TUGAS AKHIR – EC184801

WEARABLE DEVICE PENDETEKSI JATUH BERBASIS FITUR STATISTIK VARIAN MENGGUNAKAN 3-AXIS ACCELEROMETER

Muhammad Rizal Noviandy
NRP 07211440000010

Dosen Pembimbing
Arief Kurniawan, ST., MT.
Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK KOMPUTER
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

TUGAS AKHIR – EC184801

WEARABLE DEVICE PENDETEKSI JATUH BERBASIS FITUR STATISTIK VARIAN MENGGUNAKAN 3-AXIS ACCELEROMETER

Muhammad Rizal Noviandy
NRP 07211440000010

Dosen Pembimbing
Arief Kurniawan, ST., MT.
Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK KOMPUTER
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

FINAL PROJECT – EC184801

FALL DETECTION WEARABLE DEVICE BASED ON VARIANCE STATISTICS FEATURES USING 3-AXIS ACCELEROMETER

Muhammad Rizal Noviandy
NRP 07211440000010

Advisor
Arief Kurniawan, ST., MT.
Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.

DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING
Faculty of Intelligent Electrical and Informatics
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

LEMBAR PENGESAHAN

Wearable Device Pendeteksi Jatuh Berbasis Fitur Statistik Varian Menggunakan 3-Axis Accelerometer

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh : Muhammad Rizal Noviandy (NRP. 07211440000010)

Tanggal Ujian : 06 Januari 2020 Periode Wisuda : Maret 2020

Disetujui oleh :

(Pembimbing I)

Arief Kurniawan, ST., MT.
NIP. 197409072002121001

.....

(Pembimbing II)

Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.
NIP. 196806011995121009

.....

(Penguji I)

Ahmad Zaini, ST., M.Sc.
NIP. 197504192002121003

.....

(Penguji II)

Eko Pramunanto, ST., MT.
NIP. 196612031994121001

.....

Mengetahui
Kepala Departemen Teknik Komputer

Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT.
NIP. 197003131995121001

PERNYATAAN KEASLIAN
TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "***Wearable Device* Pendeteksi Jatuh Berbasis Fitur Statistik Varian Menggunakan 3-Axis Accelerometer**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2020

Muhammad Rizal Noviandy
NRP. 07211440000010

ABSTRAK

Nama Mahasiswa	:	Muhammad Rizal Noviandy
Judul Tugas Akhir	:	*Wearable Device* Pendeteksi Jatuh Berbasis Fitur Statistik Varian Menggunakan 3-Axis Accelerometer
Pembimbing	:	1. Arief Kurniawan, ST., MT. 2. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.

Dalam melakukan aktivitas keseharian potensi terjadinya hal buruk seperti jatuh cukup besar khususnya yang mengalami keterbatasan fungsi gerak kaki. Pengawasan dari orang terdekat tentu tidak dapat dilakukan langsung selama 24 jam penuh. Sehingga dibutuhkan sebuah perangkat yang dapat mengenali kejadian jatuh pada pemakaianya. Perangkat ini dilengkapi dengan mikrokontroller sebagai pengendali utama dan akselerometer sebagai sensor jatuh. Sistem pada perangkat ini diharapkan dapat membedakan antara rutinitas biasa atau gerakan jatuh. Metode yang digunakan adalah menghitung varian dari percepatan tiga sumbu akselerometer kemudian menjumlahkannya. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai *threshold* yang telah dihitung dengan beberapa percobaan sebelumnya sebagai penentu gerakan jatuh. Dari 120 kali total gerakan jatuh yang diujikan, didapatkan rata-rata akurasi alat sebesar 84.14%.

Kata Kunci : Akselerometer, Mikrokontroller, Varian, Gerakan Jatuh.

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

Name : Muhammad Rizal Noviandy
Title : *Fall Detection Wearable Device Based On Variance Statistics Features Using 3-Axis Accelerometer*
Advisors : 1. Arief Kurniawan, ST., MT.
2. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.

In carrying out daily activities, there is a great potential of the occurrence of bad things such as falling, especially for those who experience limited footwork. Direct supervision from the closest one certainly cannot be done for 24 hours. So it takes a device that can recognize falling events on its use. This device is equipped with a microcontroller as the main controller and accelerometer as the fall sensor. The system on this device is expected to be able to distinguish between ordinary routines or falling movements. The method used is variance calculation of three axes acceleration from the sensor. Then these sum values are compared with the threshold that has been calculated with several previous experiments as a determinant of falling movements. From 120 times the total falling movement tested, an average accuracy of 84.14% was obtained.

Keywords : Accelerometer, Microcontroller, Variance, and Falling Movement.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul ***Wearable Device* Pendeteksi Jatuh Berbasis Fitur Statistik Varian Menggunakan 3-Axis Accelerometer**. Penelitian ini disusun dalam rangka pemenuhan bidang riset di Departemen Teknik Komputer ITS, Bidang Studi Telematika, serta digunakan sebagai persyaratan menyelesaikan pendidikan S1. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga, Ibu, Bapak dan Saudara tercinta yang telah memberikan dorongan spiritual dan material. Tidak lupa seseorang yang selalu mendukung siang dan malam serta menyemangati penulis dikala jenuh mengerjakan tugas akhir.
2. Bapak Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT. selaku Ketua Departemen Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
3. Bapak Arief Kurniawan, ST., MT. dan Bapak Eko Mulyanto Yunarno, ST., MT. atas bimbingan selama mengerjakan penelitian. Dan bapak-ibu dosen pengajar Departemen Teknik Komputer atas bimbingan serta perhatian yang diberikan.
4. Seluruh teman-teman dari Teknik Komputer, Laboratorium B201 dan B401.

Kesempurnaan hanya milik Allah SWT, untuk itu penulis memohon segenap kritik dan saran yang membangun. Dan semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi semua. Amin.

Surabaya, Januari 2020
Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

Abstrak **i**

Abstract **iii**

KATA PENGANTAR **v**

DAFTAR ISI **vii**

DAFTAR GAMBAR **ix**

DAFTAR TABEL **xi**

DAFTAR KODE **xiii**

1 PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar belakang 1
1.2 Permasalahan 2
1.3 Tujuan 3
1.4 Batasan masalah 3
1.5 Sistematika Penulisan 3

2 TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Kajian Pustaka 5
2.1.1 Sensor Akselerometer 5
2.1.2 Mikrokontroller 6
2.1.3 Varian 8
2.1.4 *Receiver Operating Characteristics* (ROC) 9
2.2 *Related Work* 12

3 DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM **17**
3.1 Desain Sistem 17
3.1.1 Kalibrasi dan Normalisasi Perangkat . . 18

3.1.2 Deteksi Jatuh Berbasis Varian Percepatan Akselerometer 22
3.1.3 Menghitung Varian Percepatan Akselerometer 24
3.1.4 Menentukan *Threshold* Gerakan Jatuh . 27
3.2 Desain Perangkat 31
3.2.1 Posisi Sensor 33

4 PENGUJIAN DAN ANALISIS 35
4.1 Pengujian Alat Pendeteksi Jatuh 35
4.2 Pengambilan Data dan Uji Coba Alat 35
4.2.1 Jatuh ke Depan 36
4.2.2 Jatuh Samping Kanan dan Kiri 40
4.2.3 Jatuh ke Belakang 47
4.2.4 Gerakan Bukan Jatuhan 52
4.3 Hasil Analisis *Receiver Operating Characteristics* (ROC) 54
4.4 Analisis Skala Sensitivitas Sensor 56

5 PENUTUP 63
5.1 Kesimpulan 63
5.2 Saran 64

DAFTAR PUSTAKA 65

Biografi Penulis 67

DAFTAR GAMBAR

1.1 Data Perkembangan Penduduk di Dunia[1]. . . 1

2.1 Tiga sumbu pada sensor Akselerometer 6
2.2 *Pinout* Arduino Nano**??**. 7

3.1 Alur Kerja Sistem 17
3.2 Metodologi Deteksi Jatuh 22
3.3 Diagram alir proses deteksi jatuh 23
3.4 Gambaran Tabel Penghitungan Varian 26
3.5 Kuartil Nilai Ambang Batas 29
3.6 Contoh kurva ROC 30
3.7 Blok Diagram Komponen Utama 31
3.8 Konfigurasi pada *wearable device* 32
3.9 Arah Sumbu Sensor Akselerometer terhadap Pengguna 33

4.1 Pemasangan Alat pada Partisipan 36
4.2 Gerakan Jatuh ke Depan 37
4.3 Hasil Jatuh Depan Cepat 37
4.4 Hasil Jatuh Depan Kecepatan Sedang 38
4.5 Hasil Jatuh Depan Pelan 38
4.6 Varian Gerakan Jatuh Depan 39
4.7 Gerakan Jatuh ke Samping 41
4.8 Jatuh Samping Kanan Cepat 41
4.9 Jatuh Samping Kiri Cepat 42
4.10 Jatuh Samping Kanan Sedang 43
4.11 Jatuh Samping Kiri Sedang 43
4.12 Jatuh Samping Kanan Pelan 44
4.13 Jatuh Samping Kiri Pelan 44
4.14 Varian Gerakan Jatuh ke Kanan 45
4.15 Varian Gerakan Jatuh ke Kiri 46
4.16 Gerakan Jatuh ke Belakang 48

4.17 Hasil Gerakan Jatuh Belakang Cepat 48
4.18 Hasil Gerakan Jatuh Belakang Sedang 49
4.19 Hasil Gerakan Jatuh Belakang Pelan 50
4.20 Varian Gerakan Jatuh Belakang 51
4.21 Hasil Kurva ROC *Threshold* 0.46g sampai 0.52g 57
4.22 Grafik data jatuh depan dengan skala 2g 57
4.23 Grafik data jatuh depan dengan skala 16g . . . 58
4.24 Grafik varian jatuh depan dengan skala 2g . . . 59
4.25 Grafik varian jatuh depan dengan skala 16g . . 59

DAFTAR TABEL

2.1 *Confusion Matrix*(Fawcett, 2006). 10

3.1 *Range* dan skala MPU6050 (MPU-Datasheet) . 19
3.2 Nilai rata-rata percepatan kondisi diam setiap sumbu akselerometer. 20
3.3 Hasil penghitungan akurasi dari kuartil ambang batas 29
3.4 *Pinout* pada *Wearable Device*. 32

4.1 Tabel Pengujian Bukan Gerakan Jatuhan . . . 53
4.2 Tabel Uji *Threshold* 54
4.3 Tabel Akurasi Sejumlah Threshold 55
4.4 *Confusion table* dengan *Threshold* 0.5g 55
4.5 Tabel Uji Coba Gerakan Jatuh 61

Halaman ini sengaja dikosongkan

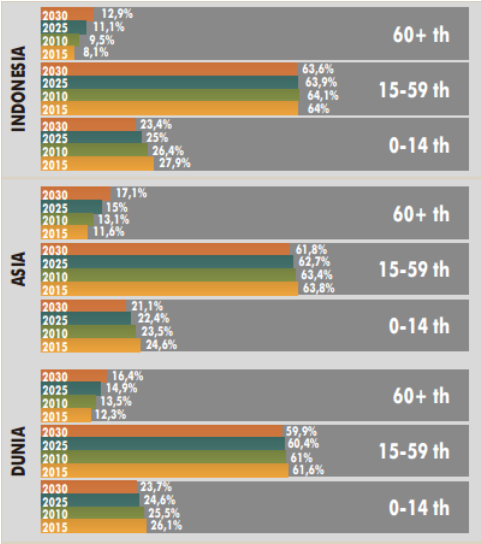
DAFTAR KODE

3.1 Fungsi *map* pada Arduino IDE 21
3.2 Penggeseran urutan data ketika terdapat pembacaan baru 26

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang



Gambar 1.1: Data Perkembangan Penduduk di Dunia[1].

Berdasarkan data proyeksi penduduk yang diterbitkan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, diperkirakan di tahun 2017 terdapat 23,66 juta jiwa penduduk lansia di Indonesia atau dalam prosentase yaitu sebesar 9,03%. Diprediksi jumlah penduduk lansia tahun 2020 sebanyak 27,08 juta jiwa dan terus mengalami kenaikan di tahun 2035 yaitu sebesar 48,19 juta jiwa[2]. Penduduk lanjut usia termasuk dalam kelompok masyarakat yang paling membutuhkan pelayanan kesehatan karena secara biologis mengalami proses penuaan secara terus-menerus dengan ditandai penurunan daya tahan fisik. Seiring bertambah tuanya usia, fungsi dari tubuh khu-

susnya alat gerak juga ikut melemah. Dan menjadi kekhawatiran jika pada kondisi yang lemah ini sewaktu-waktu terjadi hal-hal yang tidak diinginkan yaitu jatuh. Telah banyak kasus dimana lansia mengalami jatuh dan tidak mendapatkan pertolongan karena kurangnya pengawasan yang tidak efisien selama 24 jam penuh. Di Amerika setidaknya terjadi 9.500 kasus jatuh yang menyebabkan kematian pada orang di atas 65 tahun[3]. Dan resiko tersebut meningkat seiring dengan bertambahnya usia.

Memperhatikan hal tersebut, menurut hemat penulis diperlukan suatu penerapan teknologi berbentuk perangkat yang dapat digunakan oleh lanjut usia atau seseorang yang memiliki keterbatasan fungsi gerak bawah untuk mengawasi aktivitasnya. Alat ini dilengkapi dengan sensor akselerometer untuk mengukur perubahan gerak. Selanjutnya serangkaian data yang diperoleh dengan menyimpannya ke modul *SD Card* akan diolah dengan menghitung nilai varian dan jumlah varian dari percepatan sumbu X, Y dan Z. Akan dilakukan serangkaian percobaan awal untuk mendapatkan ambang batas atau *threshold*, yaitu nilai jumlah varian yang membedakan antara gerakan jatuh atau bukan. Kemudian nilai *threshold* tersebut diterapkan pada Mikrokontroller ketika digunakan oleh pengguna. Ketika pengguna terjatuh maka perangkat akan memberikan notifikasi, namun jika sebaliknya maka tidak ada notifikasi yang dihasilkan.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan pada latar belakang, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Tidak ada alarm peringatan langsung kepada sekitar ketika para lanjut usia mengalami terjatuh. Karena jika tidak segera ditolong akan berakibat fatal seperti kerusakan pada organ tubuh atau bahkan menyebabkan

kematian

2. Penelitian sebelumnya tentang *wearable device* untuk pendeteksi jatuh hanya dapat mengenali gerakan jatuh ke depan dan ke belakang
3. Kesibukan anggota keluarga yang tidak dapat melakukan pengawasan setiap waktu

1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan pada perumusan masalah, maka tugas akhir ini bertujuan untuk merancang perangkat pendeteksi gerakan jatuh dengan menggunakan metode penghitungan varian percepatan ketiga sumbu akselerometer. Perangkat ini dapat digunakan oleh para lanjut usia (lansia) atau orang yang memiliki gangguan keterbatasan fungsi gerak lain sehingga harapannya ketika terjadi kondisi jatuh dapat memberikan peringatan kepada sekitarnya dan agar segera tertolong.

1.4 Batasan masalah

Demi memfokuskan masalah yang akan diangkat agar mudah untuk dilakukan pembahasan maka perlu adanya batasan masalah, meliputi :

1. Perangkat ini digunakan hanya untuk mendeteksi gerakan terjatuh
2. Serangkaian data masukan yang akan diproses merupakan data dari hasil sensor akselerometer.

1.5 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian tugas akhir ini tersusun dalam sistematika dan terstruktur sehingga mudah dipahami dan dipelajari oleh pembaca maupun seseorang yang ingin melanjutkan penelitian ini. Alur sistematika penulisan laporan penelitian ini yaitu :

1. BAB I Pendahuluan
   Bab ini berisi uraian tentang latar belakang permasalahan, batasan masalah yang diteliti, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi, dan sistematika laporan.

2. BAB II Dasar Teori
   Pada bab ini berisi tentang uraian sistematis teori penunjang yang menjadi referensi dalam pengerjaan tugas akhir ini. Teori penunjang tersebut meliputi tentang sensor akselerometer, mikrokontroller yang digunakan, varian dan teori penunjang lainnya.

3. BAB III Perancangan Sistem dan Impementasi
   Bab ini berisi penjelasan tentang desain atau perancangan sistem yang diwujudkan dalam bentuk blok dan implementasi sistem yang merupakan pelaksanaan teknis yang disertai penjabaran dari setiap blok diagram pada desain sistem.

4. BAB IV Pengujian dan Analisa
   Bab ini merupakan pemaparan dan analisa mengenai hasil pengujian alat pada pengguna seperti pengujian aktivitas normal dan terjatuh, hasil penghitungan varian, dan analisis grafik yang didapatkan dari sensor akeselerometer untuk mengetahui tingkat kesalahan dan akurasi keberhasilan dari metode yang digunakan.

5. BAB V Penutup
   Bab ini merupakan penutup yang berisi kesimpulan yang diambil dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan. Saran dan kritik yang membangun untuk pengembangkan lebih lanjut juga dituliskan pada bab ini.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

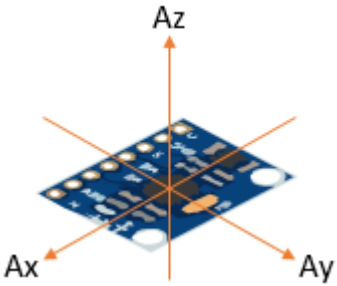
Pada bab ini membahas dasar-dasar teori yang mendukung penyusunan Tugas Akhir ini. Bab ini diawali penjelasan seputar alat yang akan dirakit meliputi sensor akselerometer dan mikrokontroller. Teori yang digunakan seperti nilai percepatan gaya di sumbu X, Y dan Z pada sensor akselerometer dan metode varian. Bagian tersebut akan dijelaskan dalam subbab masing-masing agar dapat memberikan gambaran secara umum pada perangkat yang akan dibuat.

2.1.1 Sensor Akselerometer

Akselerometer adalah sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan suatu objek. Percepatan merupakan perubahan kecepatan terhadap waktu tertentu. Perubahan ini bisa terjadi dua kondisi yaitu semakin cepat maupun semakin lambat. Percepatan ini juga merupakan besaran vektor karena memiliki besaran dan arah geraknya.

Akselerometer dapat mengukur percepatan dinamis dan percepatan statis. Pengukuran dinamis adalah pengukuran percepatan pada objek bergerak. Contohnya adalah mobil yang melaju di jalan atau pada saat melompat dan berlari. Sedangkan pengukuran statis adalah pengukuran terhadap gravitasi bumi. Nilai percepatan statisnya selalu tetap yaitu 1g (g = 9,80665 m/s2). Percepatan statis ini dapat digunakan untuk mendeteksi kemiringan. Pengaplikasiannya seperti pada *smartphone* yang secara otomatis mengubah mode *landscape* dan *portrait* pada layar ketika mengubah posisinya dan juga ketika sedang bermain yang menjadikan *smartphone* seperti kemudi mobil.

Sesuai dengan namanya prinsip kerja dari akselerometer adalah prinsip percepatan (acceleration). Sebuah per dengan beban dan kemudian dilepaskan. Beban akan bergerak dengan suatu percepatan sampai kondisi tertentu lalu berhenti. Bila ada sesuatu yang menggoncangkannya maka beban akan berayun kembali. Akselerometer merupakan sebuah tranduser yang berfungsi mengukur percepatan, mendeteksi sekaligus mengukur getaran, atau untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi. Pengukuran kapasitansi inilah yang umumnya menjadi hasil pengukuran *chip*. Agar sensor bisa mendeteksi tiga dimensi, maka dibutuhkan tiga pasang plat yang dipasang tegak lurus antar masing-masing. Ilustrasi sensor akselerometer yang menggunakan tiga sumbu (X, Y dan Z) adalah seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Tiga sumbu pada sensor Akselerometer

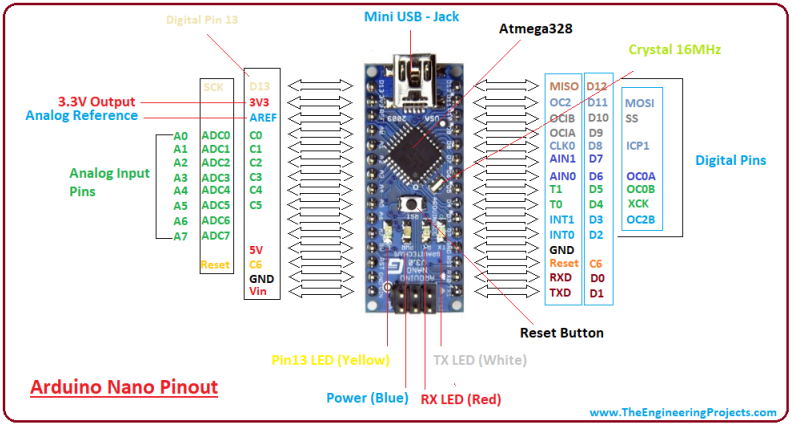
.

2.1.2 Mikrokontroller

Dalam tugas akhir ini akan dibuat perangkat pengenalan gerakan jatuh dengan menggunakan mikrokontroller sebagai pusat pengendalinya. Jenis mikrokontroller yang digunakan adalah Arduino Nano yang merupakan salah satu varian produk dari Arduino. Varian tersebut digunakan karena pertimbangan ukuran fisik yang kecil, merupakan board Arduino

terkecil, sehingga tidak membutuhkan banyak tempat dalam komposisi perangkat. Mikrokontroller ini dapat bekerja dengan catu daya langsung pada *mini-USB port* atau menggunakan catu daya luar dengan menggunakan pin 30 sebagai positif dan pin 29 sebagai negatif. Tegangan kerja sebesar 7-12 volt, atau dengan tegangan 5 volt pada pin 28 positif dan pin 29 negatif. Memiliki memori ATmega168 untuk Arduino Nano 2.x dengan flash memori sebesar 16 KB dan ATmega328 untuk Arduino Nano 3.x dilengkapi flash memori sebesar 32 KB, masing-masing dikurangi 2 KB untuk *boatloader*. Selain itu dilengkapi dengan SRAM dan EEPROM dengan masing-masing sebesar 1 KB dan 512 B untuk Atmega168, sedangkan Atmega328 adalah 2 KB dan 1 KB.

Arduino Nano memiliki 14 pin digital I/O dan 8 pin analog. Dilengkapi dengan komunikasi serial UART TTL sebesar 5 volt. Selain dapat berkomunikasi dengan data serial melalui virtual com-port, juga dilengkapi dengan mode komunikasi I2C dan SPI untuk dapat berkomunikasi antar hardware.



Gambar 2.2: *Pinout* Arduino Nano??.

2.1.3 Varian

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi gerakan jatuh yaitu dengan menggunakan pembelajaran mesin *(machine learning)* seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Adlian Jefiza[4]. Metode pembelajaran mesin memang memiliki akurasi yang baik namun membutuhkan biaya komputasi yang tinggi, waktu yang lama dalam memproses data *(training)* dan juga konsumsi energi yang besar. Berbeda dengan penggunaan nilai ambang batas *(threshold)* seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Andi Rokhman Hermawan[5]. Meskipun memiliki akurasi yang tidak sebaik pembelajaran mesin, metode ini lebih cocok diterapkan pada perangkat yang dipakai *(wearable device)*. Karena menggunakan komputasi yang sederhana sehingga energi yang digunakan juga lebih rendah dan mampu diimplementasikan pada perangkat yang berukuran kecil seperti mikrokontroller. Penghitungan pada percepatan sensor akselerometer adalah dengan menggunakan besarnya vektor dari ketiga sumbunya, yaitu sumbu X, Y dan Z. Namun hasil implementasi dari perangkat pendeteksi jatuh tersebut adalah untuk mengenali gerakan jatuh ke depan dan belakang saja.

Perbedaan dengan penelitian sebelumya adalah penghitungan nilai akselerasi pada penelitian ini yaitu menggunakan fitur statistik varian. Varian atau ragam dalam teori probabilitas dan statistika adalah alat ukur variabilitas serangkaian data yang dihitung dengan mencari rata-rata selisih atau beda kuadrat antara data observasi dengan pusat datanya yang biasanya menggunakan rata-rata[6]. Ukuran varian ini tidak pernah diperoleh harga negatif meskipun data yang dihitung semuanya bernilai negatif. Apabila didapatkan nilai untuk ukuran varian tersebut adalah nol artinya data yang dimiliki tidak beragam. Demikian juga sebaliknya jika nilai untuk ukuran varian semakin menjauhi nol, maka dapat dikatakan

data yang dimiliki semakin beragam.

Nilai varian merupakan ukuran simpangan kuadrat sehingga di dalamnya melibatkan nilai kuadrat dari setiap data yang dimiliki. Terdapat sedikit perbedaan dalam menggunakan pendekatan rumus karena varian sebagai ukuran variasi dapat dihitung dari populasi dan sampel. Varian yang dihitung dari populasi disebut sebagai varians populasi (sebagai parameter) sedangkan ukuran yang diperoleh dari sampel disebut sebagai varians sampel (sebagai statistik). Untuk varian populasi ditulis pada persamaan 2.1.

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x_i - \mu)^2}{n} \tag{2.1}$$

Keterangan :

x_i = data ke-i

μ = rata-rata populasi

n = total jumlah populasi

Sedangkan varian sampel yang dilambangkan dengan (S^2) ditulis pada persamaan 2.2

$$S^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \tag{2.2}$$

Keterangan

x_i = data ke-i

$\bar{x}$ = rata-rata sampel

n = jumlah sampel yang digunakan

2.1.4 *Receiver Operating Characteristics* (ROC)

Receiver Operating Characteristics atau yang sering disebut ROC merupakan kurva pengukuran kinerja yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan klasifikasi di beberapa

Tabel 2.1: *Confusion Matrix*(Fawcett, 2006).

		Target	
		V	NV
Hasil Identifikasi	V	TP	FP
	NV	FN	TN

pengaturan ambang batas atau *threshold*. Sebelum serangkaian data dipetakan dalam bentuk kurva, data terlebih dahulu harus dibedakan menurut kelasnya dengan menggunakan *confusion matrix*[7]. Data hasil percobaan akan diperoleh empat nilai, masing-masing adalah *true positive, true negative, false positive, dan false negative*. Kondisi pertama adalah *true* dimana terjadi kesesuaian antara harapan dan realitas. Maksudnya adalah hasil yang diperoleh antara data yang diuji dengan hasil identifikasinya adalah sama. Berbeda dengan kelas kedua yaitu *false*. Pada kondisi ini antara harapan dan realitas tidak sesuai. Terjadi kesalahan identifikasi. Sehingga hasil yang diperoleh antara data yang diujikan dengan identifikasinya berbeda. Selanjutnya masing-masing kondisi memiliki dua kelas yaitu positif dan negatif. Positif adalah data yang teridentifikasi sebagai kelas tersebut. Dan negatif adalah data yang teridentifikasi bukan dari kelas tersebut. Misalkan *true positive* (TP) menunjukkan data yang teridentifikasi terjatuh (V). *False positive* (FP) merupakan data yang seharusnya teridentifikasi dengan tepat pada kelasnya ternyata dalam proses klasifikasi salah dalam mengidentifikasi[8]. *True negatif* (TN) merupakan data yang bukan anggota kelas tersebut teridentifikasi tepat bukan anggota kelas tersebut (NV). *False negatif* (FN) menunjukkan data yang seharusnya bukan anggota dari kelas tersebut teridentifikasi sebagai anggota kelas tersebut. Pemetaan dari masing-masing nilai tersebut dapat dilihat dalam *confusion matrix* Tabel 2.1

Berdasarkan keempat nilai tersebut diperoleh nilai *True Positive Rate* (TPR) yang dikenal dengan istilah *sensitivity* yaitu data yang teridentifikasi secara benar berdasarkan persamaan 2.3.

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN} \tag{2.3}$$

False Positive Rate (FPR) atau *specificity* adalah nilai yang menunjukkan tingkat kesalahan dalam melakukan identifikasi yang diperoleh berdasarkan persamaan 2.4 sedangkan nilai yang menunjukkan keakuratan dari identifikasi yaitu *accuracy* diperoleh dari persamaan 2.5.

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN} \tag{2.4}$$

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} x100\% \tag{2.5}$$

Berdasarkan Tabel 2.1, untuk menggambarkan kurva ROC yang dibutuhkan adalah *True Positive Rate* (TPR) dan *False Positive Rate* (FPR). Ruang ROC didefinisikan oleh FPR dan TPR yang mewakili sumbu X dan Y secara berurutan. ROC menggambarkan kondisi antara *True Positif* dan *False Positif*. Koordinat (0,1) pada grafik ROC adalah mewakili nilai dari *sensitivity* 100% atau *specificity* sebesar 100% (tidak terdapat *False Positive*). Titik (0,1) juga disebut klasifikasi yang sempurna.

Untuk menghitung nilai Sensitivitas, Presisi dan Spesifikasi dapat menggunakan persamaan 2.6, 2.7 dan 2.8.

$$Sensitivitas = \frac{TP}{TP + FN} x100\% \tag{2.6}$$

$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP} x100\% \tag{2.7}$$

$$Spesifikasi = \frac{TN}{TN + FP} x100\% \tag{2.8}$$

2.2 *Related Work*

Pada subbab ini akan dipaparkan beberapa contoh penelitian sejenis yang telah dilakukan guna mengetahui jenis metodologi dan perangkat yang digunakan.

Seperti penelitian yang dilakukan oleh Selvaraj et al.[9] mengungkapkan bahwa terdapat permasalahan jatuh pada manula saat menaiki tangga karena tersandung atau tergelincir yang dalam beberapa kasus berakibat fatal. Sehingga diperlukan pemecahan masalah dengan cara memberitahukan manula untuk menapakkan kaki dengan benar. Metode yang digunakan adalah menghitung jarak kaki dan sudut kaki ketika berayun dengan menggunakan sensor jarak VL6180X dan sensor BNO055 IMU. Sensor tersebut dipasang pada sepatu pengguna. Data yang didapatkan kemudian dikirim dengan bluetooth berenergi rendah ke komputer. Selanjutnya data tersebut dianalisa menggunakan ANOVA (analysis of variance) untuk membandingkan jarak rata-rata yang signifikan antar tangga.

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Lan et al.[10] menjelaskan bahwa permasalahan jatuh pada orang tua dapat mengakibatkan kematian. Sehingga diperlukan perangkat pendeteksi jatuh yang real-time untuk memberitahukan informasi kepada orang lain dan mengurangi tingkat kecelakaan lebih lanjut. Metode yang digunakan adalah menghitung

akselerasi tri-aksial dengan signal vector magnitude (SVM). Gerakan sinyal dibagi menjadi dua kondisi yaitu normal dan abnormal. Gerakan sinyal abnormal akan dikenali sebagai sinyal jatuhan. Selanjutnya data akan dikirim ke server rumah yang terdiri dari wireless dan software untuk memperbarui status pengguna dan menampilkan pesan peringatan jika terjadi bahaya.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Tan et al.[11] adalah mengembangkan sistem pendeteksi jatuh otomatis untuk orang tua menggunakan akselerometer 3-DOF. Sistem dapat bekerja dengan baik di luar maupun di dalam ruangan. Terdapat dua fungsi utama pada sistem ini yaitu mendeteksi gerakan jatuh secara otomatis ketika mereka sendirian berada di rumah dan mengirimkan SMS kepada kontak orang-orang terdekatnya. Metode yang digunakan adalah memformulasi rata-rata, orientasi dan standar deviasi data. Sehingga sistem dapat mengenali postur tubuh dan gerakan jatuh. Modul tersebut dapat menggolongkan empat postur mendasar diantaranya berbaring, berdiri, berjalan dan lain sebagainya. Pengenalan postur ini diperoleh dengan menghitung *zero cross rate* (ZCR) dari nilai percepatan yang diperoleh dari sensor ADXL345. Jika ZCR sama dengan nol, berarti pengguna sedang dalam posisi stabil (seperti berbaring atau berdiri). Selain itu dalam pengenalan ini digunakan dua buah *threshold*. Pertama untuk memastikan pengguna sedang berjalan, sebaliknya threshold kedua memastikan pengguna sedang dalam postur berdiri atau berbaring. Sedangkan untuk deteksi gerakan jatuh menggunakan rumus perbedaan (selisih) antara dua percepatan data yang berurutan. Sehingga penentuan kondisi jatuh pada sistem ini adalah mengombinasi antara pengenalan postur dan deteksi gerakan jatuh.

Jurnal dengan topik deteksi jatuh untuk manula dengan menggunakan akselerometer juga dilakukan oleh Hermawan,

A.R. et al.[5] dari Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan judul *A Wearable Device for Fall Detection Elderly People Using Tri Dimensional Accelerometer* Penelitian tersebut ditujukan untuk mengawasi dan memantau manula apakah terjadi insiden jatuh atau tidak dengan *wearable device*. Sensor yang digunakan adalah akselerometer 3 sumbu untuk menghitung akselerasi gerakan pengguna. Metode yang digunakan adalah menghitung magnitudo vektor persamaan kuadrat dari percepatan sumbu X, Y, dan Z serta menghitung nilai dari sudut kemiringan *pitch*, *roll* dan *yaw*. Dalam pengenalan gerakan jatuhan menggunakan nilai ambang batas sebesar 0.5g, nilai *pitch* sebesar 40, dan nilai *roll* antara -40 hingga 40. Tingkat keberhasilan perangkat untuk mendeteksi gerakan jatuh ke depan adalah 95% dan 75% jatuh belakang.

Penelitian lain yang sejenis juga dilakukan oleh Anak Agung[12] dengan judul *Internet of Things* untuk Memantau Kondisi serta Aktivitas Manula menggunakan TurtleBot sebagai *Gateway*. Sebuah *wearable device* digunakan manula sebagai pemantaunya. Perangkat tersebut memiliki beberapa sensor sehingga mampu mendeteksi keadaan tidak normal pada lansia dan mengirimkan sinyal kepada robot untuk diteruskan sebagai notifikasi. Protokol komunikasi yang digunakan oleh perangkat ini adalah WiFi. Nantinya, lansia akan mengenakan perangkat ini pada sekitaran pinggang mereka. Kebanyakan pengembang di dunia, biasanya mengembangkan perangkat ini menggunakan mikrokontroller sebagai komponen utama dan beberapa sensor untuk mengakuisisi datanya. Metode yang digunakan untuk mendeteksi kondisi jatuh dari manula adalah *Sum Vector Magnitude* (SVM) yaitu menjumlahkan kuadrat dari percepatan pada masing-masing sumbu kemudian mengakarkannya. Percepatan ini nantinya akan di *learning* untuk mendapatkan *threshold* yang tepat dan akan

digunakan sebagai acuan untuk mendeteksi jatuh. Mulanya perangkat akan melakukan pengecekan terhadap percepatan yang terjadi pada modul akselerometer, jika modul memenuhi *threshold* percepatan sesuai metode yang digunakan, maka device akan melakukan pengecekan terhadap *angle* pada sumbu X. Jika sudut memenuhi sudut yang ditentukan maka perangkat akan menganggap manula terjatuh.

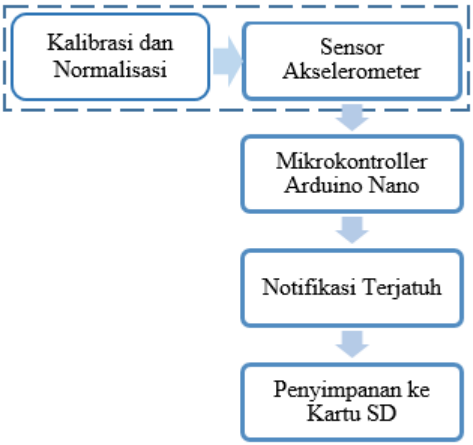
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3
DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

3.1 Desain Sistem

Tugas akhir ini merupakan salah satu bentuk dari pengolahan informasi yang tujuannya untuk mengetahui kondisi jatuh pada orang yang membutuhkan seperti pada manula yang mengalami penurunan kemampuan mempertahankan tubuh atau orang yang mengalami situasi yang sejenis. Caranya adalah memasangkan perangkat kepada pengguna seperti memakai tas pinggang. Perangkat tersebut mampu mendeteksi getaran karena terpasang sensor MPU 6050. Informasi yang didapatkan selanjutnya akan diolah hingga selanjutnya perangkat mampu mengenali kondisi jatuh.

Penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan desain sistem berikut dengan implementasinya. Desain sistem merupakan



Gambar 3.1: Alur Kerja Sistem

konsep dari pembuatan dan perancangan infrastruktur dan kemudian diwujudkan dalam bentuk blok-blok alur yang harus dikerjakan. Kemudian pada bagian implementasi merupakan penjelasan dari pelaksanaan teknis untuk setiap blok pada desain sistem.

3.1.1 Kalibrasi dan Normalisasi Perangkat

Dalam proses manufaktur sensor akselerometer terdapat variasi dari perangkat satu ke perangkat lain yang menyebabkan hasil percepatan tiap sensor berbeda-beda[13] Pada setiap sensor akselerometer sebenarnya sudah dikalibrasi oleh manufaktur. Namun, nilainya menjadi kurang tepat lagi dikarenakan tekanan panas saat sensor disolder pada papan sirkuit, penempatan yang sedikit miring dan proses-proses perakitan sensor yang lain. Oleh karena itu kalibrasi ulang pada sensor akselerometer perlu dilakukan. Selain faktor tersebut, posisi penggunaan sensor di gedung lantai dasar dengan penggunaan di gedung lantai atas juga mempengaruhi.

Tahapan pertama yang harus dilakukan adalah mendapatkan nilai 1g, -1g dan 0g. Cara mendapatkan nilai -1g sensor dipegang dengan gerakan sumbu perangkat menghadap ke atas melawan gravitasi, kemudian untuk mendapatkan nilai 1g yaitu dengan mengaktifkan perangkat secara terbalik, sedangkan nilai 0g dikumpulkan saat sumbu tegak lurus terhadap gravitasi (horizontal).

Namun ada cara lain untuk mencari kalibrasi, yaitu dengan menggunakan skala sensivitas. Nilai skala didapatkan dari *datasheet* MPU 6050 sesuai sensor yang digunakan pada penelitian ini. Penggunaan module ini sedikit dipermudah, sesudah nilai offset dimasukkan kedalam program pendeteksi jatuh, nilai raw data disesuaikan dengan skala ketentuan sensor dalam Tabel 3.2.

Penggunaan *range* ini disesuaikan dengan kebutuhan pa-

Tabel 3.1: *Range* dan skala MPU6050 (MPU-Datasheet)

***Range* Akselerometer**	**Skala Sensivitas**(LSB/g)
$\pm 2g$	16,384
$\pm 4g$	8,192
$\pm 8g$	4,096
$\pm 16g$	2,048

da program. Dalam penelitian ini menggunakan *range* 2g untuk akselerometer. Maka disesuaikan dengan skala yang ditetapkan.

$$A_{axis} = \frac{Skala}{Araw_{axis}} \tag{3.1}$$

Rumus digunakan untuk menghitung nilai akselerometer, dimana pada penelitian ini, nilai A_{axis} adalah nilai akselerometer yang diharapkan, $Araw_{axis}$ adalah nilai raw data keluaran sensor, dan skala adalah nilai ketetapan berdasarkan *range* yang digunakan. Sedangkan untuk menghitung nilai giroskop hampir sama dengan cara menghitung akselerometer.

Setelah melakukan proses kalibrasi alat maka langkah berikutnya adalah melihat data yang dihasilkan dan merubahnya dalam bentuk grafik. Pada kasus ini terdapat ketidakcocokan terhadap nilai yang dihasilkan karena terjadi perbedaan nilai maksimal dan minimal pada grafik. Situasi tersebut dapat terjadi ketika sisi positif sensor dibalik menjadi sisi negatifnya. Nilai yang ditunjukkan sumbu positif dan negatif harus sama. Oleh karena itu diperlukan upaya normalisasi pada sensor MPU-6050.

Pada posisi diam akselerometer diletakkan pada bidang datar. Alat ini dihadapkan pada enam arah sumbu koordinat.

Tabel 3.2: Nilai rata-rata percepatan kondisi diam setiap sumbu akselerometer.

Sumbu Akselerometer	**rata-rata(g)**
X+	0.951
X-	-1.043
Y+	0.994
Y-	-1.004
Z+	1.054
Z-	-0.925

Masing-masing adalah arah sumbu positif X, Y dan Z kemudian arah sumbu negatif X-, Y-, dan Z-. Pada setiap sesinya data direkam selama satu menit. Dalam satu sesi tersebut diperoleh lebih dari 250 data. .

Tahap selanjutnya menghitung rata-rata dari setiap arah sumbu. Misalkan jika diarahkan pada sumbu X positif atau negatif, maka yang dihitung rata-ratanya hanya dari sumbu X. Hasil dari rata-rata setiap sumbu dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tahapan berikutnya adalah mencari nilai *offset* pada setiap sumbu dengan menggunakan persamaan 3.2.

$$A_{off} = \frac{A_{(g+)} + A_{(g-)}}{2} \tag{3.2}$$

A_{off} merupakan nilai *offset* tiap sumbu pada akselerometer yang akan dinormalisasi. Nilai tersebut didapatkan dari hasil penghitungan hasil rata-rata sumbu positif dan negatifnya seperti pada tabel 3.2. Nilai tersebut menjadi titik patokan penyekalaan data yang dibaca akselerometer dengan cara

mengurangi setiap data yang didapatkan.

$$A_{N(i)} = A_{out(i)} - A_{off} \tag{3.3}$$

$A_{N(i)}$ merupakan hasil normalisasi pada data ke-i dari $A_{out(i)}$ yang merupakan data awal sebelum dinormalisasi.

```
//Normalisasi 3 sumbu pada Akselerometer
Ax = map(Ax, -15250, 17300, -16275, 16275);
Ax = map(Ax, -16700, 16110, -16406, 16406);
Ax = map(Ax, -11200, 21900, -16550, 16550);
```

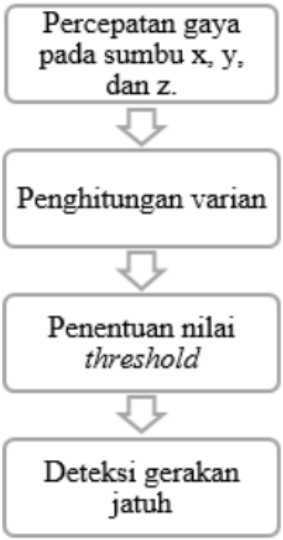
Kode 3.1: Fungsi *map* pada Arduino IDE

Fungsi *map*() pada Arduino IDE digunakan untuk mengonversikan bilangan dari suatu rentang ke rentang bilangan lain. Pada Arduino IDE fungsi *map*() yang tersedia hanya untuk bilangan *integer*. Perinciannya adalah *map(value, fromLow, fromHigh, toLow, toHigh)*. Value merupakan variabel sumbu yang akan dihitung, misalkan Ax sebagai nilai percepatan di sumbu X. Selanjutnya adalah mengetahui nilai tertinggi dan terendah dari setiap sumbu di posisi diam yaitu $fromLow$ merupakan nilai terkecil pada rentang pertama dan $fromHigh$ merupakan nilai tertinggi pada rentang pertama. Selajutnya adalah $toLow$ merupakan hasil nilai terkecil pada rentang kedua dan $toHigh$ merupakan hasil nilai tertinggi pada rentang kedua. Untuk mengetahuinya nilai terkecil dan tertinggi pada rentang pertama adalah dengan menggunakan nilai rata-rata dari tiap sumbu pada polaritas positif dan negatif di kondisi diam. Sensor akan diaktifkan dan dibiarkan diam selama beberapa waktu. Sekumpulan nilai yang telah dihasilkan selanjutnya dihitung rata-ratanya. Hasil normalisasi didapatkan dengan membagi dua hasil pengurangan nilai rata-rata sumbu positif dan negatif. Pada gambar **??** data yang digunakan merupakan nilai rata-rata sebelum dibagi de-

ngan skala sensitivitas 2g.

3.1.2 Deteksi Jatuh Berbasis Varian Percepatan Akselerometer

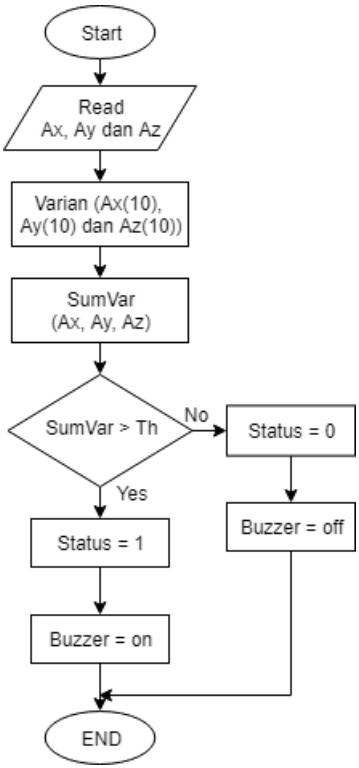
Proses deteksi jatuh diawali dengan mendapatkan nilai percepatan gaya pada tiga sumbu yaitu X, Y dan Z. Selanjutnya adalah menghitung varian akselerasi setiap sumbu dengan persamaan yang telah dijelaskan pada BAB 2. Selanjutnya adalah menentukan nilai ambang batas yang akan digunakan sebagai penentu gerakan jatuhan atau bukan jatuhan. Per-



Gambar 3.2: Metodologi Deteksi Jatuh

angkat pendeteksi jatuh akan bekerja dengan terlebih dahulu memindai MPU6050 dan modul penyimpanan *SD Card*. Jika keduanya terdeteksi selanjutnya perangkat akan membaca percepatan gaya tiga sumbu data dari sensor akselerometer, yaitu Ax, Ay, dan Az. Karena hanya membutuhkan akselerometer, maka fungsi pembacaan giroskop dapat dimatikan.

Kemudian perangkat akan menjalankan penghitungan varian sepuluh sampel data dari ketiga sumbu.



Gambar 3.3: Diagram alir proses deteksi jatuh

Sepuluh baris data nilai akselerasi tiap sumbu menghasilkan satu nilai varian. Hasil varian selanjutnya dijumlahkan dan menghasilkan nilai baru yang diberi nama $SumVar$. Jika kondisi terpenuhi, yaitu ketika $SumVar$ melebihi nilai ambang batas atau *threshold* (Th) maka status akan menjadi 1 yang mengakibatkan *buzzer* aktif dan berbunyi. Jika tidak maka status tetap bernilai 0 dan *buzzer* tidak aktif. Perangkat

akan terus bersuara hingga pengguna menekan saklar *off* untuk menghentikannya. Kemudian *pushbutton* berwarna hijau, berfungsi sebagai *start/stop* penyimpanan di kartu SD. Ketika *pushbutton* ditekan sekali maka akan dibuatkan file dalam bentuk .txt dengan fungsi *write* sebagai wadah penyimpanan data yang dibaca oleh sensor. Data yang disimpan diantaranya nomor baris, nilai dari tiga sumbu akselerometer, varian, penjumlahan varian, dan status. Jika *pushbutton* ditekan kedua kalinya maka *file.txt* akan ditutup. Proses penghitungan akan tetap berjalan namun tidak tersimpan di kartu memori. Proses deteksi jatuh dengan menggunakan nilai ambang batas dapat dilihat pada diagram

3.1.3 Menghitung Varian Percepatan Akselerometer

Pada subbab ini dijelaskan cara menghitung varian dari data yang berhasil diperoleh dari sensor MPU 6050. Penjelasan lebih lengkap tentang ragam atau varian telah dibahas di bab sebelumnya. Terdapat dua jenis varian yaitu populasi dan sampel. Namun yang akan digunakan disini adalah varian sampel. Alasannya adalah karena untuk mendapatkan penghitungan jatuhan perlu menghitung varian ketika dalam keadaan jatuh. Namun satu sesi uji coba didapatkan beberapa gerakan jatuh dan bukan jatuhan. Caranya adalah pertama setiap data yang diperoleh selanjutnya disimpan pada *array* berukuran 10 dengan tipe data *float* sehingga diperlukan sebuah *array* untuk masing-masing sumbu. Ukuran sampel yang digunakan pada penghitungan ini sebesar 10 data. Pada penelitian ini digunakan rentang sampel sebesar 10 karena jatuhan merupakan gerakan yang memiliki perubahan percepatan yang besar. Perubahan signifikan gerakan terjatuh terjadi pada kisaran rentang 10 data. Sehingga jika digunakan rentang sampel yang lebih besar atau kecil dari 10 mengaki-

batkan kurangnya kemampuan perangkat untuk membedakan antara gerakan jatuh dan bukan. Setiap sepuluh data yang diperoleh dan disimpan pada *array* sumbu X, Y dan Z akan dihitung nilai rata-ratanya. Karena setiap data baru yang terbaca mikrokontroller akan dihitung variannya maka rata-rata yang digunakan adalah nilai terbaru dari rata-rata sembilan data sebelumnya dengan satu data baru yang didapatkan. Penghitungan ini dapat disebut sebagai *moving average* atau rerata yang berganti. Dapat dilihat pada persamaan 3.4 dan 3.5.

$$\overline{x}_{awal} = \frac{1}{n}\sum_{i}^{n} x_i \tag{3.4}$$

$$\overline{x}_{baru} = \frac{1}{n}\sum_{i+1}^{n+1} x_i \tag{3.5}$$

Keterangan :

$\overline{x}_{awal}$ = nilai rata-rata awal

$\overline{x}_{baru}$ = nilai rata-rata baru

Selanjutnya adalah menguadratkan setiap pengurangan nilai data dan rata-rata kelompok data kemudian melakukan penjumlahan. Terakhir nilai varian diperoleh dengan membagi hasil penjumlahan kuadrat tersebut dengan ukuran sampel. Varian setiap sumbu selanjutnya dijumlahkan.

$$Sumvarian = (varian_x + varian_y + varian_z) \tag{3.6}$$

Keterangan :

$Sumvarian$ = total penjumlahan 3 sumbu varian

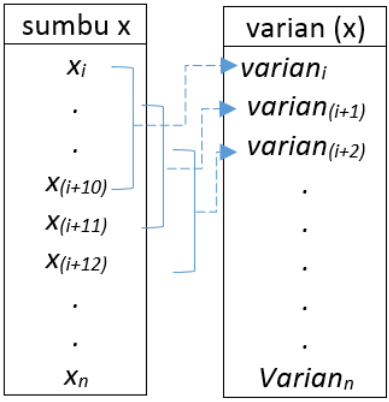
$varian_x$ = varian pada sumbu X

Satu proses penghitungan ini menghasilkan empat nilai

varian, yaitu varian sumbu X, Y dan Z dan penjumlahan varian *(sum varian)*. Proses penghitungan varian tetap berjalan dengan data yang berhasil dibaca oleh mikrokontroller. Setiap data baru yang terbaca dari ketiga sumbu akselerometer, maka sampel yang akan dihitung bergeser dengan memasukkan nilai tersebut dan mengabaikan nilai paling awal atau indeks terkecil di *array* sebelumnya. Sehingga didapatkan persamaan 3.7 yaitu persamaan varian dari nilai terbaru.

$$varian_{(i+1)} = \frac{\sum_{i+1}^{n}(x_i - \bar{x}_{baru})^2}{n-1} \tag{3.7}$$

Hasil nilai varian baru yaitu $varian_{(i+1)}$ yang telah didapatkan akan disimpan di modul kartu SD yang selanjutnya digunakan untuk *plotting* grafik dan menentukan nilai *threshold*. Berikut ini adalah contoh gambaran penghitungan nilai varian data percepatan di sumbu X.



Gambar 3.4: Gambaran Tabel Penghitungan Varian

```
//Menggeser urutan
for(int i = 0; i < SAMPLE; i++) {
```

```
arrX[i] = arrX[i+1];
arrY[i] = arrY[i+1];
arrZ[i] = arrZ[i+1];
}
```

Kode 3.2: Penggeseran urutan data ketika terdapat pembacaan baru

Jika dilihat ketika terdapat pembacaan baru setelah 10 data maka dilakukan penggeseran dengan data pertama adalah $x(i+1)$, data kedua adalah $x(i+2)$ dan seterusnya hingga data ke-sepuluh adalah $x(i+11)$. Selanjutnya dilakukan perhitungan varian dengan jumlah sampel sama yaitu 10 data.

3.1.4 Menentukan *Threshold* Gerakan Jatuh

Setelah mengetahui proses perhitungan varian langkah selanjutnya adalah menentukan nilai ambang batas *(threshold)*. Nilai ambang batas ini digunakan untuk memisahkan atau menentukan apakah terjadi gerakan jatuh atau tidak. Jika terjadi gerakan jatuh maka akan diberikan label nilai 1, namun jika sebaliknya maka akan diberikan nilai 0 yang artinya tidak terjadi jatuhan. Data yang diukur merupakan nilai-nilai varian gerakan jatuh yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya.

Diperlukan percobaan beberapa gerakan seperti pra jatuh, terjatuh dan paska jatuh untuk mengetahui perbedaan nilai varian yang dihasilkan. Pada penentuan nilai *threshold* ini dilakukan uji coba 10 gerakan jatuh pada sembilan partisipan. Sehingga total yang akan diperoleh adalah 90 gerakan jatuh. Kemudian untuk mendapatkan nilai ambang batasnya menggunakan penghitungan kuartil yang terdiri dari kuartil bawah, tengah dan atas. Mulainya adalah dengan mencari nilai tertinggi atau maksimal dari gerakan tidak jatuh pada sekumpulan data yang telah diperoleh dan mencari nilai terendah atau minimal dari gerakan jatuhnya juga. Dapat dilihat

pada persamaan 3.8 dan 3.9.

$$x_{max} = max\{x_1, x_2, ..., x_n\} \tag{3.8}$$

$$y_{min} = min\{y_1, y_2, ..., y_n\} \tag{3.9}$$

Keterangan :

x_{max} = nilai maksimal dari data gerakan bukan jatuhan

y_{min} = nilai minimal dari data gerakan jatuhan

Selisih dari kedua nilai tersebut selanjutnya dibagi menjadi beberapa nilai kuartil ambang batas yaitu $Q1$, $Q2$ dam $Q3$. Persamaan penghitungan kuartil menentukan nilai ambang batas dapat dilihat pada persamaan 3.10, 3.11, dan 3.12.

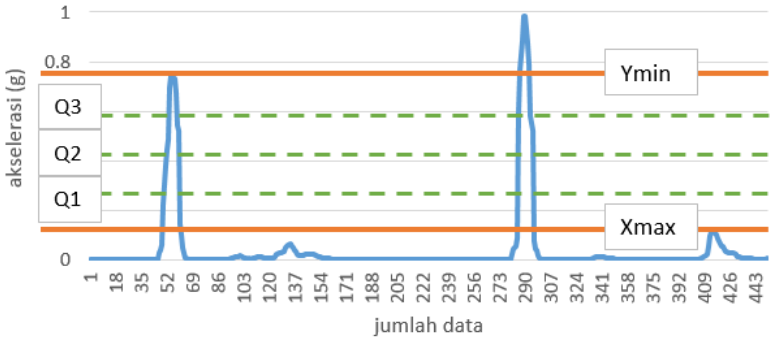
$$Q_1 = \frac{1}{4} \times (y_{min} - x_{max}) + x_{max} \tag{3.10}$$

$$Q_2 = \frac{2}{4} \times (y_{min} - x_{max}) + x_{max} \tag{3.11}$$

$$Q_3 = \frac{3}{4} \times (y_{min} - x_{max}) + x_{max} \tag{3.12}$$

Hasil persamaan tersebut merupakan nilai beberapa ambang batas yang dapat digunakan sebagai penentu gerakan jatuh. Sehingga jika ditampilkan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 3.5.

Hasil nilai *threshold* berdasarkan penghitungan kuartil dapat dilihat pada tabel 3.3. Pada tabel tersebut didapatk-



Gambar 3.5: Kuartil Nilai Ambang Batas

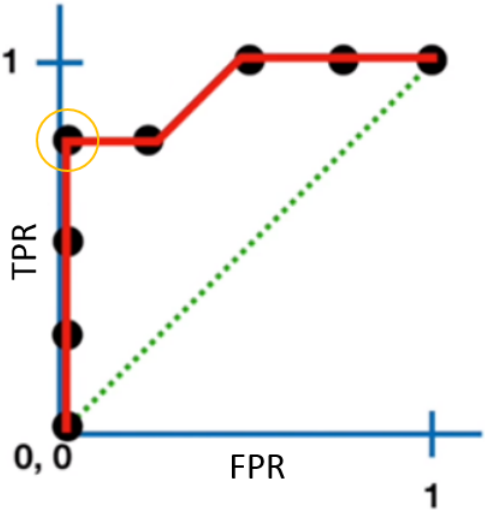
Tabel 3.3: Hasil penghitungan akurasi dari kuartil ambang batas

Kuartil	Nilai Th(g)	TP	TN	FP	FN	Akurasi(%)
Q1	0.317	80	80	9	0	0.946746
Q2	0.368	79	85	4	1	0.970414
Q3	0.42	79	89	0	1	0.994083

an TP, TN, FP dan FN dari ketiga *threshold*. Hasil ini didapatkan dari penghitungan serangkaian jatuhan yang telah dijelaskan sebelumnya. Nilai akurasi setiap kuartil berbeda-beda. Kuartil Q3 dengan nilai ambang batas 0.42g memiliki tingkat akurasi tertinggi yaitu 0.994% sehingga dipilih untuk digunakan sebagai batas penentu gerakan jatuhan di ujicoba berikutnya.

Selanjutnya beberapa nilai ambang batas akan dianalisis dengan menggunakan ROC *Receiver Operating Characteristics* yang telah dijelaskan pada Bab 2. Tahapannya adalah membedakan antara status atau aktifitas yang dikenali oleh perangkat dengan harapan atau kondisi yang seharusnya dikenali. Hal ini telah dijelaskan pada *confusion matrix*. Selanjutnya adalah mencoba beberapa kemungkinan *threshold* untuk mendapatkan titik terbaik, yaitu dari angka 0 hingga 1.

Selanjutnya adalah mencari nilai yang mampu menghasilkan kesalahan pengenalan terkecil yaitu dengan cara mengetahui nilai TPR *(True Positive Rate)* dan FPR *(False Positive Rate)*-nya dengan persamaan 2.3 dan 2.4. Nilai terbaik adalah ketika TPR mendekati 1 sementara FPR mendekati 0. Setelah mengetahui nilai *threshold* dari gerakan jatuh. Selanjutnya adalah menuliskan program pada mikrokontroller agar dapat menyeleksi setiap nilai percepatan yang dihasilkan sensor akselerometer. Yaitu memberikan label 1 jika nilai di atas *threshold* yang berarti telah terjadi gerakan jatuh dan label 0 jika dibawah atau sama dengan *threshold* yang berarti tidak terjadi gerakan jatuh.



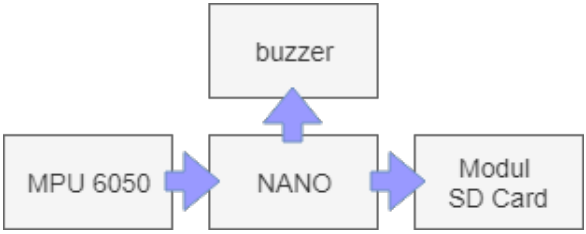
Gambar 3.6: Contoh kurva ROC

Contoh kurva ROC dapat dilihat pada gambar 3.6 dimana setiap *threshold* yang diuji terlebih dahulu dihitung FPR dan TPR-nya. Selanjutnya dipetakan pada titik koordinat dengan nilai maksimum dari sumbu X dan Y masing-masing

adalah 1. Untuk mengidentifikasi nilai ambang batas terbaik adalah jika semakin tinggi TPR dan semakin kecil FPR-nya. Ditandai dengan lingkaran kuning.

3.2 Desain Perangkat

Pada perakitan perangkat pendeteksi jatuh ini dibutuhkan beberapa komponen yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya yaitu sensor akselerometer dan giroskop yang tertanam menjadi satu modul yaitu MPU 6050. Di dalam modul tersebut terdapat tiga sumbu akselerometer, giroskop dan magnetometer. Namun pada penelitian ini cukup menggunakan tiga sumbu akselerometer saja.

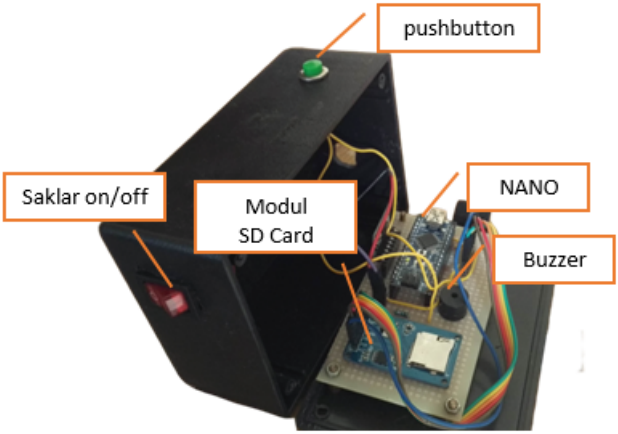


Gambar 3.7: Blok Diagram Komponen Utama

Komponen utama yang diperlukan dalam pembuatan perangkat ini diantaranya mikrokontroller arduino Nano, sensor MPU 6050 dan modul penyimpanan *SD card*. Perlengkapan pendukung terdiri dari kartu memori 4 GB, baterai 18650 3.7 volt sebesar 2200mAh sebagai sumber arus utama, *buzzer* yang menghasilkan notifikasi bunyi dan kabel penghubung. Pemilihan komponen yang minimalis bertujuan untuk menghemat tempat pada wadah sehingga tidak terlalu mengganggu ketika digunakan.

Konfigurasi pada perangkat pendeteksi jatuh yang terdiri dari mikrokontroller arduino, sensor akselerometer dan modul penyimpanan *SD Card* ditunjukkan pada Gambar 3.8. Pino-

ut yang digunakan untuk merakit perangkat ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.



Gambar 3.8: Konfigurasi pada *wearable device*

Tabel 3.4: *Pinout* pada *Wearable Device.*

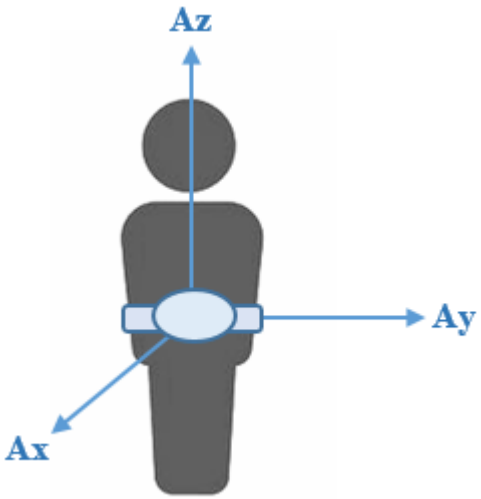
Arduino Nano	SD Card	MPU 6050
GND	GND	GND
VCC	VCC	VCC
A4	-	SDA
A5	-	SCL
D4	CS	-
D11	MOSI	-
D12	MISO	-
D13	SCK	-

Pada Tabel 3.1. setiap komponen utama memiliki GND dan VCC yang saling terhubung dengan sumber daya. Pin A4 dan A5 berurutan terhubung dengan SDA dan SCL pada MPU 6050. Pin D4, D11, D12 dan D13 berurutan terhubung

dengan CS, MOSI, MISO, dan SCK pada modul penyimpanan *SD Card*.

3.2.1 Posisi Sensor

Pemasangan sensor MPU 6050 merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam penyusunan komponen pada papan PCB. Posisi sensor harus dibidang datar atau tegak lurus agar mendapatkan nilai yang baik karena sensor sangat sensitif terhadap kemiringan. Pemasangan dibidang datar atau tegak lurus ini nantinya bertujuan untuk kalibrasi. Penjelasan tentang kalibrasi dijelaskan pada sub bab berikutnya. Selanjutnya yang perlu diperhatikan adalah arah sumbu dari sensor akselerometer karena akan berdampak pada informasi yang dihasilkan.



Gambar 3.9: Arah Sumbu Sensor Akselerometer terhadap Pengguna

Pada perangkat ini sensor dipasang dengan tegak lurus sehingga ketika tas pinggang dipasang di daerah perut atau

pinggang dengan Ax merupakan akselerasi di sumbu X, Ay akselerasi di sumbu Y dan Az adalah akselerasi di sumbu Z. Maka Az akan mengarah ke atas dari pengguna (vertikal), Ax mengarah ke depan (lateral) dan Ay mengarah ke samping kiri pengguna (horizontal). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat seperti pada gambar 3.9. Selain pemasangan sensor, penyusunan komponen juga diperhatikan. Penyusunan komponen harus seefisien mungkin sehingga tidak mengganggu pada pengguna. Perangkat pendeteksi jatuh ini diletakkan di dalam tas pinggang dan dipasangkan pada pinggang pengguna.

BAB 4
PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini dipaparkan hasil pengujian serta analisis dari desain sistem dan implementasi yang telah disusun pada Bab 3. Data yang digunakan dalam pengujian adalah data percepatan tiga sumbu sensor akselerometer MPU 6050 yang telah dikalibrasi dan dilakukan normalisasi kemudian disimpan pada modul kartu SD. Pengujian dibagi menjadi dua bagian yaitu gerakan jatuhan dan gerakan bukan jatuhan.

4.1 Pengujian Alat Pendeteksi Jatuh

Pengujian alat dilakukan di dalam ruangan dimana partisipan mengenakan tas pinggang dengan perangkat pendeteksi jatuh yang telah diaktifkan. Alat tersebut diletakkan pada pinggang partisipan dengan Ax mengarah ke depan partisipan (lateral), Ay ke arah kiri (horizontal), dan Az mengarah ke atas (vertikal). Pemasangan *wearable device* dapat dilihat pada Gambar 4.1. Untuk menghindari cedera dan hal yang tidak diinginkan ketika uji coba jatuh, maka disediakan matras sebagai alas pengaman. Sensor akselerometer yang digunakan untuk uji coba telah dinormalisasi terlebih dahulu.

4.2 Pengambilan Data dan Uji Coba Alat

Pada uji coba ini menggunakan empat posisi jatuh yaitu jatuh ke depan, samping kanan, samping kiri dan belakang. Pada setiap posisi partisipan melakukan sepuluh gerakan jatuh. Partisipan diberikan instruksi untuk melakukan gerakan jatuh dengan tiga kondisi berbeda yaitu jatuh pelan, sedang dan cepat. Masing-masing adalah tiga gerakan pelan, empat gerakan sedang dan tiga gerakan cepat. Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui grafik perbedaan jatuhan dan apakah perangkat mampu untuk mengenali setiap kondisi yang

Gambar 4.1: Pemasangan Alat pada Partisipan

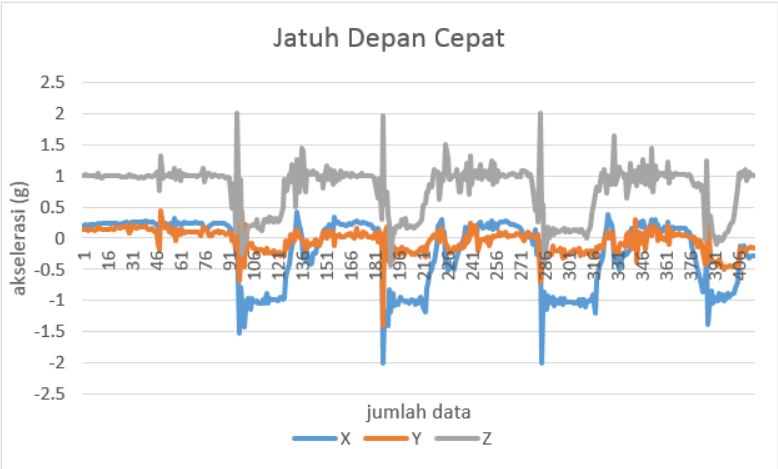
diujikan. Uji coba ini tidak menggunakan kecepatan jatuhan tertentu cukup menyesuaikan kemampuan gerakan jatuh dari setiap partisipan. Jumlah partisipan pada uji coba ini sebanyak tiga orang. Setiap partisipan melakukan total 40 gerakan jatuh dengan posisi dan kondisi berbeda. Sehingga diharapkan mendapatkan data jatuhan sebanyak 120 kali.

4.2.1 Jatuh ke Depan

Percobaan jatuh ke depan dapat dilihat pada Gambar 4.2. Gerakan diawali dengan posisi berdiri kemudian jatuh ke depan, setelah jatuh partisipan tetap di posisi jatuh selama 4 detik. Percobaan ini tidak dibatasi oleh waktu tertentu. Partisipan melakukan gerakan sebanyak 10 kali. Terbagi menjadi tiga kondisi yang berbeda, yaitu:

1. Pertama adalah jatuh cepat sebanyak 3 kali
2. Jatuh sedang sebanyak 4 kali
3. Jatuh cepat sebanyak 3 kali berturut-turut

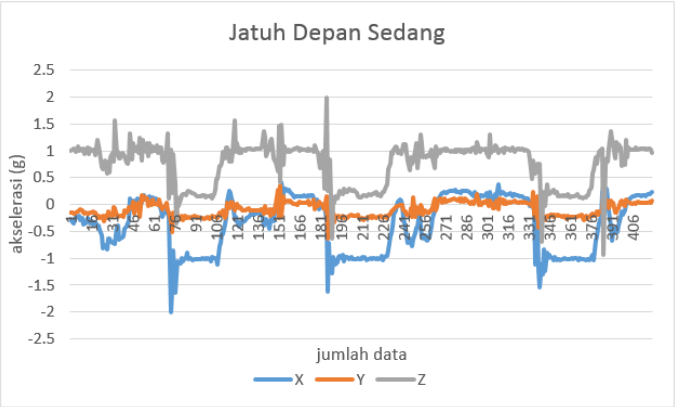
Gambar 4.2: Gerakan Jatuh ke Depan



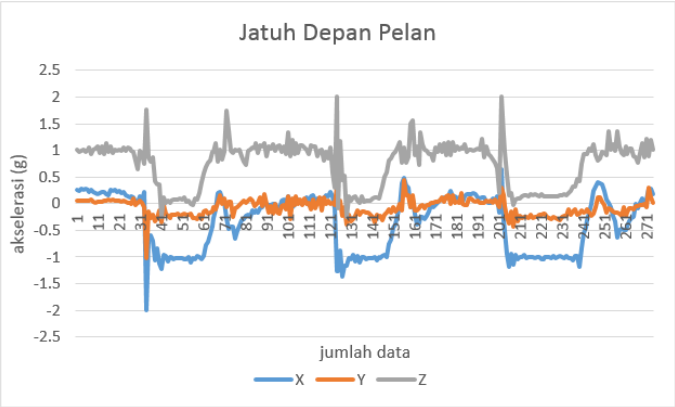
Gambar 4.3: Hasil Jatuh Depan Cepat

Perlu diperhatikan bahwa pada saat setelah jatuh dan sebelum melakukan gerakan selanjutnya partisipan dianjurkan berdiri perlahan serta tidak melakukan banyak gerakan.

Karena dapat memengaruhi sensitivitas data yang diperoleh. Data hasil percobaan jatuh ke depan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 4.3 untuk jatuhan cepat, gambar 4.4 untuk jatuhan sedang, dan gambar 4.5 untuk jatuhan lambat.

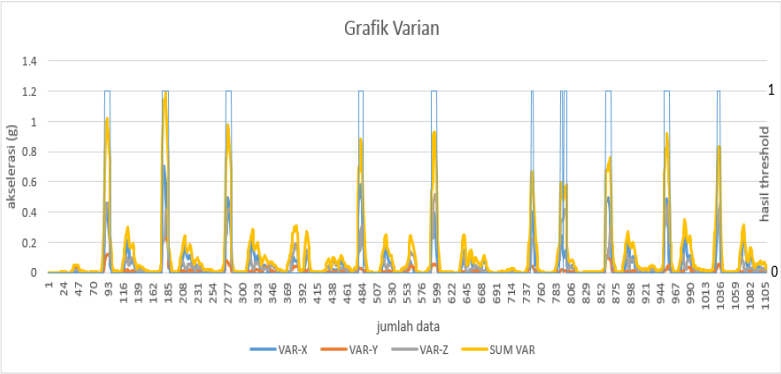


Gambar 4.4: Hasil Jatuh Depan Kecepatan Sedang



Gambar 4.5: Hasil Jatuh Depan Pelan

Selanjutnya adalah menganalisis varian data dari beberapa gerakan jatuh ke depan yang telah diperoleh dengan menggunakan persamaan yang telah dibahas di bab 3 sebelumnya. Grafik dari varian sumbu X, Y, Z dan jumlah varian dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6: Varian Gerakan Jatuh Depan

Hasil analisis varian terhadap pengujian gerakan jatuh ke depan ditunjukkan oleh gambar 4.6. Terdapat empat grafik berwarna yang mewakili data yang berbeda. Yaitu varian pada sumbu X, Y, Z dan jumlahnya (sumvarian). Nilai amplitudo gelombang juga bervariasi dari rendah yaitu di bawah 0.42g, hingga tinggi yaitu di atas 0.42g. Amplitudo varian di atas 0.42g menunjukkan adanya perubahan kecepatan atau akselerasi yang tinggi akibat aktivitas jatuh partisipan. Total gelombang dengan varian di atas 0.42g berjumlah 10 buah sesuai dengan 10 gerakan yang diujikan. Sementara nilai amplitudo varian kurang dari 0.42g mengindikasikan gerakan selain jatuh seperti ketika partisipan bangun dari jatuh. Nilai varian lebih dari 0.42g maka status *treshold*-nya adalah 1 dimana merupakan jatuhan. Sedangkan nilai varian kurang dari 0.42g statusnya adalah 0 dimana terindikasi tidak ada jatuhan. Ja-

rak antar gelombang relatif berbeda disebabkan gerakan jatuh tidak dilakukan secara periodik karena partisipan memerlukan waktu beberapa saat untuk beristirahat.

Pada uji coba yang pertama ini perangkat berhasil mengenali setiap gerakan jatuh dan mengaktifkan *buzzer*. Yaitu ketika perangkat mendeteksi nilai *sumvarian* melebihi ambang batas 0,5g. Pada gambar tersebut terdapat 10 buah gelombang yang amplitudonya melebihi nilai ambang batas.

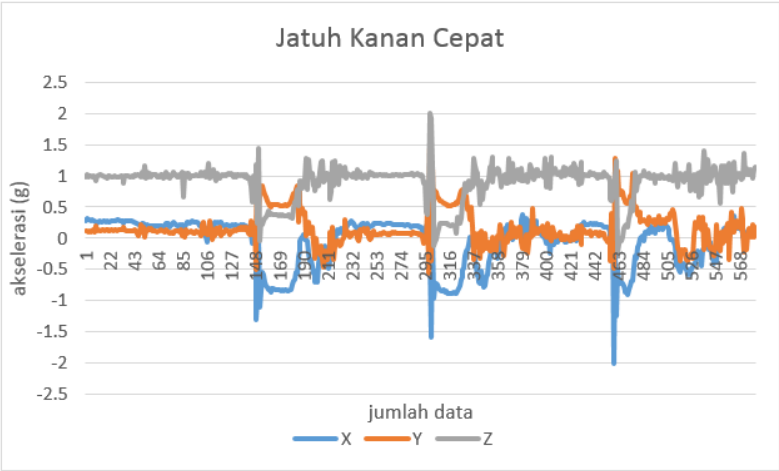
Pada penghitungan selanjutnya adalah merubah varian yang didapatkan ke dalam nilai 0 dan 1 dengan *thresholding* guna menentukan apakah data yang didapatkan termasuk gerakan jatuh atau tidak. Hasil deteksi dapat dilihat pada gelombang *logic* berwarna biru. Jika nilai varian lebih dari 0.42g maka bernilai 1 dan jika kurang dari 0.42g maka bernilai 0. Dapat dilihat bahwa terdapat 10 gelombang bernilai 1 yang berarti keseluruhan gerakan jatuh ke depan yang dilakukan partisipan berhasil dikenali perangkat. Sehingga terdapat 10 gerakan yang tergolong *true positive* (TP).

4.2.2 Jatuh Samping Kanan dan Kiri

Percobaan jatuh ke samping dibagi menjadi dua bagian, yaitu samping kanan dan kiri. Dapat dilihat pada Gambar 4.7. Gerakan diawali dengan posisi berdiri kemudian jatuh ke arah samping. Untuk menghindari cedera, selain menggunakan matras partisipan bisa menggunakan tangannya untuk menahan beban tubuh saat terjatuh ke lantai. Setelah jatuh partisipan bertahan di posisi tersebut selama 4 detik. Percobaan ini tidak memerlukan rentang waktu tertentu. Partisipan melakukan gerakan sebanyak 10 kali yang terbagi menjadi 3 kondisi dengan kecepatan yang berbeda, yaitu:

1. Pertama adalah jatuh cepat sebanyak 3 kali
2. Jatuh sedang sebanyak 4 kali
3. Jatuh cepat sebanyak 3 kali berturut-turut

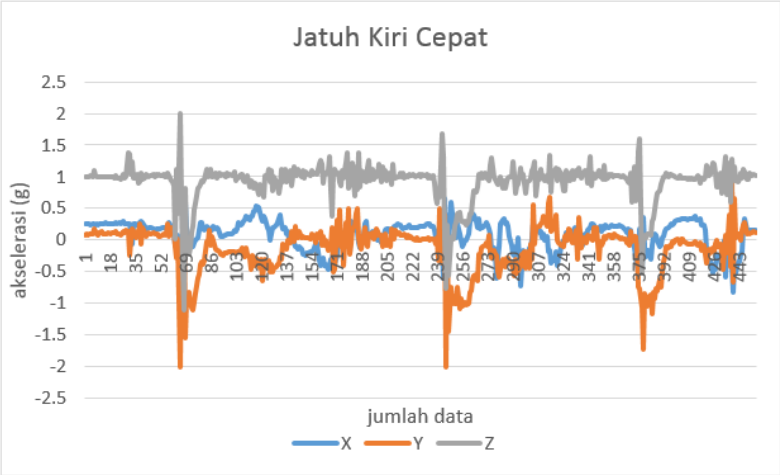
Gambar 4.7: Gerakan Jatuh ke Samping



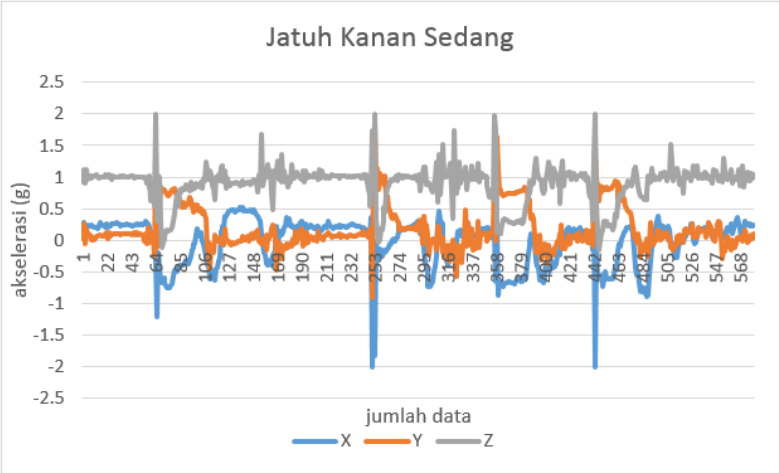
Gambar 4.8: Jatuh Samping Kanan Cepat

Setelah melakukan gerakan jatuh dan sebelum melakukan gerakan selanjutnya partisipan dianjurkan berdiri perlahan serta tidak melakukan banyak gerakan karena sangat meme-

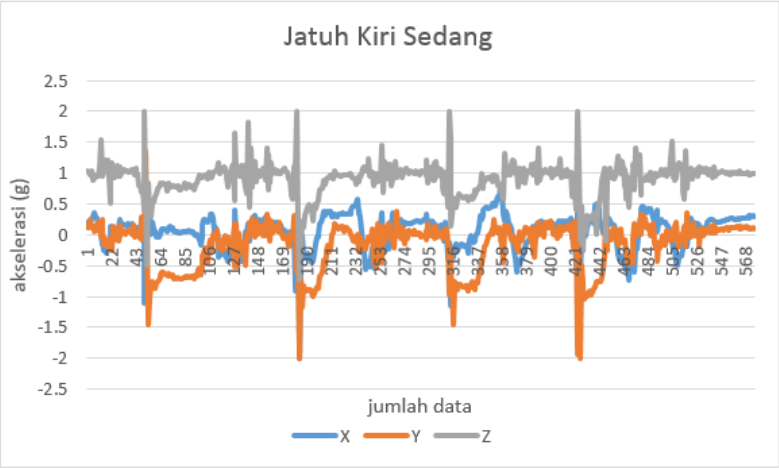
ngaruhi sensivitas data yang diperoleh. Untuk mendapatkan data jatuhan maka dilakukan perekaman atau penyimpanan data pada *SD Card* dengan menekan *pushbutton* hingga mengaktifkan *buzzer* untuk menyimpan data jatuhan. Setelah melakukan satu sesi rangkaian gerakan maka partisipan diharuskan untuk menekan kembali *pushbutton* untuk menghentikan perekaman data. Grafik hasil percobaan kedua dan ketiga yaitu jatuh ke kanan dan kiri dapat dilihat pada gambar 4.8 dan 4.9.



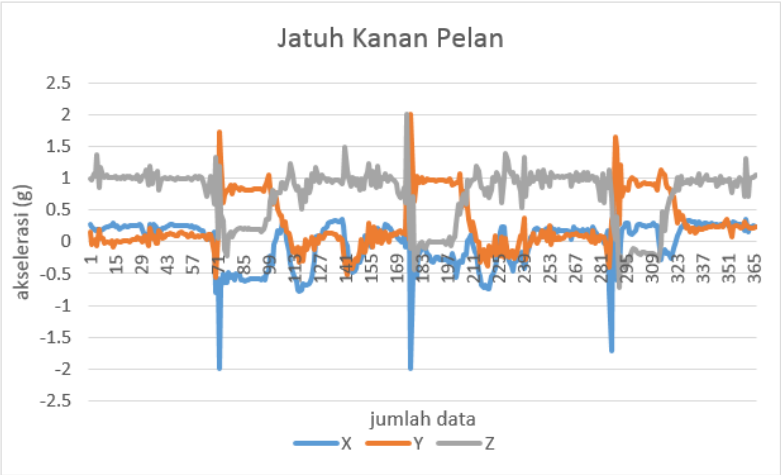
Gambar 4.9: Jatuh Samping Kiri Cepat



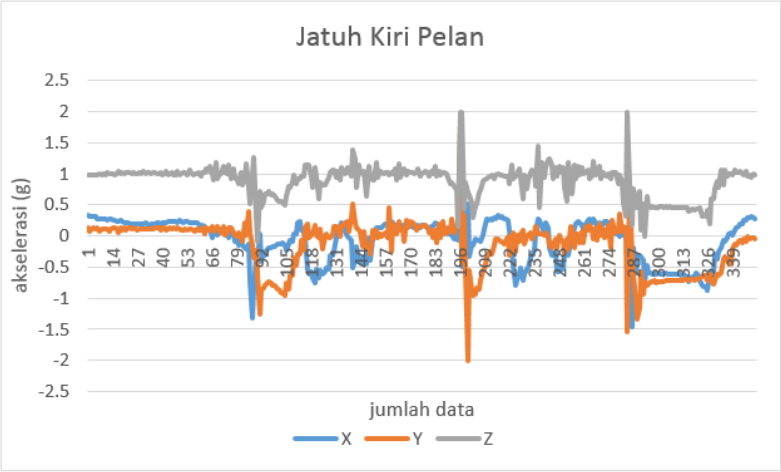
Gambar 4.10: Jatuh Samping Kanan Sedang



Gambar 4.11: Jatuh Samping Kiri Sedang



Gambar 4.12: Jatuh Samping Kanan Pelan

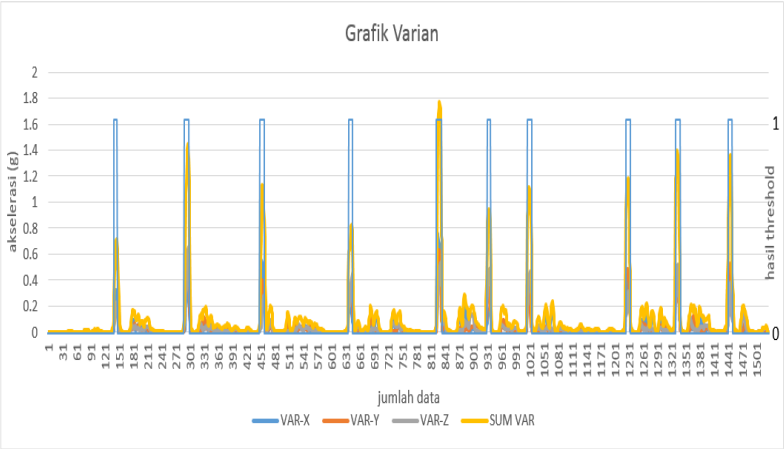


Gambar 4.13: Jatuh Samping Kiri Pelan

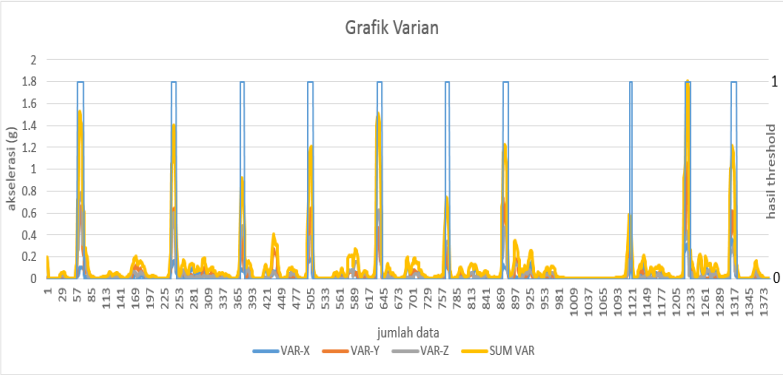
Jika dilihat pada grafik antara jatuh ke kanan dan ke kiri terdapat perbedaan pada gerakan gelombang sumbu Y

yang ditunjukkan dengan garis berwarna jingga. Nilai akselerasi sumbu Y pada jatuh kiri mengalami perubahan melebihi -1g hingga -2g kemudian kembali berada di antara nilai 0.5g dan -0.5g. Hal tersebut mengindikasikan terjadinya perubahan kecepatan atau akselerasi yang tinggi di sumbu Y negatif. Sementara pada gerakan jatuh ke kanan nilai akselerasi mengalami perubahan melebihi 1g hingga 2g. Kenaikan nilai tersebut mengindikasikan terjadinya perubahan kecepatan atau akselerasi yang tinggi di sumbu Y positif yiatu ketika partisipan melakukan jatuhan.

Selanjutnya seperti tahapan uji coba pertama adalah menganalisis varian data dari beberapa gerakan jatuh ke samping yang telah diperoleh. Grafik dari varian sumbu X, Y, dan Z dan jumlah varian (sumvarian) dari kedua posisi yang berbeda dapat dilihat pada gambar 4.14 untuk varian arah jatuhan ke kanan dan gambar 4.15 untuk varian arah jatuhan ke kiri.



Gambar 4.14: Varian Gerakan Jatuh ke Kanan



Gambar 4.15: Varian Gerakan Jatuh ke Kiri

Terdapat empat grafik berwarna yang mewakili data yang berbeda. Yaitu varian pada sumbu X, Y, Z dan jumlahnya (sumvarian). Nilai amplitudo gelombang juga bervariasi dari rendah yaitu di bawah 0.42g, hingga tinggi yaitu di atas 0.42g. Amplitudo varian di atas 0.42g menunjukkan adanya perubahan kecepatan atau akselerasi yang tinggi akibat aktivitas jatuh partisipan. Total gelombang dengan varian di atas 0.42g berjumlah 10 buah sesuai dengan 10 gerakan yang diujikan. Sementara nilai amplitudo varian di bawah 0.42g mengindikasikan gerakan selain jatuh seperti ketika partisipan bangun dari jatuh. Jarak antar gelombang relatif berbeda disebabkan gerakan jatuh tidak dilakukan secara periodik karena partisipan memerlukan waktu beberapa saat untuk beristirahat.

Pada uji coba kedua perangkat berhasil mengenali setiap gerakan jatuh dan mengaktifkan *buzzer*. Yaitu ketika perangkat mendeteksi nilai *sumvarian* melebihi ambang batas 0.42g. Pada gambar tersebut terdapat 10 buah gelombang yang amplitudonya melebihi nilai ambang batas. Begitupun pada uji coba ketiga, yaitu jatuh ke samping kiri. Terdapat 10 gelombang yang jumlah variannya melebihi ambang batas 0.42g. Pada uji coba ketiga ini perangkat berhasil mengenali setiap

gerakan jatuhan yang diujikan. Dan tidak mendeteksi gerakan selain jatuh.

Pada penghitungan selanjutnya adalah merubah varian yang didapatkan ke dalam nilai 0 dan 1 dengan *thresholding* guna menentukan apakah data yang didapatkan termasuk gerakan jatuh atau tidak dapat dilihat pada gelombang *logic* berwarna biru. Jika nilai varian lebih dari 0.42g maka bernilai 1 dan jika kurang dari 0.42g maka bernilai 0.

Jika dibandingkan hasil *threshold* pertama (jatuh kanan) dan kedua (jatuh kiri) terdapat persamaan jumlah gelombang. Ini disebabkan karena pada hasil penghitungan varian sebelumnya pada uji coba jatuh ke kiri dan kanan berhasil mendeteksi gerakan yang dianggap jatuh. Sehingga pada pendeteksian gerakan jatuh kanan terdapat 10 buah gelombang yang mengindikasikan kecocokan pada pengujian sebanyak 10 gerakan jatuhan dan pendeteksian jatuh kiri terdapat 10 gelombang yang mengindikasikan kecocokan pada pengujian sebanyak 10 gerakan jatuhan. Sehingga total terdapat 20 gerakan yang tergolong *true positive* (TP).

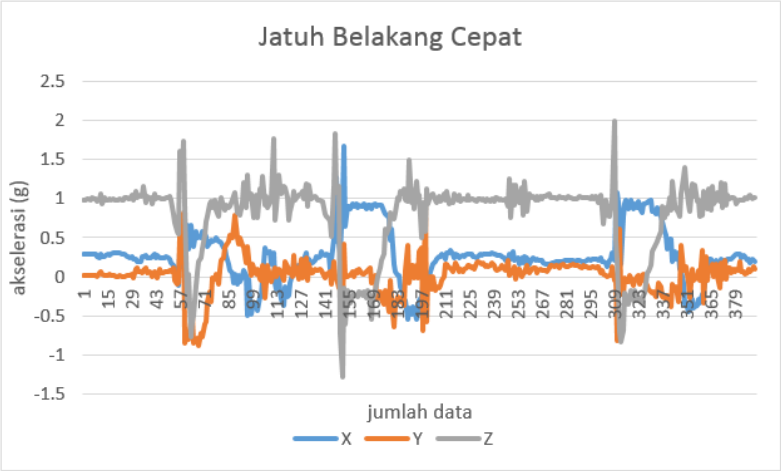
4.2.3 Jatuh ke Belakang

Uji coba keempat adalah mendeteksi gerakan jatuh ke arah belakang. Biasanya kondisi ini terjadi ketika seseorang terpleset di jalanan yang licin. Sehingga posisi jatuhnya bervariasi antara jatuh terduduk atau jatuh telentang. Seperti pada percobaan-percobaan sebelumnya untuk menghindari cedera dan sesuatu yang tidak diinginkan, maka diperlukan matras untuk meredam gerakan jatuhan. Setelah jatuh partisipan bertahan di posisi jatuh selama 4 detik. Percobaan ini juga tidak memerlukan rentang waktu tertentu. Gerakan dilakukan sebanyak 10 kali yang terbagi menjadi 3 kondisi dengan kecepatan yang berbeda, yiatu:

1. Pertama adalah jatuh cepat sebanyak 3 kali

2. Jatuh sedang sebanyak 4 kali
3. Jatuh cepat sebanyak 3 kali berturut-turut

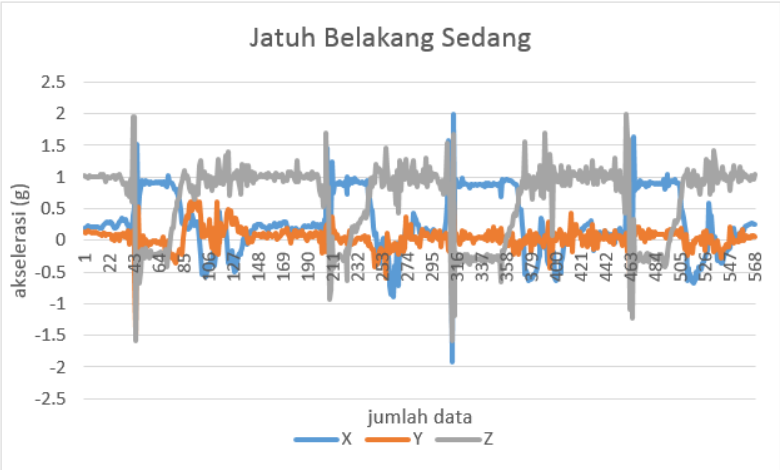
Gambar 4.16: Gerakan Jatuh ke Belakang



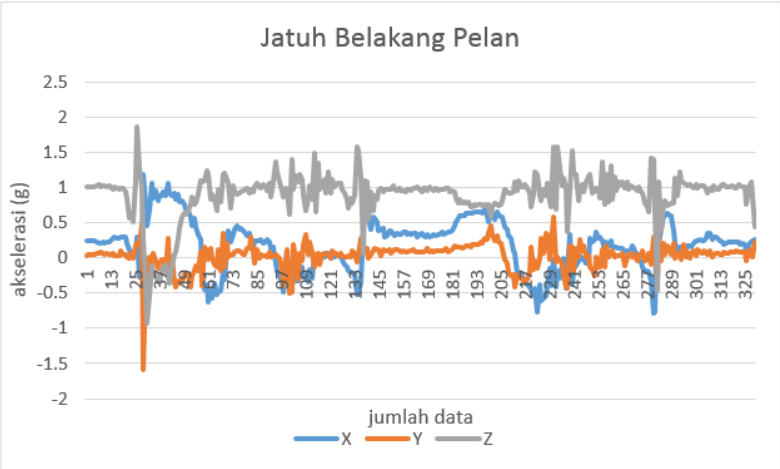
Gambar 4.17: Hasil Gerakan Jatuh Belakang Cepat

Setelah jatuh dan sebelum melakukan gerakan selanjutnya partisipan dianjurkan tidak melakukan banyak gerakan yang memengaruhi sensitivitas perangkat agar tidak terjadi kesalahan pembacaan. Hasil percobaan keempat yaitu jatuh ke belakang dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 4.17 untuk jatuhan cepat, gambar 4.18 untuk jatuhan sedang, dan 4.19 untuk jatuhan pelan.

Jika diperhatikan pada grafik jatuh ke belakang dan ke depan di percobaan pertama terdapat perbedaan pada gerakan gelombang sumbu X yang ditunjukkan dengan garis berwarna biru. Ketika terjadi gerakan jatuh, nilai akselerasi sumbu X pada jatuh belakang mengalami perubahan melebihi 1g hingga 2g kemudian kembali berada di antara nilai 0.5g dan -0.5g. Sementara pada gerakan jatuh ke depan nilai akselerasi sumbu X mengalami perubahan melebihi -1g hingga -2g.



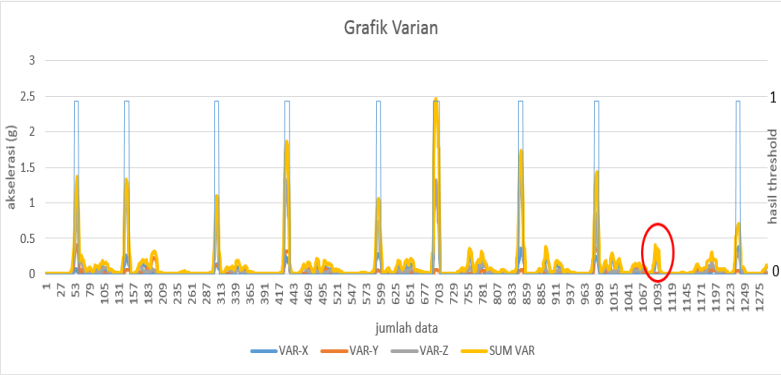
Gambar 4.18: Hasil Gerakan Jatuh Belakang Sedang



Gambar 4.19: Hasil Gerakan Jatuh Belakang Pelan

Perbedaan ini terjadi karena posisi sumbu X positif yang terletak pada perangkat mengarah ke depan menjauhi partisipan dan sumbu X negatif mengarah ke partisipan. Selain itu juga terjadi perubahan percepatan gaya pada sumbu yang lain seperti Y dan Z. Hal ini disebabkan karena guncangan ketika jatuh memengaruhi sensitivitas dari percepatan di sumbu yang lain. Namun yang mengalami perubahan paling besar hingga 2g adalah pada sumbu X karena searah dengan arah jatuhnya.

Tahapan selanjutnya seperti ketiga uji coba sebelumnya adalah menganalisis varian dari beberapa gerakan jatuh ke belakang yang telah diperoleh. Grafik dari varian percepatan pada sumbu X, Y, dan Z dan jumlah varian dari kedua posisi yang berbeda dapat dilihat pada gambar 4.20.



Gambar 4.20: Varian Gerakan Jatuh Belakang

Terdapat empat garis gelombang berwarna yang mewakili data yang berbeda. Yaitu varian pada sumbu X, Y, Z dan jumlahnya (sumvarian). Nilai amplitudo gelombang juga bervariasi dari rendah yaitu di bawah 0.42g, hingga tinggi yaitu di atas 0.42g. Amplitudo varian di atas 0.42g menunjukkan adanya perubahan kecepatan atau akselerasi yang tinggi akibat aktivitas jatuh partisipan. Total gelombang dengan varian di atas 0.42g berjumlah 9 buah. Jumlah tersebut tidak sesuai dengan 10 gerakan yang diujikan. Sementara nilai amplitudo varian di bawah 0.42g mengindikasikan gerakan selain jatuh seperti ketika partisipan bangun dari jatuh.

Pada gambar 4.20 terdapat tanda lingkaran pada salah satu gelombang yang memiliki tinggi amplitudo di bawah 0.42g dari gelombang gerakan jatuhan yang lain. Gelombang tersebut merupakan data hasil gerakan jatuh namun memiliki nilai akselerasi di bawah ambang batas 0.42g. Terjadi kesalahan identifikasi pada perangkat terhadap gerakan jatuhan. Peristiwa ini disebabkan karena gerakan jatuh yang dilakukan terlalu pelan sehingga perangkat tidak mengenalinya sebagai gerakan jatuh. Karena merupakan gerakan jatuhan namun tidak terdeteksi maka masuk pada kategori *false positive* (FP).

Sehingga total terdapat sembilan gerakan yang tergolong *true positive* (TP) dan satu gerakan yang tergolong *false positive* (FP).

Pada penghitungan selanjutnya adalah merubah varian yang telah diperoleh ke dalam nilai 0 dan 1 dengan *thresholding* guna menentukan apakah data yang didapatkan termasuk gerakan jatuh atau bukan jatuhan dengan gelombang *logic* berwarna biru.

Pada grafik tersebut terdapat sembilan gelombang dengan hasil *thresholding* bernilai 1. Sementara jatuhan yang diujikan adalah berjumlah sepuluh gerakan. Antara hasil *threshold* terdapat perbedaan jumlah dengan uji coba yang dilakukan. Hasil tersebut disebabkan karena pada penghitungan varian sebelumnya mendeteksi gerakan yang dianggap tidak jatuh. Sehingga *thresholding* jatuh belakang terdapat sembilan gelombang yang mengindikasikan kecocokan pada pengujian sebanyak sepuluh gerakan jatuhan dan satu ketidakcocokan.

Hasil keseluruhan pengujian gerakan jatuhan yang telah dilakukan, ditunjukkan pada Tabel 4.5. Uji coba dilakukan oleh tiga partisipan yang masing-masing melakukan 40 gerakan jatuh yang terbagi dalam empat kondisi dengan rincian 10 gerakan jatuh ke depan, 10 gerakan jatuh ke samping kanan, 10 gerakan jatuh ke samping kiri dan 10 gerakan jatuh ke belakang. Setiap satu sesi (10 gerakan) terbagi menjadi tiga kondisi yaitu gerakan jatuh cepat, sedang dan pelan yang telah dijelaskan sebelumnya.

4.2.4 Gerakan Bukan Jatuhan

Selanjutnya adalah melakukan pengujian pada gerakan yang bukan jatuhan. Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat bekerja dengan baik dengan tidak memberikan notifikasi atau peringatan ketika partisipan me-

lakukan gerakan selain jatuhan. Gerakan yang diujikan adalah seperti berikut :

1. Gerakan menuruni tangga
2. Gerakan menaiki tangga
3. Berjalan
4. Berlari
5. Gerakan melompat
6. Gerakan rukuk pada sholat
7. Gerakan sujud pada sholat

Gerakan yang dipilih untuk dilakukan ujicoba bukan jatuhan adalah yang berpotensi menghasilkan percepatan besar mendekati ambang batas 0.42g seperti yang telah disebutkan. Rukuk dan sujud pada sholat adalah gerakan yang menggerakkan setengah atau bahkan keseluruhan tubuh partisipan. Selain itu sujud juga secara fisik terlihat seperti gerakan jatuh ke depan dengan telungkup. Hasil dari deteksi pada perangkat ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Tabel Pengujian Bukan Gerakan Jatuhan

Aktivitas	**Jumlah**	**Notifikasi Jatuh**		**Error (%)**	**Akurasi (%)**
		Ya	**Tidak**		
Turun tangga	24	8	16	33.33	66.67
Naik tangga	24	9	15	37.50	62.50
Berjalan	33	0	33	0.00	100.00
Berlari	42	38	4	90.48	9.52
Melompat	10	10	0	100.00	0.00
Rukuk	8	0	8	0.00	100.00
Sujud	14	1	13	7.14	92.86
Total	155	66	89	42.58	57.42

Dari total gerakan bukan jatuhan yang diujikan yaitu sebanyak 155 gerakan. Dengan *error* dan akurasi masing-masing sebesar 42.58% dan 57.42%. Meskipun terdapat kesalahan identifikasi yang dianggap jatuhan sehingga mengeluarkan peringatan, namun perangkat berhasil mengidentifikasi

serangkaian gerakan dengan benar lebih banyak daripada kesalahannya.

4.3 Hasil Analisis *Receiver Operating Characteristics* (ROC)

Analisis beberapa nilai *threshold* perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan perangkat dalam mengenali gerakan jatuhan dan bukan jatuhan. Nilai ambang batas yang diuji berkisar dari 0g sampai 1g. Kemudian dari setiap nilai ambang batas tersebut dicari *confusion matrix*-nya dan didapatkan beberapa nilai yang memiliki TPR melebihi 0.9 dan FPR yang kecil kurang dari 0.37. Nilai *threshold* tersebut berkisar antara 0.46 hingga 0.52. Ketentuan *confusion matrix* yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. *True positive* (TP) dan *false negative* (FN) didapatkan dari serangkaian data ujicoba gerakan jatuhan.
2. *False positive* (FP) didapatkan dari serangkaian data ujicoba gerakan jatuhan dan gerakan bukan jatuhan.
3. *True negative* (TN) didapatkan dari serangkaian data ujicoba gerakan bukan jatuhan

Hasil *confusion matrix* beberapa nilai ambang batas yang diujikan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Tabel Uji *Threshold*

***Threshold*(g)**	**TP**	**TN**	**FP**	**FN**	**FPR**	**TPR**
0.46	119	135	79	1	0.369159	0.991667
0.47	119	138	68	1	0.330097	0.991667
0.48	119	141	58	1	0.291457	0.991667
0.49	118	142	49	2	0.256545	0.983333
0.5	117	143	46	3	0.243386	0.975
0.51	112	143	46	8	0.243386	0.933333
0.52	108	145	44	12	0.232804	0.9

Tabel 4.3: Tabel Akurasi Sejumlah Threshold

***Threshold*(g)**	**Akurasi(%)**
0.46	76.048
0.47	78.834
0.48	81.505
0.49	83.601
0.5	*84.142*
0.51	82.524
0.52	81.877

Selanjutnya adalah menghitung akurasi dari setiap nilai ambang batas yang telah dijelaskan pada bab 2. Dari akurasi tersebut dapat diketahui nilai ambang batas terbaik.

Semakin tinggi tingkat akurasinya maka nilai tersebut merupakan yang terbaik. Daftar akurasi *threshold* dapat dilihat pada Tabel 4.3. Pada tabel tersebut didapatkan nilai akurasi tertingginya adalah 84.142% dengan *threshold* sebesar 0.5g. Disusul dengan *threshold* 0.49 dan 0.51 dengan akurasi masing-masing sebesar 83.601% dan 82.524%. Selanjutnya hasil *confusion table* dari *threshold* 0.5g dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: *Confusion table* dengan *Threshold* 0.5g

Parameter Pengujian	**Jumlah**
True Positive (TP)	117
True Negative (TN)	143
False Positive (FP)	46
False Negative (FN)	3

Pada serangkaian uji coba yang telah dilakukan terjadi kesalahan identifikasi sebanyak 3 gerakan yang termasuk pada kelas *False Negative* yang berarti gerakan jatuhan na-

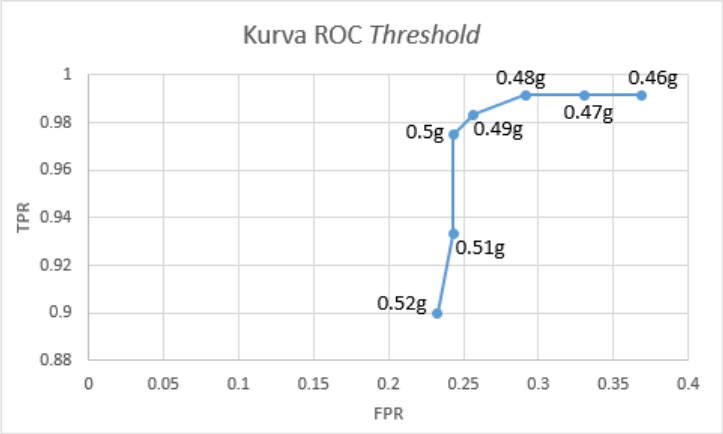
mun teridentifikasi sebagai bukan jatuhan oleh perangkat. Hal ini dikarenakan gerakan jatuh yang dilakukan oleh responden memiliki nilai akselerasi berada di bawah nilai ambang batas 0.5g. Sementara itu juga terjadi kesalahan identifikasi sebanyak 46 gerakan yang termasuk pada kelas *False Positive* yang berarti gerakan bukan jatuhan namun teridentifikasi oleh perangkat sebagai gerakan jatuhan. Hal tersebut terjadi karena beberapa gerakan yang diujicoba seperti melompat, berlari, menaiki dan menuruni tangga memiliki akselerasi tinggi yang melebihi nilai ambang batas.

Perangkat deteksi jatuh berhasil mendeteksi 117 gerakan jatuh yang termasuk pada kelas *True Positive* sebagai gerakan jatuh dan 143 gerakan bukan jatuhan yang termasuk pada kelas *True Negative* teridentifikasi sebagai bukan jatuhan.

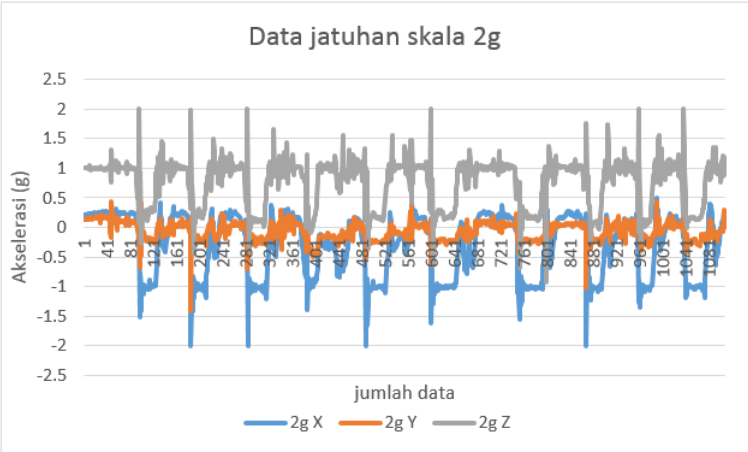
Untuk mengetahui kurva ROC dari serangkaian nilai ambang batas dapat dilihat pada grafik 4.21. Jika diamati ambang batas 0.46g sampai 0.48g membentuk garis lurus karena ketiganya memiliki *True Positive Rate* yang sama. Selanjutnya pada 0.49g sampai 0.52g kurva mengalami penurunan hingga menyentuh TPR sebesar 0.9 dari rentang 0 hingga 1. Perlu diperhatikan bahwa penurunan TPR bukan berarti *threshold*-nya jelek. Karena meskipun TPR yang dihasilkan semakin menurun, tapi juga diikuti dengan FPR yang mendekati 0. Sehingga untuk mengetahui nilai terbaik adalah dengan menghitung tingkat akurasi seperti yang telah dilakukan sebelumnya. Nilai ambang batas terbaik yang telah didapatkan yaitu 0.5g memiliki TPR sebesar 0.975 dan FPR sebesar 0.2434.

4.4 Analisis Skala Sensitivitas Sensor

Berikut merupakan analisis dari data akselerasi jatuhan depan dengan menggunakan skala sensitivitas yang berbeda. Yaitu dengan menggunakan skala 2g dan 16g.

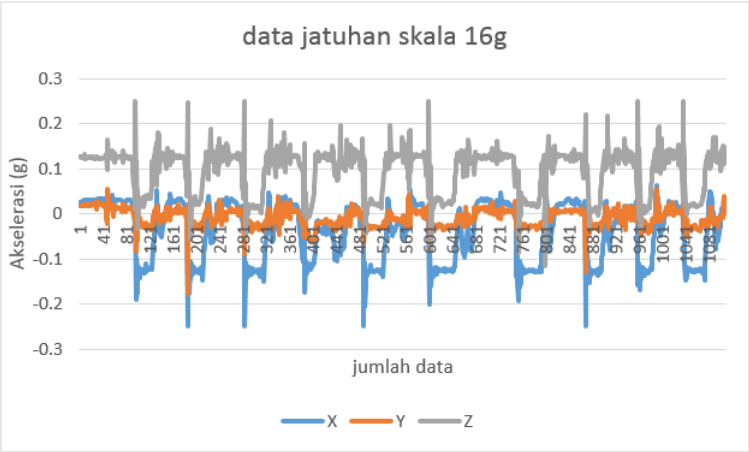


Gambar 4.21: Hasil Kurva ROC *Threshold* 0.46g sampai 0.52g



Gambar 4.22: Grafik data jatuh depan dengan skala 2g

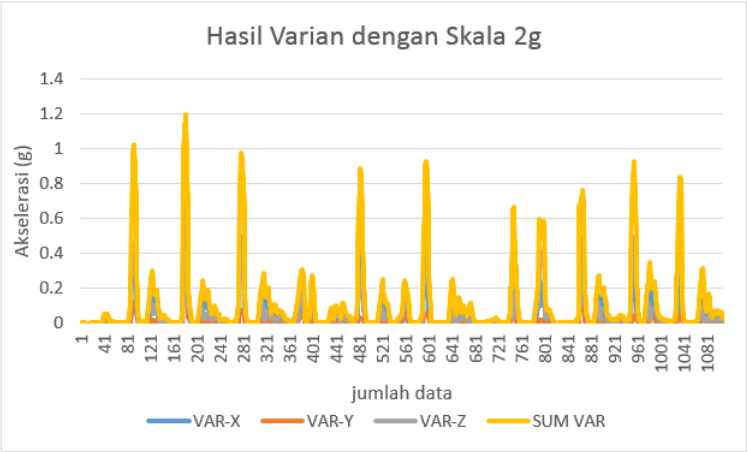
Skala 16g dipilih sebagai perbandingan karena untuk melihat lebih jelas perbedaan ekstrim dari kedua skala. Jika dilihat dari grafik akselerasi jatuhan pertama dengan skala 2g



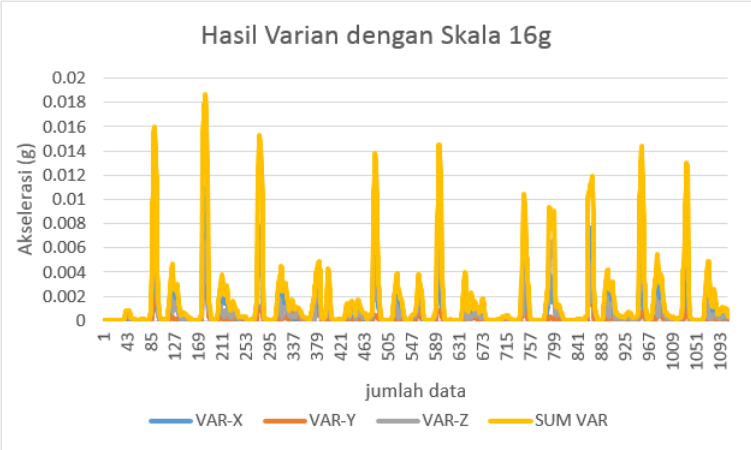
Gambar 4.23: Grafik data jatuh depan dengan skala 16g

dan grafik kedua dengan skala 16g didapatkan pola pergerakan gelombang yang sama. Namun bedanya adalah terletak pada rentang nilai akselerasinya dimana 2g memiliki nilai batas atas dan bawah masing-masing sebesar +2g dan -2g. Sedangkan skala 16g memiliki nilai batas atas dan bawah masing-masing sebesar +16g dan -16g sehingga dapat menghitung gerakan hingga percepatan 16g namun berakibat kepada kurangnya sensitivitas sensor terhadap pembacaan akselerasi rendah seperti uji coba jatuhan yang hanya menghasilkan 2g. Sehingga semakin besar range akselerometer yang digunakan berpengaruh terhadap sensitivitas pembacaan nilai akselerasi.

Selanjutnya adalah membandingkan hasil varian sampel yang didapatkan antara skala sensitivitas 2g dan 16g. Sama seperti analisis pertama bahwa terdapat perbedaan pada rentang nilai akselerasi (g) dimana skala 16g memiliki rentang nilai lebih lebar daripada skala 2g. Hal tersebut dapat dibuktikan pada nilai varian tertinggi pada serangkaian gerakan jatuh. Jika pada skala 16g didapatkan nilai varian tertinggi



Gambar 4.24: Grafik varian jatuh depan dengan skala 2g



Gambar 4.25: Grafik varian jatuh depan dengan skala 16g

adalah kurang dari 0.02g maka pada skala 2g didapatkan nilai varian tertinggi sebesar 1.2g. Hal ini terjadi karena skala 16g dipersiapkan untuk percepatan yang tinggi melebihi ska-

la yang lain, sehingga memiliki hasil range varian lebih kecil daripada 2g yang lebih sensitif terhadap percepatan rendah seperti jatuh.

Tabel 4.5: Tabel Uji Coba Gerakan Jatuh

Partisipan ke-	**Arah Jatuhan**	**Perhitungan Manual**	**Hasil Deteksi Alat**	**Jumlah Error**	**Error(%)**
1	Depan	10 jatuh	10 jatuh	0 jatuh	0%
	Kanan	10 jatuh	9 jatuh	1 jatuh	10%
	Kiri	10 jatuh	10 jatuh	0 jatuh	0%
	Belakang	10 jatuh	9 jatuh	1 jatuh	10%
2	Depan	10 jatuh	10 jatuh	0 jatuh	0%
	Kanan	10 jatuh	10 jatuh	0 jatuh	0%
	Kiri	10 jatuh	10 jatuh	0 jatuh	0%
	Belakang	10 jatuh	9 jatuh	1 jatuh	10%
3	Depan	10 jatuh	10 jatuh	0 jatuh	0%
	Kanan	10 jatuh	10 jatuh	0 jatuh	0%
	Kiri	10 jatuh	10 jatuh	0 jatuh	0%
	Belakang	10 jatuh	10 jatuh	0 jatuh	0%
Total		120 jatuh	117 jatuh	3 jatuh	2.50%

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil implementasi sistem dan pengujian alat yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perangkat deteksi jatuh dapat memberikan peringatan berupa alarm bunyi ketika terjadi gerakan jatuh. Namun perangkat juga mengeluarkan bunyi jika melakukan beberapa gerakan yang memiliki akselerasi tinggi seperti melompat dan berlari.
2. Fitur statistik varian dapat digunakan untuk menghitung akselerasi tinggi yang dihasilkan dari gerakan jatuh.
3. Nilai *threshold* terbaik yang dihasilkan dari analisis ROC adalah sebesar 0.5g.
4. Dari 19 kali total pengujian didapatkan nilai akurasi terbaik, yiatu 84.142%. Dengan rincian menghasilkan *True Positive* (TP) sejumlah 117 kali, *True Negative* (TN) sejumlah 143 kali, *False Positive* (FP) sejumlah 46 kali, dan *False Negative* (FN) sejumlah 3 kali.
5. Gerakan tubuh yang cukup signifikan, yiatu gerakan selain jatuh yang berakselerasi besar, dapat menyebabkan kesalahan perangkat dalam mendeteksi sebagai gerakan jatuh.
6. Penggunaan skala sensitivitas berbeda harus disertai dengan pemilihan *threshold* yang disesuaikan dengan rentang satuan (g) yang dihasilkan. Semakin besar skala yang digunakan maka nilai ambang batas atau *threshold* yang dipilih juga semakin besar.

5.2 Saran

Hasil dari pengerjaan tugas akhir ini dapat dikembangkan dengan saran penelitian lanjutan berupa:

1. Lebih menyesuaikan nilai batas *threshold* sehingga harapannya kesalahan alat dalam mendeteksi gerakan jatuh dapat dikurangi.
2. Menambahkan metodologi lain yang mampu mendeteksi gerakan jatuh agar lebih akurat. Seperti mengukur kemiringan tubuh pengguna selama waktu tertentu.
3. Alat ini dapat dikombinasikan dengan *wireless network* untuk lebih memperluas jangkauan notifikasi kepada keluarga yang berada di lokasi yang jauh dari pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. of Economic and S. Affairs, "Population division (2017) world population prospects," 2017. (Dikutip pada halaman ix, 1).

[2] P. D. dan Informasi Kementerian Kesehatan RI, "Analisis lansia di indonesia," 2017. (Dikutip pada halaman 1).

[3] F. M. Capezuti E. Falls. In: Lavizzo-Mourey RJ, "Geriatric secrets," 1996. (Dikutip pada halaman 2).

[4] A. JEFIZA, "Sistem pendeteksi jatuh berbasis sensor gyroscope dan sensor accelerometer menggunakan backpropagation," bachelor thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017. (Dikutip pada halaman 8).

[5] I. K. E. P. . A. K. . A. R. Hermawan, "A wearable device for fall detection elderly people using tri dimensional accelerometer," 2016. (Dikutip pada halaman 8, 14).

[6] R. E. Walpole, Pengantar Statistika. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1995. (Dikutip pada halaman 8).

[7] S. Narkhede, "Understanding auc-roc curve," 2018. Terakhir diakses pada tanggal 29 Desember 2019. (Dikutip pada halaman 10).

[8] T. Fawcett, "An introduction to roc analysis. pattern recognition letters," 2006. (Dikutip pada halaman 10).

[9] A. S. C. M. J. C. T. O. P. K. Malarvizhi Selvaraj, Vasilios Baltzopoulos, "Stair fall risk detection using wearable sensors," 2018. (Dikutip pada halaman 12).

[10] C.-C. L. . Y.-H. H. . R.-Y. Hu, “Real-time fall detecting system using a tri-axial akselerometer for home care,” 2012. (Dikutip pada halaman 12).

[11] N. V. T. Tran Duc Tan, “Reliable fall detection system using an 3-dof akselerometer and cascade posture recognitions,” 2014. (Dikutip pada halaman 13).

[12] A. JEFIZA, “Internet of things untuk memantau kondisi serta aktivitas manula menggunakan turtlebot sebagai gateway,” article, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018. (Dikutip pada halaman 14).

[13] “Advanced arduino accelerometer guide: Converting analog readings to g-forces+,” 2014. (Dikutip pada halaman 18).

BIOGRAFI PENULIS

Muhammad Rizal Noviandy, lahir di Kabupaten Pasuruan Jawa Timur pada tanggal 22 November 1995. Merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Sutrisno dan Joeni Astutik. Penulis lulus dari SMPN 1 Pandaan dan melanjutkan ke SMAN 1 Sidoarjo, Jawa Timur. Penulis melanjutkan ke jenjang strata satu di jurusan Teknik Multimedia dan Jaringan ITS yang sekarang telah berganti nama menjadi departemen Teknik Komputer ITS. Dalam masa kuliah, penulis tertarik dengan bisnis dan teknopreneur. Selain itu penulis aktif berorganisasi, yaitu dengan menjadi anggota di Unit Kegiatan Mahasiswa Teknopreneur ITS hingga menjadi wakil direktur utama, selain itu pernah menjadi anggota eksternal Kalam Elektro ITS. Penulis dapat dihubungi melalui alamat email rizalnoviandy@gmail.com

Halaman ini sengaja dikosongkan