

Klasifikasi Gerakan Jatuh Berbasis *Accelerometer* dan *Gyroscope* Menggunakan *K-Nearest Neighbors*

Adlian Jefiza*, Indra Daulay, Jhon Hericson Purba

Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

*Email: adlianjefiza@polibatam.ac.id

Abstrak—Permasalahan utama pada penelitian ini merujuk kepada semakin menurunnya daya tahan tubuh lanjut usia (lansia). Hal ini membutuhkan sistem monitoring aktivitas lansia secara *real time*. Untuk mendeteksi kegiatan para lansia, dirancang sebuah perangkat monitoring dengan *accelerometer* 3-sumbu dan *gyroscope* 3-sumbu. Data sensor diperoleh dari lima partisipan. Setiap partisipan melakukan lima gerakan yaitu terjatuh, duduk, tidur, rukuk dan sujud. Gerakan yang dipilih adalah gerakan yang menyerupai gerakan jatuh. Total data yang diperoleh dari partisipan adalah 75 data yang terbagi menjadi *training data* dan *testing data*. Penelitian ini menggunakan metode transformasi Wavelet untuk mengenali fitur dari gerakan. Untuk pengklasifikasian setiap gerakan, digunakan metode *K-nearest neighbors* (KNN). Hasil klasifikasi gerakan menggunakan lima kelas menghasilkan nilai *root mean square* sebesar 0.0074 dengan akurasi 100%.

Kata kunci: Klasifikasi gerakan, Wavelet, *K-nearest neighbors*

I. PENDAHULUAN

PERMASALAHAN utama yang menjadi landasan dalam penelitian ini adalah penurunan fisik lanjut usia (lansia) yang berisiko terjadinya kecelakaan dalam kegiatan sehari-hari. Penurunan fisik memiliki kemungkinan besar terjadinya kecelakaan yang dapat mengakibatkan semakin buruknya kondisi lansia. Kecelakaan yang sering terjadi dapat berupa terjatuh ketika menjalankan aktivitas.

Untuk meminimalisir terjatuhnya lansia, dibutuhkan pengawasan yang dilakukan keluarga lansia. Pengawasan perlu dilakukan selama 24 jam untuk menghindari terjatuh. Pengawasan harus dilakukan secara intensif. Terkadang jika dilihat terjadinya jatuh pada lansia tidak mengakibatkan kematian, namun efek yang terjadi di kemudian hari sering berakibat fatal pada kemampuan fisik lansia. Oleh karena itu, pengawasan lansia tidak dapat dianggap tidak berisiko besar [1].

Selama ini pengawasan para lansia dilakukan oleh pihak keluarga ataupun dengan bantuan perawat. Pengawasan yang

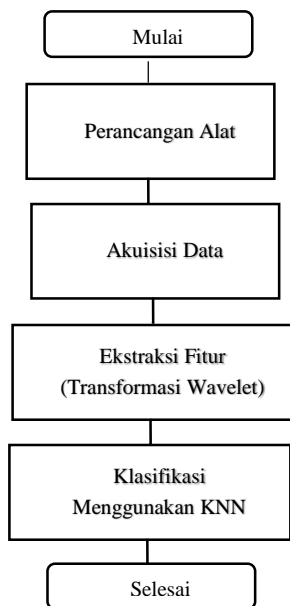
dilakukan oleh keluarga dan perawat ini membutuhkan waktu, biaya, dan tenaga; begitu juga dengan pengawasan menggunakan tenaga perawat. Terkadang tidak semua anggota keluarga dan perawat dapat fokus dalam hal mengawasi lansia selama 24 jam. Hal ini menjadikan pengawasan oleh keluarga maupun oleh perawat ini dianggap kurang efektif. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan sebuah perangkat monitoring aktivitas lansia. Prinsip kerja dari perangkat monitoring dinilai lebih efektif dan efisien karena mampu melakukan pengawasan selama 24 jam.

Perancangan sistem pengawasan telah banyak dikembangkan oleh beberapa peneliti. Perangkat pengawasan dapat menggunakan sensor, kamera, *wireless* ataupun menggunakan *smartphone*. Beberapa penelitian sebelumnya menggunakan *accelerometer* dan *gyroscope* pada *smart phone* untuk deteksi jatuh. Percobaan yang dilakukan meliputi gerakan pada kegiatan sehari-hari seperti duduk, sholat, tidur dan gerakan jatuh [2], [3]. Selain itu, beberapa alat pendeteksi terjatuh menggunakan teknologi *computer vision* dan kecerdasan buatan. Dengan bantuan kamera dan pengolahan citra, diperoleh citra gambar gerakan yang akan di klasifikasi menggunakan *convolution neural network* (CNN). Penelitian ini menghasilkan klasifikasi gerakan dengan akurasi sebesar 95,64 % [4].

Penelitian sebelumnya telah melakukan percobaan pada gerakan sholat. Terdapat kekurangan dari penelitian sebelumnya, sehingga diperlukan pembaruan. Salah satu pembaruan tersebut adalah dalam hal ekstraksi fitur. Pada penelitian ini, diusulkan metode pengenalan gerakan jatuh lansia yang akurat dengan ekstraksi fitur menggunakan transformasi Wavelet. Data diklasifikasi menggunakan *K-nearest neighbors* (KNN).

II. METODE PENELITIAN

Alur penelitian ini dijelaskan dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

A. Perancangan Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah SD card, modul SD card, Arduino Nano, MPU-6050, kabel serial, baterai Lipo, dan kabel penghubung. Alat yang telah dirakit dipasang pada sebuah tas pinggang. Gambaran alat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alat yang digunakan

B. Akuisisi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang sudah diperoleh dari sensor *accelerometer*. Data tersebut terdiri atas tiga gerakan: jatuh, rukuk, dan sujud. Setiap gerakan dilakukan sebanyak tiga kali oleh 16 orang partisipan.



Gambar 3. Pengambilan data terjatuh

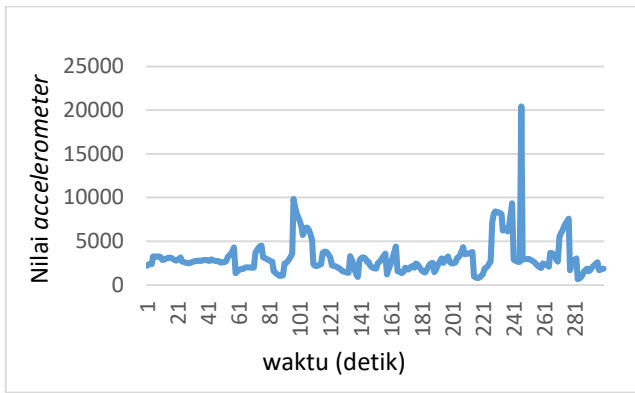
C. Ekstraksi Fitur

Setelah mendapatkan data dari sensor, kemudian dilakukan ekstraksi fitur berdasarkan *time domain*. *Sampling* data berdasarkan *time domain* ini menggunakan metode transformasi Wavelet. Data gerakan akan di-*filter* dan dihilangkan *noise*-nya. Transformasi sinyal merupakan bentuk lain dari penggambaran sinyal yang tidak mengubah isi informasi dalam sinyal tersebut. Transformasi Wavelet menyediakan penggambaran frekuensi waktu dari sinyal. Mula-mula, transformasi wavelet digunakan untuk menganalisis sinyal bergerak (*non-stationary signals*). Sinyal bergerak ini dianalisis dalam transformasi wavelet dengan menggunakan teknik *multi-resolution analysis*. Secara umum, teknik ini adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis frekuensi dengan cara frekuensi yang berbeda dianalisis menggunakan resolusi yang berbeda. Resolusi dari sinyal merupakan ukuran jumlah informasi di dalam sinyal yang dapat berubah melalui operasi *filtering* [5].

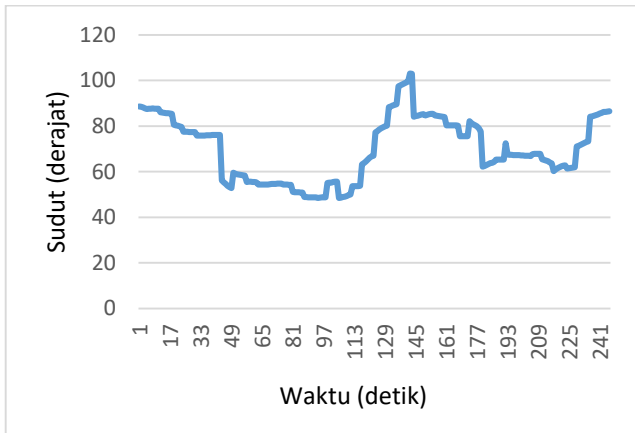
Penelitian ini menggunakan Wavelet Haar dengan level 5. Tujuan dari proses ini adalah untuk mendapatkan data yang *denoise* dengan baik agar saat *thresholding* diperoleh fitur terbaik. Berikut adalah langkah-langkah dalam metode Transformasi Haar Wavelet:

- 1) *Transpose* matriks input.
- 2) Kalikan *filter low* dan *high* yang sudah digabung dengan matriks input.
- 3) Lakukan proses *transpose* matriks hasil dari langkah no. 2.
- 4) Kalikan *filter low* dan *high* yang sudah digabung dengan hasil *transpose* langkah no. 3.
- 5) Tampilkan *output* yang terdiri dari langkan no. 4 ke dalam sub-bidang LL, HL, LH, LL.
- 6) Jika lebih dari satu level, ulangi lagi langkah 1-5 dengan input matriks sub-bidang LL dari level sebelumnya.

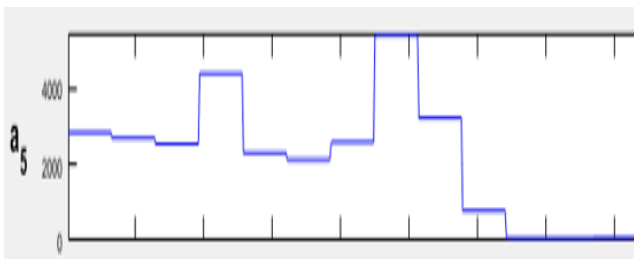
Contoh sinyal gerakan terjatuh dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5. Berdasarkan sinyal tersebut, terlihat perubahan sinyal secara drastis ditemukan pada saat gerakan terjatuh. Sinyak tersebut kemudian di-*filter* dengan menggunakan Wavelet Haar level 5 seperti pada Gambar 6.



Gambar 4. Data accelerometer pada gerakan terjatuh

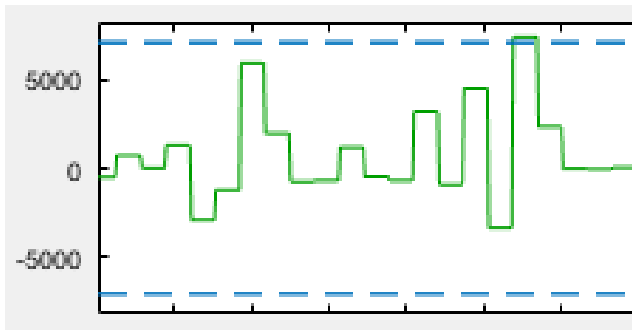


Gambar 5. Sinyal gyroscope pada gerakan terjatuh



Gambar 6. Sinyal denoising Wavelet Haar

Untuk menentukan fitur data sensor *accelerometer* dan *gyroscope* terhadap gerakan jatuh, data tersebut diberikan *threshold* nilai maksimumnya. Nilai maksimum dari data tersebut merupakan nilai fitur dari setiap gerakan. Lihat Gambar 7.



Gambar 7. Threshold data sensor accelerometer gerakan terjatuh

D. Klasifikasi Gerakan

Pada penelitian ini, KNN [6] digunakan untuk klasifikasi gerakan. KNN adalah suatu metode yang menggunakan algoritma *supervised*, di mana hasil dari *query instance* yang baru diklasifikasikan berdasarkan mayoritas dari label kelas pada KNN. Tujuan dari algoritma KNN adalah mengklasifikasikan objek baru berdasarkan atribut dan training data. KNN ini dapat mengelompokkan data berdasarkan kelas-kelas yang dibutuhkan. Penelitian ini membagi kelas-kelas tersebut ke dalam tiga kelas, yaitu jatuh, rukuk, dan sujud.

Algoritma KNN bekerja berdasarkan jarak terdekat dari *query instance* ke training data untuk menentukan KNN-nya. Salah satu cara untuk menghitung jarak dekat atau jauhnya tetangga adalah metode *Euclidean distance*. *Euclidean distance* (d) berfungsi menguji ukuran yang bisa digunakan sebagai interpretasi kedekatan jarak antara dua obyek. Rumus *Euclidian distance* dapat dilihat pada (1):

$$d = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2} \tag{1}$$

di mana:

x_{ik} = nilai x pada *training data*

x_{jk} = nilai x pada *testing data*

m = banyaknya data

Jika d besar, maka akan semakin jauh tingkat keserupaan antara *training data* dan *testing data*. Sebaliknya, jika d kecil, maka akan semakin dekat tingkat keserupaan antara *training data* dan *testing data*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Gerakan Jatuh

Pengujian gerakan jatuh diambil berdasarkan data sensor *accelerometer* dan *gyroscope* sesuai data pada Gambar 4 dan 5. Berdasarkan data gerakan jatuh, diperoleh nilai fitur yang dijabarkan pada Tabel I.

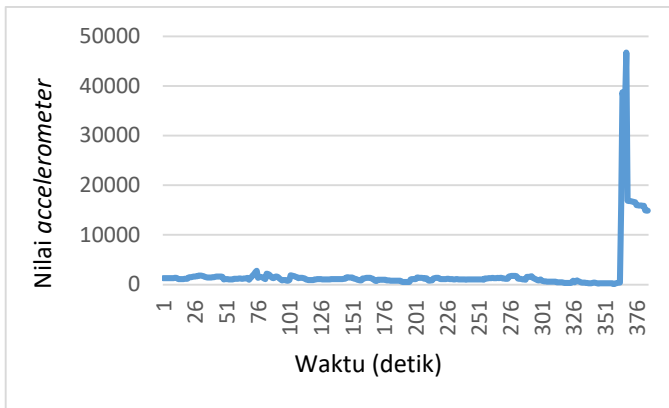
TABEL I
NILAI FITUR GERAKAN JATUH

Data ke-	Data accelerometer	Data gyroscope (°)
1	5426	88
2	5315	86
3	5489	88
4	5586	87
5	5486	90
6	5403	85
7	5645	85
8	5398	87
9	5646	88
10	5468	89
11	5564	88
12	5609	86
13	5493	87
14	5379	90
15	5543	88

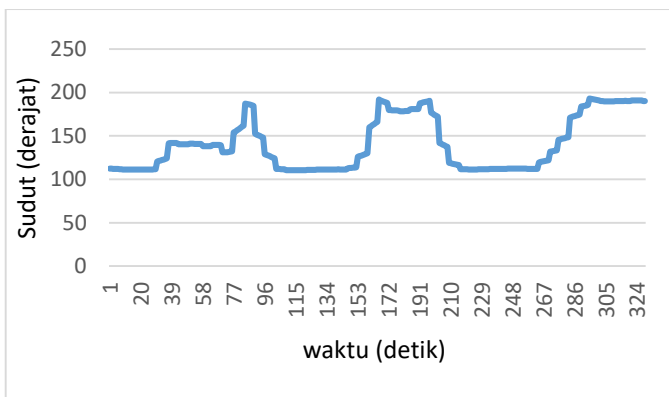
Berdasarkan data pada Tabel I, diperoleh nilai fitur dari gerakan jatuh untuk setiap data sensor. Data yang diperoleh dari sensor *accelerometer* memiliki nilai fitur berada pada 5315 sampai 5649. Sedangkan fitur gerakan jatuh untuk data *gyroscope* berada pada nilai 85° sampai 90°.

B. Pengujian Gerakan Duduk

Pengujian gerakan duduk diambil berdasarkan data sensor *accelerometer* dan *gyroscope* yang diambil dari lima partisipan. Setiap partisipan melakukan gerakan sebanyak tiga kali, sehingga total jumlah data yang diperoleh untuk gerakan duduk adalah 15 data. Data gerakan duduk dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.

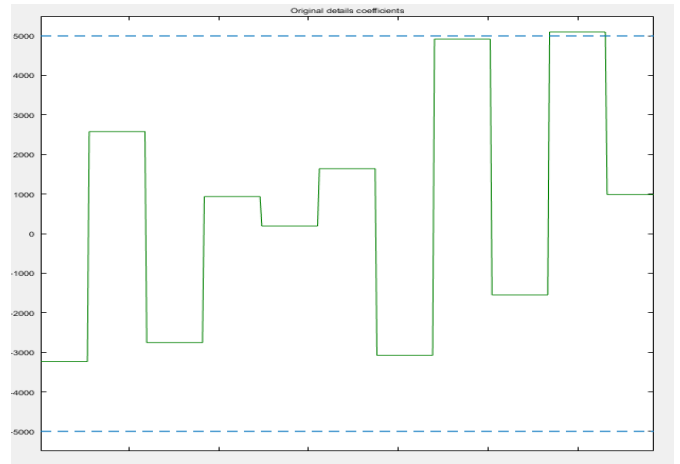


Gambar 8. Data *accelerometer* gerakan duduk



Gambar 9. Data *gyroscope* gerakan duduk

Gambar 8 dan 9 dapat memperlihatkan perubahan nilai yang signifikan dari data sensor *accelerometer* dan *gyroscope* pada saat gerakan duduk. Berdasarkan data tersebut, kemudian dicari nilai fitur sebagai ciri khas dari gerakan duduk. Hasil *threshold* dapat dilihat pada Gambar 10. Fitur data sensor *accelerometer* dan *gyroscope* dapat dilihat pada Tabel II. Berdasarkan data fitur pada Tabel II, diperoleh data fitur *accelerometer* untuk gerakan duduk berada pada nilai gravitasi 5046 sampai 5189. Sedangkan untuk data *gyroscope* memiliki fitur pada nilai sudut 168° sampai 181°.



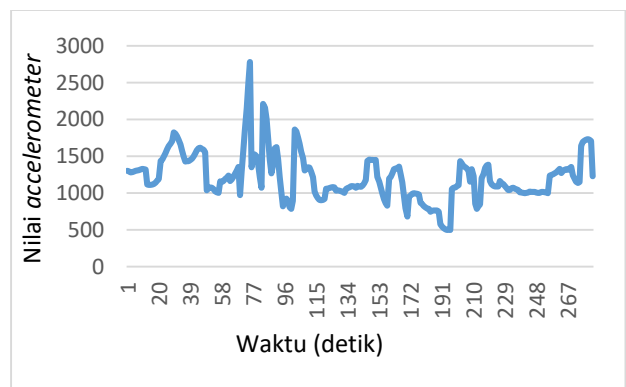
Gambar 10. *Threshold* data sensor *accelerometer* gerakan duduk

TABEL II
NILAI FITUR GERAKAN DUDUK

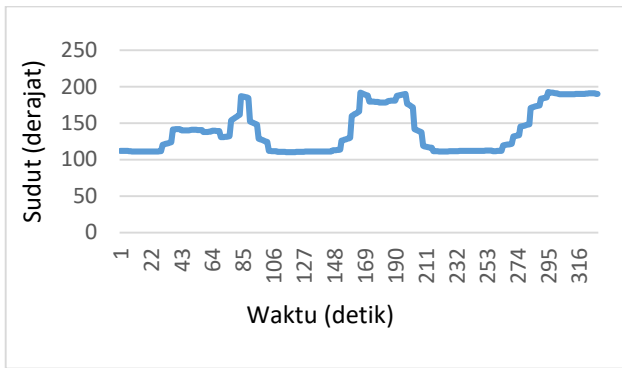
Data ke-	Data <i>accelerometer</i>	Data <i>gyroscope</i> (°)
1	5107	176
2	5189	169
3	5046	181
4	5147	181
5	5091	180
6	5194	185
7	5225	175
8	5057	187
9	5053	168
10	5146	180
11	5128	179
12	5102	176
13	5046	177
14	5109	179
15	5178	180

C. Pengujian Gerakan Tidur

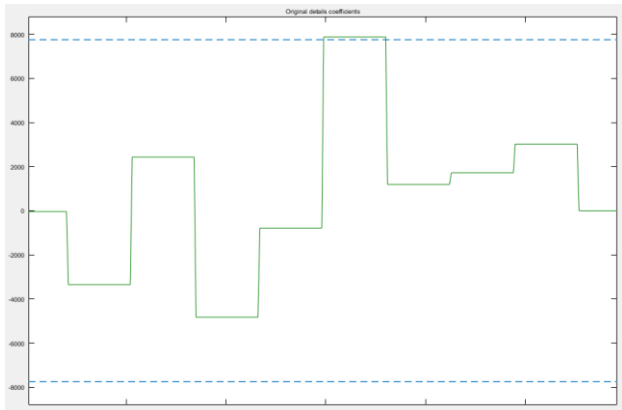
Pengujian gerakan tidur diambil berdasarkan data sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Pengambilan data gerakan tidur ini dilakukan pada lima partisipan. Setiap partisipan melakukan gerakan sebanyak tiga kali, sehingga total jumlah data yang diperoleh untuk gerakan duduk adalah 15 data. Data gerakan tidur dapat dilihat pada Gambar 11 dan 12.



Gambar 11. Data *accelerometer* gerakan tidur



Gambar 12. Data gyroscope gerakan tidur



Gambar 13. Thresholding gerakan tidur

Gambar 11 dan Gambar 12 memperlihatkan perubahan nilai yang signifikan dari data sensor *accelerometer* dan *gyroscope* pada saat gerakan tidur. Berdasarkan data tersebut, kemudian dicari nilai fitur sebagai ciri khas dari gerakan tidur. Hasil *threshold* dapat dilihat pada Gambar 13. Fitur data sensor *accelerometer* dan *gyroscope* dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL III
NILAI FITUR GERAKAN TIDUR

Data ke-	Data <i>accelerometer</i>	Data <i>gyroscope</i> (°)
1	7910	71
2	7856	75
3	7812	68
4	7846	69
5	7957	70
6	7845	65
7	7798	72
8	7785	61
9	7963	68
10	7956	64
11	7842	70
12	7791	73
13	7809	69
14	7864	71
15	7987	68

Berdasarkan data fitur pada Tabel III, diperoleh data fitur *accelerometer* untuk gerakan duduk berada pada nilai gravitasi 7785 sampai 7963. Sedangkan untuk data *gyroscope* memiliki fitur pada nilai sudut 61° sampai 75°.

D. Pengujian Gerakan Rukuk dan Sujud (Gerakan Sholat)

Pengujian gerakan rukuk dan sujud bertujuan untuk melihat kemiripan gerakan tersebut dengan gerakan terjatuh. Dari gerakan tersebut diharapkan nantinya dapat dibedakan agar adanya *fall detection*. Nilai fitur dari gerakan rukuk dan sujud dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL IV
NILAI FITUR GERAKAN RUKUK DAN SUJUD

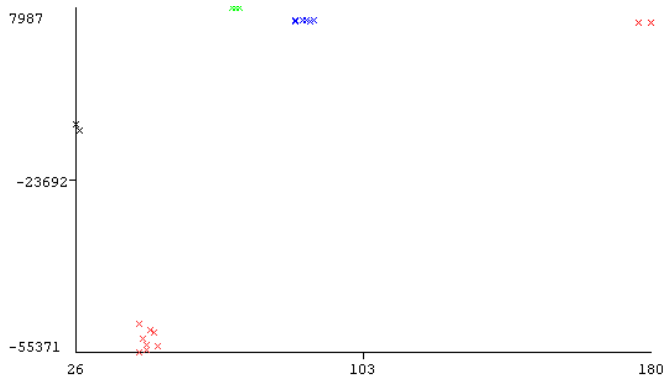
Data Ke-	Data <i>accelerometer</i>		Data <i>gyroscope</i> (°)	
	Rukuk	Sujud	Rukuk	Sujud
1	-14514	-55371	27	43
2	-13684	-50426	26	46
3	-12548	-54268	27	45
4	-14539	-56132	28	46
5	-12968	-50246	25	44
6	-13645	-54268	26	48
7	-14026	-53014	28	44
8	-15047	-54216	27	45
9	-13640	-56048	25	47
10	-14246	-54972	28	45
11	-12978	-50146	24	43
12	-13904	-53246	26	48
13	-13569	-51346	28	46
14	-14697	-51876	27	47
15	-13074	-50928	26	45

Berdasarkan data pada Tabel IV, diperoleh *range* fitur data rukuk dan sujud berdasarkan sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Nilai fitur data *accelerometer* pada gerakan rukuk berada pada *range* -12546 sampai -15407. Sedangkan nilai fitur gerakan sujud berada pada *range* -50246 sampai -56132. Untuk data sensor *gyroscope*, diperoleh fitur gerakan rukuk pada *range* 24 sampai 28. Sedangkan gerakan sujud berada pada *range* 43 sampai 48. Nilai fitur data *accelerometer* mengalami perubahan yang besar disebabkan karena gerakan rukuk dan sujud membuat posisi sensor berubah drastis jika dibandingkan gerakan lainnya. Sebaliknya, sensor *gyroscope* memiliki nilai yang rendah karena perubahan sudut yang terjadi selama gerakan rukuk dan sujud memiliki waktu yang relatif lambat sehingga perubahan sudut tidak begitu signifikan.

E. Klasifikasi Gerakan Menggunakan KNN

Klasifikasi gerakan pada penelitian ini menggunakan fitur KNN yang terdapat pada *software* Weka. Data fitur sensor diklasifikasi menjadi lima: jatuh, duduk, tidur, rukuk dan sujud. Total data yang digunakan dalam klasifikasi data adalah 75 data. Dalam klasifikasi data menggunakan metode KNN, data dibagi menjadi *training data* dan *testing data*. *Training data* memiliki bobot 30 % sedangkan *testing data* memiliki bobot 70%.

Penyebaran data klasifikasi gerakan dapat dilihat pada Gambar 14. Berdasarkan tahap klasifikasi, diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel V.



Gambar 14. Penyebaran data klasifikasi gerakan

TABEL V
HASIL KLASIFIKASI

Parameter	Hasil
Jumlah Training data (30%)	22
Jumlah Testing data (70%)	53
Akurasi	100%
Root mean square error (RMSE)	0.0074
Mean absolute error (MAE)	0.0059

Berdasarkan hasil klasifikasi, diperoleh nilai RMSE sebesar 0,0074. RMSE mewakili akar kuadrat dari momen sampel kedua dari perbedaan antara nilai prediksi dan nilai observasi atau rata-rata kuadrat dari selisih. Berdasarkan nilai yang diperoleh, disimpulkan bahwa nilai prediksi dengan hasil klasifikasi memiliki selisih yang kecil. Hal ini terlihat dari akurasi yang mencapai 100 %.

Kekurangan penelitian ini adalah penggunaan data yang masih sedikit. Pengambilan data dilakukan terbatas karena adanya pandemi Covid-19. Penelitian lanjutan akan melibatkan partisipan lebih banyak dan gerakan yang lebih beragam.

IV. KESIMPULAN

Penelitian klasifikasi gerakan jatuh menggunakan KNN dan berbasis sensor *accelerometer* dan *gyroscope* ini telah mencapai hasil yang maksimal dengan perolehan akurasi 100%. Hal ini juga diiringi dengan nilai RMSE dan MAE yang sangat kecil. Ini dihasilkan dari penggunaan Wavelet untuk *filtering* dan ekstraksi fiturnya. Keluaran dari Wavelet menghasilkan nilai yang sangat spesifik pada setiap gerakan yang dilakukan. Penelitian akan dilanjutkan dengan melibatkan jumlah partisipan yang lebih banyak dan gerakan yang lebih beragam.

REFERENSI

- [1] Pusat Data dan Informasi - Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, "Analisis Lansia di Indonesia 2017." [Online]. Available: <https://pusdatin.kemkes.go.id/article/view/18012600001/analisis-lansia-di-indonesia-2017.html>. [Accessed: 03-Nov-2020].
- [2] A. Z. Rakhman, L. E. Nugroho, Widyawan, and Kurnianingsih, "Fall detection system using accelerometer and gyroscope based on smartphone," in *2014 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering: Green Technology and Its Applications for a Better Future, ICITACEE 2014 - Proceedings*, 2015, pp. 99–104.
- [3] S. D. Tsani and I. H. Mulyadi, "Sistem Pendeteksi Jatuh Wearable untuk Lanjut Usia Menggunakan Accelerometer dan Gyroscope," *J. Appl. Electr. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 44–48, 2019.
- [4] R. Espinosa, H. Ponce, S. Gutiérrez, L. Martínez-Villaseñor, J. Brieva, and E. Moya-Albor, "A vision-based approach for fall detection using multiple cameras and convolutional neural networks: A case study using the UP-Fall detection dataset," *Comput. Biol. Med.*, vol. 115, p. 103520, Dec. 2019.
- [5] D. Sripathi, "Efficient Implementations of Discrete Wavelet Transforms Using FPGAs," 2003.
- [6] O. Kramer, "K-Nearest Neighbors," Springer, Berlin, Heidelberg, 2013, pp. 13–23.