

ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Jalaluddin Al-Mursyidy Fadhlurrahman
Judul Tugas Akhir : Penghitung Langkah Kaki dan Jumlah Kalori Menggunakan Sensor Akselerometer
Pembimbing : 1. Arief Kurniawan, ST., MT.
2. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.

Pola makan yang tidak sehat memicu berbagai penyakit seperti hipertensi, diabetes, obesitas, jantung, dan lainnya. Untuk mencegah resiko mengalami penyakit-penyakit tersebut, masyarakat harus membiasakan gaya hidup sehat, dan rajin melakukan olahraga. Salah satu jenis olahraga yang dapat dilakukan oleh seluruh lapisan masyarakat tanpa mengeluarkan biaya adalah berjalan kaki. DEPKES RI, serta para ahli, merekomendasikan olahraga jalan kaki sebanyak 1.000 langkah sebagai target minimal, dan 10.000 langkah tiap harinya sebagai target jangka panjang. Maka, diperlukan alat yang mampu menghitung langkah kaki dan jumlah kalori terbakar, serta menampilkan hasilnya di telepon genggam pengguna. Alat tersebut dibangun menggunakan sensor akselerometer, dimana data diolah dengan mikrokontroler Arduino Nano untuk selanjutnya dikirimkan ke telepon seluler pengguna untuk ditampilkan.

Pengolahan data dilakukan dengan cara menghitung varians dari masing-masing sumbu sensor dan menjumlahkannya. Kemudian, mikrokontroler menghitung selisih dari penjumlahan tersebut dengan rata-ratanya. Hasil perhitungan selisih inilah yang kemudian menjadi penentu pemasangan *threshold* untuk menghitung jumlah langkah kaki. Dari 18 kali total pengujian, didapatkan rata-rata akurasi alat sebesar 91,48%.

Kata Kunci: Akselerometer, Arduino, Kalori, Langkah Kaki

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

Name : Jalaluddin Al-Mursyidy Fadhlurrahman
Final Project's Title : *Footsteps Counter and Number of Calories Using Accelerometer Sensor*
Advisors : 1. Arief Kurniawan, ST., MT.
2. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.

The unhealthy diet then overcomes various diseases such as hypertension, diabetes, obesity, heart disease, and others. To avoid the risk of being overcome by the diseases, the community must familiarize a healthy lifestyle, such as making a healthy and regular diet with diligent exercise. One type of exercise that can be carried out by all levels of society without spending is walking exercise. Ministry of Health of Republic of Indonesia, as well as experts, recommends exercising as many as 1,000 steps to walk as a minimum target, and 10,000 steps everyday as a long-term target. So, a device is needed to be able to count the number of footsteps. The device is built by using an accelerometer sensor where the data is processed within Arduino Nano microcontroller to be sent to the user's mobile phone to be displayed.

The data processing is done by calculating the variance from each accelerometer sensor's axis, and add them up. Then, the microcontroller calculates the difference of the sum from its average. The result of this calculation determines the threshold value to count footsteps. From the total of 18 tests, it was found the the average accuracy of the device was 91,48%.

Keywords: Footsteps, Calories, Accelerometer, Arduino

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan berkah, rahmat, serta hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan judul **Penghitung Langkah Kaki dan Jumlah Kalori Menggunakan Sensor Akselerometer**.

Penelitian ini disusun dalam rangka pemenuhan bidang riset di Departemen Teknik Elektro ITS, Bidang Studi Teknik Komputer dan Telematika, serta digunakan sebagai persyaratan menyelesaikan pendidikan Sarjana. Penelitian ini dapat terselesaikan tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis yang telah memberikan dorongan moral pada penulis sehingga mampu menyelesaikan buku ini, teman-teman penulis yang telah memberikan bantuan moral, kedua dosen pembimbing serta dosen penguji yang telah mengarahkan penulis untuk pengerjaan tugas akhir, serta seluruh elemen dari Departemen Teknik Elektro ITS.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ichsan Adi Pratama yang menjadi teman penulis berdiskusi untuk menyelesaikan penelitian ini, dan Fauzan Andi Fadhlullah yang membantu pengujian alat. Penulis secara khusus juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Arief Kurniawan, ST., MT. dan Bapak Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT. selaku dosen pembimbing penulis.

Kesempurnaan hanya milik Tuhan YME, untuk itu penulis memohon segenap kritik dan saran yang membangun. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

Abstrak	i
Abstract	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii
NOMENKLATUR	xv
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian dan Manfaat	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sensor	5
2.1.1 Sensor Akselerometer	6
2.1.2 Sensor Giroskop	11
2.2 Mikrokontroler	13
2.2.1 Arduino	14
2.2.2 Arduino Nano	15
2.3 Modul Bluetooth	17
2.4 Sistem Operasi Android	18
2.4.1 Arsitektur Sistem Operasi Android	19
2.5 Perhitungan Kalori Terbakar	21
3 DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM	23
3.1 Pengabelan Peralatan	24
3.2 Pra-pengambilan Data	26

3.2.1	Kalibrasi	26
3.2.2	Normalisasi	27
3.3	Pengambilan Data	27
3.4	Analisis Data	28
3.4.1	Varians	28
3.4.2	Turunan (<i>Derivative</i>)	29
3.4.3	Rata-rata	29
4	PENGUJIAN DAN ANALISIS	31
4.1	Pra-pengambilan Data	31
4.1.1	Kalibrasi	31
4.1.2	Normalisasi	34
4.2	Pengambilan Data	39
4.2.1	Data Pembanding	39
4.2.2	Data dari Alat	50
5	PENUTUP	63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	64
	DAFTAR PUSTAKA	65
	Biografi Penulis	69

DAFTAR GAMBAR

2.1	Penampang akselerometer tipe magnetoresistif. . . .	7
2.2	Penampang akselerometer tipe <i>heat-transfer</i>	8
2.3	Penampang akselerometer tipe pizoelektrik.	8
2.4	Penampang akselerometer tipe kapasitif.	9
2.5	Penampang akselerometer tipe pizoresistif.	10
2.6	Bentuk giroskop putar tradisional.	11
2.7	Sensor giroskop MEMS tipe LISY300AL.	12
2.8	<i>Roll, pitch, dan yaw</i> pada pesawat terbang [1]. . . .	13
2.9	Bentuk fisik dari Arduino Nano versi 3.0 [2].	15
2.10	Pemetaan pin dari Arduino Nano versi 3.0 [2].	16
2.11	Bentuk fisik dari modul bluetooth HC-06 [3].	18
2.12	Arsitektur sistem operasi Android [4].	20
3.1	Metodologi pengerjaan.	23
3.2	Skema pengabelan komponen.	24
3.3	Skema rangkaian elektronika alat.	25
4.1	Kalibrasi pada telepon genggam menunjukkan posisi sumbu Z negatif.	32
4.2	Kalibrasi pada telepon genggam menunjukkan posisi sumbu Z positif	33
4.3	Kalibrasi pada telepon genggam menunjukkan posisi sumbu Y negatif	34
4.4	Kalibrasi pada telepon genggam menunjukkan posisi sumbu Y positif	35
4.5	Kalibrasi pada telepon genggam menunjukkan posisi sumbu X positif	35
4.6	Kalibrasi pada alat menunjukkan posisi sumbu X positif	36
4.7	Kalibrasi pada alat menunjukkan posisi sumbu Y positif	37
4.8	Kalibrasi pada alat menunjukkan posisi sumbu Z positif	37
4.9	Sumbu Z sensor sebelum normalisasi.	38
4.10	Sumbu Z sensor setelah normalisasi.	38
4.11	Pengujian 7 langkah dengan sumbu X positif menghadap tanah.	40
4.12	Analisis varians terhadap pengujian 7 langkah. . . .	40

4.13	Pengujian 10 langkah dengan sumbu X positif menghadap tanah.	41
4.14	Analisis varians terhadap pengujian 10 langkah. . . .	42
4.15	Pengujian 20 langkah dengan sumbu Y positif menghadap tanah.	43
4.16	Analisis varians terhadap pengujian 20 langkah. . . .	44
4.17	Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 10 langkah. . .	45
4.18	Analisis varians pada pengujian 10 langkah oleh Fauzan Andi.	46
4.19	Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 10 langkah cepat.	46
4.20	Analisis varians pada pengujian 10 langkah cepat oleh Fauzan Andi.	47
4.21	Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 20 langkah. . .	47
4.22	Hasil analisis varians pada pengujian 20 langkah oleh Fauzan Andi.	48
4.23	Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 20 langkah cepat.	49
4.24	Hasil analisis varians pada pengujian 20 langkah cepat oleh Fauzan Andi.	49
4.25	Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 10 langkah. . .	50
4.26	Analisis varians pada pengujian 10 langkah.	52
4.27	Analisis rata-rata pada pengujian 10 langkah.	52
4.28	Analisis selisih penjumlahan varians dengan nilai rata-ratanya pada pengujian 10 langkah.	53
4.29	Hasil deteksi langkah dari pengujian 10 langkah oleh Fauzan Andi.	54
4.30	Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 10 langkah cepat.	54
4.31	Hasil deteksi langkah dari pengujian 10 langkah cepat oleh Fauzan Andi.	55
4.32	Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 15 langkah. . .	56
4.33	Hasil deteksi langkah dari pengujian 15 langkah oleh Fauzan Andi.	56
4.34	Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 15 langkah cepat.	57
4.35	Hasil deteksi langkah dari pengujian 15 langkah cepat oleh Fauzan Andi.	58
4.36	Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 20 langkah. . .	59
4.37	Hasil deteksi langkah dari pengujian 20 langkah oleh Fauzan Andi.	59
4.38	Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 20 langkah cepat.	60

4.39 Hasil deteksi langkah dari pengujian 20 langkah cepat oleh Fauzan Andi.	61
---	----

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

4.1	Hasil pengujian dan akurasinya.	62
-----	---	----

Halaman ini sengaja dikosongkan

NOMENKLATUR

kal	: Kalori (kal)
W	: Berat badan (kg atau lb)
s	: Jarak tempuh (km)
h	: Tinggi badan (cm)
S^2	: Varians
\bar{X}	: Rata-rata
X_i	: Entri dalam sebuah data
n	: Jumlah data
y'	: Turunan pertama dari y
y''	: Turunan kedua dari y
N_z	: Nilai normalisasi dari sumbu Z

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

Penelitian ini di latar belakang oleh berbagai kondisi yang menjadi acuan. Selain itu juga terdapat beberapa permasalahan yang akan dijawab sebagai *output* dari penelitian.

1.1 Latar belakang

Peningkatan taraf hidup serta tuntutan hidup mempengaruhi gaya hidup masyarakat, diantaranya adalah pengaruh terhadap pola makan. Studi yang dilakukan terhadap pria berusia di atas 20 tahun di Amerika Serikat menunjukkan bahwa setidaknya satu dari empat pria dewasa dilaporkan mengkonsumsi makanan siap saji. Makanan-makanan siap saji ini mengandung kadar kalori yang tinggi, serta rendah mikronutrien penting [5].

Pola makan yang tidak sehat ini kemudian memicu berbagai penyakit seperti hipertensi, diabetes, obesitas, jantung, dan lainnya. Penyakit tersebut juga cenderung mengalami peningkatan di Indonesia. Pada tahun 2002, sesuai dengan data dari Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, prevalensi (jumlah orang dalam sebuah populasi yang mengalami penyakit) hipertensi di kalangan usia dewasa adalah 28%. Hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2007, prevalensi hipertensi menunjukkan peningkatan hingga 31,5%, prevalensi prahipertensi adalah sekitar 32%, dan prevalensi hipertensi pada penduduk berumur 18 tahun ke atas adalah sekitar 31,7% [6]-[7].

Untuk mencegah resiko mengalami penyakit-penyakit diatas, masyarakat harus membiasakan gaya hidup sehat, seperti membentuk pola makan yang sehat dan teratur dengan banyak mengonsumsi sayur dan buah, istirahat yang cukup, dan rajin melakukan olahraga. Salah satu jenis olahraga yang dapat dilakukan oleh seluruh lapisan masyarakat tanpa mengeluarkan biaya adalah berjalan kaki. Dalam jurnal yang berjudul Pengaruh Olahraga Jalan Cepat dan Diet terhadap Tekanan Darah Penderita Prahipertensi Pria, disebutkan bahwa kombinasi dari diet dan olahraga berjalan efektif sebagai upaya pencegahan hipertensi dan kegemukan pada pen-

derita prahipertensi atau pada penderita berat badan berlebih [8]. Menurut hasil penelitian Dr. Yoshiro Hatano, seorang profesor dari Universitas Kyushu di Jepang, bahwa orang yang jarang berolahraga atau berjalan kaki pun dapat berjalan sekitar 3.500-5.000 langkah setiap harinya [9]. Michael Mosley, dokter asal Inggris, dalam bukunya yang berjudul *Fat Exercises*, menyatakan bahwa manusia direkomendasikan untuk berjalan sebanyak 10.000 langkah setiap harinya [10]. Hal senada juga disarankan oleh DEPKES RI, dimana berjalan kaki disarankan sebanyak 30 menit setiap harinya atau dengan menetapkan target minimal 1.000 langkah setiap minggunya, untuk kemudian perlahan-lahan membentuk target jangka panjang sebanyak 10.000 langkah setiap hari [11]-[12].

Berdasarkan rekomendasi dari ilmuwan seperti yang disebutkan di atas, maka dibutuhkan sebuah alat yang mampu menghitung langkah kaki pengguna sembari melakukan olahraga jalan kaki. Selain jumlah langkah kaki, alat tersebut diharapkan mampu menghitung jumlah kalori yang terbakar setelah aktivitas, kemudian menampilkan informasinya melalui telepon genggam pengguna.

1.2 Permasalahan

Rumusan masalah dari penelitian ini meliputi:

1. Adanya resiko terkena berbagai macam penyakit apabila tidak berolahraga.
2. Kalori berlebih karena pola makan yang tidak sehat
3. Tidak memungkinkan untuk menghitung langkah kaki secara manual ketika berolahraga.

1.3 Batasan masalah

Adapun batasan masalah pada pengerjaan Tugas Akhir ini adalah :

1. Sensor yang digunakan adalah sensor akselerometer 3-sumbu GY-521 IMU MPU6050.
2. Pengiriman data dari alat ke telepon genggam pengguna menggunakan modul bluetooth HC-06.
3. Telepon seluler yang digunakan untuk penyajian data adalah telepon pintar dengan sistem operasi Android versi 4.1.2 Jelly Bean.

4. Alat dibangun menggunakan mikrokontroler Arduino Nano V3.0.

1.4 Tujuan Penelitian dan Manfaat

Tujuan dari tugas akhir ini adalah membuat alat yang mampu menghitung langkah kaki dan jumlah kalori terbakar, serta menampilkan hasilnya di telepon genggam pengguna. Hasil tugas akhir ini diharapkan mampu membantu penggunanya untuk mengukur pencapaian target olahraga jalan kaki, sehingga aktivitas tersebut dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien.

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, penegasan dan alasan pemilihan judul, sistematika laporan, tujuan dan metodologi penelitian.

2. BAB II Dasar Teori

Pada bab ini berisi tentang uraian secara sistematis teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas pada pengerjaan tugas akhir ini. Teori-teori ini digunakan sebagai dasar dalam pengerjaan, yaitu teori mengenai sensor akselerometer, sensor giroskop, mikrokontroler yang dipakai, modul bluetooth, sistem operasi Android, teori perhitungan kalori terbakar pada olahraga berjalan kaki, dan teori-teori penunjang lainnya.

3. BAB III Perancangan Sistem dan Implementasi

Bab ini berisi tentang penjelasan-penjelasan terkait sistem yang akan dibuat. Guna mendukung hal tersebut, digunakanlah blok diagram atau *work flow* agar sistem yang akan dibuat dapat terlihat dan mudah dibaca untuk implementasi pada pelaksanaan tugas akhir.

4. BAB IV Pengujian dan Analisis

Bab ini menjelaskan tentang pengujian yang dilakukan terhadap sistem hasil dari tugas akhir ini dan menganalisa sistem tersebut. Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan juga disebutkan dalam bab ini. Sehingga ketika akan dikembangkan lebih jauh, spesifikasi perlengkapannya bisa dipenuhi tanpa harus melakukan uji coba perangkat lunak maupun perangkat keras lagi.

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 pengembangan lebih lanjut juga dituliskan pada bab ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Demi mendukung penelitian ini, dibutuhkan beberapa teori penunjang sebagai bahan acuan dan referensi. Dengan demikian penelitian ini menjadi lebih terarah.

2.1 Sensor

Sensor adalah alat yang ditujukan untuk mendeteksi keberadaan suatu kejadian atau perubahan nilai di sekitar lingkungan alat tersebut dan memberikan tanggapan berupa suatu keluaran [1]. Keluaran yang dihasilkan oleh sensor pada umumnya berupa isyarat listrik. Sebagai contoh, sensor suhu akan mendeteksi perubahan suhu dan menghasilkan keluaran yang menyatakan suhu dalam derajat Celsius, dan dinyatakan dengan besaran tegangan listrik.

Secara umum, sensor dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu sensor fisika dan sensor kimia. Sensor fisika bekerja mendeteksi besaran berdasarkan hukum-hukum fisika. Contoh dari sensor tipe ini adalah sensor cahaya, sensor biometrik, sensor listrik, sensor mekanik, sensor jarak, dan lainnya. Sensor kimia bekerja dengan mendeteksi jumlah suatu zat kimia dengan cara mengubah besaran kimia menjadi besaran listrik, biasanya dengan melibatkan beberapa reaksi kimia. Contoh dari sensor kimia adalah sensor pH, sensor oksigen, sensor ledakan dan sensor gas.

Sensor biometrik adalah segala sensor yang terkait dengan identifikasi seseorang melalui segala parameter yang melekat dalam tubuhnya. Contoh dari sensor biometrik adalah sensor sidik jari (*fingerprint reader*) dan sensor retina mata. Aplikasi dari sensor sidik jari sudah lazim dipakai untuk kepentingan identifikasi kehadiran pegawai di kantor.

Sensor gerakan adalah sensor yang mendeteksi perubahan pergerakan fisik. Sebagai contoh, PIR (*Passive Infrared Sensor*) biasa digunakan untuk membuka pintu ketika seseorang bergerak di depan pintu. Sensor akselerometer dapat dimanfaatkan untuk mengetahui posisi X, Y, dan Z suatu obyek. Dengan demikian, sensor ini dapat juga mendeteksi kemiringan.

Sensor listrik ini ditujukan untuk menghasilkan informasi tentang sistem kelistrikan. Sebagai contoh, sensor arus digunakan untuk mengukur arus yang melalui suatu titik dalam rangkaian. Sensor tegangan digunakan untuk mengukur tegangan antara dua titik dalam rangkaian. Potensiometer yang digunakan untuk mengatur besaran hambatan juga tergolong dalam sensor listrik.

Selanjutnya terdapat sensor cahaya. Sensor ini memberikan informasi mengenai karakteristik cahaya. Sebagai contoh, fotoresistor atau juga yang bisa dinamakan LDR dapat mengukur intensitas cahaya secara relatif. Sensor GY-30 yang menggunakan IC BH1750FVI adalah contoh sensor yang dapat mengukur intensitas cahaya dalam satuan Lux.

Kemudian terdapat sensor lokasi. Sensor lokasi adalah sensor yang dapat memberikan informasi lokasi secara geografis. Sebagai contoh, GPS *receiver* dapat memberikan informasi mengenai letak garis lintang dan garis bujur.

Sensor lingkungan adalah segala sensor yang dapat memberikan informasi mengenai cuaca atau lingkungan. Sensor suhu dan sensor kelembaban udara adalah contoh sensor lingkungan.

Sensor mekanik adalah segala sensor yang berhubungan dengan pengukuran mekanis dan alat-alat mekanis. Sensor Flex, FlexyForce, dan timbangan adalah contoh sensor mekanik. Berbagai tombol juga tergolong sebagai sensor mekanik.

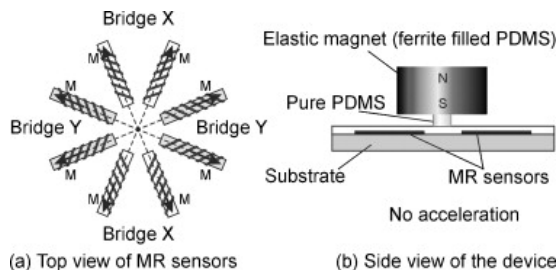
2.1.1 Sensor Akselerometer

Akselerometer adalah sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan suatu obyek, mendeteksi dan mengukur getaran, ataupun untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi [10]. Akselerometer dapat mengukur percepatan dinamis, dan percepatan statis. Pengukuran dinamis adalah pengukuran percepatan pada obyek bergerak, sedangkan pengukuran statis adalah pengukuran terhadap gravitasi bumi. Akselerometer dengan satu atau banyak sumbu ada untuk mendeteksi besar dan arah percepatan dengan tepat, sebagai kuantitas vektor, dan dapat digunakan untuk merasakan orientasi (karena perubahan berat), mengoordinasikan percepatan, getaran, kejutan, dan lainnya. Keluaran yang dihasilkan biasanya berupa besaran listrik yang proporsional terhadap per-

ubahan dari percepatan yang diukur [13].

Prinsip kerja dari akselerometer berdasarkan hukum fisika yang menyatakan bahwa jika suatu medan magnet digerakkan melalui suatu konduktor, maka akan timbul tegangan induksi pada konduktor tersebut. Akselerometer yang diletakkan di permukaan bumi dapat mendeteksi percepatan sebesar $1g$ (yakni besar ukuran gravitasi bumi) di titik vertikalnya. Sementara pada percepatan yang dikarenakan oleh pergerakan horizontal, maka akselerometer akan mengukur percepatannya secara langsung ketika bergerak secara horizontal. Hal ini akan menyesuaikan dengan tipe dan jenis akselerometer yang digunakan, karena setiap jenis sensor berbeda-beda sesuai dengan spesifikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan pembuatnya. Saat ini, hampir semua akselerometer yang diproduksi sudah dalam bentuk digital, sehingga cara kerjanya berdasarkan temperatur yang diolah dalam sebuah *chip*. Sementara akselerometer analog yang menggunakan cara kerja mekanik sudah banyak ditinggalkan.

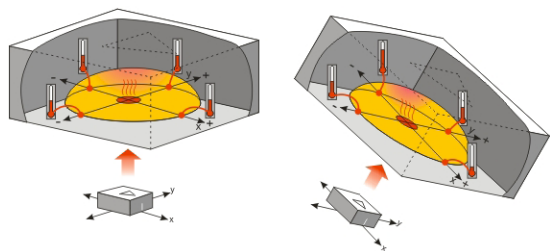
Akselerometer memiliki beberapa tipe, dimana masing-masing tipe mempengaruhi cara kerjanya. Tipe pertama adalah tipe magnetoresistif. Pada tipe ini, perubahan percepatan diketahui berdasarkan resistivitas material karena adanya daerah yang terinduksi magnet. Penampang sensor akselerometer tipe magnetoresistif ditunjukkan oleh Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Penampang akselerometer tipe magnetoresistif.

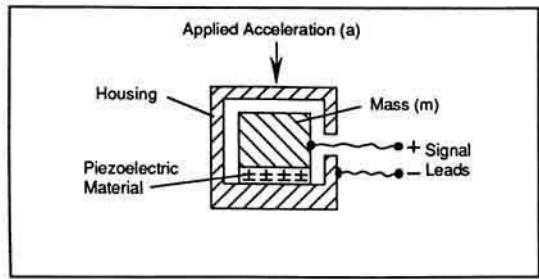
Tipe kedua adalah tipe *heat-transfer*. Akselerometer tipe ini memiliki satu sumber panas yang berpusat pada substrat dan meng-

gantungan pada sebuah rongga khusus, dan termasuk pula thermo-resistor yang memiliki ruang yang sama yang ditempatkan pada keempat sisi sumber panas, sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 2.2. Ia kemudian mengukur perubahan panas internal karena adanya percepatan. Ketika percepatan nol (*zero acceleration*), gradien panas akan simetris. Jika percepatan tidak nol, gradien panas akan asimetris karena perpindahan panas secara konveksi.



Gambar 2.2: Penampang akselerometer tipe *heat-transfer*.

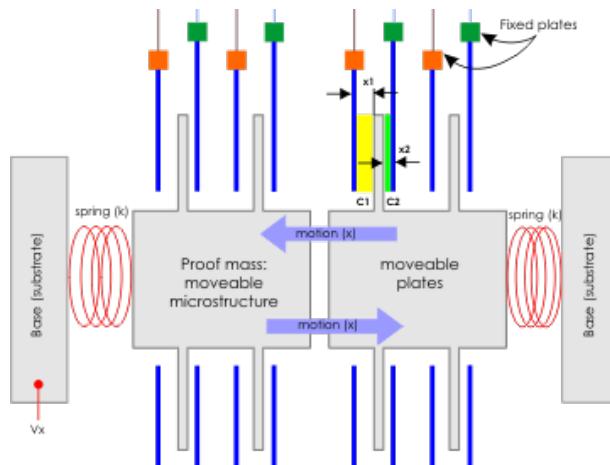
Tipe ketiga adalah tipe pizoelektrik. Ketika jenis kristal tertentu dikompresi, muatan polaritas yang berlawanan terakumulasi pada sisi yang berlawanan dari kristal. Hal ini dikenal sebagai efek pizoelektrik [14]. Pada akselerometer pizoelektrik, muatan terakumulasi pada kristal, lalu ditranslasi dan diperkuat menjadi arus *output* atau tegangan [13]. Peletakan kristal atau material pizoelektrik dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3: Penampang akselerometer tipe pizoelektrik.

Pada Gambar 2.3 di atas, ketika percepatan diaplikasikan ke arah bawah (yang berarti akselerometer digerakkan ke arah atas), massa akan menekan kristal piezoelektrik sehingga menghasilkan tegangan. Semakin besar percepatannya, maka semakin besar gaya tekan massa, sehingga semakin besar arus yang mengalir.

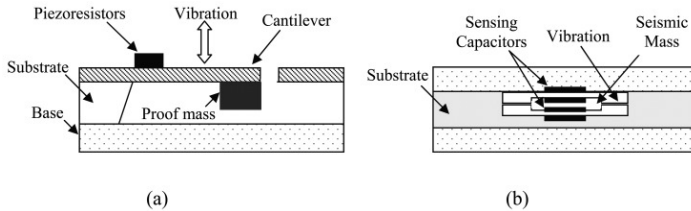
Tipe keempat adalah akselerometer kapasitif, yakni akselerometer yang mengimplementasikan penginderaan kapasitif, mengeluarkan tegangan yang bergantung pada jarak antara dua permukaan planar. Salah satu, atau kedua pelat ini diisi dengan arus listrik. Dengan mengubah celah antar pelat, maka kapasitansi dari sistem akan berubah, sehingga dapat diukur sebagai tegangan *output*. Posisi pelat-pelat ini pada sensor akselerometer tipe kapasitif dapat dilihat pada Gambar 2.4. Metode penginderaan yang seperti ini dikenal karena akurasi dan stabilitasnya yang tinggi. Akselerometer kapasitif juga kurang rentan terhadap gangguan (*noise*) dan variasi temperatur, biasanya menghabiskan lebih sedikit daya, dan dapat memiliki *bandwidth* yang lebih besar karena sirkuit *feedback* internalnya [13].



Gambar 2.4: Penampang akselerometer tipe kapasitif.

Tipe kelima adalah akselerometer pizoresistif. Akselerometer tipe ini dikenal juga sebagai pengukur percepatan regangan (*strain*

gauge accelerometer). Sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 2.5, akselerometer ini bekerja dengan mengukur hambatan listrik dari suatu material saat tekanan mekanik diterapkan. Akselerometer ini memiliki respon frekuensi tinggi yang terbatas.



Gambar 2.5: Penampang akselerometer tipe pizoresistif.

Tipe keenam adalah akselerometer *Hall Effect*. Akselerometer jenis ini bekerja dengan mengukur variasi tegangan yang disebabkan oleh perubahan medan magnet di sekitarnya. Masih ada tipe-tipe akselerometer lainnya seperti *null balance*, *servo force balance*, resonansi, optik, dan *surface acoustic wave* (SAW).

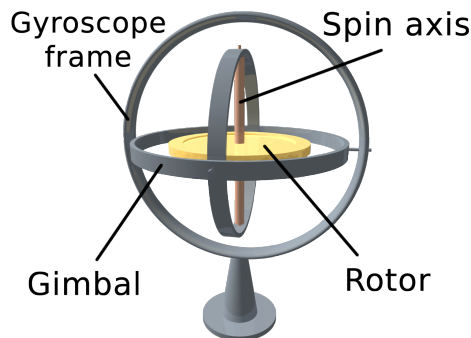
Untuk kebanyakan sensor akselerometer, koneksi dasar yang dibutuhkan agar dapat difungsikan adalah suplai daya (*power supply*) dan jalur komunikasi. Sensor akselerometer dapat berkomunikasi melalui antarmuka analog, digital, atau modulasi lebar-pulsa (*pulse-width modulation*, atau biasa disingkat menjadi PWM). Sensor akselerometer dengan antarmuka analog menunjukkan percepatan dengan tingkat tegangan yang berubah-ubah. Nilai ini umumnya berfluktuasi antara tingkat tegangan *ground* dan tingkat tegangan suplai daya. Sebuah *Analog-to-Digital Converter* (ADC) pada mikrokontroler kemudian dapat digunakan untuk membaca nilai ini. Akselerometer tipe ini biasanya dijual lebih murah daripada tipe digital. Sensor akselerometer dengan antarmuka digital dapat berkomunikasi dengan menggunakan protokol komunikasi *Serial Peripheral Interface* (SPI), ataupun protokol komunikasi *Inter Integrated Circuit* (I2C). Sensor akselerometer tipe ini kurang rentan terhadap gangguan (*noise*) daripada sensor akselerometer tipe analog. Sensor akselerometer yang berkomunikasi dengan PWM, mengeluarkan data *output* gelombang kotak dengan periode ter-

tentu, tetapi memiliki nilai *duty cycle* yang berubah-ubah sesuai dengan perubahan percepatan yang terjadi.

Tingkat akselerasi yang didukung oleh spesifikasi sinyal *output* sensor, biasanya ditentukan dalam $\pm g$. Ini adalah jumlah percepatan terbesar yang dapat diukur dan secara akurat ditampilkan sebagai *output*. Contohnya, sebuah sensor akselerometer dengan *range* $\pm 2g$ akan menghasilkan keluaran yang linear dengan percepatan sampai $\pm 2g$. Sensor akselerometer yang dijual di pasaran memiliki *range* percepatan yang dapat dipilih. *Range* ini biasanya bervariasi dari $\pm 1g$ sampai $\pm 250g$. Biasanya, semakin kecil *range* yang dipilih, semakin sensitif pembacaan dari sensor akselerometer.

2.1.2 Sensor Giroskop

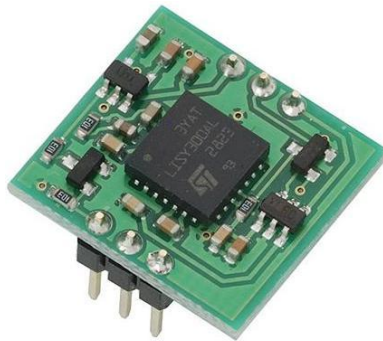
Giroskop adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, dan kecepatan sudut, dengan prinsip ketetapan momentum sudut [14]. Bentuk mekanik dari alat ini adalah roda berputar dengan cakram didalamnya yang tetap stabil. Giroskop yang berdasarkan prinsip operasi lainnya juga tersedia, seperti giroskop MEMS yang dikemas dalam bentuk *micro chip* yang terdapat pada alat-alat elektronik, giroskop fiber optik, *solid-state ring lasers*, dan giroskop kuantum yang sangat sensitif.



Gambar 2.6: Bentuk giroskop putar tradisional.

Giroskop putar yang sangat tradisional seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.6, ditemukan pada awal tahun 1800an. Ilmuwan

Francis Jean Bernard Foucault menciptakan istilah giroskop pada tahun 1852 untuk menyebut alat tersebut. Pada awal tahun 1904, giroskop dengan motor elektrik (yang disebut juga dengan *gyrocompass*) dipatenkan oleh penemu Jerman, Hermann Anschütz-Kaempfe. Seorang warga negara Amerika Serikat, Elmer Sperry pada tahun yang sama menciptakan *gyrocompass* desainnya sendiri untuk digunakan pada kapal perang, dan mendirikan industri giroskopnya sendiri. Sekitar tahun 1916, giroskop ditemukan digunakan pada pesawat, dimana hal ini masih bertahan hingga sekarang. Pada beberapa dekade pertama di abad kedua puluh, penemu lainnya berusaha (walaupun gagal) untuk menggunakan giroskop sebagai basis dari sistem navigasi *blackbox*. Pada tahun 1960an, giroskop optik yang menggunakan sinar laser pertama kali diperkenalkan, dan segera sukses dikomersilkan untuk kepentingan aeronautika dan militer. Pada sepuluh hingga lima belas tahun terakhir, giroskop *Micro-electromechanical System* (MEMS) telah diperkenalkan dan mulai diproduksi secara massal dengan beberapa keunggulan dibandingkan dengan alat tradisionalnya. Di antara produk sensor giroskop MEMS yang dijual di pasaran adalah sensor LISY300AL, yang bentuk fisiknya dapat dilihat pada Gambar 2.7.

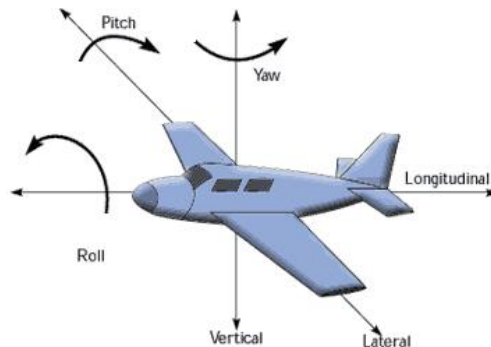


Gambar 2.7: Sensor giroskop MEMS tipe LISY300AL.

Ketika giroskop bergerak, maka akan menghasilkan tegangan *output*. Sementara pada kondisi giroskop diam, tegangan yang dihasilkan akan sama dengan tegangan *offset*-nya. Giroskop mem-

punyai keluaran berupa kecepatan sudut dari arah tiga sumbu, yakni sumbu x (mendeteksi rotasi ke arah kanan dan kiri), sumbu y (mendeteksi rotasi ke arah atas dan bawah), dan sumbu z (mendeteksi rotasi ke arah depan dan belakang). Ketika sumbu yang berotasi bergerak searah jarum jam, maka pada sumbu tersebut tegangannya akan berkurang. Apabila sumbu tersebut berotasi berlawanan arah jarum jam, maka tegangan *output*-nya akan membesar.

Istilah *roll*, *pitch*, dan *yaw* menyatakan putaran pada suatu sumbu. Untuk memahaminya maka dapat dianalogikan pada pesawat terbang seperti yang tertera pada Gambar 2.8. Yang dimaksud dengan *pitch* adalah sumbu putar yang membuat sayap pesawat naik atau turun. *Roll* merupakan sumbu putar yang membuat badan pesawat naik atau turun. Sementara *yaw* adalah sumbu putar yang membuat badan pesawat berbelok ke kiri atau ke kanan [1].



Gambar 2.8: *Roll*, *pitch*, dan *yaw* pada pesawat terbang [1].

2.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler pada suatu rangkaian elektronik berfungsi sebagai pengendali yang mengatur jalannya proses kerja dari rangkaian elektronik. Di dalam sebuah IC mikrokontroler terdapat CPU, memori, timer, saluran komunikasi seri dan parallel, *port input/output*, ADC, dan lain-lain. Arduino adalah suatu perangkat prototipe elektronik berbasis mikrokontroler yang fleksibel dan bersifat *open*-

source, perangkat keras, dan perangkat lunaknya mudah digunakan [2]. Arduino dapat digunakan untuk mendeteksi lingkungan dengan menerima masukan dari berbagai sensor dan dapat mengendalikan peralatan sekitarnya.

Pada tahun 1971, Intel 4004 adalah mikroprosesor pertama. Intel 4004 dibuat dan dikembangkan oleh Intel (*Integrated Electronics*) dan merupakan mikroprosesor 4 bit. Intel membuat mikroprosesor Intel 4004 menggunakan 2250 transistor. Empat tahun kemudian, Intel membuat mikroprosesor generasi kedua yang diberi nama Intel 8008, yang merupakan mikroprosesor 8 bit. Pada tahun 1972, TMS1000 adalah mikrokontroler 4 bit pertama. Mikrokontroler ini dibuat oleh Gary Boone dari Texas Instrument. Tahun 1976, Intel membuat mikrokontroler pertamanya yang diberi nama Intel 8048. Pada tahun 1978, mikroprosesor 16 bit menjadi umum digunakan, seperti Motorola 68000, Intel 8086, dan Zilog Z8000. Pada tahun 1996, mikrokontroler Atmel AVR dibuat oleh Atmel. Atmel AVR adalah salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan sampai saat ini. AVR adalah mikrokontroler *Reduce Instruction Set Computing* (RISC) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard.

2.2.1 Arduino

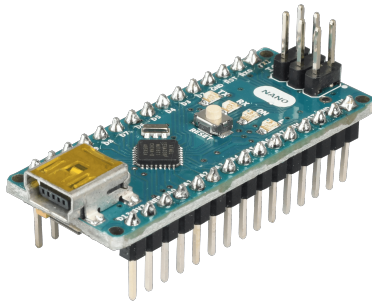
Mikrokontroler Arduino dikembangkan dari tesis Hernando Barragan pada tahun 2004, yang merupakan mahasiswa asal Kolombia. Diawali di ruang kelas Interactive Design Institute di Ivrea (IDII) pada tahun 2005, Arduino ditemukan oleh Massimo Banzi dan David Cuartielles dengan tujuan awal untuk membantu para siswa membuat perangkat desain dan interaksi dengan harga yang murah dibandingkan dengan perangkat lain yang tersedia pada saat itu, seperti BASIC Stamp yang harganya cukup mahal bagi pelajar pada saat itu. Arduino berasal dari bahasa Itali yang berarti teman yang berani. Pada bulan Mei 2011, Arduino sudah terjual lebih dari 300.000 unit. Arduino saat ini sudah menjadi salah satu *platform Open Source HardWare* (OSHW).

Kelebihan dari *board* Arduino adalah tidak perlu perangkat *chip programmer* karena didalamnya memiliki *bootloader* yang akan menangani program yang diunggah dari komputer, bahasa pemrograman yang relatif mudah (dalam bahasa C) dan perangkat lunak

yang mudah dioperasikan karena berbentuk *Graphic User Interface* (GUI), memiliki *library* yang cukup lengkap serta gratis, dan komunikasi serial serta komunikasi untuk upload program yang menggunakan jalur yang sama, yaitu jalur USB, sehingga membutuhkan lebih sedikit kabel [2].

2.2.2 Arduino Nano

Arduino Nano adalah salah satu papan pengembangan mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap, dan mendukung penggunaan breadboard. Arduino Nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328 (untuk versi 3.x) atau ATmega168 (untuk versi 2.x). Arduino Nano dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Gravitech. Bentuk fisik dari mikrokontroler Arduino Nano versi 3.0 dapat dilihat pada Gambar 2.9.

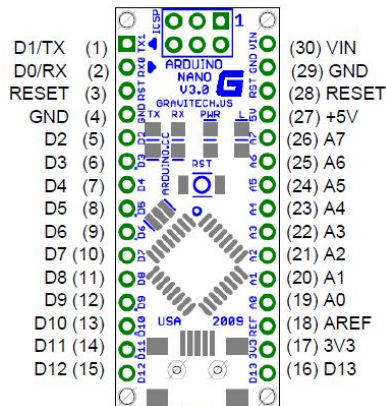


Gambar 2.9: Bentuk fisik dari Arduino Nano versi 3.0 [2].

Arduino Nano menggunakan mikrokontroler Atmel ATmega168 atau ATmega328, dengan tegangan operasi sebesar 5 volt, *input voltage* (yang disarankan) sebesar 7 volt-12 volt, *input voltage(limit)* sebesar 6 volt-20 volt, pin digital I/O sebanyak 14 pin (6 pin digunakan sebagai *output* PWM), pin *input* analog sebanyak 8 pin, arus DC per-pin I/O sebesar 40 mA, *flash memory* sebesar 16 KB (untuk ATmega168) atau sebesar 32 KB (untuk ATmega328) dan 2 KB digunakan oleh *bootloader*, SRAM sebesar 1 KB (untuk ATmega168) atau 2 KB (untuk ATmega328), EEPROM sebesar 512 *byte* (untuk ATmega168) atau 1 KB (untuk ATmega328), serta memiliki *clock speed* sebesar 16 MHz. Arduino Nano versi 3.0 ini memiliki

ukuran dimensi sebesar 1,85 cm x 4,3 cm.

Arduino Nano dapat diaktifkan melalui koneksi USB Mini-B, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan belum teregulasi antara 6 volt-20 volt yang dihubungkan melalui pin 30, atau catu daya eksternal dengan tegangan teregulasi 5 volt melalui pin 27. Sumber daya secara otomatis akan dipilih dari sumber tegangan yang lebih tinggi. *Chip* FTDI FT232L akan aktif apabila Arduino Nano memperoleh sumber daya dari USB, sementara apabila Arduino Nano memperoleh sumber daya dari luar/selain USB, maka *chip* FTDI FT232L tidak akan aktif, dan pin 3v3 tidak tersedia (tidak mengeluarkan tegangan).



Gambar 2.10: Pemetaan pin dari Arduino Nano versi 3.0 [2].

Sesuai Gambar 2.10 diatas, pin dengan nomor 1-2 dan nomor 5-16 memiliki nama D0-D13, merupakan pin *input/output* dengan *port* digital 0-13. Pin nomor 3 dan 8 memiliki nama "RESET", merupakan tipe pin *input* (*active low*). Pin dengan nomor 4 dan 29 memiliki nama "GND" yang merupakan *supply ground*. Pin dengan nomor 17 memiliki nama "3V3" bertipe *output* yang mengeluarkan tegangan sebesar +3,3 volt dari FTDI. Pin bernomor 18 memiliki nama "AREF" yang bertipe pin *input* yang merupakan *ADC reference*. Pin dengan nomor 19-26 memiliki nama A0-A7 merupakan

analog input channel 0-7 bertipe *input pin*. Pin nomor 27 memiliki nama "+5V" dapat merupakan pin tegangan *input* sebesar 5 volt (dari sumber daya eksternal), atau pin tegangan *output* sebesar 5 volt (dari regulator *on-board*). Yang terakhir adalah pin dengan nomor 30 dengan nama "VIN", merupakan pin tegangan sumber.

2.3 Modul Bluetooth

Bluetooth merupakan standar teknologi untuk tukar-menukar data pada jarak pendek menggunakan gelombang radio UHF dari 2.400 GHz sampai dengan 2.485 GHz ISM (*Industrial, Scientific and Medical*). Teknologi bluetooth ditemukan oleh insinyur elektro asal Belanda yang bernama Jaap Haartsen sebagai alternatif dari kabel data RS-232.

Bluetooth dapat dipakai untuk melakukan komunikasi data di antara peralatan dengan jarak jangkauan yang cukup jauh. Biasanya jarak jangkauan tergantung pada kelas bluetooth. Dalam *tranceiver* bluetooth, ada tiga kelas pembagian daya, yaitu:

1. Daya Kelas 1

Bluetooth beroperasi antara 100 mW (20 dBm) dan 1 mW (0 dBm), dirancang untuk perangkat dengan jangkauan hingga 100 meter.

2. Daya Kelas 2

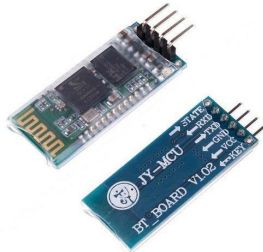
Bluetooth beroperasi antara 2,5 mW (4 dBm) dan 0,25 mW (-6 dBm), dirancang untuk perangkat dengan jangkauan hingga mencapai 10 meter.

3. Daya Kelas 3

Bluetooth beroperasi pada 1 mW (0 dBm), dirancang untuk perangkat dengan jangkauan pendek, yakni sekitar 1 meter.

Beberapa jenis modul bluetooth dapat dijumpai di pasaran. Modul bluetooth HC-06 merupakan salah satu versi modul bluetooth yang sering dijumpai. Modul ini dapat bekerja pada tegangan rendah, yakni antara 3,1 V sampai dengan 6 V, dengan arus ketika melakukan *pairing* adalah 30 mA sampai dengan 40 mA, dan besar arus ketika sedang melakukan komunikasi adalah 8mA. Spesifikasi ini menyebabkan modul bluetooth ini memiliki konsumsi daya yang rendah. Modul HC-06 menggunakan sebuah *chip* BC417 dan

memori *flash*, dan memiliki *transceiver* nirkabel digital 2,4 GHz, sehingga dapat bekerja pada pita gelombang 2,4 GHz sampai dengan 2,8 GHz ISM *Band*. Modul bluetooth seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.11 ini juga memiliki ukuran yang kecil, yakni 27 mm x 13 mm x 2 mm, sehingga cocok untuk menghasilkan alat yang kompak.



Gambar 2.11: Bentuk fisik dari modul bluetooth HC-06 [3].

2.4 Sistem Operasi Android

Android adalah sistem operasi berbasis Linux yang dirancang untuk perangkat bergerak layer sentuh seperti telepon pintar dan komputer tablet [4]. Android awalnya dikembangkan oleh Android, Inc., dengan dukungan finansial dari Google, yang kemudian membelinya pada tahun 2005. Sistem operasi ini dirilis secara resmi pada tahun 2007, bersamaan dengan didirikannya Open Handset Alliance, yakni konsorsium dari perusahaan-perusahaan perangkat keras, perangkat lunak, dan telekomunikasi yang bertujuan untuk memajukan standar terbuka perangkat seluler. Ponsel Android pertama mulai dijual pada bulan Oktober 2008. Antarmuka pengguna Android umumnya berupa manipulasi langsung, menggunakan gerakan sentuh yang serupa dengan tindakan nyata, misalnya menggeser, mengetuk, dan mencubit untuk memanipulasi obyek di layar, serta papan ketik virtual untuk menulis teks.

Kelebihan utama yang dimiliki oleh Android adalah sifatnya yang open source, sehingga mudah untuk dikembangkan dan dimodifikasi sesuai kebutuhan. Karena mudah untuk dikembangkan, sistem operasi ini memiliki banyak dukungan aplikasi [4]. Selain itu,

sistem operasi ini dapat diterapkan pada berbagai jenis *hardware* dengan beragam spesifikasinya.

Perangkat Android memiliki beberapa fitur perangkat keras di dalamnya. Inilah yang dapat dimanfaatkan oleh pengembang untuk membangun aplikasi. Diantaranya adalah:

1. *Touch screen.*

Perangkat Android memiliki fitur layar sentuh (*touch screen*) yang memberikan beberapa kemungkinan untuk berinteraksi dengan aplikasi menggunakan jari. Pengguna dapat melakukan *swipe*, *flip*, *drag*, dan *pinch*. Android juga mendukung *multitouch* yang berarti keseluruhan layar dapat disentuh dengan satu atau lebih jari pada saat yang bersamaan.

2. GPS.

Sistem operasi Android mendukung GPS yang memungkinkan pengembang untuk mengakses lokasi pengguna. Contohnya adalah aplikasi peta yang menunjukkan lokasi pengguna dan memberikan petunjuk untuk menuju suatu lokasi.

3. Akselerometer.

Android mendukung akselerometer, yang merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur percepatan. Akselerometer dapat memberitahukan apabila suatu perangkat Android bergerak, terguncang, atau berbalik arah posisinya.

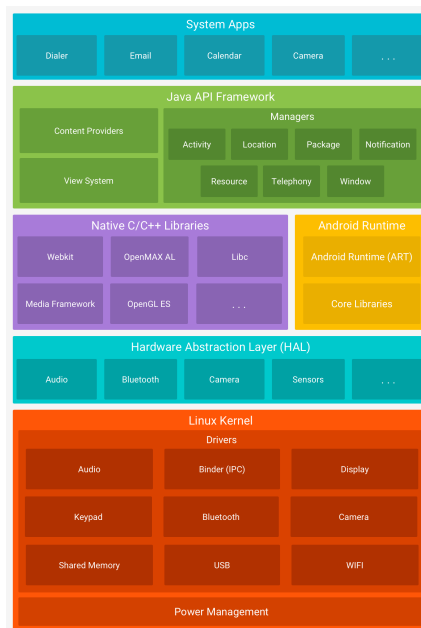
4. *SD Card.*

Android memiliki fitur yang memungkinkan pengguna atau aplikasi untuk mengakses (menyimpan atau membuka) file pada *SD card*. *SD card* merupakan media penyimpanan yang digunakan perangkat Android dan beberapa perangkat *mobile* lainnya.

2.4.1 Arsitektur Sistem Operasi Android

Tingkat pertama pada arsitektur sistem operasi Android adalah aplikasi. Yang dimaksud dengan aplikasi adalah aplikasi inti dari sistem untuk email, SMS, kalender, kontak, atau penjelajahan internet. Pada tingkat kedua, terdapat Java API *Framework*, yakni semua fitur Android yang tersedia untuk pengembang melalui antarmuka pemrograman aplikasi. Hal ini meliputi:

1. Penyedia Materi, yang memungkinkan aplikasi untuk mengakses data dari aplikasi lain.
2. Sistem Tampilan, yang digunakan untuk membangun antarmuka pengguna aplikasi, termasuk menu, daftar, dan tombol.
3. Pengelola Aktivitas, yang mengelola daur hidup aplikasi.
4. Pengelola Notifikasi, yang digunakan untuk menampilkan peringatan khusus di bilah status.
5. Pengelola Referensi, digunakan untuk mengakses sumber daya non-kode seperti *string*, grafik, dan *file layout*
6. Semua kerangka kerja API yang digunakan aplikasi Android.



Gambar 2.12: Arsitektur sistem operasi Android [4].

Sebagaimana yang terlihat pada Gambar 2.12, *library* dan An-

droid *runtime* menempati tingkat ketiga. Android *runtime* berfungsi sebagai penerjemah *bytecode* aplikasi ke dalam instruksi asli yang kemudian dieksekusi oleh *environment runtime* perangkat. Android juga menyertakan rangkaian pustaka (*library*) yang menyediakan sebagian besar fungsionalitas bahasa pemrograman Java. Banyak layanan dan komponen sistem Android inti dibangun dari kode asli (*native code*) yang memerlukan pustaka asli yang ditulis dalam C dan C++. Pustaka asli tersebut tersedia untuk aplikasi melalui kerangka kerja Java API.

Hardware Abstraction Layer (HAL) menempati tingkat selanjutnya. Tingkat ini menyediakan antarmuka standar yang menunjukkan kemampuan perangkat keras di perangkat ke kerangka kerja Java API yang lebih tinggi. HAL terdiri dari beberapa modul pustaka, masing-masing mengimplementasikan antarmuka untuk komponen perangkat keras tertentu, seperti modul kamera atau bluetooth.

Kernel Linux, merupakan fondasi platform Android. Lapisan di atasnya mengandalkan kernel Linux untuk fungsionalitas pokok seperti *threading* dan manajemen memori tingkat rendah. Menggunakan kernel Linux memungkinkan Android memanfaatkan fitur keamanan utama dan memungkinkan produsen perangkat mengembangkan *driver* perangkat keras untuk kernel yang cukup dikenal.

2.5 Perhitungan Kalori Terbakar

Menurut prinsip fisika, untuk memindahkan sebuah massa tertentu dengan jarak tertentu dibutuhkan sejumlah energi [15]. Dengan demikian, dibutuhkan sejumlah energi untuk berjalan atau berlari pada jarak yang diberikan. Sesuai dengan studi yang berjudul “*Energy Expenditure of Walking and Running: Comparison with Prediction Equations*” [16], persamaan untuk mencari jumlah kalori terbakar ditunjukkan oleh persamaan 2.1.

$$kal = W \times c \quad (2.1)$$

Pada persamaan 2.1 di atas, kalori yang dihitung adalah kalori terbakar per satuan mil, W adalah berat badan dalam satuan pon (lb), dan c adalah konstanta yang bernilai 0,3.

Apabila berat badan yang akan dikalkulasi berada dalam satuan kilogram, maka persamaan 2.1 di atas berubah menjadi persamaan 2.2.

$$Kalori = \frac{W}{0,453592} \times c \quad (2.2)$$

Kalori yang dihitung adalah kalori terbakar per mil, W adalah berat badan dalam satuan kilogram (kg), dan c adalah konstanta yang bernilai 0,3.

Apabila memperhitungkan jarak yang ditempuh, maka persamaan 2.2 di atas akan berubah menjadi persamaan 2.3.

$$Kalori = \frac{W}{0,453592} \times \frac{s}{1,60934} \times c \quad (2.3)$$

Pada persamaan 2.3, W adalah berat badan dalam satuan kilogram (kg), s adalah jarak dalam satuan kilometer (km), dan c adalah konstanta yang bernilai 0,3.

Untuk dapat menghitung kalori terbakar sebagaimana yang telah didefinisikan oleh persamaan 2.3 di atas, maka diperlukan informasi jarak dalam satuan kilometer (km). Studi menunjukkan bahwa apabila panjang langkah dibagi dengan tinggi badan, hasilnya berada pada kisaran 0,41 sampai dengan 0,45 [17]. Rasio rata-rata bagi subyek perempuan adalah sebesar 0,413 dan untuk subyek laki-laki adalah sebesar 0,415 [18]. Jadi, untuk mengetahui lebar langkah kaki berdasarkan faktor jenis kelamin dapat digunakan persamaan 2.4.

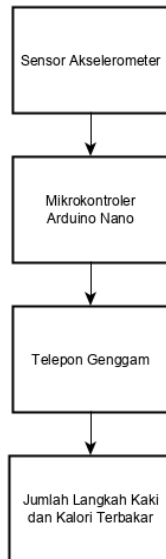
$$s = \frac{rasio \times h \times JL}{100.000} \quad (2.4)$$

Jarak yang dihasilkan dalam satuan kilometer (km), rasio adalah 0,413 untuk jenis kelamin perempuan dan 0,415 untuk jenis kelamin laki-laki, h adalah tinggi badan dalam satuan sentimeter (cm), dan JL adalah jumlah langkah kaki.

BAB 3

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Proses pembuatan alat penghitung langkah kaki dilakukan melalui beberapa tahap, seperti pada Gambar 3.1. Sensor akselerometer digunakan untuk mendeteksi percepatan dan kecepatan dari pengguna. Keluaran dari sensor ini akan digunakan sebagai masukan untuk analisa dan pengolahan data. Keluaran dari sensor akselerometer selanjutnya diolah oleh mikrokontroler. Hasil pengolahan selanjutnya dikirimkan ke telepon genggam pengguna menggunakan modul bluetooth. Telepon genggam pengguna yang menerima hasil pengolahan dari mikrokontroler selanjutnya menyajikan data jumlah langkah kaki dan jumlah kalori terbakar menggunakan aplikasi yang telah dirancang sebelumnya.

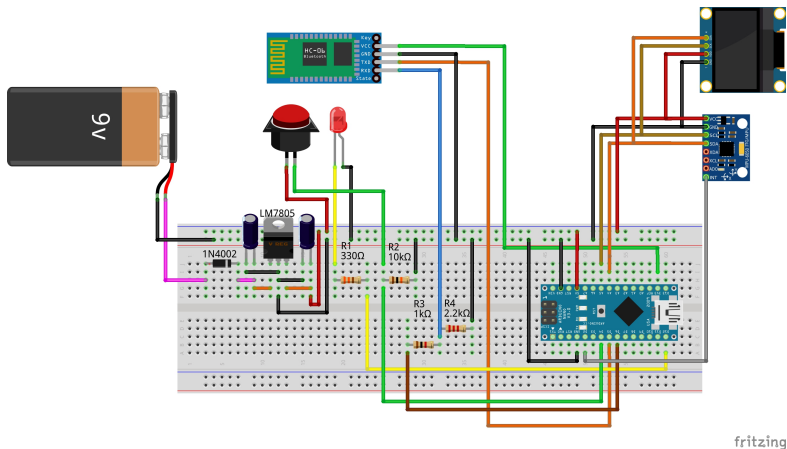


Gambar 3.1: Metodologi pengerjaan.

3.1 Pengabelan Peralatan

Perakitan alat dimulai dengan melakukan pengabelan (*wiring*) terhadap peralatan yang akan dipakai. Komponen-komponen elektronika yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah 1 buah mikrokontroler Arduino Nano versi 3.0, 1 buah sensor IMU GY-521 MPU6050 3-sumbu, 1 buah I2C *Organic Light Emitting Diode* (OLED) 128x64, 1 buah *push-button*, 1 buah lampu LED (*Light Emitting Diode*), 1 buah resistor 10 k Ω , 1 buah resistor 330 Ω , 1 buah resistor 1 k Ω , dan 1 buah resistor 2,2 k Ω . Sementara untuk kepentingan catu daya (*power supply*), dibutuhkan 1 buah baterai 9 volt dan klip baterainya, 1 buah dioda 1N4002 atau dioda 1N4004, 2 buah kapasitor 0,1 μ F, dan 1 buah regulator LM7805.

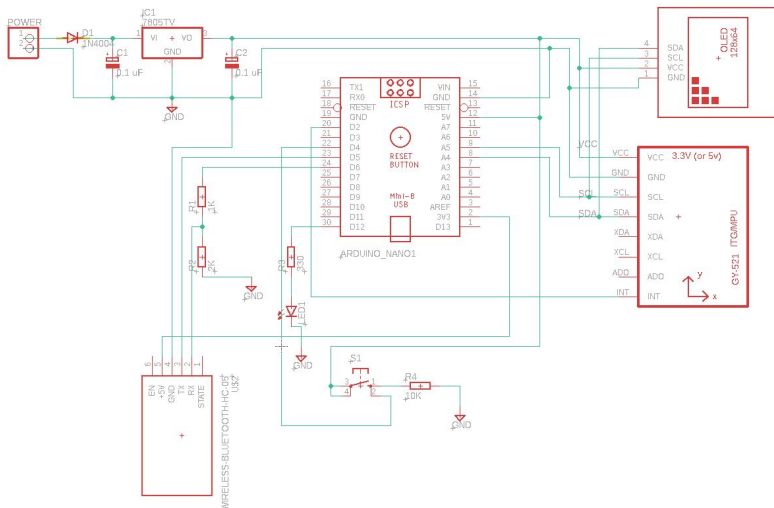
Setelah mengumpulkan komponen-komponen yang dibutuhkan, lakukanlah pengabelan sesuai dengan Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2: Skema pengabelan komponen.

Gambar 3.3 merupakan bentuk rangkaian elektronika dari alat yang akan dibangun, dan berkorelasi dengan skema pengabelan komponennya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Pada skema rangkaian elektronika pada Gambar 3.3, terlihat sumbu positif baterai 9 volt terhubung pada sebuah dioda. Hal ini berguna untuk mencegah terbaliknya polaritas arus listrik yang masuk ke

alat. Selanjutnya dioda terhubung dengan rangkaian yang melakukan regulasi tegangan dari 9 volt ke 5 volt sebagai besar tegangan catu daya standar pada Arduino Nano versi 3.0. Arus listrik yang keluar dari rangkaian regulator tersebut kemudian terhubung dengan seluruh pin "VCC" pada komponen-komponen yang ada, kecuali pada modul bluetooth yang membutuhkan catu daya sebesar 3,3 volt.



Gambar 3.3: Skema rangkaian elektronika alat.

Semua pin "SCL" pada komponen-komponen yang digunakan terhubung pada pin "A5" pada mikrokontroler, dan semua pin "SDA" pada komponen-komponen yang digunakan terhubung pada pin "A4" pada mikrokontroler Arduino Nano. Modul bluetooth yang dipakai bekerja pada tegangan *input* 3,3 volt, maka pin "3V3" dihubungkan ke pin "VCC" atau pin "+5V" dari modul bluetooth. Karena alasan yang sama inilah, untuk terhubung dari pin "D6" pada Arduino Nano ke pin "RX" pada modul bluetooth, digunakan rangkaian *voltage divider*, dimana tegangan *output* dari pin mikrokontroler sebesar 5 volt kemudian diturunkan menjadi 3,3 volt. Tetapi, pin "TX" dari modul bluetooth dapat dihubungkan secara

langsung ke pin "D5" pada mikrokontroler, karena tegangan *output* sebesar 3,3 volt dari pin "TX" pada modul bluetooth sudah dapat dianggap sebagai logika *HIGH* pada mikrokontroler Arduino.

Selanjutnya salah satu kaki *push button* terhubung pada "VCC", sementara kaki lainnya terhubung pada pin "D4" pada mikrokontroler dan resistor 10 k Ω yang kemudian terhubung dengan *ground*. Resistor 10 k Ω yang terhubung pada salah satu kaki *push button* di satu sisi, dan terhubung pada *ground* di sisi lainnya, merupakan rangkaian *pull-up* yang berfungsi untuk mencegah terjadinya kondisi logika *don't care*. *Push button* berfungsi sebagai tombol yang memberikan perintah bagi alat untuk memulai bekerja atau berhenti bekerja. Meski bersifat opsional, pin "INT" pada sensor IMU GY-521 MPU6050 dapat dihubungkan dengan pin "D2" pada mikrokontroler untuk mengendalikan *interrupt* pada sensor. Yang terakhir, lampu LED terhubung ke pin "D12" pada mikrokontroler melalui sebuah resistor 330 k Ω . Setelah melakukan pengabelan dengan benar, maka rangkaian siap dikemas menjadi sebuah alat yang siap digunakan.

3.2 Pra-pengambilan Data

Proses pengerjaan selanjutnya adalah mempersiapkan sensor yang akan dipakai. Agar data yang akan diambil tidak mengalami inkonsistensi, serta untuk mengetahui kondisi sensor saat dilakukan proses pengambilan data, maka diperlukan proses kalibrasi dan normalisasi pada sensor.

3.2.1 Kalibrasi

Kalibrasi adalah proses pengecekan dan pengaturan akurasi dari alat ukur dengan cara membandingkannya dengan standar ukur [19]. Proses kalibrasi pada sensor akselerometer dilakukan untuk mengetahui letak dan arah masing-masing sumbu sensor akselerometer.

Pada telepon genggam yang dipakai untuk mengambil data pembanding, proses kalibrasi dilakukan dengan cara mengubah-ubah posisi telepon genggam pada sebuah bidang datar, dan mengamati hasil keluaran dari sensor akseleromernya. Sedangkan pada sensor IMU GY-521 MPU6050 yang dipakai pada alat yang dibangun, terdapat tanda panah yang menunjukkan letak dan arah dari sumbu

X dan sumbu Y.

Proses kalibrasi pada alat dilakukan dengan cara mengubah posisi alat pada sebuah bidang datar, dan mengamati hasil keluaran dari sensor akseleromernya. Data yang diambil dengan posisi sumbu yang sama dari alat maupun dari telepon genggam secara teori akan menghasilkan pola keluaran yang sama. Sebagai contoh, sebuah data berjalan 10 langkah diambil dengan sumbu +X akselerometer menghadap tanah, akan menghasilkan pola sinyal yang sama, baik data diambil menggunakan alat, maupun menggunakan telepon genggam.

3.2.2 Normalisasi

Sensor akselerometer yang belum dinormalisasi akan menghasilkan besaran nilai yang tidak sama ketika sisi positif sebuah sumbu sensor dibalik menjadi sisi negatifnya. Hal ini membuat perlukannya proses normalisasi pada sensor yang dipakai.

Normalisasi pada sensor IMU GY-521 MPU6050 dilakukan dengan cara mengamati rata-rata nilai besaran suatu sumbu pada sisi positif dan sisi negatifnya, kemudian melakukan proses rata-rata (*averaging*) dengan cara menjumlahkan nilai besaran pada sisi positif maupun negatif dari sumbu terkait, kemudian hasilnya dibagi dua. Nilai yang didapat dari proses rata-rata tersebut merupakan nilai patokan untuk melakukan normalisasi pada sumbu tersebut. Proses rata-rata dilakukan sampai memperoleh nilai patokan bagi ketiga sumbu sensor akselerometer.

3.3 Pengambilan Data

Pada penelitian ini, proses pengambilan data akan dilakukan dengan menggunakan alat yang telah dibangun sebelumnya, dan dengan menggunakan sensor akselerometer yang sudah tertanam pada telepon genggam sebagai data pembanding. Telepon genggam yang dipakai untuk mengambil data pembanding adalah iPhone 5s dengan sistem operasi iOS 10.3.3.

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan telepon genggam yang dipasang pada paha kanan dengan salah satu sumbu positif sensor akselerometer menghadap tanah. Penguji kemudian berjalan sebanyak beberapa langkah dalam tiap-tiap periode pengujian,

seperti 5 langkah, 10 langkah, 15 langkah atau 20 langkah dimulai dengan melangkahkan kaki kanan. Ketika penguji melangkahkan kaki kanannya untuk pertama kalinya, maka akan dianggap sebagai satu langkah. Kemudian ketika penguji melangkahkan kaki kirinya, maka akan dianggap sebagai satu langkah lainnya. Data yang dihasilkan akan digunakan sebagai data pembanding.

Pengambilan data selanjutnya dilakukan dengan menggunakan alat yang telah dibangun sebelumnya. Alat dipasang pada paha kanan dengan salah satu sumbu positif sensor akselerometer menghadap tanah. Penguji berjalan sebanyak 5 langkah, 10 langkah, 15 langkah, atau 20 langkah, dimulai dengan melangkahkan kaki kanan. Ketika penguji melangkahkan kaki kanannya untuk pertama kalinya, maka akan dianggap sebagai satu langkah. Kemudian ketika penguji melangkahkan kaki kirinya, maka akan dianggap sebagai satu langkah lainnya. Data yang dihasilkan akan dianggap sebagai data penelitian.

3.4 Analisis Data

Analisis data adalah upaya untuk mengolah data menjadi informasi sehingga karakteristik data tersebut dapat dipahami dan bermanfaat untuk menyelesaikan permasalahan. Pada penelitian ini, proses analisis data meliputi penghitungan varians, penghitungan turunan pertama (*first derivative*) dan penghitungan rata-rata, serta penentuan nilai ambang batas (*threshold*).

3.4.1 Varians

Dalam teori probabilitas dan statistika, varians adalah ukuran seberapa jauh sebuah kumpulan bilangan tersebar. Nilai varians nol menandakan bahwa semua nilai pada suatu kumpulan bilangan adalah sama. Varians selalu bernilai non-negatif. Nilai varians yang rendah merupakan indikasi bahwa titik data dekat dengan nilai rerata (nilai ekspektasi) dan antara satu dengan lainnya. Sementara nilai varians yang tinggi merupakan indikasi bahwa titik data tersebar di sekitar rerata dan antara satu dengan lainnya.

Varians secara matematis dapat dituliskan sebagai persamaan 3.1.

$$S^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (3.1)$$

Dimana X_i merepresentasikan tiap entri dalam data, \bar{X} merupakan rata-rata dari sampel, dan n adalah jumlah data yang diproses.

3.4.2 Turunan (*Derivative*)

Turunan dalam ilmu kalkulus, merupakan pengukuran terhadap bagaimana sebuah fungsi berubah seiring perubahan nilai input. Turunan menyatakan bagaimana suatu besaran berubah akibat perubahan besaran lainnya. Proses menemukan turunan disebut diferensiasi. Turunan sering disimbolkan dengan y' untuk turunan pertama, dan y'' untuk turunan kedua.

Apabila y merupakan fungsi dari x , atau dapat ditulis dengan $y = f(x)$, maka turunan dari y terhadap x dapat dinotasikan sebagai persamaan 3.2.

$$\frac{dy}{dx} = \lim_{\delta x \rightarrow 0} \frac{\delta y}{\delta x} = \lim_{\delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \delta x) - f(x)}{\delta x} \quad (3.2)$$

3.4.3 Rata-rata

Rata-rata, atau yang disebut juga dengan *means* atau *average*, adalah suatu bilangan yang mewakili sekumpulan data. Penghitungan nilai rata-rata dilakukan dengan cara menjumlahkan semua data yang akan diproses, kemudian membagi hasilnya dengan banyak data yang diproses.

Secara matematis, rata-rata dapat dituliskan sebagai persamaan 3.3.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.3)$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini menyajikan hasil dari tiap proses utama hingga didapatkan deteksi langkah kaki.

4.1 Pra-pengambilan Data

Hasil pra-pengambilan data terdiri dari hasil kalibrasi dan hasil normalisasi. Proses kalibrasi dan normalisasi dilakukan agar data yang akan diambil tidak mengalami inkonsistensi, serta untuk mengetahui kondisi sensor saat dilakukan proses pengambilan data

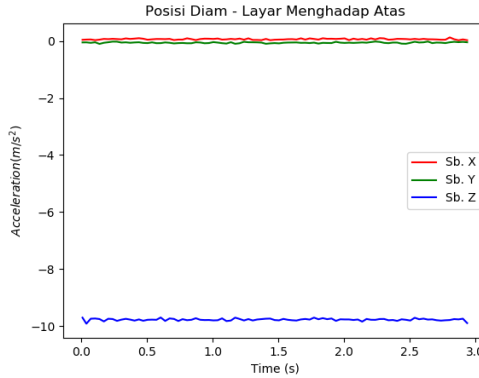
4.1.1 Kalibrasi

Pada telepon genggam yang dipakai untuk mengambil data pembandingan, proses kalibrasi dilakukan dengan cara mengubah-ubah posisi telepon genggam pada sebuah bidang datar, dan mengamati hasil keluaran dari sensor akseleromernya. Sedangkan pada sensor IMU GY-521 MPU6050 yang dipakai pada alat yang dibangun, terdapat tanda panah yang menunjukkan letak dan arah dari sumbu X dan sumbu Y.

Hasil kalibrasi pada telepon genggam ditunjukkan oleh Gambar 4.1.

Hasil kalibrasi telepon genggam sebagaimana yang tercantum pada Gambar 4.1, dapat dilihat bahwa ketika telepon genggam dengan permukaan layar menghadap ke atas, sumbu Z (yang menghadap ke tanah) bernilai negatif.

Dari hasil kalibrasi telepon genggam sebagaimana yang tercantum pada Gambar 4.2, dapat dilihat bahwa ketika telepon genggam dengan permukaan layar menghadap ke bawah, sumbu Z (yang menghadap ke tanah) bernilai positif. Hal ini berarti bahwa arah yang sejajar dengan arah layar telepon genggam menghadap merupakan arah dari sumbu Z positif sensor akselerometer pada telepon genggam. Sementara arah yang sejajar dengan kebalikannya merupakan arah dari sumbu Z negatif sensor akselerometer pada telepon genggam. Hal ini juga membuktikan bahwa sumbu akselerometer yang menghadap ke tanah akan dipengaruhi oleh gaya gravitasi, yakni sebesar $1g$ (atau kurang lebih $9,8 \text{ m/s}^2$).



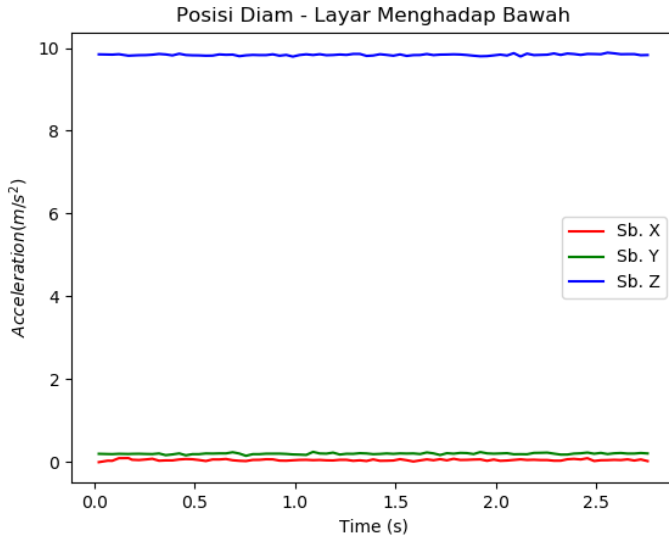
Gambar 4.1: Kalibrasi pada telepon genggam menunjukkan posisi sumbu Z negatif.

Hasil kalibrasi telepon genggam sebagaimana yang tercantum pada Gambar 4.3, dapat dilihat bahwa ketika telepon genggam dengan lubang *charger* menghadap ke bawah, maka sumbu Y (yang menghadap ke tanah) bernilai negatif.

Dari hasil kalibrasi sensor akselerometer pada telepon genggam sebagaimana yang tercantum pada Gambar 4.4, dapat dilihat bahwa ketika telepon genggam dengan posisi tombol *power* menghadap ke bawah, sumbu Y (yang menghadap ke tanah) bernilai positif. Hal ini berarti bahwa arah yang sejajar dengan arah tombol *power* merupakan arah dari sumbu Y positif.

Pada hasil kalibrasi sensor pada telepon genggam seperti yang tercantum pada Gambar 4.5, dapat dilihat bahwa ketika tombol *volume* pada telepon genggam menghadap ke atas, sumbu X bernilai positif. Hal ini berarti bahwa arah yang sejajar dengan arah tombol *volume* merupakan arah dari sumbu X positif sensor akselerometer.

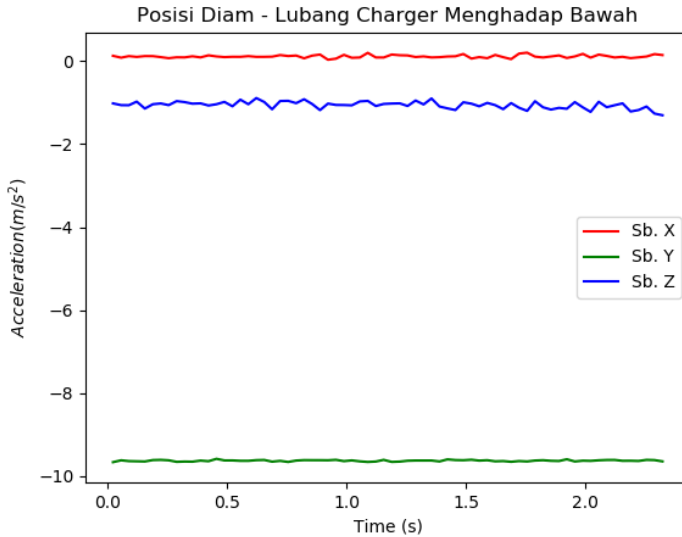
Hasil kalibrasi pada sensor akselerometer GY-521 MPU6050 ditunjukkan oleh Gambar 4.6. Ketika tanda panah sumbu X pada sensor akselerometer MPU6050 diarahkan menghadap ke tanah, didapatkan hasil sumbu X bernilai positif seperti pada Gambar 4.6. Ketika tanda panah sumbu Y pada sensor akselerometer MPU6050



Gambar 4.2: Kalibrasi pada telepon genggam menunjukkan posisi sumbu Z positif

diarahkan menghadap ke tanah, didapatkan hasil sumbu Y bernilai positif seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.7. Dan ketika permukaan sensor (bagian sensor dimana tanda panah sumbu-sumbunya tercetak), dihadapkan ke atas, maka didapatkan hasil sumbu Z bernilai positif seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.8.

Kalibrasi pada sensor IMU GY-521 MPU6050 menunjukkan bahwa tanda panah yang tercetak pada permukaan sensor menunjukkan bahwa sumbu yang bersangkutan memiliki nilai positif dan dipengaruhi oleh gaya gravitasi sebesar $9,8 \text{ m/s}^2$ apabila tanda panah tersebut diarahkan ke tanah. Arah yang berlawanan dengan arah panah suatu sumbu tersebut berarti sumbu yang bersangkutan bernilai negatif.

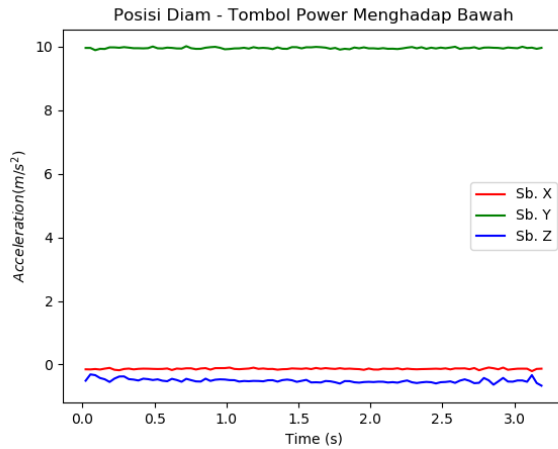


Gambar 4.3: Kalibrasi pada telepon genggam menunjukkan posisi sumbu Y negatif

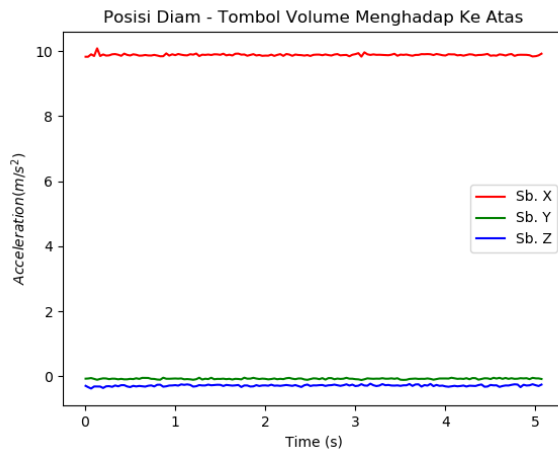
4.1.2 Normalisasi

Sensor akselerometer yang belum dinormalisasi akan menghasilkan besaran nilai yang tidak sama ketika sisi positif sebuah sumbu sensor dibalik menjadi sisi negatifnya. Hal ini membuat perlukannya normalisasi pada sensor yang dipakai.

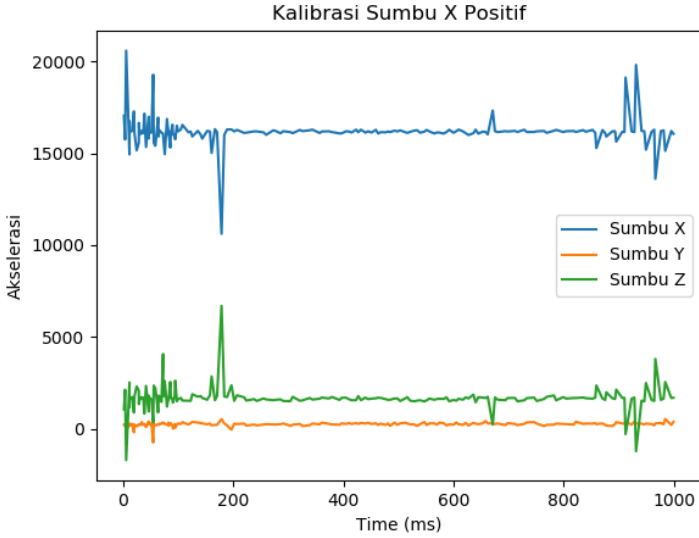
Contoh keluaran dari sensor akselerometer MPU6050 sebelum dilakukan normalisasi dapat dilihat pada Gambar 4.9. Pada Gambar 4.9 tersebut, didapatkan bahwa ketika sumbu Z sensor akselerometer berada pada nilai positif, ia memiliki rata-rata nilai sebesar 22500. Sementara ketika polaritas sumbu Z dibalik menjadi negatif, keluarannya berada pada rata-rata 10700. Terdapat perbedaan sebesar 11500 antara besar keluaran pada polaritas positif sumbu Z dengan titik nol dan polaritas negatif sumbu tersebut dengan titik nol. Hal ini membuat skala pada sensor tidak normal. Sensor akselerometer seharusnya memiliki besar skala yang sama, baik pada



Gambar 4.4: Kalibrasi pada telepon genggam menunjukkan posisi sumbu Y positif



Gambar 4.5: Kalibrasi pada telepon genggam menunjukkan posisi sumbu X positif



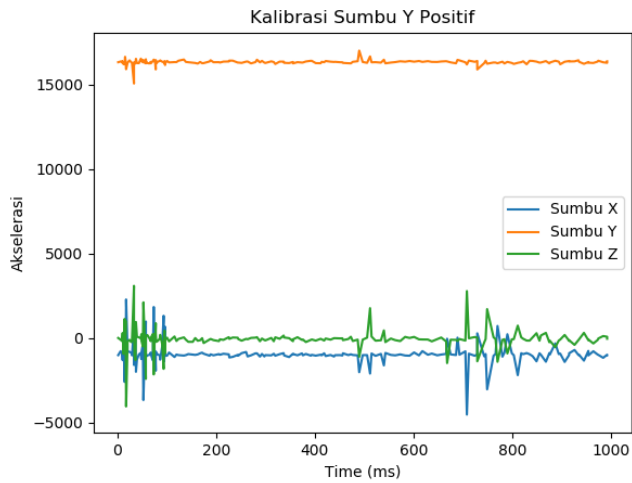
Gambar 4.6: Kalibrasi pada alat menunjukkan posisi sumbu X positif

polaritas positifnya, maupun pada polaritas negatifnya.

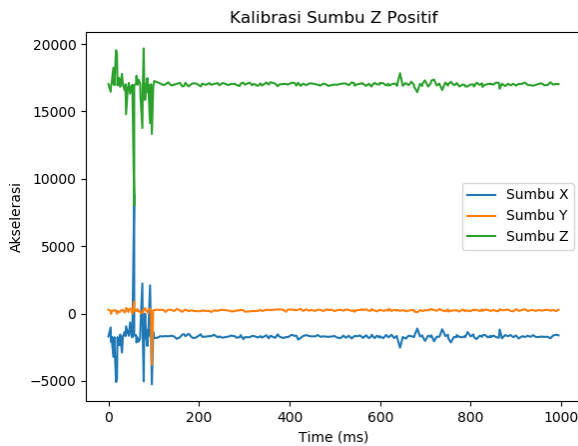
Untuk mengatasi hal ini dilakukan normalisasi dengan cara menghitung rata-rata perbedaannya. Pada kasus kali ini, titik patokan bagi sumbu Z (setelah normalisasi) adalah dengan menjumlahkan rata-rata nilai sumbu pada polaritas positif dengan rata-rata nilai sumbu pada polaritas negatifnya, kemudian membaginya dengan dua. Hasil penjumlahan dibagi dengan dua dikarenakan pada satu sumbu akselerometer, memiliki dua polaritas, yakni positif dan negatif.

$$N_z = \frac{(22500 + 10700)}{2} = 16600 \quad (4.1)$$

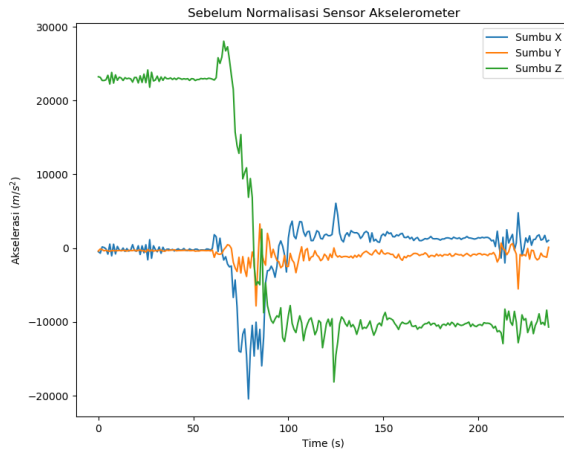
Penghitungan normalisasi pada sumbu Z sensor dapat dilihat pada persamaan 4.1. Nilai N_z yang merupakan hasil normalisasi pada sumbu Z sensor dipakai sebagai titik patokan untuk penskalaan pada sumbu Z.



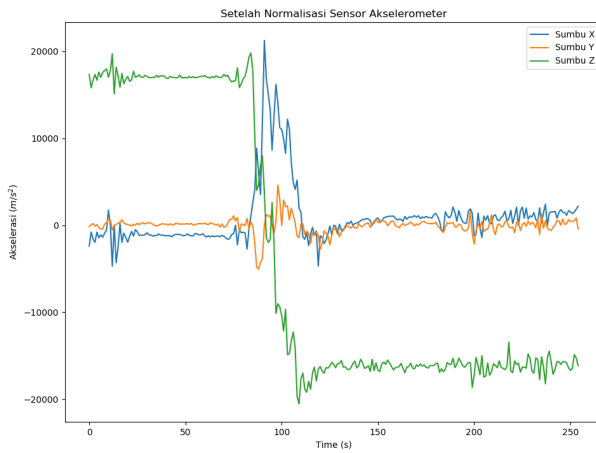
Gambar 4.7: Kalibrasi pada alat menunjukkan posisi sumbu Y positif



Gambar 4.8: Kalibrasi pada alat menunjukkan posisi sumbu Z positif



Gambar 4.9: Sumbu Z sensor sebelum normalisasi.



Gambar 4.10: Sumbu Z sensor setelah normalisasi.

Hasil normalisasi sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 4.10 mengindikasikan bahwa nilai besaran sumbu Z sensor pada polarisasi positif maupun pada polarisasi negatifnya adalah sama. Ketika semua sumbu sensor akselerometer telah dinormalisasi, maka nilai besaran pada tiap-tiap polarisasi pada setiap sumbu sensor akan menunjukkan nilai besaran yang sama, sehingga grafik positif maupun negatifnya menjadi seimbang.

4.2 Pengambilan Data

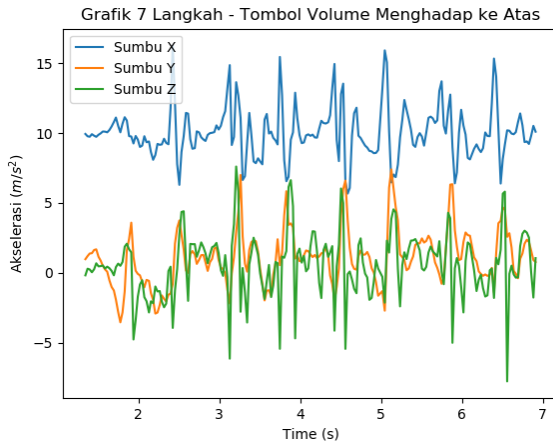
Pada penelitian ini, proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat yang telah dibangun sebelumnya, dan dengan menggunakan sensor akselerometer yang sudah tertanam pada telepon genggam sebagai data pembanding. Telepon genggam yang dipakai untuk mengambil data pembanding adalah iPhone 5s dengan sistem operasi iOS 10.3.3. Sementara pada alat digunakan sensor IMU GY-521 MPU6050.

4.2.1 Data Pembanding

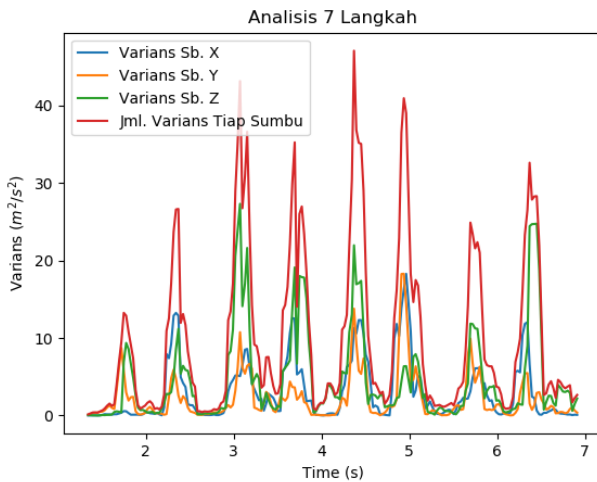
Di bawah ini disajikan data yang didapatkan dengan menggunakan sensor akselerometer yang sudah tertanam pada telepon genggam. Telepon genggam dipasang pada paha kanan penguji. Penguji memulai dengan melangkahkan kaki kanannya. Pengujian pada Gambar 4.11 sampai dengan Gambar 4.16 dilakukan oleh penulis sendiri. Data yang diperoleh selanjutnya diperlakukan sebagai data pembanding.

Pada sesi pengambilan data kali ini, penulis berjalan sebanyak 7 langkah. Penulis berjalan pada bidang jalan mendatar. Hasil pembacaan dari sensor akselerometer yang tertanam pada telepon genggam menunjukkan grafik seperti yang terlihat pada Gambar 4.11. Kemudian penulis melakukan analisis dengan cara menghitung varians pada masing-masing sumbu dan menjumlahkan hasil varians dari ketiga sumbu tersebut. Penghitungan varians berfungsi untuk melihat bagaimana pola berjalan berpengaruh terhadap lebar dan tinggi grafik yang akan dihasilkan, sementara penjumlahan hasil varians pada ketiga sumbu digunakan untuk meningkatkan pembacaan agar mempermudah analisis.

Sebagaimana yang terlihat pada Gambar 4.12, grafik varians pada masing-masing sumbu serta jumlah dari varians-variens ter-

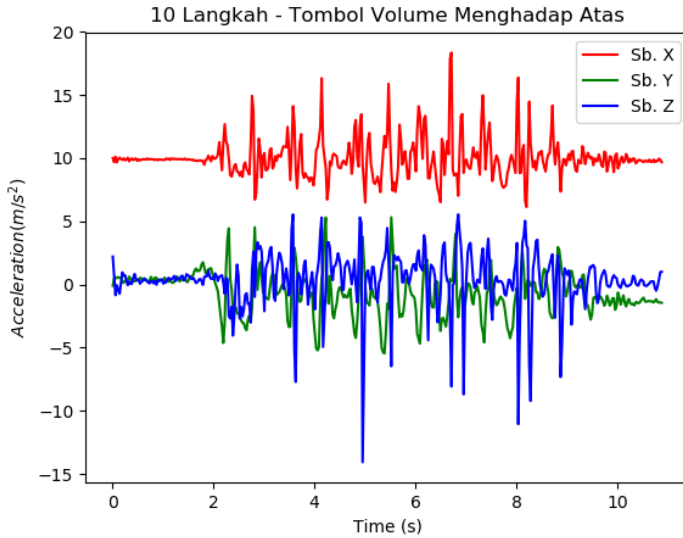


Gambar 4.11: Pengujian 7 langkah dengan sumbu X positif menghadap tanah.



Gambar 4.12: Analisis varians terhadap pengujian 7 langkah.

sebut memperlihatkan total 8 langkah dari yang seharusnya 7 langkah. Penambahan tersebut terjadi karena ketika manusia berpindah dari kondisi berjalan ke kondisi berhenti, kaki tidak akan langsung berhenti di tempat mereka terakhir berada. Akan tetapi, kedua kaki akan menyesuaikan posisi sehingga berada pada posisi yang seajar.

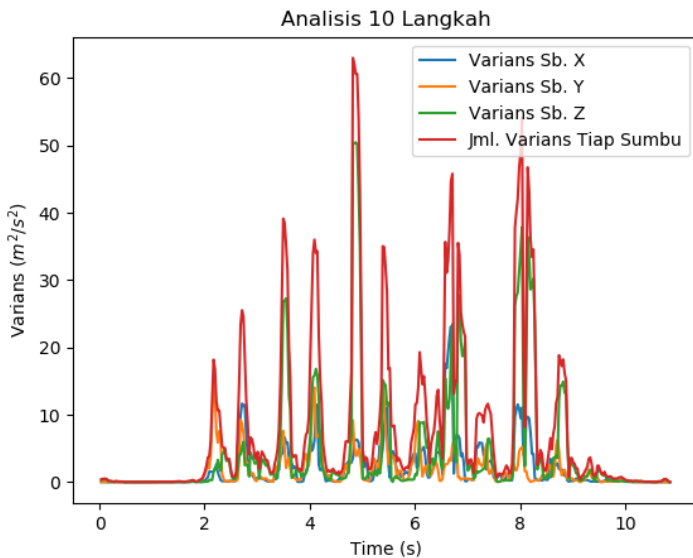


Gambar 4.13: Pengujian 10 langkah dengan sumbu X positif menghadap tanah.

Pada sesi pengambilan data selanjutnya, penulis berjalan sebanyak 10 langkah pada bidang jalan mendatar. Hasil pembacaan dari sensor akselerometer pada telepon genggam menunjukkan grafik seperti yang terlihat pada Gambar 4.13. Penulis kemudian melakukan analisis dengan menghitung varians dari masing-masing sumbu dan menjumlahkan hasil varians dari ketiga sumbu tersebut.

Sebagaimana yang terlihat pada Gambar 4.14, grafik varians pada masing-masing sumbu serta jumlah dari varians-variens tersebut memperlihatkan total 11 langkah dari yang seharusnya 10

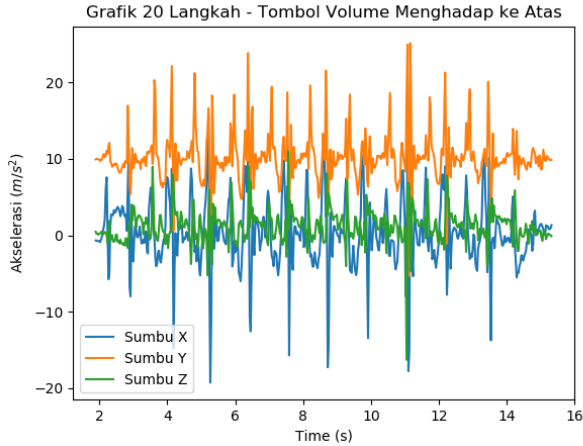
langkah. Penambahan 1 langkah terjadi karena kaki manusia ketika mengalami perubahan dari kondisi berjalan ke kondisi berhenti, tidak langsung berhenti di tempat mereka terakhir berada. Akan tetapi, kedua kaki akan bergerak menyesuaikan posisi sehingga berada pada posisi yang sejajar. Sehingga, gerakan mengakhiri langkah ini menyebabkan pembacaan pada sensor akselerometer telepon genggam, maupun pada analisis variansnya mengalami penambahan 1 langkah.



Gambar 4.14: Analisis varians terhadap pengujian 10 langkah.

Pada sesi pengambilan data pembandingan yang terakhir oleh penulis, penulis berjalan sebanyak 20 langkah. Penulis berjalan pada bidang jalan mendatar. Hasil pembacaan sensor akselerometer yang tertanam pada telepon genggam ditunjukkan oleh Gambar 4.15. Pada sesi pengambilan data pembandingan kali ini, penulis menghadapkan sumbu Y positif sensor pada tanah, sehingga didapatkan titik nol sumbu Y berada pada +1 G (atau sekitar $9,8 m/s^2$), dan titik

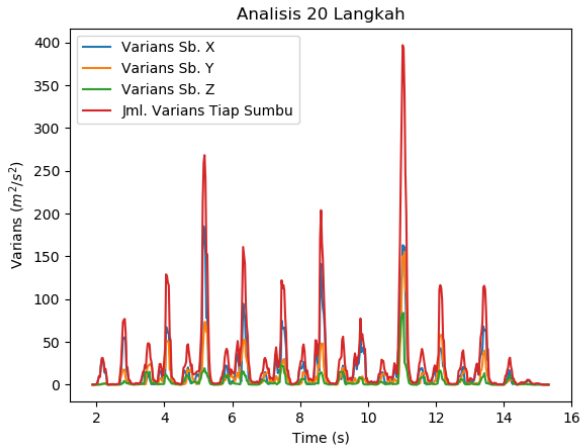
nol sumbu-sumbu sensor lainnya berada pada 0 m/s^2 .



Gambar 4.15: Pengujian 20 langkah dengan sumbu Y positif menghadap tanah.

Penghitungan varians dari sesi pengambilan data 20 langkah oleh penulis dapat dilihat pada Gambar 4.16. Dapat dilihat pada grafik analisis 20 langkah tersebut, bahwa terdapat total 21 langkah dari yang seharusnya adalah total 20 langkah. Adapun penambahan sebanyak 1 langkah terjadi karena kaki manusia bergerak menyesuaikan ketika berubah dari kondisi berjalan ke kondisi berhenti. Ketika kondisi tersebut terjadi, kaki yang berada di belakang akan maju untuk menutup/mengakhiri langkah, sehingga posisi kedua kaki menjadi sejajar.

Pengambilan data pembandingan selanjutnya, penulis meminta teman penulis yang bernama Fauzan Andi Fadhlullah untuk menjadi penguji. Telepon genggam dipasang pada paha kanan penguji. Penguji kemudian berjalan sebanyak 10 langkah, 15 langkah, dan 20 langkah dengan kecepatan yang berbeda. Sehingga pengujian masing-masing sesi dilakukan sebanyak dua kali, yakni, yang pertama adalah dengan berjalan dengan kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari, dan yang kedua adalah dengan berjalan dengan



Gambar 4.16: Analisis varians terhadap pengujian 20 langkah.

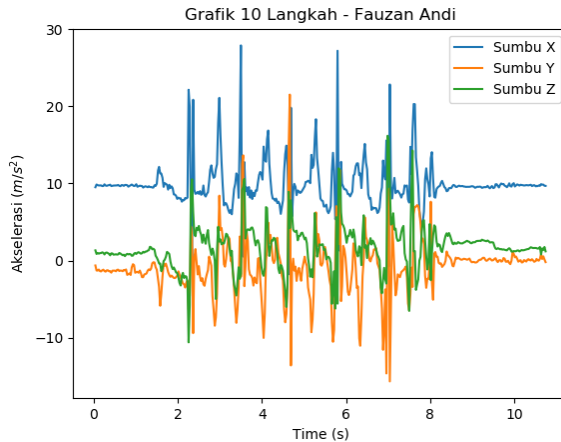
kecepatan diatas kondisi normal penguji berjalan sehari-hari.

Gambar 4.17 menunjukkan hasil pembacaan sensor akselerometer pada telepon genggam yang digunakan oleh Fauzan Andi yang menjadi penguji. Penguji berjalan sebanyak 10 langkah dengan kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari.

Hasil analisis varians terhadap pengujian 10 langkah ditunjukkan oleh Gambar 4.18. Pada analisis tersebut, didapatkan total 10 langkah. Hasil analisis sudah sesuai dengan pengujian, yakni penguji berjalan sebanyak 10 langkah.

Pengujian selanjutnya, Fauzan Andi sebagai penguji, berjalan sebanyak 10 langkah dengan kecepatan diatas kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari. Hasil pembacaan sensor akselerometer pada telepon genggam yang digunakan oleh penguji dapat dilihat pada Gambar 4.19.

Pada hasil analisis terhadap pembacaan sensor akselerometer yang terdapat pada telepon genggam, terlihat tinggi gelombang (*amplitude*) jauh lebih besar apabila dibandingkan dengan analisis varians pada pengujian 10 langkah dengan kecepatan penguji

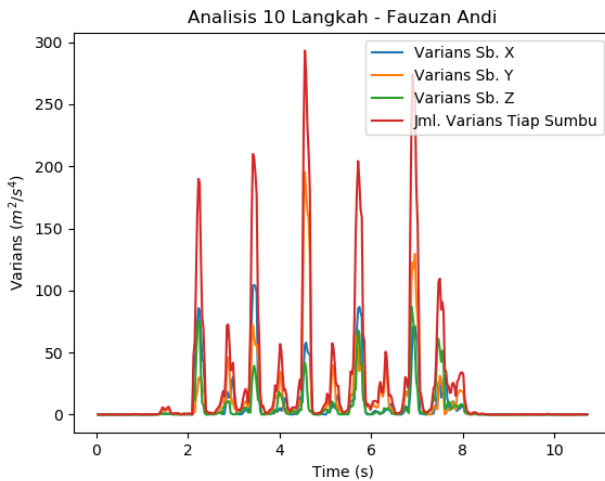


Gambar 4.17: Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 10 langkah.

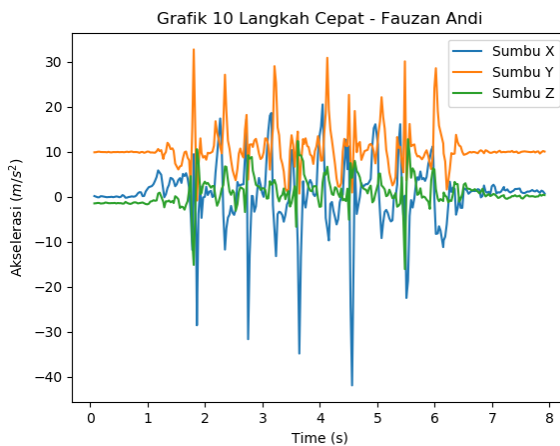
berjalan normal. Visualisasi perhitungan varians kedua pengujian dapat kita bandingkan seperti yang tampak pada Gambar 4.18 dan pada Gambar 4.20. Lebar gelombang ketika penguji berjalan dengan kecepatan diatas normal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.20, menunjukkan bahwa persebaran bilangan percepatan ketika melangkah lebih cepat, lebih luas dan lebih jauh dari titik rerata (nilai ekspektasi). Tinggi gelombang dan lebar gelombang varians yang ditunjukkan oleh grafik analisis varians di atas mengindikasikan bahwa ketika penguji berjalan dengan kecepatan diatas kecepatan rata-rata penguji berjalan sehari-hari, persebaran nilai akselerasi dan jarak antar nilai akselerasi pada sumbu-sumbu akselerometer akan meningkat jauh.

Selanjutnya, Fauzan Andi selaku penguji, akan berjalan sebanyak 20 langkah dengan kecepatan berjalan normal sehari-hari. Penguji akan berjalan pada bidang jalan mendatar. Hasil dari sesi pengujian 20 langkah ini ditunjukkan oleh Gambar 4.21.

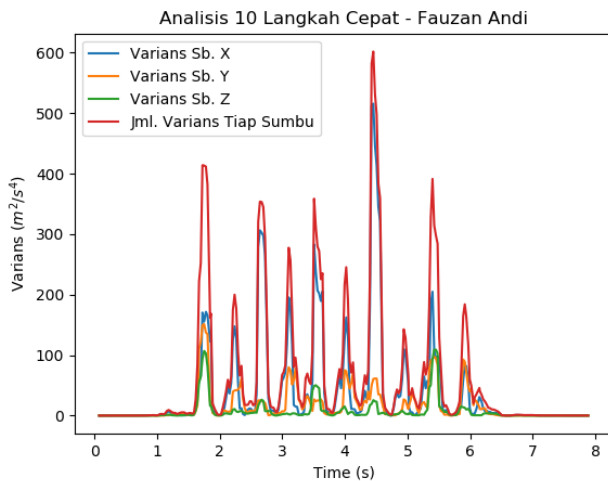
Hasil perhitungan varians dan jumlah varians dari masing-masing sumbunya ditunjukkan oleh Gambar 4.22. Perhitungan varians pada masing-masing sumbu akselerometer menunjukkan adanya



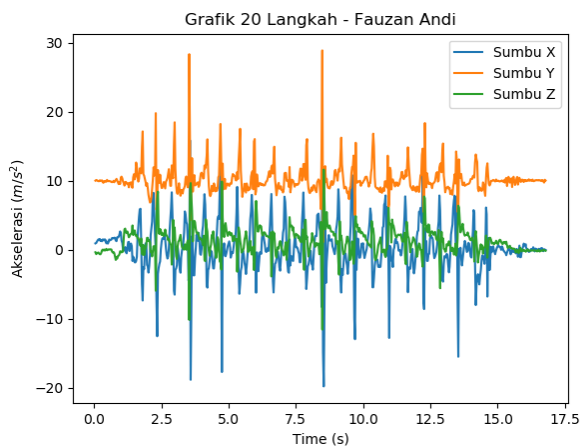
Gambar 4.18: Analisis varians pada pengujian 10 langkah oleh Fauzan Andi.



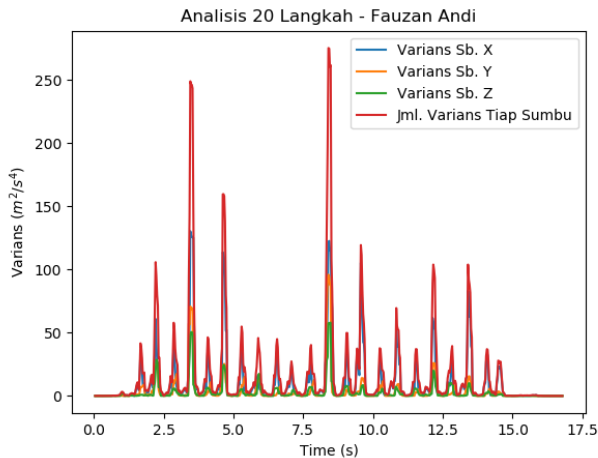
Gambar 4.19: Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 10 langkah cepat.



Gambar 4.20: Analisis varians pada pengujian 10 langkah cepat oleh Fauzan Andi.



Gambar 4.21: Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 20 langkah.

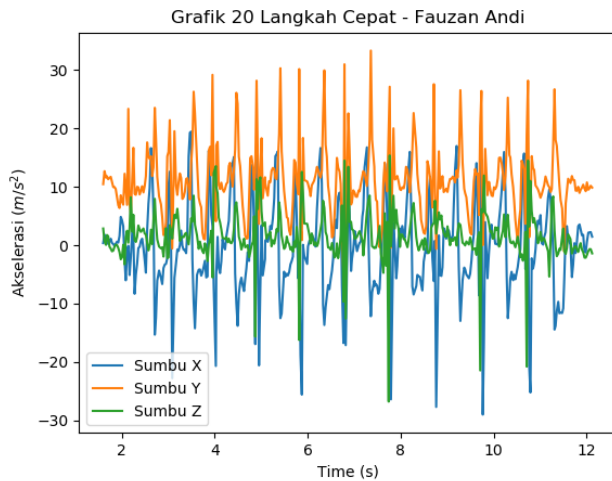


Gambar 4.22: Hasil analisis varians pada pengujian 20 langkah oleh Fauzan Andi.

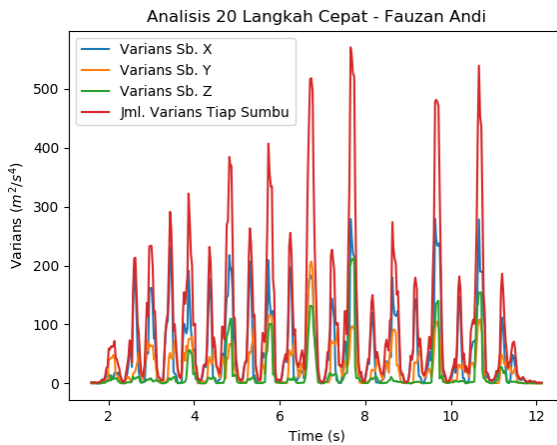
20 langkah kaki. Hal ini mengindikasikan kecocokan pada pengujian sebanyak 20 langkah. *Amplitude* dan lebar gelombang pada perhitungan varians kali ini tidak begitu jauh menunjukkan bahwa penguji berjalan dengan kecepatan normal.

Pada sesi pengujian data pembandingan yang terakhir, Fauzan Andi selaku penguji berjalan sebanyak 20 langkah dengan kecepatan diatas kecepatan berjalan normal sehari-hari. Hasil dari pengujian sesi ini ditunjukkan oleh Gambar 4.23.

Hasil perhitungan varians dari pengujian 20 langkah dengan kecepatan di atas kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari ditunjukkan oleh Gambar 4.24. Pada grafik hasil analisis varians tersebut, tampak tinggi gelombang varians dan penjumlahannya jauh lebih tinggi dibandingkan ketika penguji berjalan dengan kecepatan normal (yang ditunjukkan oleh Gambar 4.22). Pada analisis kali ini, tampak bahwa perhitungan varians mampu menunjukkan apakah seseorang berjalan dalam kondisi kecepatan berjalan normal, ataukah dalam kondisi terburu-buru.



Gambar 4.23: Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 20 langkah cepat.

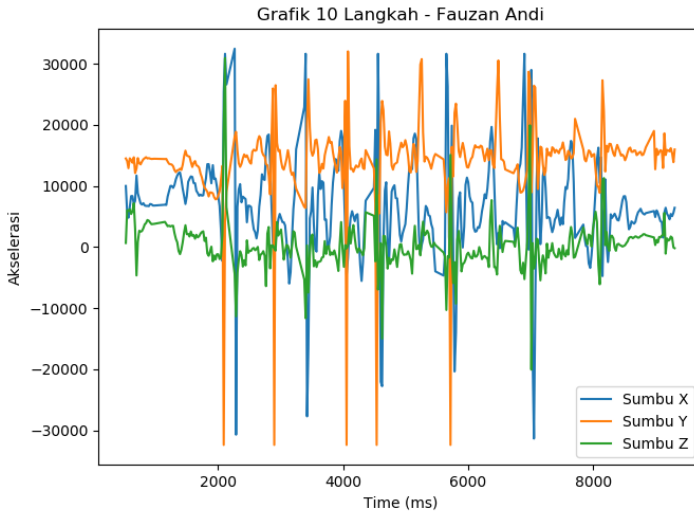


Gambar 4.24: Hasil analisis varians pada pengujian 20 langkah cepat oleh Fauzan Andi.

4.2.2 Data dari Alat

Berikut adalah data yang didapatkan dengan menggunakan sensor akselerometer MPU6050 yang dipasang pada alat yang telah dibangun sebelumnya. Alat dipasang pada paha kanan penguji. Penguji memulai dengan melangkahkan kaki kanannya, dan dihitung sebagai satu langkah. Ketika penguji melangkahkan kaki kirinya, maka dihitung sebagai satu langkah lainnya. Penguji melangkahkan kakinya sampai mencapai jumlah langkah kaki yang diinginkan.

Pada pengujian kali ini, penulis meminta teman penulis yang bernama Fauzan Andi Fadhlullah untuk menjadi penguji. Penguji melakukan percobaan dengan melangkah sebanyak 10 langkah dengan kecepatan berjalan normal. Hasil dari pembacaan sensor akselerometer MPU6050 ditunjukkan oleh Gambar 4.25. Pengolahan data varians, rata-rata serta pemasangan *threshold* dilakukan pada mikrokontroler Arduino Nano.



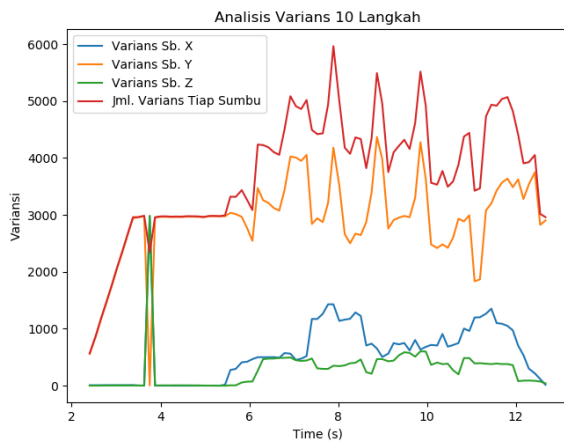
Gambar 4.25: Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 10 langkah.

Pengolahan varians dihitung setiap 10 data dari pembacaan

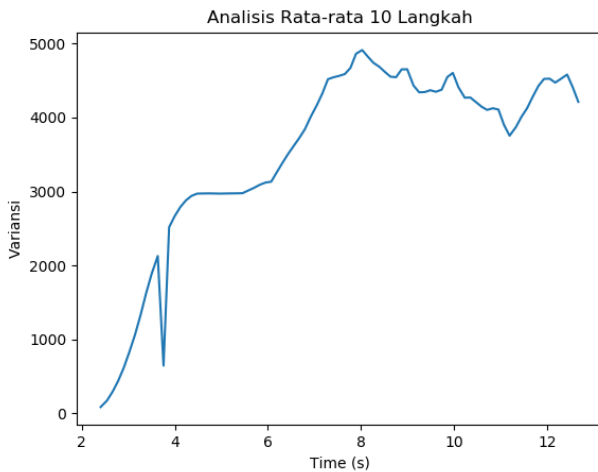
nilai masing-masing sumbu sensor. Pertama-tama, mikrokontroler akan menyediakan 3 variabel, untuk masing-masing sumbu sensor, berbentuk *array* dengan panjang 10 data dengan nilai nol pada setiap datanya. Kemudian, pembacaan nilai pertama pada suatu sumbu sensor akan dimasukkan pada data *array* ke-10. Selanjutnya, ketika pembacaan nilai kedua pada suatu sumbu sensor masuk, nilai pertama akan dimasukkan pada data *array* ke-9, sementara nilai kedua tadi akan menempati data *array* ke-10, menggantikan nilai pertama. Ketika pembacaan nilai ketiga pada suatu sumbu sensor masuk, nilai pertama akan menempati posisi data *array* ke-8, nilai kedua akan menempati posisi data *array* ke-9, dan nilai ketiga tersebut akan menempati posisi data *array* ke-10, menggantikan posisi nilai kedua tadi. Hal ini berulang sampai nilai pertama dari pembacaan sensor menempati posisi data *array* ke-1, dan nilai terakhir dari pembacaan sensor berada pada posisi data *array* ke-10. Selanjutnya ketiga variabel *array* ini dimasukkan pada sebuah fungsi untuk menghitung nilai variansnya, seperti yang ditunjukkan oleh persamaan 3.1. Hasil dari perhitungan varians ini kemudian ditampung pada sebuah variabel, yang masing-masing dinamakan "VarX", "VarY", dan "VarZ". Ketiga variabel tersebut kemudian dijumlahkan, dan hasil penjumlahannya ditampung oleh sebuah variabel bernama "sums". Hasil analisis varians dari masing-masing sumbu sensor akselerometer, beserta hasil penjumlahannya, dapat dilihat pada Gambar 4.26.

Proses pengolahan sinyal selanjutnya adalah melakukan perhitungan rata-rata setiap 10 data dari hasil penjumlahan nilai-nilai variansnya. Mikrokontroler akan menyiapkan sebuah variabel bertipe *array* dengan panjang 10 data dengan nama "arrai5". Selanjutnya, variabel "arrai5" akan diisi oleh selisih dari penjumlahan varians sumbu-sumbu akselerometer dengan nilai rata-rata dari penjumlahan variansnya. Variabel "arrai5" inilah yang selanjutnya dipasangkan nilai *threshold*. Hasil dari perhitungan rata-rata pada nilai penjumlahan varians sumbu-sumbu sensor akselerometer ditunjukkan oleh Gambar 4.27, dan hasil perhitungan nilai selisihnya dengan hasil penjumlahan varians sumbu-sumbu sensor akselerometer dapat dilihat pada Gambar 4.28.

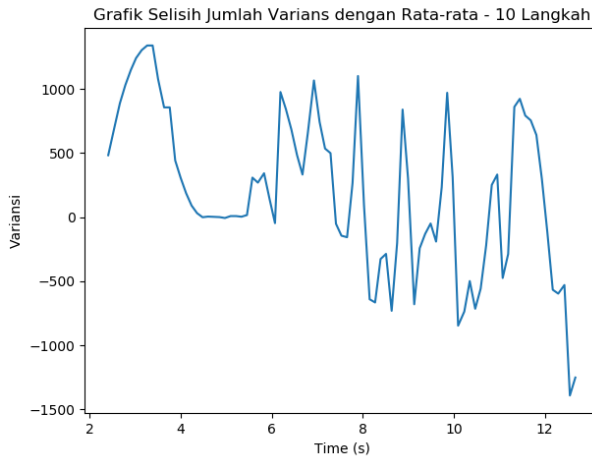
Pada hasil deteksi langkah kaki dari alat, sebagaimana yang



Gambar 4.26: Analisis varians pada pengujian 10 langkah.



Gambar 4.27: Analisis rata-rata pada pengujian 10 langkah.

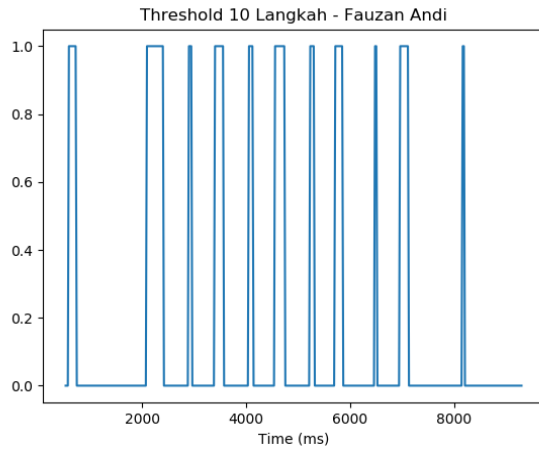


Gambar 4.28: Analisis selisih penjumlahan varians dengan nilai rata-ratanya pada pengujian 10 langkah.

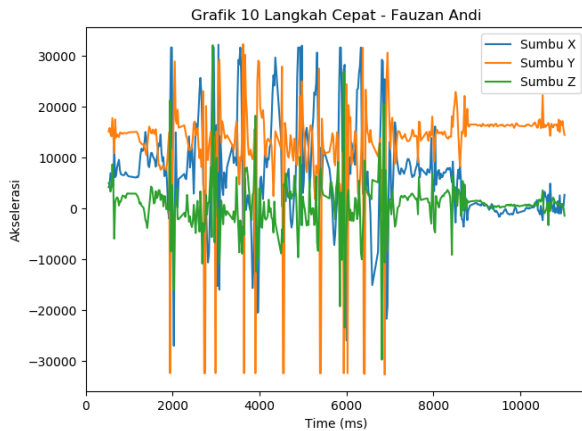
ditunjukkan oleh Gambar 4.29, didapatkan hasil 10 langkah. Sementara itu deteksi pada waktu 0 detik merupakan hasil gangguan (*noise*) yang dikarenakan penguji harus menekan tombol pada alat untuk memulai pengujian atau memberhentikannya. Tekanan pada tombol yang berada pada alat menyebabkan alat bergerak sehingga menyebabkan sensor akselerometer mendeteksi gerakan tersebut. Getaran pada saat menekan tombol inilah yang kemudian disalahartikan oleh alat sebagai sebuah langkah.

Pada pengujian selanjutnya, penguji melakukan pengambilan data sebanyak 10 langkah dengan kecepatan berjalan diatas kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari. Hasil pembacaan terhadap sensor akselerometer ditunjukkan oleh Gambar 4.30.

Pada Gambar 4.31 dapat dilihat hasil deteksi langkah kaki oleh alat. Hasil deteksi menunjukkan 11 langkah. Sementara perhitungan secara manual adalah tepat 10 langkah, sehingga deteksi alat menunjukkan kelebihan 1 langkah. Hal ini terjadi karena ketika penguji memulai perhitungan secara manual dengan melangkahkan

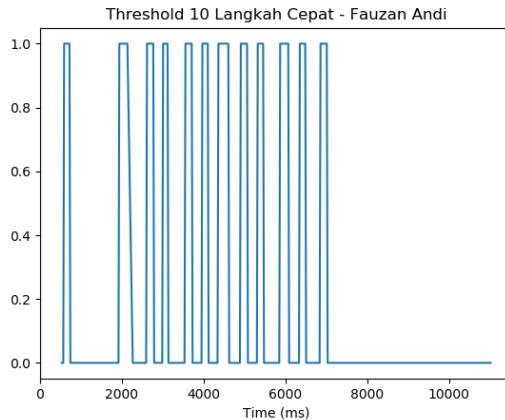


Gambar 4.29: Hasil deteksi langkah dari pengujian 10 langkah oleh Fauzan Andi.



Gambar 4.30: Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 10 langkah cepat.

kaki kanannya, dan berjalan hingga langkah ke-10, langkah ke-10

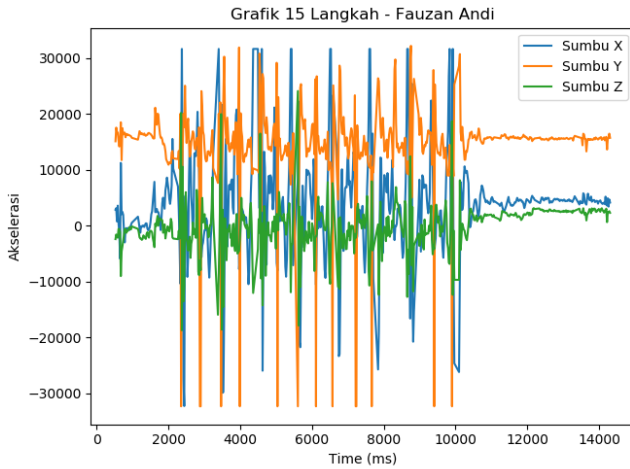


Gambar 4.31: Hasil deteksi langkah dari pengujian 10 langkah cepat oleh Fauzan Andi.

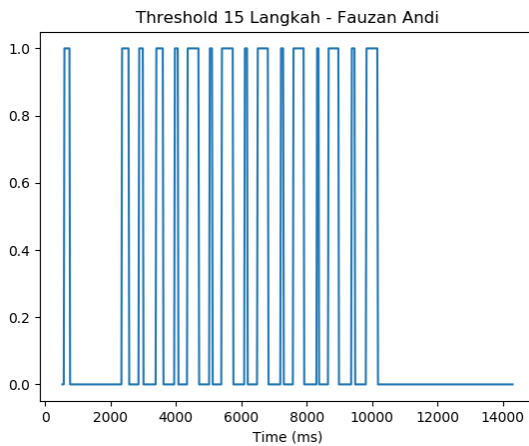
merupakan giliran kaki kiri untuk bergerak. Sementara, seperti yang sudah kita ketahui, manusia tidak dapat memberhentikan langkah kakinya secara langsung tanpa menyesuaikan posisi kaki lainnya. Sehingga, ketika langkah ke-10 merupakan giliran kaki kiri, penguji secara refleks mengayunkan kaki kanannya, dimana pada kaki kanan terpasang alat penghitung langkah kaki. Hal ini membuat gerak refleks penguji terdeteksi sebagai sebuah langkah kaki. Sementara itu, deteksi langkah kaki yang terdapat pada waktu 0 detik merupakan akibat dari goyangan alat yang dikarenakan penguji menekan tombol pada alat untuk memulai pengujian. Tekanan pada tombol yang berada pada alat ketika memulai pengujian menyebabkan alat bergeser, dan pergeseran tersebut terdeteksi oleh sensor akselerometer MPU6050 pada alat.

Pengujian yang ketiga, penguji mengambil data dengan berjalan sebanyak 15 langkah. Penguji melakukan pengujian langkah kaki pada bidang jalan datar, dan dengan kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari. Hasil pengujian dapat ditunjukkan oleh Gambar 4.32.

Hasil pengujian deteksi langkah kaki oleh alat ditampilkan

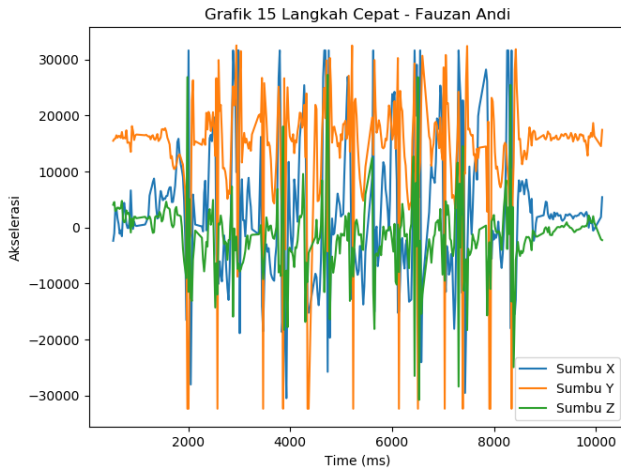


Gambar 4.32: Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 15 langkah.



Gambar 4.33: Hasil deteksi langkah dari pengujian 15 langkah oleh Fauzan Andi.

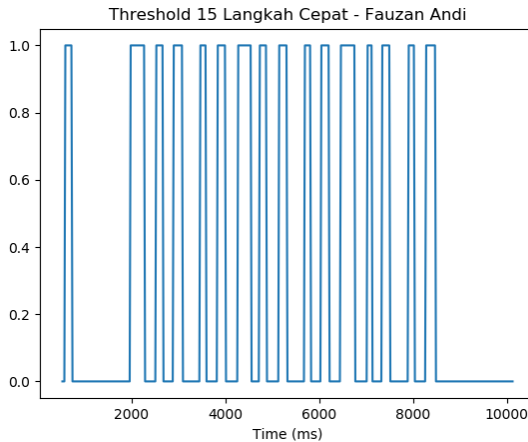
oleh Gambar 4.33. Pada hasil deteksi tersebut didapatkan alat menghitung langkah kaki dengan jumlah 15 langkah. Hal ini sesuai dengan penghitungan secara manual, dimana penguji berjalan sebanyak 15 langkah. Deteksi 1 langkah kaki pada waktu 0 detik merupakan akibat dari gangguan (*noise*) yang terjadi karena penguji menekan tombol pada alat untuk memulai pengujian. Gerakan menekan tombol pada alat menyebabkan alat bergeser sehingga sensor akselerometer mendeteksi pergeseran tersebut sebagai sebuah langkah.



Gambar 4.34: Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 15 langkah cepat.

Pengujian selanjutnya, Fauzan Andi sebagai penguji berjalan sebanyak 15 langkah dengan kecepatan diatas kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari. Fauzan Andi melakukan pengujian pada bidang jalan datar. Hasil pembacaan sensor akselerometer dapat dilihat pada Gambar 4.34.

Hasil deteksi langkah kaki ditunjukkan oleh Gambar 4.35. Pada hasil deteksi tersebut didapatkan 15 langkah. Hasil deteksi ini sesuai dengan penghitungan secara manual, dimana penguji berjalan sebanyak 15 langkah. Hasil deteksi pada waktu 0 detik me-

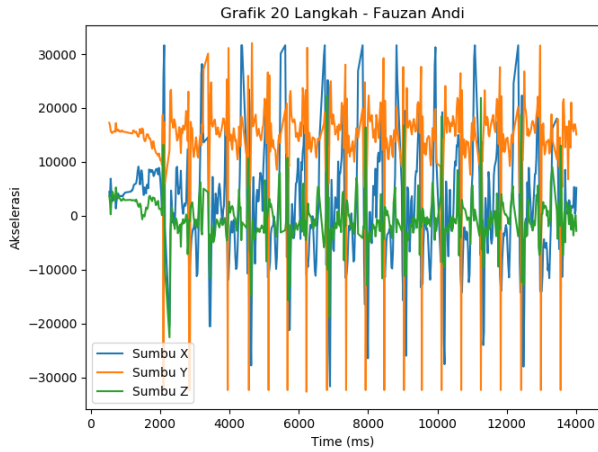


Gambar 4.35: Hasil deteksi langkah dari pengujian 15 langkah cepat oleh Fauzan Andi.

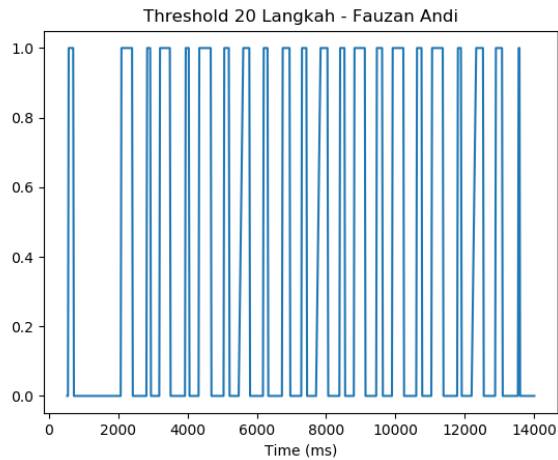
upakan akibat dari gangguan yang terjadi karena penguji menekan tombol pada alat untuk memulai pengujian. Dapat dilihat juga, apabila Gambar 4.34 dibandingkan dengan Gambar 4.32, pengujian berjalan sebanyak 15 langkah dengan kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari selesai pada milidetik ke-10.000. Sedangkan ketika penguji berjalan dengan banyak langkah yang sama, tetapi dengan kecepatan diatas kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari, maka didapati pengujian selesai sebelum mencapai milidetik ke-10.000. Pergeseran pada sumbu waktu ini merupakan salah satu indikator untuk melihat kecepatan penguji ketika berjalan.

Pada sesi pengujian yang terakhir, penguji akan berjalan sebanyak 20 langkah dengan kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari, dan dengan kecepatan diatas normal penguji berjalan sehari-hari. Pembacaan terhadap sensor akselerometer MPU6050 pada pengujian 20 langkah dengan kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari dapat dilihat pada Gambar 4.36.

Hasil deteksi pada pengujian 20 langkah dengan kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari dapat dilihat pada Gambar 4.37.



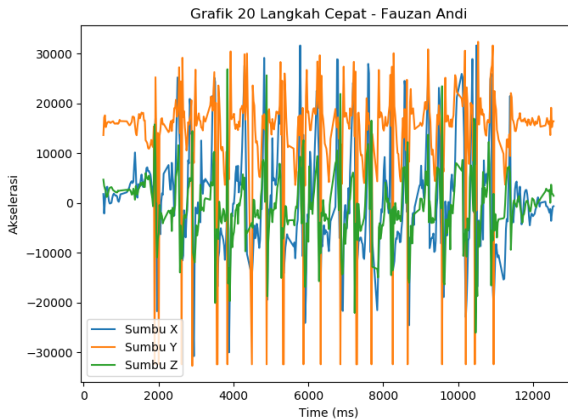
Gambar 4.36: Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 20 langkah.



Gambar 4.37: Hasil deteksi langkah dari pengujian 20 langkah oleh Fauzan Andi.

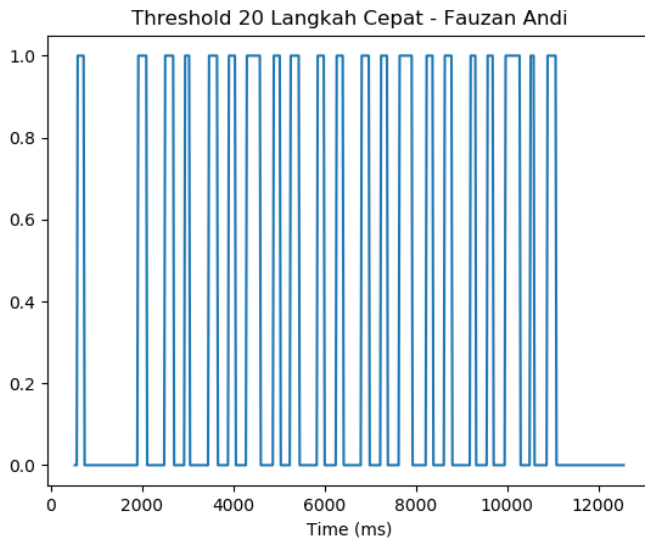
Hasil deteksi pada pengujian ini menunjukkan 21 langkah. Sementara penghitungan secara manual adalah tepat 20 langkah. Hal ini dapat terjadi karena ketika penguji melangkahkan langkah ke-20, penguji menutup langkahnya dengan mengayunkan kaki yang tertinggal di belakang, ke depan, sehingga posisi kakinya tidak berakhir sejajar dengan kaki yang berhenti pada langkah ke-20, akan tetapi membentuk sebuah langkah tambahan. Hal ini terjadi karena refleks manusia untuk menyejajarkan kakinya ketika berhenti, tanpa mengetahui secara sadar apakah kakinya berhenti secara sejajar sempurna, ataukah berhenti dengan memberikan sebuah ayunan langkah tambahan.

Pengujian yang terakhir adalah penguji berjalan sebanyak 20 langkah, dengan kecepatan diatas kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari. Pengujian dilakukan pada bidang jalan mendatar. Hasil pembacaan sensor akselerometer MPU6050 pada pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 4.38.



Gambar 4.38: Pengujian oleh Fauzan Andi sebanyak 20 langkah cepat.

Hasil deteksi pada pengujian 20 langkah dengan kecepatan diatas kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari dapat dilihat pada Gambar 4.39. Hasil deteksi pada pengujian terakhir ini me-



Gambar 4.39: Hasil deteksi langkah dari pengujian 20 langkah cepat oleh Fauzan Andi.

nunjukkan 20 langkah. Hasil deteksi seperti pada Gambar 4.39 ini sesuai dengan penghitungan secara manual sebanyak 20 langkah. Dapat dilihat juga, bahwa ketika penguji berjalan dengan kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari, pengujian sebanyak 20 langkah selesai pada milidetik ke-14.000 (sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4.36). Sedangkan ketika penguji berjalan dengan kecepatan diatas kecepatan normal penguji berjalan sehari-hari (sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 4.38), pengujian 20 langkah selesai sebelum milidetik ke-12.000. Pergeseran pada sumbu waktu ini mengindikasikan terjadi perubahan kecepatan oleh penguji dalam berjalan.

Hasil keseluruhan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan alat ditunjukkan oleh Tabel 4.1. Dilakukan pengujian alat oleh tiga orang penguji, dimana masing-masing melakukan uji langkah kaki dalam dua sesi, yakni berjalan dengan kecepatan normal peng-

uji biasa berjalan sehari-hari, dan berjalan dengan kecepatan di atas normal penguji biasa berjalan sehari-hari. Pada masing-masing sesi pengujian, penguji melakukan pengujian sebanyak 10 langkah, 15 langkah, dan 20 langkah. Dapat dilihat dari Tabel 4.1 di atas, bahwa dari 18 kali total pengujian, didapatkan rata-rata akurasi alat sebesar 91,48%.

Tabel 4.1: Hasil pengujian dan akurasinya.

Penguji ke-	Kecepatan	Perhitungan Manual	Hasil Deteksi Alat	Error	% Error	Akurasi
1	Normal	10 langkah	10 langkah	0 langkah	0%	100%
		15 langkah	15 langkah	0 langkah	0%	100%
		20 langkah	21 langkah	1 langkah	5%	95%
	Cepat	10 langkah	11 langkah	1 langkah	10%	90%
		15 langkah	15 langkah	0 langkah	0%	100%
		20 langkah	20 langkah	0 langkah	0%	100%
2	Normal	10 langkah	11 langkah	1 langkah	10%	90%
		15 langkah	14 langkah	1 langkah	6.67%	93.33%
		20 langkah	19 langkah	1 langkah	5%	95%
	Cepat	10 langkah	13 langkah	3 langkah	23.08%	76.92%
		15 langkah	12 langkah	3 langkah	20%	80%
		20 langkah	19 langkah	1 langkah	5%	95%
3	Normal	10 langkah	10 langkah	0 langkah	0%	100%
		15 langkah	12 langkah	3 langkah	20%	80%
		20 langkah	16 langkah	4 langkah	20%	80%
	Cepat	10 langkah	11 langkah	1 langkah	10%	90%
		15 langkah	17 langkah	2 langkah	12%	88%
		20 langkah	19 langkah	1 langkah	5%	95%
Total		270 langkah	265 langkah	23 langkah	8.52%	91.48%

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Sensor akselerometer harus dikalibrasi dan dinormalisasi terlebih dahulu sebelum digunakan.
2. Sensor akselerometer pada telepon genggam iPhone 5s dan sensor akselerometer MPU6050 akan menghasilkan pola gelombang sinyal yang sama apabila diterapkan pola gerakan yang sama.
3. Pengolahan data pada Arduino dapat dilakukan dengan menghitung variansi dari ketiga sumbu sensor akselerometer, menjumlahkannya, mencari selisih dari penjumlahan variansi dengan rata-ratanya, serta memasang *threshold* pada nilai selisih tersebut.
4. Perhitungan variansi dapat digunakan dalam menganalisis kecepatan berjalan: apakah pengguna sedang berjalan dalam keadaan normal, ataukah dalam keadaan terburu-buru.
5. Perhitungan rata-rata dapat digunakan untuk memperhalus sinyal.
6. Dari 18 kali total pengujian, didapatkan rata-rata akurasi alat sebesar 91,48%.
7. Guncangan pada saat menekan tombol pada alat untuk memulai pengujian dapat menyebabkan gangguan (*noise*) yang mengakibatkan alat salah mendeteksi sebagai sebuah langkah kaki.
8. Hasil deteksi langkah kaki pada alat dipengaruhi oleh bagaimana pola dan cara penguji berjalan dan berhenti.
9. Sensor akselerometer dapat dipakai untuk membangun alat penghitung langkah kaki.

5.2 Saran

Demi pengembangan lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, disarankan beberapa langkah lanjutan sebagai berikut :

1. Untuk mengurangi gangguan yang dikarenakan penekanan tombol pada alat, dapat digunakan tali yang lebih kuat yang dipasang pada alat.
2. Penambahan hasil deteksi langkah sebanyak 1 langkah yang diakibatkan oleh gangguan karena penekanan tombol pada alat, dapat ditanggulangi dengan mengurangi hasil akhir hitungan sebanyak 1 langkah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kadir, Arduino dan Sensor. Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2018. (Dikutip pada halaman ix, 5, 13).
- [2] H. Andrianto and A. Darmawan, Arduino Belajar Cepat dan Pemrograman. Bandung: Penerbit Informatika, 2017. (Dikutip pada halaman ix, 14, 15, 16).
- [3] A. Kadir, Wireless Programming untuk Arduino. Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2018. (Dikutip pada halaman ix, 18).
- [4] Y. Yudhanto and A. Wijayanto, Mudah Membuat dan Berbisnis Aplikasi Android dengan Android Studio. Jakarta: Penerbit PT Elex Media Komputindo, 2018. (Dikutip pada halaman ix, 18, 20).
- [5] S. Bowman and B. Vinyard, “Fast food consumption of u.s. adults: Impact on energy and nutrient intakes and overweight status,” Journal of the American College of Nutrition, vol. 23, no. 2, pp. 163–168, 2004. (Dikutip pada halaman 1).
- [6] R. K. Dasar, “Laporan riset nasional,” 2007. (Dikutip pada halaman 1).
- [7] B.P.P.K., Survei Kesehatan Rumah Tangga. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 2002. (Dikutip pada halaman 1).
- [8] M. Kamal, D. Kusmana, H. Setawan, and R. Damanik, “Pengaruh olahraga jalan cepat dan diet terhadap tekanan darah penderita prahipertensi pria,” Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional, vol. 7, p. 282, Januari 2013. (Dikutip pada halaman 2).
- [9] I. Effendi, Rahasia Berjalan Alami (RBA). Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, Oktober 2016. (Dikutip pada halaman 2).

- [10] M. Olajuwon, A. Atmaja, and A. Wahana, “Aplikasi pendeteksi kalori terbakar dengan smartphone menggunakan accelerometer dan pedometer,” vol. 1, pp. 148–149, April 2018. (Dikutip pada halaman 2, 6).
- [11] D. RI, Buku Saku Gaya Hidup Sehat. Jakarta: Pusat Promosi Kesehatan, 2008. (Dikutip pada halaman 2).
- [12] M. Khalif, D. Syauqi, and R. Maulana, “Pengembangan sistem penghitung langkah kaki hemat daya berbasis wemos d1 mini,” Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol. 2, p. 2211, Juni 2018. (Dikutip pada halaman 2).
- [13] M. Nur and R. Fitriani, “Pembuatan sistem wearable pedometer dengan display pada sistem android,” 2016. (Dikutip pada halaman 7, 8, 9).
- [14] M. Elwenspoek and R. Wiegerink, Mechanical Microsensors. New York: Springer, 1993. (Dikutip pada halaman 8, 11).
- [15] R. Serway and J. Jewett, Principles of Physics. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1998. (Dikutip pada halaman 21).
- [16] C. Hall, B. Fernhall, and J. Kanaley, “Energy expenditure of walking and running: Comparison with prediction equations,” Official Journal of the American College of Sports Medicine, vol. 36, pp. 2128–2134, July 2014. (Dikutip pada halaman 21).
- [17] H. Y., “Use of the pedometer for promoting daily walking exercise,” Int. Counc. Health Phys Educ Recreat., pp. 4–8, 1993. (Dikutip pada halaman 22).
- [18] G. DW and G. RJ, “the relationships between length of stride, step frequency, time of swing and speed of walking for children and adults,” Ergonomics, vol. 9, no. 5, pp. 379–399, 1966. (Dikutip pada halaman 22).

- [19] Morris and A. S., Measurement and Instrumentation Principles. Butterworth Heinemann, 2001. (Dikutip pada halaman 26).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIOGRAFI PENULIS



Jalaluddin Al-Mursyidy Fadhlurrahman, lahir di Jakarta 19 Agustus 1994, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Menempuh pendidikan di SD Islam Al-Azhar 15 Pamulang, SMP Islam Al-Azhar BSD, dan SMA Negeri 2 Tangerang Selatan. Penulis menyelesaikan buku sebagai persyaratan akhir dalam menempuh pendidikan Sarjana di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknologi Elektro Institut Teknologi Sepuluh Noverember (ITS). Selain pendidikan formal, penulis juga menempuh pendidikan non-formal di Sekolah Musik Yayasan Pendidikan Musik (SM YPM), mengambil jurusan piano klasik, yang diselesaikannya pada tahun 2012.

Halaman ini sengaja dikosongkan