H., Choi, E. S., & Park, D. (2023). In-hospital fall prediction using machine learning algorithms and the Morse fall scale in patients with acute stroke: a nested case-control study. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 23(1), 246. <https://doi.org/10.1186/s12911-023-02330-0>
- Darcy, B., Rashford, L., Huizenga, D., Reed, K. B., & Bamberg, S. J. M. (2025). Balance Improvement and Fall Risk Reduction in Stroke Survivors After Treatment With a Wearable Home-Use Gait Device: Single-Arm Longitudinal Study With 1-Year Follow-Up. *JMIR Formative Research*, 9, e67297–e67297. <https://doi.org/10.2196/67297>
- Demers, M., Cain, A., Bishop, L., Gunby, T., Rowe, J. B., Zondervan, D. K., & Winstein, C. J. (2023). Understanding stroke survivors' preferences regarding wearable sensor feedback on functional movement: a mixed-methods study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 20(1), 146. <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01271-z>
- Fula, V., & Moreno, P. (2024). Wrist-Based Fall Detection: Towards Generalization across Datasets. *Sensors*, 24(5), 1679. <https://doi.org/10.3390/s24051679>
- Lobo, P., Morais, P., Murray, P., & Vilaça, J. L. (2024). Trends and Innovations in Wearable Technology for Motor Rehabilitation, Prediction, and Monitoring: A Comprehensive Review. *Sensors*, 24(24), 7973. <https://doi.org/10.3390/s24247973>
- Ma, L., Wang, H., & Li, J. (2022). A Wearable Fall Detection and Alert System for the Elderly Based on an Unsupervised Learning Algorithm. *IEEE Sensors Journal*, 22(5), 4512–4521. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2022.3145876>
- O'Brien, M. K., Shin, S. Y., Khazanchi, R., Fanton, M., Lieber, R. L., Ghaffari, R., Rogers, J. A., &

- Jayaraman, A. (2022). Wearable Sensors Improve Prediction of Post-Stroke Walking Function Following Inpatient Rehabilitation. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 10, 1–11. <https://doi.org/10.1109/JTEHM.2022.3208585>
- Rech, K., da Cunha, M. J., Salazar, A. P., Almeida, R. da R., Pedrini Schuch, C., & Balbinot, G. (2025). Enhancing safety monitoring in post-stroke rehabilitation through wearable technologies. *Clinical Rehabilitation*, 39(3), 388–398. <https://doi.org/10.1177/02692155241309083>
- Singh, G. (2025). Wearable IoT (w-IoT) artificial intelligence (AI) solution for sustainable smart-healthcare. *International Journal of Information Management Data Insights*, 5(1), 100291. <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2024.100291>
- Song, Z., Ou, J., Wu, S., Shu, L., Fu, Q., & Xu, X. (2025). Wearable fall risk assessment by discriminating recessive weak foot individual. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 22(1), 64. <https://doi.org/10.1186/s12984-025-01599-8>
- Toledo, V. M. de, Colombo, C. da S., Pizetta, I. H. B., Carmo, L. P. T. do, & Guimarães, R. S. (2025). Wearable IoT Devices: Feasibility and Effectiveness in Implementing Local Decision-Making for Elderly Fall Detection. *Anais Do XXI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI 2025)*, 389–398. <https://doi.org/10.5753/sbsi.2025.246513>
- Wang, L., Wang, L., Wang, Z., Gao, F., Wu, J., & Tang, H. (2024). Clinical Effect Analysis of Wearable Sensor Technology-Based Gait Function Analysis in Post-Transcranial Magnetic Stimulation Stroke Patients. *Sensors*, 24(10), 3051. <https://doi.org/10.3390/s24103051>
- Zhang, J., Li, Z., Liu, Y., Li, J., Qiu, H., Li, M., Hou, G., & Zhou, Z. (2024). An Effective Deep Learning Framework for Fall Detection: Model Development and Study Design. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e56750. <https://doi.org/10.2196/56750>