

EVALUASI GERAK JATUH DAN JONGKOK DENGAN MENGUNAKAN PENDETEKSI JATUH BERBASIS SENSOR ACCELEROMETER

EVALUATION OF FALLING AND SQUAT MOVEMENT USING FALL DETECTION SYSTEM BASED ON ACCELEROMETER SENSOR

Gigih Gumilar¹, Hendi Handian Rachmat²

^{1,2}Laboratorium Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Bandung
Jln. P.H.H. Mustapa No. 24 Bandung, telp/fax 022-7272215

¹giehxpse@gmail.com, ²hendi.elite@gmail.com

Abstrak

Pada penelitian ini, sensor *accelerometer* digunakan sebagai sistem pendeteksi jatuh secara *Wireless*, *Wearable* dan *Ambulatory* guna mengevaluasi pergerakan berdiri-jatuh dan siklus berdiri-jongkok. 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 *accelerometer* antara kedua bagian tersebut. Sensor *accelerometer* diletakkan pada bagian pengirim untuk mendeteksi nilai tiga sumbu percepatan gravitasi dan nilai *magnitude* pada saat terjadi jatuh dan jongkok melalui pengolah data kontroler ATMEGA328. Sistem pengirim ditempatkan pada pinggang naracoba untuk diuji dalam mendeteksi posisi jatuh ke depan, ke belakang, dan siklus berdiri-jongkok. Dari hasil pengujian pada 10 orang naracoba didapatkan bahwa karakteristik pada posisi jatuh ke depan nilai sumbu x lebih besar dibandingkan y dan z, sedangkan jatuh ke belakang sumbu x lebih kecil dibandingkan y dan z, dan pada siklus berdiri-jongkok nilai *magnitude* lebih kecil dibandingkan dengan kondisi jatuh.

Kata kunci: *Accelerometer, Ambulatory, Jatuh, Jongkok, Wearable, Wireless.*

Abstract

In this study, accelerometer sensor used as fall detection system in, *Wearable*, and *Ambulatory* in order to evaluate falling and squat movement. This system consists of two parts, the transmitter and the receiver. Both parts were equipped with a 2,4Ghz radio frequency wireless communication system to transmit data from accelerometer between the two parts. The accelerometer Sensor is placed on the transmitter to detect the three axes of gravity acceleration and the magnitude values in the event of fall and squat using the ATMEGA328 control unit. The transmitter parts is placed on the waist for the test to detect 2 types of fall positions i.e foward and backward and squat. From the test result of this study, the characteristic of falling foward is the x axis value is higher than y and z, from falling backward is the x axis value lower than y and z, then for the squat movement the *magnitude* value is lower than the falling condition.

Keywords: *Accelerometer, Ambulatory, Falling, Squat, 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, 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*, 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 dan akan dibandingkan dengan siklus berdiri-jongkok untuk mengetahui perbedaan antara pergerakan jatuh yang sifatnya spontan dengan siklus berdiri-jongkok yang sifatnya tidak spontan. Keluaran dari penelitian ini diharapkan diperoleh sejumlah parameter yang dapat mencirikan kondisi jatuh dan siklus berdiri-jongkok yang terjadi pada naracoba atau pasien guna penanganan yang lebih optimal setelah terjadi jatuh.

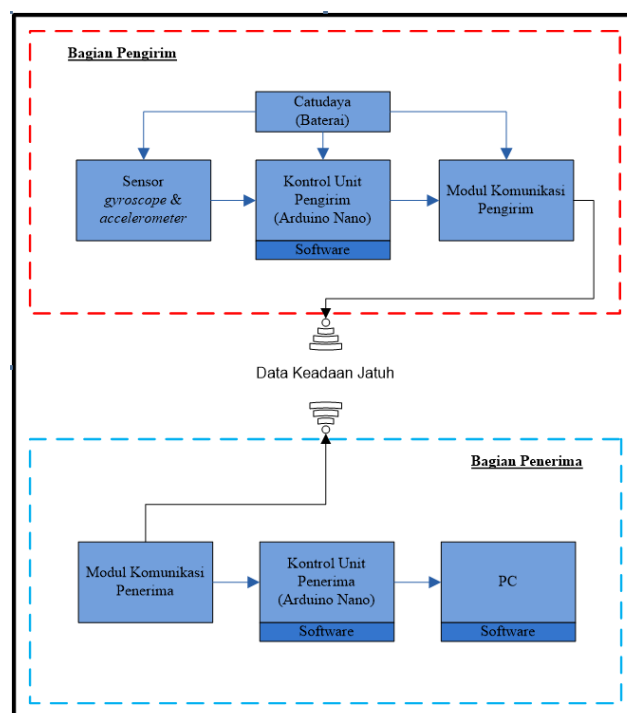
2. METODOLOGI PERANCANGAN SISTEM

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.



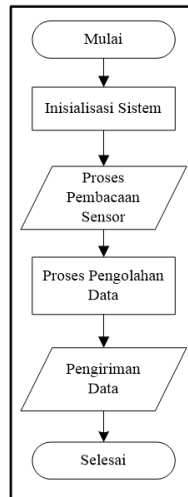
Gambar 1. Diagram blok sistem pendeteksi jatuh

3. METODOLOGI REALISASI SISTEM

3.1 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 2 ditunjukkan diagram alir program pada bagian pengirim secara sederhana.



Gambar 2. Diagram alir bagian pengirim

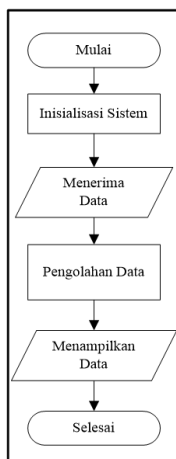
Catu daya yang digunakan adalah satu buah baterai 9Volt. Arduino Nano membutuhkan tegangan masukan dari rentang 6Volt hingga 20Volt[6]. Pin Vin pada Arduino Nano berfungsi sebagai pin tegangan masukan yang sudah dilengkapi rangkaian regulator, sehingga tegangan yang diterima modul kontrol unit adalah sebesar 5Volt. Realisasi sistem bagian pengirim dapat dilihat pada Gambar 3. 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 3. Realisasi sistem bagian pengirim

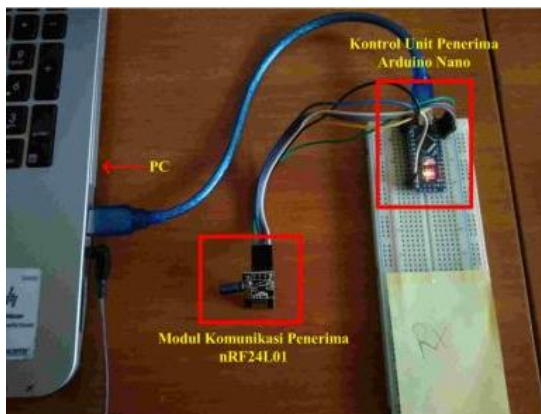
3.2 Integrasi Bagian Penerima

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 4 menunjukkan diagram alir bagian penerima.



Gambar 4. 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 5 menunjukkan realisasi sistem bagian penerima.



Gambar 5. 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. 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*.

$$Magnitude = \sqrt{gForceX^2 + gForceY^2 + gForceZ^2} \quad (1)$$

3.3. Metodologi Pengujian

Terdapat dua jenis pengujian yaitu pengujian kondisi jatuh dan pengujian jarak komunikasi. Pengambilan data kondisi jatuh dilakukan dengan cara memasang sistem alat pendeteksi jatuh terhadap naracoba. Pada tahap pengujian kondisi jatuh dilakukan dengan cara mengambil data percepatan gravitasi pada sensor *accelerometer* yang sudah digunakan oleh naracoba. Langkah pertama naracoba akan memperagakan 2 sikap berdiri-jatuh yaitu: jatuh ke depan dan jatuh ke belakang. Setelah memperagakan sikap berdiri-jatuh, selanjutnya naracoba akan memperagakan siklus berdiri-jongkok. Pengambilan data dilakukan 3 kali pada masing-masing kondisi jatuh dan siklus berdiri-jongkok. Data yang diperoleh berupa percepatan gravitasi dari masing-masing

kondisi jatuh dan jongkok. Pada Gambar 6 ditunjukkan letak pemasangan sistem alat pendeteksi jatuh terhadap naracoba yang diletakkan pada bagian pinggang naracoba.



Gambar 6. Pemasangan sistem terhadap naracoba

Pengambilan data dilakukan dengan melibatkan 10 orang naracoba dengan rata-rata usia 22,5 tahun (rentang usia dari 21-24 tahun). Data tersebut akan dibagi menjadi 3 bagian, yakni; bagian berdiri, bagian jatuh/jongkok, dan bagian *steady state* dari jatuh/jongkok. 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, ke belakang, dan siklus berdiri-jongkok.

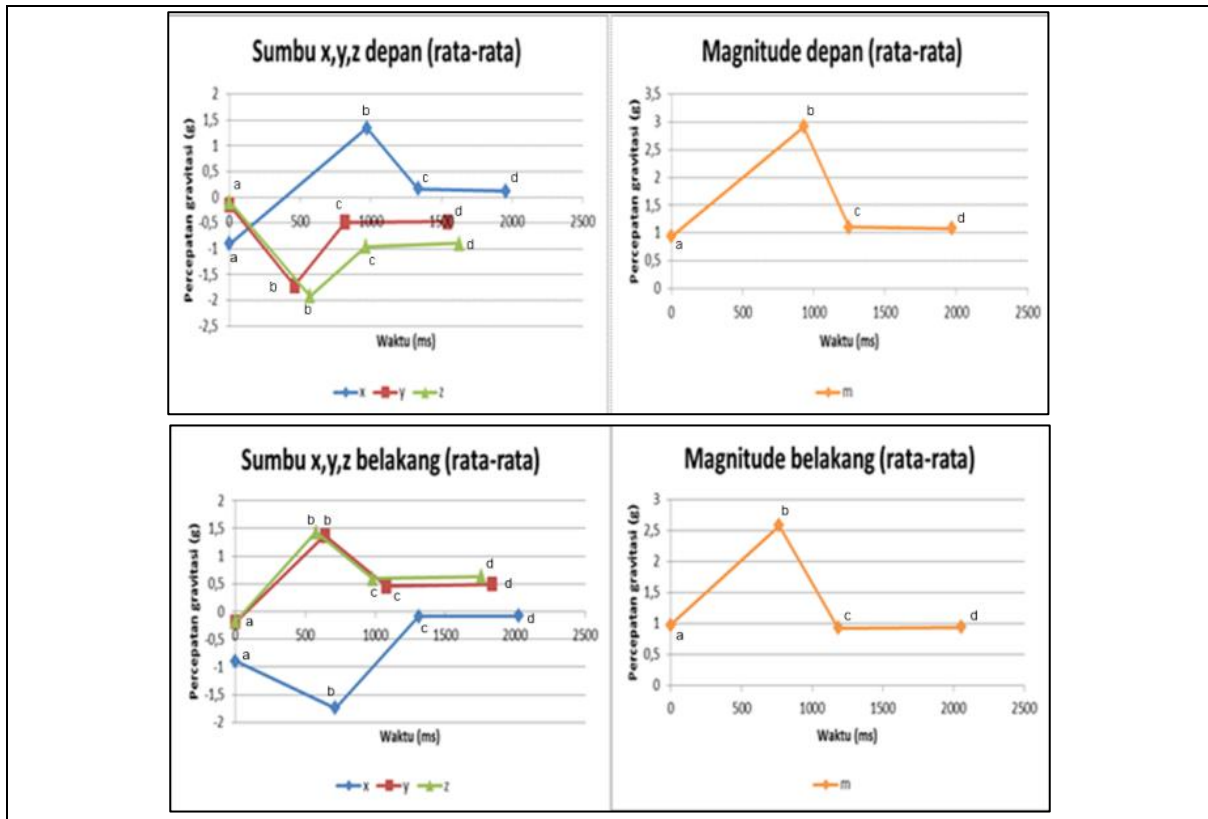
Pengambilan data pengujian jarak komunikasi dilakukan dengan cara menghubungkan modul komunikasi pengirim dengan modul komunikasi penerima. Modul komunikasi pengirim akan mengirimkan data yang diberikan dari modul kontrol unit pengirim, lalu modul komunikasi penerima akan menerima data tersebut dan diolah oleh kontrol unit penerima untuk ditampilkan pada serial monitor pada PC. Data uji yang dikirimkan berupa *string* bertuliskan “hello world” berjumlah 11 karakter. Pengambilan data dilakukan pada ruang tanpa penghalang dan diuji setiap 20 meter hingga modul tidak dapat berkomunikasi satu sama lain.

4. HASIL PENGUJIAN

Pada pengujian kondisi jatuh, diperoleh empat buah data yaitu: pengukuran tiga nilai percepatan gravitasi pada sumbu x, y, z, dan perhitungan nilai *magnitude*. Data yang telah diolah kemudian dibagi empat titik, titik a pada grafik sumbu x, y, z dan *magnitude* merupakan nilai kondisi berdiri pada naracoba, titik b merupakan nilai terjadinya gerakan jatuh/jongkok, sedangkan titik c dan d merupakan nilai kondisi *steady state* pada saat jatuh/jongkok. Grafik hasil pengujian dan pengolahan data nilai rata-rata pada Gambar 7 sedangkan untuk siklus berdiri-jongkok ditunjukkan pada Gambar 8.

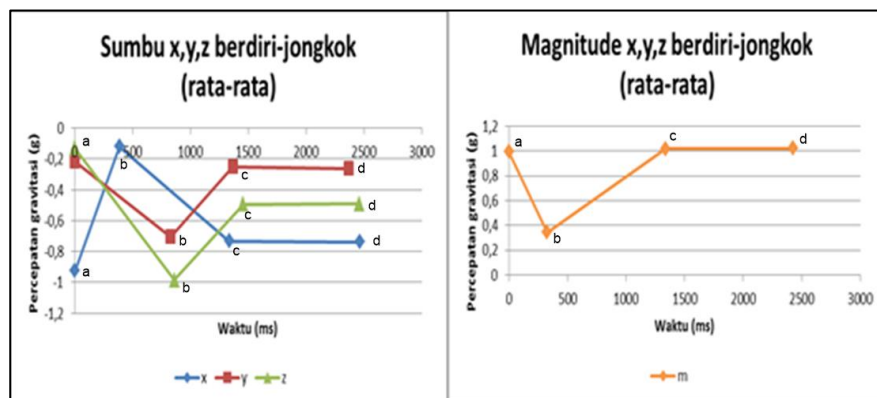
Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan bahwa pada saat jatuh ke depan, sumbu x bernilai positif sebesar 1,34g sedangkan sumbu y dan z bernilai negatif sebesar -1,71g dan -1,91g. Pada saat jatuh ke belakang terlihat karakteristik pada grafik berkebalikan dengan kondisi jatuh ke depan,

nilai sumbu y dan z bernilai positif sebesar 1,37g dan 1,43g sedangkan sumbu x bernilai negatif sebesar -1,74g.



Gambar 7. Grafik tiga sumbu (x,y,z) dan *magnitude* kondisi jatuh ke depan dan ke belakang

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.



Gambar 8. Grafik tiga sumbu (x,y,z) dan *magnitude* siklus berdiri-jongkok

Berdasarkan Gambar 8 pada saat siklus berdiri-jongkok, nilai sumbu x, y dan z bernilai negatif sebesar -0,12g, -0,7g, dan -0,98g. Pada siklus berdiri-jongkok *magnitude* percepatan

gravitasi terlihat mengalami perlambatan pada titik a ke titik b dan kenaikan percepatan dari titik b ke titik c. Hal tersebut terjadi dikarenakan pada siklus berdiri-jongkok hanya sumbu x yang mengalami perpindahan posisi, maka nilai *magnitude* akan cenderung lebih kecil dibandingkan dengan kondisi jatuh yang mengalami perpindahan posisi pada tiga sumbu (x,y,z).

Pada Gambar 7 dan Gambar 8 titik a terlihat mengalami perbedaan nilai dari ketiga sumbu (x,y,z). Perbedaan nilai tersebut disebabkan oleh faktor posisi berdiri naracoba yang tidak konstan pada masing-masing pengujian kondisi jatuh maupun pengujian siklus berdiri-jongkok. Faktor posisi penempatan sistem yang mudah bergeser juga menjadi pengaruh perbedaan nilai tersebut.

Pada Tabel 1 ditunjukkan hasil dari pengujian komunikasi data. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem dapat bekerja secara optimal pada jarak 100 meter tanpa penghalang dikarenakan data yang dikirimkan dapat diterima dengan baik.

Tabel 1. Hasil Pengujian Komunikasi Data

Jarak (meter)	Jumlah Karakter	Keutuhan data (%)	Jarak (meter)	Jumlah Karakter	Keutuhan data (%)
20	11	100	120	11	100
40	11	100	140	11	100
60	11	100	160	11	100
80	11	100	180	11	100
100	11	100	200	0	0

5. 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 dan siklus berdiri-jongkok jatuh berdasarkan 3 sumbu *accelerometer* yaitu (Tabel 2):

Tabel 2. Ciri-ciri tipe jatuh dan jongkok 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
Jongkok	-0,739±0,215	-0,262±0,08	-0,493±0,207

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

Tabel 3. Ciri-ciri tipe jatuh dan jongkok 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
Jongkok	0,344±0,174	325,6±125,416

4. Rata-rata presisi pada sumbu kondisi jatuh ke depan, kanan, kiri, belakang dan siklus berdiri jongkok bernilai sebesar 9,32%, 13,28%, 14,48%, 13,97%, dan 19,99%.

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., Pramunanto, E., Boedinoegroho, H., & Purnomo, M. H. (2017). Fall Detection Based on Accelerometer and Gyroscope using Back Propagation. IEEE.
- [6] Arduino. Arduino Nano. Retrieved January 18, 2018, from Arduino: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>.