

Sistem Pendeteksi Jatuh *Wireless* Berbasis Sensor *Accelerometer*

Gigih Gumilar¹, Hendi Handian Rachmat²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Bandung
Jln. P.H.H. Mustapa No. 24 Bandung, telp/fax 022-7272215
gihxpose@gmail.com¹, hendi.elite@gmail.com²

Abstrak – Pada penelitian ini, sensor accelerometer digunakan sebagai sistem pendeteksi jatuh secara real time, wearable dan ambulatory guna memudahkan pengawasan pada lansia ketika posisi jatuh. Sistem ini terdiri dari dua bagian yaitu bagian pengirim dan bagian penerima yang masing-masing dilengkapi sistem komunikasi wireless, dengan frekuensi radio 2,4GHz untuk mengirimkan data kondisi jatuh antara kedua bagian tersebut. Sensor accelerometer digunakan pada bagian pengirim untuk mendeteksi nilai tiga sumbu percepatan gravitasi dan nilai magnitude pada saat terjadi kondisi jatuh guna selanjutnya diolah pada Arduino Nano. Sistem pengirim ditempatkan pada pinggang naracoba untuk diuji dalam mendeteksi 2 tipe jatuh yaitu jatuh ke depan dan jatuh ke belakang. Dari hasil pengujian pada 10 naracoba dengan rentang usia 21-24 tahun didapatkan bahwa karakteristik tiga sumbu pada posisi jatuh ke depan bernilai 0,123g, -0,473g, -0,888g dan ke belakang bernilai -0,084g, 0,495g, 0,628g. Adapun nilai rata-rata magnitude pada jatuh ke depan bernilai 2,916g dan ke belakang bernilai 2,580g.

Kata Kunci: Accelerometer, Ambulatory, Jatuh, Wearable, Wireless.

1. Pendahuluan

Jatuh merupakan kejadian yang berbahaya bagi manusia karena dapat berpengaruh terhadap kerusakan serta kesehatan tubuh. Terutama bagi orang yang sudah lanjut usia (lansia), jatuh dapat menimbulkan dampak yang sangat fatal. Resiko jatuh pada lansia terbilang lebih tinggi jika dibandingkan dengan usia muda. Hal ini dikarenakan fungsi otak pada lansia sudah mulai menurun dan terjadi keterbatasan gerak [1]. Jatuh menjadi ancaman yang paling diantisipasi pada lansia karena berpotensi menyebabkan kematian.

Berdasarkan survei yang dilakukan oleh WHO, 28%-35% dari lansia yang berusia lebih dari 60 tahun di seluruh dunia mengalami jatuh setiap tahunnya. Kecelakaan akibat jatuh yang terjadi sekitar 20%-30% lansia memerlukan perawatan luka ringan sampai dengan parah, dan 10%-15% memerlukan perawatan gawat darurat. Adapun kematian akibat jatuh terjadi sekitar 20% pada lansia. Selain itu, jatuh juga dapat mengakibatkan *post-fall syndrome*, kehilangan otonomi, kebingungan, dan depresi yang akan berdampak pada keterbatasan aktivitas sehari-hari [2]. Dengan demikian jatuh menjadi hal yang sangat diantisipasi bagi lansia.

Dengan kondisi tersebut, maka diperlukan pengawasan aktivitas keseharian pada lansia. Melalui pengawasan tersebut, maka diharapkan ketika terjadi jatuh maka respon penanganan dapat dilakukan dengan cepat. Pengawasan terhadap lansia dapat dilakukan secara manual maupun secara otomatis dengan bantuan alat pendeteksi jatuh. Pengawasan secara manual memiliki keterbatasan yaitu memerlukan usaha dan tenaga manusia (perawat) yang lebih karena harus dilakukan selama 24 jam, sedangkan pengawasan menggunakan alat pendeteksi jatuh elektronik yang bekerja secara otomatis menjadi salah satu solusi untuk mengefektifkan pengawasan.

Salah satu alat pendeteksi jatuh yang dapat diimplementasikan adalah dengan menggunakan sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU). IMU adalah instrumentasi elektronik yang digunakan untuk mengukur kecepatan, orientasi, dan gaya gravitasi dengan menggunakan *accelerometer* dan *gyroscope*. IMU biasanya berisi tiga tingkatan ortogonal (tegak lurus dengan bidang lainnya) *gyroscope* dan tiga tingkatan ortogonal (tegak lurus dengan bidang lainnya) *accelerometer*, dimana secara berturut-turut berfungsi untuk mengukur kecepatan sudut dan percepatan linear masing-masing [3]. Telah dilakukan pengembangan alat pendeteksi jatuh perangkat yang *wearable* dan *wireless* dengan akurasi 99,49% dan presisi 81% namun modul komunikasi hanya mampu mengirim data sejauh 20 meter [4]. Alat pendeteksi jatuh lainnya yang telah dikembangkan memiliki akurasi sebesar 98.182%, kepresisian sebesar 98.33%, sensitivitas sebesar 95.161%, dan spesifisitas sebesar 99.367% namun pemantauan tidak dilakukan secara *real time* [5].

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan alat pendeteksi jatuh berbasis sensor *accelerometer* dengan sifat sistem yaitu: *ambulatory*, *wearable*, *real time* dan pengembangan secara *wireless* sebagai komunikasi data antara sensor dengan penampil. Alat pendeteksi jatuh ini berbasis mikrokontroler sebagai pengolah data dari sensor *accelerometer* yang bertujuan untuk mengevaluasi tipe jatuh seorang naracoba atau pasien dan mengirimkan data kondisi jatuh tersebut ke unit penerima secara *wireless*. Tipe jatuh yang dievaluasi yaitu jatuh ke depan dan jatuh ke belakang. Keluaran dari penelitian ini diharapkan diperoleh sejumlah parameter yang dapat mencirikan kondisi jatuh dan posisi jatuh yang terjadi pada naracoba atau pasien guna penanganan yang lebih optimal setelah terjadi jatuh.

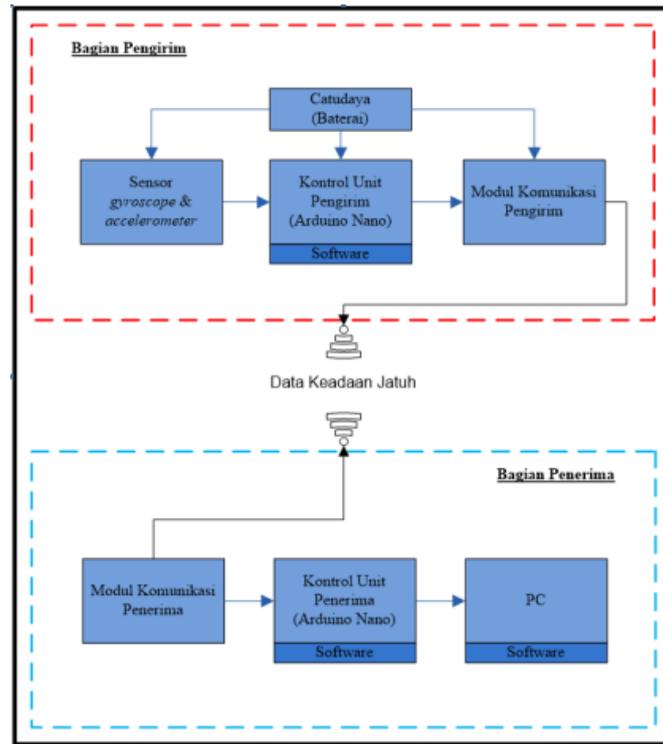
2. Metodologi Penelitian

2.1 Spesifikasi dan Diagram Blok Sistem

Sistem pendeteksi jatuh dirancang secara optimal agar memungkinkan untuk dapat mengirimkan data secara *wireless*. Untuk memungkinkan pengawasan terhadap naracoba yang sedang beraktifitas maka sistem dibuat agar dapat bersifat *real time*, *wearable* dan *ambulatory*. Adapun spesifikasi alat yang diimplementasikan yaitu:

1. Sensor *accelerometer* berupa modul terintegrasi MPU6050,
2. Modul kontrol unit berupa Arduino Nano,
3. Modul komunikasi pengirim dan penerima berupa nRF24L01 dengan jarak komunikasi data *wireless* berjarak optimal 100 meter,
4. Pemantauan dilakukan secara *real time*,
5. *Ambulatory* dengan catudaya berupa baterai 9Volt DC,
6. *Wearable* dengan penempatan sistem pada pinggang naracoba,
7. Penampil yang digunakan masih menggunakan tampilan layar *Personal Computer* (PC) melalui *serial monitor*.

Sistem pendeteksi jatuh ini terdiri dari dua bagian yaitu bagian pengirim dan bagian penerima, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Pada bagian pengirim sistem ini terdiri dari modul sensor, modul kontrol unit, modul komunikasi dan catu daya. Adapun pada bagian penerima sistem ini terdiri dari modul komunikasi, modul kontrol unit dan PC. Prinsip kerja sederhana dari sistem ini yaitu pertama sensor *accelerometer* akan mengakuisisi data percepatan gravitasi dari kondisi jatuh yang terjadi. Data tersebut selanjutnya diproses oleh modul kontrol bagian pengirim dan dikirimkan melalui modul komunikasi bagian pengirim menuju modul komunikasi bagian penerima. Setelah data diterima oleh modul komunikasi bagian penerima, data diproses oleh modul kontrol unit bagian penerima untuk dapat menampilkan data kondisi jatuh yang terjadi. Setelah didapatkan data kondisi jatuh yang terjadi, kondisi tersebut akan ditampilkan pada PC atau laptop melalui *serial monitor* yang terdapat pada modul kontrol unit yang telah terhubung dengan PC atau laptop.

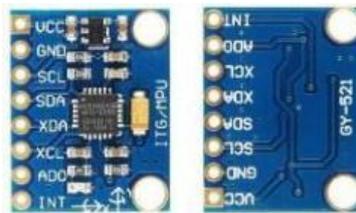


Gambar 1. Diagram blok sistem pendeteksi jatuh

2.2. Metodologi Perancangan Sistem

a. Modul Sensor MPU6050

Modul sensor MPU6050 merupakan alat ukur inersial yang terdiri dari *gyroscope* dan *accelerometer*. Sensor ini membutuhkan catu daya sebesar 3,3Volt DC. Pada sistem ini catu daya tersebut diperoleh dari keluaran yang tersedia pada unit kontrol unit Arduino Nano. Pengambilan nilai posisi ini didapatkan dari MEMS (*Microelectromechanical systems*) yang menggunakan *capacitive sensor* sebagai pembaca sikap. Nilai-nilai kapasitif yang dihasilkan akan diproses melalui penguatan, pengkondisian sinyal, dan demodulasi sehingga diperoleh besaran elektris berupa tegangan. Besaran tegangan analog yang diperoleh akan diolah melalui 16-bit *Analog-to-Digital* (ADC) pada masing-masing sumbu *gyroscope* dan *accelerometer* sehingga diperoleh sinyal digital dari pembacaan sensor[6]. Pada sistem ini, hanya digunakan data-data pengukuran dari sensor *accelerometer*. Pada Gambar 2 ditunjukkan bentuk fisik modul sensor MPU6050.



Gambar 2. Bentuk fisik modul sensor MPU6050

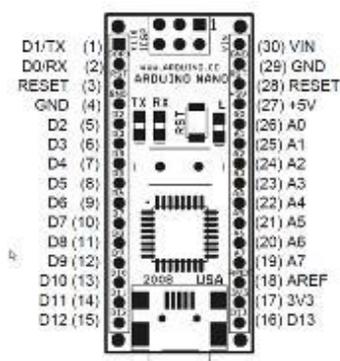
Protokol komunikasi yang digunakan untuk melakukan pembacaan data atau melakukan konfigurasi pada sensor ini adalah protokol komunikasi *Inter-Integrated Circuit* (I2C). Rentang skala yang dapat diatur pada sensor MPU6050 terdapat pada Tabel 1. Pada sistem ini, rentang skala yang digunakan pada sensor *accelerometer* sebesar $\pm 2g$. Hal ini mengakibatkan bahwa hasil pengukuran percepatan gravitasi yang diperoleh oleh sistem ini berkisar dari $-2g$ sampai dengan $+2g$.

Tabel 1. Rentang skala sensor MPU6050

AFS_SEL	Rentang Skala Penuh <i>Accelerometer</i>	Sensitivitas LSB	Rentang Skala Penuh <i>Gyroscope</i>	Sensitivitas LSB
0	$\pm 2g$	16384 LSB/g	± 250 °/s	131 LSB/°/s
1	$\pm 4g$	8192 LSB/g	± 500 °/s	65.5 LSB/°/s
2	$\pm 8g$	4096 LSB/g	± 1000 °/s	32.6 LSB/°/s
3	$\pm 16g$	2048 LSB/g	± 2000 °/s	16.4 LSB/°/s

b. Modul Kontrol Unit Arduino Nano

Modul kontrol unit yang digunakan pada sistem ini adalah Arduino Nano dengan mikrokontroler berbasis ATmega328P. Arduino Nano digunakan pada bagian pengirim dan bagian penerima sebagai modul kontrol unit utama. Arduino Nano pada sistem ini membutuhkan catu daya sebesar 9Volt DC. Pada sistem ini catu daya tersebut diperoleh melalui satu buah baterai 9Volt DC. Mikrokontroler ATmega328P memiliki fitur protokol komunikasi I2C, *Serial Peripheral Interface* (SPI), dan *universal asynchronous receiver-transmitter* (UART). Pada Gambar 3 ditunjukkan *pin layout* dari modul kontrol unit Arduino Nano.



Gambar 3. Kontrol unit Arduino Nano

c. Modul Komunikasi nRF24L01

Modul nRF24L01 merupakan modul komunikasi yang memanfaatkan gelombang radio dengan frekuensi 2,4 GHz sebagai media untuk berkomunikasi. Modul ini digunakan sebagai modul komunikasi utama untuk berkomunikasi antara bagian pengirim dan bagian penerima. Modul ini membutuhkan catu daya sebesar 3,3Volt DC. Pada sistem ini catu daya tersebut diperoleh dari keluaran yang tersedia pada modul Arduino Nano. Protokol komunikasi yang digunakan untuk berkomunikasi atau melakukan konfigurasi pada sensor ini adalah protokol komunikasi SPI. Pada Gambar 4 ditunjukkan bentuk fisik modul komunikasi nRF24L01.



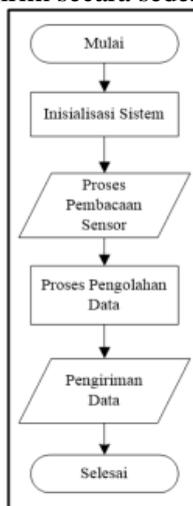
Gambar 4. Bentuk fisik modul komunikasi nRF24L01

2.3. Metodologi Realisasi Sistem

a. Integrasi Bagian Pengirim

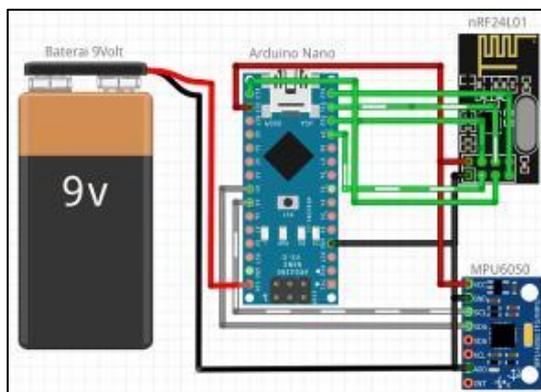
Bagian pengirim terdiri dari sensor MPU6050, modul kontrol unit Arduino Nano, modul komunikasi pengirim nRF24L01 dan sebuah catu daya berupa baterai 9Volt. Bagian ini membaca perubahan kecepatan yang dialami naracoba ketika jatuh. *Accelerometer* pada sensor MPU6050 membaca perubahan kecepatan pada tiga sumbu (x, y, z) pada saat terjadi jatuh. Data perubahan kecepatan tersebut dikirimkan secara *wireless* menuju bagian penerima

menggunakan modul komunikasi pengirim berupa nRF24L01. Pada Gambar 5 ditunjukkan diagram alir program pada bagian pengirim secara sederhana.



Gambar 5 Diagram Alir Bagian Pengirim

Sensor MPU6050 beroperasi melalui protokol komunikasi I2C, sehingga untuk mengakses sensor MPU6050 menggunakan kontrol unit bagian pengirim, pin SDA dan pin SCL pada modul sensor dan modul kontrol unit harus saling terhubung. Untuk sarana komunikasi tersebut maka pin SDA pada modul sensor dihubungkan pada pin A4 (SDA) dan pin SCL dihubungkan pada pin A5 (SCL) pada Arduino Nano, serta pin AD0 sebagai *slave address* dihubungkan terhadap *ground*. Gambar 6 menunjukkan skematik rangkaian dari integrasi setiap modul pada bagian pengirim.



Gambar 6. Skematik rangkaian bagian pengirim

Modul komunikasi bagian pengirim yang digunakan adalah modul nRF24L01. Modul tersebut beroperasi dengan metode SPI untuk dapat berkomunikasi terhadap modul kontrol unit bagian pengirim. Pin-pin SCLK, MISO, dan MOSI pada nRF24L01 dan Arduino Nano harus saling terhubung agar modul komunikasi pengirim dapat berkomunikasi dengan modul kontrol unit. Pin SCLK pada modul komunikasi duhubungkan pada pin D13 (SCK) pada Arduino Nano, MISO pada pin D12 (MISO), dan MOSI pada pin D11 (MOSI). Catu daya yang digunakan adalah satu buah baterai 9Volt. Arduino Nano membutuhkan tegangan masukan dari rentang 6Volt hingga 20Volt [7]. Pin Vin pada Arduino Nano berfungsi sebagai pin tegangan masukan yang sudah dilengkapi rangkaian regulator, sehingga tegangan yang diterima modul kontrol unit adalah sebesar 5Volt.

Realisasi sistem bagian pengirim dapat dilihat pada Gambar 7. Modul dan komponen yang digunakan diintegrasikan ke dalam satu *printed circuit board* (PCB). Pada PCB terdapat 4 unit

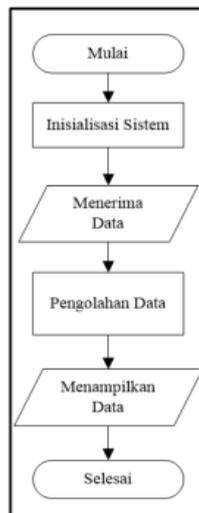
yang diintegrasikan yakni: modul sensor MPU6050, modul kontrol unit Arduino Nano, modul komunikasi nRF24L01 dan catu daya baterai 9Volt.



Gambar 7. Realisasi sistem bagian pengirim

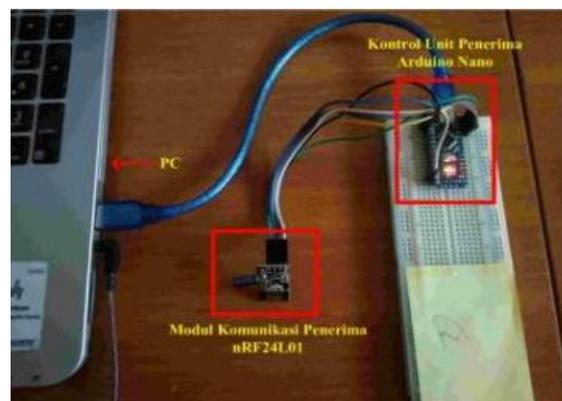
b. Integrasi Bagian Penerima

Bagian penerima terdiri dari modul kontrol unit Arduino Nano, modul komunikasi nRF24L01, dan PC. Bagian ini berfungsi untuk menerima data dari bagian pengirim untuk ditampilkan melalui serial monitor pada PC. Gambar 8 menunjukkan diagram alir bagian penerima.



Gambar 8. Diagram alir bagian penerima

Data yang diterima dari bagian pengirim diterima oleh nRF24L01 pada bagian penerima dan dikirimkan pada modul kontrol unit dengan media komunikasi SPI. Gambar 9 menunjukkan skematik rangkaian bagian penerima.



Gambar 9. Realisasi sistem bagian penerima

Persamaan (1) digunakan untuk mengetahui *magnitude* yang diperoleh dari pengukuran sensor *accelerometer*. Selanjutnya data hasil pengukuran perubahan kecepatan pada tiga sumbu (x, y, z) dan *magnitude* yang diperoleh akan ditampilkan melalui *serial monitor* pada PC.

$$\text{Magnitude} = \sqrt{g\text{ForceX}^2 + g\text{ForceY}^2 + g\text{ForceZ}^2} \quad (1)$$

2.4. Metodologi Pengujian Sistem

Pengujian sistem diawali dengan melakukan kalibrasi posisi sistem untuk mengetahui kondisi awal nilai percepatan gravitasi baik untuk sumbu x, sumbu y maupun sumbu z. Setelah dilakukan kalibrasi, selanjutnya dilakukan pengujian pendeteksian kondisi jatuh. Pengambilan data dilakukan dengan cara memasang sistem alat pendeteksi jatuh terhadap naracoba. Pada Gambar 10 ditunjukkan letak pemasangan sistem alat pendeteksi jatuh terhadap naracoba yang diletakkan pada bagian pinggang naracoba.



Gambar 10. Diagram alir bagian penerima

Pada tahap pengujian kondisi jatuh dilakukan dengan cara mengambil data percepatan gravitasi pada sensor *accelerometer* yang sudah dipakai oleh naracoba. Langkah pertama naracoba akan memperagakan sikap berdiri-jatuh yaitu: jatuh ke depan dan jatuh ke belakang. Data yang diperoleh berupa percepatan gravitasi dari masing-masing kondisi jatuh. Pengambilan data dilakukan dengan melibatkan 10 orang naracoba dengan rata-rata usia 22,5 tahun (rentang usia dari 21-24 tahun). Pengujian dilakukan dengan pengulangan 3 kali pada masing-masing naracoba. Ilustrasi pengujian jatuh diperlihatkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Ilustrasi pengujian jatuh

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *software* PLX-DAQ pada PC. PLX-DAQ merupakan *software* yang berguna untuk memindahkan data pada Serial Monitor pada program Microsoft Excel. Data yang diperoleh melalui PLX-DAQ adalah tiga sumbu *accelerometer* dan *magnitude*. Data tersebut akan dibagi menjadi 3 bagian, yakni; bagian berdiri, bagian jatuh, dan bagian jatuh *steady state*. Setelah diperoleh data dari ketiga bagian tersebut, selanjutnya akan dicari rata-rata dan selisih waktu yang terjadi pada tiga sumbu *accelerometer* dan *magnitude* dari masing-masing bagian tersebut. Dari hasil perbandingan tersebut dapat diketahui perbedaan karakteristik antara sikap berdiri-jatuh ke depan dan ke belakang.

3. Hasil Pengujian

3.1. Kalibrasi Sensor MPU6050

Data hasil kalibrasi sensor MPU6050 digunakan sebagai acuan dalam melakukan pengujian untuk mendapatkan hasil yang diharapkan. Proses kalibrasi dilakukan berdasarkan metodologi pengujian, yaitu sensor MPU6050 ditempatkan pada permukaan datar lalu diukur percepatan gravitasi dari masing-masing sumbu sensor. Nilai pembacaan sumbu yang menghadap pada permukaan diharapkan bernilai 1g dan sumbu yang tidak menghadap permukaan diharapkan bernilai 0g. Tabel 2 menunjukkan hasil kalibrasi sensor MPU6050.

Tabel 2. Hasil kalibrasi sensor MPU6050

Posisi	Percepatan gravitasi sumbu x (g)	Percepatan gravitasi sumbu y (g)	Percepatan gravitasi sumbu z (g)
1	1,00	0,05	0,02
2	0,01	1,05	0,07
3	0,01	0,00	1,00

Berdasarkan data pada Tabel 2, hasil kalibrasi dari masing-masing sumbu terlihat mendekati dengan nilai yang diharapkan. Namun masih terdapat *error* pembacaan sebesar 0,01 pada sumbu x, 0,05 pada sumbu y, 0,02 dan 0,07 pada sumbu z. *Error* pembacaan terjadi dikarenakan sifat sensitivitas yang dimiliki sensor MPU6050. Sensitivitas tersebut terjadi karena rentang pembacaan yang dipilih adalah rentang pembacaan minimum yaitu $\pm 2g$, dimana semakin kecil rentang pembacaan maka sensitivitas sensor terhadap perubahan posisi akan semakin besar. Faktor lainnya adalah ketidakidealan komponen-komponen yang digunakan sehingga menyebabkan ketidaktepatan hasil yang pembacaan sensor yang diharapkan.

3.2. Hasil Pengujian Kondisi Jatuh

Pada pengujian kondisi jatuh, data yang diperoleh merupakan data sensor *accelerometer* yang terdiri dari empat buah data yaitu: pengukuran tiga nilai percepatan gravitasi pada sumbu x, y, z, dan perhitungan nilai *magnitude*. Data yang telah diolah kemudian dibagi menjadi tiga kondisi, yaitu kondisi berdiri, jatuh, dan jatuh *steady state*. Titik a pada grafik sumbu x, y, z dan *magnitude* merupakan nilai kondisi berdiri pada naracoba, titik b merupakan nilai terjadinya gerakan jatuh, sedangkan titik c dan d merupakan nilai kondisi *steady state* pada saat jatuh.

Pada Tabel 3 ditunjukkan hasil pengujian dan pengolahan data nilai rata-rata percepatan gravitasi dan Tabel 4 menunjukkan selisih waktu antar titik pada sumbu x, y, z dan *magnitude* untuk 2 kondisi jatuh yaitu kondisi jatuh ke depan dan ke belakang pada 10 orang naracoba.

Tabel 3. Percepatan gravitasi sikap berdiri jatuh

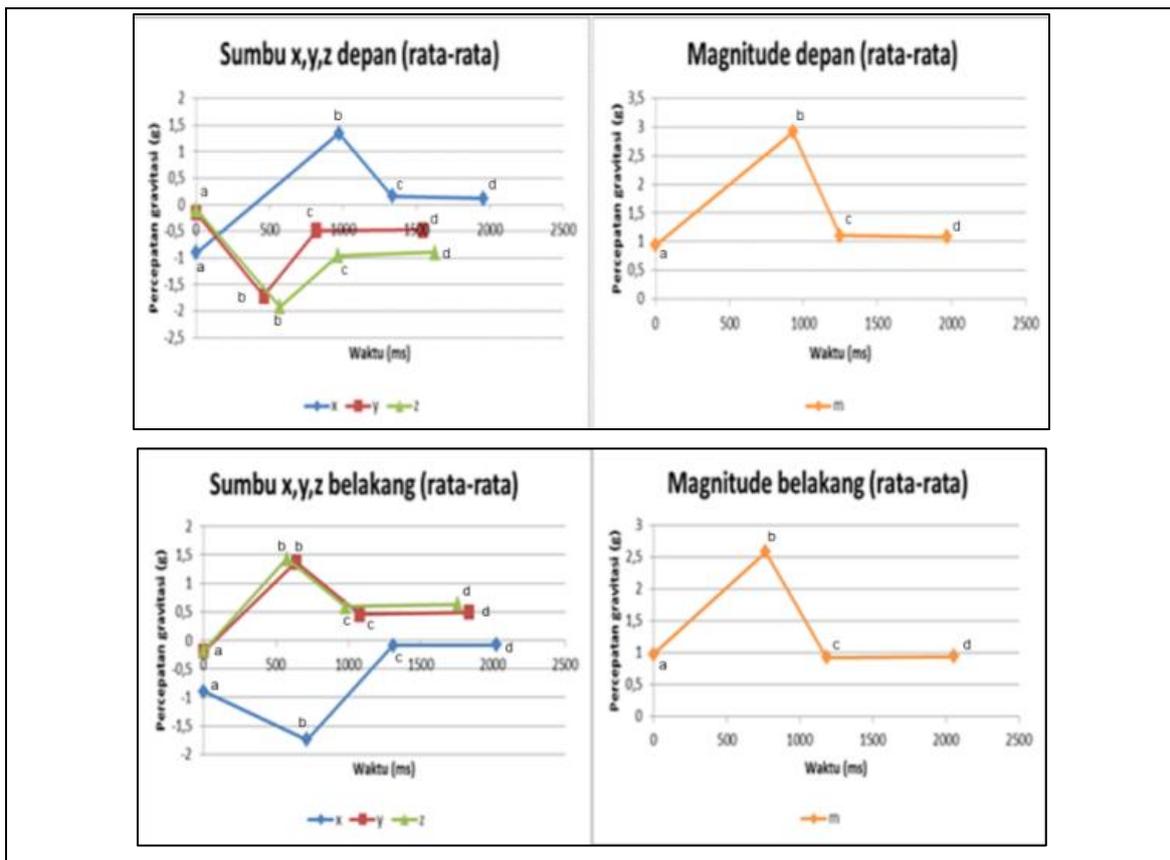
Sumbu	Depan				Belakang			
	titik a	titik b	titik c	titik d	titik a	titik b	titik c	titik d
x	-0,899g	1,344g	0,166g	0,123g	-0,9g	0,87g	-0,108g	-0,085g
y	-0,151g	-1,7133g	-0,483g	-0,473g	-0,217g	1,749g	0,778g	0,741g
z	-0,090g	-1,916g	-0,957g	-0,889g	-0,103g	-1,703g	-0,653g	-0,657g
<i>magnitude</i>	0,94g	2,916g	1,106g	1,08g	0,899	2,763g	1,02g	1,047g

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa pada saat jatuh ke depan, sumbu x bernilai positif sebesar 1,34g sedangkan sumbu y dan z bernilai negatif sebesar -1,71g dan -1,91g. Pada saat jatuh ke belakang terlihat karakteristik pada grafik berkebalikan dengan kondisi jatuh ke depan, nilai sumbu y dan z bernilai positif sebesar 1,37g dan 1,43g sedangkan sumbu x bernilai negatif sebesar -1,74g.

Tabel 4. Selisih waktu sikap berdiri-jatuh

Sumbu	Depan			Belakang		
	$\Delta t(a-b)$	$\Delta t(b-c)$	$\Delta t(c-d)$	$\Delta t(a-b)$	$\Delta t(b-c)$	$\Delta t(c-d)$
x	972,067ms	363,267ms	622,2ms	1057,6ms	448,267ms	614,833ms
y	459,867ms	358ms	726,1ms	691,333ms	457,667ms	758,633ms
z	568,867ms	394,433ms	660,8ms	650,267ms	504,167ms	602,567ms
<i>magnitude</i>	928,8ms	316,733ms	724,533ms	859,8ms	461,567ms	818,433ms

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai selisih waktu pada saat terjadi jatuh dari titik a ke titik b terlihat lebih lambat jika dibandingkan dengan titik b ke titik c. Hal tersebut terjadi dikarenakan pergerakan awal naracoba yang cenderung lambat pada saat transisi dari berdiri ke jatuh. Selisih waktu dari titik c ke titik b terlihat lebih cepat dikarenakan naracoba sudah dalam transisi berdiri ke jatuh dan tidak dapat mengendalikan kecepatan tubuh. Perbedaan grafik antara percepatan gravitasi terhadap selisih waktu dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik tiga sumbu (x,y,z) dan *magnitude* kondisi jatuh dan siklus berdiri-jongkok

Berdasarkan Gambar 12 menunjukkan nilai *magnitude* pada titik b yang terlihat lebih besar jika dibandingkan dengan titik-titik lainnya. Hal ini terjadi karena pada saat naracoba memperagakan jatuh, terjadi penambahan kecepatan pada saat transisi dari posisi berdiri ke posisi jatuh. Semakin cepat perpindahan posisi tersebut maka akan semakin tinggi nilai *magnitude* yang didapatkan.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pengolahan data terhadap sistem pendeteksi jatuh, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai rata-rata sumbu x, y dan z pada posisi **berdiri** bernilai -0,902g, -0,195g, dan -0,134g.
2. Diperoleh ciri-ciri perbedaan posisi tipe jatuh berdasarkan 3 sumbu *accelerometer* yaitu (Tabel 5):

Tabel 5. Ciri-ciri tipe jatuh berdasarkan 3 sumbu *accelerometer*

Tipe Jatuh	x (g)	y (g)	z (g)
Depan	0,123±0,185	-0,473±0,123	-0,888±0,205
Belakang	-0,084±0,293	0,495±0,141	0,628±0,157

3. Diperoleh masing-masing nilai *magnitude* dan rata-rata selisih waktu jatuh untuk setiap tipe jatuh yang diuji yaitu (Tabel 6):

Tabel 6. Ciri-ciri tipe jatuh berdasarkan *magnitude*

Tipe Jatuh	M (g)	Δt (ms)
Depan	2,916±0,318	928,8±166,209
Belakang	2,580±0,378	767,383±123,795

Daftar Pustaka:

- [1] Turana, Y. Stimulasi Otak pada Kelompok Lansia di Komunitas. *Gambaran Kesehatan Lanjut Usia di Indonesia*. (2013, July); p. 19.
- [2] WHO. *WHO Global Report on Falls Prevention in Older Age*. Geneva: WHO. (2007).
- [3] Rahman, A. Implementasi Sensor Percepatan Dan Gyroscope Untuk Menentukan Trajectory Roket Komurindo Menggunakan Inertial Navigation System (INS) Berbasis Mikrokontroler. *JBPTUNIKOMPP*. (2013).
- [4] Ojetola, O., Gaura, E., & Brusey, J. (2011). *Fall Detection with Wearable Sensors—SAFE (SmArt Fall dEtection)*. IEEE.
- [5] Jefiza, A., Premunanto, E., Boedinoegroho, H., & Purnomo, M. H. (2017). *Fall Detection Based on Accelerometer and Gyroscope using Back Propagation*. IEEE.
- [6] InvenSense. MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.4. Sunnyvale, California, United States of America. (2013, September 19).
- [7] Arduino. *Arduino Nano*. Retrieved January 18, 2018, from Arduino: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>