

SISTEM PENDETEKSI JATUH BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Steven Pandelaki¹, Lanny Sitanayah*², Micael Liem³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika; Fakultas Teknik

^{1,2,3}Universitas Katolik De La Salle Manado; Kombos – Kairagi 1 Manado, Telp: (0431) 871957

E-mail: ¹spandelaki@unikadelasalle.ac.id, *²lsitanayah@unikadelasalle.ac.id, ³17013009@unikadelasalle.ac.id

Abstrak— Jatuh merupakan kejadian yang cukup berbahaya karena dapat menimbulkan cedera pada tubuh. Risiko jatuh pada setiap orang berbeda-beda dan ditentukan oleh banyak faktor, mulai dari keadaan lingkungan, kondisi kebugaran tubuh, dan faktor usia. Jatuh tidak hanya menimbulkan bahaya pada orang lanjut usia tetapi juga pada orang di segala usia dan dapat menjadi pertanda dari kambuhnya penyakit-penyakit tertentu. Penyakit yang diderita dapat bermacam-macam, akan tetapi penyakit yang umumnya terjadi adalah penyakit jantung, penyakit ayan, dan tekanan darah tinggi. Untuk meminimalkan dampak dari kondisi jatuh maka akan dibuat suatu Sistem Pendeteksi Jatuh Berbasis *Internet of Things*. Sistem ini memanfaatkan nilai keluaran dari sensor *accelerometer* dan *gyroscope* MPU6050 dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 untuk mengirimkan data ke *database*. Sensor dan mikrokontroler ditempatkan pada posisi pinggang pengguna. Aplikasi kemudian mengambil data yang dikirimkan dan mengklasifikasikan data tersebut menggunakan algoritma C4.5. Jika hasil klasifikasi adalah jatuh maka aplikasi akan menampilkan peringatan serta bunyi notifikasi. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa sistem yang dibangun memiliki akurasi sebesar 95% dalam menampilkan peringatan kondisi jatuh.

Kata kunci : *Internet of Things*, Sensor, *Data Mining*, Algoritma C4.5, Deteksi Jatuh.

Abstract— *Fall is a dangerous event because it may cause injury to the body. The risk for each person is different and is determined by many factors, ranging from environmental conditions, physical fitness levels, and age factors. Falls pose a danger not only to the elderly but also to people of all ages and can be a sign of the recurrence of certain diseases. Diseases suffered may vary, but the most common ones are heart disease, epilepsy, and high blood pressure. To minimize the impact of fall conditions, a Fall Detection System Based on the Internet of Things will be made. This system utilizes the output values of the MPU6050 accelerometer and gyroscope sensor using the NodeMCU ESP8266 microcontroller to transmit data to the database. The sensor and the microcontroller are positioned at a user's waist. The application then takes the transmitted data and classifies the data using the C4.5 algorithm. If the classification result is a fall then the application will display a warning as well as a notification sound. Based on the results of the tests that have been carried out, the accuracy of the system is 95% in displaying fall warnings.*

Keywords: *The Internet of Things*, Sensor, *Data Mining*, The C4.5 Algorithm, Fall Detection.

I. PENDAHULUAN

Jatuh dapat dialami oleh orang di usia lanjut ataupun pada orang di usia muda dan cukup berbahaya karena dapat menimbulkan cedera pada tubuh. Risiko jatuh pada setiap orang ada bermacam-macam dan dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk faktor keadaan lingkungan, kondisi kebugaran

tubuh, ataupun faktor usia. Risiko jatuh pada orang dengan usia lanjut terbilang lebih tinggi jika dibandingkan dengan usia muda. Dampak yang ditimbulkan juga jauh berbeda, dimana jatuh dapat memberikan cedera yang fatal bagi orang dengan usia lanjut. Hal ini juga disebabkan karena fungsi otak pada orang di usia lanjut sudah mulai menurun sehingga mengakibatkan keterbatasan gerak, refleks, dan kemampuan menjaga keseimbangan. Jatuh menjadi ancaman yang harus diantisipasi terutama pada lanjut usia karena berpotensi menyebabkan kematian.

Berdasarkan survei oleh *World Health Organization* terdapat sekitar 28% - 35% orang lanjut usia di atas 65 tahun di seluruh dunia mengalami jatuh setiap tahunnya [1]. Jatuh juga tidak hanya menimbulkan bahaya pada orang lanjut usia tetapi juga pada orang di segala usia dan dapat menjadi pertanda dari kambuhnya penyakit-penyakit tertentu. Penyakit yang diderita dapat bermacam-macam, akan tetapi penyakit yang umumnya terjadi ialah penyakit jantung, penyakit ayan, dan tekanan darah tinggi. Jika penyakit tersebut tidak segera diberikan penanganan maka akan memiliki dampak yang fatal.

Dengan kondisi yang telah disebutkan di atas, maka diperlukan pengawasan terhadap orang lanjut usia dan orang dengan riwayat penyakit tertentu. Pada umumnya pengawasan dilakukan oleh pihak keluarga, akan tetapi proses pengawasan tersebut memerlukan waktu seharian dan tidak setiap anggota keluarga dapat berfokus untuk mengawasi seharian. Belum lagi jika terdapat kesibukan-kesibukan lainnya. Hal ini mengakibatkan kurang efektifnya pengawasan oleh anggota keluarga. Berdasarkan permasalahan tersebut maka akan dikembangkan suatu sistem dengan menggunakan algoritma pohon keputusan C4.5 yang dapat bekerja sebagai perangkat deteksi dan pemantauan berbasis *Internet of Things*.

Algoritma C4.5 digunakan karena algoritma ini merupakan algoritma pohon keputusan yang cukup populer dalam menangani masalah klasifikasi dan memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan algoritma klasifikasi lain. Hal ini disebabkan karena algoritma C4.5 dapat menghasilkan pohon keputusan yang mudah diinterpretasikan, menangani atribut bertipe diskrit atau kontinu, lebih efisien dalam menangani data dengan *missing value*, dan juga terdapat banyak referensi *source code* [2]. *Internet of Things* adalah suatu konsep yang memanfaatkan jaringan Internet atau pun jaringan local agar sebuah perangkat dapat terhubung dengan perangkat yang lain dan membentuk suatu sistem yang dapat melakukan fungsinya secara otomatis [3]. Oleh karena itu, Sistem Pendeteksi Jatuh Berbasis *Internet of Things* yang akan dibuat juga diharapkan dapat membantu anggota keluarga maupun pihak-pihak lainnya dalam mengawasi orang lanjut

usia dan orang dengan penyakit-penyakit tertentu agar dapat melakukan pertolongan tepat waktu sehingga meminimalkan dampak fatal yang mungkin terjadi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Internet of Things*

Berkembangnya teknologi mikrokontroler yang pesat mendorong perkembangan *Internet of Things* (IoT). Di dalam IoT, objek-objek yang terhubung dengan Internet dapat saling bertukar data. Terdapat beberapa definisi dari IoT tetapi belum ada yang bersifat universal, karena IoT mencakup banyak aspek mulai dari aspek teknologi, perangkat lunak, serta industri. Adapun terdapat beberapa karakteristik dari IoT yang dapat membedakannya dengan sistem lain. Karakteristik utama IoT jika dilihat dari sudut pandang luas adalah [3]:

1. Memiliki identitas unik. Seperti yang telah disebutkan IoT adalah sebuah sistem beserta perangkat yang terhubung menggunakan jaringan Internet. Namun, perlu diketahui bahwa tidak semua perangkat IoT terhubung langsung ke Internet. Hal itu dikarenakan terdapat banyak perangkat IoT yang dapat berkomunikasi menggunakan jaringan lokal dan tidak perlu terhubung dengan jaringan Internet.
2. Menggunakan sensor dan aktuator. Sensor dan aktuator adalah dua elemen penting dalam sistem IoT. Sensor digunakan untuk membaca dan mengumpulkan informasi tentang beberapa aktifitas dinamis seperti suhu, tekanan, ketinggian, kecepatan, gerakan, cahaya, jarak, dan lain sebagainya. Informasi yang dikumpulkan dihasilkan dari interaksi sensor dengan lingkungan sekitarnya. Aktuator adalah sebuah peralatan mekanis untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme atau sistem. Aktuator dapat melakukan perintah tertentu dari mikrokontroler. Misalnya dalam robot dengan sensor cahaya, jika sensor mendeteksi adanya cahaya, maka informasinya akan dikirimkan ke mikrokontroler. Mikrokontroler akan memberi perintah ke aktuator agar dapat bergerak ke arah sumber cahaya.
3. Konektivitas, komunikasi, dan distribusi data dalam perangkat dan sistem IoT memungkinkan interaksi antar sistem dan pengguna menggunakan media jaringan Internet ataupun jaringan lokal. Hal ini juga memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi atau mengontrol perangkat dari jarak jauh.
4. Otomasi. Terlepas dari aplikasinya, sebagian besar perangkat IoT telah terotomasi. Dengan demikian, perangkat tersebut dapat menghasilkan, bertukar, dan memproduksi data dengan minimal atau tanpa campur tangan manusia.
5. Inteligensi. Dalam pemanfaatan sistem serta perangkat IoT secara nyata diperlukan pemrosesan yang menggunakan algoritma baik itu algoritma sederhana ataupun algoritma yang rumit.

B. Mikrokontroler

Mikrokontroler secara fisik melambangkan sebuah *Integrated Circuit* (IC) yang menyimpan chip mikrokomputer. Penggunaan mikrokontroler biasanya terdapat pada sistem

berukuran kecil yang tidak membutuhkan perhitungan kompleks [4]. Contoh sederhana penggunaan mikrokontroler adalah untuk melakukan pengendalian LED dengan fungsi menghidupkan atau mematikan. Salah satu jenis mikrokontroler yang digunakan dalam IoT adalah Arduino. Arduino merupakan gabungan dari perangkat keras dan perangkat lunak yang bersifat *open source*. *Hardware* Arduino menggunakan *development board* yang berisi mikrokontroler AVR buatan Atmel. Pemrograman Arduino menggunakan *syntax* bahasa C, dengan memiliki *Integrated Development Environment* (IDE) khusus untuk pemrograman Arduino [4]. Pada penelitian ini digunakan mikrokontroler berupa NodeMCU seperti pada Gambar 1.

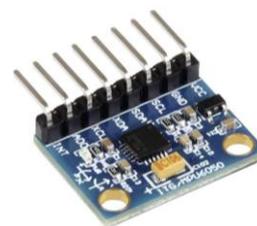


Gambar 1 NodeMCU

C. Sensor

Sensor merupakan produk teknologi yang dikembangkan sesuai dengan prinsip organ sensorik pada makhluk hidup. Jadi secara garis besar dapat didefinisikan bahwa sensor adalah elemen atau alat yang menerima informasi dari lingkungan sekitar sesuai dengan fungsi sensor tersebut dan menerjemahkan informasi itu ke dalam *output* yang dapat dimengerti manusia [5].

Sensor memiliki sebuah *output* yang bisa dihitung dan diukur. Cara kerja sensor secara umum adalah dengan mengubah besaran masukan menjadi suatu sinyal yang kemudian dapat diolah menjadi sebuah informasi. Adapun yang disebut sebagai besaran masukan dapat berupa mekanik, panas, listrik, magnetik, radiasi, dan kimiawi [5]. Pada penelitian ini digunakan sensor berupa *accelerometer* dan *gyroscope* seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Sensor MPU6050

D. Algoritma C4.5

Algoritma C4.5 adalah teknik *data mining* untuk melakukan klasifikasi terhadap data dengan menggunakan pohon keputusan (*decision tree*) yang memiliki sifat prediktif.

Algoritma C4.5 berdasar pada pembentukan pohon keputusan yang terdiri dari akar, cabang, dan daun. Akar dari pohon keputusan adalah atribut, cabang dari pohon keputusan merupakan pertanyaan klasifikasi, sementara daunnya merupakan segmen atau kelas-kelasnya [2].

Cara kerja dari algoritma C4.5 adalah dengan menggunakan beberapa data yang dikelompokkan untuk dipelajari. Kemudian setelah algoritma tersebut mempelajari data, hasil dari pembelajaran digunakan untuk mengolah *test dataset*. Hasil dari klasifikasi *test dataset* merupakan pengelompokan dan pengolahan data ke dalam kelas-kelasnya yang akan menghasilkan model pohon keputusan [2].

Perhitungan *entropy* dengan rumus sebagai berikut:

$$Entropy(S) = \sum_{i=1}^n -p_i * \log_2 p_i$$

Keterangan:

S : himpunan kasus

k : banyaknya partisi S

p_i : proporsi dari S_i terhadap S

Perhitungan *gain* untuk setiap atribut dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S|} * Entropy(S_i)$$

Keterangan:

S : himpunan kasus

A : atribut

n : jumlah partisi atribut A

$|S_i|$: jumlah kasus pada partisi ke- i

$|S|$: jumlah kasus dalam S

E. Penelitian Terkait

Bagian ini akan membahas tentang ulasan dari penelitian terkait yang berhubungan dengan topik serta sistem yang akan dibangun yaitu Sistem Pendeteksi Jatuh Berbasis IoT.

Sistem Pendeteksi Jatuh *Wireless* Berbasis Sensor Accelerometer [6]. Pada penelitian ini, penulis membangun sistem pendeteksi jatuh menggunakan sensor accelerometer yang dapat mendeteksi jatuh secara *real-time*. Penggunaan sistem ini ditujukan kepada orang lanjut usia sebagai media untuk memudahkan pengawasan. Sistem yang dibangun terdiri dari dua bagian, yaitu perangkat pengirim dan perangkat penerima. Proses komunikasi antar dua perangkat dibuat menggunakan sistem komunikasi *wireless* dengan frekuensi radio 2,4 GHz. Bagian pengiriman terdiri dari sensor accelerometer dan mikrokontroler berupa Arduino Nano yang ditempatkan pada posisi pinggang pengguna. Sementara itu bagian penerima terdiri dari mikrokontroler Arduino Nano dan *Personal Computer* (PC) untuk memantau data yang dikirim. Sensor accelerometer digunakan untuk mendeteksi nilai tiga sumbu percepatan gravitasi dan kemudian dikombinasikan menjadi nilai *magnitude*. Dalam penelitian ini dilakukan pemantauan terhadap dua tipe jatuh, yaitu jatuh ke depan dan

jatuh ke belakang. Data yang diperoleh dari sensor kemudian dikirim ke bagian penerima dan ditampilkan hasilnya melalui *serial monitor* dan disimpan ke dalam format dokumen Microsoft Excel.

Sistem Pendeteksi Jatuh *Wearable* untuk Lanjut Usia menggunakan *Accelerometer* dan *Gyroscope* [7]. Pada penelitian ini, penulis membangun sistem pendeteksi jatuh dengan memanfaatkan nilai keluaran dari sensor accelerometer dan gyroscope berbasis mikrokontroler. Penggunaan sistem ini ditujukan kepada orang lanjut usia dengan harapan dapat meminimalkan dampak yang ditimbulkan akibat jatuh. Sistem dibangun dengan menggunakan perangkat sensor dan mikrokontroler Arduino Nano, dan menggunakan *bluetooth* sebagai media pengiriman data ke ponsel Android. Alat yang terdiri dari sensor dan mikrokontroler ditempatkan pada posisi pinggang pengguna. Proses pendeteksian jatuh dilakukan menggunakan metode ambang batas (*threshold*). Cara kerjanya adalah dengan melakukan pengambilan data terlebih dulu, kemudian data yang diperoleh dianalisis untuk mencari nilai maksimal yang akan dijadikan sebagai nilai *threshold*. Dalam penelitian ini penulis menggunakan data berupa semua nilai total percepatan dan nilai total orientasi dari gerak aktivitas biasa, dan kemudian melakukan analisis untuk mencari nilai *threshold*. Jika terdapat aktivitas dengan nilai bacaan sensor melebihi nilai *threshold*, maka aktivitas tersebut akan dikategorikan sebagai aktivitas jatuh. Kemudian setelah terdeteksi aktivitas jatuh maka perangkat akan mengirimkan data via *bluetooth* ke aplikasi yang terpasang pada ponsel Android. Aplikasi yang terpasang kemudian akan menampilkan notifikasi sebagai tanda telah terdeteksi kondisi jatuh. Penulis melakukan pengujian terhadap sistem yang dibuat dan hasil pengujannya menunjukkan akurasi sebesar 88%.

Deteksi Jatuh Pada Lansia Dengan Menggunakan Akselerometer Pada *Smartphone* [8]. Pada penelitian ini, penulis melakukan proses pendeteksian jatuh dengan memanfaatkan sensor accelerometer yang tertanam pada perangkat *smartphone* Android. Pada tahap awal, penulis melakukan akuisisi data gerak dengan melakukan percobaan simulasi gerak aktivitas sehari-hari. Data yang diperoleh adalah percepatan dari sumbu X, Y, dan Z, dan kemudian digabungkan menjadi resultan percepatan. Setelah itu penulis menentukan nilai *threshold* dengan cara menganalisis semua resultan percepatan dari gerak aktivitas sehari-hari dan dari seluruh data yang dianalisis diambil nilai maksimalnya untuk dijadikan nilai *threshold*. Selanjutnya penulis melakukan pengidentifikasian jatuh dan melakukan pengujian dengan hasil akurasi sebesar 95%.

III. METODE PENELITIAN

Berikut ini merupakan tahap-tahap dari metode penelitian yang digunakan:

1. Identifikasi masalah

Dalam tahap awal akan dilakukan identifikasi terhadap permasalahan yang terjadi agar dapat menemukan solusi dalam bentuk sistem yang akan dibangun.

2. Studi literatur

Pada tahap kedua dilakukan pencarian serta pembelajaran terhadap teori-teori pendukung yang berhubungan dengan topik yang dikerjakan.

3. Pengumpulan data

Dalam tahapan ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan dalam proses pembuatan sistem.

4. Analisis

Pada tahap ini, data yang telah diperoleh sebelumnya akan dianalisis sesuai dengan algoritma yang digunakan.

5. Perancangan

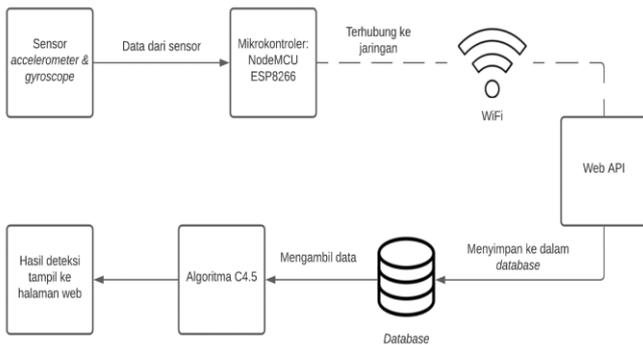
Dalam tahapan ini dilakukan beberapa perancangan, yaitu alat-alat yang akan digunakan dalam pembuatan sistem, dan juga alur kerja dari sistem yang akan dibuat.

6. Implementasi

Setelah dilakukan perancangan di tahap sebelumnya, pada tahap ini dilakukan implementasi dengan melakukan perakitan alat-alat yang akan dipakai dan juga melakukan pemrograman untuk sistem

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

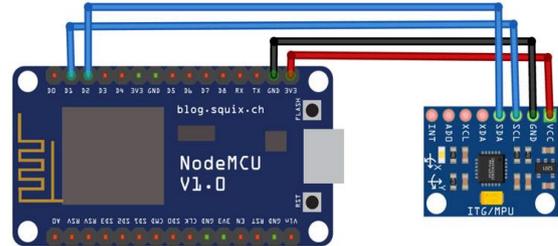
Berikut ini membahas tentang rancangan dari *block diagram* yang akan menjelaskan gambaran dari cara kerja sistem serta lingkup sistem secara garis besar. Gambar 3 adalah *block diagram* sistem, dimana dapat dilihat bahwa pada awalnya perangkat sensor mengambil data dari pengguna alat dan kemudian menggunakan mikrokontroler untuk mengirimkan data secara *real-time* melalui jaringan WiFi ke dalam *database*. Setelah itu aplikasi web mengambil data yang tersimpan dalam *database* secara berkala dan mengolah data menggunakan algoritma C4.5 untuk mengklasifikasi kondisi jatuh atau tidak jatuh. Kemudian jika data dari sensor terklasifikasi jatuh maka aplikasi web akan menampilkan pesan peringatan serta bunyi notifikasi.



Gambar 3 Block Diagram Sistem

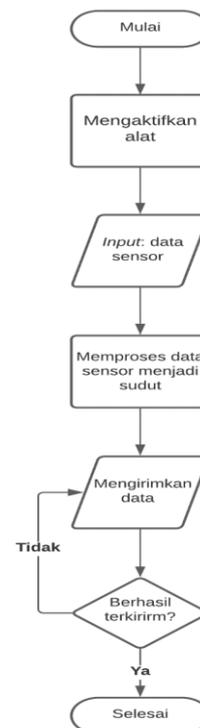
Berikut ini merupakan ilustrasi rancangan alat yang digunakan oleh pengguna dan dipasangkan pada posisi pinggang menggunakan sabuk. Pada Gambar 4 dapat dilihat ilustrasi koneksi pin-pin antara sensor dan mikrokontroler. Koneksi antar pin dibuat menggunakan kabel jumper sebagai penghubung. Pin 3.3V yang berasal dari mikrokontroler dihubungkan dengan pin VCC yang terdapat pada sensor, pin

ground yang berasal dari mikrokontroler dihubungkan dengan pin ground yang terdapat pada sensor. Kedua pin tersebut berfungsi untuk mengantarkan arus listrik dari mikrokontroler ke sensor. Pin D1 dalam mikrokontroler dihubungkan dengan pin SCL sensor, pin D2 dalam mikrokontroler dihubungkan dengan pin SDA sensor. Kedua pin tersebut memiliki fungsi sebagai komunikasi data antara sensor dan mikrokontroler.



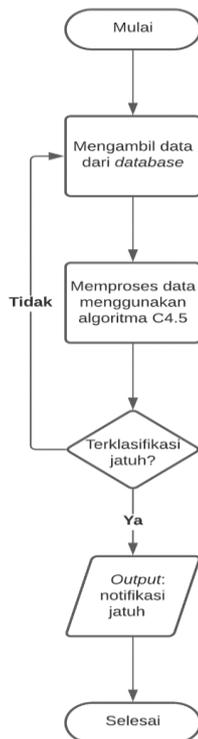
Gambar 4 Ilustrasi Koneksi Pin

Pada *flowchart* alat (*client*) di Gambar 5, langkah pertama adalah menghidupkan alat dengan menghubungkan kabel data dari baterai ke mikrokontroler. Kemudian sensor mengambil data yang terdiri dari nilai *accelerometer* sumbu X, Y, Z, dan nilai *gyroscope* sumbu X, Y, Z. Setelah itu, data mentah dari sensor diproses menggunakan *complementary filter*. Data diubah menjadi nilai sudut dengan menggabungkan nilai *accelerometer* dan *gyroscope*. Setelah data selesai diproses, mikrokontroler mengirimkan data berupa nilai sudut sumbu X dan sumbu Y ke *database*. Jika data tidak terkirim maka proses pengiriman data akan diulangi sampai data berhasil terkirim.

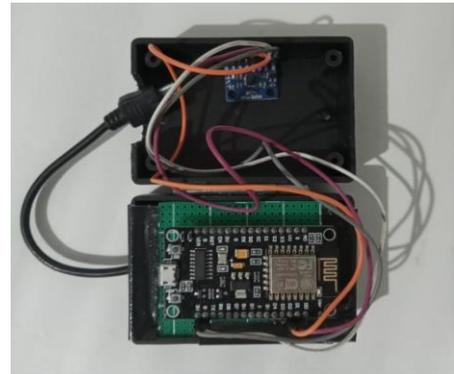


Gambar 5 Flowchart Client

Gambar 6 adalah *flowchart* dari sisi *server* yang menjelaskan mengenai proses-proses yang terjadi di bagian aplikasi web serta *database*. Langkah pertama adalah aplikasi melakukan *query* untuk mengambil data sensor dari *database*. Kemudian aplikasi melakukan pengolahan data menggunakan algoritma C4.5. Tahapan pengolahan diawali dengan algoritma membaca data latih, setelah itu membuat model pohon keputusan, kemudian melakukan klasifikasi terhadap data yang masuk. Setelah proses pengolahan data selesai dan data sensor yang diambil dari *database* terklasifikasi jatuh, maka aplikasi akan memunculkan peringatan jatuh beserta bunyi notifikasi pada halaman web.

Gambar 6 *Flowchart Server*

Implementasi terhadap rancangan alat menghasilkan *prototype* seperti pada Gambar 7. Kemudian dilakukan pengujian terhadap *prototype* dari alat pendeteksi jatuh. Hasil dari pengujian tersebut menunjukkan bahwa *prototype* yang dibuat telah berfungsi dengan baik, sehingga dapat digunakan untuk implementasi pada pengguna. Implementasi dari *software* ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.

Gambar 7 *Prototype Alat Pendeteksi Jatuh*

Gambar 8 Tampilan Tidak Terdeteksi Jatuh



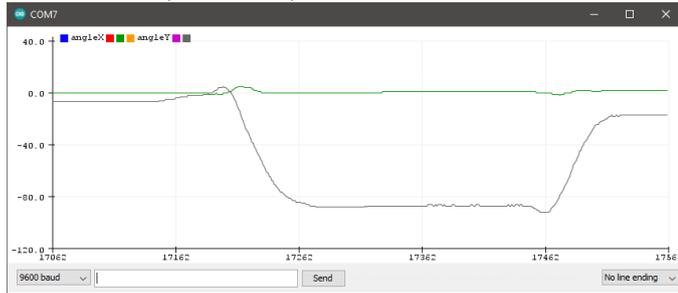
Gambar 9 Tampilan Terdeteksi Jatuh

Selanjutnya dilakukan pengujian dengan tujuan untuk memastikan alat yang digunakan dapat berfungsi sebagaimana mestinya, tidak adanya *error* pada sistem yang dibangun, memastikan algoritma yang digunakan berhasil mendeteksi jatuh, serta memastikan keakuratan sistem dalam mendeteksi jatuh.

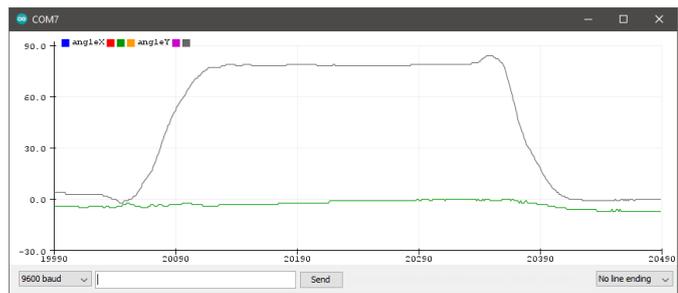
Pengujian untuk akurasi dilakukan menggunakan *confusion matrix* dengan acuan empat keadaan umum yang digunakan sebagai tolak ukur dalam pengujian ini, yaitu:

1. *True Positive* (TP) yaitu keadaan disaat sistem mendeteksi gerakan jatuh ketika terjadi gerakan jatuh.
2. *True Negative* (TN) yaitu keadaan disaat sistem tidak mendeteksi gerakan jatuh ketika tidak terjadi gerakan jatuh.
3. *False Positive* (FP) yaitu keadaan disaat sistem mendeteksi gerakan jatuh ketika tidak terjadi gerakan jatuh.
4. *False Negative* (FN) yaitu keadaan disaat sistem tidak mendeteksi gerakan jatuh ketika terjadi gerakan jatuh.

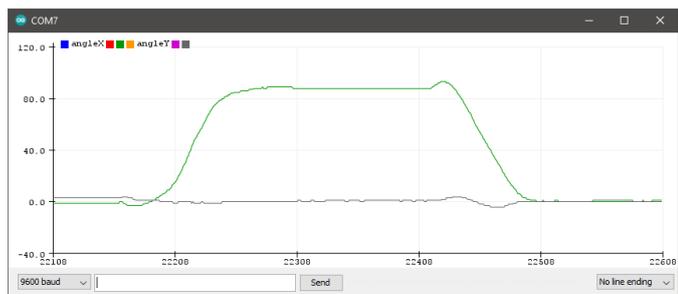
Skenario pengujian dilakukan dengan cara mensimulasikan gerakan jatuh ke depan, ke belakang, ke kiri, dan ke kanan. Berikut ini merupakan grafik data sudut yang ditunjukkan oleh sensor saat melakukan pengujian gerakan jatuh ke depan (Gambar 10), ke belakang (Gambar 11), ke kiri (Gambar 12), dan ke kanan (Gambar 13).



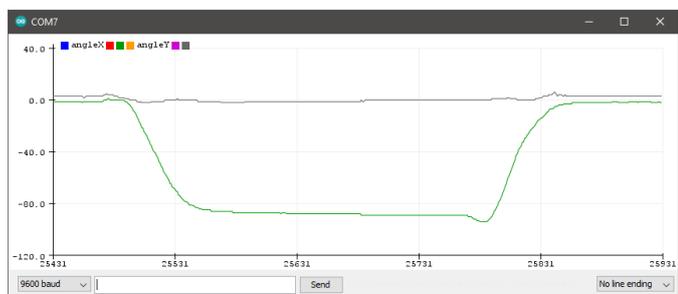
Gambar 10 Grafik Jatuh ke Depan



Gambar 11 Grafik Jatuh ke Belakang



Gambar 12 Grafik Jatuh ke Kiri



Gambar 13 Grafik Jatuh ke Kanan

Dilakukan juga simulasi terhadap gerakan biasa yaitu gerakan duduk, berdiri, berjalan, dan berlari. Masing-masing gerakan dilakukan sebanyak lima kali dengan total 20 gerakan jatuh dan 20 gerakan biasa. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN

Kategori	Kondisi	Nilai yang diperoleh
Gerakan biasa	Duduk	5 TN
	Berdiri	5 TN
	Berjalan	5 TN
	Berlari	5 TN
Gerakan jatuh	Ke depan	5 TP
	Ke belakang	5 TP
	Ke kiri	4 TP, 1 FN
	Ke kanan	4 TP, 1 FN

Berdasarkan data dari tabel di atas, dari total 20 gerakan jatuh ada sebanyak 18 gerakan yang terdeteksi jatuh oleh sistem, dan dua gerakan yang tidak terdeteksi jatuh oleh sistem. Sementara itu dari total 20 gerakan biasa, seluruh gerakan tidak dideteksi sebagai gerakan jatuh oleh sistem. Berikut ini merupakan hasil perhitungan akurasi dari total 20 gerakan biasa dan 20 gerakan jatuh.

$$\text{Akurasi} = \frac{18+20}{18+0+20+2} \times 100\% = 95\%$$

Kemudian akan dihitung pula akurasi dari setiap gerakan jatuh, sebagai berikut:

$$\text{Akurasi jatuh ke depan} = \frac{5+0}{5+0+0+0} \times 100\% = 100\%$$

$$\text{Akurasi jatuh ke belakang} = \frac{5+0}{5+0+0+0} \times 100\% = 100\%$$

$$\text{Akurasi jatuh ke kiri} = \frac{4+0}{4+0+0+1} \times 100\% = 80\%$$

$$\text{Akurasi jatuh ke kanan} = \frac{4+0}{4+0+0+1} \times 100\% = 80\%$$

Dari hasil perhitungan total 40 gerakan diperoleh akurasi sebesar 95% dalam mendeteksi gerakan jatuh. Adapun untuk gerakan jatuh ke depan dan ke belakang, masing-masing diperoleh akurasi sebesar 100%. Untuk gerakan jatuh ke kiri dan ke kanan, masing-masing diperoleh akurasi sebesar 80%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa algoritma C4.5 yang digunakan berhasil mendeteksi gerakan jatuh sesuai dengan skenario pengujian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan isi dan pembahasan dari penelitian ini, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem Pendeteksi Jatuh Berbasis *Internet of Things* sudah berhasil dibangun.
2. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa alat yang digunakan serta aplikasi yang digunakan dapat melakukan fungsinya dengan baik.

3. Berdasarkan hasil pengujian akurasi deteksi gerakan jatuh yang dilakukan menggunakan *confusion matrix*, diperoleh total akurasi deteksi sebesar 95%.

Untuk pengembangan ke depannya, Sistem Pendeteksi Jatuh Berbasis *Internet of Things* dapat dibuat untuk aplikasi berbasis Android dengan memanfaatkan fitur *push notification* agar dapat lebih fleksibel bagi pengguna aplikasi untuk melakukan pengawasan.

REFERENSI

- [1] WHO (2007). *Global Report on Falls Prevention in Older Age* [Online]. Available: <https://www.who.int/>
- [2] R. Hartanto (2018). *Belajar Mudah Algoritma Data Mining: C4.5* [Online]. Available: <https://www.academia.edu/>
- [3] Raad and H. Khaleel, *Fundamentals of IoT and wearable technology design*, New Jersey: John Wiley & Sons, 2021.
- [4] H. A. Dharmawan, *Mikrokontroler Konsep Dasar dan Praktis*, Malang: UB Press, 2017.
- [5] S. P. Sakti, *Pengantar Teknologi Sensor Prinsip Dasar Sensor Besaran Mekanik*, Malang: UB Press, 2017.
- [6] G. Gumilar and H. H. Rachmat, Sistem Pendeteksi Jatuh Wireless Berbasis Sensor Accelerometer, TELKA, Vol.4, No.2, 2018.
- [7] S. D. 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, 2019.
- [8] M. Hardjianto, et al. Deteksi Jatuh Pada Lansia Dengan Menggunakan Akselerometer Pada Smartphone, Prosiding SENTIA, Vol.8, 2016.