

Fall Detector pada Lansia berbasis IoT Menggunakan Sensor MPU-6050 dan Sensor GPS Neo 6M

Fall Detector for Elderly based on IoT using MPU-6050 Sensor and GPS Neo 6M Sensor

Laila Fitriandini¹, Suhardi², Kartika Sari^{*3}

^{1,2,3}*Rekayasa Sistem Komputer, Universitas Tanjungpura
Jl. Prof. Dr. Hadari Nawawi, Kota Pontianak, Kalimantan Barat*

^{*:3}Corresponding author: kartika.sari@siskom.untan.ac.id

Received on 02-06-2024, accepted on 15-08-2024, published on 27-01-2025

Abstrak

Lanjut usia merupakan seseorang yang telah mencapai usia 60 tahun ke atas. Jatuh merupakan kecelakaan yang paling umum terjadi pada lansia dan dapat menyebabkan patah tulang, cedera kepala, cacat bahkan kematian. Di Indonesia, prevalensi cedera jatuh pada penduduk diatas usia 55 tahun mencapai 49,4%, umur di atas 65 tahun keatas 67,1%, dan umur 75 tahun keatas 78,2%. Penelitian ini bertujuan membangun suatu sistem pendeteksi jatuh berbasis *Internet of Things (IoT)* pada lansia menggunakan sensor MPU-6050 dan sensor GPS Neo 6M. Sensor MPU-6050 berfungsi untuk membaca percepatan gravitasi, sedangkan sensor GPS Neo 6M berperan dalam mendeteksi titik lokasi. Metode penelitian melibatkan pengumpulan data dari sensor dan analisis menggunakan teknik pemrosesan sinyal untuk mendeteksi jatuh. Data lokasi ditampilkan pada *Google Maps* melalui aplikasi Android. Saat jatuh terdeteksi, *buzzer* menyala dan notifikasi push muncul pada perangkat Android. Akurasi deteksi lokasi oleh sensor GPS Neo 6M diukur menggunakan *Root Mean Square Error (RMSE)*, dengan nilai *error* 3,47 meter untuk RMSE_x, 3,07 meter untuk RMSE_y, dan 4,63 meter untuk RMSE_r. Rata-rata *delay* respon sistem notifikasi adalah 4,71 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini dapat mendeteksi jatuh dan memberikan notifikasi lokasi dengan akurasi dan waktu respon yang memadai, sehingga dapat meningkatkan keselamatan lansia.

Kata kunci: Lansia, Jatuh, GPS, Internet of Things, Push Notifications

Abstract

Elderly individuals are those aged 60 years and older. Falls are the most common accidents among the elderly and can cause fractures, head injuries, disabilities, and even death. In Indonesia, the prevalence of fall injuries among people over the age of 55 reaches 49.4%; for those over 65 years old, it is 67.1%; and for those over 75 years old, it is 78.2%. This study aims to develop a fall detection system based on the Internet of Things (IoT) for the elderly using MPU-6050 and GPS Neo 6M sensors. The MPU-6050 sensor reads gravitational acceleration, while the GPS Neo 6M sensor detects location points. The research method involves collecting data from the sensors and analyzing it using signal processing techniques to detect falls. Location data is displayed on Google Maps via an Android application. When a fall is detected, a buzzer sounds and a push notification appears on the user's Android device. The accuracy of location detection by the GPS Neo 6M sensor is measured using Root Mean Square Error (RMSE), with error values of 3.47 meters for RMSE_x, 3.07 meters for RMSE_y, and 4.63 meters for RMSE_r. The average response delay of the push notification system is 4.71 seconds. The results show that the system can effectively detect falls and provide location notifications with adequate accuracy and response time, thereby enhancing the safety of the elderly.

Keywords: Elderly, Fall, GPS, Internet of Things, Push Notifications

I. PENDAHULUAN

Lanjut usia (lansia) merupakan tahapan pada manusia yang telah menginjak usia 60 tahun keatas [1]. Pada umumnya, lansia memiliki kemungkinan besar untuk bergantung pada orang lain, baik keluarga maupun pihak lain, karena fungsi fisik dan psikis mereka yang menurun seiring bertambahnya usia. Penurunan fungsi tersebut dapat menyebabkan kesulitan dalam melakukan aktivitas sehari-hari pada lansia [2]. Dampak yang ditimbulkan dari jatuh menempati posisi nomor dua terburuk karena risiko jatuh merupakan bahaya lansia yang paling mungkin terjadi [3]. Dampak akan semakin serius apabila lansia yang jatuh tidak dengan cepat diatasi karena dapat memberi dampak cedera fatal, termasuk patah tulang, cedera kepala, dan bahkan kematian [4]. Keterlambatan penanganan dan pertolongan dapat memperburuk cedera serius dan meningkatkan risiko kematian [5]. Dampak dari lansia jatuh diperburuk karena kondisi fisik lansia yang kurang mampu berdiri, keseimbangan yang terganggu, dan tidak mampu untuk memanggil pertolongan ketika jatuh [6].

Lansia jatuh dapat terjadi tanpa bisa diprediksi kapan terjadinya sehingga dibutuhkan pengawasan pada setiap waktu dan lokasi. Pengawasan biasanya dilakukan oleh keluarga atau orang yang ada di sekitar [7]. Teknologi IoT memungkinkan pengawasan objek secara otomatis dari jarak jauh. Hal ini menggantikan metode pengawasan manual yang sebelumnya digunakan, yang seringkali membutuhkan tenaga manusia yang cukup besar dan memakan waktu [8]. Teknologi IoT dapat dimanfaatkan untuk mengawasi lansia yang rentan terjatuh. Deteksi jatuh yang cepat dan tepat dapat membantu memberikan bantuan dengan cepat [9]. Sistem deteksi jatuh menerima masukan data dari sensor dan apabila nilai mencapai *threshold*, sistem akan memberikan alert. *Threshold* adalah nilai yang digunakan untuk menentukan apakah pengguna sedang jatuh atau tidak. Nilai *threshold* ditentukan berdasarkan hasil uji coba data jatuh [10]. Nilai *threshold* ditentukan berdasarkan percepatan gravitasi yang diukur oleh sensor MPU-6050. Parameter *threshold* menggunakan percepatan gravitasi total yang didapat dari sensor MPU-6050 [11].

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana membangun sistem pendeteksi jatuh berbasis IoT yang dapat memberikan notifikasi secara akurat dan cepat ketika lansia mengalami jatuh. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah terciptanya sistem yang dapat mendeteksi kejadian jatuh dengan tingkat akurasi yang tinggi dan memberikan notifikasi dengan waktu respon yang minimal, sehingga dapat meningkatkan keselamatan lansia. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem pendeteksi jatuh berbasis IoT yang menggunakan sensor MPU-6050 dan GPS Neo 6M, mengukur akurasi deteksi lokasi oleh sensor GPS Neo 6M menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE), menganalisis waktu respon dari sistem notifikasi push pada perangkat Android, serta menyediakan solusi pengawasan yang efektif bagi lansia guna mengurangi risiko cedera serius akibat jatuh.

II. TINJAUAN PUSTAKA

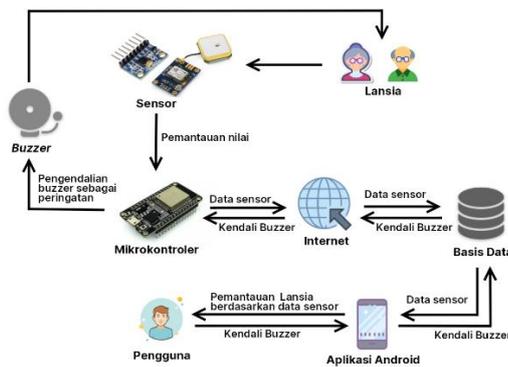
Penelitian terkait sebelumnya dilakukan oleh Maulana menggunakan sensor MPU-6050 sebagai pendeteksi jatuh pada lansia yang menghasilkan sensitivity sebesar 91% dan nilai specificity sebesar 96% dari 150 kali pengujian [12]. Penelitian deteksi lansia jatuh menggunakan sensor MPU-6050 juga dilakukan oleh Effendy dengan tingkat keberhasilan sebesar 85% pada 20 kali pengujian [13]. Kemudian selanjutnya dilakukan penelitian serupa oleh Darmawan & Hasani dengan keluaran berupa notifikasi dari aplikasi Telegram [10]. Penelitian lain juga dilakukan oleh Suprayogi, penelitian ini mendeteksi kecelakaan pada sepeda motor dengan mengirim informasi jatuh melalui SMS menggunakan Modul GSM [14]. Pada tahun 2023, Zakaria dkk [18] membuat Sistem deteksi jatuh berbasis IoT pada kursi roda, dengan menggunakan giroskop, modul GPS, sensor tekanan FSR, dan mikrokontroler untuk mengidentifikasi tingkat keparahan jatuh pada lansia serta mengirimkan notifikasi darurat kepada pengasuh dengan cepat.

Beberapa penelitian terkait juga membuat sistem pendeteksi jatuh dengan menggunakan wearable device seperti pada penelitian Ramon dkk [19], Saleh dkk [20], dan Parejon dkk [21] dengan tujuan dapat mengetahui jika ada kejadian jatuh mengirimkan notifikasi jatuh serta lokasi jatuh. Berdasarkan tinjauan permasalahan dan literatur terkait yang telah diuraikan sebelumnya, dalam penelitian ini dibangun sistem pendeteksi jatuh dengan judul "Fall Detector pada Lansia Berbasis IoT Menggunakan Sensor MPU-6050". Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem yang dapat mendeteksi kejadian lansia jatuh, dari sensor MPU-6050 menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 dengan mengirim informasi jatuh berupa notifikasi

melalui aplikasi mobile dan menghidupkan buzzer alarm sebagai tanda peringatan. Sistem juga dilengkapi pendeteksian lokasi pada lansia yang menggunakan sensor GPS Neo 6M. Dengan dibangunnya sistem pada penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kemudahan pengawasan terhadap lansia agar dapat meminimalisir dampak buruk jatuh pada lansia.

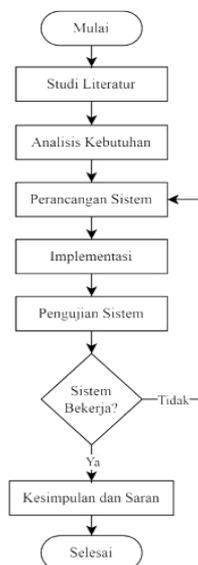
III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk membangun sistem yang dapat mendeteksi kejadian jatuh pada lansia agar dapat ditangani dengan cepat dan tepat. Pendeteksian jatuh didapatkan melalui percepatan gravitasi yang terjadi ketika lansia jatuh. Pada alat ini juga dilengkapi GPS untuk memberikan informasi lokasi lansia kepada keluarga melalui aplikasi *mobile*. Terdapat informasi berupa notifikasi ketika terdeteksinya lansia jatuh, notifikasi berfungsi agar informasi tetap terpantau walaupun aplikasi tidak sedang dibuka. Ketika sedang berjarak dekat dengan lansia namun tidak sedang tatap muka atau satu ruangan, terdapat juga keluaran berupa *buzzer* yang berbunyi ketika lansia terjatuh sehingga dapat ditangani dengan cepat. Gambar 1 memuat gambaran deskripsi sistem.



Gambar 1. Deskripsi Sistem

Untuk membangun Sistem Fall Detector pada Lansia berbasis IoT Menggunakan Sensor MPU-6050 dan Sensor GPS Neo 6M dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian sistem, kesimpulan dan saran. Tahapan tersebut dilakukan agar pembuatan sistem ini dapat berjalan dengan baik dan sesuai harapan. Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

A. Studi Literatur

Studi literatur merupakan langkah pengumpulan data dan informasi serta dokumentasi yang menjadi acuan dalam penelitian ini. Literatur yang digunakan mencakup berbagai sumber informasi yang mendukung penelitian, seperti data pendukung, buku-buku yang berkaitan dengan subjek penelitian, jurnal-jurnal penelitian sebelumnya yang memiliki relevansi.

B. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan langkah merinci dan memahami kebutuhan yang harus dipenuhi oleh sistem yang akan dibangun berupa peranti perangkat keras dan perangkat lunak.

C. Perancangan Sistem

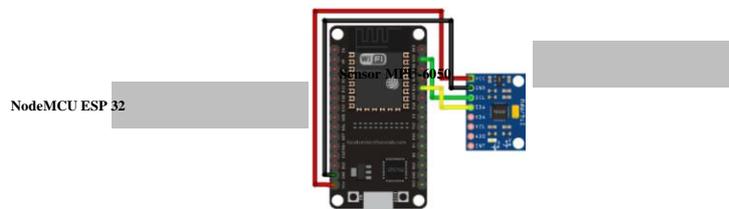
Perancangan sistem terbagi menjadi dua bagian, yaitu perancangan perangkat keras sistem *wearable device* yang akan digunakan oleh lansia, dan *perancangan perangkat lunak sistem monitoring* untuk melakukan pemantauan dan pemberian notifikasi pada lansia apabila terjadi kejadian jatuh.

a. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras sistem pendeteksi jatuh pada lansia berupa perancangan sistem pembacaan percepatan gravitasi, perancangan pembacaan lokasi, dan perancangan kendali buzzer.

1. Perancangan Sistem Pembacaan Gravitasi

Sensor MPU-6050 adalah sensor yang dapat mengukur percepatan gravitasi dan kemiringan sudut. Hasil nilai pengukuran dihasilkan oleh sensor *Accelerometer* dan sensor *Gyroscope* [15]. Pada penelitian ini sensor MPU-6050 digunakan untuk pembacaan percepatan gravitasi pada sistem yang digunakan lansia sehingga dapat dideteksinya kejadian jatuh. Gambar 3 merupakan perancangan sistem pembacaan percepatan gravitasi.

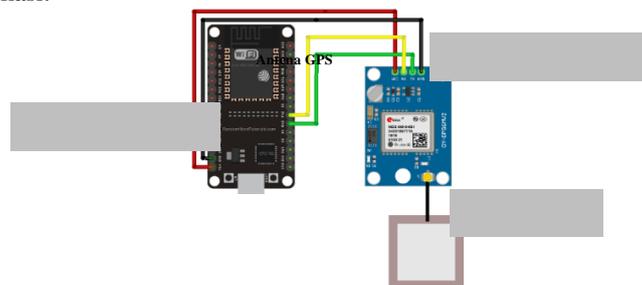


Gambar 3. Perancangan Sistem Pembacaan Percepatan Gravitasi

Sensor MPU-6050 memiliki 4 buah pin yang terhubung ke NodeMCU ESP32. Pertama, pin VCC pada sensor dihubungkan pada pin VIN NodeMCU ESP32, pin GND pada sensor dihubungkan pada pin GND NodeMCU ESP32, pin SCL pada sensor dihubungkan pada pin D22 NodeMCU ESP32, dan pin SDA pada sensor dihubungkan pada pin D21 NodeMCU ESP32.

2. Perancangan Sistem Pembacaan Lokasi

Sensor GPS Neo 6M adalah sensor pendeteksi titik lokasi dengan menggunakan koordinat lintang (*latitude*), bujur (*longtitude*), ketinggian (*altitude*) [16]. Gambar 4 merupakan perancangan sistem pembacaan lokasi.



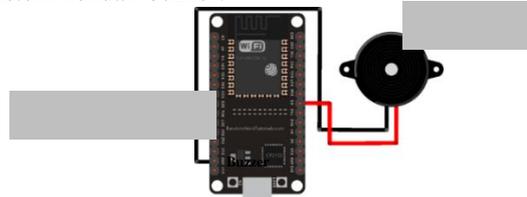
Gambar 4. Perancangan Sistem Pembacaan Lokasi

Sensor GPS Neo 6M memiliki 4 buah pin yang dihubungkan ke NodeMCU ESP32. Pertama, pin VCC pada sensor dihubungkan pada VIN NodeMCU ESP32, pin GND pada sensor dihubungkan pada pin

GND pada NodeMCU ESP32, pin TX sensor dihubungkan pada pin RX2 pada NodeMCU ESP32, dan pin RX sensor dihubungkan pada pin TX2 pada NodeMCU ESP32.

3. Perancangan Sistem Kendali Buzzer

Buzzer adalah perangkat yang dapat menghasilkan suara dengan cara mengubah getaran listrik menjadi getaran mekanis [17]. Buzzer memiliki elemen piezoceramics pada diafragma sehingga mampu mengkonversi getaran menjadi gelombang suara [15]. Pada penelitian ini buzzer digunakan untuk tanda peringatan ketika terdeteksi kejadian jatuh. Gambar 5 merupakan perancangan sistem kendali buzzer.

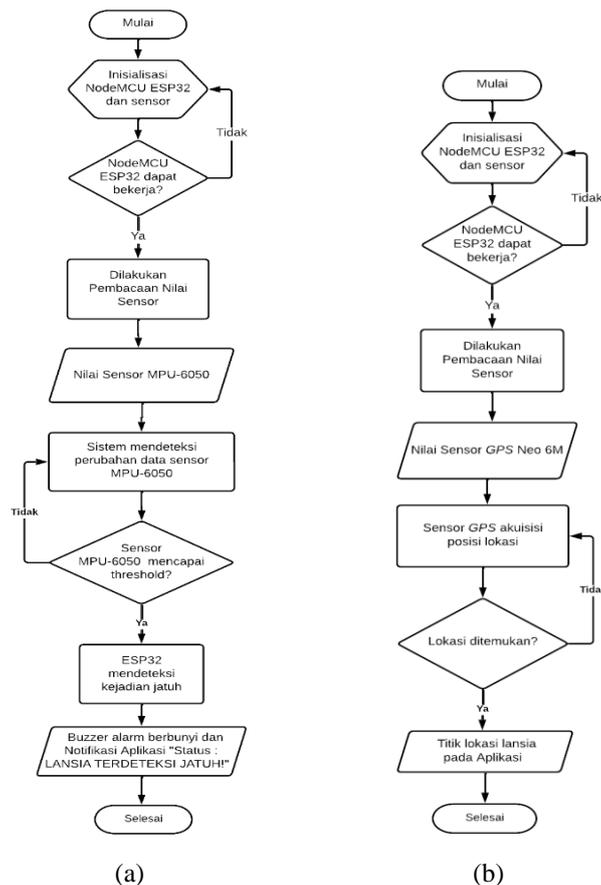


NodeMCU ESP 32 Gambar 5. Perancangan Sistem Kendali Buzzer

Buzzer memiliki 2 buah pin yang dihubungkan ke NodeMCU ESP32. Pertama, pin VCC pada buzzer dihubungkan pada pin D5 NodeMCU ESP32. Kemudian pin GND pada buzzer dihubungkan pada pin GND NodeMCU ESP32.

b. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dalam sistem ini berfungsi untuk memungkinkan komunikasi dan interaksi yang terhubung antara mikrokontroler NodeMCU ESP32 pada sistem dan aplikasi pada Android. Perancangan perangkat lunak dibuat untuk pendeteksian lansia jatuh, dan pemantauan terhadap lansia. Gambar 6 memuat diagram alir perancangan perangkat lunak.



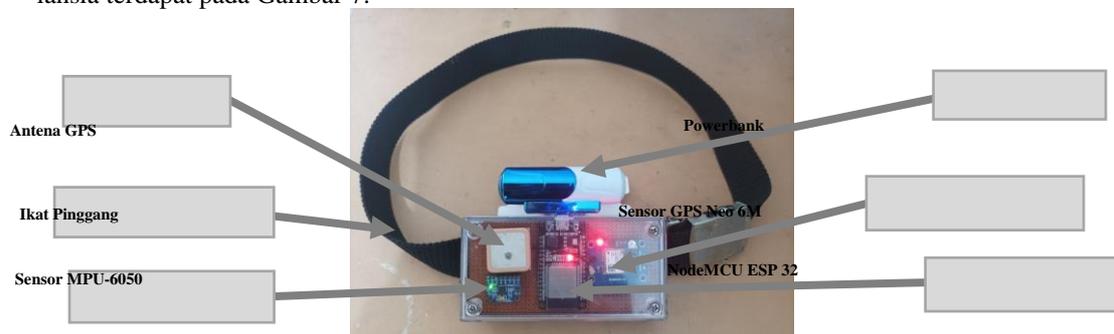
Gambar 6. (a) Sistem pada Sensor MPU-6050, (b) Sistem pada Sensor GPS Neo 6M

Pada alur kerja perancangan perangkat lunak bagian (a) yaitu sistem pada sensor MPU-6050, dimulai dengan inisialisasi sensor yang kemudian apabila NodeMCU ESP32 dapat bekerja dengan baik, maka dilanjutkan dengan pembacaan nilai sensor, ketika nilai sudah didapatkan, maka selanjutnya nilai sensor dideteksi perubahan percepatan gravitasinya, apabila nilai sensor mencapai threshold, maka terdeteksinya kejadian jatuh yang dilanjutkan dengan keluaran sistem berupa peringatan dari buzzer dan notifikasi pada aplikasi. Sedangkan, pada alur kerja perancangan perangkat lunak bagian (b) yaitu sistem pada sensor GPS Neo 6M, dimulai dengan inisialisasi sensor yang kemudian apabila NodeMCU ESP32 dapat bekerja dengan baik, maka dilanjutkan dengan pembacaan nilai sensor. Sensor GPS akan mengakuisisi lokasi sistem, apabila lokasi ditemukan, maka dilanjutkan dengan keluaran lokasi pada aplikasi. Jika lokasi masih belum ditemukan, maka kembali ke proses mengakuisisi lokasi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

Komponen yang digunakan pada implementasi sistem pendeteksi jatuh pada lansia meliputi pembacaan sensor dan *output* sistem yaitu, NodeMCU ESP32, sensor MPU-6050, Sensor GPS Neo 6M, buzzer, powerbank, dan ikat pinggang untuk penggunaan sistem. Implementasi sistem pendeteksi jatuh pada lansia terdapat pada Gambar 7.



Gambar 7. Implementasi Sistem Pendeteksi Jatuh pada Lansia

Tiap-tiap komponen dihubungkan pada NodeMCU ESP32 sehingga dapat dilakukan pembacaan percepatan gravitasi, pembacaan lokasi, dan kendali pada buzzer. Sistem menggunakan powerbank sebagai sumber daya listrik. Alat digunakan pada pinggang lansia, sehingga dibutuhkan ikat pinggang sebagai komponen penggunaan sistem pendeteksi jatuh pada lansia. Implementasi penggunaan sistem pendeteksi jatuh terdapat pada Gambar 8.



Gambar 2. Implementasi Penggunaan Sistem Pendeteksi Jatuh

B. Implementasi Antarmuka Aplikasi Android

Implementasi perangkat lunak untuk pemantauan pendeteksian jatuh pada lansia dilakukan dengan membuat antarmuka aplikasi berbasis mobile. Aplikasi ini dibangun dengan menggunakan framework Flutter dan menggunakan Google Firebase sebagai basis data yang digunakan untuk menghubungkan, menyimpan, dan menampilkan data yang dikelola pada aplikasi mobile. Pada Gambar 9. menampilkan halaman on boarding yang akan tampil selama 5 detik sebelum aplikasi mengarahkan ke halaman log

in. Pada Gambar 10. menampilkan halaman log in, dimana user harus melakukan input data pada kolom email dan password untuk pindah ke halaman home aplikasi mobile.



Gambar 3. Halaman *On Boarding*



Gambar 10. Halaman *Log In*

Pada Gambar 11. menampilkan halaman reset password yang dapat digunakan untuk mengubah password akun yang sebelumnya telah terdaftar. Pada Gambar 12. menampilkan halaman sign up yang dapat digunakan untuk melakukan pendaftaran akun ke sistem.



Gambar 11. Halaman *Reset Password*

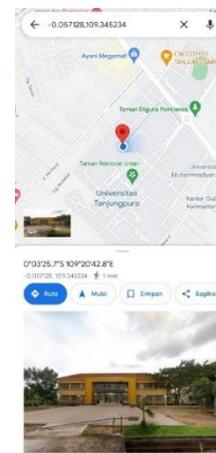


Gambar 12. Halaman *Sign Up*

Pada Gambar 13. menampilkan halaman *home* yang berisi informasi lansia jatuh, status lansia, dan tombol untuk mengecek lokasi lansia. Kondisi dan status lansia berdasarkan pembacaan sensor MPU-6050 yang membaca percepatan gravitasi pada alat yang digunakan oleh lansia. Pada Gambar 14. menampilkan titik lokasi.



Gambar 13. Halaman *Home*



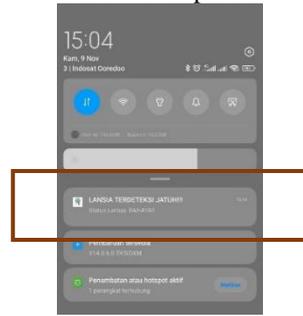
Gambar 14. Halaman *Google Maps*

Pada Gambar 15. menampilkan Implementasi halaman user yang berisi informasi nama pengguna, informasi nama lansia, informasi tanggal lahir lansia, dan informasi umur lansia. Pada Gambar 16.

menampilkan implementasi *push notification* yang akan muncul pada Android pengguna, ketika lansia terdeteksi jatuh karena nilai percepatan gravitasi pada sensor MPU-6050 mencapai *threshold*.



Gambar 15. Halaman User



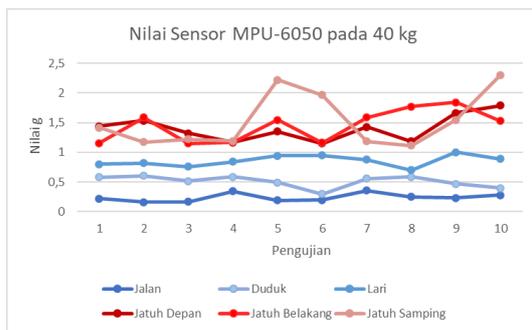
Gambar 16. Implementasi Push Notification

C. Hasil Pengujian

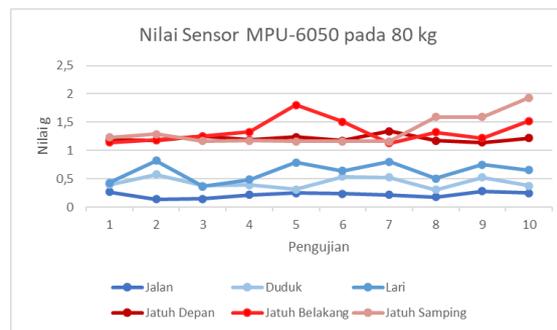
Tahapan pengujian dilakukan pada pembacaan sensor MPU-6050, pembacaan sensor GPS Neo 6M, dan pada keseluruhan sistem.

1. Hasil Pengujian Pembacaan Sensor MPU-6050

Pada pengujian pembacaan sensor MPU-6050 dilakukan pada masing-masing gerakan sebanyak 10 kali. Total pengujian sebanyak 60 kali gerakan pada dua subjek uji dengan berat badan 40kg dan 80kg. Gerakan tersebut terdiri dari jalan, duduk, dan lari yang termasuk ke aktivitas biasa. Kemudian gerakan jatuh depan, jatuh belakang, dan jatuh samping yang termasuk ke aktivitas jatuh. Pada subjek uji dengan berat badan 40 kg menghasilkan nilai terendah pada aktivitas jatuh yaitu 1,116 g dan nilai tertinggi pada aktivitas jatuh yaitu 2,303 g. Pengujian juga dilakukan pada subjek uji dengan berat badan 80 kg. Pengujian dilakukan pada masing-masing gerakan sebanyak 10 kali gerakan. Pada subjek uji dengan berat badan 80 kg menghasilkan nilai terendah pada aktivitas jatuh yaitu 1,130 g dan nilai tertinggi pada aktivitas jatuh yaitu 1,932 g. Hasil pengujian sensor MPU-6050 dengan berat badan 40 kg dan 80 kg dapat dilihat pada Gambar 17 dan Gambar 18.



Gambar 17. Grafik Pengujian pada 40 Kg



Gambar 18. Grafik Pengujian pada 80 Kg

Gambar 16 dan Gambar 17 menampilkan grafik hasil pengujian sensor MPU-6050 pada dua subjek uji, didapatkan nilai terendah maupun tertinggi pada aktivitas jatuh terdapat pada subjek uji berat 40 kg dengan nilai terendah pada aktivitas jatuh yaitu 1,116 g dan nilai tertinggi pada aktivitas jatuh yaitu 2,303 g. Nilai tersebut yang digunakan sebagai range *threshold* atas dan bawah dalam sistem pendeteksi jatuh fall detector pada lansia ini.

2. Hasil Pengujian Pembacaan Sensor GPS Neo 6M

Pengujian pembacaan sensor GPS Neo 6M dilakukan sebanyak 60 kali pada 60 titik lokasi yang berbeda menggunakan sensor GPS Neo 6M dan Google Maps untuk dilihat perbedaan pada tiap lokasi. Koordinat titik lokasi yang didapatkan dari sensor GPS Neo 6M dan Google Maps berupa koordinat geografis dengan satuan derajat. Hasil dari pengujian dibandingkan untuk mendapat nilai akurasi dengan dilakukan perhitungan MSE dan RMSE. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Sensor GPS Neo 6M dan Google Maps

No	Label Lokasi	Data GPS dari Gmaps		Data Sensor GPS Neo 6M	
		Latitude (y°)	Longitude (x°)	Latitude (y°)	Longitude (x°)
1	Lokasi 1	-0,05674	109,34532	-0,05672	109,34535
2	Lokasi 2	-0,05911	109,34651	-0,05907	109,34651
3	Lokasi 3	-0,05888	109,34623	-0,05891	109,34621
..
60	Lokasi 60	-0,06080	109,33888	-0,06083	109,33893

Pada tabel 1 menunjukkan koordinat dari sensor GPS Neo 6M yang dibandingkan dengan koordinat *Google Maps*. Dari titik latitude dan longitude yang didapat, dikonversikan menjadi koordinat *Universal Transverse Mercator (UTM)* menggunakan aplikasi *Quantum Geographic Information System (QQIS)* sehingga memiliki satuan meter.

Tabel 2. Konversi Koordinat UTM

No	Label Lokasi	Data GPS dari Gmaps		Data Sensor GPS Neo 6M	
		Latitude (y°)	Longitude (x°)	Latitude (y°)	Longitude (x°)
1	Lokasi 1	9993725,87012837	315849,19769117	9993728,08176067	315852,53728918
2	Lokasi 2	9993463,80696375	315981,67853022	9993468,23003469	315981,67839854
3	Lokasi 3	9993489,23869690	315950,50762009	9993485,92132713	315948,28127878
..
60	Lokasi 60	9993276,90613759	315132,29591710	9993273,58899289	315137,86213910

Pada tabel 2 menunjukkan hasil konversi dari koordinat sensor GPS Neo 6M dan koordinat *Google Maps*. Setelah titik koordinat dikonversi, maka selisih dicari dengan dilakukan pengurangan nilai data sensor GPS Neo 6M terhadap data *Google Maps*.

Tabel 3. Selisih Jarak Koordinat

NO	Label Lokasi	Selisih Jarak (meter)	
		Latitude (y)	Longitude (x)
1	Lokasi 1	-2,21	-3,34
2	Lokasi 2	-4,42	0,00
3	Lokasi 3	3,32	2,23
..
60	Lokasi 60	3,32	-5,57

Pada tabel 3 menunjukkan selisih jarak pada koordinat sensor GPS Neo 6M dan koordinat *Google Maps* dengan satuan meter. Langkah berikutnya yaitu menentukan nilai MSE untuk setiap koordinat latitude dan longitude. Berikut perhitungan nilai MSE untuk koordinat longitude lokasi 1:

$$MSE = \frac{(315849,19769117 - 315852,537289177)^2}{1} = \frac{(-3,34)^2}{1} = 11,5$$

Tabel 4. Nilai MSE Titik Koordinat

NO	Label Lokasi	MSE (meter)	
		Latitude (y)	Longitude (x)
1	Lokasi 1	4,89	11,15
2	Lokasi 2	19,56	0,00
3	Lokasi 3	11,00	4,96
..
60	Lokasi 60	11,00	30,98
Total		564,89	721,25

Tabel 4 menunjukkan nilai MSE pada tiap lokasi. Setelah di peroleh nilai MSE setiap lokasi, langkah berikutnya adalah menghitung total MSE koordinat latitude dan longitude. Diketahui bahwa nilai total error yang di dapat pada garis lintang (latitude) adalah 564,89, dan pada garis bujur (longitude) adalah 721,25, maka diperoleh:

$$MSE_x = \frac{721,25}{60} = 12,02 \text{ m}$$

$$MSE_y = \frac{564,89}{60} = 9,41 \text{ m}$$

Selanjutnya dihitung nilai RMSE_x dan RMSE_y, maka diperoleh:

$$RMSE_x = \sqrt{12,02} = 3,47 \text{ m}$$

$$RMSE_y = \sqrt{9,41} = 3,07 \text{ m}$$

Kemudian dihitung nilai dari RMSE_r, maka diperoleh:

$$RMSE_r = \sqrt{3,47^2 + 3,07^2} = 4,63 \text{ m}$$

Jadi nilai error yang didapat menggunakan rumus RMSE dari perbandingan sensor GPS Neo 6M dan Google Maps yaitu 4,63 meter.

3. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Tahap pengujian ini merupakan penggabungan dari keseluruhan proses pengujian sebelumnya untuk memastikan sistem telah dapat digunakan sesuai kebutuhan yang diharapkan. Proses pengujian secara keseluruhan ini menggunakan NodeMCU ESP32 yang terhubung dengan *Wi-Fi*, sensor MPU-6050, sensor GPS Neo 6M, buzzer *alarm*, dan *powerbank*. Output yang dihasilkan berupa *alarm* pada buzzer, dan *push notification* yang akan dikirimkan ke aplikasi android ketika sistem mendeteksi aktivitas jatuh. Pengujian dilakukan ke dua subjek uji, subjek uji pertama memiliki berat badan 40 kg, dan orang ke dua memiliki berat badan 80 kg.

Tabel 5. pengujian keseluruhan terhadap subjek uji berat badan 40 kg.

No	Aktivitas	Nilai Uji (g)	Buzzer	Delay Notif (s)	Lat (°)	Long (°)
1	Jalan	0,224	OFF	-	-0,059480	109,361052
2	Duduk	0,508	OFF	-	-0,059491	109,361044

3	Lari	0,424	OFF	-	-0,059490	109,361044
4	Jatuh Depan	1,510	ON	4,41	-0,059472	109,361052
5	Jatuh Belakang	2,360	ON	6,07	-0,059492	109,361030
6	Jatuh Samping	1,290	ON	3,42	-0,059485	109,361081
..
60	Jalan	0,200	OFF	-	-0,058308	109,359896
Nilai rata-rata delay <i>push notification</i>				4,68		

Tabel 5 merupakan hasil pengujian keseluruhan terhadap subjek uji berat badan 40 kg. Pengujian keseluruhan terhadap subjek uji dengan berat badan 40 kg dilakukan sebanyak 5 kali pada 5 lokasi berbeda. Pengujian dilakukan untuk mendapat nilai uji percepatan gravitasi pada aktivitas jalan, duduk, lari, jatuh depan, jatuh belakang, dan jatuh samping. Pada satu lokasi dilakukan sebanyak 2 kali pada satu gerakan. Pengujian juga menghasilkan titik lokasi yang dideteksi dan informasi buzzer keadaan ON atau OFF. Pada pengujian keseluruhan pada subjek uji 40 kg juga didapatkan nilai delay notifikasi sebesar 4,68 detik.

Tabel 5. pengujian keseluruhan terhadap subjek uji berat badan 80 kg.

No	Aktivitas	Nilai Uji (g)	Buzzer	Delay Notif (s)	Lat (°)	Long (°)
1	Jalan	0,255	OFF	-	-0,098736	109,352901
2	Duduk	0,350	OFF	-	-0,098739	109,352895
3	Lari	0,238	OFF	-	-0,098739	109,352898
4	Jatuh Depan	1,136	ON	3,44	-0,098737	109,352897
5	Jatuh Belakang	1,245	ON	5,51	-0,098735	109,352892
6	Jatuh Samping	1,515	ON	3,79	-0,098733	109,352892
..
60	Jalan	0,281	OFF	-	-0,056499	109,344602
Nilai rata-rata delay <i>push notification</i>				4,73		

Tabel 6 merupakan hasil pengujian keseluruhan terhadap subjek uji berat badan 80 kg. Pengujian keseluruhan terhadap subjek uji dengan berat badan 80 kg dilakukan sebanyak 5 kali pada 5 lokasi berbeda. Pengujian dilakukan untuk mendapat nilai uji percepatan gravitasi pada aktivitas jalan, duduk, lari, jatuh depan, jatuh belakang, dan jatuh samping. Pada satu lokasi dilakukan sebanyak 2 kali pada satu gerakan. Pengujian juga menghasilkan titik lokasi yang dideteksi dan informasi buzzer keadaan ON atau OFF. Pada pengujian keseluruhan pada subjek uji 80 kg juga didapatkan nilai delay notifikasi sebesar 4,73 detik. Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan pada dua subjek uji, sistem mendeteksi gerakan jatuh ketika nilai MPU-6050 mencapai *threshold* sehingga buzzer akan ON, kemudian *push notification* diterima oleh perangkat mobile pengguna. Nilai rata-rata *delay push notification* dari pengujian pada subjek uji 40 kg yaitu 4,68 detik, pada subjek uji 80 kg yaitu 4,73 detik, dan pada keseluruhan yaitu dua subjek uji adalah sebesar 4,71 detik.

Dari penelitian ini, dapat dilakukan evaluasi pengaruh berat badan terhadap performa alat sensor dalam hal waktu respon atau delay. Pengujian dilakukan pada dua subjek uji dengan berat badan yang berbeda, yaitu 40 kg dan 80 kg. Hasil pengujian menunjukkan bahwa subjek dengan berat badan 40 kg memiliki waktu respon sebesar 4,68 detik, sementara subjek dengan berat badan 80 kg memiliki waktu respon sebesar 4,73 detik. Selisih waktu respon antara kedua subjek ini adalah 0,05 detik, dengan rata-rata waktu respon keseluruhan sebesar 4,71 detik. Data ini mengindikasikan bahwa subjek dengan berat

badan lebih tinggi sedikit memperpanjang waktu respon alat sensor. Perbedaan waktu respon ini mungkin disebabkan oleh distribusi tekanan pada sensor tekanan FSR yang bervariasi tergantung pada berat badan subjek. Meskipun terjadi sedikit peningkatan waktu respon pada subjek yang lebih berat, perbedaan ini tidak signifikan dan masih dalam batas yang dapat diterima. Kesimpulannya, sistem deteksi jatuh berbasis IoT yang dikembangkan memiliki kinerja yang baik dan konsisten, menunjukkan efektivitasnya untuk subjek dengan berbagai berat badan.

4. Estimasi Waktu Penggunaan Alat

Sumber daya listrik yang digunakan pada alat ini adalah *powerbank* dengan kapasitas 3300 mAh. Kemudian untuk konsumsi arus listrik dilihat dari masing-masing datasheet komponen dan sensor. Berdasarkan spesifikasi pada datasheet komponen NodeMCU ESP32 adalah 260 mA, MPU-6050 adalah 100mA, sensor GPS Neo 6M adalah 67 mA, dan *buzzer* adalah 100 mA. Berdasarkan semua data konsumsi arus, maka estimasi penggunaan baterai diperoleh:

$$\begin{aligned} E_p &= \frac{3300 \text{ mAh}}{260 + 100 + 67 + 100} \\ &= \frac{3300 \text{ mAh}}{527 \text{ mA}} = 6,26 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh estimasi waktu penggunaan *powerbank* pada sistem ini yaitu 6,26 Jam.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini membangun sistem pendeteksian jatuh yang digunakan oleh lansia. Dengan sensor MPU-6050, sistem mendeteksi nilai percepatan gravitasi aktivitas jatuh pada rentang nilai 1,116 g sampai 2,303 g pada dua subjek uji yang dijadikan sebagai *threshold* kejadian jatuh. Pada pengujian pembacaan 60 titik lokasi berbeda, sensor GPS Neo 6M memiliki nilai RMSE sebesar 4,63 meter. Sistem mampu mendeteksi kejadian jatuh ketika percepatan gravitasi mencapai *threshold* sehingga *buzzer* sebagai tanda peringatan berubah menjadi kondisi ON dan *push notification* muncul pada Android pengguna. Informasi kondisi dan lokasi lansia dapat diakses dari aplikasi mobile yang telah terhubung dengan *database* yang berisi data pendeteksian sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata *delay push notification* adalah 4,71 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] KEMENKES RI, *Pedoman untuk Puskesmas Dalam Pemberdayaan Lanjut Usia*. Direktorat Kesehatan Keluarga Direktorat Jenderal Kesehatan Masyarakat Kementerian Kesehatan RI, 2019. Accessed: Jan. 11, 2024. [Online]. Available: www.kemkes.go.id
- [2] DINSOS DIY, *Kesejahteraan Lanjut Usia*. Daerah Istimewa Yogyakarta: Dinas Sosial Daerah Istimewa Yogyakarta, 2017.
- [3] M. T. Hidayat, "Monitoring Peristiwa Jatuhnya Lanjut Usia di Lingkungan Rumah Berbasis ESP32 Menggunakan Sensor Gyroscope," *Sriwijaya University Institutional Repository*, 2018, Accessed: Oct. 03, 2023. [Online]. Available: <http://repository.unsri.ac.id/id/eprint/10097>
- [4] D. S. Tsani and I. H. Mulyadi, "Sistem Pendeteksi Jatuh Wearable untuk Lanjut Usia Menggunakan Accelerometer dan Gyroscope," *Journal of Applied Electrical Engineering*, vol. 3, no. 2, Dec. 2019.
- [5] I. M. Paiz, "Penerapan IoT pada Prototipe Deteksi Jatuh Untuk Lansia Warable dengan Desain Sempel Menggunakan Aplikasi Android Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektronika Universitas Nusa Putra Sukabumi 2020," Sukabumi, Aug. 2020.
- [6] A. Hendi, H. Hermanto, and A. Rozaaq, "Sistem Deteksi Jatuh dan Peringatan Dini Pada Manusia Berbasis Android," *Jurnal Sistem Komputer dan Informatika (JSON)*, vol. 3, no. 3, p. 350, Mar. 2022, doi: 10.30865/json.v3i3.3927.
- [7] P. Budianto and W. Andhyka Kusuma, "Monitoring Jatuh Dengan Menggunakan Sensor Accelerometer dan Gyroscope," *REPOSITOR*, vol. 3, no. 1, pp. 51–64, 2021.
- [8] S. Dwijoseputra, "Sistem Deteksi Jatuh Berbasis Internet of Things," *Institut Bisnis Dan Informatika STIKOM Surabaya*, Jan. 2019.
- [9] M. Firmansyah, A. Rizal, and E. Susanto, "Rancang Bangun Sistem Fall Detection Untuk Orang Lanjut Usia Berbasis Inertial Measurement Unit," *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Telekomunikasi, Kendali, Komputer, Elektrik, dan Elektronika (TEKTRIKA)*, vol. 1, no. 2, Jun. 2016.
- [10] A. Darmawan and R. F. Hasani, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Posisi dan Kondisi Jatuh Manusia Lanjut Usia (Manula) Berbasis Internet of Things (IoT)," *Journal of Communications, Antennas and Propagation*, vol. 1, no. 1, Oct. 2020.
- [11] M. I. Nari, S. S. Suprpto, I. H. Kusumah, and W. Adiprawita, "A simple design of wearable device for fall detection with accelerometer and gyroscope," in *2016 International Symposium on Electronics and Smart Devices, ISESD 2016*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Mar. 2017, pp. 88–91. doi: 10.1109/ISESD.2016.7886698.

- [12] F. A. Maulana, "Sistem Deteksi Jatuh Untuk Manusia Lanjut Usia Berbasis Arduino," Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2018. Accessed: Oct. 03, 2023. [Online]. Available: <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/55606>
- [13] R. A. P. Effendy, "Perancangan Prototipe Pendeteksi Gerakan Jatuh Pada Lansia Menggunakan Sensor Accelerometer Berbasis IoT," *Universitas Islam Indonesia*, 2020.
- [14] A. Suprayogi, "Sistem Pendeteksi Kecelakaan Pada Sepeda Motor Berdasarkan Kemiringan Menggunakan Sensor Gyroscope Berbasis Arduino," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 03, Jan. 2019, Accessed: Dec. 03, 2023. [Online]. Available: <http://j-ptjij.ub.ac.id>
- [15] Y. Kaladewa and K. A. Santoso, "Implementasi Sensor Kemiringan Sudut Untuk Alat Bantu (GRAB) Gantry Luffing Crane (GLC)," vol. 6, no. 2, Sep. 2021.
- [16] A. Z. Arfianto *et al.*, "Perangkat Informasi Dini Batas Wilayah Perairan Indonesia Untuk Nelayan Tradisional Berbasis Arduino dan Modul GPS NEO-6M," 2018.
- [17] A. Sulthoni, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Vibrasi Pada Motor Sebagai Indikator Pengaman Terhadap Perubahan Beban Menggunakan Sensor Accelerometer GY-521 MPU-6050 Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 7, no. 03, 2018.
- [18] Z. B. Zakaria, A. Z. B. A. Zainuddin, H. B. M. Desa, M. F. B. S. Azari, S. A. B. Mohshim and M. S. B. A. Fadzil, "IoT-based Wheelchair Fall Detector for Elderly Care," 2023 International Conference on Engineering Technology and Technopreneurship (ICE2T), Kuala Lumpur, Malaysia, 2023, pp. 316-319, doi: 10.1109/ICE2T58637.2023.10540463. keywords: {Pressure sensors;GSM;Wheelchairs;Detectors;Gyroscopes;Internet of Things;Older adults;Wheelchair;Microcontroller;Fall Detection;Gyroscope;GSM module;GPS module},
- [19] J. Antonio Santoyo-Ramón, E. Casilari, and J. Manuel Cano-García, "A study of the influence of the sensor sampling frequency on the performance of wearable fall detectors," *Measurement (Lond)*, vol. 193, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.measurement.2022.110945.
- [20] M. SALEH, N. GEORGI, M. ABBAS and R. L. B. JEANNÈS, "A Highly Reliable Wrist-Worn Acceleration-Based Fall Detector," 2019 27th European Signal Processing Conference (EUSIPCO), A Coruna, Spain, 2019, pp. 1-5, doi: 10.23919/EUSIPCO.2019.8902563. keywords: {Feature extraction;Acceleration;Detectors;Machine learning algorithms;Servers;Accelerometers;fall detection;machine learning;elderly health-care;wearable sensors;feature selection},
- [21] Luna-Perejón, F.; Domínguez-Morales, M.J.; Civit-Balcells, A. Wearable Fall Detector Using Recurrent Neural Networks. *Sensors* 2019, 19, 4885. <https://doi.org/10.3390/s19224885>