



SISTEM PENGENALAN PERGERAKAN LENGAN MENGUNAKAN *EXPONENTIAL MOVING AVERAGE* DENGAN METODE *DECISION TREE* BERBASIS EMG

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Disusun oleh:

Aufa Nizar Faiz

145150300111120



PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019



PENGESAHAN

SISTEM PENGENALAN PERGERAKAN LENGAN MENGGUNAKAN *EXPONENTIAL MOVING AVERAGE* DENGAN METODE *DECISION TREE* BERBASIS EMG

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

Aufa Nizar Faiz

NIM: 145150300111120

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
23 juli 2019

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Rizal Maulana S.T., M.T., M.Sc

NIK: 2016078910091001

Dr. Eng. Fitri Utaminingrum, S.T, M.T

NIP: 19820710 200812 2 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D

NIP: 19710518 200312 1 001



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar referensi.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 23 Juli 2019

Aufa Nizar Faiz

NIM: 145150300111120

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Sistem Pengenalan Pergerakan Lengan Menggunakan Exponential Moving Average dengan Metode Decision Tree Berbasis Emg”. Dalam penyusunan dan penelitian skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Kedua orang tua serta keluarga yang telah memberikan nasehat, perhatian, dan memberikan doa serta dukungannya sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.
2. Bapak Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si, M.t, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Heru Nurwarsito, Ir., M.Kom. selaku Wakil Dekan I Bidang Akademik Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
4. Bapak Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Brawijaya
5. Bapak Dahnil Syauqy, S.T, M.T, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Komputer Universitas Brawijaya.
6. Bapak Rizal Maulana, S.T, M.T, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada peneliti.
7. Ibu Dr. Eng. Fitri Utamingrum, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan solusi pembuatan skripsi ini.
8. Seluruh teman-teman Teknik Komputer 2014 yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam proses pengerjaan skripsi.
9. Seluruh sahabat dan ias atas ketersediaan meluangkan waktunya untuk memberikan motivasi, semangat, bantuan dan pengarahan sampai terselesaikannya skripsi ini.
10. Dan orang-orang yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan doa serta dukungannya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu untuk segala kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis. Penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat berguna bagi yang membutuhkannya

Malang, 23 Juli 2019

Penulis

auzariz28@gmail.com



ABSTRAK

Aufa Nizar Faiz, Sistem Pengenalan Pergerakan Lengan Menggunakan Exponential Moving Average dengan Metode Decision Tree Berbasis EMG

Rizal Maulana S.T., M.T., M.Sc. dan Fitri Utamingrum, Dr. Eng., S.T, M.T

Kesehatan adalah hal yang terpenting pada proses kehidupan manusia. Manusia sehat dapat melakukan pekerjaannya, tetapi beberapa manusia yang tidak beruntung tidak bisa melakukan pekerjaannya dikarenakan disabilitas kesehatan. Biomedis pada saat ini berkembang secara pesat mendukung kesehatan dengan cepat dan mudah. Salah satu ilmu biomedis untuk deteksi sinyal fisiologis yang terjadi ditubuh manusia yaitu sinyal *electromyography* (EMG), tanpa harus menggunakan metode *inverse* adalah memasukan alat deteksi kedalam tubuh manusia yang berisiko tinggi merusak kesehatan tubuh manusia. Dengan menggunakan sinyal *electromyography* (EMG) dari kontraksi otot manusia, kita dapat menggunakan sinyal tersebut untuk berbagai hal. Salah satu kegunaan adalah pendeteksian pergerakan untuk perangkat elektronik. Pada penelitian ini akan menggunakan sinyal *electromyography* (EMG) sebagai input dan mengkategorikan sinyal tersebut dalam sebuah gerakan, yang diharapkan sistem dapat mengenali sinyal tersebut. Sebelum sinyal dikategorikan dilakukan memperhalus dengan metode *exponential moving average* filter, tidak hanya memperhalus filter juga dapat meredam *noise* yang ada pada sinyal *electromyography* (EMG). *Exponential Moving Average* memiliki nilai bobot yaitu bernilai 0.1 dan 0.3 atau 10% dan 30% sebagai nilai rendah dan nilai tinggi seperti *cutoff band-pass filter*. Pengkategorian dilakukan dengan menggunakan klasifikasi *decision tree*, yang mengkategorikan pergerakan lengan yaitu 0, 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 derajat. Hasil dari pengkategorian akan dikirimkan kepada *output* dari sistem penelitian. *Output* menggunakan *liquid crystal display* (LCD) dan *light emitting diode* (LED). LCD akan menampilkan hasil berupa tulisan derajat pergerakan lengan yang dilakukan dan LED akan hidup sesuai derajat pergerakan lengan.

Kata Kunci : *sinyal otot, gerakan lengan, electromyography, Exponential Moving Average*



ABSTRACT

Aufa Nizar Faiz, Sistem Pengenalan Pergerakan Lengan Menggunakan Exponential Moving Average dengan Metode Decision Tree Berbasis EMG

Rizal Maulana S.T., M.T., M.Sc. dan Fitri Utamingrum, Dr. Eng., S.T, M.T

Health is the most important thing in the process of human life. Healthy humans can do the work, but some unfortunate humans cannot do their jobs because of health disabilities. Biomedicine is currently developing rapidly to support health quickly and easily. One of the biomedical sciences for the detection of fiological signals that occur in the human body is electromyography (EMG) signals, without having to use the inverse method is to enter a detection device into the human body which has a high risk of damaging the health of the human body. By using electromyography (EMG) signals from contractions of human muscles, we can use these signals for various things. One of the uses is movement detection for electronic devices. In this research will use electromyography signal (EMG) as input and categorize the signal in a motion, which is expected by the system to recognize the signal. Before the signal is categorized as smoothing with the exponetial moving average filter method, not only smoothing the filter can also reduce noise in the electromyography (EMG) signal. Exponential Moving Averages have weight values that are worth 0.1 and 0.3 or 10% and 30% as low values and high values such as the band-pass filter cutoff. Categorization is done using the DECISION TREE classification, which categorizes arm movements, namely 0, 30, 60, 90,120, 150 and 180 degrees. The results of the categorization will be sent to the output of the research system. Output uses liquid crystal displays (LCD) and light emitting diodes (LEDs). The LCD will display the results in writing the degree of arm movement performed and the LED will live according to the degree of movement of the arm.

Keywords : *muscle signal, arm movement, electromyography, Exponential Moving Average*

**DAFTAR ISI**

PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	1
BAB 1 PENDAHULUAN.....	2
1.1 Latar belakang.....	2
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan masalah	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Dasar Teori.....	7
2.2.1 Sistem Otot Manusia.....	7
2.2.2 Biomedical Engineering.....	9
2.2.3 Arduino Uno	10
2.2.4 Sensor AD8232 Kit.....	12
2.2.5 <i>Exponential Moving Average</i>	12
2.2.6 <i>Decision Tree</i>	13
2.2.7 <i>Liquid Crsytal Display I2C</i>	14
2.2.8 Light Emitting Diode.....	15
BAB 3 METODOLOGI	16
3.1 Studi Literatur	16
3.2 Reayasa Kebutuhan.....	17
3.2.1 Deskripsi Umum Sistem	17



3.2.2 Analisis Kebutuhan Sistem.....	17
3.3 Perancangan Sistem.....	18
3.3.1 Perancangan Perangkat keras.....	18
3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak.....	18
3.4 Implementasi Sistem	18
3.5 Pengujian dan Analisis	19
3.6 Kesimpulan.....	20
BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN.....	21
4.1 Deskripsi Umum Sistem	21
4.2 Analisis Kebutuhan Sistem.....	21
4.2.1 Kebutuhan Fungsional.....	21
4.2.2 Kebutuhan Non-Fungsional	22
BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI	25
5.1 Gambaran Umum Sistem.....	25
5.2 Perancangan Sistem.....	25
5.2.1 Perancangan Perangkat Keras	25
5.2.2 Perancangan Perangkat Lunak	29
5.3 Implementasi Sistem	35
5.3.1 Implementasi Perangkat Keras	35
5.3.2 Implementasi Perangkat Lunak.....	36
BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	42
6.1 Pengujian <i>Exponential Moving Average Filter</i>	42
6.1.1 Tujuan.....	42
6.1.2 Prosedur	42
6.1.3 Hasil Pengujian	42
6.1.4 Analisis	44
6.2 Pengujian Pergerakan Lengan Otot	44
6.2.1 Tujuan.....	44
6.2.2 Prosedur Pengujian	45
6.2.3 Hasil Pengujian	45
6.2.4 Analisis	56
6.3 Pengujian Delay Sistem Pengenalan Gerakan	57



6.3.1 Tujuan.....	57
6.3.2 Prosedur Pengujian.....	57
6.3.3 Hasil Pengujian.....	58
6.3.4 Analisis.....	60
BAB 7 Penutup.....	61
7.1 Kesimpulan.....	61
7.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN.....	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Otot Manusia.....	8
Gambar 2.2 Sistem Otot Biceps	9
Gambar 2.3 Deteksi Sinyal Elektromiografi	10
Gambar 2.4 Arduino Uno	11
Gambar 2.5 Sensor AD8232 Kit.....	12
Gambar 2.6 Gambaran <i>Exponential Moving Average</i>	13
Gambar 2.7 Klasifikasi <i>Decision Tree</i>	14
Gambar 2.8 Module I2C dan LCD	15
Gambar 2.9 Komponen light emitting diode	15
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian	16
Gambar 4.1 Deskripsi Umum Sistem	21
Gambar 4.2 Rekayasa Kebutuhan Non-Fungsional.....	22
Gambar 5.1 Gambaran Umum Sistem	25
Gambar 5.2 Gambar Tata Letak Elektroda pada Lengan	26
Gambar 5.3 Rangkaian Skematik AD8232 pada Arduino Uno	27
Gambar 5.4 Rangkaian Skematik LED pada Arduino Uno.....	27
Gambar 5.5 Rangkaian Skematik LCD I2C pada Arduino Uno.....	29
Gambar 5.6 Model Decision Tree	30
Gambar 5.7 Diagram Alir Decision Tree.....	31
Gambar 5.8 Diagram Alir Insialisasi Variabel Global dan Library.....	32
Gambar 5.9 Diagram Alir Insialisasi Fungsi Setup.....	33
Gambar 5.10 Diagram Alir Insialisasi Fungsi Setup.....	34
Gambar 5.11 Tata Letak Elektroda dan Kabel Probe	36
Gambar 6.1 Sinyal <i>Exponential Moving Average</i> dengan Bobot 0.1 dan 0.3	43
Gambar 6.2 Sinyal <i>Exponential Moving Average</i> dengan Bobot 0.3 dan 0.5	43
Gambar 6.3 Sinyal <i>Exponential Moving Average</i> dengan Bobot 0.6 dan 0.8	44
Gambar 6.4 Perubahan Derajat Lengan.....	47
Gambar 6.5 Pengujian Pada Subjek 2	47



DAFTAR TABEL

Table 2.1. Tabel Tinjauan Pustaka.....	6
Table 2.2. Spesifikasi Arduino Uno.....	11
Table 3.1. Perangkat Keras.....	18
Table 3.2. Perangkat Lunak.....	18
Table 5.1. Konfigurasi LED pada Arduino Uno.....	28
Table 5.2. Insialisasi Fungsi Decision Tree.....	36
Table 5.3. Insialisasi Variabel Global dan Library.....	38
Table 5.4. Insialisasi Fungsi LED LCD dan EMA.....	39
Table 5.5. Akuisisi Data dan <i>Exponential Moving Average</i>	40
Table 6.1. Data Latih Klasifikasi <i>Exponential Moving Average</i>	45
Table 6.2. Data Pengujian Subjek 1.....	48
Table 6.3. Data Pengujian Subjek 2.....	48
Table 6.4. Data Pengujian Subjek 2 (Lanjutan).....	49
Table 6.5. Data Rata-Rata Akurasi Subjek 1 dan 2.....	49
Table 6.6. Data Pengujian Subjek 3.....	49
Table 6.7. Data Pengujian Subjek 3 (Lanjutan).....	50
Table 6.8. Data Pengujian Subjek 4.....	50
Table 6.9. Data Pengujian Subjek 4.....	51
Table 6.10. Data Pengujian Subjek 5.....	51
Table 6.11. Data Pengujian Subjek 6.....	52
Table 6.12. Data Pengujian Subjek 7.....	52
Table 6.13. Data Pengujian Subjek 7 (Lanjutan).....	53
Table 6.14. Data Pengujian Subjek 8.....	53
Table 6.15. Data Pengujian Subjek 9.....	54
Table 6.16. Data Pengujian Subjek 10.....	54
Table 6.17. Data Pengujian Subjek 10 (Lanjutan).....	55
Table 6.18. Data Rata-Rata Akurasi Subjek 5 Sampai 10.....	55
Table 6.19. Data Pengujian Subjek 2 Tanpa <i>Exponential Moving Average</i>	55
Table 6.20. Data Pengujian Subjek 2 Tanpa <i>Exponential Moving Average</i> (Lanjutan).....	56
Table 6.21. Data Rata-Rata Akurasi Tanpa <i>Exponential Moving Average</i>	56



Table 6.22. Data Rata-Rata Akurasi Keseluruhan 57

Table 6.23. Data Pengujian Delay 20ms..... 58

Table 6.24. Data Pengujian Rata-Rata Akurasi Delay 20ms..... 58

Table 6.25. Data Pengujian Delay 50ms..... 59

Table 6.26. Data Pengujian Delay 100ms..... 59

Table 6.27. Data Pengujian Delay 100ms (Lanjutan) 60

Table 6.28. Data Pengujian Rata-Rata Akurasi Delay 50ms..... 60

Table 6.29. Data Pengujian Rata-Rata Akurasi Delay 100ms..... 60



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 7.1 Kode Program Sistem	65
LAMPIRAN 7.2 Foto subjek	68
LAMPIRAN 7.3 Data Latih Output Sensor	72



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kesehatan adalah hal penting bagi manusia untuk menjalani hidup. Kesehatan menurut undang-undang (UU) adalah keadaan sejahtera dari raga, jiwa, dan sosial yang mungkin setiap orang dapat hidup produktif secara sosial dan ekonomis. Kesehatan akan mempengaruhi aktivitas dan kegiatan yang akan dilakukan pada kehidupan sehari-hari. Tetapi beberapa orang didunia kurang beruntung tidak memiliki fungsi tubuh yang sehat dikarenakan suatu faktor, yaitu orang yang difabel dan disabilitas. Archmad Maulidi berkata, Difabel dan disabilitas adalah sama yaitu istilah bagi orang yang tidak memiliki fungsi fisik tubuh atau mental yang normal. Difabel adalah orang yang memiliki perbedaan kemampuan secara normal atau layak, sedangkan disabilitas adalah orang yang tidak memiliki kemampuan fungsi fisik tubuh melakukan kegiatan atau aktivitas sebagaimana kebanyakan manusia (Maulidi., 2017). Dalam hal ini ,orang disabilitas tidak dapat melakukan pekerjaan seperti orang normal pada umumnya.

Teknologi pada jaman modern ini berkembang pesat ke segala bidang yang memungkinkan mempermudah manusia. Perkembangan pada kesehatan memunculkan bidang penelitian *biomedical engineering* yang akan menghasilkan beberapa hal seperti memproses sinyal biomedis. Sinyal biomedis merupakan sinyal yang dapat diukur dan dianalisis untuk mengetahui informasi mengenai struktur dan fungsi dari sistem biologis sebuah organ tubuh (Santagati, et al., 2017). Hal ini terjadi karena adanya proses fisiologi yang terjadi pada tubuh manusia. Fisiologi adalah ilmu yang mempelajari tentang proses mekanis, fisika, dan biokimia yang mendukung fungsi tubuh manusia (Mulyadi., 2014). Dengan ada nya sinyal biomedis yang memungkinkan mendapatkan informasi tentang tubuh manusia.

Sinyal Biomedis dapat mendeteksi sinyal fisiologis yang terjadi pada tubuh manusia. Salah satu mendeteksi sinyal fisiologis yaitu *electromyography* (EMG) dapat melakukan pendeteksian gerakan dari otot tubuh manusia. EMG adalah sebuah proses deteksi, analisis dan pemanfaatan sinyal listrik yang berasal dari kontraksi otot (De Luca., 2006). EMG sangat bermanfaat untuk rehabilitasi penyandang disabilitas, baik karena amputasi atau disebabkan hal lain. Dengan ada nya EMG akan membantu pada teknologi kesehatan.

Sinyal *electromyography* (EMG) yang dihasilkan oleh kontraksi otot memiliki amplitudo yang berbeda-beda. Amplitudo yang dihasilkan sinyal biasanya memiliki *noise* yang cukup besar yang dapat mengganggu sistem mengenali sinyal, maka filteris sinyal yang dapat dilakukan seperti *exponential moving average*. *Exponential moving average* adalah salah satu dari teknik *moving average* yaitu yang menempatkan bobot lebih besar dan signifikansi pada titik data terbaru (Hayes., 2019). Dengan menggunakan filter tersebut amplitudo akan dihaluskan dan dapat meredamkan *noise* yang diterima .



Pada bahasan diatas penelitian ini akan berfokus pada kesehatan, terutama kesehatan pada penyandang disabilitas, dengan menggunakan ilmu biomedis untuk melakukan salah satu pendeteksian sinyal fisiologi yaitu *electromyography* (EMG). *Electromyography* (EMG) dapat melakukan pendeteksian pergerakan pada lengan tangan dalam bentuk sinyal analog. Kemudian *exponential moving average* akan memperhalus dan meredam *noise* yang akan dilakukan pengkategorian sinyal dengan menggunakan klasifikasi *decision tree* untuk mengetahui pergerakan yang terjadi pada tubuh manusia. Penelitian ini diharapkan menjadi data referensi pada penelitian selanjutnya dalam rangka membuat *prototype* robot *humanoid* atau *exoskeleton*, yang melakukan pergerakan lengan menggunakan sinyal *electromyography* (EMG) sebagai *input* sistem untuk membantu orang penyandang disabilitas.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang, maka dapat dirumuskan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai bobot dari *exponential moving average* yang optimal mempengaruhi pengenalan pergerakan lengan?
2. Bagaimana akurasi sistem dapat mengkategorikan setiap gerakan perubahan derajat pada lengan?
3. Bagaimana *delay* mempengaruhi akurasi setiap gerakan perubahan derajat pada lengan?

1.3 Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai bobot *exponential moving average* yang optimal.
2. Mengetahui akurasi sistem mengkategorikan setiap gerakan perubahan derajat pada lengan.
3. Mengetahui akurasi sistem pada setiap gerakan perubahan derajat pada lengan dengan *delay* yang optimal.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat sistem dapat diimplementasikan pada ruang lingkup kehidupan yaitu, penelitian ini diharapkan membantu penelitian selanjutnya tentang klasifikasi atau pengkategorian dan dapat membantu membuat *prototype* robot *humanoid* yang melakukan perubahan pergerakan pada lengan dimasa yang akan datang.

1.5 Batasan masalah

Adapun batasan masalah yang menjadi pedoman agar terfokus dan tidak meluas dalam pelaksanaan penelitian sebagai berikut.



1. Penggunaan nilai bobot *exponential moving average* yang telah ditentukan yaitu 0.1 & 0.3, 0.3 & 0.5, dan 0.6 & 0.
2. Pengenalan pergerakan lengan terdiri dari 7 gerakan lengan yaitu 0, 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 derajat.
3. Penggunaan *delay* yang dibatasi yaitu 20ms, 50ms, dan 100ms.
4. Pengujian menggunakan 3 elektroda yang terletak pada otot lengan atas atau biceps.
5. Penggunaan *light emitting diode* (LED) dan *liquid crystal display* (LCD) sebagai *output* sistem.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan dalam skripsi ini sebagai berikut:

BAB 1. Pendahuluan

Menjelaskan Menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika pembahasan dari “Sistem Pengenalan Pergerakan Lengan Menggunakan Exponential Moving Average dengan Metode Decision Tree Berbasis EMG”.

BAB 2. Landasan Kepustakaan

Pada tahapan ini menjelaskan teori-teori terkait penelitian ini dan penjelasan mengenai penelitian serupa yang telah dilakukan sebelumnya.

BAB 3. Metodologi

Tahap ini membahas dan menjelaskan tentang langkah yang harus dilakukan dalam penelitian ini, yaitu studi literatur, rekayasa kebutuhan, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, dan pengujian dan analisis pada sistem.

BAB 4. Rekayasa Kebutuhan

Bab ini membahas tentang rekayasa kebutuhan sistem pengenalan pergerakan lengan. Perangkat keras dan perangkat lunak akan dijelaskan dan diberi spesifikasi.

BAB 5. Perancangan dan Implementasi

Bab kali ini membahas tentang perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang ada pada sistem pengenalan pergerakan lengan. Kemudian implementasi sebagai realisasi dari perancangan yang sudah dijelaskan sebelumnya.

BAB 6. Pengujian dan Analisis



Bab ini membahas pengujian yang dilakukan guna menjawab rumusan masalah. Pengujian dilakukan sesuai prosedur agar mendapat hasil yang diharapkan. Kemudian analisis data dari hasil yang sudah diuji yang menjawab kepada rumusan masalah.

BAB 7. Penutup

Bab penutup dilakukan jika semua prosedur sudah dilakukan untuk menjalankan penelitian ini. Kemudian penutup akan memberi hasil analisis pengujian dan menjawab rumusan masalah.



BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Pada bab landasan kepustakaan berisi uraian dan pembahasan tentang dasar teori, konsep, model, metode, atau sistem dari literatur ilmiah, yang berkaitan dengan tema, masalah, atau pertanyaan penelitian.

2.1 Tinjauan Pustaka

Tahap yang dibahas pada bab ini adalah melakukan bahasan singkat tentang deskripsi umum atau gambaran umum yang terkait pada penelitian ini, meliputi tinjauan pustakan dan dasar teori. Tinjauan pustaka didasari pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan, dan juga menjelaskan teori yang dapat membantu penelitian bejalan dengan baik. Judul yang berkaitan dengan penelitian sebagai berikut.

Table 2.1. Tabel Tinjauan Pustaka

JUDUL	KETERANGAN
IDENTIFIKASI SINYAL ELECTROMYOGRAPH (EMG) PADA GERAK EKSTENSI-FLEKSI SIKU DENGAN METODE KONVOLUSI DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN	<p>Pada penelitian ini membahas hasil dari penelitian yang telah dilakukan yaitu, indentifikasi dan klasifikasi EMG pada gerak Ekstesi –fleksio siku yang bergerak dalam 45 derajat, 90 derajat dan 135 derajat), dengan menggunakan metode konvolusi dan klasifikasi jaringan saraf tiruan (JST). Penggunaan peralatan biomedis EMG MP30 sebagai akuisisi data. Biopac sinyal rms EMG sebagai ouput, disampling sebanyak 2000 titik. Amplitudo rata-rata pada setiap sinyal gerakan bernilai 0,242mV pada gerakan 45 derajat, 0,253mV pada gerakan 90 derajat, dan 0,372mV pada gerakan 135 derajat.</p> <p>Kesamaan :</p> <p>Kesamaan yang dapat diketahui adalah menggunakan sinyal EMG. Dengan menggunakan sinyal yang dihasilkan EMG akan menjadi sebuah <i>input</i> yang akan diperoses pada sistem. Dan juga melakukan klasifikasi perubahan derajat gerakkan lengan.</p> <p>Kelebihan :</p> <p>Kelebihan penelitian yang dilakukan skripsi ini memiliki kecepatan memperhalus sinyal dibandingkan dengan penelitian menggunakan metode konvolusi yang lambat dikarenakan memproses sampling data yang banyak terlebih dahulu.</p>



KLASIFIKASI SINYAL EMG DARI OTOT LENGAN BAWAH SEBAGAI MEDIA KONTROL MENGGUNAKAN NAÏVE BAYES

Penelitian ini melakukan pembuatan kursi roda yang dapat dikontrol. Diketahui bahwa pengguna yang memiliki ketebatasan kemampuan dalam mengontrol gerakan pada kursi roda yang digunakannya akan terbantu dengan sebuah tenaga mesin. Kursi roda bertenaga mesin (listrik) memiliki kontrol joystick dalam pengoperasiannya, sehingga pengguna yang tidak dapat atau tidak mampu menggunakan joystick memerlukan sebuah alternatif kontrol lain dalam pengoperasiannya. Dengan penggunaan sinyal EMG yang dihasilkan otot lengan bawah, maka penelitian ini dapat melakukan pembuatan kontrol alternatif untuk kursu roda tenaga listrik (listrik).

Kesamaan :

Pada penelitian ini juga mendapatkan kesamaan yang serupa yaitu menggunakan sinyal EMG sebagai *input*. EMG akan memberi data pergerakan lengan yang akan dikirimkan pada pemroses.

Kelebihan :

Kelebihan penelitian yang dilakukan skripsi ini dengan menggunakan metode *decision tree* dapat melakukan klasifikasi dengan kondisi parameter *input* tunggal, dibandingkan pada penelitian ini menggunakan *naive bayes* yang harus kondisi parameter lebih dari 1 parameter *input*.

2.2 Dasar Teori

Pada bab dasar teori akan membahas tentang perangkat, teori, dan metode yang mendukung penelitian dan juga menjelaskan pengertian, cara kerja, spesifikasi, dan lainnya untuk memudahkan pembaca memahami isian dari penelitian ini.

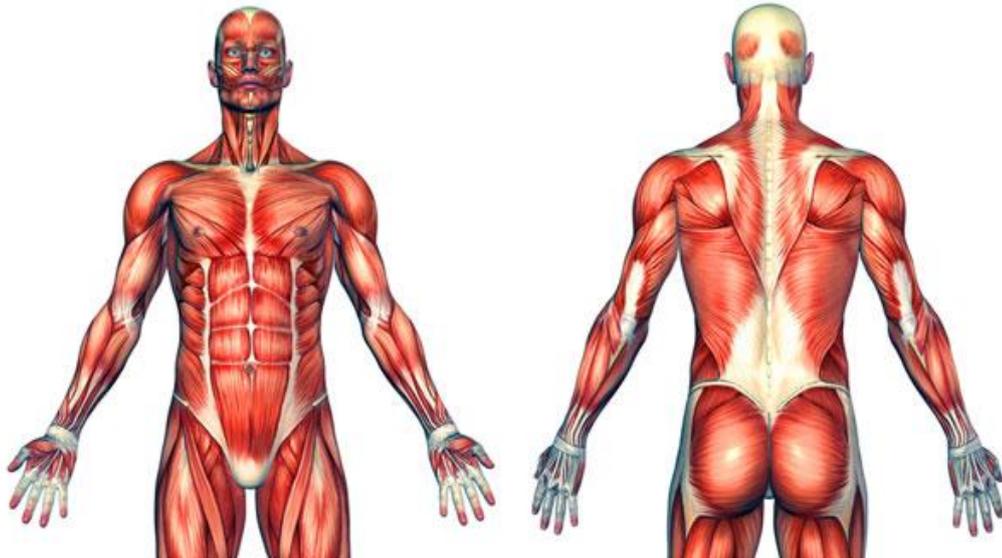
2.2.1 Sistem Otot Manusia

Pada tubuh manusia terdapat sistem motorik yang membuat manusia dapat bergerak yaitu sistem otot. Pergerakan otot ada di semua tubuh manusia seperti berkedip pada mata, berjalan, mengangkat benda, mengunyah, dan juga membantu jantung bergerak untuk mengalirkan darah.

Sistem otot pada tubuh manusia terbentuk lebih dari 600 otot. Serabut otot adalah sel-sel khusus yang menjadi asal usul otot. Setiap otot yang terdapat ditubuh manusia memiliki fungsi-fungsi tertentu, yang terutama menciptakan



sebuah gerakan. Otot bergerak dengan melakukan mempendek panjangnya, menarik tendon, dan menggerakkan tulang yang berdekatan dengan tulang lainnya. Tendon adalah pita elastis kuat dari jaringan ikat yang mengikat otot pada tulang. Kombinasi kontraksi yang terjadi dari sendi, tulang, dan otot dapat menghasilkan sebuah gerakan pasti seperti berjalan dan berlari. Hampir semua gerakan yang terjadi pada tubuh manusia hasil dari kontraksi otot, kecuali gerakan sel darah putih dan gerakan silia disaluran pernafasan. Selain gerakan yang terjadi pada tubuh manusia, kontraksi otot juga membantu mengatur postur tubuh, stabilitas sendi, dan produksi panas tubuh.



Gambar 2.1 Sistem Otot Manusia

Sumber: (www.teachpe.com)

Otot dapat dibagi menjadi 3 kelompok yaitu otot polos, otot lurik, dan otot jantung yang memiliki fungsi yang berbeda. Otot polos adalah otot yang bekerja dalam kondisi tanpa kesadaran manusia, hal ini terjadi karena terpengaruh sistem saraf tak sadar atau saraf otonom. Sel-sel pada otot polos terbentuk gelendong dimana kedua ujungnya runcing dan mempunyai satu inti sel. Jaringan otot polos terletak pada dinding organ dalam tubuh manusia, seperti saluran organ pencernaan manusia, organ pernafasan, reproduksi, pembuluh darah, dan saluran ekskresi. Otot lurik yang bekerja dibawah kesadaran kebalikan dari otot polos, menempel pada rangka tubuh manusia yang digunakan dalam bergerak. Selain untuk menggerakkan rangka tubuh, otot lurik juga menjadi sarana pelindung tulang dari benturan yang terjadi diluar. Otot jantung adalah otot yang bekerja secara terus menerus tanpa henti, yang terletak hanya pada jantung. Perpaduan otot lurik dan otot polos menjadikan sebuah otot jantung (Ajim, 2018).

2.2.1.1 Otot Biceps

Otot biceps adalah otot lengan besar yang berbentuk berkepala caput dua, yang terletak pada sepanjang lengan atas. Otot ini sangat mudah dilihat



dikarenakan terletak didekat permukaan kulit. Otot biceps termasuk otot lurik dikarenakan fungsinya melakukan pergerakan. Pergerakan yang dilakukan otot biceps adalah mengangkat atau menarik tulang tangan bagian bawah. Dengan melakukan hal itu maka lengan bagian bawah bisa bergerak ke atas dan kebawah (Al, 2019).



Gambar 2.2 Sistem Otot Biceps

Sumber: (www.mallardsgroups.com)

2.2.2 Biomedical Engineering

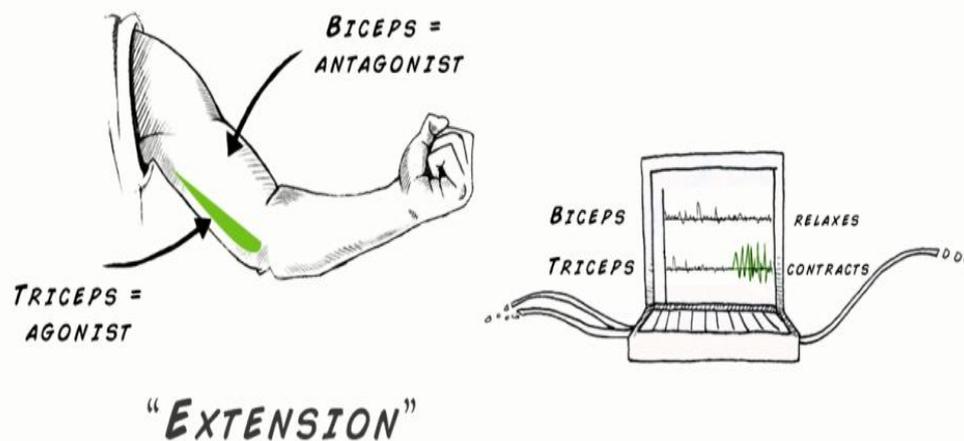
Rekayasa biomedis (*biomedical engineering*) atau *bio engineering*, adalah penerapan prinsip-prinsip teknik ke bidang biologi dan perawatan kesehatan. *Bio engineer* bekerja dengan dokter, terapis, dan peneliti untuk mengembangkan sistem, peralatan, dan perangkat untuk menyelesaikan masalah klinis (Lucas 2014). Dengan adanya biomedis mempermudah dokter melakukan pemeriksaan pada tubuh manusia yang salah satunya menghasilkan sinyal biomedis. Sinyal biomedis dapat terjadi dalam tubuh manusia berupa proses fisiologis. Sebelum adanya sinyal biomedis, dokter melakukan pendeteksian proses fisiologis dengan menggunakan tindakan *invasive*. Dimana tindakan tersebut merupakan tindakan medis dengan melakukan memasukkan sebuah alat deteksi kedalam tubuh manusia. Tindakan ini tidaklah efisien dan memiliki resiko yang tinggi dikarenakan dapat merusak organ tubuh manusia. Sinyal biomedis akan menghasilkan sinyal yang berasal dari tubuh manusia, yaitu sinyal *Electrooculography* (EOG) mendeteksi pergerakan bola mata, *Electrocardiography* (ECG) mendeteksi detak jantung manusia, dan



Electromyography (EMG) yang dapat mendeteksi gerak otot (Auricchio, et al, 2017).

2.2.2.1 *Electromyography* (EMG)

Electromyography (EMG) adalah sebuah alat biomedis yang memiliki fungsi mencatat dan monitoring aktifitas bioelektrik dari kontraksi otot yang bergerak dengan *output* berupa sinyal. Pendeteksian sinyal EMG memiliki proses yaitu dengan cara menggunakan elektroda sebagai media penerimaan. Elektroda yang biasanya diletakkan langsung pada permukaan kulit di otot yang sedang diamati dengan cara menempelkannya, sebagai pedeteksiannya untuk mendapat sinyal dari otot tersebut. Sinyal yang didapat adalah area yang diberikaan elektroda, sehingga semua sinyal yang didapat adalah berasal dari semua elektroda yang terpasang. Sebab proses kotraksi dan relaksasi pada setiap otot gerak area tertentu tidak berjalan bersamaan, maka sinyal yang dideteksi berbentuk sinyal acak (Falih, 2017).



Gambar 2.3 Deteksi Sinyal Elektromiografi

Sumber : (backyardbrains.com)

2.2.3 Arduino Uno

Pada arduino uno menggunakan mikrokontroler ATmega328 sebagai otak dari arduino, yang memiliki 14 pin input dari output digital. 6 dari 14 pin dapat digunakan sebagai output PWM dan kemudian 6 pin selanjutnya pin input analog. Kecepatan arduino terlihat pada osilator kristal dengan kecepatan 16MHz. arduino memiliki koneksi USB, jack power, *ICSP header*, dan tombol reset. Untuk menghidupkan arduino dapat memakai kabel USB, atau menggunakan adaptor DC atau baterai. Bahasa program yang digunakan arduino menggunakan



menyerupai bahasa C yang mudah dipelajari. Dengan menggunakan Arduino IDE arduino dapat berhubungan dengan komputer (Michael, 2015).



Gambar 2.4 Arduino Uno

Sumber: (<http://ilearning.me/>)

2.2.3.1 Spesifikasi

Arduino uno memiliki kemampuan pemrosesan yang berspesifikasi sebagai berikut :

Table 2.2. Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroller	ATmega328
Operasi Tegangan	5V
Input Tegangan	7-11V
Input Tegangan Batas	6-20V
Pin Input/Output	14
Pin Analog	6
Arus DC Pin Input/Output	50mA
Arus DC saat 3.3V	50mA
Memori	32kb
SRAM	2kb
EEPROM	1kb
CLOCK	16Mhz

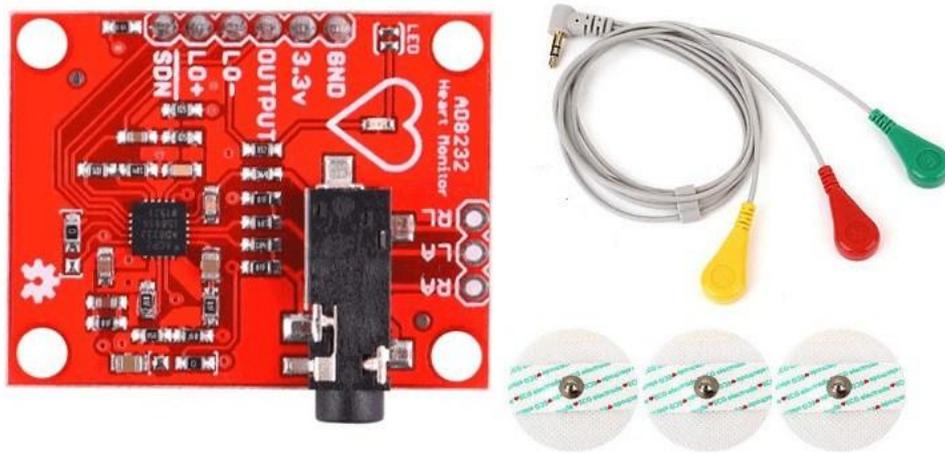


2.2.3.2 Arduino IDE

Integrated development environment (IDE) adalah perangkat lunak untuk arduino melakukan pemrograman untuk melakukan beberapa fungsi yang dimasukan melalui sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman yang serupa dengan bahasa C. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA, yang dilengkapi dengan library C/C++ yang biasa disebut Wiring yang membuat operasi *input* dan *output* menjadi lebih mudah. Perangkat lunak ini dikembangkan dari *software processing* yang diubah menjadi arduino IDE yang dikhususkan untuk pemrograman dengan arduino (Sinar Arduino Team, 2016).

2.2.4 Sensor AD8232 Kit

Sensor AD8232 dapat melakukan pendeteksian sinyal fisiologis dari kontraksi otot-otot pada tubuh manusia. Sensor aslinya didesain untuk melakukan pendeteksian sinyal *electrocardiography* (ECG) tetapi dapat dipakai untuk melakukan sinyal *electromyography* (EMG). Sensor kit ini memiliki *chip* inti AD8232 yang sudah disesuaikan agar dapat melakukan pendeteksian sinyal fisiologi. Pin pada sensor ini memiliki GND, 3.3V, output, Lo-, Lo+, dan SDN. Pemakaian sensor ini hanya menggunakan pin GND sebagai *ground*, pin 3.3V sebagai pin referensi tegangan, dan *output* sebagai keluaran data dari input elektroda. Untuk mendapat input dari elektroda menggunakan koneksi 3.5mm jack atau pin RL, LA dan RA. Alat ini memiliki ilustrasi gambar seperti gambar 2.5 (Newton, 2019).



Gambar 2.5 Sensor AD8232 Kit

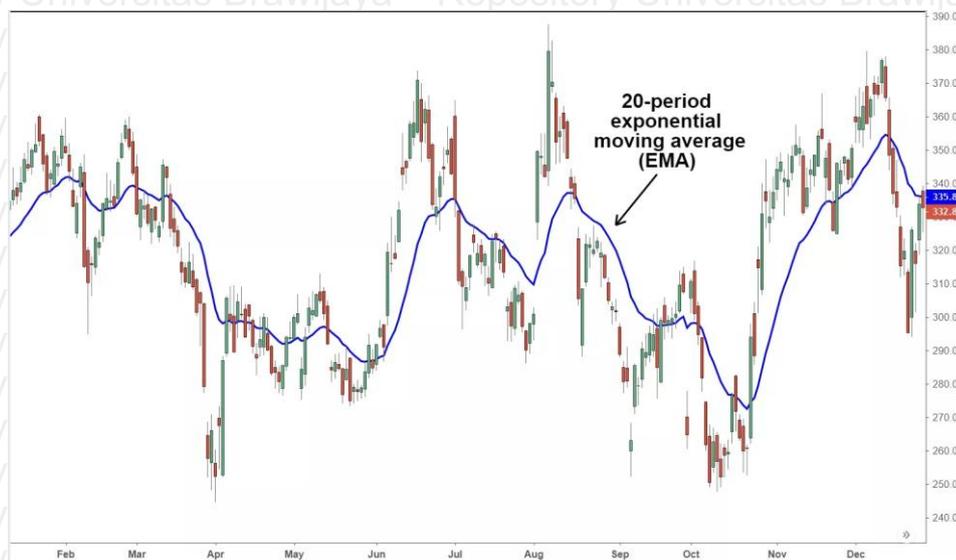
Sumber: (www.how2electronics.com)

2.2.5 Exponential Moving Average

MA (moving average) adalah indikator yang banyak digunakan dalam analisis teknis yang membantu memperhalus nilai dengan menyaring "*noise*" dari fluktuasi nilai jangka pendek acak. Ini adalah indikator yang mengikuti tren, atau *lagging*, karena didasarkan pada nilai masa lalu. Dua moving average dasar dan umum digunakan adalah simple moving average (SMA), yang merupakan rata-



rata sederhana dari suatu keamanan selama periode waktu yang ditentukan, dan moving average eksponensial (EMA), yang memberikan bobot lebih besar ke nilai yang lebih baru .



Gambar 2.6 Gambaran *Exponential Moving Average*

Sumber: (www.investopedia.com)

Aplikasi moving average yang paling umum adalah untuk mengidentifikasi arah tren dan untuk menentukan level ketahanan. Sementara moving average cukup berguna untuk diri sendiri, mereka juga membentuk dasar untuk indikator teknis lainnya seperti moving average konvergensi divergence (MACD). Bentuk paling sederhana dari *moving average*, yang dikenal sebagai *simple moving average* (SMA), dihitung dengan mengambil rata-rata aritmatika dari serangkaian nilai yang diberikan. Dengan kata lain, satu set angka, atau nilai dalam hal instrumen, ditambahkan bersama-sama dan kemudian dibagi dengan jumlah nilai dalam set tersebut. *Exponential moving average* adalah jenis *moving average* yang memberikan bobot lebih pada nilai terkini dalam upaya membuatnya lebih responsif terhadap informasi baru (Hayes, 2019).

2.2.6 Decision Tree

Algoritma *Decision Tree* termasuk dalam keluarga supervised learning algorithms. Tidak seperti algoritma pembelajaran lainnya, algoritma decision tree dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah regresi dan klasifikasi. Motif umum menggunakan Pohon Keputusan adalah untuk membuat model pelatihan yang dapat digunakan untuk memprediksi kelas atau nilai variabel target dengan mempelajari aturan keputusan yang disimpulkan dari data sebelumnya (data pelatihan).

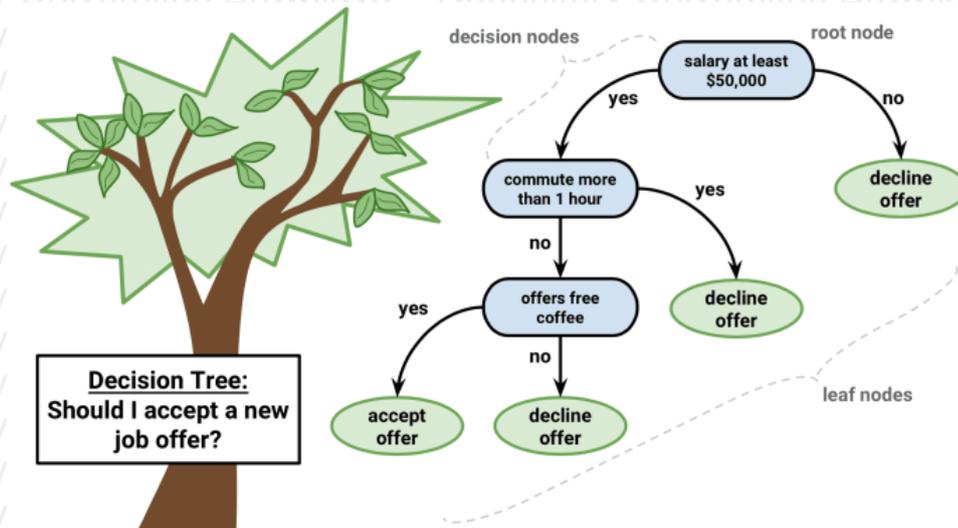
Tingkat pemahaman algoritma *decision tree* sangat mudah dibandingkan dengan algoritma klasifikasi lainnya. Algoritma *decision tree* mencoba memecahkan masalah, dengan menggunakan representasi tree. Setiap simpul



internal pohon sesuai dengan atribut, dan setiap simpul daun sesuai dengan label kelas.

Pembuatan *decision tree* memiliki pengaturan seperti berikut.

1. Tempatkan atribut terbaik dari dataset di akar pohon (root node).
2. Membagi set pelatihan menjadi himpunan bagian. Subset harus dibuat sedemikian rupa sehingga setiap subset berisi data dengan nilai yang sama untuk suatu atribut.
3. Ulangi langkah 1 dan langkah 2 pada setiap subset sampai Anda menemukan leaf node di semua cabang pohon.



Gambar 2.7 Klasifikasi *Decision Tree*

Sumber: (www.packtpub.com)

Pada *decision tree*, untuk memprediksi label kelas untuk catatan kita mulai dari akar pohon. Kita membandingkan nilai atribut root dengan atribut record. Atas dasar perbandingan, kita mengikuti cabang yang sesuai dengan nilai itu dan melompat ke simpul berikutnya. Kita terus membandingkan nilai atribut rekaman kita dengan node internal pohon yang lain sampai kita mencapai simpul daun dengan nilai kelas yang diprediksi. Seperti yang kita ketahui bagaimana pohon keputusan yang dimodelkan dapat digunakan untuk memprediksi kelas target atau nilai (Saxena, 2017).

2.2.7 *Liquid Crsytal Display I2C*

Liquid crsytal display adalah modul yang memebantu menampilkan tulisan dalam proyek berbasis mikrokontroller. Tetapi LCD untuk memghidupkan dan memakai memerlukan pin 6 sampai 8 yang sangat boros dalam kontroller. Adapter I2C adalah adapter yang membuat pin penggunaan LCD dapat dikurangi hanya menggunakan 2 kabel untuk hidup dan digunakan. Selain membantuk dalam menhemat pin dalam proyek bebrbasis mikrokontroller, sangat membantu dalam menangkal terjadinya kerusakan pada tampilan LCD



yang disebabkan oleh interferensi. Kerusakan yang biasanya terjadi akibat adanya lonjakan arus pada rangkaian (Suranata, 2017).



Gambar 2.8 Module I2C dan LCD

Sumber : (<https://tutorkeren.com/>)

2.2.8 Light Emitting Diode

Light Emitting Diode (LED) adalah perangkat atau komponen elektronika yang dapat menghasilkan cahaya monokromatik ketika diberi tegangan maju. LED termasuk keluarga dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna cahaya yang dihasilkan LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang digunakan. Selain menghasilkan cahaya LED dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak dapat dilihat oleh mata manusia.

Light Emitting Diode (LED) berbentuk mirip dengan lampu bola yang kecil dan dapat dipasangkan dengan mudah ke berbagai perangkat elektronika. Berbeda dengan lampu pijar, LED tidak memerlukan proses pembakaran filamen sehingga tidak menimbulkan panas dalam menghasilkan cahaya. Sehingga saat ini LED bentuknya kecil yang telah digunakan sebagai lampu penerangan dalam TV sebagai pengganti lampu (Kho, 2019).



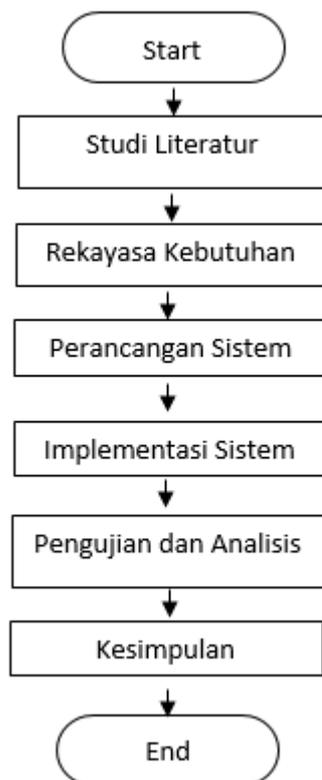
Gambar 2.9 Komponen light emitting diode

Sumber: (www.teknikelektronika.com)



BAB 3 METODOLOGI

Penelitian ini berawal dengan melakukan studi literati yang terkait pada tinjauan pustaka dan dasar teori. Sifat dari penelitian ini adalah implementatif yang melakukan implementasi teori-teori yang telah dibahas. Menentukan alur metode penelitian sebagai tahap-tahap yang ditempuh untuk dapat menyelesaikan penelitian secara sistematis. Gambaran metode penelitian ini dapat dilihat pada gambar diagram alir 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Terlihat pada gambar 3.1 alur penelitian diawali pada studi literatur yang membawa teori perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada sistem. Dilanjutkan dengan rekayasa kebutuhan yang berisi tentang kebutuhan sistem, kemudian perancangan sistem berisi rancangan perangkat lunak dan perangkat keras. Lalu implementasi sistem yang berisi realisasi rancangan pada sistem. Pengujian dan analisis menjadi hal terpenting dari penelitian yang berisi hasil sistem dan analisisnya, dan terakhir kesimpulan yang menjawab masalah pada penelitian.

3.1 Studi Literatur

Pada penelitian ini, studi literatur akan menjadi landasan dari perancangan sistem dan implementasi sistem. Studi literatur berisi teori yang akan membantu



penelitian pada perangkat lunak maupun perangkat keras pada sistem. Beberapa studi literatur pada penelitian sebagai berikut.

1. Teori macam-macam penggunaan sinyal fisiologi pada tubuh manusia berupa sinyal *electromyography* (EMG).
2. Mikrokontroler arduino uno, *light emitting diode* (LED), dan *liquid crystal display* (LCD).
3. Filter penghalus sinyal *exponential moving average*.

3.2 Rekayasa Kebutuhan

Pada tahap ini akan menjelaskan penjelasan rekayasa kebutuhan yang tujuannya untuk melakukan analisa semua kebutuhan yang diperlukan untuk membantu sukses sistem dapat dibangun. Rekayasa kebutuhan tersebut, meliputi deskripsi umum sistem, analisis kebutuhan sistem, kebutuhan fungsional dan kebutuhan non-fungsional.

3.2.1 Deskripsi Umum Sistem

Pada tahap ini sistem akan dijelaskan gambaran umum proses sistem bekerja, komponen dan perangkat, hubungan *input* sinyal fisiologi dengan *output* berupa lampu LED dan tulisan LCD untuk mengategorikan sinyal *electromyography* (EMG).

3.2.2 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem pada penelitian dibagi menjadi dua yaitu kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak, yang masing-masing akan dijelaskan hubungan pada sistem dan mendukung sistem.

3.2.2.1 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional adalah suatu kebutuhan sebuah fungsi apa saja yang perlu dilakukan sistem, informasi yang didapat oleh sistem, dan bagaimana hasil akhir dari sistem yang dibuat.

1. Sistem dapat mendeteksi sinyal fisiologi berupa sinyal *electromyography* (EMG).
2. Sistem dapat meredam *noise* sinyal dari sensor *input* dengan menggunakan *exponential moving average* filter.
3. Sistem dapat melakukan klasifikasi sinyal *electromyography* (EMG) menggunakan *decision tree*.
4. Sistem dapat memberi *output* menggunakan *liquid crystal display* (LCD) dan *light emitting diode* (LED) sebagai *output*.

3.2.2.2 Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional adalah kebutuhan yang membutuhkan suatu perangkat keras atau perangkat lunak yang dapat digunakan untuk membantu



suksesnya penelitian. Kebutuhan non-fungsional dari sistem adalah sebagai berikut.

Table 3.1. Perangkat Keras

NO	Nama Perangkat Keras
1	Arduino Uno
2	Sensor AD8232
3	Komputer
4	<i>Light Emitting Diode (LED)</i>
5	<i>Liquid Crystal Display (LCD) I2C</i>
6	Elektroda

Table 3.2. Perangkat Lunak

NO	Nama Perangkat Lunak
1	Arduini IDE 1.8.5

3.3 Perancangan Sistem

Tahapan ini melakukan penjelasan semua perangkat keras dan perangkat lunak setelah dianalisis pada kebutuhan sistem. Pejelasan berupa ilustrasi gambaran perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada sistem.

3.3.1 Perancangan Perangkat keras

Pada tahap perancangan perangkat keras menjelaskan komponen dan perangkat yang digunakan pada sistem setelah melakukan analisis kebutuhan sistem. Hubungan pada setiap komponen dan perangkat keras harus diperhatikan, Hal ini dilakukan untuk bekerjanya sistem setelah melakukan implementasi perancangan perangkat keras pada sistem.

3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Setelah melakukan perancangan perangkat keras, tahap selanjutnya menjelaskan perancangan perangkat lunak yang tidak kalah pentingnya. Perancangan perangkat lunak menjadi proses berjalannya sistem. Disini akan menjelaskan perangkat lunak yang dipakai pada sistem seperti *decision tree*, akuisisi data sensor, dan *exponential moving average*.

3.4 Implementasi Sistem

Setelah melakukan tahap-tahapan sebelumnya, tahap implementasi menjelaskan realisasi dari perancangan sistem. Sistem akan dibuat sesuai perancangan perangkat keras dan perancang perangkat lunak. Beberapa implementasi yang akan dilakukan demi bekerjanya sistem sesuai harapan.



Implementasi pada sisi perangkat keras :

1. Penempatan elektroda pada otot lengan atas untuk mendeteksi sinyal *electromyography* (EMG).
2. Sensor AD8232 sebagai penerima sinyal *electromyography* (EMG) dari elektroda dan diteruskan sebagai sensor analog kepada mikrokontroller arduino.
3. Hubungan mikrokontroller arduino dengan *Ouput* yang terdiri dari *light emitting diode* (LED) berwarna putih dan *liquid crystal display* (LCD) menerima parameter yang mewakili kategori gerakan lengan.

Implementasi pada sisi perangkat lunak :

1. Melakukan akusisi data dari nilai atau sinyal *electromyography* (EMG) pada sensor analog dan menjadikan sinyal tersebut sebagai parameter klasifikasi.
2. *Exponential moving average* filter sebagai penghalus sinyal *electromyography* (EMG) yang telah diterima.
3. Sinyal *electromyography* (EMG) yang sudah terfilter akan dilakukan klasifikasi atau pengkategorian pergerakan lengan dengan menggunakan *decision tree*.

Adapun beberapa implementasi yang tidak terlihat pada perancangan yaitu, penggunaan arduino IDE yang berbahasa program C dan penggunaan *printed circuit board* (PCB) pada komponen perangkat keras. Implementasi yang dilakukan diharapkan menjadikan sistem berjalan sesuai diharapkan.

3.5 Pengujian dan Analisis

Pengujian dan analisis akan dilakukan setelah semua tahap tahap sebelumnya sudah dilakukan. Sistem akan melakukan beberapa tahap pengujian yaitu :

1. Pengujian setiap bobot pada *exponential moving average* filter
2. Pengujian akurasi pergerakan lengan dari sinyal *electromyography* (EMG) pada elektroda.
3. Pengujian setiap *output* berupa *light emitting diode* (LED) dan *liquid crystal Display* (LCD) menampilkan hasil sinyal.

Setelah melakukan pengujian dapat dilakukan analisis terhadap pengujian yang dilakukan dan membuat kesimpulan. Hal ini menjadi data untuk pembuktian implementasi sistem bekerja.



3.6 Kesimpulan

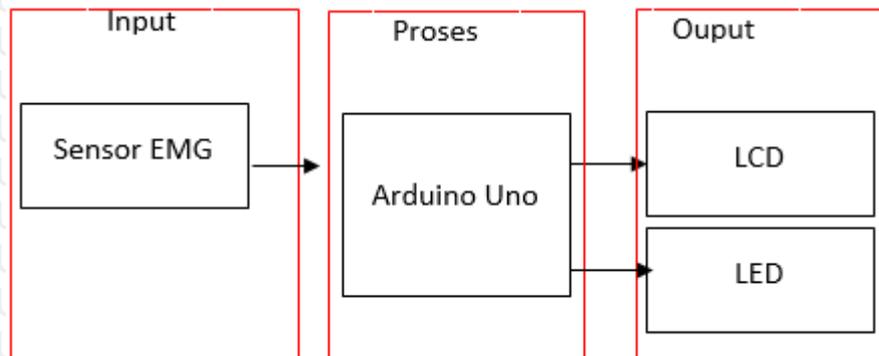
Sistem yang sudah melakukan semua tahap pengujian dan analisis menjadi landasan untuk menjadi kesimpulan. Pengujian dan analisis yang berhasil yang menghasilkan luaran yang sesuai menjadi tahap akhir keseluruhan penelitian. Kesimpulan akan menjawab masalah pada penelitian ini. Jika pengujian dan analisis menghasilkan luaran yang tidak sesuai, maka akan kembali pada tahap perancangan sistem.



BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN

4.1 Deskripsi Umum Sistem

Deskripsi umum merupakan gambaran secara umum keseluruhan sistem berkerja. Sistem dalam penelitian dirancang yang tujuan untuk mendeteksi pergerakan lengan manusia. Sistem terdiri *input*, proses, dan *ouput* yang dapat digambarkan pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Deskripsi Umum Sistem

Gambar 4.1 menjelaskan input yang terdiri dari sensor *electromyography* (EMG) yang menerima sinyal dari elektroda, yang akan diteruskan ke dalam proses yaitu mikrokontroler arduino. Pada arduino akan melakukan proses filterisasi sinyal *electromyography* (EMG) dengan menggunakan *exponential moving average* dan melakukan klasifikasi terhadap sinyal tersebut. Kemudian pada sisi *output* akan menerima data yang akan ditampilkan oleh perangkat keras berupa *light emitting diode* (LED) dan *liquid crystal display* (LCD).

4.2 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem bertujuan untuk menganalisa semua kebutuhan yang diperlukan oleh sistem yang akan dibangun. Analisis kebutuhan dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan yang dibagi menjadi

4.2.1 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan Fungsional adalah kebutuhan-kebutuhan sistem agar sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Kebutuhan fungsional antara lain:

1. Sistem dapat mendeteksi sinyal fisiologi berupa sinyal *electromyography* (EMG) ditahap pengambilan data pada elektroda yang terpasang pada otot lengan atas.

Disini menjelaskan sistem dapat mendeteksi sinyal fisiologi yaitu sinyal *electromyography* (EMG) dengan menggunakan elektroda terpasang pada bagian otot lengan atas, yang kemudian akan diubah dan dikirim ke mikrokontroler arduino sebagai sinyal analog diproses pada sensor AD8232. Pengguna diharapkan melakukan pergerakan



sesuai prosedur yang ditentukan agar mendapat sinyal *electromyography* (EMG) pada otot lengan atas.

2. Sistem dapat meredam *noise* sinyal dari sensor *input* dengan menggunakan *Exponential Moving Average* filter.

Setelah mendapat sinyal *electromyography* (EMG) sebagai *input* analog read pada mikrokontroller arduino, hal yang lakukan selanjutnya adalah penghalusan sinyal menggunakan *Exponential Moving Average* filter. Dengan menggunakan bobot rendah bernilai 0.1 dan bobot tinggi bernilai 0.3 diharapkan sinyal dapat diredam dengan optimal.

3. Sistem dapat melakukan klasifikasi sinyal *electromyography* (EMG) sebagai gerakan tertentu menggunakan *decision tree*.

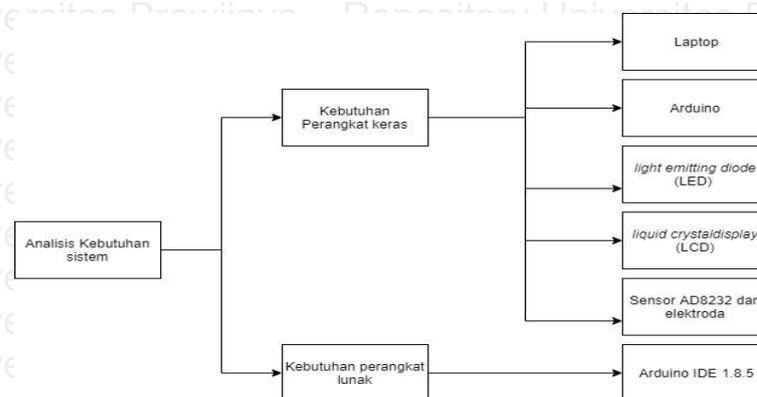
Sistem disini harus dapat melakukan klasifikasi setiap sinyal *electromyography* (EMG) pada sinyal. Sinyal akan dikategorikan menjadi 7 gerakan lengan yaitu 0, 30, 60, 90, 120, 150, dan 180 derajat. Sebelum melakukan klasifikasi harus dilakukan penghalusan dengan filter demi lancar nya pengenalan pada setiap gerakan.

4. Sistem dapat menampilkan sinyal berupa tulisan atau tanda dengan menggunakan *liquid crystal display* (LCD) dan *light emitting diode* (LED) sebagai *output*.

Pada tahap setelah melakukan tahapan sebelumnya sistem dapat melakukan penampilan data atau indikator yang mewakili sebuah pergerakan lengan melewati *liquid crystal display* (LCD) dan *light emitting diode* (LED). Hal ini dilakukan guna menyampaikan pesan pada pengguna bahwa sistem berhasil melakukan pengenalan terhadap gerakan lengan manusia.

4.2.2 Kebutuhan Non-Fungsional

Pada bagian ini, kebutuhan non-fungsional adalah kebutuhan perangkat keras maupun perangkat lunak demi mendukung sistem sehingga sistem dapat bekerja seperti yang diharapkan.



Gambar 4.2 Rekayasa Kebutuhan Non-Fungsional



Terlihat pada gambar 4.2 peneliti menggunakan beberapa perangkat keras demi mendukung sistem bekerja sesuai dengan harapan, yaitu laptop, mikrokontroler arduino, sensor AD8232, elektroda, *liquid crystal display* (LCD) dan *light emitting diode* (LED) yang memiliki kegunaan dan fungsi yang berbeda.

Beberapa fungsi perangkat keras :

1. Laptop. Berfungsi sebagai komunikasi terhadap manusia dengan mikrokontroler dalam bahasa pemrograman. Kode program akan ditulis pada perangkat ini dengan menggunakan arduino IDE yang akan dibahas. Laptop peneliti memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Model : Acer Aspire E5

Prosesor : i5

Sistem operasi : Windows 10

memori : 8gb

2. Arduino. Berfungsi sebagai otak dari semua proses yang dilakukan pada sistem pengenalan pergerakan lengan. Mikrokontroler arduino menggunakan bahasa pemrograman C yang mudah dipakai. Kegunaan arduino disini dikarenakan memori dan pin yang cukup dipakai oleh sistem. Arduino peneliti memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Model : Arduino Uno R3

Prosesor : ATmega328

Memori : 32kb

Clock : 16mhz

3. LED 5mm. Berfungsi sebagai salah satu *output* sistem pengenalan pergerakan lengan. Dengan hidupnya LED dapat mewakili pengenalan pergerakan yang terjadi pada sistem. LED peneliti memiliki 6 buah berwarna putih, 1 berwarna merah dan 1 berwarna hijau. LED peneliti memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Model : 334-15/T1C1-4WYA

Warna LED 1 : Water Clear

Warna LED 2 : RED

Warna LED 3 : Green

Voltage : 5V

4. LCD I2C. Berfungsi sebagai *output* selain LED yang menampilkan hasil klasifikasi dari sistem pengenalan pergerakan lengan. LCD memiliki *backlit* berwarna hijau. LCD peneliti memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Model : MLG-A2004

I2C address : 0x27



Voltage : 5V

5. AD8232. Berfungsi sebagai sensor deteksi sinyal *electromyography* (EMG) yang berasal dari elektroda terpasang pada lengan manusia. Sensor ini disesain untuk *electrocardiography* (ECG) tetapi bisa dipakai untuk EMG dengan *low-cost* atau murah dan modul yang siap pakai. Sensor peneliti memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Model : AD8232

Voltage : 3.3V

Koneksi elektroda : Jack 3.5mm

Adapun kebutuhan perangkat lunak :

6. Arduino IDE 1.8.5. Berfungsi sebagai komunikasi terhadap komputer dengan mikrokontroler arduino. Dengan menggunakan bahasa pemrograman C yang mudah digunakan. Perangkat lunak ini juga dapat memonitoring sinyal berasal dari sensor dengan menggunakan "*serial monitor*" yang hasilnya berupa alfabet dan angka, dan menggunakan "*serial plotter*" yang hasilnya berupa bentuk grafik.

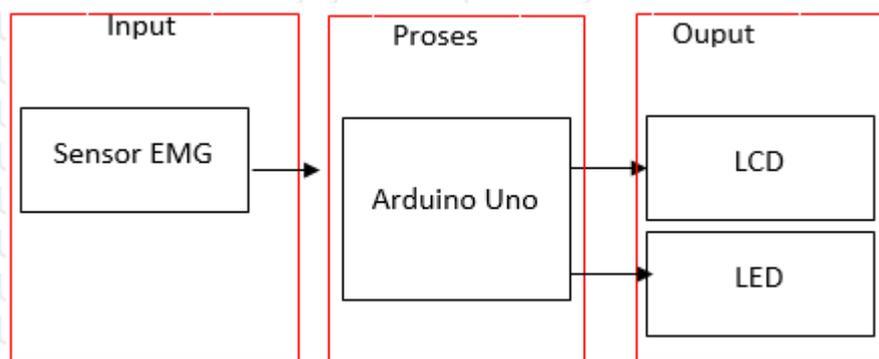


BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini, akan menjelaskan perancangan sistem dan implementasi sistem yang didasari tujuan penelitian. Perancangan sistem adalah gambaran perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada sistem. Sedangkan implementasi sistem, memuat bahasan tentang realisasi dari perancangan pada sistem.

5.1 Gambaran Umum Sistem

Pada bagian ini akan menjelaskan gambaran sistem keseluruhan sesuai rancangan sistem. Sistem ini memiliki tiga bagian yaitu *input*, proses, dan *ouput*. Dimana bagian-bagian tersebut, akan menjadi satu kesatuan sistem utuh.



Gambar 5.1 Gambaran Umum Sistem

Pada gambar 5.1 menjelaskan bagian-bagian yang ada pada sistem yaitu *input*, proses, dan *ouput*. Komponen sesnor *electromyography* (EMG) berupa AD8232 dan elektroda sebagai *input*. Kemudian mikrokontroler arduino uno merupakan otak dari sistem sebagai proses. Bagian terakhir berkomponen *liquid crystal display* (LCD) dan *light emitting diode* (LED) sebagai *output* sistem.

5.2 Perancangan Sistem

Pada tahap subbab perancangan sistem akan menjelaskan secara detail perancangan komponen perangkat keras dan perangkat lunak, demi kelancaran sistem bekerja.

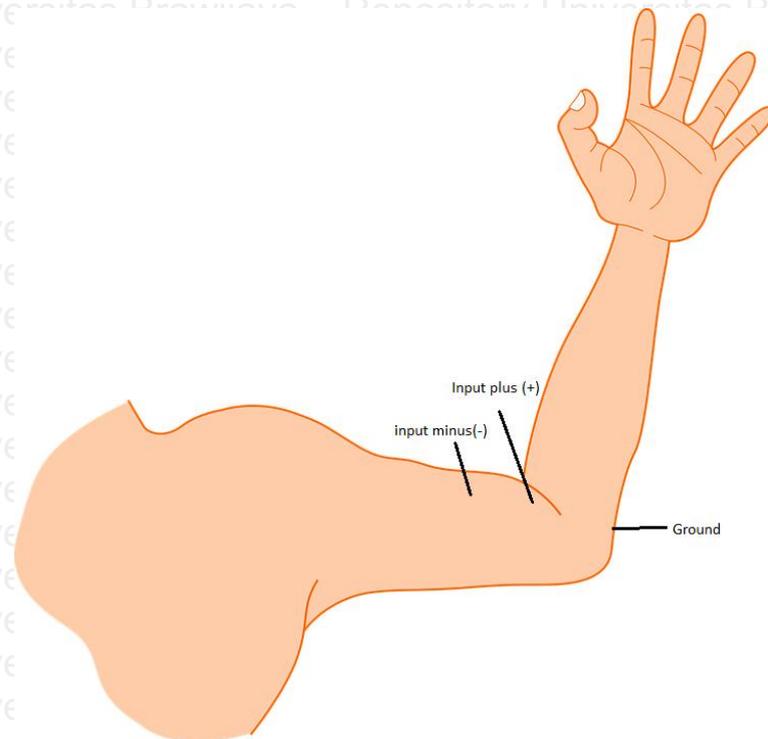
5.2.1 Perancangan Perangkat Keras

Pada tahap ini akan membahas tentang proses perancangan terkait dengan perangkat keras yang digunakan yaitu pembahas sensor AD8232 sebagai *input* pendeteksian sinyal gerak otot (EMG) dan menghasilkan sinyal yang akan diteruskan sebagai *output liquid crystack display* (LCD) 16x2 I2C berupa sebuah *text* dan *light emitting diode* (LED) agar sistem dapat diimplementasikan sesuai dengan tujuan yang diharapkan.



5.2.1.1 Perancangan Peletakkan Elektroda pada Otot Lengan

Pemasangan elektroda diletakkan pada salah satu lengan atas pengguna dan peletakkan harus memakai 3 elektroda. Tata letak setiap elektroda terpaku pada otot lengan *biceps*, 2 elektroda akan diletakkan pada beberapa titik otot *biceps*. Elektroda pertama diletakkan pada titik mendekati siku dan elektroda selanjutnya akan diletakkan sedikit berjauhan pada titik pertama yang cenderung ketengan lengan. Elektroda akan diletakkan pada lengan yang tidak memiliki otot dan berdekatan dengan 2 elektroda sebelumnya. Dari kedua elektroda pertama yang berfungsi sebagai *input plus (+)* dan *input minus (-)*, elektroda terakhir memiliki fungsi sebagai *ground*. Berikut adalah gambaran perancangan peletakkan elektroda diotot lengan atas pada gambar 5.2.



Gambar 5.2 Gambar Tata Letak Elektroda pada Lengan

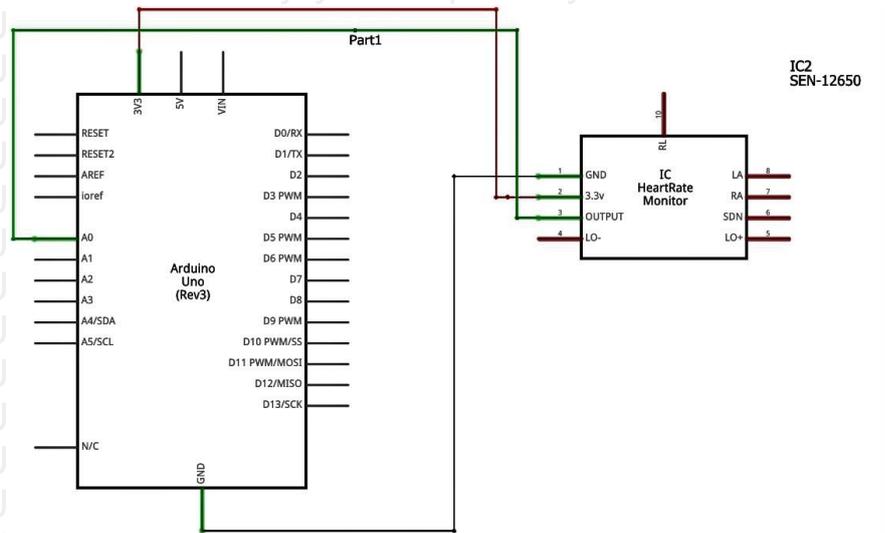
Sumber : (<http://biscuitsike.info>)

5.2.1.2 Rangkaian Skematik AD8232 pada Arduino Uno

Disini menjelaskan tentang perancangan skematik *hardware* sebagai *input* pada sistem. Terdiri dari *arduino* dan sensor AD8232 yang dihubungkan satu sama lain melalui pin yang tersedia pada kedua *hardware*. Setiap pin pada sensor AD8232 akan dihubungkan pada pin yang tepat pada *arduino*. Pin *output* yang tersedia pada sensor AD8232 akan dihubungkan pada pin A0(*Analog 0*) *arduino*, pin A0 tersebut berguna untuk menerima data atau nilai analog dari sensor. Selanjutnya pin 3.3v pada sensor AD8232 yang dihubungkan pada pin 3.3v. Terakhir adalah pin GND pada sensor AD8232, yang dihubungkan pada pin GND *arduino*. Kedua pin terakhir harus terhubung agar sensor bisa menyala.



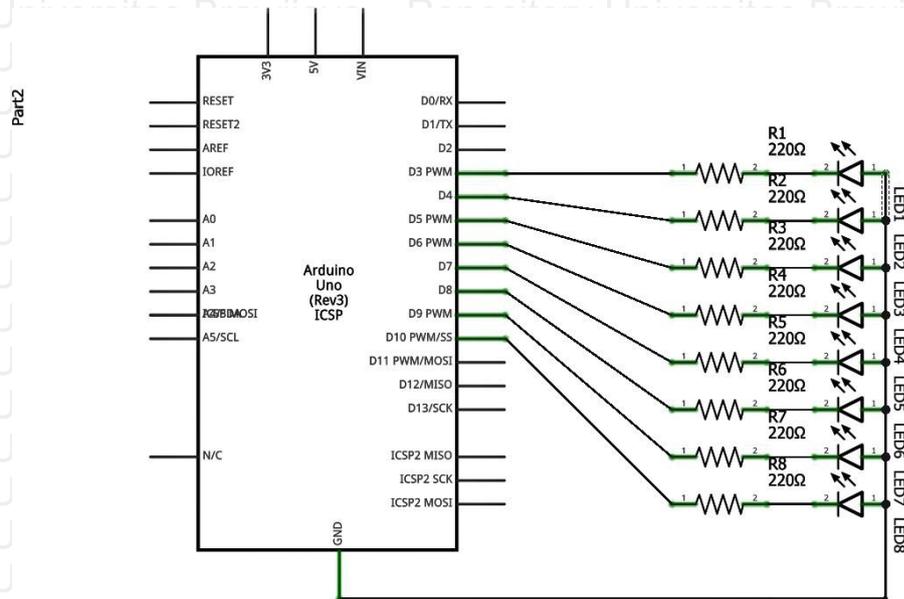
Berikut perancangan skematik AD8232 terhadap arduino uno dilihat pada gambar 5.3.



Gambar 5.3 Rangkaian Skematik AD8232 pada Arduino Uno

5.2.1.3 Rangkaian Skematik LED pada Arduino Uno

Rangkaian ini menjelaskan *hardware* berupa LED yang dihubungkan pada *arduino uno*. Skematic ini memiliki 8 buah LED yang dimana setiap LED akan terhubung pada pin *digital arduino*. Setiap LED mewakili paramater yang akan ditentukan. Pin pada *arduino* dipilih dari pin *digital* 3 sampai dengan pin *digital* 10. Gambaran pemasangan bisa terlihat pada gambar 5.4.



Gambar 5.4 Rangkaian Skematik LED pada Arduino Uno



Light emitting diode (LED) yang terpasang memiliki dua bagian yaitu sebagai *output* dari sinyal yang telah diterima dan sebagai tanda melakukan pergerakan pada pengguna. Bagian pertama memiliki warna LED yang sama yaitu warna putih, sedangkan bagian kedua memiliki dua warna LED yaitu merah dan hijau.

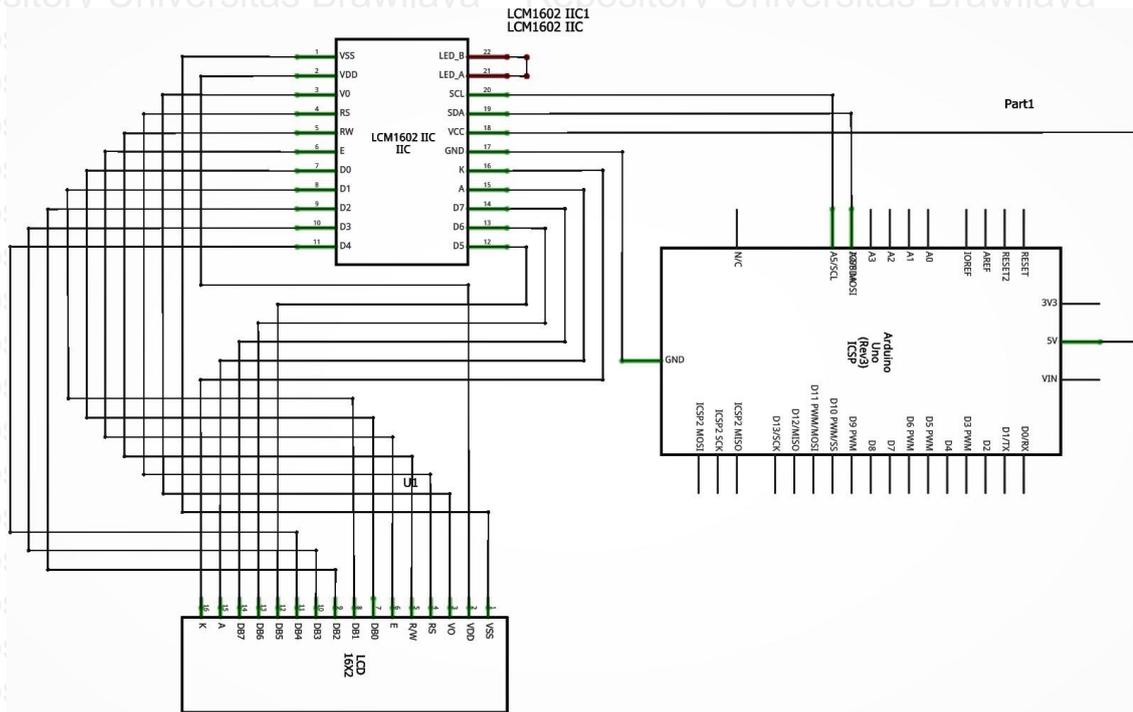
Table 5.1. Konfigurasi LED pada Arduino Uno

Arduino Uno	LED	Resistor 220 ohm
GND	(-) LED	
Pin Digital 3	-	(+) LED putih 1
Pin Digital 4	-	(+) LED putih 2
Pin Digital 5	-	(+) LED putih 3
Pin Digital 6	-	(+) LED putih 5
Pin Digital 7	-	(+) LED putih 5
Pin Digital 8	-	(+) LED putih 6
Pin Digital 9	-	(+) LED Hijau
Pin Digital 10	-	(+) LED Merah

Terlihat pada tabel 5.1 semua resistor 220 ohm akan dipasang pada pin digital 3 sampai dengan pin digital 10. LED memiliki 2 kaki yaitu anoda(+) dan katoda(-). Resistor yang terhubung dengan pin digital 3 sampai dengan pin digital 8 akan dipasang dengan semua anoda LED berwarna putih secara berurutan, begitu juga resistor yang terhubung pin digital 9 dipasang dengan anoda LED berwarna hijau dan resistor yang terhubung dengan pin digital 10 dipasang dengan anoda LED berwarna merah. Setelah seluruh LED dan resistor telah terhubung, seluruh kaki katoda LED dihubungkan pada pin GND pada arduino uno.

5.2.1.4 Rangkaian Skematik LCD I2C pada Arduino Uno

Pada tahap ini akan menjelaskan rangkaian *liquid crystal display* (LCD) yang dihubungkan pada arduino uno. LCD disini berperan sebagai *output* selain LED. Berbeda dengan LED, *liquid crystal display* (LCD) akan menampilkan sebuah tulisan sebagai *ouput*. Pin-pin yang terdapat pada LCD dihubungkan pada pin arduino uno. Pin pertama yaitu SDA yang akan dihubungkan pada pin arduino uno analog 4 (A4) dan yang kedua SDL yang akan dihubungkan pada pin arduino uno analog 5(A5). Pin selanjutnya VCC dan GND, pada VCC akan dihubungkan dengan pin 5V pada arduino uno dan GND dihubungkan pada pind GND arduino uno. Perancangan skematik LCD I2C pada arduino dapat dilihat pada gambar 5.5.



fritzing

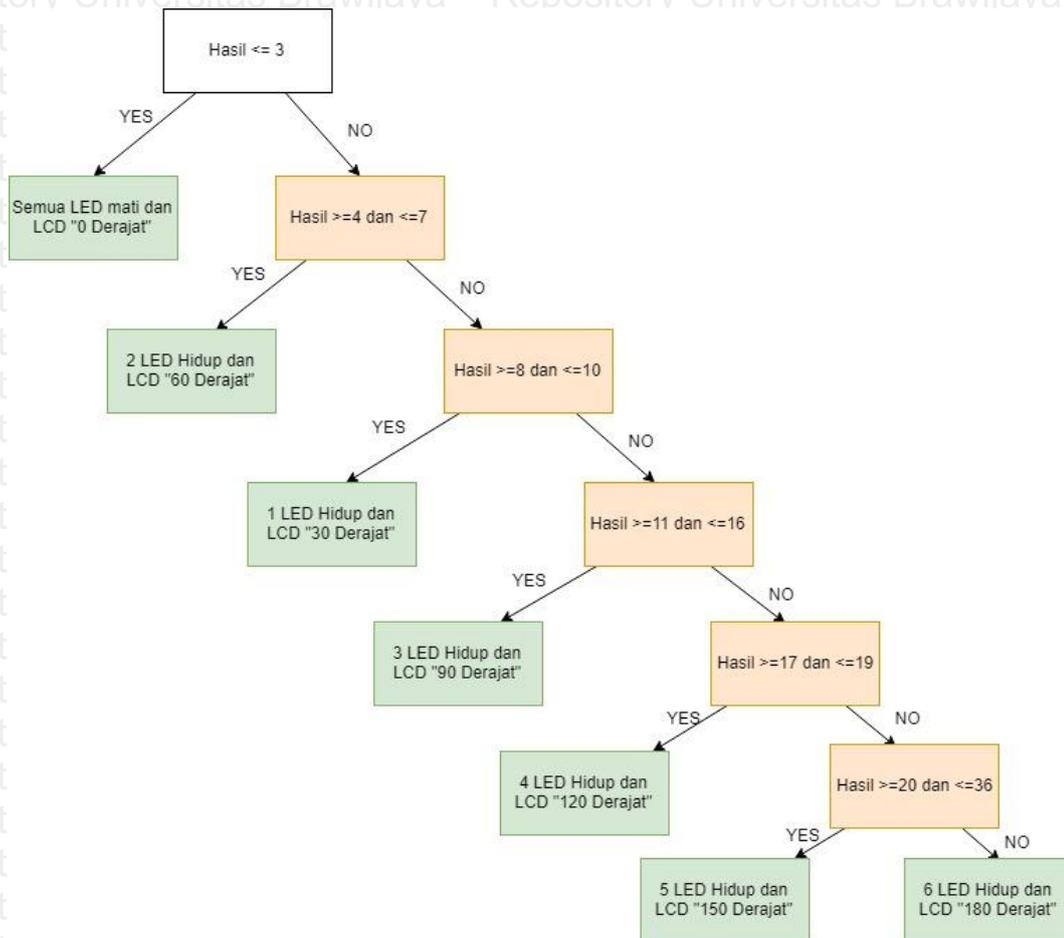
Gambar 5.5 Rangkaian Skematik LCD I2C pada Arduino Uno

5.2.2 Perancangan Perangkat Lunak

Pada tahap ini menjelaskan tentang alur kerja sistem untuk memenuhi kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang digambarkan dalam bentuk flowchart. Flowchart adalah bagan yang memiliki arus yang menggambarkan tahap-tahap penyelesaian suatu masalah. Dengan menggunakan flowchart dapat menyapaikan suatu algoritma. Tujuan dibuatnya flowchart yaitu menggambarkan suatu tahapan penyelesaian masalah secara sederhana, terurai, rapi dan jelas dengan menggunakan simbol-simbol standar. Pada subbab selanjutnya akan menjelaskan rincian tentang perancangan perangkat lunak.

5.2.2.1 Perancangan Perangkat Lunak Klasifikasi Decision Tree

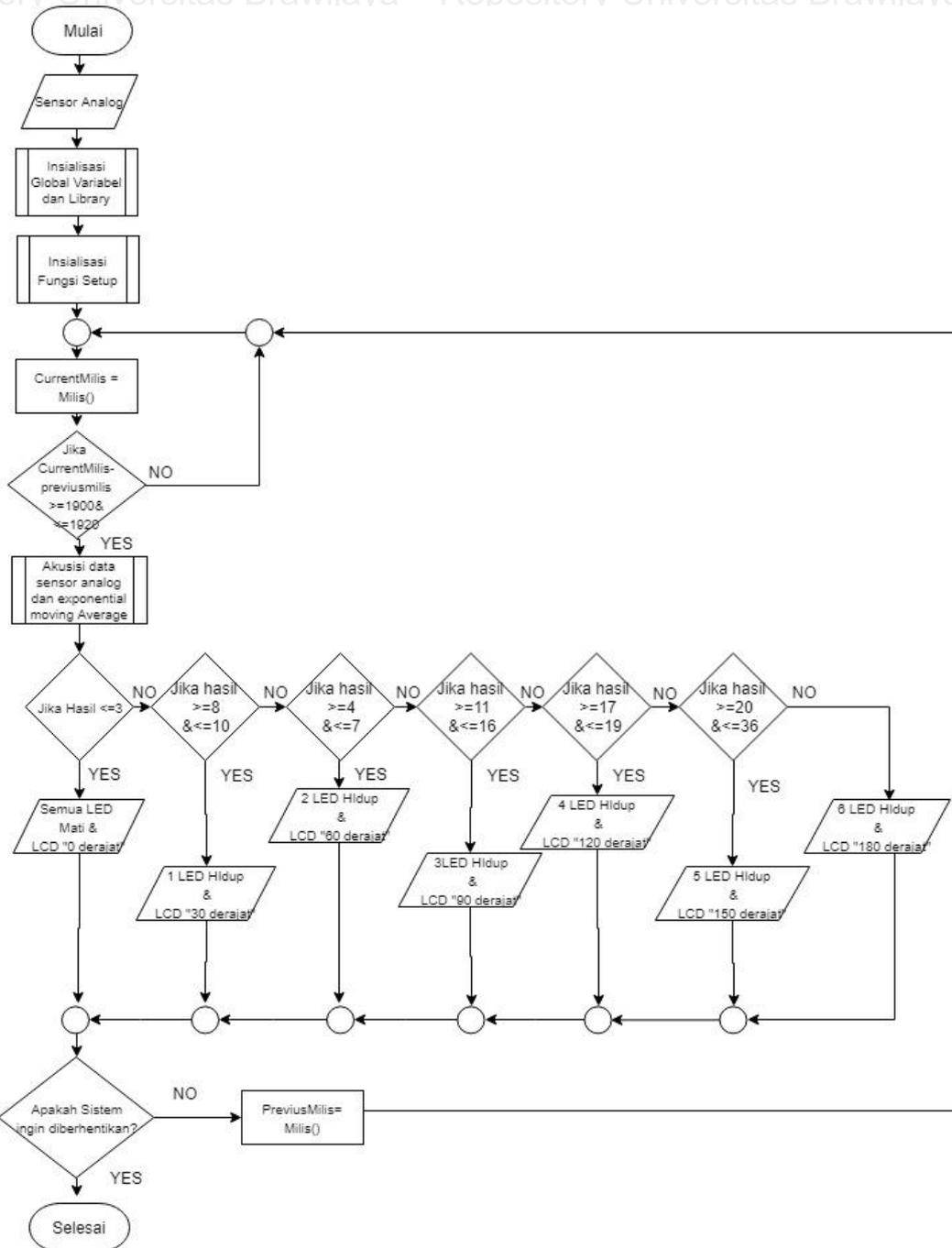
Terlihat pada gambar 5.6, input sensor analog hal yang pertama yang dilakukan dari perancangan perangkat lunak, yang kemudian akan dilakukan inisialisasi global variabel dan library. Langkah ini dilakukan demi dapat menggunakan variabel dan library yang sistem butuhkan. Inisialisasi fungsi setup yang dalam ada beberapa tahap seperti inisialisasi *liquid crystal display* (LCD), *light emitting diode* (LED), dan pendeklarasian nilai *exponential moving average*. Selanjutnya percabangan pada waktu milis jika waktu tepat maka akan dilakukan proses akusisi data sensor dan melakukan tahap *exponential moving average* filter. Setelah melakukan hal tersebut akan menghasilkan nilai yang akan dikategorikan dengan menggunakan klasifikasi decision tree.



Gambar 5.6 Model Decision Tree

Pada *decision tree* memiliki model yang menjelaskan isi dari pengenalan berupa node node yang memiliki suatu kondisi. *Node root* adalah node yang paling awal pada gambar 5.6 berwarna putih yang menjelaskan bahwa variable apakah hasil dengan nilai kurang dari atau sama dengan 3, jika iya maka akan dilanjutkan pada *leaf node* yang berwarna hijau. Kemudian jika tidak maka akan di dilanjutkan ke *decision node* yang berwarna merah. *Decision root* akan melakukan kembali menyatakan apakah variable hasil bernilai yang ditentukan, dalam decision node pertama bernilai hasil apakah bernilai lebih dari sama dengan 4 atau bernilai kurang dari sama dengan 7.

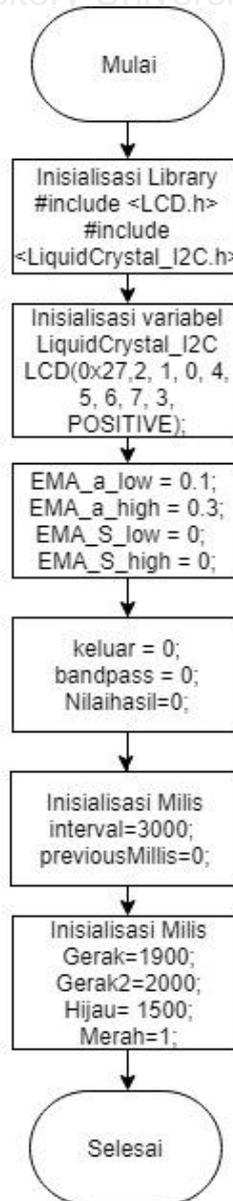
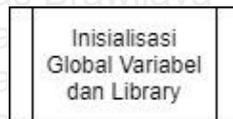
Decision tree adalah metode pengenalan suatu nilai yang telah diterima yaitu data dari exponential filter. Pengenalan dilakukan melihat kategori pergerakan berdasarkan derajat lengan. Ada 7 kataegori pergerakan yang akan dikenalkan yaitu gerakan 0, 30, 60, 90, 120, 150, dan 180 atau maksimum derajat. Jika data atau nilai sesuai salah satu dari ketegori tersebut, maka *decision tree* akan melakukan keluaran suatu instruksi yaitu menghidupkan atau mematikan LED dan menampilkan sebuah tulisan yang mewakili pergerakan di LCD. Setelah klasifikasi selesai maka akan ada percabangan yang akan dipilih untuk tetap menjalankan sistem atau memberentikan jalannya sistem.



Gambar 5.7 Diagram Alir Decision Tree

5.2.2.2 Perancangan Perangkat Lunak Inisialisasi Variabel Global dan Library

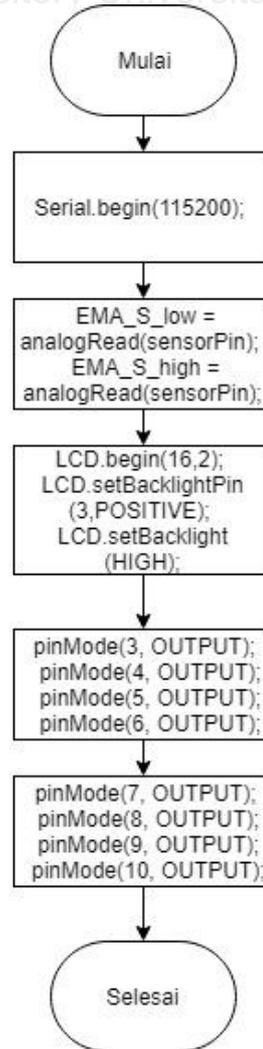
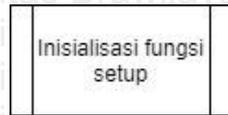
Pada tahap ini akan melakukan perancangan inisialisasi variabel global dan library yang akan dijelaskan pada diagram alir. Variabel global dan library akan dideklarasikan untuk sistem dapat menjalankan program pada sistem. Library yang dideklarasikan berupa fungsi *liquid crystal display* (LCD) agar dapat digunakan. Kemudian *liquid crystal display* (LCD) akan dapat melakukan deklarasi alamat yaitu 0x27. Perancangan bisa dapat dilihat pada gambar diagram alir 5.7



Gambar 5.8 Diagram Alir Inisialisasi Variabel Global dan Library

5.2.2.3 Perancangan Perangkat Lunak Inisialisasi Fungsi Setup

Pada perancangan ini akan menjelaskan hal yang terjadi pada inisialisasi fungsi setup. Perancangan dilakukan memberi nilai baud rate sistem untuk memberitahukan sistem mengambil data sebesar 115200 bit/detik. Kemudian mendeklarasi variabel EMA rendah dan EMA tinggi. Pada setup juga melakukan deklarasi variabel LCD dan LED untuk sistem dapat menggunakannya. Perancangan dapat dilihat pada gambar diagram alir 5.8.



Gambar 5.9 Diagram Alir Inisialisasi Fungsi Setup

5.2.2.4 Perancangan Perangkat Lunak Akuisisi Data Sensor dan *Exponential Moving Average Filter*

Pada tahap ini perancangan akan dilakukan pada akuisisi data sensor dan *exponential moving average*. Hal yang dapat dilakukan yaitu inisialisasi nilai variabel sensor value dari sensor analog, ini dilakukan agar sistem mendapat nilai dari sensor analog. Hasil dari akuisisi data akan dilanjutkan ke *Exponential Moving Average* filter. *Delay* pada sistem akan berpengaruh pada ketepatan sistem untuk mengambil data dari sensor pada saat akuisisi data. Pada penelitian ini *delay* sistem akan diuji untuk mendapat *delay* yang optimal demi akuisisi data sensor dengan baik.

Setelah sudah melakukan akuisisi data sensor maka akan dilakukan perancangan *exponential moving average* (EMA) untuk memperhalus pengukuran sensor analog dengan menggunakan sedikit memori. *exponential moving average* adalah sebuah metode modifikasi *moving average* yang berbeda dengan *simple moving average* (SMA) yang dianggap lebih lamban menerima



sinyal terbaru. Filter dipakai untuk arduino dengan menggunakan rumus persamaan (5,1) dan persamaan (5,2):

$$S_1 = Y_1 \quad (5.1)$$

Dan untuk $t > 1$:

$$S_t = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1} \quad (5.2)$$

Dimana :

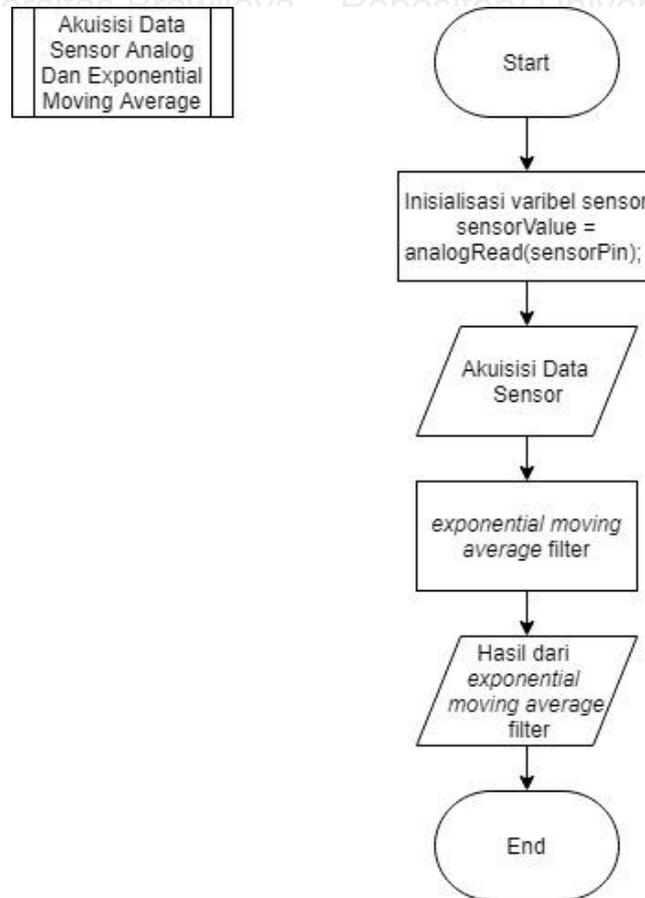
S_t adalah *output* dari filter pada saat bersamaan dengan t

Y_t adalah *input* baru pada saat bersamaan dengan t

S_{t-1} adalah *output* filter sebelumnya

S_1 adalah nilai *output* data saat ini

Y_1 adalah nilai *input* data baru



Gambar 5.10 Diagram Alir Insialisasi Fungsi Setup

Nilai alpha (α) adalah sebuah faktor nilai pembobotan dalam kisaran antara 0 dan 1 yang menentukan berapa banyak data sinyal yang harus diperhitungkan. Nilai α akan ditentukan berdasarkan pengguna. Pembobotan α akan berpengaruh terhadap sinyal maka, jika nilai α rendah akan menerima



banyak data sinyal yang diperhitungkan dan semakin lambat respon perubahan sinyal. Sedangkan jika nilai α tinggi akan menerima sedikit data sinyal yang diperhitungkan dan semakin cepat respon perubahan sinyal. Nilai α bisa dilihat seperti nilai cutoff frekuensi pada low-pass filter. Penggunaan nilai bobot. Perancangan disini dapat dilihat seperti gambar diagram alir 5.9.

Pada penelitian ini nilai α memiliki dua nilai yaitu nilai α dengan nilai bobot rendah dan nilai α dengan bobot tinggi. Hal ini mirip dengan band-pass filter yang memiliki nilai cutoff yang rendah dan nilai cutoff yang tinggi agar sinyal bisa diperhalus. Filter *Exponential Moving Average* (EMA) akan menjadi titik acuan pada nilai yang nantinya akan menjadi parameter klasifikasi pada penelitian. Nilai bobot rendah akan diberi 0.1 atau 10% dan nilai bobot tinggi akan diberi 0.3 atau 30%. Penelitian ini akan menggunakan bobot selain yang disebutkan yaitu bobot rendah 0.3 dan 0.5 sedangkan bobot tinggi 0.6 dan 0.8 sebagai sebuah pengujian.

5.3 Implementasi Sistem

Pada tahap ini akan menjelaskan implementasi dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler yang dilakukan sebelumnya.

5.3.1 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras akan melakukan pemasangan setiap komponen sesuai dengan perancangan sistem perangkat keras yang telah dilakukan pada subbab sebelumnya. Komponen yang pertama yang dilakukan adalah rangkaian sensor AD8232 yang sudah terpasang ke pin arduino sesuai perancangan. Rangkaian ini sangat penting dikarenakan sistem membutuhkan sebuah *input* yang dapat menerjemahkan sinyal elektromiografi (EMG) dari lengan otot ke mikrokontroler. Kemudian beberapa rangkaian *output* yaitu rangkaian LED dan LCD I2C, kedua rangkaian dihubungkan dengan menggunakan *bread board*. Sistem memiliki delapan buah LED yang dimana keenam LED berwarna putih, satu buah LED berwarna hijau, dan satu buah LED berwarna merah, semua LED memiliki satu buah resistor sebesar 220Ω yang terhubung. Pada rangkaian LCD menggunakan komponen I2C sebagai controller ke mikrokontroler. Dengan menggunakan I2C akan mempermudah penggunaan LCD 16x2. Semua rangkaian tersebut akan dihubungkan dengan arduino sesuai pin-pin yang sudah dibahas pada perancangan.

Selanjutnya peletak tiga buah elektroda pada lengan otot atas pada pengguna. Elektroda akan dipasang pada beberapa tempat pada otot bisep, elektroda pertama ditempatkan pada otot bisep yang dekat dengan siku tangan, kemudian elektroda kedua ditempatkan sedikit berjauhan dengan elektroda pertama pada otot bisep. Elektroda terakhir ditempatkan pada lengan yang tidak memiliki otot yaitu terletak pada sikut. Setelah semua terpasang maka kabel probe akan dipasang pada setiap elektroda yang memiliki ketentuan seperti



kabel probe berwarna kuning dipasang pada elektroda pertama, kabel probe berwarna merah dipasang pada elektroda kedua, dan kable probe warna hijau dipasang pada elektroda terakhir. Tata letak bisa dilihat pada gambar 5.8.



Gambar 5.11 Tata Letak Elektroda dan Kabel Probe

5.3.2 Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak akan menjelaskan proses realisasi program dari perancangan yang sudah dibahas sebelumnya untuk mendeteksi pergerakan lengan otot atas. Program yang akan diimplementasikan pada mikrokontroler yaitu inisialisasi library, insialisasi variabel, akuisisi data, *exponential moving average* filter, dan klasifikasi *decision tree* untuk pergerakan lengan otot.

5.3.2.1 Insialisasi Fungsi Klasifikasi Decision Tree

Pada tahap ini menjelaskan insialisasi fungsi klasifikasi sederhana yaitu *decision tree*, yang implementasikan pada mikrokontroler android seperti ditunjukkan pada tabel 5.4.

Table 5.2. Insialisasi Fungsi Decision Tree

No	Kode Program
1	<code>void decision(){</code>
2	<code> if (Nilaihasil >=0 && Nilaihasil <1){</code>
3	<code> Serial.println("Sekarang sudut 0 derajat");</code>
4	<code> LCD.clear();</code>
5	<code> LCD.backlight();</code>
6	<code> LCD.home();</code>
7	<code> LCD.setCursor(0,0);</code>



```

8     LCD.print("0 derajat");
9     digitalWrite(3,LOW);
10    digitalWrite(4,LOW);
11    digitalWrite(5,LOW);
12    digitalWrite(6,LOW);
13    digitalWrite(7,LOW);
14    digitalWrite(8,LOW);
15    }
16    else if (Nilaihasil>=2 && Nilaihasil <=4){
17        Serial.println("Sekarang sudut 30 derajat");
18        LCD.clear();
19        LCD.backlight();
20        LCD.home();
21        LCD.setCursor(0,0);
22        LCD.print("0 derajat");
23        digitalWrite(3,HIGH);
24        digitalWrite(4,LOW);
25        digitalWrite(5,LOW);
26        digitalWrite(6,LOW);
27        digitalWrite(7,LOW);
28        digitalWrite(8,LOW);
29    }
30    else if (Nilaihasil>=5 && Nilaihasil <=6){
31        Serial.println("Sekarang sudut 60 derajat");
32        LCD.clear();
33        LCD.backlight();
34        LCD.home();
35        LCD.setCursor(0,0);
36        LCD.print("0 derajat");
37        digitalWrite(3,HIGH);
38        digitalWrite(4,HIGH);
39        digitalWrite(5,LOW);
40        digitalWrite(6,LOW);
41        digitalWrite(7,LOW);
42        digitalWrite(8,LOW);
43    }
44    }
45    else if (Nilaihasil>=7 && Nilaihasil <=9){
46        Serial.println("Sekarang sudut 120 derajat");
47        LCD.clear();
48        LCD.backlight();
49        LCD.home();
50        LCD.setCursor(0,0);
51        LCD.print("0 derajat");
52        digitalWrite(3,HIGH);
53        digitalWrite(4,HIGH);
54        digitalWrite(5,HIGH);
55        digitalWrite(6,HIGH);
56        digitalWrite(7,LOW);
57        digitalWrite(8,LOW);
58    }
59    }
60    else if (Nilaihasil>=10 && Nilaihasil <=12){
61        Serial.println("Sekarang sudut 150 derajat");
62        LCD.clear();
63        LCD.backlight();
64        LCD.home();
65        LCD.setCursor(0,0);
66        LCD.print("0 derajat");
67        digitalWrite(3,HIGH);
68        digitalWrite(4,HIGH);
69        digitalWrite(5,HIGH);
70        digitalWrite(6,HIGH);
71        digitalWrite(7,HIGH);
72        digitalWrite(8,LOW);

```



```

73
74     }
75     else if (Nilaihasil>=13 && Nilaihasil <=15){
76         Serial.println("Sekarang sudut 90 derajat ");
77         LCD.clear();
78         LCD.backlight();
79         LCD.home();
80         LCD.setCursor(0,0);
81         LCD.print("0 derajat");
82         digitalWrite(3,HIGH);
83         digitalWrite(4,HIGH);
84         digitalWrite(5,HIGH);
85         digitalWrite(6,LOW);
86         digitalWrite(7,LOW);
87         digitalWrite(8,LOW);
88     }
89     }
90     }
91     else if (Nilaihasil>=16){
92         Serial.println("Sekarang sudut max derajat");
93         LCD.clear();
94         LCD.backlight();
95         LCD.home();
96         LCD.setCursor(0,0);
97         LCD.print("0 derajat");
98         digitalWrite(3,HIGH);
99         digitalWrite(4,HIGH);
100        digitalWrite(5,HIGH);
101        digitalWrite(6,HIGH);
102        digitalWrite(7,HIGH);
103        digitalWrite(8,HIGH);
104    }
105 }
106 }

```

Pada tabel 5.4 menjelaskan tentang bagaimana sistem dapat mengenali gerak lengan otot. Dengan implementasi *decision tree* akan dapat mengenali pergerakan dari nilai rata-rata yang sudah ditentukan sebagai parameter. Pengenalan dibagi menjadi tujuh parameter yaitu parameter 0, 30, 60, 90, 120, 150, dan 180 atau maksimum derajat. Jika nilaihasil menunjukkan nilai diantara salah satu parameter, maka akan menampilkan tulisan sesuai derajat yang ditunjukkan pada LCD dan menghidupkan beberapa LED putih. Nilai rata-rata akan ditetapkan pada bahasan berikutnya.

5.3.2.2 Inisialisasi Variabel dan Library

Inisialisasi variabel dan library sangat penting demi lancarnya sistem ini berjalan dengan baik, beberapa inisialisasi variabel dan librar yang digunakan adalah akuisisi data sensor, *Exponential Moving Average*, millis, dan LCD I2C dapat ditunjukkan pada tabel 5.2

Table 5.3. Inisialisasi Variabel Global dan Library

No	Kode Program
1	/// <i>Inisialisasi Variabel akuisisi data dan filter</i> /// int sensorPin = A0; int sensorValue = 0;
4	/// <i>Inisialisasi variabel dan library LCD</i> /// #include <LCD.h> #include <LiquidCrystal I2C.h>



```

6 LiquidCrystal_I2C LCD(0x27,2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
  ///Inisialisasi variabel milis///
7 unsigned long interval=3000;
8 unsigned long previousMillis=0;
9 unsigned long Gerak=1900;
10 unsigned long Gerak2=1920;
11 unsigned long Hijau= 1500;
12 unsigned long Merah=1;

  ///Inisialisasi variabel Moving average data///
13 int EMA_S_low = 0;
14 int EMA_S_high = 0;
15 int bandpass = 0;
16 int Nilaihasil=0;
17 float EMA_a_low = 0.3;
18 float EMA_a_high = 0.5;

```

Mengacu pada tabel 5.2 inialisasi dimulai pada variabel akuisisi data dan filter, yang bermaksud mengenalkan sistem dengan variabel sensor pin sebagai analog read 0 (A0) dan sensor value dengan nilai 0. Kemudian variabel EMA yaitu variabel yang dikenalkan untuk mewakili nilai bobot pada filter *exponential moving average*, dengan EMA low bernilai 0.1 dan EMA high berniali 0.3. Pada bagian LCD, inialisasi dilakukan dengan mengenalkan variabel dan library. Library dikenalkan untuk memakai fungsi LCD dan I2C yang akan lakukan pada sistem nantinya.

Varibel liquidcrystal I2C akan melakukan penggunaan fungsi library I2C tersebut untuk mengenalkan sistem sebuah LCD pada pin analog read 4(A4) dan analog read(A5). Inisialisasi variabel milis akan dikenalkan untuk melakukan timer pada sistem dengan satuan miliseconds. Milis dibagi menjadi 6 variabel yang dimana interval sebagai total waktu timer sistem, previousmilis sebagai nilai waktu sebelumnya, gerak1 sebagai timer mulai gerakan, gerak2 batas timer gerakan, hijau sebagai timer LED hijau hidup, dan merah sebagai timer LED merah hidup. Inisialisasi terakhir yaitu variabel *moving average data* yang mengenalkan variabel hasil nilai EMA low, EMA high, banpass, dan Nilaihasil.

5.3.2.3 Inisialisasi Fungsi Void Setup

Pada tahap ini menjelaskan inialisasi fungsi LED, LCD dan EMA. Pengenalan dilakukan di fungsi void setup pada mikrokontroler arduino seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.3.

Table 5.4. Inisialisasi Fungsi LED LCD dan EMA

No	Kode Program
1	void setup(){
2	Serial.begin(115200);
3	EMA_S_low = analogRead(sensorPin);
4	EMA_S_high = analogRead(sensorPin);
5	LCD.begin(16,2);
6	LCD.setBacklightPin(3,POSITIVE);
7	LCD.setBacklight(HIGH);
8	pinMode(3, OUTPUT);
9	pinMode(4, OUTPUT);
10	pinMode(5, OUTPUT);



```

11 pinMode(6, OUTPUT);
12 pinMode(7, OUTPUT);
13 pinMode(8, OUTPUT);
14 pinMode(9, OUTPUT);
15 pinMode(10, OUTPUT);
16 }

```

Berdasarkan tabel 5.3 void setup mengenalkan beberapa fungsi, fungsi pertama yaitu pengenalan EMA hal ini diperlukan untuk memberi nilai yang didapat dari variabel sensorpin. Kemudian fungsi LCD yang akan mengenalkan ke sistem seperti berapa banyak LCD bisa menampung tulisan dan insialisasi pin LCD untuk menghidupkan *backlight*. Selanjutnya ada insialisasi fungsi LED, yang mengenalkan LED ke sistem dengan pin digital 3 sampai dengan pin digital 10 sebagai output.

5.3.2.4 Insialisasi Akuisisi Data dan *Exponential Moving Average*

Insialisasi disini akan menjelaskan implementasi *Exponential Moving Average* dan juga pengenalan akuisisi data terlihat pada tabel 5.5

Table 5.5. Akuisisi Data dan *Exponential Moving Average*

No	Kode Program
1	void loop() {
2	delay(20);
3	unsigned long currentMillis = millis();
4	sensorValue = analogRead(sensorPin);
5	
6	EMA_S_low = (EMA_a_low*sensorValue) + ((1-EMA_a_low)*EMA_S_low);
7	EMA_S_high = (EMA_a_high*sensorValue) + ((1-
8	EMA_a_high)*EMA_S_high);
9	bandpass = EMA_S_high - EMA_S_low;
10	
11	Nilaihasil=abs(bandpass);
12	
13	
14	if ((unsigned long)(currentMillis - previousMillis) >= interval) {
15	previousMillis = millis();
16	} else if((unsigned long)(currentMillis - previousMillis) >= Gerak
17	&&(currentMillis - previousMillis) <=Gerak2){
18	Serial.println(Nilaihasil);
19	decision();
20	} else if((unsigned long)(currentMillis - previousMillis) >= Hijau){
21	
22	digitalWrite(9,HIGH);
23	digitalWrite(10,LOW);
24	
25	}
26	else if((unsigned long)(currentMillis - previousMillis) >= Merah){
27	digitalWrite(3,LOW);
28	digitalWrite(4,LOW);
29	digitalWrite(5,LOW);
30	digitalWrite(6,LOW);
31	digitalWrite(7,LOW);
32	digitalWrite(8,LOW);
33	digitalWrite(9,LOW);
	digitalWrite(10,HIGH);



34	}
35	}
36	}

Tabel 5.5 menjelaskan fungsi loop yang akan menjalankan semua program secara berulang ulang. Fungsi loop berisi inialisasi akuisisi dan *exponential moving average*. Pada akuisisi data menyatakan sensor value sebagai analog read (A0) untuk mendapat sebuah nilai sinyal dari sensor. Kemudian akuisisi data diperhalus menghilangkan sebagian *noise* dari sensor dengan filter *exponential moving average*. Nilai sensor yang terfilter akan dijumlahkan dengan nilai EMA rendah dikurangi nilai EMA tinggi. Nilai telah diterima juga melakukan perubahan menjadi nilai *absolute* yang artinya nilai tidak bernilai minus atau dibawah nilai 0. Setelah nilai EMA sudah dijumlahkan. Melakukan akuisisi data setelah difilter tidak akan terlihat atau dimasukan jika nilai milis tidak sesuai, hal ini terjadi untuk membatasi pergerakan yang bisa terbaca. Membatasi pergerakan bertujuan untuk mengambil data pada saat pergerakan tepat dengan derajat yang diinginkan. Fungsi LED disini untuk memberi tanda untuk pengguna, jika LED merah hidup maka pengguna tidak diperkenan untuk melakukan gerakan dan untuk bersiap untuk melakukan pergerakan. Jika LED Hijau maka pengguna disegerakan untuk melakukan pergerakan.



BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada tahap pengujian dan analisis dilakukan terhadap semua sistem sudah melakukan implementasi. Pengujian dilaksanakan berdasarkan skenario yang telah ditetapkan sebagai berikut. Pengujian pertama yaitu pengujian bobot dari *exponential moving average* filter, nilai bobot yang diuji ialah nilai EMA rendah 0.1, 0.3, dan 0.6 kemudian nilai EMA tinggi 0.3, 0.5, dan 0.8. Pengujian kedua dilakukan pada pengguna untuk melakukan pengenalan pergerakan lengan yaitu gerakan 0, 30, 60, 90, 120, 150, dan 180 derajat, lalu dilakukan akurasi dari sistem. Pengujian terakhir dilakukan pada waktu delay untuk mencari waktu yang ideal. Pengenalan pergerakan dilakukan dengan waktu delay yang berbeda yaitu 20ms, 50ms, 100ms, dan 150ms.

6.1 Pengujian *Exponential Moving Average* Filter

Pengujian disini menjelaskan bagaimana bobot nilai *exponential moving average* (EMA) berpengaruh terhadap pernghalusan sinyal. Sinyal *electromyography* (EMG) yang sudah diterima akan terjadi penghalusan dengan menggunakan nilai EMA rendah dan nilai EMA tinggi yang berbeda.

6.1.1 Tujuan

Dengan melakukan tujuan terhadap nilai bobot EMA rendah dan EMA tinggi dapat memperhalus sinyal *electromyography* (EMG) dengan Optimal. Bobot yang digunakan pada pengujian disini memiliki nilai bobot EMA low 0.1, 0.3, dan 0.6 dan EMA tinggi 0.3, 0.5, dan 0.8.

6.1.2 Prosedur

Beberapa prosedur untuk melakukan pengujian *exponential moving average* filter yaitu.

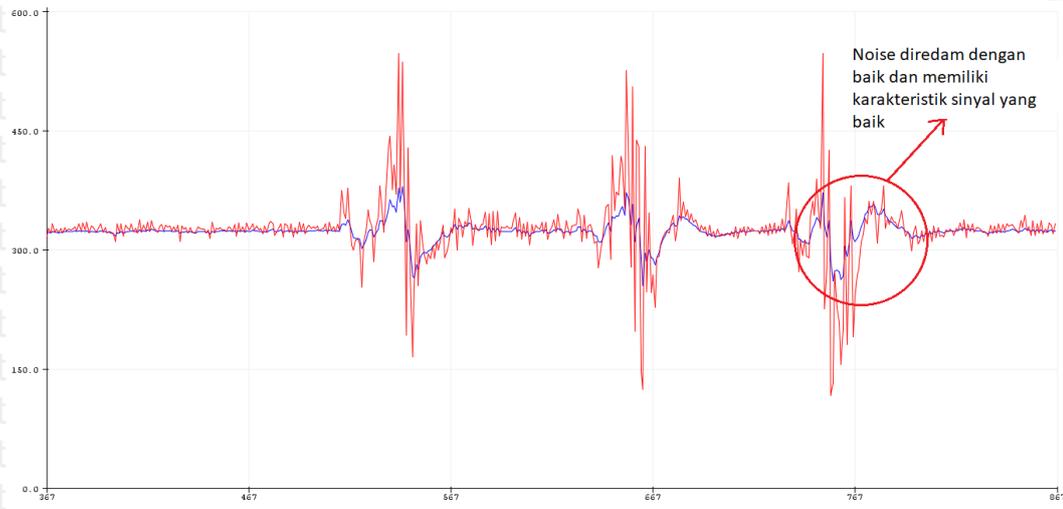
1. Menggunakan sistem pengenalan pergerakan lengan dengan keadaan duduk dan menggunakan alas kaki.
2. Jalankan program akuisisi data untuk merekam pergerakan lengan beserta *exponential moving average* filter dengan nilai bobot EMA low 0.1, 0.3, dan 0.6 dan EMA tinggi 0.3, 0.5, dan 0.8.
3. Buka "serial plotter" pada arduino IDE untuk mengamati hasil keluaran yang dihasilkan oleh *exponential moving average* filter.
4. Lakukan pencatatan dan mengamati terhadap *output* dari data sinyal asli dengan data sinyal *exponential moving average* filter.

6.1.3 Hasil Pengujian

Setelah mengikuti prosedur pengujian akan dilakukan pengamatan terhadap sinyal asli dengan sinyal *Exponential Moving Average* filter dengan

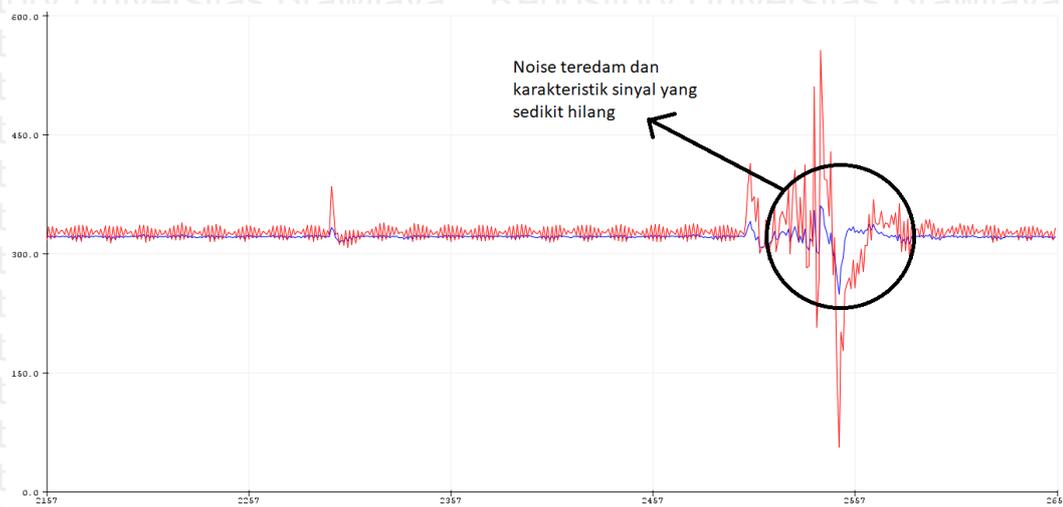


nilai bobot yang berbeda. Pengujian pertama akan dilakukan dengan nilai bobot EMA rendah 0.1 dan EMA tinggi 0.3.



Gambar 6.1 Sinyal Exponential Moving Average dengan Bobot 0.1 dan 0.3

Terlihat pada gambar 6.1 sinyal yang dihasilkan pada bobot ini memberikan respon dan peredaman *noise* yang cukup baik, nilai yang telah terfilter berwarna biru dan sinyal asli berwarna merah. Pada saat sinyal mendapat kontraksi awal sinyal terfilter mampu meredam *noise* dan tidak terlalu jauh dengan sinyal aslinya dan saat berhenti kontraksi sinyal dapat kembali pada nilai awal dengan cepat tanpa terlalu jauh dengan sinyal aslinya.

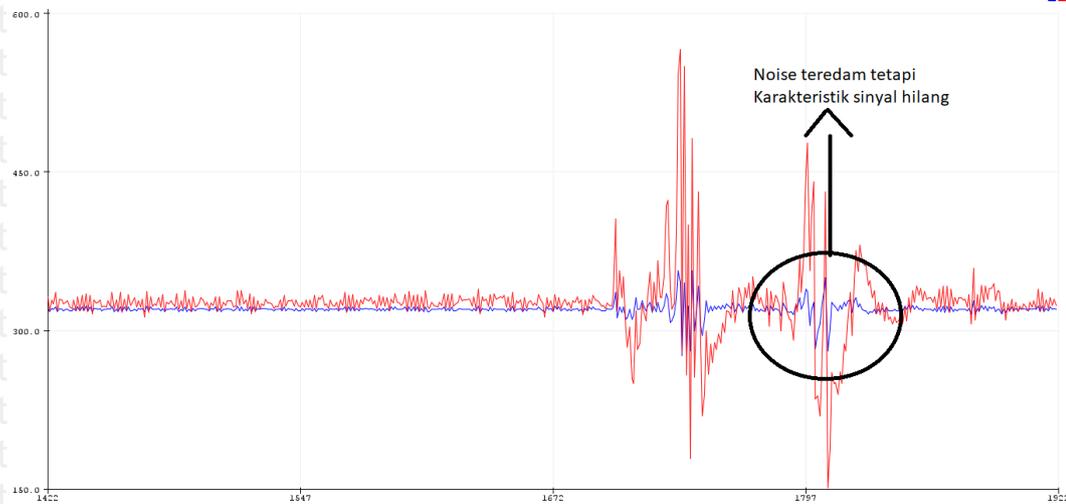


Gambar 6.2 Sinyal Exponential Moving Average dengan Bobot 0.3 dan 0.5

Pada gambar 6.2 sama seperti gambar pengujian sebelumnya sinyal berwarna merah adalah sinyal asli sedangkan sinyal berwarna biru. Saat kontraksi terjadi peningkatan nilai sinyal dapat meredam *noise* tetapi sinyal terlalu jauh dari sinyal aslinya, kemudian saat kontraksi berhenti sinyal dengan



cepat meredam tetapi sinyal dihasilkan sama seperti sebelum nya yang jauh dari sinyal aslinya.



Gambar 6.3 Sinyal *Exponential Moving Average* dengan Bobot 0.6 dan 0.8

Pada 6.3 terlihat sama dengan gambar pengujian sebelumnya, saat kontraksi sinyal terlalu teredam dan jauh dari sinyal aslinya maupun pada saat kontraksi berentu juga mengalami peredaman sinyal jauh dari sinyal aslinya.

6.1.4 Analisis

Pada pengujian *Exponential Moving Average* diatas dapat disimpulkan bahwa, nilai bobot sangat mempengaruhi sinyal yang akan difilter. Pada nilai bobot 0.1 dan 0.3 sinyal dapat melakukan peredaman *noise* dan juga sinyal tidak terlalu jauh dengan sinyal aslinya. Tidak seperti kedua nilai bobot setelahnya yang cukup meredam noise tetapi sinyal yang dihasilkan sangat jauh dengan sinyal aslinya. Karakteristik jika sinyal terlalu jauh tidak dapat dikenali pada sistem pengenalan pergerakan lengan. Maka nilai bobot yang optimal adalah EMA rendah 0.1 dan EMA tinggi 0.3.

6.2 Pengujian Pergerakan Lengan Otot

Pengujian disini menjelaskan bagaimana lengan otot atas dapat dikenali oleh sistem ini. Pengujian dilakukan oleh pengguna yang memiliki umur dan jenis kelamin yang beda. Bobot yang digunakan disini sesuai dengan implementasi yang sudah dijelaskan. Pengguna diharuskan menggunakan elektroda dan diletakan pada lengan otot atas. Lalu pengguna diharuskan bergerak sesuai prosedur yang diberikan. Setelah pengguna telah memakai elektroda, selanjutnya pengguna melakukan 5 gerakan pada setiap gerakan yang ditentukan.

6.2.1 Tujuan

Hal ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan sistem bisa menghasilkan sinyal *electromyography*(EMG) pada tujuh gerakan lengan otot yaitu 0, 30, 60,



90, 120, 150, dan 180 derajat dengan menggunakan elektroda yang terpasang dengan dan hasil bisa terlihat pada *output* LED dan LCD.

6.2.2 Prosedur Pengujian

Beberapa prosedur yang pengguna lakukan pada pengujian :

1. Menggunakan sistem pengenalan pergerakan lengan dengan keadaan duduk dan menggunakan alas kaki.
2. Jalankan program akuisisi data untuk merekam pergerakan lengan beserta *exponential moving average* filter dengan nilai nilai bobot yang optimal yaitu EMA rendah 0.1 dan EMA tinggi 0.3.
3. Jalankan program akuisisi data untuk merekam pergerakan lengan tanpa filter.
4. Penggunaan data latih sebagai parameter klasifikasi decision tree.
5. Bandingkan pengujian pada klasifikasi tanpa filter dan klasifikasi dengan filter *exponential moving average*.
6. Pengguna diharapkan bergerak sesuai LED Merah yang diartikan berdiri bergerak atau berhenti bergerak pada derajat 0, dan LED Hijau yang diartikan bergerak.
7. Pengamatan hasil *output* pada *light emitting diode* (LED) Putih dan *liquid crystal display* (LCD) kesesuaian gerakan yang dilakukan.

6.2.3 Hasil Pengujian

Sebelum pengujian pengenalan pergerakan lengan hal yang harus dilakukan mendapatkan data latih. Hal ini dilakukan demi sistem dapat memiliki parameter untuk melakukan klasifikasi.

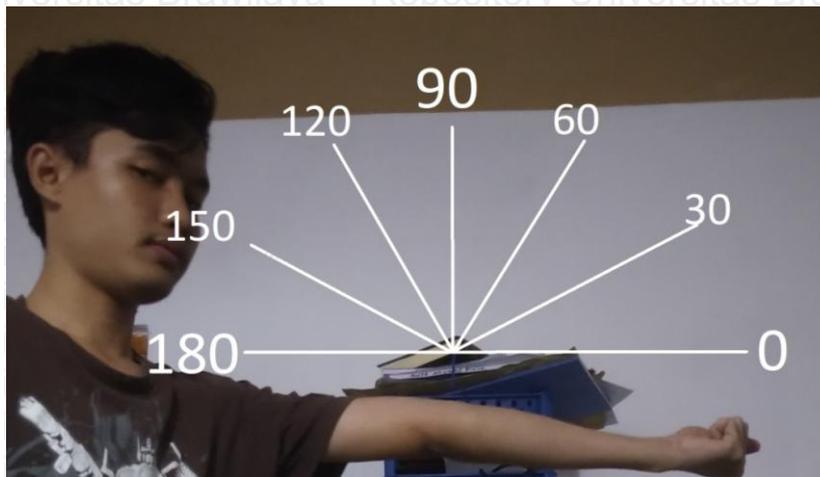
Table 6.1. Data Latih Klasifikasi *Exponential Moving Average*

Output Data Sensor yang Terfitler Nilai Bobot EMA low 0.1 &EMA High 0.3							
Pengujian Ke-	0 Derajat	30 Derajat	60 Derajat	90 Derajat	120 Derajat	150 Derajat	180 Derajat
1	2	15	7	14	20	13	50
2	3	18	6	13	21	24	32
3	2	5	5	10	25	18	69
4	4	12	1	27	23	16	45
5	2	4	2	12	4	24	72
6	2	12	4	14	6	32	79
7	4	5	17	1	7	24	11
8	4	5	8	18	1	32	27



9	2	9	8	9	6	16	19
10	2	3	17	13	14	5	69
11	0	5	10	11	4	25	17
12	1	6	3	10	27	30	29
13	7	10	7	13	25	15	9
14	3	15	3	11	6	14	20
15	4	11	3	10	12	22	36
16	2	9	3	11	24	8	3
17	2	8	2	8	25	5	14
18	2	11	7	5	12	31	30
19	2	4	10	13	17	26	20
20	4	7	10	6	30	29	57
21	2	1	4	3	23	37	93
22	3	0	9	11	4	1	31
23	1	3	11	5	18	29	60
24	2	1	7	0	27	8	46
25	4	18	3	4	11	17	37
26	3	12	7	10	37	32	12
27	3	7	1	5	33	17	36
28	3	5	3	4	30	39	26
29	2	3	5	8	8	12	44
30	2	14	5	24	13	10	30
rata-rata	3	8	7	11	17	20	37

Terlihat pada tabel 6.1 data latih didapatkan dari output sistem yang telah terfilter, dengan data dari 1 subjek berjenis kelamin laki-laki yang melakukan 30 pada setiap perubahan derajat pada gerakan lengan. Setelah mendapatkan data hal yang dilakukan selanjutnya adalah mencari rata-rata nilai pada setiap perubahan derajat pada gerakan lengan. Setiap perubahan derajat memiliki rata-rata yaitu 0 derajat bernilai 3, 30 derajat bernilai 8, 60 derajat bernilai 7, 90 derajat bernilai 11, 120 derajat bernilai 17, 150 bernilai 20, dan 180 derajat bernilai 37. Nilai-nilai tersebut akan menjadi parameter klasifikasi decision tree.



Gambar 6.4 Perubahan Derajat Lengan

Sebelum melakukan pengujian hal yang harus dimengerti ialah perubahan pergerakan derajat pada lengan. Subjek harus melakukan perubahan gerakan sesuai derajat seperti gambar 6.4 yaitu 0, 30, 60, 90, 120, dan 180 derajat. Perubahan dilakukan jika alat sudah siap untuk melakukan akuisisi data. Pengujian dan pengambilan data latihan bisa dilihat seperti gambar 6.4. pada pengujian yang akan dibahas akan menggunakan perhitungan akurasi dengan persamaan 6.1. Persamaan akan menghitung persentase dari hasil deteksi berupa parameter benar dan salah. Hasil deteksi benar adalah dimana gerakan perubahan derajat sebenarnya dan hasil klasifikasi sistem sama atau sesuai dan sebaliknya salah bermaksud perubahan derajat sebenarnya tidak sama atau sesuai dengan hasil klasifikasi sistem.

$$\text{Tingkat Akurasi} = \frac{\text{Kebenaran Data Pegerakan Perubahan Derajat}}{\text{banyak data}} \times 100\% \quad (6.1)$$



Gambar 6.5 Pengujian Pada Subjek 2



Table 6.2. Data Pengujian Subjek 1

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
1	0°	1	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	100%
		2	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		3	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		4	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		5	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
1	30°	1	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	20%
		2	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		3	18	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		4	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
		5	11	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
1	60°	1	26	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	40%
		2	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
		3	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
		5	15	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
1	90°	1	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	60%
		2	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		3	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		4	9	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		5	16	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
1	120°	1	25	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	20%
		2	26	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	21	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Benar	
		5	15	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
1	150°	1	27	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	40%
		2	25	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		3	15	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	13	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	15	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
1	180°	1	33	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	40%
		2	76	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		3	26	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	32	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		5	44	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	

Table 6.3. Data Pengujian Subjek 2

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
2	0°	1	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	100%
		2	1	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		3	1	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		4	1	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		5	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
2	30°	1	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Salah	40%
		2	9	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
		3	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		4	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
2	60°	1	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	40%
		2	10	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		3	9	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		4	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Salah	
		5	4	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
2	90°	1	13	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	60%
		2	11	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		3	7	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		4	13	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		5	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Salah	



Table 6.4. Data Pengujian Subjek 2 (Lanjutan)

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
2	120°	1	13	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	40%
		2	18	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Benar	
		3	20	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Benar	
		5	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
2	150°	1	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	60%
		2	26	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		3	25	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		4	31	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		5	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
2	180°	1	33	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	40%
		2	45	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		3	41	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		4	27	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		5	33	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	

Terlihat pada tabel 6.2, tabel 6.3 dan tabel 6.4 yang menjelaskan akurasi pergerakan yang dilakukan dengan 2 orang dengan umur 49 tahun dan jenis kelamin yang berbeda. Subjek 1 berjenis kelamin perempuan, sedangkan subjek 2 berjenis kelamin laki-laki. Total akurasi pada kedua subjek memiliki rata-rata akurasi subjek 1 bernilai 46% dan subjek 2 bernilai 54% yang bisa dilihat pada tabel 6.5.

Table 6.5. Data Rata-Rata Akurasi Subjek 1 dan 2

Subjek	Akurasi Perubahan Derajat pada Lengan							Rata-Rata Akurasi Subjek
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	
1	100%	20%	40%	60%	20%	40%	40%	46%
2	100%	60%	40%	40%	40%	60%	40%	54%

Table 6.6. Data Pengujian Subjek 3

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
3	0°	1	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	100%
		2	1	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		3	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		4	1	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		5	1	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
3	30°	1	7	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	40%
		2	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Salah	
		3	9	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
		4	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
3	60°	1	4	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	40%
		2	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		3	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
		4	13	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
3	90°	1	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	40%
		2	11	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		3	20	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	9	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		5	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	



Table 6.7. Data Pengujian Subjek 3 (Lanjutan)

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
3	120°	1	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Benar	20%
		2	24	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	15	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	22	150°	v	v	v	v	v	v	x	150°	
3	150°	1	19	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	60%
		2	25	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		3	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		4	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	24	150°	v	v	v	v	v	v	x	150°	
3	180°	1	39	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	40%
		2	32	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	28	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	44	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		5	34	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	

Table 6.8. Data Pengujian Subjek 4

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
4	0°	1	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	100%
		2	1	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		3	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		4	1	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		5	1	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
4	30°	1	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	40%
		2	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		3	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
		5	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
4	60°	1	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	40%
		2	9	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		3	23	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
		5	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
4	90°	1	20	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	40%
		2	18	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		3	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		4	13	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		5	19	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
4	120°	1	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Benar	20%
		2	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	13	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	33	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
4	150°	1	26	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	60%
		2	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		3	23	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		4	10	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		5	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
4	180°	1	24	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	40%
		2	20	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	33	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	44	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		5	40	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	

Pada tabel 6.6 dan tabel 6.7 menjelaskan pengujian dilakukan pada 2 subjek dengan umur dan jenis kelamin yang berbeda. Subjek ketiga berjenis kelamin laki-laki dengan umur 12 tahun dan subjek keempat berjenis kelamin perempuan berumur 15



tahun. Dengan rata-rata akurasi subjek 3 bernilai 46% dan akurasi subjek 4 49% yang bisa dilihat pada tabel 6.8.

Table 6.9. Data Pengujian Subjek 4

Subjek	Akurasi Perubahan Derajat pada Lengan							Rata-Rata Akurasi Subjek
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	
3	100%	40%	20%	40%	20%	60%	40%	46%
4	100%	40%	40%	40%	20%	60%	40%	49%

Kemudian tabel 6.9, tabel 6.10, tabel 6.11, dan tabel 6.12 menjelaskan pengujian 3 subjek laki-laki umur berbeda. Rata-rata akurasi pada subjek memiliki nilai berbeda yaitu 51% pada subjek 5, 49% pada subjek 6, dan 54% pada subjek 7. Kemudian tabel 6.13, tabel 6.14, tabel 6.15, dan tabel 6.16 yang menunjukkan pengujian pada 3 subjek perempuan dengan umur yang berbeda. Nilai rata-rata akurasi terhadap 3 subjek ini bernilai 46% pada subjek 8, 46% pada subjek 9, dan 49% pada subjek 10. Nilai rata-rata akurasi bisa dilihat pada tabel 6.17.

Table 6.10. Data Pengujian Subjek 5

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
5	0°	1	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	100%
		2	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		3	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		4	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
5	30°	1	11	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	20%
		2	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		3	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
5	60°	1	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	60%
		2	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
		3	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
5	90°	1	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	40%
		2	19	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		3	13	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		4	20	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		5	16	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
5	120°	1	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Benar	20%
		2	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	13	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
5	150°	1	33	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	60%
		2	18	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		3	21	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		4	16	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
5	180°	1	35	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	60%
		2	79	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		3	27	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	24	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		5	56	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
			58	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	



Table 6.11. Data Pengujian Subjek 6

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
6	0°	1	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	100%
		2	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		3	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		4	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		5	1	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
6	30°	1	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	20%
		2	9	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
		3	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	4	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		5	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
6	60°	1	11	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	60%
		2	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Salah	
		3	7	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		4	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
		5	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
6	90°	1	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	40%
		2	15	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		3	7	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		4	16	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		5	15	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
6	120°	1	37	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Salah	20%
		2	25	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	16	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Benar	
6	150°	1	19	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	40%
		2	44	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Salah	
		3	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		4	19	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		5	20	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
6	180°	1	46	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	60%
		2	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		3	70	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		4	50	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		5	36	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	

Table 6.12. Data Pengujian Subjek 7

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
7	0°	1	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	100%
		2	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		3	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		4	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		5	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
7	30°	1	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	60%
		2	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
		3	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
		4	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		5	9	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
7	60°	1	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	20%
		2	4	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
		3	9	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		4	11	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
7	90°	1	40	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Salah	60%
		2	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		3	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		4	15	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		5	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	



Table 6.13. Data Pengujian Subjek 7 (Lanjutan)

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
7	120°	1	20	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	20%
		2	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Benar	
		3	26	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	28	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		5	7	30°	v	x	x	x	x	x	x	30°	
7	150°	1	16	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	40%
		2	33	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		3	33	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		4	11	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	19	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
7	180°	1	52	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	80%
		2	56	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		3	34	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	40	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		5	58	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	

Table 6.14. Data Pengujian Subjek 8

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
8	0°	1	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	100%
		2	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		3	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		4	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		5	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
8	30°	1	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	60%
		2	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		3	4	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		4	9	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
		5	7	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
8	60°	1	25	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	20%
		2	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		3	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
		4	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		5	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
8	90°	1	21	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	40%
		2	18	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		3	15	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		4	13	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		5	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
8	120°	1	37	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Salah	20%
		2	20	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	18	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Benar	
		4	15	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	29	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
8	150°	1	34	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	40%
		2	15	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		3	16	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	19	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		5	31	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
8	180°	1	60	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	40%
		2	45	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		3	34	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	19	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		5	34	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	





Table 6.15. Data Pengujian Subjek 9

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
9	0°	1	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	100%
		2	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		3	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		4	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		5	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
9	30°	1	19	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	20%
		2	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		3	7	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
		4	4	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		5	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
9	60°	1	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	20%
		2	15	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		3	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
		5	7	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
9	90°	1	23	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	40%
		2	11	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		3	25	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		5	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
9	120°	1	36	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	20%
		2	13	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		3	7	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		4	26	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		5	19	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Benar	
9	150°	1	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	60%
		2	10	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		3	39	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Salah	
		4	21	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		5	29	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
9	180°	1	45	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	60%
		2	29	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	42	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		4	33	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		5	37	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	

Table 6.16. Data Pengujian Subjek 10

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
10	0°	1	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	100%
		2	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		3	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		4	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		5	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
10	30°	1	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	60%
		2	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
		3	9	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
		4	16	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	9	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
10	60°	1	15	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	20%
		2	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Salah	
		3	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
		4	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	7	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
10	90°	1	16	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	60%
		2	11	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		3	45	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Salah	
		4	4	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		5	16	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	



Table 6.17. Data Pengujian Subjek 10 (Lanjutan)

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
10	120°	1	35	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	20%
		2	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		3	24	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	29	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		5	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Benar	
10	150°	1	18	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	40%
		2	42	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Salah	
		3	23	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		4	11	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	29	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
10	180°	1	62	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	40%
		2	30	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	57	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		5	36	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	

Table 6.18. Data Rata-Rata Akurasi Subjek 5 Sampai 10

Subjek	Akurasi Perubahan Derajat pada Lengan							Rata-Rata Akurasi Subjek
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	
5	100%	20%	60%	40%	20%	60%	60%	51%
6	100%	20%	60%	40%	20%	40%	60%	49%
7	100%	60%	20%	60%	20%	40%	80%	54%
8	100%	60%	20%	40%	20%	40%	40%	46%
9	100%	20%	20%	40%	20%	60%	60%	46%
10	100%	60%	20%	60%	20%	40%	40%	49%

Setelah melakukan pengujian dengan menggunakan *exponential moving average* akan dilakukan pengujian tanpa menggunakan *exponential moving average*. Hal ini dilakukan membandingkan akurasi pengujian pada menggunakan dan tidak menggunakan *exponential moving average*.

Table 6.19. Data Pengujian Subjek 2 Tanpa Exponential Moving Average

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
2	0°	1	17	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	60%
		2	10	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		3	7	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		4	11	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		5	12	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
2	30°	1	27	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	20%
		2	15	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		3	18	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		4	32	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		5	22	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
2	60°	1	12	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	20%
		2	29	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		3	23	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		4	24	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		5	8	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Salah	
2	90°	1	37	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	40%
		2	32	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		3	23	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		4	29	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		5	26	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	



Table 6.20. Data Pengujian Subjek 2 Tanpa Exponential Moving Average (Lanjutan)

Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (V : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
2	120°	1	21	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	60%
		2	34	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Benar	
		3	33	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Benar	
		4	34	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Benar	
		5	28	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
2	150°	1	52	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Salah	40%
		2	36	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		3	44	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Salah	
		4	37	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		5	47	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Salah	
2	180°	1	73	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	80%
		2	56	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		3	38	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	49	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		5	69	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	

Terlihat pada table 6.19 dan 6.20 memiliki kelemahan akurasi pergerakan perubahan derajat pada lengan 0 derajat bernilai 60%. Data latih yang digunakan berberda dengan data latih pada *exponential moving average* yang dapat dilihat pada lampiran. Dibandingkan menggunakan *exponential moving average* 0 derajat memiliki akurasi 100% pada subjek 2. Tetapi memiliki keunggulan pada beberapa derajat yaitu 180 derajat yang akurasinya bernilai 80% dibandingkan dengan menggunakan *exponential moving average*. Pengujian menggunakan *exponential moving average* memiliki keuggulan keseluruhan akurasi sistem bernilai 54% disbanding tidak menggunakan bernilai 46% terlihat pada table 6.21.

Table 6.21. Data Rata-Rata Akurasi Tanpa Exponential Moving Average

Subjek	Akurasi Perubahan Derajat pada Lengan							Rata-Rata Akurasi Subjek
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	
2	60%	20%	20%	40%	60%	40%	80%	46%

6.2.4 Analisis

Pada hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa, setiap umur berbeda umur maupun kelamin memiliki perbedaan akurasi. Perbedaan jenis kelamin sangat mempengaruhi pada sistem pengenalan pergerakan. Jenis kelamin laki-laki cenderung lebih baik akurasi nya dari pada jenis kelamin perempuan. Pada perubahan derajat tertentu yang memiliki akurasi yang rendah pada setiap pengujian pengenalan pergerakan yaitu pergerakan 120 derajat. Rata-rata akurasi keseluruhan sistem bernilai 49% yang bisa dilihat pada tabel 6.18. Dengan menggunakan *exponential moving average* sebagai filter menaikkan akurasi pada subjek 2 yang bernilai 54% dibandingkan tidak menggunakan filter tersebut yang akurasi bernilai 46%.



Table 6.22. Data Rata-Rata Akurasi Keseluruhan

Subjek	Rata- Rata Akurasi	
	Per Subjek	Keseluruhan
1	46%	49%
2	54%	
3	46%	
4	49%	
5	51%	
6	49%	
7	54%	
8	46%	
9	46%	
10	49%	

6.3 Pengujian Delay Sistem Pengenalan Gerakan

Pada tahap ini menjelaskan pengujian *delay* pada sistem pengenalan pergerakan lengan. *Delay* berperan sebagai waktu pada akuisisi data yang menerima sinyal dari sensor analog. Pengujian akan menguji beberapa *delay* yang akan dipakai pada sistem. Pengenalan dilakukan pada setiap perubahan gerakan seperti pengujian sebelumnya. *Delay* tidak mempengaruhi nilai bobot yang ditentukan pada rumusan *exponential moving average*.

6.3.1 Tujuan

Pengujian ini mencari *delay* yang optimal pada sistem pengenalan gerakan agar sistem mendapat data yang baik. Dikarenakan *delay* mempengaruhi akurasi sistem pengenalan pergerakan lengan.

6.3.2 Prosedur Pengujian

Beberapa prosedur yang pengguna lakukan pada pengujian :

1. Menggunakan sistem pengenalan pergerakan lengan dengan keadaan duduk dan menggunakan alas kaki.
2. Jalankan program akuisisi data untuk merekam pergerakan lengan beserta *exponential moving average* filter dengan nilai nilai bobot EMA rendah 0.1 dan EMA tinggi 0.3.
3. Penggunaan data latih sebagai parameter klasifikasi decision tree.
4. Melakukan pengujian menggunakan *delay* 20ms, 50ms, dan 100ms.
5. Pengguna diharapkan bergerak sesuai LED Merah yang diarti besiap bergerak atau berhenti bergerak pada derajat 0, dan LED Hijau yang diartikan bergerak.
6. Pengamatan hasil *output* pada *light emitting diode* (LED) Putih dan *liquid crystal display* (LCD) kesesuaian gerakan yang dilakukan.



6.3.3 Hasil Pengujian

Pengujian pertama dilakukan pada 1 subjek dengan *delay* sistem dalam akuisisi data. Hasil akurasi *delay* dapat dilihat pada sinyal yang terfilter dengan *exponential moving average* bisa dikenali. Pada tabel 6.5 memiliki

Table 6.23. Data Pengujian Delay 20ms

Pengujian Dengan Delay 20ms													
Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
1	0°	1	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	100%
		2	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		3	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		4	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		5	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
1	30°	1	11	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	20%
		2	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		3	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		5	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	
1	60°	1	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	60%
		2	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		3	4	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
		4	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
1	90°	1	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	40%
		2	4	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		3	13	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		4	19	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		5	13	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	

Pengujian Delay 20ms													
Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
1	120°	1	29	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	20%
		2	36	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	34	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	13	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	24	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
1	150°	1	18	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	60%
		2	21	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		3	16	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	35	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		5	35	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
1	180°	1	79	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	60%
		2	27	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	24	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	56	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		5	58	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	

Pengujian diatas menjelaskan bahwa menggunakan 1 subjek berkelamin laki-laki untuk melakukan pengenalan pergerakan dengan memakai *delay* 20ms. *Delay* 20ms menghasilkan hasil rata-rata akurasi 51% yang bisa dilihat pada tabel 6.21.

Table 6.24. Data Pengujian Rata-Rata Akurasi Delay 20ms

Subjek	Akurasi Perubahan Derajat pada Lengan Delay 20ms							Rata-Rata Akurasi Subjek
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	
1	100%	20%	60%	40%	20%	60%	60%	51%



Table 6.25. Data Pengujian Delay 50ms

Pengujian Dengan Delay 50ms													
Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
1	0°	1	1	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	60%
		2	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		3	4	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		4	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		5	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
1	30°	1	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	0%
		2	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		3	4	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		4	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Salah	
		5	1	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Salah	
1	60°	1	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	20%
		2	26	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
		4	64	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Salah	
		5	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
1	90°	1	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	20%
		2	7	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		3	24	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		4	20	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		5	31	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	

Pengujian Delay 50ms													
Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
1	120°	1	26	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	20%
		2	21	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	7	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		4	23	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		5	19	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Benar	
1	150°	1	4	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	20%
		2	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		3	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		4	35	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		5	47	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Salah	
1	180°	1	38	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	40%
		2	35	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		4	42	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	
		5	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	

Table 6.26. Data Pengujian Delay 100ms

Pengujian Dengan Delay 100ms													
Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
1	0°	1	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	100%
		2	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		3	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		4	3	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
		5	2	0°	x	x	x	x	x	x	0°	Benar	
1	30°	1	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Benar	20%
		2	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		3	11	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	24	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		5	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
1	60°	1	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	20%
		2	5	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Benar	
		3	7	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		4	10	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		5	23	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
1	90°	1	13	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	40%
		2	17	120°	v	v	v	v	x	x	120°	Salah	
		3	14	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Benar	
		4	8	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		5	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	



Table 6.27. Data Pengujian Delay 100ms (Lanjutan)

Pengujian Delay 100ms													
Subjek	Gerakan (Derajat) Sebenarnya	Pengujian Ke-	Hasil Sistem Output EMG	Hasil Klasifikasi	Output LED Putih (v : Hidup dan x : Mati)						Output LCD	Hasil Deteksi	Akurasi
					LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 5	LED 6			
1	120°	1	4	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	0%
		2	21	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	12	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	10	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		5	33	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
1	150°	1	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	40%
		2	28	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Benar	
		3	16	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		4	11	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	
		5	56	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Salah	
1	180°	1	44	180°	v	v	v	v	v	v	180°	Benar	20%
		2	22	150°	v	v	v	v	v	x	150°	Salah	
		3	6	60°	v	v	x	x	x	x	60°	Salah	
		4	10	30°	v	x	x	x	x	x	30°	Salah	
		5	16	90°	v	v	v	x	x	x	90°	Salah	

Table 6.28. Data Pengujian Rata-Rata Akurasi Delay 50ms

Subjek	Akurasi Perubahan Derajat pada Lengan Delay 50ms							Rata-Rata Akurasi Subjek
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	
1	60%	0%	20%	20%	20%	20%	40%	26%

Pada tabel 6.22, tabel 6.23, dan tabel 6.7 menjelaskan pengujian *delay* pada waktu 50ms dan 100ms menggunakan subjek yang sama pada pengujian *delay* sebelumnya, memiliki akurasi yang lebih rendah. Pada *delay* 50ms memiliki rata-rata akurasi 26% dan *delay* 100ms memiliki rata-rata akurasi 34%, yang dapat dilihat pada tabel 6.25 dan tabel 6.26

Table 6.29. Data Pengujian Rata-Rata Akurasi Delay 100ms

Subjek	Akurasi Perubahan Derajat pada Lengan Delay 100ms							Rata-Rata Akurasi Subjek
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	
1	100%	20%	20%	40%	0%	40%	20%	34%

6.3.4 Analisis

Pengujian *delay* dapat disimpulkan bahwa penggunaan *delay* yang berbeda dapat mempengaruhi klasifikasi sistem pengenalan pergerakan lengan. *Delay* yang optimal menggunakan 20ms dikarenakan akurasinya lebih tinggi dibanding kedua *delay* selanjutnya yaitu 50ms dan 100ms.



BAB 7 PENUTUP

Pada bab ini, menjelaskan kesimpulan dan saran terhadap penelitian yang sudah dilakukan yaitu dengan judul “Sistem Pengenalan Pergerakan Lengan Menggunakan Exponential Moving Average dengan Metode Decision Tree Berbasis EMG”. Kesimpulan berisi jawaban dari rumusan masalah yang telah dibuat berupa penjelasan pada pengujian dan analisis. Kemudian saran adalah penjelasan peneliti memberi usulan kepada penelitian selanjutnya yang terkait agar melakukan atau menggunakan metode dan perangkat yang lebih baik.

7.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan hasil dari pengujian penelitian ini dengan judul “Sistem Pengenalan Pergerakan Lengan Menggunakan Exponential Moving Average dengan Metode Decision Tree Berbasis EMG” sebagai berikut.

1. Penggunaan *exponential moving average* (EMA) filter dapat melakukan penghalusan dan meredam noise yang diterima, tetapi filter harus menentukan nilai bobot seperti layaknya *cutoff* pada filter bandpass. Nilai bobot EMA rendah bernilai 0.1 dan EMA tinggi bernilai 0.3 paling optimal meredam sinyal dibanding nilai bobot yang lain pada pengujian.
2. Pengujian mengenali perubahan derajat sistem pengenalan pergerakan lengan menggunakan *exponential moving average* filter, dengan nilai bobot yang sudah optimal untuk lengan menghasilkan keseluruhan akurasi pada setiap subjek yang diuji bernilai 49%. *Exponential moving average* dapat meningkatkan akurasi yang dapat dilihat pada subjek 2 yang menggunakan *exponential moving average* memiliki akurasi 54% dan tanpa menggunakan memiliki akurasi 46%. Akurasi sistem pengenalan pergerakan lengan keseluruhan pengenalan dapat dipengaruhi oleh jenis kelamin. Pada jenis kelamin laki-laki memiliki akurasi yang cenderung lebih besar daripada akurasi jenis kelamin perempuan. Rendahnya akurasi keseluruhan sistem diakibatkan pada subjek yang tidak tepat waktu melakukan perubahan pergerakan sehingga sensor mendapat nilai perubahan derajat lain.
3. Penggunaan *delay* pada sistem pengenalan pergerakan lengan dapat mempengaruhi akurasi pengenalan. *Delay* yang optimal menggunakan 20ms dikarenakan memiliki akurasi pada subjek yaitu 51% pada sistem pengenalan pergerakan lengan.

7.2 Saran

Beberapa saran peneliti berdasarkan penelitian berjudul “Sistem Pengenalan Pergerakan Lengan Menggunakan Exponential Moving Average dengan Metode Decision Tree Berbasis EMG” untuk penelitian selanjutnya yang bersangkutan sebagai berikut.



1. Penggunaan metode penghalusan sinyal yang berbeda agar dapat meningkatkan akurasi pengenalan pergerakan lengan.
2. Menggunakan sensor pendeteksian yang dikhususkan untuk sinyal *electromyography* (EMG) agar dapat lebih akurat mendeteksi pergerakan terhadap kontraksi otot. AD8232 tidak dikhususkan untuk sinyal *electromyography* (EMG) maka sinyal juga kurang bagus.
3. Menggunakan 2 sensor atau sensor yang memiliki input elektroda yang banyak. Hal ini membantu menambah data yang diterima atau data yang lebih detail, dengan begitu sistem pengenalan pergerakan akan mendapat hasil yang lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Ajim, Nanang. *Mikirbae*. 07 2018. www.mikirbae.com (diakses 06 30, 2019).
- Al, Yugi. *Edupensa*. 21 04 2019. www.edupensa.id (diakses 06 30, 2019).
- Auriccho , F, A Ferrara, E Lanzarone, Morganti S, dan P Totaro. "A Regression Method Based on Noninvasive Clinical Data to Predict the Mechanical Behavior of Ascending Aorta Aneurysm Tissue." *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 2017: Vol. 64, No. 11, pp.2607-2617. .
- De Luca C, Besagni C, Frontali L, Bolotin-Fukuhara M, Francisci S. "Mutations in yeast mt tRNAs: specific and general suppression by nuclear encoded tRNA interactors." *Research Support*, 2006.
- FALIH, ADI DWI IRWAN. *KLASIFIKASI SINYAL EMG DARI OTOT LENGAN BAWAH SEBAGAI MEDIA KONTROL MENGGUNAKAN NAÏVE BAYES*. Surabaya: INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER, 2017.
- G.E Santagati, T. Melidia. "Experimental Evaluation of Impulsive Ultrasonic Intra-Body Communications for Implantable Biomedical Device." *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 2017: Vol. 16, No. 2, pp.367-380.
- Hayes, Adam. *investopedia*. 17 04 2019. www.investopedia.com (diakses 06 30, 2019).
- Kho, Dickson. *Teknik Elektronika*. 2019. www.teknikelektronika.com (diakses 06 30, 2019).
- Maulidi, Achmad. *Kanal Informasi*. 07 March 2017. kanalinfo.web.id (diakses August 30, 2018).
- Michael. *Cara Tekno*. 06 June 2015. <https://www.caratekno.com/2015/07/pengertian-arduino-uno-mikrokontroler.html> (diakses September 1, 2018).
- Mulyadi, Tedi. *budisma*. 11 2014. <https://budisma.net/> (diakses 1 7, 2019).
- Newton, Alex. *How To Electronics*. 7 Maret 2019. www.how2electronics.com (diakses Juli 5, 2019).
- Rika Rokhana, Kemalasari, Paulus Susetyo Wardana. "Identifikasi Sinyal Electromyograph (Emg) Pada Gerak Ekstensi-Fleksi Siku Dengan Metode Konvolusi Dan Jaringan Syaraf Tiruan." *Kampus PENS ITS Sukolio*, 2013.
- Saxena, Rahul. *Dataaspirant*. 30 Januari 2017. <https://dataaspirant.com/2017/01/30/how-decision-tree-algorithm-works/> (diakses juni 2019, 29).
- Sinar Arduino. *Sinar Arduino*. 16 03 2016. www.sinararduino.com (diakses 06 30, 2019).



Suranata, Aditya. *Narin Laboratory*. 07 Juli 2017. <https://tutorkeren.com> (diakses 1 18, 2019).

LAMPIRAN

LAMPIRAN 7.1 Kode Program Sistem

No	Kode Program
1	#include <LCD.h>
2	#include <LiquidCrystal_I2C.h>
3	
4	LiquidCrystal_I2C LCD(0x27,2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
5	
6	int sensorPin = A0;
7	int sensorValue = 0;
8	
9	float EMA_a_low = 0.1;
10	float EMA_a_high = 0.3;
11	
12	int bandpass = 0;
13	int Nilaihasil=0;
14	
15	int EMA_S_low = 0;
16	int EMA_S_high = 0;
17	
18	unsigned long interval=3000;
19	unsigned long previousMillis=0;
20	unsigned long Gerak=1900;
21	unsigned long Gerak2=2000;
22	unsigned long Hijau= 1500;
23	unsigned long Merah=1;
24	
25	void decision(){
26	if (Nilaihasil >=0 && Nilaihasil <3){
27	Serial.println("Sekarang sudut 0 derajat");
28	LCD.clear();
29	LCD.backlight();
30	LCD.home();
31	LCD.setCursor(0,0);
32	LCD.print("0 derajat");
33	digitalWrite(3,LOW);
34	digitalWrite(4,LOW);
35	digitalWrite(5,LOW);
36	digitalWrite(6,LOW);
37	digitalWrite(7,LOW);
38	digitalWrite(8,LOW);
39	//else{
40	//Serial.println("Error");
41	//}
42	}
43	else if (Nilaihasil>=8 && Nilaihasil <=10){
44	Serial.println("Sekarang sudut 30 derajat");
45	LCD.clear();
46	LCD.backlight();
47	LCD.home();
48	LCD.setCursor(0,0);
49	LCD.print("0 derajat");
50	digitalWrite(3,HIGH);
51	digitalWrite(4,LOW);
52	digitalWrite(5,LOW);
53	digitalWrite(6,LOW);
54	digitalWrite(7,LOW);
55	digitalWrite(8,LOW);
56	}
57	else if (Nilaihasil>=4 && Nilaihasil <=6){
58	Serial.println("Sekarang sudut 60 derajat");
59	LCD.clear();



```

60 LCD.backlight();
61 LCD.home();
62 LCD.setCursor(0,0);
63 LCD.print("0 derajat");
64 digitalWrite(3,HIGH);
65 digitalWrite(4,HIGH);
66 digitalWrite(5,LOW);
67 digitalWrite(6,LOW);
68 digitalWrite(7,LOW);
69 digitalWrite(8,LOW);
70
71 }
72 else if (Nilaihasil>=17 && Nilaihasil <=19){
73 Serial.println("Sekarang sudut 120 derajat");
74 LCD.clear();
75 LCD.backlight();
76 LCD.home();
77 LCD.setCursor(0,0);
78 LCD.print("0 derajat");
79 digitalWrite(3,HIGH);
80 digitalWrite(4,HIGH);
81 digitalWrite(5,HIGH);
82 digitalWrite(6,HIGH);
83 digitalWrite(7,LOW);
84 digitalWrite(8,LOW);
85
86 }
87 else if (Nilaihasil>=20 && Nilaihasil <=36){
88 Serial.println("Sekarang sudut 150 derajat");
89 LCD.clear();
90 LCD.backlight();
91 LCD.home();
92 LCD.setCursor(0,0);
93 LCD.print("0 derajat");
94 digitalWrite(3,HIGH);
95 digitalWrite(4,HIGH);
96 digitalWrite(5,HIGH);
97 digitalWrite(6,HIGH);
98 digitalWrite(7,HIGH);
99 digitalWrite(8,LOW);
100
101 }
102 else if (Nilaihasil>=11 && Nilaihasil <=16){
103 Serial.println("Sekarang sudut 90 derajat ");
104 LCD.clear();
105 LCD.backlight();
106 LCD.home();
107 LCD.setCursor(0,0);
108 LCD.print("0 derajat");
109 digitalWrite(3,HIGH);
110 digitalWrite(4,HIGH);
111 digitalWrite(5,HIGH);
112 digitalWrite(6,LOW);
113 digitalWrite(7,LOW);
114 digitalWrite(8,LOW);
115
116 }
117 else if (Nilaihasil>=37){
118 Serial.println("Sekarang sudut max derajat");
119 LCD.clear();
120 LCD.backlight();
121 LCD.home();
122 LCD.setCursor(0,0);
123 LCD.print("0 derajat");
124 digitalWrite(3,HIGH);

```



```

125     digitalWrite(4,HIGH);
126     digitalWrite(5,HIGH);
127     digitalWrite(6,HIGH);
128     digitalWrite(7,HIGH);
129     digitalWrite(8,HIGH);
130
131     }
132 }
133
134 void setup(){
135     Serial.begin(115200); //setup of Serial
136     module, 115200 bits/second
137
138     EMA_S_low = analogRead(sensorPin);
139     EMA_S_high = analogRead(sensorPin);
140     LCD.begin(16,2);
141     LCD.setBacklightPin(3,POSITIVE);
142     LCD.setBacklight(HIGH);
143     pinMode(3, OUTPUT);
144     pinMode(4, OUTPUT);
145     pinMode(5, OUTPUT);
146     pinMode(6, OUTPUT);
147     pinMode(7, OUTPUT);
148     pinMode(8, OUTPUT);
149     pinMode(9, OUTPUT);
150     pinMode(10, OUTPUT);
151 }
152 }
153
154 void loop(){
155
156     delay(20);
157     unsigned long currentMillis = millis();
158     sensorValue = analogRead(sensorPin);
159
160     EMA_S_low = (EMA_a_low*sensorValue) + ((1-
161     EMA_a_low)*EMA_S_low);
162     EMA_S_high = (EMA_a_high*sensorValue) + ((1-
163     EMA_a_high)*EMA_S_high);
164
165     bandpass = EMA_S_high - EMA_S_low;
166
167     Nilaihasil=abs(bandpass);
168
169
170     if ((unsigned long)(currentMillis - previousMillis) >=
171     interval) {
172         previousMillis = millis();
173         String menu = "";
174         Serial.println("apakah ingin berenti?(y/n)");
175         while (Serial.available()==0)
176             //Wait for user
177         input
178         }
179     }
180     menu=Serial.readString();
181     if (menu=="y"){
182         for (;){
183             loop();
184             if (serialEventRun) serialEventRun();
185         }
186     }
187     else if (menu=="n"){
188         return 0;
189     }

```



```

190     else{
191         Serial.println("Error");
192     }
193
194 }
195     else if((unsigned long)(currentMillis - previousMillis) >=
196 Gerak &&(currentMillis - previousMillis) <=Gerak2){
197         Serial.println(Nilaihasil);
198         decision();
199     }
200     else if((unsigned long)(currentMillis - previousMillis) >=
201 Hijau){
202
203         digitalWrite(9,HIGH);
204         digitalWrite(10,LOW);
205
206     }
207     else if((unsigned long)(currentMillis - previousMillis) >=
208 Merah ){
209         digitalWrite(3,LOW);
210         digitalWrite(4,LOW);
211         digitalWrite(5,LOW);
212         digitalWrite(6,LOW);
213         digitalWrite(7,LOW);
214         digitalWrite(8,LOW);
215         digitalWrite(9,LOW);
216         digitalWrite(10,HIGH);
217     }
218 }

```

LAMPIRAN 7.2 Foto subjek

Subjek 5



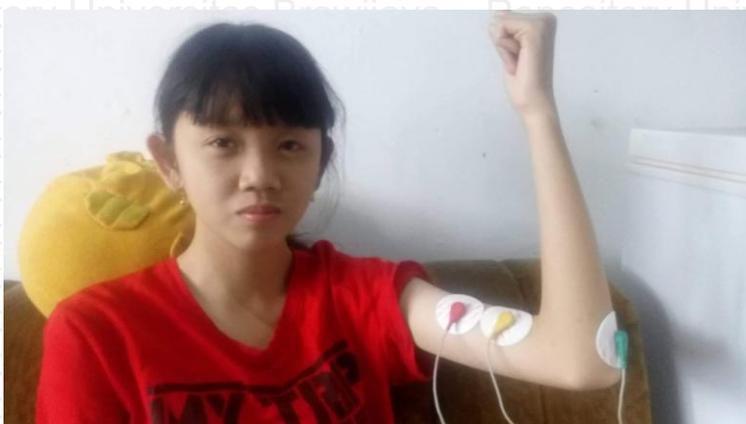
Subjek 6



Subjek 8



Subjek 9



Subjek 3



Subjek 2



Subjek 7



Subjek 10



Subjek 4



Subjek 1





LAMPIRAN 7.3 Data Latih Output Sensor

Output Data Sensor Tanpa Filter <i>Exponential Moving Average</i>							
Pengujian Ke-	0 Derajat	30 Derajat	60 Derajat	90 Derajat	120 Derajat	150 Derajat	180 Derajat
1	17	25	23	29	52	34	83
2	8	24	15	33	41	32	75
3	10	39	25	23	22	49	63
4	12	24	46	44	23	57	40
5	7	32	15	32	36	44	67
6	5	30	12	21	32	29	71
7	9	21	20	44	19	37	56
8	10	9	12	21	29	59	34
9	17	20	24	19	41	56	63
10	7	17	19	22	44	32	69
11	4	26	11	45	36	27	92
12	6	27	21	33	22	25	56
13	8	24	27	21	53	23	46
14	19	38	12	11	61	45	51
15	10	21	29	42	23	49	42
16	9	40	16	48	24	36	56
17	12	28	32	27	29	32	51
18	20	38	23	42	33	31	68
19	15	16	10	13	41	62	77
20	12	19	24	25	41	57	41
21	4	21	15	13	27	47	36
22	14	17	26	45	57	44	54
23	13	18	27	25	45	36	60
24	11	20	31	57	39	65	46
25	23	29	16	20	36	52	37
26	15	22	14	26	24	32	43
27	16	20	22	51	44	24	31



28	9	18	30	32	48	39	64
29	6	24	25	55	21	25	34
30	10	29	17	24	20	35	23
rata-rata	11	25	21	31	35	40	54