



## Pengembangan Deteksi Jatuh pada Manusia Menggunakan Metode *Threshold* Berbasis Data Akselerometer pada *Smartphone*

Mardi Hardjianto<sup>#1</sup>, Agnes Aryasanti<sup>#2</sup>

<sup>#Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur  
Jalan. Ciledug Raya, Petukangan Utara, Jakarta Selatan</sup>

<sup>1</sup>mardi.hardjianto@budiluhur.ac.id

<sup>2</sup>agnes.aryasanti@budiluhur.ac.id

**Abstrak**—Banyak sistem deteksi jatuh dikembangkan menggunakan akselerometer, giroskop atau kombinasi kedua sensor pada *smartphone*. Deteksi hanya menggunakan akselerometer banyak digunakan karena hampir semua *smartphone* memiliki sensor akselerometer. Alasan lain menggunakan satu sensor dapat menghemat daya baterai. Metode yang banyak digunakan untuk deteksi jatuh yaitu *threshold*. Metode ini digunakan untuk menghindari komputasi yang kompleks agar dapat juga menghemat daya baterai. Sayangnya, metode ini masih memiliki kelemahan yang menyebabkan sejumlah alarm palsu. Pada penelitian kami sebelumnya, akurasi yang dihasilkan mencapai 98,1%, namun masih terdapat kekurangan, yaitu kegagalan membedakan gerak jatuh dan berlari. Pada penelitian ini, kami mencoba memperbaiki metode deteksi jatuh agar dapat membedakan gerak jatuh dan berlari. Walaupun belum sempurna, namun akurasinya sudah meningkat menjadi 99,2%.

**Kata kunci** - akselerometer, *threshold*, *smartphone*, resultan akselerasi, akurasi

### I. PENDAHULUAN

Jatuh didefinisikan peristiwa yang mengakibatkan seseorang tiba-tiba berhenti di tanah atau lantai atau tingkat yang lebih rendah[1]. Menurut *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), di Amerika Serikat lebih dari satu dari empat orang dewasa (28%) berusia 65 tahun ke atas melaporkan jatuh setiap tahun, dan sekitar 30 juta orang jatuh setiap tahun[2]. Jatuh adalah penyebab utama cedera yang berhubungan dengan kematian[3]. Jatuh pada orang lanjut usia juga menjadi penyebab paling umum dari cedera fatal dan trauma sehingga perlu mendapat perawatan medis. Seiring bertambahnya usia, masalah osteoporosis, pengeroposan tulang, yang lebih mungkin dialami oleh orang berusia lanjut. Dari semua patah tulang yang diakibatkan oleh jatuh, patah pada panggul merupakan penyebab kematian terbanyak, karena mengakibatkan masalah kesehatan yang paling parah dan sangat mempengaruhi kualitas hidup.

Upaya manusia untuk mengawasi manusia terjatuh terus ditingkatkan. Kemajuan teknologi saat ini memungkinkan pengawas dapat segera mengetahui bila manusia mengalami peristiwa jatuh. Beberapa penelitian deteksi jatuh menggunakan sensor berupa kamera, akselerometer, giroskop, mikrofon, ultrasonik, getar atau kombinasi antara sensor yang satu dengan yang lain. Sensor-sensor ini dikelompokkan dalam 3 kategori, yaitu deteksi berbasis kamera, lingkungan dan sensor dipasang pada tubuh. Ketiga kategori ini, deteksi jatuh berbasis sensor yang dipasang pada tubuh yang paling banyak diteliti dan praktis. Sebagian besar sistem terbaru memiliki kombinasi dari dua atau lebih sensor termasuk akselerometer dan giroskop[4], [5]. Penggunaan lebih dari satu jenis sensor cenderung menghasilkan akurasi yang lebih baik, namun penggunaan konsumsi daya menjadi lebih besar[6]. Selama ini beberapa peneliti telah banyak memanfaatkan sensor akselerometer untuk deteksi jatuh, hal ini disebabkan sensor tersebut lebih murah dibandingkan dengan giroskop serta terintegrasi dengan kebanyakan *smartphone*[7]–[9]. Di samping itu, jatuh biasanya dicirikan dengan meningkatnya akselerasi gerak dibandingkan aktivitas biasa.

Dari penelitian sebelumnya, metode yang banyak digunakan untuk deteksi jatuh yaitu *threshold* [5], [7], [8], [10], [11]. Metode ini digunakan untuk menghindari komputasi yang kompleks dan berkesesuaian dengan akselerometer yang hanya menggunakan konsumsi daya yang kecil. Hal ini dapat menghemat daya baterai *smartphone*. Pendeteksian jatuh menggunakan metode *threshold* yang memanfaatkan sensor akselerometer masih memiliki kelemahan. Kelemahan ini dapat menyebabkan sejumlah alarm palsu sehingga terjadi kekurang-akuratan. Pada gerak berlari sinyal percepatan yang dihasilkan akselerometer memiliki tinggi yang sama dengan gerak jatuh, sehingga sering kali gerak berlari dilaporkan sebagai gerak jatuh.

Deteksi jatuh yang dilakukan oleh Hardjianto[12], lokasi *smartphone* dapat dipindah-pindahkan sesuai dengan lokasi yang sudah ditentukan, yaitu saku kiri atas, saku kanan atas, saku kiri bawah, saku kanan bawah, saku kiri celana dan saku kanan celana. Proses pendeteksian jatuh ini menggunakan parameter nilai resultan akselerasi. Metode yang digunakan yaitu *threshold*. Ada dua *threshold* yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *threshold* atas (TH1) dan *threshold* bawah (TH2). Selain nilai *threshold*, juga diperlukan dua parameter waktu, yaitu T1 dan T2. Parameter waktu pertama (T1) adalah waktu jeda digunakan setelah nilai resultan akselerasi melebihi TH1. Setelah T1 ms, nilai resultan akselerasi kembali diperiksa. Bila selama selama T2 ms nilai resultan akselerasi di bawah TH2, maka dilaporkan terjadi peristiwa jatuh. Walaupun akurasi yang dihasilkan mencapai 98,1%, namun terdapat kekurangan, yaitu adanya kegagalan dalam membedakan gerak jatuh dan berlari.

Pada penelitian ini, kami memodifikasi algoritme deteksi jatuh agar dapat membedakan gerak jatuh dari berlari. Perbedaan dengan algoritme terdahulu adalah kami menghitung selama waktu T1 ms, ada berapa jumlah nilai resultan akselerasi yang melebihi nilai *threshold* atas setelah nilai resultan berada di bawah nilai *threshold* atas. Jumlah nilai resultan akselerasi yang melebihi nilai *threshold* atas disimpan dalam variabel CNT. Setelah T1 ms, nilai resultan akselerasi yang dikeluarkan akselerometer kembali diperiksa. Bila selama T2 ms nilai resultan akselerasi yang dikeluarkan accelerometer selalu di bawah nilai *threshold* bawah (TH2) dan nilai CNT sama dengan 0, maka terjadi peristiwa jatuh, namun bila CNT bernilai tidak nol, maka dilaporkan sebagai gerakan tidak jatuh. Perubahan algoritme ini menghasilkan peningkatan akurasi sebesar 1,1%, sehingga menjadi menjadi 99,2%.

## II. METODE

### A. Akselerometer

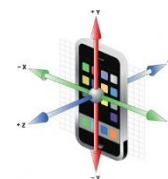
Akselerometer adalah sebuah perangkat elektromekanis yang berguna untuk mengukur gaya akselerasi atau akselerasi, mendeteksi dan mengukur getaran, ataupun untuk mengukur akselerasi akibat gravitasi bumi. Gaya yang diukur bisa statis, seperti gaya gravitasi konstan yang menarik kaki, atau gaya dinamis yang disebabkan oleh Bergeraknya atau Bergeraknya akselerometer. Dengan mengukur jumlah akselerasi statis karena adanya gravitasi, maka dapat diketahui sudut kemiringan perangkat terhadap bumi. Dengan mengukur jumlah akselerasi dinamis, maka dapat dianalisis arah pergerakan dari perangkat.

Yang dimaksud dengan akselerasi di sini adalah suatu keadaan berubahnya kecepatan terhadap waktu. Perubahan meningkatnya kecepatan dalam suatu rentang waktu disebut juga akselerasi (*acceleration*). Jika kecepatan semakin berkurang daripada kecepatan sebelumnya, disebut *decceleration* (akselerasi negatif). Misalnya, mobil yang melaju dari keadaan diam sampai 60 mph dalam enam detik maka akselerasinya sebesar 10 mph per detik (60 dibagi dengan 6)[13].

Sensor akselerometer mengeluarkan data dalam bentuk 3 sumbu. Dengan perubahan data dari tiga sumbu ini, maka sebuah benda yang dilekatkan sensor akselerometer dapat diukur akselerasi geraknya. Gerakan ketiga sumbu yakni gerak kanan-kiri (sumbu X), gerak atas-bawah (sumbu Y) dan gerak depan-belakang (sumbu Z).

Saat ini, peneliti banyak menggunakan akselerometer yang terdapat pada *smartphone*. Alasan menggunakan *smartphone* karena sensor akselerometer hampir ada di semua *smartphone* dan mudah dibawa dan ditaruh dalam saku setiap kali pergi ke luar rumah. Sensor akselerometer pada *smartphone* juga menghasilkan nilai akselerasi dalam sumbu X, Y dan Z seperti ditunjukkan pada

Gambar. 1.



Gambar. 1 Smartphone dilengkapi dengan akselerometer

### B. Metode Confusion Matrix

Tahapan akhir dari suatu penelitian adalah evaluasi dari model yang dihasilkan. Evaluasi dari model yang dihasilkan bertujuan untuk mengukur kinerja dari model tersebut. Pengukuran kinerja ini melalui sebuah tes dengan sekumpulan dataset yang berbeda dengan dataset yang dipakai untuk membentuk model tersebut. Salah satu metode untuk menilai kinerja sebuah model adalah menggunakan *confusion matrix*. *Confusion matrix* atau juga dikenal sebagai matrik kesalahan adalah sebuah alat ukur yang populer digunakan untuk menggambarkan kinerja model klasifikasi pada sekumpulan data uji[14], [15]. *Confusion matrix* seperti ditunjukkan pada Tabel I.

TABEL I  
CONFUSION MATRIX DETEKSI JATUH

		Nilai Sebenarnya	
		Gerak Jatuh	Gerak Tidak Jatuh
Nilai Prediksi	Gerak Jatuh	True Positive (TP)	False Positive (FP)
	Gerak Tidak Jatuh	False Negative (FN)	True Negative (TN)

Berdasarkan Tabel I bahwa *True Positive* (TP) adalah jumlah gerak jatuh yang diidentifikasi sebagai gerak jatuh, *False Positive* (FP) adalah jumlah gerak tidak jatuh yang diidentifikasi sebagai gerak jatuh, *False Negative* (FN) adalah jumlah gerak jatuh yang diidentifikasi sebagai gerak tidak jatuh, *True Negative* (TN) adalah jumlah gerak tidak jatuh yang diidentifikasi sebagai gerak tidak jatuh.

Kinerja dari model yang dibuat perlu dievaluasi. Pengevaluasian dilakukan dengan cara mengetahui tingkat akurasi, sensitivitas dan spesifisitas. Akurasi adalah perbandingan semua data yang terklasifikasi secara benar terhadap jumlah data keseluruhan, dinyatakan dalam persamaan (1). Sensitivitas atau disebut juga tingkat *true*

positive, adalah perbandingan jumlah data jatuh yang terdeteksi jatuh terhadap data jumlah jatuh yang terjadi. Perhitungannya dinyatakan pada persamaan (2). Spesifisitas atau disebut juga sebagai tingkat *true negative*, adalah perbandingan jumlah data tidak jatuh yang terdeteksi tidak jatuh terhadap data-data jumlah tidak jatuh yang terjadi dinyatakan dalam persamaan (3).

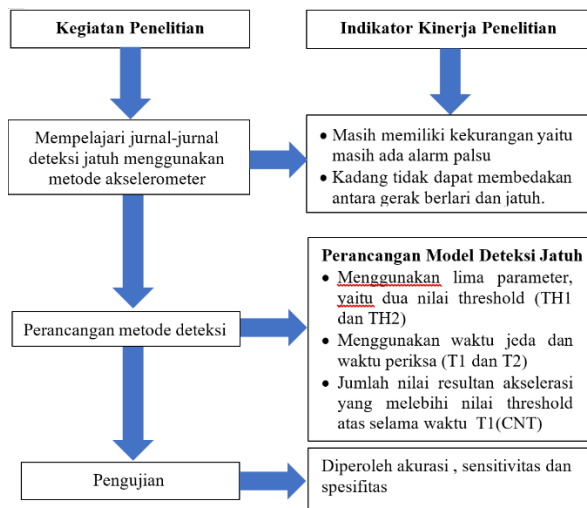
$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+FN+TN+FP} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Sensitivitas} = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Spesifisitas} = \frac{TN}{TN+FP} \times 100\% \quad (3)$$

C. Langkah Penelitian

Dalam melakukan penelitian, dibutuhkan tahapan penelitian untuk menggambarkan urutan proses kegiatan secara umum seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 2.



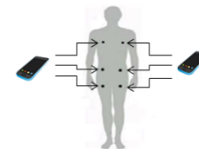
Gambar. 2 Tahapan kegiatan penelitian

Langkah pertama penelitian ini mencari dan mempelajari deteksi jatuh yang menggunakan metode akselerometer melalui penelitian-penelitian sebelumnya. Hasil dari langkah ini didapatkan bahwa masih adanya alarm palsu yang tidak dapat membedakan antara gerak berlari dan jatuh. Salah satu penelitian kami juga mengalami hal yang sama. Dari hal ini, maka kami mencoba untuk merancang model deteksi jatuh dengan cara memodifikasi atau memperbaiki kekurangan metode yang lama. Hasil dari tahap ini diperoleh model deteksi jatuh yang sudah diperbaiki. Pada metode deteksi yang baru ini, terdapat penambahan parameter, yaitu memeriksa nilai resultan akselerasi selama waktu T1 ms. Langkah terakhir dilakukan pengujian terhadap model deteksi jatuh yang sudah kami perbaiki untuk mengukur nilai akurasi, sensitivitas dan spesifisitas.

D. Data Penelitian

Data akselerasi gerak yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah lima data akselerasi gerak jatuh dan enam data akselerasi gerak aktivitas kehidupan sehari-hari atau gerak tidak jatuh. Kelima gerak jatuh meliputi gerak jatuh ke depan, gerak jatuh ke belakang, gerak jatuh ke kiri, gerak jatuh ke kanan dan gerak jatuh tegak lurus. Enam gerak tidak jatuh meliputi meliputi gerak berjalan, gerak berlari, gerak dari berdiri kemudian duduk di kursi, gerak dari duduk di kursi kemudian berdiri, gerak dari berdiri kemudian membungkuk dan gerak dari berdiri kemudian jongkok.

Data akselerasi gerak ini diperoleh dari enam *smartphone* yang dipasang pada enam lokasi di tubuh manusia. Adapun enam lokasi *smartphone*, yaitu saku kiri atas baju, saku kanan atas baju, saku kiri bawah baju, saku kanan bawah baju, saku kiri depan celana dan saku kanan depan celana, seperti ditunjukkan pada Gambar. 3.



Gambar. 3 Lokasi Smartphone

Saat relawan mau melakukan gerakan, program deteksi jatuh yang terdapat di setiap *smartphone* diaktifkan. Akselerometer pada masing-masing *smartphone* mengeluarkan data akselerasi gerak dalam tiga sumbu yaitu data akselerasi gerak dalam tiga sumbu yaitu sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z. Data tiga sumbu akan dibaca oleh program deteksi jatuh di masing-masing *smartphone* kemudian dibagi dengan nilai akselerasi gravitasi (g), yaitu 9,81 m/s<sup>2</sup> dan disimpan ke dalam basis data di masing-masing *smartphone*. Pembacaan data dari akselerometer ini dilakukan kurang lebih setiap 10 ms. Selain data akselerasi gerak tiga sumbu, setiap program juga menyimpan jenis gerakan yang dilakukan relawan dan waktu perekaman dalam satuan milisekon.

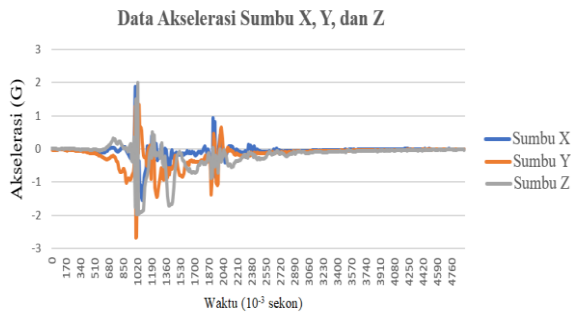
Data yang diperoleh dari *smartphone* adalah data akselerasi dalam sumbu X, Y dan Z serta waktu saat memperoleh data akselerasi. Contoh data akselerasi ditunjukkan pada Tabel II.

TABEL II  
CONTOH DATA AKSELERASI GERAK JATUH KE DEPAN

Nilai Akselerasi Sumbu X (g)	Nilai Akselerasi Sumbu Y (g)	Nilai Akselerasi Sumbu Z (g)	Waktu (dd:ms)
-0.90	-0.36	0.48	23:565
-0.88	-0.26	0.55	23:575
-0.82	-0.30	0.51	23:584
-0.78	-0.21	0.45	23:600
-0.81	-0.41	0.35	23:604
-0.76	-0.29	0.31	23:614
-0.74	-0.42	0.26	23:625
-0.71	-0.34	0.24	23:635
-0.68	-0.26	0.20	23:645
-0.68	-0.27	0.17	23:655
-0.67	-0.26	0.22	23:665

-0.66	-0.23	0.24	23:677
-------	-------	------	--------

Contoh grafik data akselerasi tiga sumbu X, Y dan Z ditunjukkan pada Gambar 4. Setelah semua data akselerasi gerak diperoleh, langkah berikutnya adalah menghitung nilai resultan akselerasi gerak dari nilai akselerasi gerak ketiga sumbu X, Y dan Z. Perhitungan nilai resultan akselerasi melalui persamaan (4). Contoh grafik data resultan akselerasi ditunjukkan pada Gambar 5.

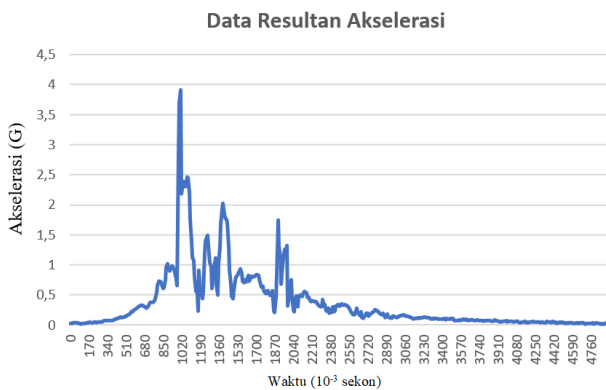


Gambar 4. Data Akselerasi Tiga Sumbu X, Y dan Z

$$R = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \quad (4)$$

Di mana

- $A_x$  : data akselerasi gerak sumbu X
- $A_y$  : data akselerasi gerak sumbu Y
- $A_z$  : data akselerasi gerak sumbu Z
- R : resultan akselerasi



Gambar 5. Data Resultan Akselerasi

**E. Perancangan Model Deteksi Jatuh**

Penentuan terjadinya gerak jatuh atau tidak, membutuhkan lima parameter, yaitu nilai *threshold* atas (TH1), *threshold* bawah (TH2), waktu yang dibutuhkan antara pengecekan *threshold* atas dan *threshold* bawah (T1), waktu yang dibutuhkan setelah pengecekan *threshold* bawah (T2), dan jumlah nilai resultan akselerasi yang melebihi nilai *threshold* atas selama waktu T1 (CNT). Bila selama nilai resultan akselerasi tidak pernah melebihi nilai *threshold* atas (TH1), maka dianggap gerak tidak jatuh. Bila nilai resultan akselerasi melampaui nilai TH1, maka

during T1 ms, akan dilakukan pemeriksaan nilai resultan akselerasi. Pemeriksaan dilakukan dengan menghitung ada berapa jumlah nilai resultan akselerasi yang melebihi nilai *threshold* atas setelah nilai resultan berada di bawah nilai *threshold* atas. Jumlah berapa kali nilai resultan akselerasi melebihi nilai TH1, disimpan dalam variabel CNT. Bila nilai CNT lebih dari 0, maka diduga merupakan gerak berlari. Setelah T1 ms, nilai resultan percepatan yang dikeluarkan accelerometer kembali diperiksa. Bila selama T2 ms nilai resultan percepatan yang dikeluarkan accelerometer selalu di bawah nilai *threshold* bawah (TH2) dan nilai CNT sama dengan 0, maka terjadi peristiwa jatuh.

Parameter T1, T2, TH1, TH2, kami menggunakan data pada penelitian sebelumnya, yaitu TH1 bernilai 2,16g, TH2 bernilai 1,43g, T1 bernilai 1450 ms dan T2 bernilai 890 ms.

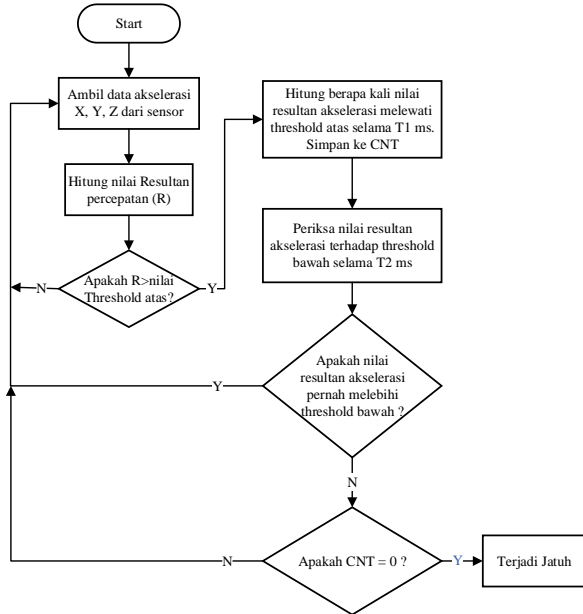
**F. Pengujian Model Deteksi Jatuh**

Model deteksi jatuh yang dibuat perlu diuji apakah telah sesuai yang diharapkan atau tidak. Pengujian dilakukan oleh delapan relawan. Kedelapan relawan ini terdiri dari empat laki-laki dan empat perempuan. Pengujian dilakukan dengan cara masing-masing relawan melakukan lima gerak jatuh dan enam gerak tidak jatuh. Kelima gerak jatuh ini meliputi gerak jatuh ke depan, ke belakang, ke kiri, ke kanan dan tegak lurus. Keenam gerak tidak jatuh meliputi gerak berjalan, berlari, membungkuk, dari berdiri kemudian duduk, dari duduk kemudian berdiri dan dari berdiri kemudian jongkok. Sebelum melakukan gerakan, relawan dipasang enam *smartphone* yang diletakkan pada saku atas kiri baju, saku atas kanan baju, saku bawah kiri baju, saku bawah kanan baju, saku depan kiri celana dan saku depan kanan celana. Pada saat relawan mau melakukan gerakan, program deteksi jatuh pada masing-masing *smartphone* diaktifkan. Pada saat program deteksi jatuh aktif, data yang dikeluarkan oleh sensor accelerometer dibaca oleh program deteksi jatuh kemudian diproses untuk menentukan apakah terjadi jatuh atau tidak. Selama proses berlangsung, setiap program yang di *smartphone* akan menyimpan informasi nilai akselerasi gerak sumbu X, Y, Z, nilai resultan akselerasi, jenis gerak, waktu dan status jatuh atau tidak jatuh ke basis data. Alur proses pengujian ditunjukkan pada Gambar 6.

Model deteksi jatuh yang dibuat perlu dievaluasi. Pengevaluasian disajikan melalui nilai akurasi, sensitivitas dan spesifisitas. Dalam mencari nilai akurasi, sensitivitas dan spesifisitas, diperlukan data dari hasil pengujian. Ada empat kondisi yang terjadi dalam pengukuran ini. Kondisi pertama adalah bila manusia melakukan gerakan jatuh dan *smartphone* melaporkan jatuh, maka *smartphone* menghasilkan informasi yang tepat. Kondisi demikian disebut dengan istilah *True Positive* (TP). Kondisi kedua adalah bila manusia melakukan gerakan jatuh tetapi *smartphone* melaporkan tidak jatuh, maka *smartphone* tidak benar memberikan informasi. Kondisi disebut dengan istilah *False Negative* (FN). Kondisi ketiga adalah bila manusia melakukan gerakan tidak jatuh (aktivitas kehidupan sehari-hari) dan *smartphone* melaporkan tidak jatuh, maka informasinya benar atau disebut *True Negative*



(TN). Kondisi keempat bila manusia melakukan gerakan tidak jatuh dan *smartphone* melaporkan terjadi jatuh, maka informasi yang diberikan *smartphone* tidak benar atau disebut *False Positive* (FP). Akurasi, sensitivitas dan spesifisitas dihitung melalui Persamaan (1)(2)(3).



Gambar 6. Alur Proses Pengujian Model Deteksi Jatuh

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

Sistem deteksi jatuh yang telah dirancang, perlu diuji untuk mengetahui seberapa akuratnya. Pengujian dilakukan oleh delapan relawan yang terdiri dari empat laki-laki dan empat perempuan yang memiliki kriteria seperti ditunjukkan pada Tabel III.

TABEL III  
DATA RELAWAN PENGUJIAN

Relawan	Jenis Kelamin	Berat Badan (Kg)	Tinggi Badan (m)
Relawan-1	Laki-Laki	53	1,70
Relawan-2	Laki-Laki	65	1,75
Relawan-3	Laki-Laki	86	1,81
Relawan-4	Laki-Laki	105	1,72
Relawan-5	Perempuan	44	1,60
Relawan-6	Perempuan	55	1,60
Relawan-7	Perempuan	76	1,65
Relawan-8	Perempuan	90	1,58

Pengujian dilakukan dengan cara masing-masing relawan melakukan lima gerak jatuh dan enam gerak tidak jatuh. Kelima gerak jatuh ini meliputi gerak jatuh ke depan, ke belakang, ke kiri, ke kanan dan tegak lurus. Keenam gerak tidak jatuh meliputi gerak berjalan, berlari, membungkuk, dari berdiri kemudian duduk, dari duduk kemudian berdiri dan dari berdiri kemudian jongkok.

B. Hasil Pengujian

Hasil pengujian secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel IV.

TABEL IV  
HASIL PENGUJIAN

Jenis Gerakan		Total	Laporan Sensor												Akurasi
			SAA		SIA		SAB		SIB		SAC		SIC		
			J	TJ	J	TJ	J	TJ	J	TJ	J	TJ	J	TJ	
Tidak Jatuh	Berjalan	48	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	100%
	Berlari	48	1	7	1	7	0	8	0	8	1	7	1	7	91.7%
	Dari berdiri lalu Membungkuk	48	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	100%
	Berdiri lalu duduk	48	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	100%
	Dari duduk lalu berdiri	48	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	100%
	Dari berdiri lalu jongkok	48	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	100%
Jatuh	Jatuh ke depan	48	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	100%
	Jatuh ke belakang	48	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	100%
	Jatuh ke kanan	48	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	100%
	Jatuh ke kiri	48	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	100%
Jatuh tegak lurus	48	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0	100%	
Rerata:													99.2%		

Ket.  
SAA – Saku Kanan Atas, SAI – Saku Kiri Atas, SBA – Saku Kanan Bawah, SBI – Saku Kiri Bawah, SCA – Saku Kanan Celana, SCI – Saku Kiri Celana  
J – Jatuh, TJ – Tidak Jatuh

C. Pengukuran Akurasi, Sensitivitas dan Spesifisitas

Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan enam lokasi sensor dan sebanyak sebelas gerakan dari tiap-tiap relawan, maka dapat dihitung total nilai *True Positive* (TP),

*True Negative* (TN), *False Negative* (FN) dan *False Positive* (FP), seperti ditunjukkan pada Tabel V.

TABEL V  
HASIL PENGUJIAN CONFUSION MATRIX

		Nilai Prediksi	
		Gerak Jatuh	Gerak Tidak Jatuh
Aktual	Gerak Jatuh	240 (TP)	0 (FN)
	Gerak Tidak Jatuh	4 (FP)	284 (TN)

Pengevaluasian sistem deteksi jatuh yang diusulkan ini, disajikan hasil melalui nilai sensitivitas, spesifisitas dan akurasi. Pengujian sistem deteksi jatuh yang diusulkan memperoleh

$$\begin{aligned} \text{Nilai Akurasi} &= \frac{TP+TN}{TP+FN+TN+FP} \times 100\% \\ &= \frac{240+284}{240+0+284+4} \times 100\% \\ &= 99,2\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai Sensitivitas} &= \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \\ &= \frac{240}{240+0} \times 100\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai Spesifisitas} &= \frac{TN}{TN+FP} \times 100\% \\ &= \frac{284}{284+4} \times 100\% \\ &= 98,7\% \end{aligned}$$

Pengujian ini memperoleh nilai akurasi sebesar 99.2%, nilai sensitivitas sebesar 100 % dan nilai spesifisitas sebesar 98.7% berarti lebih baik dari penelitian sebelumnya

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dalam penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dikembangkan sebuah metode deteksi jatuh yang dapat membedakan antara gerak berlari dan jatuh walaupun belum sempurna.

2. Akurasi yang dihasilkan 99,2%, berarti mengalami kenaikan sebesar 1,1% dari penelitian sebelumnya.

#### REFERENSI

- [1] WHO, "Falls," *World Health Organization*, 2021. <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/falls> (accessed Jul. 15, 2023).
- [2] CDC, "Centers for Disease Control and Prevention. Falls Reported by State," 2023.
- [3] CDC, "Centers for Disease Control and Prevention. Fall Deaths by State," 2023. <https://www.cdc.gov/falls/data/fall-deaths.html> (accessed Jul. 15, 2023).
- [4] Z. Wang, V. Ramamoorthy, U. Gal, and A. Guez, "Possible life saver: A review on human fall detection technology," *Robotics*, vol. 8, no. 3. MDPI AG, Sep. 01, 2020. doi: 10.3390/ROBOTICS9030055.
- [5] 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.
- [6] S. Sarker, A. K. Nath, and A. Razzaque, "Tradeoffs between sensing quality and energy efficiency for context monitoring applications," *Proc. 2016 Int. Conf. Netw. Syst. Secur. NSysS 2016*, 2016, doi: 10.1109/NSysS.2016.7400699.
- [7] I. N. Figueiredo, C. Leal, L. Pinto, J. Bolito, and A. Lemos, "Exploring smartphone sensors for fall detection," *mUX J. Mob. User Exp.*, vol. 5, no. 1, p. 2, 2016, doi: 10.1186/s13678-016-0004-1.
- [8] M. Hardjianto, M. A. Rony, and G. S. Trengginas, "Deteksi jatuh pada lansia dengan menggunakan akselerometer pada smartphone," in *Prosiding SENTIA - Politeknik Negeri Malang*, Malang, 2016, pp. 284–288.
- [9] G. Gumilar and H. H. Rachmat, "Sistem Pendeteksi Jatuh Wireless Berbasis Sensor Accelerometer," *TELKA*, vol. 4, no. 2, pp. 132–141, 2018.
- [10] A. Hendi, H. Hermanto, and A. Rozaq, "Sistem Deteksi Jatuh dan Peringatan Dini Pada Manusia Berbasis Android," *J. Sist. Komput. dan Inform.*, vol. 3, no. 3, p. 350, Mar. 2022, doi: 10.30865/json.v3i3.3927.
- [11] J. S. Lee and H. H. Tseng, "Development of an Enhanced Threshold-Based Fall Detection System Using Smartphones with Built-In Accelerometers," *IEEE Sens. J.*, vol. 19, no. 18, pp. 8293–8302, Sep. 2019, doi: 10.1109/JSEN.2019.2918690.
- [12] M. Hardjianto, J. E. Istiyanto, Subanar, and A. E. Putra, "Fall Detection On Humans Using Threshold Method Based On Smartphone Accelerometer Data," *Int. J. Adv. Stud. Comput. Sci. Eng.*, vol. 6, no. 10, pp. 8–13, 2017.
- [13] Britannica, "Acceleration," 2023. <https://www.britannica.com/science/acceleration> (accessed Jul. 17, 2023).
- [14] D. Gupta, U. Kose, and V. E. Balas, *Deep Learning for Medical Applications with Unique Data*. Elsevier, 2022. doi: 10.1016/C2020-0-00679-1.
- [15] Ajay Kulkarni, D. Chong, and F. A. Batarseh, *Foundations of data imbalance and solutions for a data democracy*. 2021. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2108.00071>.