

Pengendalian Kamera berdasarkan Deteksi Posisi Manusia Bergerak Jatuh berbasis Multi Sensor Accelerometer dan Gyroscope

RAHMI AGUS MELITA, SUSETYO BAGAS BHASKORO, RUMINTO SUBEKTI

Politeknik Manufaktur Bandung
Email: rahmiagusmelita@gmail.com

Received 1 April 2018 | Revised 10 Mei 2018 | Accepted 31 Mei 2018

ABSTRAK

Penelitian ini menyajikan pengembangan sistem surveillans berbasis multisensor secara portable dengan memberikan peringatan terkait aktifitas yang tidak biasa. Sistem menginformasikan pengguna atau pengasuh melalui email ketika mendeteksi aktifitas yang abnormal, seperti gerakan jatuh (lansia atau anak-anak). Penelitian ini menggunakan multisensor antara lain accelerometer, gyroscope, dan menambahkan sensor kamera untuk membuat informasi lebih akurat. Evaluasi dibagi menjadi dua kategori. kategori pertama adalah deteksi jatuh manusia, dan kategori kedua adalah menangkap gambar. Hasil evaluasi mendeteksi gerakan jatuh adalah accuracy sebesar 88%, recall 88%, specificity 88%, dan precision 93%. Selain itu, hasil evaluasi pengambilan gambar adalah accuracy 86% dengan ketepatan pergerakan kamera ke arah objek sebesar 51%.

Kata kunci: bergerak jatuh, kamera, internet of things, accelerometer, gyroscope, fuzzy logic.

ABSTRACT

This research presents the development of multi-sensor based portable surveillance system with intrusion alert notification. The system will notify the user or caregiver by email immediately when an abnormal activity is detected, such as falling motion (elderly or children). This research using multisensor there are accelerometer, gyroscope, and adding camera sensor to make information more accurate. The evaluation divided into two categories. first category is falling detection are 88% for accuracy, 88% for recall, 88% for specificity, and precision is 93%. The result of capturing image are 86% for accuracy 86%, with camera motor movement precision is 51%.

Keywords: falling motion, camera, internet of things, accelerometer, gyroscope, fuzzy logic.

1. PENDAHULUAN

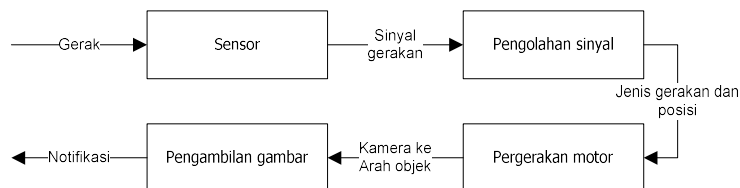
Jatuh merupakan kejadian yang sering terjadi pada usia lanjut yang telah mengalami penurunan daya tahan tubuh, anak-anak yang sedang mengalami perkembangan, dan orang yang memiliki gangguan kesehatan. Fakta terkait dengan jatuh dari *World Health Organization* (WHO) menyebutkan bahwa jatuh merupakan penyebab kematian kedua terbesar di dunia, yaitu sebesar 424.000 kali per tahun. Besarnya angka kematian akibat jatuh ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain lemahnya kemampuan untuk berdiri kembali, tidak adanya pertolongan pertama, korban kesulitan menghubungi keluarga. Oleh karena itu, penelitian yang terkait dengan *body sensor network* berkembang dan diperuntukkan untuk monitoring kesehatan (**N, Z, Gravina, & Fortino, 2017**). Penelitian monitoring kesehatan salah satunya adalah melakukan pengawasan terhadap manusia secara jarak jauh yang memiliki potensi jatuh cukup besar. Sistem pengawasan ini bekerja secara otomatis, terus menerus dan memberikan reminder melalui email apabila terdapat perubahan kondisi dan posisi gerak seseorang yang dimonitor.

Penelitian Dedy (**Nur Arifin, Wibisono, & Adi Pratomo, 2013**) dan Mardi (**Hardjianto, Rony, & Trengginas, 2016**) memanfaatkan sensor *accelerometer* dan *gyroscope* yang terdapat pada *smartphone* untuk mendeteksi gerakan jatuh. Penelitian Tang (**Tang, Ong, & Ahmad, 2015**) hanya memanfaatkan sensor *accelerometer* yang juga terdapat pada *smartphone*. Saat jatuh terdeteksi, *alarm* akan berbunyi dan *emergency SMS* pun dikirimkan. Kendala terkait dengan jaminan informasi dilengkapi di penelitian Wasis (**Wasis, Kurniawan, & Muttaqin, 2015**) menggunakan sensor *accelerometer* yang dikemas dalam sebuah sabuk, serta tiga buah kamera yang dipasang pada tiga ruangan yang berbeda. Selain itu, aplikasi Android digunakan sebagai notifikasi. Saat jatuh terdeteksi, kamera akan mengambil gambar ruangan, kemudian notifikasi akan dikirimkan kepada *smartphone* keluarga.

Dari penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan sensor *accelerometer* dan *gyroscope* serta penggunaan kamera sebagai sistem pendeteksi jatuh akan menghasilkan hasil yang lebih baik. Penelitian ini membahas tentang sebuah sistem yang memanfaatkan sensor dengan melakukan modifikasi sinyal *accelerometer* dan *gyroscope* untuk mendeteksi jatuh dan mengontrol pergerakan motor kamera serta mengambil gambar objek berdasarkan posisi koordinat terdeteksi jatuh. Sistem ini juga memanfaatkan email sebagai notifikasi saat jatuh terdeteksi.

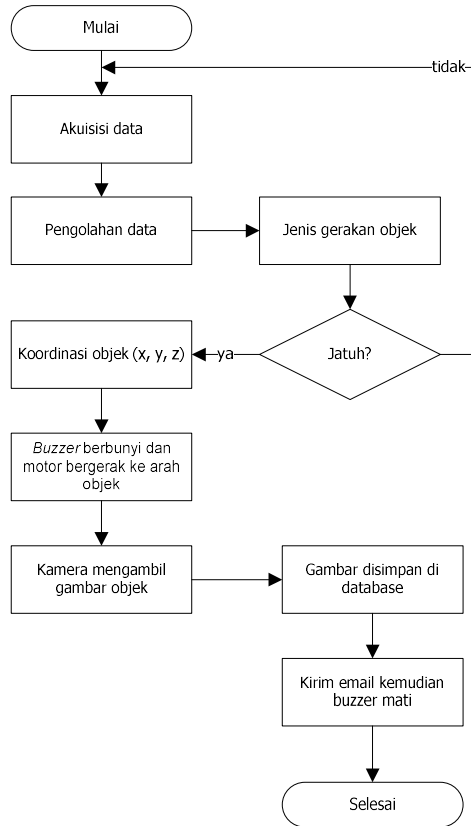
2. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem pengendalian kamera berdasarkan deteksi posisi manusia bergerak jatuh berbasis sensor *accelerometer* dan *gyroscope* seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Pengendalian Kamera berdasarkan Deteksi Posisi Manusia Bergerak Jatuh Berbasis Multisensor Accelerometer dan Gyroscope



Gambar 2. Diagram alir sistem

Berdasarkan Gambar 1, sistem yang dikembangkan di penelitian ini membutuhkan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan pengambilan (akuisisi), pengolahan, dan pengiriman data, menggerakkan kamera dan mengambil gambar objek. Pembahasan lebih lengkap terkait dengan perangkat lunak dan perangkat keras dibagi menjadi beberapa bagian yaitu akuisisi data gerakan objek, *base station* (pengolahan data), dan bagian penggerak kamera.




Sensor *accelerometer* dan *gyroscope* adalah sensor yang sering digunakan untuk menentukan jenis gerakan (Hidayatno & Wahyudi, 2011) dan posisi sudut (Perkasa & Rachmat, 2017). Cara kerja dari sistem ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan diagram alir Gambar 2, keluaran dari kedua sensor sebelumnya akan dimanfaatkan untuk sensor lainnya yaitu kamera. Terlihat bahwa kamera akan bergerak ke arah objek apabila objek tersebut terdeteksi jatuh. Setelah kamera diarahkan ke objek, kamera akan mengambil gambar objek dan selanjutnya sistem akan mengirimkan notifikasi.

2.1. Akuisisi data gerakan objek

Gerakan yang dilakukan oleh objek menghasilkan perubahan statis dan dinamis. Perubahan ini menjadi parameter penting dalam pemilihan sensor untuk mengakuisisi data gerakan objek. Beberapa alternatif pilihan sensor pendeteksi gerakan dapat dilihat pada Tabel 1 seperti berikut.

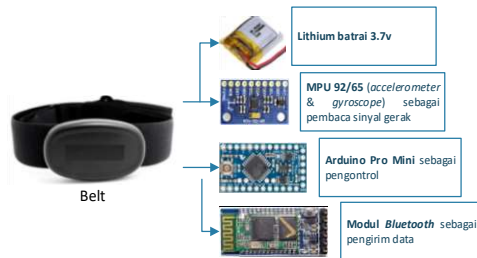
Tabel 1. Alternatif Pilihan Sensor

Nama Sensor		<i>Accelerometer</i>	<i>Gyroscope</i>	PIR (Passive Infra Red)
Tampilan				
Pendeteksi	Statis	√	√	x
	Dinamis	√	√	√
Orientasi		3-axis	3-axis	-
Output		Analog	Digital	Digital
Dimensi (mm)		21 x 16	23 x 23	32 x 24
Input voltage (V)		3 – 5	3.6 – 6.5	4.5 – 20
Kesesuaian		4	4	2

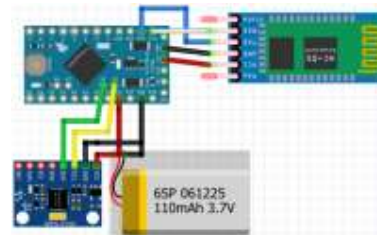
Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa sensor yang sesuai untuk pendeteksi gerakan di sistem ini adalah sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Sensor tersebut dapat mendeteksi perubahan gerakan statis dan dinamis. Kedua sensor ini dapat mendeteksi gerakan berdasarkan percepatan dan orientasi yang terjadi saat objek bergerak. Hasil deteksi orientasi sensor *accelerometer* cenderung patah-patah, sedangkan sensor *gyroscope*

menghasilkan deteksi orientasi yang lebih halus. Oleh sebab itu, untuk menghasilkan pendeteksian yang lebih optimal kedua sensor ini perlu dikombinasikan. Modul sensor yang digunakan pada sistem ini adalah modul MPU 92/65.

Data hasil pembacaan sensor kemudian diolah oleh sebuah mikrokontroler, Arduino Pro Mini, kemudian dikirimkan ke *base station* menggunakan modul Bluetooth HC-05. Semua komponen ini kemudian dikemas menjadi sebuah sabuk yang akan digunakan oleh objek. Komponen penyusun sabuk ini dapat dilihat pada Gambar 3, sedangkan skematik rangkaiannya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Komponen Penyusun Sabuk



Gambar 4. Skematik Rangkaian Akuisisi Data Gerakkan

2.2. Base station

Perangkat keras yang digunakan sebagai *base station* adalah PC. *Base station* merupakan bagian utama dari sistem yang berfungsi untuk mengolah data yang dikirimkan dari sensor, sehingga dapat menentukan status objek dan mengendalikan kamera ke arah objek. *Base station* juga digunakan sebagai *interface* sistem berupa grafik dan gambar. Perangkat lunak yang digunakan pada *base station* adalah LabView.

2.3. Penggerak kamera

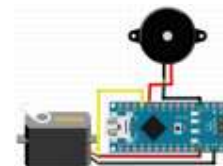
Kamera yang digunakan pada sistem ini adalah kamera dengan lensa standar seperti di Gambar 5, dengan kemampuan bekerja 60 derajat. Selain itu kamera ini dapat menghasilkan kualitas gambar yang cukup jelas (320 x 240 px). Kamera akan bergerak ke arah objek yang terdeteksi jatuh. Penggerak kamera ini adalah motor servo seperti di Gambar 6. Motor servo tersebut memiliki kecepatan yang cukup tinggi, selain itu memiliki metode kontrol *close loop* yang meminimalisir kesalahan dalam pergerakannya. Motor ini digerakkan oleh mikrokontroler, yaitu arduino nano. Skematik rangkaian penggerak kamera dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 5. Kamera Logitech C270



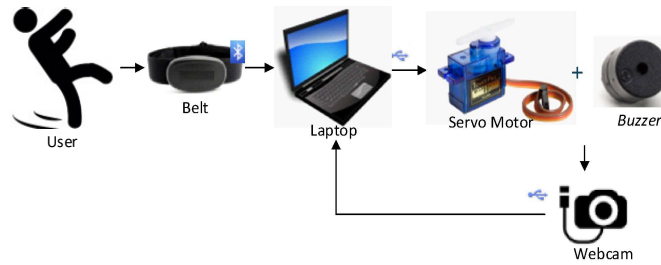
Gambar 6. Motor Servo



Gambar 7. Skematik Rangkaian Penggerak Kamera

Berdasarkan aliran sistem Gambar 2, keseluruhan sistem saling berhubungan secara sistematis. Keterhubungan seluruh sistem terlihat di Gambar 8.

Pengendalian Kamera berdasarkan Deteksi Posisi Manusia Bergerak Jatuh Berbasis Multisensor Accelerometer dan Gyroscope

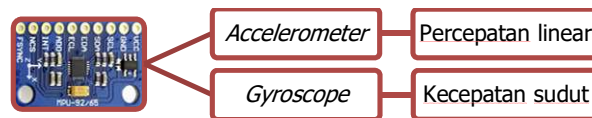


Gambar 8. Gambaran Umum Sistem

3. PENGUJIAN DAN ANALISIS

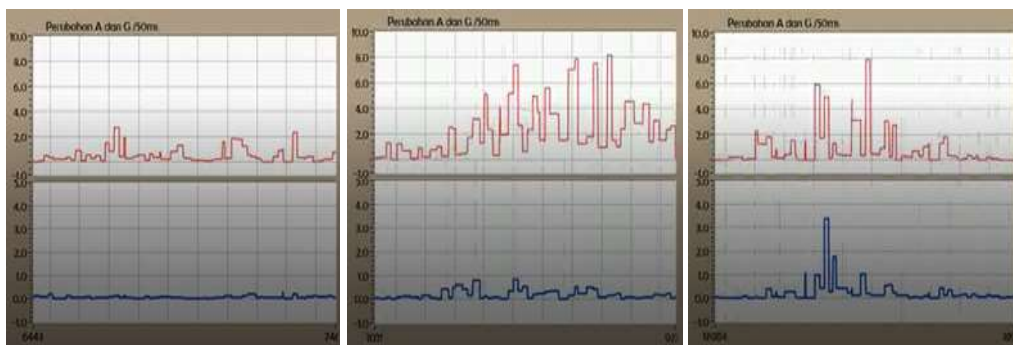
3.1. Akuisisi data gerak

Pada subsistem ini data dari sensor diolah menjadi 4 jenis gerakan dan diolah untuk mendeteksi posisi objek. Pengolahan data menjadi 4 jenis gerakan dilakukan dengan metode *fuzzy logic*. Sistem fuzzy yang digunakan adalah *Multiple Input – Single Output (MISO)*, karena memiliki dua buah input yaitu percepatan dan kecepatan sudut, serta memiliki satu buah output yaitu jenis gerakan objek. Himpunan *fuzzy* yang digunakan didapatkan dari analisa nilai perubahan percepatan dan kecepatan sudut yang dihasilkan oleh pergerakan objek setiap 50 ms.



Gambar 9. Akuisisi Data Sensor

Nilai rata-rata sinyal yang didapatkan dijadikan sebagai nilai *threshold* untuk setiap jenis gerakan.



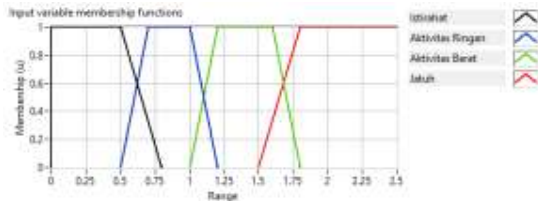
Gambar 10. Sinyal dari sensor (kiri ke kanan: aktifitas ringan, berat, gerak jatuh). Warna merah *accelerometer* dan biru *gyroscope*

Nilai *threshold* tersebut kemudian dijadikan acuan untuk menentukan *range* nilai setiap gerakan untuk membuat fuzifikasi, seperti di Tabel 2 berikut ini:

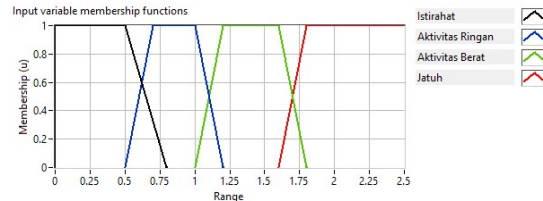
Tabel 2. Range Nilai Setiap Gerakan

Data masukan		Jenis gerakan
Accelerometer (a)	Gyroscope (g)	
$a \leq 2$	$g < 0.8$	Istirahat
$1 \leq a \leq 3.7$	$0.5 \leq g \leq 1.2$	Aktifitas ringan
$3 \leq a \leq 5.2$	$1 \leq g \leq 1.8$	Aktifitas berat
$a \geq 4.7$	$g \geq 1.5$	Jatuh

Setelah *range* nilai didapatkan, maka dilakukan pembuatan *membership function* input berupa kurva trapesium seperti pada Gambar 11 dan Gambar 12.

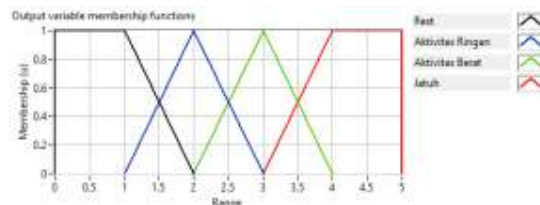


Gambar 11. Membership Function Input Accelerometer



Gambar 12. Membership Function Input Gyroscope

Kedua input tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan output dengan kategori istirahat, *aktifitas* ringan, *aktifitas* berat, dan jatuh seperti Gambar 13 berikut.



Gambar 13. Membership Function Output

Adapun aturan yang digunakan untuk mendapatkan output di atas adalah aturan fuzzy rule based IF-THEN. Sedangkan pada proses defuzifikasi digunakan metode AND yang menentukan output dari derajat *membership* dengan nilai persentase terbesar. Data sensor juga diolah untuk mengetahui posisi objek, dengan cara mengubah koordinat sensor menjadi koordinat navigasi. Penelitian ini mengusulkan modifikasi di data sensor yang berupa percepatan diintegrasikan sebanyak dua kali untuk mendapatkan posisi, dan data kecepatan sudut diintegrasikan satu kali untuk mendeteksi perubahan arah objek.

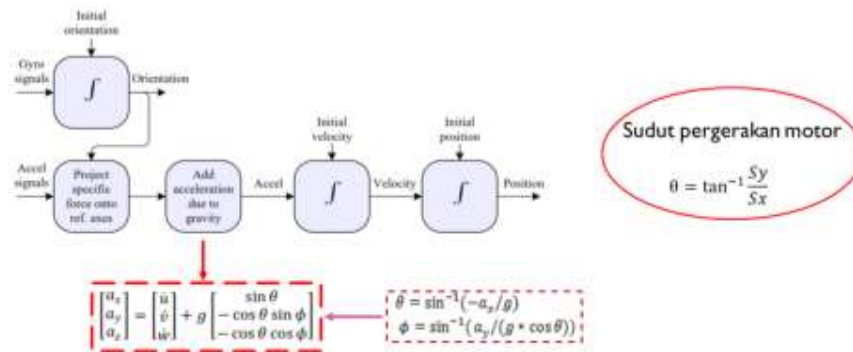
3.2. Kendali motor

Subsistem pengendali motor servo diawali dengan pengolahan data posisi dari subsistem sebelumnya. Pengolahan ini dilakukan untuk mendapatkan besar sudut putaran motor servo. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan besar sudut dari data posisi adalah:

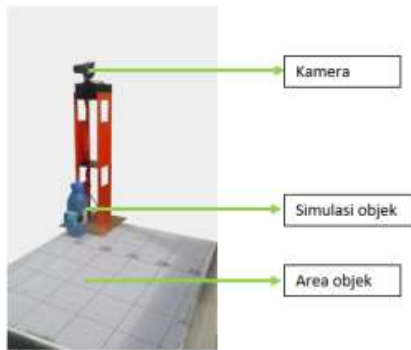
$$\theta = \tan^{-1} \frac{S_y}{S_x} \quad (1)$$

Besar sudut yang didapatkan dikirim kepada arduino nano yang kemudian akan menggerakkan motor servo. Setelah motor servo bergerak mengarahkan kamera kepada objek, kamera akan diaktifkan untuk mengambil gambar objek dan kemudian gambar yang dihasilkan disimpan dan dikirim kepada pengguna atau perawat.

Pengendalian Kamera berdasarkan Deteksi Posisi Manusia Bergerak Jatuh Berbasis Multisensor Accelerometer dan Gyroscope



Gambar 14. Pergerakan Motor



Gambar 15. Pemodelan Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan sebuah pemodelan sistem. Gambar 15 berikut adalah pemodelan sistem pendeteksi jatuh dan penggerak kamera yang telah dibuat.

3.3. Evaluasi

Terdapat tiga pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kesesuaian sistem dengan tujuan penelitian, yaitu:

1. Pengujian deteksi jenis gerakan
2. Pengujian pergerakan motor
3. Pengujian waktu respon

Penelitian pengendalian kamera berdasarkan deteksi posisi manusia bergerak jatuh berbasis sensor *accelerometer* dan *gyroscope* yang telah diintegrasikan terlihat pada Gambar 16 berikut.



Gambar 16. (a) Implementasi Aktual Objek Manusia



Gambar 16. (b) Implementasi Simulasi Objek Botol

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa terdapat dua objek dalam melakukan pengujian. Adapun metoda dan hasil pengujian ditunjukkan sebagai berikut:

3.3.1. Pengujian deteksi jenis gerakan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi gerakan objek. Penelitian ini dilakukan dengan metode *confusion matrix*, dimana metode ini membagi hasil pengujian menjadi 4 kondisi umum, yaitu:

1. TP (*true positive*): ketika kondisi aktual jatuh dan sistem mendeteksi jatuh.
2. TN (*true negative*): ketika kondisi aktual tidak jatuh dan sistem mendeteksi tidak jatuh.
3. FP (*false positive*): ketika kondisi aktual tidak jatuh dan sistem mendeteksi jatuh.
4. FN (*false negative*): ketika kondisi aktual jatuh dan sistem mendeteksi tidak jatuh.

Dari 4 kondisi di atas, nilai *recall* (*true positive rate*), *specificity* (*true negative rate*), *precision* (ketelitian saat mendeteksi jatuh), dan *accuracy* (ketepatan dalam mendeteksi) sistem dapat diketahui. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai-nilai tersebut (Han, Kamber, & Pei, 2011):

$$Recall (TPR) = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

$$Specificity (TNR) = \frac{TN}{TN + FP} \quad (3)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (4)$$

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \quad (5)$$

Pengujian deteksi gerak ini dilakukan dengan beberapa skenario jatuh untuk mengetahui *recall* (kemampuan deteksi jatuh), *specificity* (kemampuan deteksi *aktifitas* biasa), *precision* (ketelitian saat mendeteksi jatuh), dan *accuracy* (ketepatan dalam mendeteksi) sistem dalam mendeteksi gerakan yang dilakukan objek.

1. Pengujian deteksi gerak aktual (objek manusia)

Pengujian deteksi gerak dibagi menjadi beberapa skenario.

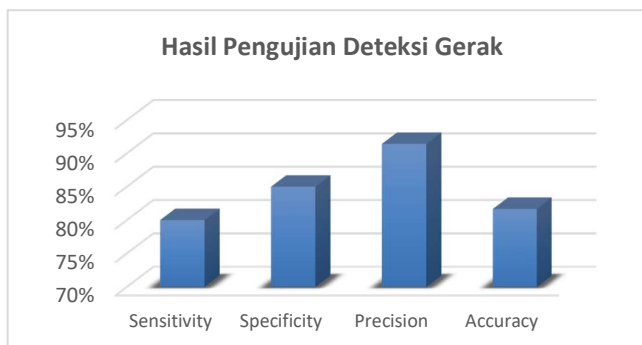
Tabel 3. Pengujian Deteksi Gerak Aktual (Objek Manusia)

No	Aktual	Sistem	Keterangan	Foto Skenario 1
1	Jatuh	Jatuh	TP	
2	Jatuh	Jatuh	TP	
3	Jatuh	Jatuh	TP	
4	Jatuh	Jatuh	TP	
5	Jatuh	Jatuh	TP	
6	Jatuh	Tidak jatuh	FN	
7	Jatuh	Jatuh	TP	
8	Jatuh	Tidak jatuh	FN	
9	Jatuh	Jatuh	TP	
10	Jatuh	Tidak jatuh	FN	
No	Aktual	Sistem	Keterangan	Foto Skenario 2
1	Jatuh	Jatuh	TP	
2	Jatuh	Jatuh	TP	
3	Jatuh	Jatuh	TP	
4	Jatuh	Jatuh	TP	
5	Jatuh	Jatuh	TP	
6	Jatuh	Jatuh	TP	
7	Jatuh	Jatuh	TP	
8	Jatuh	Jatuh	TP	
9	Jatuh	Tidak jatuh	FN	
10	Jatuh	Jatuh	TP	

Tabel 4. Pengujian Deteksi Gerak Aktual (Objek Manusia) (Lanjutan)

No	Aktual	Sistem	Keterangan	Foto Skenario 3
1	Jatuh	Jatuh	TP	
2	Jatuh	Tidak jatuh	FN	
3	Jatuh	Jatuh	TP	
4	Jatuh	Jatuh	TP	
5	Jatuh	Jatuh	TP	
6	Jatuh	Jatuh	TP	
7	Jatuh	Jatuh	TP	
8	Jatuh	Jatuh	TP	
9	Jatuh	Jatuh	TP	
10	Jatuh	Tidak jatuh	FN	
No	Aktual	Sistem	Keterangan	Foto Skenario 4
1	Jatuh	Jatuh	TP	
2	Jatuh	Jatuh	TP	
3	Jatuh	Jatuh	TP	
4	Jatuh	Jatuh	TP	
5	Jatuh	Tidak Jatuh	FN	
6	Jatuh	Jatuh	TP	
7	Jatuh	Jatuh	TP	
8	Jatuh	Tidak jatuh	FN	
9	Jatuh	Jatuh	TP	
10	Jatuh	Jatuh	TP	

Total pengujian adalah 60 kali. Kondisi umum pendeteksian yang didapatkan adalah *true positive* (TP) sebanyak 32 kali, *true negative* (TN) sebanyak 17 kali, *false positive* (FP) sebanyak 3 kali, dan *false negative* (FN) sebanyak 8 kali. Evaluasi yang didapatkan adalah *recall* sebesar 80%, *specificity* sebesar 85%, *precision* sebesar 91%, dan *accuracy* sebesar 82%.







Gambar 17. Grafik Hasil Pengujian Deteksi Gerak pada Manusia

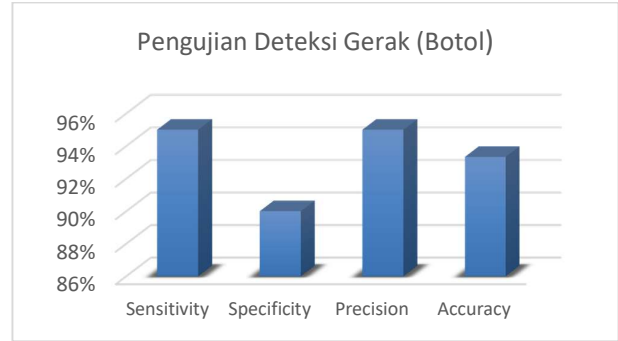
2. Pengujian deteksi gerak simulasi (objek botol)

Pengujian deteksi gerak dengan beberapa scenario seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5

Tabel 5. Pengujian Deteksi Gerak Simulasi (Objek Botol)

No	Aktual	Sistem	Keterangan	Foto Skenario 1
1	Jatuh	Jatuh	TP	
2	Jatuh	Jatuh	TP	
3	Jatuh	Jatuh	TP	
4	Jatuh	Jatuh	TP	
5	Jatuh	Jatuh	TP	
6	Jatuh	Jatuh	TP	
7	Jatuh	Jatuh	TP	
8	Jatuh	Tidak jatuh	FN	
9	Jatuh	Jatuh	TP	
10	Jatuh	Jatuh	TP	
No	Aktual	Sistem	Keterangan	Foto Skenario 2
1	Jatuh	Jatuh	TP	
2	Jatuh	Jatuh	TP	
3	Jatuh	Jatuh	TP	
4	Jatuh	Jatuh	TP	
5	Jatuh	Jatuh	TP	
6	Jatuh	Jatuh	TP	
7	Jatuh	Jatuh	TP	
8	Jatuh	Jatuh	TP	
9	Jatuh	Jatuh	TP	
10	Jatuh	Jatuh	TP	
No	Aktual	Sistem	Keterangan	Foto Skenario 3
1	Jatuh	Jatuh	TP	
2	Jatuh	Tidak jatuh	FN	
3	Jatuh	Jatuh	TP	
4	Jatuh	Jatuh	TP	
5	Jatuh	Jatuh	TP	
6	Jatuh	Jatuh	TP	
7	Jatuh	Jatuh	TP	
8	Jatuh	Jatuh	TP	
9	Jatuh	Jatuh	TP	
10	Jatuh	Jatuh	TP	
No	Aktual	Sistem	Keterangan	Foto Skenario 4
1	Jatuh	Jatuh	TP	
2	Jatuh	Jatuh	TP	
3	Jatuh	Jatuh	TP	
4	Jatuh	Jatuh	TP	
5	Jatuh	Jatuh	TP	
6	Jatuh	Jatuh	TP	
7	Jatuh	Jatuh	TP	
8	Jatuh	Jatuh	TP	
9	Jatuh	Jatuh	TP	
10	Jatuh	Jatuh	TP	

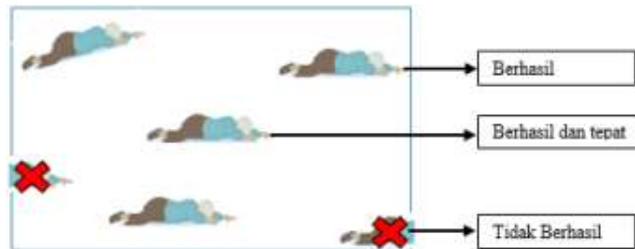
Jumlah pengujian pada botol sama dengan pengujian yang dilakukan pada manusia. Kondisi umum pendeteksian yang didapatkan dari pengujian ini adalah *true positive* (TP) sebanyak 38 kali, *true negative* (TN) sebanyak 18 kali, *false positive* (FP) sebanyak 2 kali, dan *false negative* (FN) sebanyak 2 kali. Dari kondisi umum tersebut didapatkan *recall* sebesar 95%, *specificity* sebesar 90%, *precision* sebesar 95%, dan *accuracy* sebesar 93%.



Gambar 18. Grafik Hasil Pengujian Deteksi Gerak pada Botol

3.3.2. Pengujian pergerakan motor

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketepatan sistem dalam mendeteksi posisi objek. Pergerakan motor dikatakan berhasil jika seluruh badan objek ada pada gambar yang diambil seperti Gambar 19 berikut.



Gambar 19. Posisi Objek pada Gambar

Berdasarkan Gambar 19 dapat dilihat bahwa jika badan objek hanya setengah pada gambar yang diambil oleh kamera, pergerakan motor ke arah objek dianggap tidak berhasil. Namun jika objek berada di tengah-tengah frame gambar, pergerakan motor dianggap berhasil dan tepat.

Pengujian gerakan motor ini dilakukan dengan beberapa skenario perpindahan untuk mengetahui tingkat keberhasilan kamera untuk mendapatkan gambar objek (*precision*) dan untuk mengetahui ketepatan pergerakan motor dalam mendeteksi posisi.

1. Pengujian gerakan motor aktual (objek manusia)

Pengujian gerakan motor dengan beberapa skenario ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Gerakan Motor Aktual (Objek Manusia)

Skenario 1								
No	Gambar berhasil	Precision	Sudut		Error sudut (%)	Posisi pada gambar (pixel)		Error posisi (%)
			Aktual	Sistem		Aktual	Sistem	
1	Ya	80%	23	37	61	320	576	80
2	Ya		23	22	4		483	51
3	Tidak		20,5	73	25		0	100
4	Ya		7	2	71		300	6
5	Ya		8	20	15		403	26
6	Ya		9,5	15	58		325	2
7	Ya		9,5	1	89		236	26
8	Ya		7	3	57		408	28
9	Ya		7	5	29		387	21
10	Tidak		0	68	100		0	100

Skenario 2								
No	Gambar berhasil	Precision	Sudut		Error sudut (%)	Posisi pada gambar (pixel)		Error posisi (%)
			Aktual	Sistem		Aktual	Sistem	
1	Ya	80%	80	67	16	320	395	23
2	Ya		81	78	4		499	56
3	Ya		82	71	13		378	18
4	Tidak		84	47	44		0	100
5	Tidak		77	82	6		0	100
6	Ya		83	72	13		371	16
7	Ya		83	70	16		313	2
8	Ya		84	61	27		200	38
9	Ya		83	55	34		141	56
10	Ya		80,5	88	9		570	78

Skenario 3								
No	Gambar berhasil	Precision	Sudut		Error sudut (%)	Posisi pada gambar (pixel)		Error posisi (%)
			Aktual	Sistem		Aktual	Sistem	
1	Ya	80%	63	59	6	320	273	15
2	Ya		63	52	17		195	39
3	Ya		59	50	15		262	18
4	Tidak		50	7	86		0	100
5	Tidak		63	15	76		0	100
6	Ya		53	53	0		241	25
7	Ya		63	71	13		429	34
8	Ya		56	28	50		227	29
9	Ya		51	26	49		185	42
10	Ya		60	43	28		211	34

Tabel 7. Pengujian Gerakan Motor Aktual (Objek Manusia) (Lanjutan)

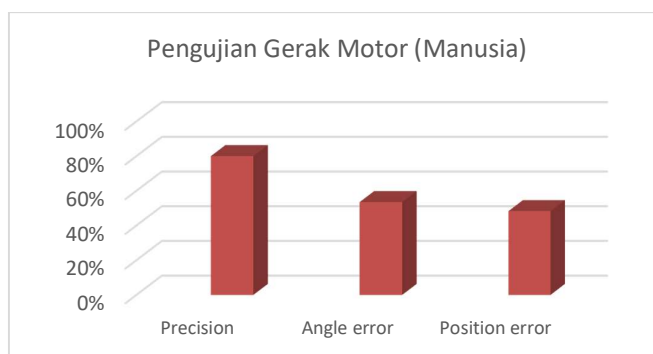
Skenario 4

No	Gambar berhasil	Precision	Sudut		Error sudut (%)	Posisi pada gambar (pixel)		Error posisi (%)
			Aktual	Sistem		Aktual	Sistem	
1	Ya	90%	54	87	61	320	594	80
2	Ya		56	74	32		457	43
3	Ya		58	30	48		158	51
4	Ya		58	83	43		514	61
5	Ya		45	75	67		445	39
6	Ya		73	57	22		108	66
7	Ya		63	73	16		451	41
8	Tidak		33	87	16		0	100
9	Ya		63	78	24		437	37
10	Ya		60	82	37		470	47

Skenario 5

No	Gambar berhasil	Precision	Sudut		Error sudut (%)	Posisi pada gambar (pixel)		Error posisi (%)
			Aktual	Sistem		Aktual	Sistem	
1	Ya	70%	38	57	50	320	329	3
2	Ya		58	53	9		217	32
3	Tidak		31	83	16		0	100
4	Ya		51	23	55		305	5
5	Ya		78	83	6		395	23
6	Tidak		26	73	18		0	100
7	Ya		60	48	20		189	41
8	Tidak		26	77	196		0	100
9	Ya		76	29	62		96	70
10	Ya		26	22	15		289	10

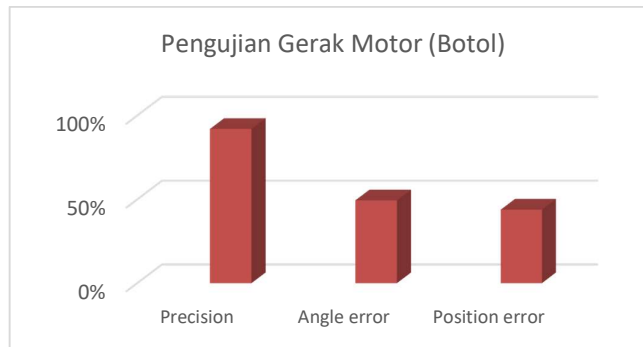
Dari tabel-tabel di atas dapat dilihat bahwa total pengujian adalah 50 kali. Dari pengujian tersebut didapatkan tingkat keberhasilan kamera dalam mendapatkan gambar objek yang terdeteksi jatuh adalah sebesar 80%, error pergerakan motor dari perhitungan sudut posisi objek adalah 54% dan dari perhitungan posisi objek pada gambar adalah 48%.



Gambar 20. Grafik Hasil Pengujian Gerak Motor Pada Manusia

2. Pengujian gerakan motor simulasi (objek botol)

Jumlah pengujian pada botol sama dengan pengujian yang dilakukan pada manusia. Hasil pengujian didapatkan tingkat keberhasilan kamera dalam mendapatkan gambar objek yang terdeteksi jatuh adalah sebesar 92%, error pergerakan motor dari perhitungan sudut posisi objek adalah 49% dan dari perhitungan posisi objek pada gambar adalah 44%.



Gambar 21. Grafik Hasil Pengujian Gerak Motor Pada Botol

3.3.3. Pengujian waktu respon

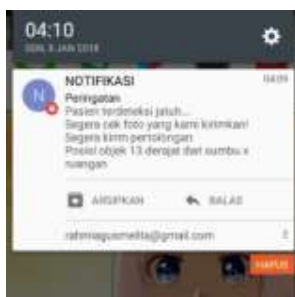
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu proses pengiriman notifikasi saat objek terdeteksi jatuh. Waktu mulai dihitung setelah sistem mendeteksi adanya aktifitas jatuh dan berhenti setelah email berhasil dikirimkan kepada pengawas. Pengujian ini dilakukan menggunakan *timer* yang ada pada Labview.

Hasil dari pengujian waktu respon sistem dapat dilihat pada Gambar 22 berikut.



Gambar 22. Waktu Respon Sistem

Berdasarkan data di atas, waktu respon sistem yang paling cepat adalah 4,7 detik dan yang paling lama adalah 22,2 detik. Perbedaan kecepatan respon ini dipengaruhi oleh besar sudut pergerakan motor, kecepatan respon kamera, sinyal internet yang digunakan untuk mengirim email, serta kecepatan respon dari PC yang digunakan. Tampilan notifikasi yang diterima oleh pengawas dapat dilihat pada Gambar 23, sedangkan format email yang dikirimkan dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 23. Notifikasi yang Dikirimkan kepada Pengawas



Gambar 24. Format Email yang Dikirimkan kepada Pengawas

4. KESIMPULAN

Pengujian deteksi gerak yang telah dilakukan mendapatkan nilai keluaran dari pengujian yang dilakukan baik pada manusia maupun pada botol didapatkan nilai *recall* sebesar 88%, *specificity* sebesar 88%, *precision* sebesar 93%, dan *accuracy* sebesar 88%. Dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem bekerja dengan baik. Adapun kesalahan pendeteksian yang terjadi pada sistem disebabkan oleh tingkat kekerasan benturan yang terjadi saat objek terjatuh dan besar percepatan dari *aktifitas* tertentu yang sama dengan percepatan saat kondisi jatuh. Sedangkan pengujian gerakan motor yang telah dilakukan mendapatkan nilai keluaran dari dua pengujian ini didapatkan keberhasilan dalam mengambil gambar sebesar 86% dan ketepatan pergerakan motor sebesar 51%. Dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem dapat mengambil gambar objek yang terdeteksi jatuh dengan baik, namun tidak tepat. Sedangkan ketidaktepatan pergerakan motor dipengaruhi oleh nilai yang dihasilkan sensor.

DAFTAR RUJUKAN

- N, Y., Z, W., Gravina, R., & Fortino, G. (2017). A survey of open body sensor networks: Applications and challenges. In *14th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)* (hal. 65–70). Las Vegas, NV. <http://doi.org/10.1109/CCNC.2017.7983083>
- Nur Arifin, D., Wibisono, W., & Adi Pratomo, B. (2013). Rancang Bangun Sistem Fall Detection untuk Pengguna Bergerak Berbasis Sensor Accelerometer dan Sensor Gyroscope pada Perangkat Mobile. *Jurnal Teknik POMITS*, 2(1), 1–4.
- Hardjianto, M., Rony, M. A., & Trengginas, G. S. (2016). Deteksi jatuh pada lansia dengan menggunakan akselerometer pada smartphone. *Prosiding SENTIA* (pp. 284–288).
- Tang, A. Y. C., Ong, C.-H., & Ahmad, A. (2015). Fall Detection Sensor System for the Elderly. *International Journal of Advanced Computer Research*, 5, 176–183.
- Wasis, I., Kurniawan, W., & Muttaqin, A. (2015). Deteksi Jatuh pada Manula di Rumah Menggunakan Sensor Akselerometer dan Kamera. *Jurnal Mahasiswa PTIIK UB*.
- Hidayatno, A., & Wahyudi. (2011). Rancang Bangun Inertial Measurement Unit Sebagai Sistem Monitoring Kendaraan Bergerak Berbasis Sensor Accelerometer dan Gyroscope. *Jurnal Rekayasa Elektrika Vol*, 9(4), 187–194.
- Perkasa, T., & Rachmat, H. H. (2017). Perancangan Alat Ukur Sudut Tekuk Lutut Wireless menggunakan Sensor Gyroscope berbasis ATmega 328 dan ATmega 2560. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 5(1), 30 - 47.
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Data Mining: Concepts and Techniques* (3rd ed.). San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.