



**TUGAS AKHIR - TE 145561**

**PERANCANGAN SIMULATOR GERAK DAN SISTEM  
MONITORING UNTUK MENGERAKKAN DAN  
MEMONITORING TANGAN PALSU ELEKTRIK**

Muhamad Nur Robby  
NRP 2214030063

Dosen Pembimbing  
Ir. Rusdhianto Effendie AK. MT.

PROGRAM STUDI KOMPUTER KONTROL  
Departemen Teknik Elektro Otomasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**FINAL PROJECT - TE 145561**

**STAKE OF MOVING SIMULATOR AND MONITORING SYSTEM  
TO MOVE AND MONITOR ELECTRIC PROSTETIC HAND**

Muhamad Nur Robby  
NRP 2214030063

Advisor  
Ir. Rusdhianto Effendie AK. MT.

COMPUTER CONTROL STUDY PROGRAM  
Electrical and Automation Engineering Department  
Vocational Faculty  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Perancangan Simulator Gerak dan Sistem Monitoring untuk Menggerakkan dan Memonitoring Tangan Palsu Elektrik**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

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

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

Surabaya, 20 Juli 2017



Muhamad Nur Robby  
NRP 2214030063

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



**PERANCANGAN SIMULATOR GERAK DAN SISTEM  
MONITORING UNTUK MENGGERAKAN DAN  
MEMONITORING TANGAN PALSU ELEKTRIK**



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR**



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya**



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**Pada**



**Program Studi Komputer Kontrol  
Departemen Teknik Elektro Otomasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**Menyetujui**

**Dosen Pembimbing**



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



**Ir. Rusdhianto Effendie AK. MT.**

**NIP. 1957 04 24 1985 02 1003**



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



**ITS SURABAYA  
JULI, 2017**



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



# PERANCANGAN SIMULATOR GERAK DAN SISTEM MONITORING UNTUK MENGGERAKKAN DAN MEMONITORING TANGAN PALSU ELEKTRIK

**Nama** : Muhamad Nur Robby  
**NRP** : 2214 030 063

**Pembimbing** : Ir. Rusdhianto Effendie AK. MT.  
**NIP** : 195704241985021001

## ABSTRAK

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, banyak organ-organ manusia yang hilang karena kecelakaan atau hal-hal lain, kemudian organ yang hilang digantikan dengan organ tubuh buatan. Beberapa organ tubuh buatan yang biasa ditemui yaitu kaki, tangan, dan lengan. Pembuatan organ tubuh buatan untuk menggantikan tubuh yang kurang sempurna masih banyak dilakukan, namun kebanyakan organ buatan tersebut hanya untuk menggantikan organ yang hilang dan tidak dapat bekerja mendekati organ sebenarnya. Pada penelitian sebelumnya telah dibuat tangan palsu elektrik dengan pergerakan satu axis yang menyerupai jari keping, namun hal tersebut kurang efisien. Tangan palsu elektrik yang dibuat pada tugas akhir ini mempunyai lima jari yang menyerupai tangan manusia dan menggunakan sensor *flex* yang diletakkan pada sarung tangan untuk mengatur gerakan jari-jari tangan palsu elektrik sehingga pergerakannya dapat menirukan jari-jari pada sarung tangan. Tangan palsu elektrik memerlukan sebuah arduino(pengontrol) untuk mengatur pergerakan dari tangan palsu elektrik tersebut. Sebelum arduino mengatur pergerakan dari tangan palsu elektrik, arduino memerlukan masukan berupa sinyal yang berasal dari pergerakan sarung tangan yang telah dirangkai dengan sensor *flex*. Sensor *flex* menghasilkan sinyal, tetapi banyak *noise* pada sinyal tersebut. Sehingga diperlukan filter untuk meredam *noise*. Selanjutnya sinyal yang telah diolah oleh filter digunakan untuk mengatur pergerakan motor *servo*. Untuk melihat kekuatan yang dikeluarkan motor *servo* digunakanlah Indikator kekuatan genggam.

**Kata Kunci** : Tangan Palsu, Sensor *Flex*, Filter, Arduino.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## **STAKE OF MOVING SIMULATOR AND MONITORING SYSTEM TO MOVE AND MONITOR ELECTRIC PROSTETIC HAND**

**Name : Muhamad Nur Robby**  
**Advisor : Ir. Rusdhianto Effendie AK. MT.**

### **ABSTRACT**

*As science and technology develop, many human organs are lost by accident or other things, then the lost organ is replaced with prosthetic organs. Some prosthetic organs commonly encountered include the feet, hands, and arms. Making prosthetic organs to replace the imperfect body is still a lot to do, but most of the prosthetic organs are just to replace the missing organ and can not work close to the actual organs. Previous research has been made by false electrical hands with the movement of an axis that resembles a crab finger, but it is less efficient. The fake electric hand made in this final project has five fingers resembling the human hand and uses a flex sensor placed on the glove to regulate the movement of the electric false fingers so that the movement can mimic the fingers of the glove. An electric fake hand requires an arduino (controller) to regulate the movement of the electric prosthetic hand. Before the arduino regulates the movement of the electric prosthetic hand, the arduino requires input in the form of a signal derived from the movement of the glove that has been strung with a flex sensor. The flex sensor generates a signal, but a lot of noise on the signal. So we need a filter to reduce noise. Furthermore the signal that has been processed by the filter is used to adjust the movement of servo motors. To see the power of the servo motor is used the handheld power indicator.*

**Keywords :** *Prosthetic Hand, Flex Sensor, Filter, Arduino.*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan umat muslim yang senantiasa meneladani beliau.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Diploma-3 pada Bidang Studi Komputer Kontrol, Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul:

### **PERANCANGAN SIMULATOR GERAK DAN SISTEM MONITORING UNTUK MENGERAKKAN DAN MEMONITORING TANGAN PALSU ELEKTRIK**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan tulus tiada henti, Bapak Ir. Rusdhianto Effendie AK MT. atas segala bimbingan ilmu, moral, dan spiritual dari awal hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, 20 Juli 2017

Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

# DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	v
HALAMAN PENGESAHAN .....	vii
ABSTRAK .....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Metodologi Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Laporan.....	4
1.7 Relevansi.....	4
<b>BAB II TEORI DASAR .....</b>	<b>7</b>
2.1 Sensor <i>Flex</i> .....	7
2.2 Filter <i>low pass</i> .....	8
2.3 Motor <i>Servo</i> .....	8
2.4 Arduino Mega 2560 .....	10
2.5 Pemrograman Arduino .....	11
2.6 Indikator Kekuatan Genggaman.....	12
2.7 <i>Power supply</i> .....	13
<b>BAB III PERANCANGAN PEMBUATAN ALAT .....</b>	<b>15</b>
3.1 Perancangan Perangkat Sensor <i>Flex</i> untuk Pegguna.....	16
3.2 Perancangan Program Simulator Gerak dan Sistem Monitoring.....	18
3.3 Perancangan Filter Sensor <i>Flex</i> .....	19
3.4 Perancangan Indikator Kekuatan Genggam .....	21

BAB IV HASIL SIMULASI DAN IMPLEMENTASI .....	23
4.1 Pengujian Resistansi dan Tegangan Sensor <i>Flex</i> .....	23
4.1.1 Pengujian Resistansi dan Tegangan Sensor <i>Flex</i> Ibu Jari .....	24
4.1.2 Pengujian Resistansi dan Tegangan Sensor <i>Flex</i> Jari Telunjuk.....	25
4.1.3 Pengujian Resistansi dan Tegangan Sensor <i>Flex</i> Jari Tengah .....	27
4.1.4 Pengujian Resistansi dan Tegangan Sensor <i>Flex</i> Jari Manis .....	28
4.1.5 Pengujian Resistansi dan Tegangan Sensor <i>Flex</i> Jari Kelingking .....	29
4.2 Pembacaan Sensor <i>Flex</i> pada Arduino.....	31
4.2.1 Data ADC Sensor Sebelum diberi Filter .....	31
4.2.2 Data ADC Sensor <i>Flex</i> di Ibu Jari.....	32
4.2.3 Data ADC Sensor <i>Flex</i> di Jari Telunjuk.....	33
4.2.4 Data ADC Sensor <i>Flex</i> di Jari Tengah .....	34
4.2.5 Data ADC Sensor <i>Flex</i> di Jari Manis .....	35
4.2.6 Data ADC Sensor <i>Flex</i> di Jari Kelingking .....	36
4.3 Pengujian Indikator Kekuatan Genggam .....	37
4.3.1 Pengujian Indikator Kekuatan Genggam Ibu Jari .....	37
4.3.2 Pengujian Indikator Kekuatan Genggam Jari Telunjuk .....	38
4.3.3 Pengujian Indikator Kekuatan Genggam Jari Tengah.....	39
4.3.4 Pengujian Indikator Kekuatan Genggam Jari Manis.....	41
4.3.5 Pengujian Indikator Kekuatan Genggam Jari Kelingking ..	42
BAB V PENUTUP .....	45
5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran .....	45
DAFTAR PUSTAKA .....	47
LAMPIRAN A .....	49
A.1. Spesifikasi Sensor <i>Flex</i> .....	49
A.2. Spesifikasi Transistor C9013 .....	51
LAMPIRAN B.....	53
Program Simulator Gerak dan Sistem Monitoring.....	53
RIWAYAT HIDUP PENULIS .....	61



## DAFTAR GAMBAR

### HALAMAN

<b>Gambar 2.1</b>	Sensor <i>Flex</i> .....	7
<b>Gambar 2.2</b>	Motor <i>Servo</i> .....	8
<b>Gambar 2.3</b>	Konstruksi motor <i>servo</i> .....	9
<b>Gambar 2.4</b>	Pulsa kendali motor <i>servo</i> .....	9
<b>Gambar 2.5</b>	Arduino Mega 2560 .....	11
<b>Gambar 2.6</b>	Tampilan Awal <i>Software</i> Arduino(IDE) .....	12
<b>Gambar 2.7</b>	C9013 .....	13
<b>Gambar 3.1</b>	Blok Fungsional Sistem .....	15
<b>Gambar 3.2</b>	PCB Dot .....	16
<b>Gambar 3.3</b>	Plastik Pelapis .....	17
<b>Gambar 3.4</b>	Kabel <i>Juniper</i> .....	17
<b>Gambar 3.5</b>	Lem Tembak .....	17
<b>Gambar 3.6</b>	Resistor 10K Ohm $\frac{1}{4}$ watt .....	17
<b>Gambar 3.7</b>	Diagram Alir Simulator Gerak dan Sistem Monitoring ..	18
<b>Gambar 3.8</b>	<i>Wiring</i> Rangkaian Filter .....	20
<b>Gambar 3.9</b>	Bentuk Fisik Rangkaian Filter .....	20
<b>Gambar 3.10</b>	<i>Wiring</i> Indikator Kekuatan Genggam .....	21
<b>Gambar 3.11</b>	Bentuk Fisik Indikator Kekuatan Genggam .....	22
<b>Gambar 4.1</b>	Gambar Keseluruhan Alat .....	23
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik Perbandingan Besar Sudut dengan Resistansi Ibu Jari .....	25
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik Perbandingan Besar Sudut dengan Resistansi Jari Telunjuk .....	26
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik Perbandingan Besar Sudut dengan Resistansi Jari Tengah .....	28
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik Perbandingan Besar Sudut dengan Resistansi Jari Manis .....	29
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik Perbandingan Besar Sudut dengan Resistansi Jari Manis .....	31
<b>Gambar 4.7</b>	Grafik Pengambilan Data Sensor <i>Flex</i> tanpa Filter .....	31
<b>Gambar 4.8</b>	Grafik Pembacaan Data ADC Sensor <i>Flex</i> Ibu Jari .....	33
<b>Gambar 4.9</b>	Grafik Pembacaan Data ADC Sensor <i>Flex</i> Jari Telunjuk .....	34

<b>Gambar 4.10</b>	Grafik Pembacaan Data ADC Sensor <i>Flex</i> Jari Tengah .	35
<b>Gambar 4.11</b>	Grafik Pembacaan Data ADC Sensor <i>Flex</i> Jari Manis ...	36
<b>Gambar 4.12</b>	Grafik Pembacaan Data ADC Sensor <i>Flex</i> Jari Kelingking .....	37
<b>Gambar 4.13</b>	Indikator Ibu Jari Level 1 .....	37
<b>Gambar 4.14</b>	Indikator Ibu Jari Level 2 .....	37
<b>Gambar 4.15</b>	Indikator Ibu Jari Level 3 .....	38
<b>Gambar 4.16</b>	Indikator Ibu Jari Level 4 .....	38
<b>Gambar 4.17</b>	Indikator Ibu Jari Level 5 .....	38
<b>Gambar 4.18</b>	Indikator Jari Telunjuk Level 1 .....	38
<b>Gambar 4.19</b>	Indikator Jari Telunjuk Level 2 .....	39
<b>Gambar 4.20</b>	Indikator Jari Telunjuk Level 3 .....	39
<b>Gambar 4.21</b>	Indikator Jari Telunjuk Level 4 .....	39
<b>Gambar 4.22</b>	Indikator Jari Tengah Level 1.....	40
<b>Gambar 4.23</b>	Indikator Jari Tengah Level 2.....	40
<b>Gambar 4.24</b>	Indikator Jari Tengah Level 3.....	40
<b>Gambar 4.25</b>	Indikator Jari Tengah Level 4.....	40
<b>Gambar 4.26</b>	Indikator Jari Tengah Level 5.....	40
<b>Gambar 4.27</b>	Indikator Jari Manis Level 1.....	41
<b>Gambar 4.28</b>	Indikator Jari Manis Level 2.....	41
<b>Gambar 4.29</b>	Indikator Jari Manis Level 3.....	41
<b>Gambar 4.30</b>	Indikator Jari Manis Level 4.....	41
<b>Gambar 4.31</b>	Indikator Jari Manis Level 5.....	41
<b>Gambar 4.32</b>	Indikator Jari Kelingking Level 1.....	42
<b>Gambar 4.33</b>	Indikator Jari Kelingking Level 2.....	42
<b>Gambar 4.34</b>	Indikator Jari Kelingking Level 3.....	42
<b>Gambar 4.35</b>	Indikator Jari Kelingking Level 5.....	42

## DAFTAR TABEL

### HALAMAN

<b>Tabel 4.1</b>	Hasil Pengukuran Sensor <i>Flex</i> Ibu Jari .....	24
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil Pengukuran Sensor <i>Flex</i> Jari Telunjuk .....	25
<b>Tabel 4.3</b>	Hasil Pengukuran Sensor <i>Flex</i> Jari Tengah .....	27
<b>Tabel 4.4</b>	Hasil Pengukuran Sensor <i>Flex</i> Jari Manis .....	28
<b>Tabel 4.5</b>	Hasil Pengukuran Sensor <i>Flex</i> Jari Kelingking.....	29
<b>Tabel 4.6</b>	Hasil Pembacaan Data ADC Sensor <i>Flex</i> Ibu Jari .....	32
<b>Tabel 4.7</b>	Hasil Pembacaan Data ADC Sensor <i>Flex</i> Jari Telunjuk .	33
<b>Tabel 4.8</b>	Hasil Pembacaan Data ADC Sensor <i>Flex</i> Jari Tengah....	34
<b>Tabel 4.9</b>	Hasil Pembacaan Data ADC Sensor <i>Flex</i> Jari Manis .....	35
<b>Tabel 4.10</b>	Hasil Pembacaan Data ADC Sensor <i>Flex</i> Jari Kelingking .....	36
<b>Tabel 4.11</b>	Hasil Pengambilan Data Indikator Kekuatan Genggam Ibu Jari .....	38
<b>Tabel 4.12</b>	Hasil Pengambilan Data Indikator Kekuatan Genggam Jari Telunjuk .....	39
<b>Tabel 4.13</b>	Hasil Pengambilan Data Indikator Kekuatan Genggam Jari Tengah.....	40
<b>Tabel 4.14</b>	Hasil Pengambilan Data Indikator Kekuatan Genggam Jari Manis.....	41
<b>Tabel 4.15</b>	Hasil Pengambilan Data Indikator Kekuatan Genggam Jari Kelingking.....	43

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Berdasarkan hasil Survey Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) yang dilaksanakan Biro Pusat Statistik (BPS) tahun 2012, jumlah penyandang disabilitas di Indonesia sebanyak 6.008.661 orang. Dari jumlah tersebut sekitar 616.387 orang penyandang disabilitas tubuh yang kehilangan anggota atau struktur tubuh seperti kaki/tangan. Mereka harus menggunakan alat bantu seperti kaki/tangan palsu untuk dapat beraktifitas sehari harinya.

Pemakaian anggota tubuh palsu seperti tangan palsu sangat diperlukan bagi penyandang disabilitas yang kehilangan tangan karena kecelakaan/penyakit sehingga dilakukan amputasi, karena mereka tidak dapat lagi menggunakan tangannya lagi. Namun tangan palsu yang banyak digunakan hanya berfungsi sebagai pelengkap tubuh yang tidak dapat digerakkan. Pada penelitian ini akan di buat tangan palsu elektrik atau tangan prostetik. Prostetik adalah ilmu teknik dalam bidang medis yang mempelajari tentang pengukuran, pembuatan, dan pemasangan alat pengganti anggota gerak tubuh yang hilang. [1] Tangan prostetik atau tangan palsu elektrik yang dibuat kali ini menggunakan sensor *flex* sebagai sinyal masukkan yang mendeteksi pergerakan dari pengguna, yang mana selanjutnya sinyal dari sensor *flex* tersebut akan diolah oleh filter *low pass* yang selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk menggerakkan motor *servo* yang mana berfungsi sebagai penggerak jari-jari dari tangan palsu elektrik. Tidak hanya untuk menggerakkan motor *servo*, tetapi juga sebagai sumber tegangan yang digunakan indikator kekuatanenggaman tangan.

Dalam penelitian Universitas Ottawa yang dilakukan oleh Dejan Duvnjak dkk. Telah dilakukan penelitian tangan prostetik dua jari yang menyerupai pergerakan jari kepinging menggunakan sensor EMG. Pada penelitian tersebut, dengan menggunakan pergerakan jari seperti kepinging ini kurang efektif karena hanya dapat digunakan untuk menjepit, tidak dapat digunakan untuk menggenggam. Sehingga dengan

---

1 Bersumber dari website [https://www.poltekkesjakarta1.ac.id/ortotik\\_prostetik/read-el-dt-jurnal-ortotik-prostetik](https://www.poltekkesjakarta1.ac.id/ortotik_prostetik/read-el-dt-jurnal-ortotik-prostetik) (diakses pada tanggal 3 Februari 2017 )

menggunakan tangan palsu elektrik lima jari, akan lebih efektif dan lebih menyerupai tangan manusia. Namun penggunaan sensor EMG pada tangan prostetik ini membutuhkan banyak riset untuk mendeteksi apakah pada orang yang tidak mempunyai tangan dapat menggerakkan otot tangannya dan jika dapat apakah pergerakan ototnya sama dengan orang yang mempunyai tangan normal, sehingga pada tugas akhir ini akan menggunakan sensor *flex* sebagai simulator dari sensor EMG tersebut. Tangan palsu elektrik bergerak menurut pergerakan dari pengguna yang mengenakan sarung tangan yang dilengkapi dengan sensor *flex*. Motor *servo* diatur agar berputar sesuai besar sudut yang diperoleh dari lengkukan sensor *flex*. Sinyal dari sensor *flex* diolah menggunakan filter *low pass* untuk mengurangi atau mungkin menghilangkan *noise* yang telah ada sebelumnya. Jari-jari dari tangan palsu elektrik ini dapat digerakkan untuk menyentuh, menekan, menggenggam atau hal lainnya. Keluaran dari arduino digunakan oleh indikator kekuatan untuk menampilkan kekuatan yang telah dikeluarkan dari motor *servo* berdasarkan pergerakan pengguna pada sarung tangan sensor *flex*, sehingga pengguna dapat melihat dari indikator tersebut sebagai acuan dari kekuatan yang digunakan oleh pengguna.

## 1.2 Permasalahan

Tangan manusia yang hilang dapat digantikan dengan tangan palsu elektrik, namun penggunaan sensor emg yang rumit dan dari segi biaya yang tinggi, sehingga pada pembuatan alat Tugas Akhir ini digunakanlah sensor *flex*. Karena sensor yang digunakan adalah sensor *flex*, maka tangan palsu elektrik ini masih belum dapat digunakan secara langsung oleh orang yang kehilangan tangannya. Sensor *flex* mempunyai sensitivitas yang tinggi. Tidak hanya sensitivitas yang tinggi, pengabelan sensor *flex* harus diatur sedemikian rupa sehingga sinyal keluaran dari masing-masing sensor *flex* tidak berhubungan atau terjadi kebocoran antara arus yang satu dengan arus dari sensor *flex* yang lainya. Pembacaan data ADC dari sensor *flex* pada mikrokontroler juga mengalami *noise*, sehingga diperlukan filter untuk mengolah *noise* dari sensor *flex* itu sendiri. Untuk memonitoring kekuatan genggam dari tangan palsu elektrik ini diperlukan indikator pula, sehingga diperlukan indikator kekuatan genggam.

### 1.3 Batasan Masalah

Untuk mempertajam dan memfokuskan permasalahan dalam Tugas Akhir ini, beberapa batasan masalah yang diambil diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Sensor yang digunakan adalah sensor *flex*, sehingga tangan palsu elektrik ini belum dapat digunakan sebagai pengganti lengan yang telah diamputasi.
- b. Sensor diletakkan pada masing masing jari pada sarung tangan
- c. Penggerak yang digunakan adalah motor *servo*.
- d. Tangan palsu elektrik dibuat dengan 3D Print dengan bahan filamen.
- e. Untuk menggerakkan jari tangan palsu elektrik menggunakan senar pancing atau kabel nichrome.

### 1.4 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah membuat tangan palsu elektrik. Dikarenakan sensor yang digunakan adalah sensor *flex*, maka dengan adanya pembuatan tangan palsu elektrik ini diperlukan penelitian kelengkungan dari sensor *flex* yang mana selanjutnya sinyal keluaran dari sensor *flex* ini dapat diolah sebagai acuan untuk menggerakkan motor *servo*. Dan untuk memonitoring kekuatan dari tangan palsu elektrik ini diperlukan indikator kekuatan.

### 1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan metodologi, yaitu : tahap studi pustaka dan survey awal, tahap perencanaan dan pembuatan alat, tahap Perencanaan dan pembuatan *software*, tahap ujia coba dan analisis data, dan yang terakhir adalah penyusunan laporan berupa buku Tugas Akhir.

Pada tahap persiapan akan dipelajari mengenai konsep pergerakan dan pengendalian kekuatan genggam tangan palsu elektrik. Pada tahap perencanaan dan pembuatan alat, akan dilakukan perancangan rangkaian elektronik yang menjadi masukan dan keluaran dari sistem, setelah perancangan rangkaian selesai dilanjutkan pembuatan program untuk mengendalikan motor *servo* dari Arduino Mega 2560. Kemudian pembuatan program untuk filter dari Sensor *Flex* dan Sensor Arus. Setelah dilakukan perencanaan dan pembuatan alat, pengujian yang telah diperoleh selanjutnya akan dianalisis. Dari hasil analisis, akan

ditarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Tahap akhir penelitian adalah penyusunan laporan penelitian.

## **1.6 Sistematika Laporan**

Pembahasan Tugas Akhir ini akan dibagi menjadi lima Bab dengan sistematika sebagai berikut:

### **Bab I      Pendahuluan**

Bab ini meliputi latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika laporan, dan relevansi.

### **Bab II     Teori Dasar**

Bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka, konsep dari Sensor *Flex*, Filter *low pass*, Arduino Mega 2560, *Power supply*, Motor *Servo*, dan Indikator kekuatan tangan palsu elektrik..

### **Bab III    Perancangan Sistem**

Bab ini membahas tentang penjelasan dari metodologi yang digunakan dan implementasinya pada teangan palsu elektrik.

### **Bab IV    Simulasi, Implementasi dan Analisis Sistem**

Bab ini memuat tentang pemaparan dan analisis hasil pengujian alat pada keadaan sebenarnya. Seperti pengujian aktivitas *servo*, dan pengujian respon dari sensor *flex*. Pada tiap pengujian akan ada analisis terkait metode yang digunakan.

### **Bab V     Penutup**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah diperoleh.

## **1.7 Relevansi**

Hasil yang diperoleh dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk perkembangan dari Tangan Palsu Elektrik yang selanjutnya, sehingga dapat digunakan secara langsung oleh orang yang



benar-benar kehilangan tangannya atau mengalami kecacatan pada tangannya.

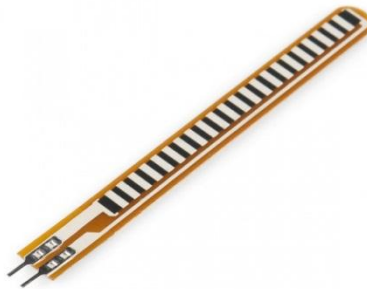
-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori yang berkaitan dengan peralatan yang akan dirancang. Teori yang mendukung penyelesaian tugas akhir ini di antaranya adalah mengenai : Sensor *Flex*, Filter *low pass*, Arduino Mega 2560, *Power supply*, dan Indikator kekuatan tangan palsu elektrik.

### 2.1 Sensor *Flex*

Sensor *flex* merupakan sebuah sensor yang mana mendeteksi pergerakan dari orang yang menyentuh ataupun menggunakannya dengan cara menekuk sensor ini yang selanjutnya sensor ini akan menghasilkan keluaran berupa resistansi, jadi sensor *flex* bisa dikategorikan pula sebagai variable resistor. Sensor *flex* yang digunakan adalah sensor *flex* dengan panjang 2,2 inci. Resistansi dari sensor *flex* ini berbanding lurus dengan sudut yang diberikan.



**Gambar 2.1** Sensor *Flex*<sup>[2]</sup>

Semakin menekuk atau semakin besar sudut yang diberikan pada sensor *flex*, maka nilai resistansinya akan menjadi semakin besar pula. Resistansi dari sensor *flex* ini bernilai 32 kiloohm ketika sensor berada

---

<sup>2</sup> Bersumber dari website <https://www.sparkfun.com/products/10264/> (diakses pada tanggal 3 Februari 2017)

pada sudut nol derajat hingga 70 kiloohm ketika sensor menekuk Sembilan puluh derajat. Untuk spesifikasi dari sensor flex dapat dilihat pada lampiran A.1.

## 2.2 Filter *low pass*[<sup>3</sup>]

Filter adalah rangkaian pemilih frekuensi agar dapat melewatkan frekuensi yang diinginkan dan menahan(*couple*)/membuang(*by pass*) frekuensi lainnya. Filter yang diterapkan pada alat ini adalah filter *low pass*, dikarenakan sifat *charge-discharge* dari filter *low pass* yang menahan frekuensi tinggi dan meloloskan frekuensi rendah. Filter diatur sedemikian rupa sehingga keuaran dari filter merupakan keluaran yang frekuensi tingginya telah ditahan dan frekuensi rendah diloloskan.

## 2.3 Motor *Servo*[<sup>4</sup>]

Motor *servo* adalah sebuah motor DC yang dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem *closed feedback* yang terintegrasi dalam motor tersebut. Pada motor *servo* posisi putaran sumbu (*axis*) dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor *servo*.



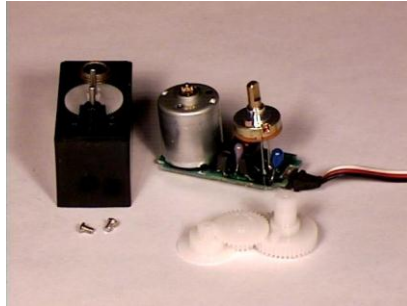
**Gambar 2.2** Motor *Servo*

Motor *servo* disusun dari sebuah motor DC, *gearbox*, variabel resistor (VR) atau potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas maksimum putaran sumbu (*axis*) motor *servo*. Sedangkan sudut dari sumbu motor *servo* diatur berdasarkan lebar pulsa yang pada pin kontrol motor *servo*.

---

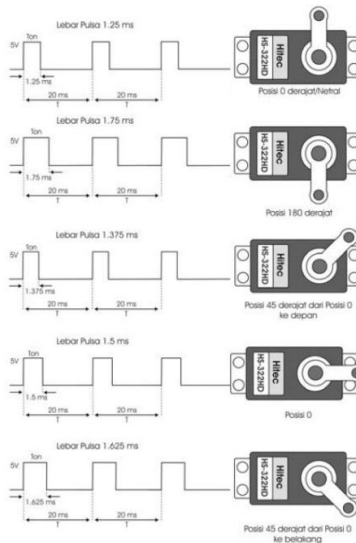
<sup>3</sup> Bersumber dari website <http://om-udin.blogspot.com/> (diakses pada tanggal 3 Februari 2017 )

<sup>4</sup> Bersumber dari website <http://elektronika-dasar.web.id/motor-servo/> (diakses pada tanggal 3 Februari 2017 )



**Gambar 2.3** Konstruksi motor *servo*

Motor *servo* adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya.



**Gambar 2.4** Pulsa kendali motor *servo*

Terdapat dua buah jenis motor *servo* jenis yaitu motor *servo* standar  $180^\circ$  dan motor *servo continuous*. Motor *servo* standar  $180^\circ$  hanya mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai  $90^\circ$  sehingga total defleksi sudut dari

kanan – tengah – kiri adalah  $180^\circ$ . Sedangkan motor *servo continuous* mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinyu).

Motor *servo* dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar  $\pm 20$  ms, dimana lebar pulsa antara 0.5 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari range sudut maksimum. Apabila motor *servo* diberikan pulsa dengan besar 1.5 ms mencapai gerakan  $90^\circ$ , maka bila kita berikan pulsa kurang dari 1.5 ms maka posisi mendekati  $0^\circ$  dan bila kita berikan pulsa lebih dari 1.5 ms maka posisi mendekati  $180^\circ$ .

## 2.4 Arduino Mega 2560<sup>[5]</sup>

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware*nya memiliki prosesor Atmel AVR dan *software*nya memiliki bahasa pemrograman sendiri.

Arduino juga merupakan platform *hardware* terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan syntax dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema *hardware* arduino dan membangunnya.

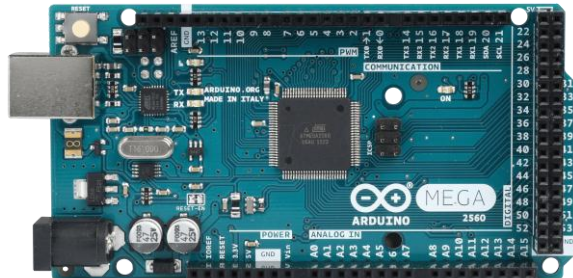
Arduino menggunakan keluarga mikrokontroler ATmega yang dirilis oleh Atmel sebagai basis, namun ada individu/perusahaan yang membuat *clone* arduino dengan menggunakan mikrokontroler lain dan tetap kompatibel dengan arduino pada level *hardware*. Untuk fleksibilitas, program dimasukkan melalui *bootloader* meskipun ada opsi untuk *mem-bypass bootloader* dan menggunakan *downloader* untuk memprogram mikrokontroler secara langsung melalui *port ISP*.

Arduino Mega2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560. Arduino Mega2560 memiliki 54 pin digital *input/output*, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *input* analog, dan 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *jack power*, *header ICSP*, dan tombol reset. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler.

---

<sup>5</sup> Bersumber dari website <https://id.wikipedia.org/wiki/Arduino> (diakses pada tanggal 3 Februari 2017 )

Untuk memulai mengaktifkannya dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau *power* dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai. Arduino Mega2560 kompatibel dengan sebagian besar *shield* yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila. Arduino Mega2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega.



**Gambar 2.5** Arduino Mega 2560

## 2.5 Pemrograman Arduino<sup>[6]</sup>

IDE (*Integrated Development Environment*) adalah program komputer yang memiliki beberapa fasilitas yang diperlukan dalam pembangunan perangkat lunak. Tujuan dari IDE adalah untuk menyediakan semua utilitas yang diperlukan dalam membangun perangkat lunak. Sebuah IDE, atau secara bebas dapat diterjemahkan sebagai Lingkungan Pengembangan Terpadu, setidaknya memiliki fasilitas: Editor, yaitu fasilitas untuk menuliskan kode sumber dari perangkat lunak.

- *Compiler*, yaitu fasilitas untuk mengecek sintaks dari kode sumber kemudian mengubah dalam bentuk binari yang sesuai dengan bahasa mesin.
- *Linker*, yaitu fasilitas untuk menyatukan data binari yang beberapa kode sumber yang dihasilkan *compiler* sehingga data-data binari tersebut menjadi satu kesatuan dan menjadi suatu program komputer yang siap dieksekusi.
- *Debugger*, yaitu fasilitas untuk mengetes jalannya program, untuk mencari *bug*/kesalahan yang terdapat dalam program.

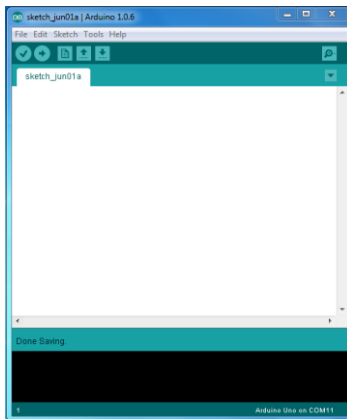
---

6 Bersumber dari website [https://id.wikipedia.org/wiki/Lingkungan\\_pengembangan\\_terpadu](https://id.wikipedia.org/wiki/Lingkungan_pengembangan_terpadu) (diakses pada tanggal 3 Februari 2017)

Disebut sebagai lingkungan karena melalui *software* inilah Arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang diberikan melalui sintaks pemrograman.

Program yang ditulis dengan menggunakan Arduino *Software* (IDE) disebut sebagai sketch. Sketch ditulis dalam suatu editor teks dan disimpan dalam file dengan ekstensi *.ino*. Teks editor pada Arduino *Software* memiliki fitur” seperti *cutting/paste* dan *seraching/replacing* sehingga memudahkan kamu dalam menulis kode program.

Pada *Software* Arduino IDE, terdapat semacam message box berwarna hitam yang berfungsi menampilkan status, seperti pesan error, *compile*, dan upload program. Di bagian bawah paling kanan Software Arduino IDE, menunjukan *board* yang terkonfigurasi beserta COM *Ports* yang digunakan. Berikut merupakan tampilan utama dari Arduino *software* (IDE) yang akan dilengkapi dengan penjelasan dari masing-masing fungsinya.



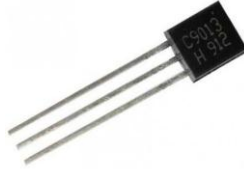
**Gambar 2.6** Tampilan Awal *Software* Arduino(IDE)

## 2.6 Indikator Kekuatan Genggaman

Pada Tugas Akhir ini digunakan rangkaian VU(*Volt Unit*) Meter yang mana rangkaian VU Meter ini cocok digunakan sebagai pada indikator kekuatan genggaman. Rangkaian VU Meter ini terdiri dari beberapa komponen dan berguna sebagai indikator pengukuran sinyal. Rangkaian VU Meter ini dapat digunakan untuk menggantikan VU Meter analog. Komponen utama yang digunakan adalah transistor C9013 dan lampu LED bar. Transistor C9013 digunakan sebagai *switch*



untuk menyalakan masing-masing LED barh. Untuk spesifikasi dari transistor C9013 dapat dilihat pada lampiran A.2.



**Gambar 2.7** C9013[7]

## 2.7 *Power supply*[8]

*Power supply* adalah perangkat keras elektronika yang berguna sebagai sumber daya listrik bagi piranti lain, piranti ini menyuplai tenaga tegangan listrik secara langsung dari sumber tegangan listrik ke tegangan listrik lainnya. *Power supply* pada umumnya berupa kotak yang diletakkan di bagian belakang atas *casing*. Selain berfungsi mengubah arus listrik, *Power supply* berfungsi sebagai penubah dari tegangan listrik AC(*Alternating Current*) menjadi tegangan DC(*Direct Current*), karena *hardware* komputer hanya dapat beroperasi dengan arus DC. *Power supply* juga berfungsi sebagai penyuplai tegangan listrik ke komponen elektronika komputer lainnya, juga mempunyai fungsi lain yaitu sebagai penstabil aliran arus tegangan listrik. Cara kerja dari *power supply* yaitu ketika tombol *power* pada *casing* ditekan, yang terjadi adalah *power supply* akan melakukan cek dan tes sebelum membiarkan sistem *start*. Jika tes telah sukses, *power supply* mengirim sinyal khusus pada *motherboard*, yang di sebut *power good*.

---

<sup>7</sup> Bersumber dari website <http://snskart.in/c9013/> (diakses pada tanggal 3 Februari 2017 )

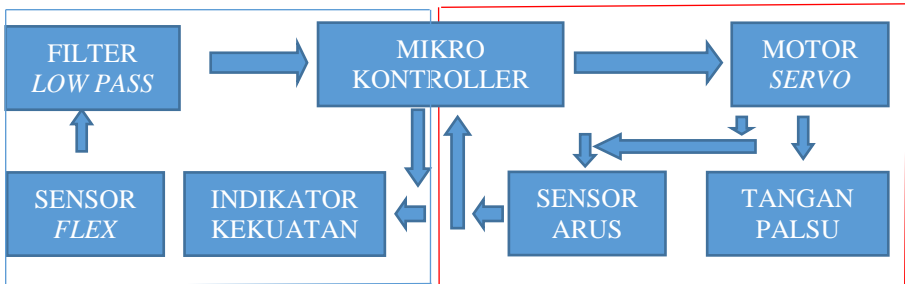
<sup>8</sup> Bersumber dari website <http://www.begal-tech.com/2015/04/pengertian-fungsi-jenis-power-supply.html> (diakses pada tanggal 3 Februari 2017 )

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

### BAB III

## PERANCANGAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini akan dibahas tentang tahapan yang dilakukan terhadap perancangan dan pembuatan Tugas Akhir Perancangan Simulator Gerak dan Sistem Monitoring untuk Menggerakkan dan Memonitoring Tangan Palsu Elektrik. Pada bagian awal dari bab ini akan dibahas mengenai diagram fungsional dari Tangan Palsu Elektrik, selanjutnya akan dijelaskan mengenai perancangan *hardware* yang digunakan, dilanjutkan dengan perancangan *software*, dan pada bagian terakhir akan dijelaskan mengenai perancangan mekanik yang digunakan.



— Muhamad Nur Robby

— Deputy Yendhika Akhri Maulid

**Gambar 3.1** Blok Fungsional Sistem

Agar sistem Tangan Palsu Elektrik dapat berjalan dan berfungsi secara optimal dibutuhkan beberapa komponen berikut :

1. Sensor *Flex*, berfungsi sebagai pembaca gerakan dari pengguna lengan palsu elektrik
2. Filter *low pass*, berfungsi untuk meredam frekuensi tinggi dan menghilangkan *noise* yang terdapat pada sinyal masukan yang didapatkan dari sensor *flex*.
3. Motor *servo*, berfungsi sebagai aktuator untuk menggerakkan jari-jari serta pergelangan tangan pada tangan palsu elektrik.
4. Arduino Mega 2560, berfungsi sebagai otak dari keseluruhan sistem pada tangan plastic elektrik.

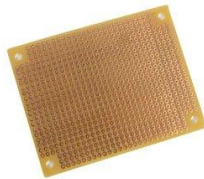
5. Sensor Arus, berfungsi sebagai respon kekuatan yang dikeluarkan motor *servo*, sehingga ketika ujung jari sudah menyentuh objek maka kekuatan dari motor *servo* akan berkurang.
6. Indikator kekuatan, berfungsi sebagai penunjuk seberapa besar kekuatan yang dikeluarkan oleh motor *servo* berdasarkan kekuatan yang digunakan pengguna pada sensor *flex*.

Adapun penjelasan dari diagram blok pada Gambar 3.1 dan juga tahapan untuk menggerakkan tangan plastik elektrik menggunakan motor *servo* hingga penunjukan kekuatan yang dikeluarkan oleh motor *servo* pada indikator kekuatan. Penjelasan dari masing-masing bagian dijelaskan pada sub bab pembuatan perangkat elektronik untuk Sensor *Flex*, pengolahan sinyal dan indikator kekuatan. Sedangkan untuk sub bab yang lain dijelaskan secara lebih rinci pada buku yang disusun oleh mahasiswa bernama Deputy Yendhika Akhri Maulid.

### 3.1 Perancangan Perangkat Sensor *Flex* untuk Pengguna

Dalam perangkat elektronik, terdapat beberapa komponen yang disusun hubungan dari antara sensor *flex*, Arduino Mega 2560 hingga pada Indikator kekuatan dapat selaras. Tahap pertama yang dilakukan adalah merancang perangkat sensor *flex* untuk pengguna. Agar hal tersebut bisa dilakukan, terdapat beberapa komponen tambahan agar pengguna dari tangan palsu elektrik dapat menggunakannya secara mudah. Beberapa komponen tambahan dan beragam fungsinya antara lain sebagai berikut :

1. PCB dot kecil, berfungsi sebagai tempat peletakkan konektor dari sensor *flex* serta resistor dan kabel *junper* yang diperlukan.



**Gambar 3.2** PCB Dot

2. Plastik pelapis pada masing-masing sensor, digunakan untuk menambah kekuatan dan fleksibilitas dari sensor *flex*.



**Gambar 3.3** Plastik Pelapis

3. Kabel *Jumper* sebanyak dua buah pada masing-masing sensor, sehingga dibutuhkan sepuluh kabel *jumper* bila diperlukan untuk menggerakkan keseluruhan lima buah jari.



**Gambar 3.4** Kabel *Jumper*

4. Selotip atau lem sebagai perekat antarsensor *flex* dengan sarung tangan yang digunakan.



**Gambar 3.5** LemTembak

5. Resistor sebesar 10K ohm pada setiap sambungan antara kabel *jumper* dengan sensor *flex*.

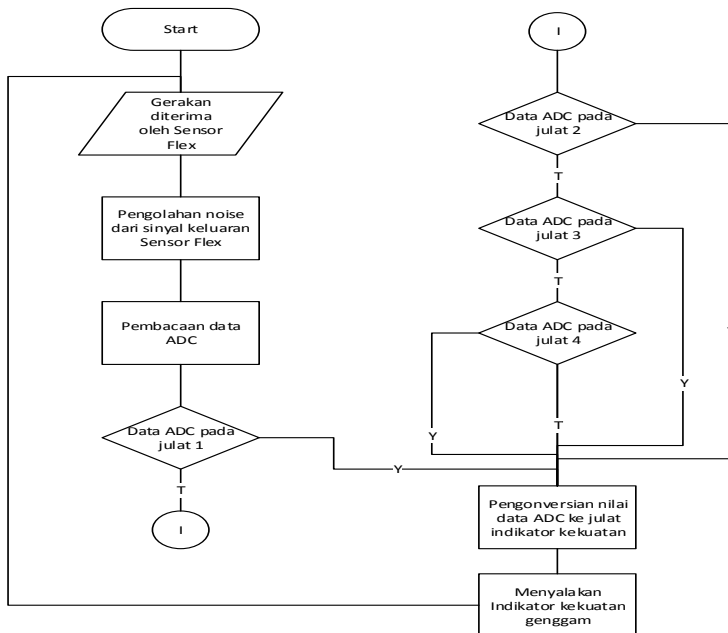


**Gambar 3.6** Resistor 10K Ohm  $\frac{1}{4}$  watt

6. Sambungkan salah satu ujung sensor *flex* terhubung ke suplai 5 VDC. Terminal lainnya terhubung ke *ground* melalui resistor 10K. *Output* ke pin *input* analog Arduino diparalel dengan Sensor *Flex* dan resistor 10K.
7. Jika dibuat lima sensor penuh dalam konfigurasi sarung tangan, maka perlu membuat sejumlah 5 pemisah tegangan secara paralel.
8. Keluaran setiap pembagi tegangan disambungkan ke pin *input* analog pada Arduino.

### 3.2 Perancangan Program Simulator Gerak dan Sistem Monitoring

Untuk merancang program simulator gerak dan sistem monitoring tangan palsu elektrik ini diperlukan pembuatan diagram alir terlebih dahulu agar dapat memudahkan jalannya pembuatan program. Berikut merupakan diagram alir yang digunakan untuk memudahkan pembuatan program:



Gambar 3.7 Diagram Alir Simulator Gerak dan Sistem Monitoring

Untuk *listing* program dari simulator gerak dan sistem monitoring tangan palsu elektrik dapat dilihat pada lampiran B.

### 3.3 Perancangan Filter Sensor *Flex*

Sensor *flex* mempunyai *noise* ketika data ADCnya dibaca oleh arduino, sehingga memerlukan filter yang mana filter ini digunakan untuk mengolah *noise* dari sensor *flex* tersebut sehingga dapat memudahkan proses pembacaannya oleh arduino. Untuk mengolah *noise* dari sensor *flex* tersebut, maka digunakan filter *low pass*. Filter *low pass* ini akan meloloskan frekuensi rendah dan meloloskan frekuensi tinggi. Dengan persamaan dari filter *low pass* adalah sebagai berikut:

$$F_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Dengan resistor yang digunakan adalah resistor dengan nilai hambatan sebesar 100 K Ohm dan kapasitor yang digunakan merupakan kapasitor dengan nilai kapasitansi 100nano Farad. Jika bilangan tersebut dimasukkan ke dalam persamaan, maka akan menjadi:

$$F_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$F_c = \frac{1}{2.3,14.100000.100.10^{-9}}$$

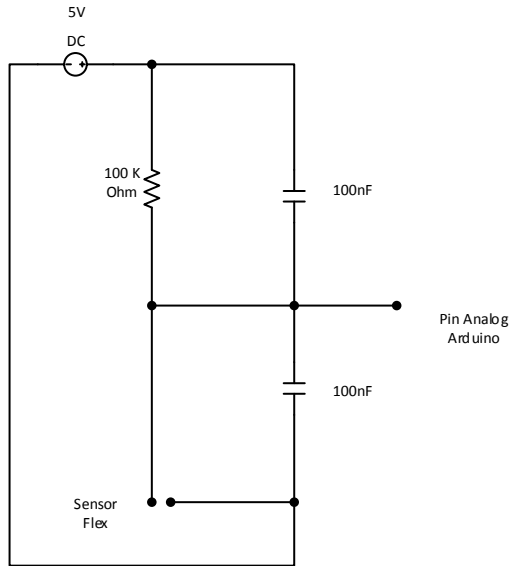
$$F_c = \frac{1000000000}{614000.100}$$

$$F_c = \frac{1000000000}{61400000}$$

Sehingga didapatkan nilai frekuensi yang diloloskan:

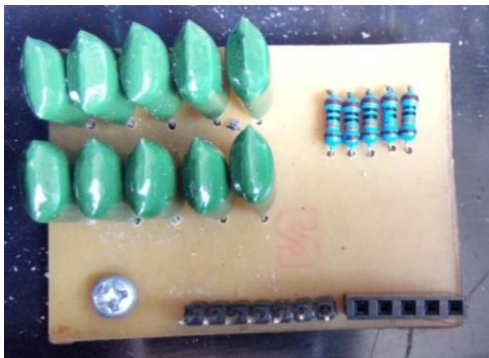
$$F_c = 15,924$$

Untuk *wiring* filter *low pass* dari rangkaian yang digunakan adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.8** Wiring Rangkaian Filter

Wiring pada gambar di atas menggunakan perangkat lunak *Microsoft Office Visio*. Wiring dilakukan pada masing-masing sensor *flex* yang digunakan. Sehingga diperlukan lima buah wiring seperti wiring di atas pada masing-masing sensor *flex* yang terdapat pada jari di sarung tangan. Berikut merupakan bentuk fisik dari rangkaian filter untuk sensor *flex*:

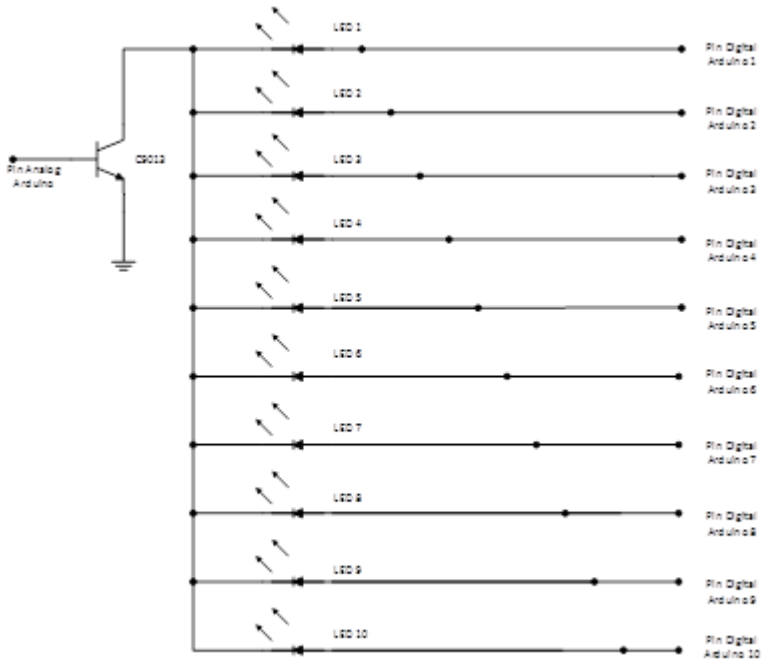


**Gambar 3.9** Bentuk Fisik Rangkaian Filter



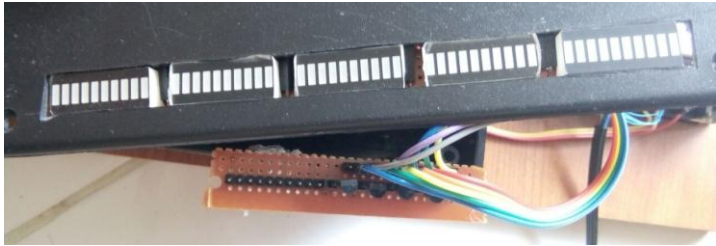
### 3.4 Perancangan Indikator Kekuatan Genggam

Untuk perancangan indikator kekuatan genggam pada tangan palsu elektrik ini digunakan kapasitor C9013 sebagai pencacah tegangan. Untuk rangkaian dari indikator kekuatan genggam adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.10** Wiring Indikator Kekuatan Genggam

Selanjutnya pada tiap-tiap pin digital arduinodisambungkan secara paralel pada masing-masing *led bar*. Sehingga pin digital arduino pertama disambungkan dengan seluruh *led bar* yang pertama, pin digital arduino kedua disambungkan dengan seluruh *led bar* yang kedua, begitu seterusnya hingga pin digital arduino kesepuluh disambungkan dengan seluruh *led bar* yang kesepuluh. Berikut merupakan bentuk fisik dari indikator kekuatan genggam:

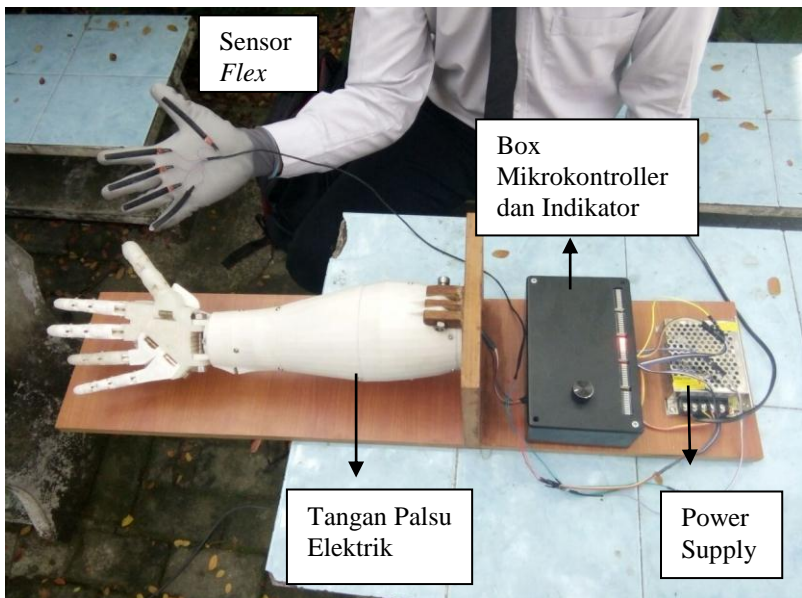


**Gambar 3.11** Bentuk Fisik Indikator Kekuatan Genggam

## BAB IV

### HASIL SIMULASI DAN IMPLEMENTASI

Untuk mengetahui bahwa sistem penggerak tangan palsu elektrik bekerja dengan benar, maka perlu dilakukan pengujian alat yang meliputi pengujian perangkat keras dan pengujian perangkat lunak. Pengujian yang dilakukan pada tangan palsu elektrik bertujuan untuk mengetahui kesesuaian antara teori dengan hasil perancangan, yaitu dengan cara membandingkan dua hal tersebut.



**Gambar 4.1** Gambar Keseluruhan Alat

#### 4.1 Pengujian Resistansi dan Tegangan Sensor *Flex*

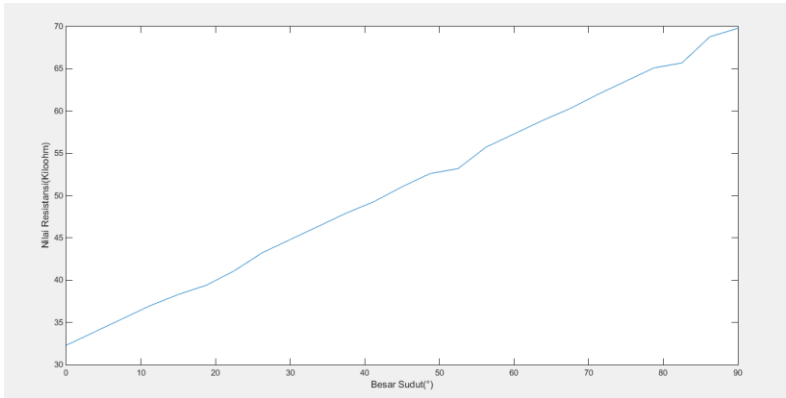
Simulasi dilakukan dengan mengambil kondisi awal yaitu posisi ketika sensor *flex* lurus dan selanjutnya diukur dengan rentang jarak sudut sebesar 3,75 derajat. Cara pengambilan data yang digunakan adalah dengan memprogram Arduino Mega 2560 dengan cara membaca serial monitor yang terdapat pada pemrogramannya di komputer. Berikut merupakan data yang telah diambil:

#### 4.1.1 Pengujian Resistansi dan Tegangan Sensor *Flex* Ibu Jari

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Sensor *Flex* Ibu Jari

Nomor	Besar Sudut (°)	Nilai Resistansi (kiloohm)	Nilai Tegangan (volt)
1	0	32.3	2.9
2	3.75	34.4	2.94
3	7.5	36.2	2.98
4	11.25	38	3.02
5	15	38.6	3.07
6	18.75	40.1	3.12
7	22.5	42.6	3.16
8	26.25	45.2	3.19
9	30	46.7	3.24
10	33.75	48.1	3.27
11	37.5	49.1	3.32
12	41.25	50.4	3.36
13	45	51.2	3.4
14	48.75	52.3	3.45
15	52.5	53	3.5
16	56.25	55.9	3.53
17	60	57.5	3.58
18	63.75	58.3	3.62
19	67.5	59.4	3.67
20	71.25	61	3.72
21	75	62.5	3.75
22	78.75	64.2	3.79
23	82.5	65.3	3.84
24	86.25	68.7	3.88
25	90	69.8	3.92

Data dari tabel di atas merupakan data yang ditampilkan pada serial monitor dari pemrograman Arduino di komputer. Bentuk grafik dari data akan diperlihatkan pada gambar di bawah ini:



**Gambar 4.2** Grafik Perbandingan Besar Sudut dengan Resistansi Ibu Jari

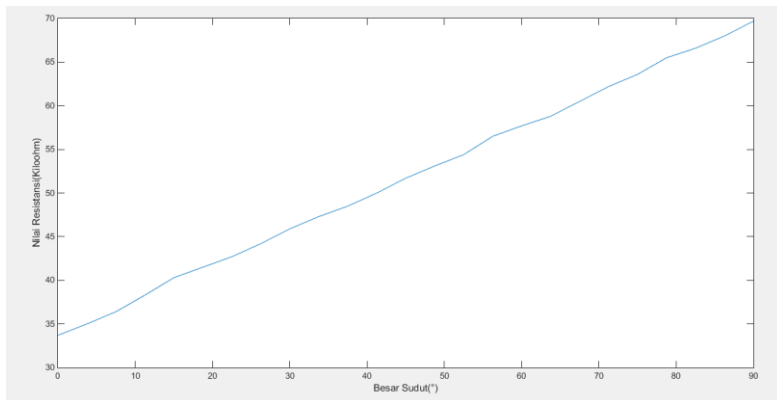
#### 4.1.2 Pengujian Resistansi dan Tegangan Sensor *Flex* Jari Telunjuk

**Tabel 4.2** Hasil Pengukuran Sensor *Flex* Jari Telunjuk

Nomor	Besar Sudut (°)	Nilai Resistansi (kiloohm)	Nilai Tegangan (volt)
1	0	33.7	3.02
2	3.75	35	3.06
3	7.5	36.4	3.10
4	11.25	38.3	3.14
5	15	40.3	3.17
6	18.75	41.5	3.21
7	22.5	42.7	3.25
8	26.25	44.2	3.28
9	30	45.9	3.32
10	33.75	47.3	3.36
11	37.5	48.5	3.40
12	41.25	50	3.43
13	45	51.7	3.47

14	48.75	53.1	3.51
15	52.5	54.4	3.54
16	56.25	56.5	3.58
17	60	57.7	3.62
18	63.75	58.8	3.66
19	67.5	60.5	3.69
20	71.25	62.2	3.73
21	75	63.6	3.77
22	78.75	65.5	3.80
23	82.5	66.6	3.84
24	86.25	68	3.88
25	90	69.7	3.91

Data dari tabel di atas merupakan data yang ditampilkan pada serial monitor dari pemrograman Arduino di komputer. Bentuk grafik dari data akan diperlihatkan pada gambar di bawah ini:



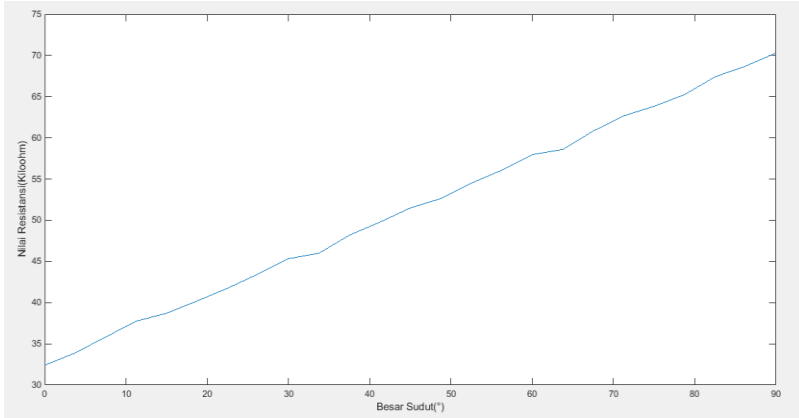
**Gambar 4.3** Grafik Perbandingan Besar Sudut dengan Resistansi Jari Telunjuk

### 4.1.3 Pengujian Resistansi dan Tegangan Sensor *Flex* Jari Tengah

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Sensor *Flex* Jari Tengah

Nomor	Besar Sudut (°)	Nilai Resistansi (kiloohm)	Nilai Tegangan (volt)
1	0	32.4	2.91
2	3.75	33.9	2.95
3	7.5	35.83	3.00
4	11.25	37.75	3.04
5	15	38.7	3.08
6	18.75	40.2	3.13
7	22.5	41.75	3.17
8	26.25	43.47	3.21
9	30	45.33	3.26
10	33.75	46	3.30
11	37.5	48.19	3.34
12	41.25	49.77	3.39
13	45	51.5	3.43
14	48.75	52.63	3.47
15	52.5	54.5	3.52
16	56.25	56.08	3.56
17	60	57.97	3.60
18	63.75	58.58	3.65
19	67.5	60.83	3.69
20	71.25	62.67	3.73
21	75	63.83	3.77
22	78.75	65.25	3.82
23	82.5	67.42	3.86
24	86.25	68.7	3.90
25	90	70.3	3.95

Data dari tabel di atas merupakan data yang ditampilkan pada serial monitor dari pemrograman Arduino di komputer. Bentuk grafik dari data akan diperlihatkan pada gambar di bawah ini:



**Gambar 4.4** Grafik Perbandingan Besar Sudut dengan Resistansi Jari Tengah

#### 4.1.4 Pengujian Resistansi dan Tegangan Sensor *Flex* Jari Manis

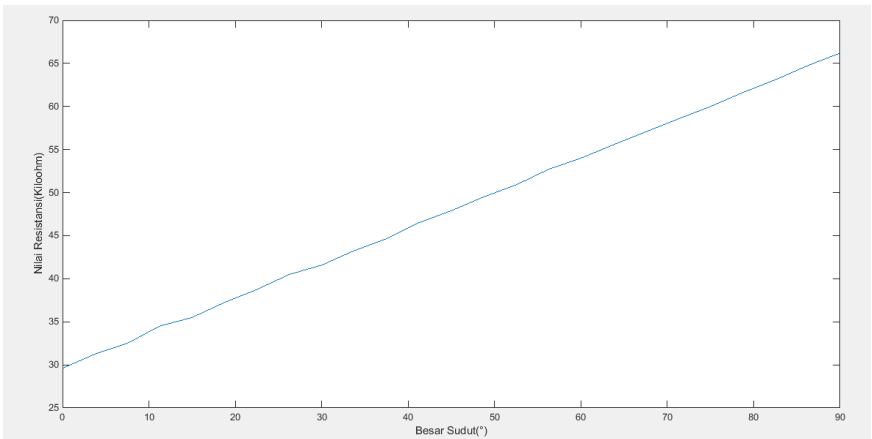
**Tabel 4.4** Hasil Pengukuran Sensor *Flex* Jari Manis

Nomor	Besar Sudut (°)	Nilai Resistansi (kilohm)	Nilai Tegangan (volt)
1	0	29.6	2.66
2	3.75	31.25	2.70
3	7.5	32.5	2.75
4	11.25	34.5	2.79
5	15	35.5	2.83
6	18.75	37.25	2.88
7	22.5	38.75	2.92
8	26.25	40.5	2.97
9	30	41.58	3.01
10	33.75	43.25	3.06
11	37.5	44.65	3.10
12	41.25	46.5	3.14
13	45	47.9	3.19
14	48.75	49.5	3.23
15	52.5	50.9	3.28
16	56.25	52.7	3.32



17	60	54	3.36
18	63.75	55.55	3.41
19	67.5	57.05	3.45
20	71.25	58.55	3.50
21	75	60	3.54
22	78.75	61.63	3.59
23	82.5	63.1	3.63
24	86.25	64.75	3.67
25	90	66.2	3.72

Data dari tabel di atas merupakan data yang ditampilkan pada serial monitor dari pemrograman Arduino di komputer. Bentuk grafik dari data akan diperlihatkan pada gambar di bawah ini:



**Gambar 4.5** Grafik Perbandingan Besar Sudut dengan Resistansi Jari Manis

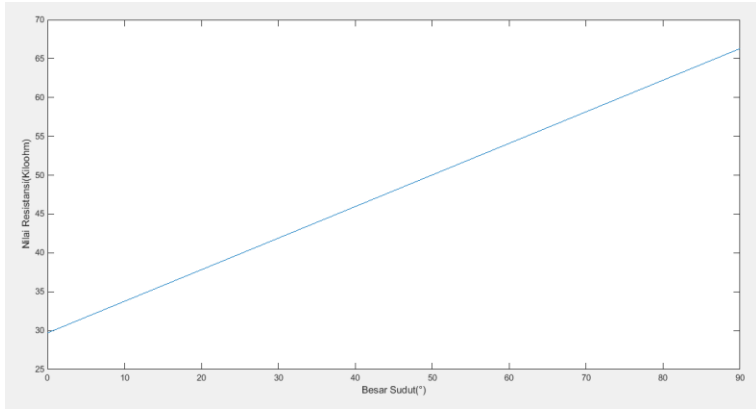
#### 4.1.5 Pengujian Resistansi dan Tegangan Sensor *Flex* Jari Kelingking

**Tabel 4.5** Hasil Pengukuran Sensor *Flex* Jari Kelingking

Nomor	Besar Sudut (°)	Nilai Resistansi (kiloohm)	Nilai Tegangan (volt)
1	0	29.7	2.67
2	3.75	31.5	2.71

3	7.5	32.5	2.75
4	11.25	34.5	2.80
5	15	35	2.84
6	18.75	37	2.89
7	22.5	39.5	2.93
8	26.25	40.75	2.97
9	30	41.9	3.02
10	33.75	43.5	3.06
11	37.5	45.4	3.11
12	41.25	46.75	3.15
13	45	48.4	3.20
14	48.75	49.25	3.24
15	52.5	51.35	3.28
16	56.25	52.75	3.33
17	60	55.1	3.37
18	63.75	55.9	3.42
19	67.5	56.75	3.46
20	71.25	57.85	3.50
21	75	61	3.55
22	78.75	61.5	3.59
23	82.5	63.25	3.64
24	86.25	64.9	3.68
25	90	66.3	3.72

Data dari tabel di atas merupakan data yang ditampilkan pada serial monitor dari pemrograman Arduino di komputer. Bentuk grafik dari data akan diperlihatkan pada gambar di bawah ini:



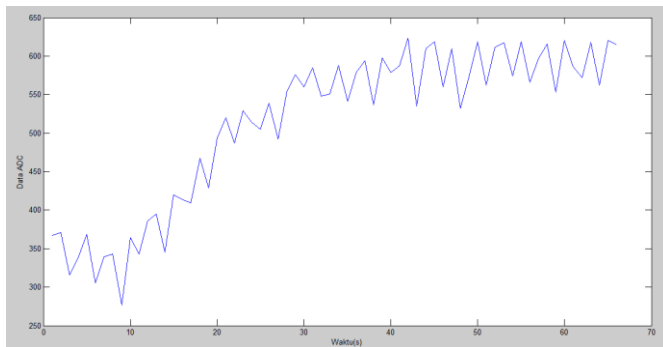
**Gambar 4.6** Grafik Perbandingan Besar Sudut dengan Resistansi Jari Manis

## 4.2 Pembacaan Sensor *Flex* pada Arduino

Pembacaan data adc sensor *flex* dari arduino didapatkan data yang *noisanya* sudah dihilangkan dengan rangkaian filter sebelumnya. Sehingga sinyal yang didapatkan dapat lebih mudah terbaca dan lebih mudah dalam pengaturan posisi dari motor *servo*. Berikut merupakan data yang diperoleh:

### 4.2.1 Data ADC Sensor Sebelum diberi Filter

Grafik di bawah ini merupakan grafik dari data ADC sensor *flex* tanpa menggunakan filter:



**Gambar 4.7** Grafik Pengambilan Data Sensor *Flex* tanpa Filter

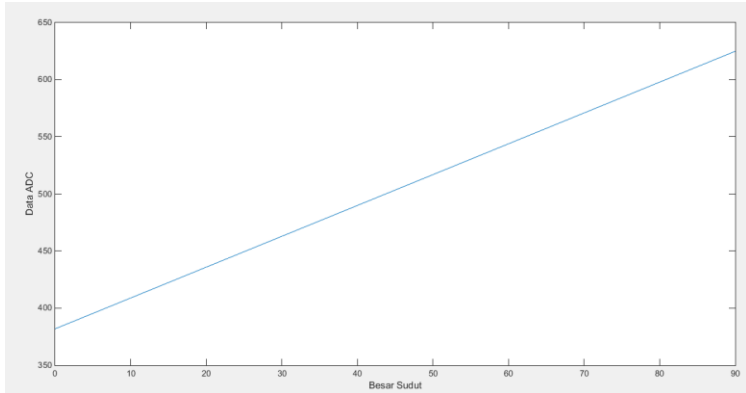
Dapat dilihat dari grafik di atas bahwa terdapat banyak sekali *noise* yang dapat menyebabkan pengolahan data yang kelak akan digunakan untuk menggerakkan motor *servo* kurang bagus, sehingga diperlukan filter untuk mengolah *noise* tersebut.

#### 4.2.2 Data ADC Sensor *Flex* di Ibu Jari

Tabel di bawah ini merupakan tabel dari pengambilan data ADC dari sensor *flex* yang dilakukan pada ibu jari dengan julat data 382 sampai dengan 622.

**Tabel 4.6** Hasil Pembacaan Data ADC Sensor *Flex* Ibu Jari

Besar Sudut(°)	Data ADC
0	382
10	408
20	434
30	461
40	488
50	517
60	543
70	568
80	596
90	622



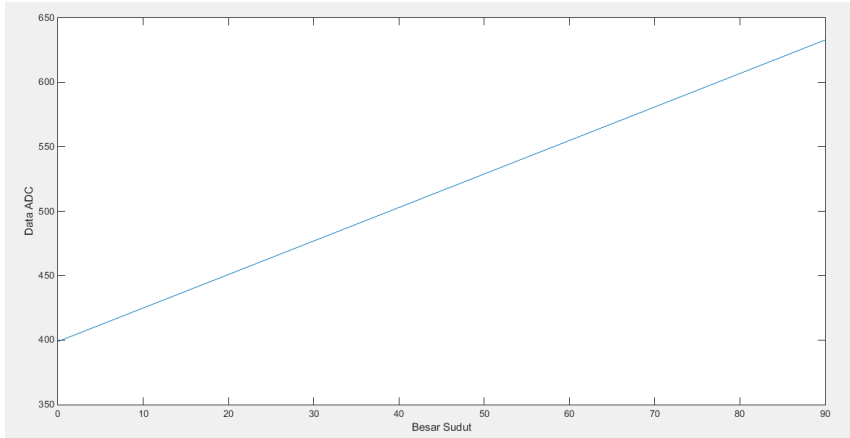
**Gambar 4.8** Grafik Pembacaan Data ADC Sensor *Flex* Ibu Jari

#### 4.2.3 Data ADC Sensor *Flex* di Jari Telunjuk

Tabel di bawah ini merupakan tabel dari pengambilan data ADC dari sensor *flex* yang dilakukan pada jari telunjuk dengan julat data 399 sampai dengan 621.

**Tabel 4.7** Hasil Pembacaan Data ADC Sensor *Flex* Jari Telunjuk

Besarnya Sudut(°)	Data ADC
0	399
10	425
20	498
30	475
40	499
50	525
60	551
70	575
80	508
90	621



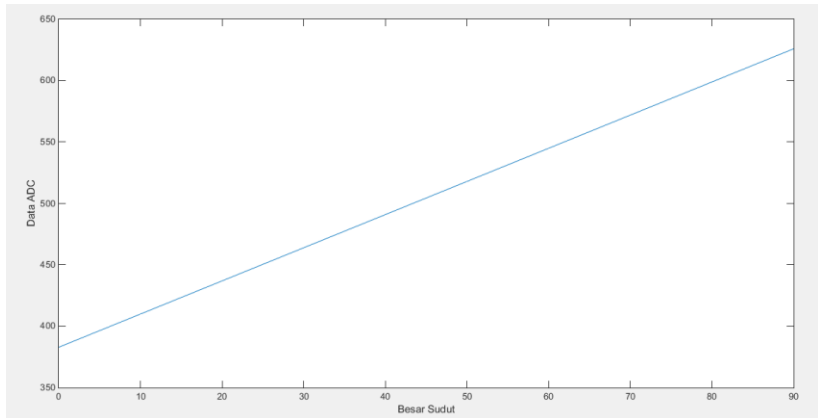
**Gambar 4.9** Grafik Pembacaan Data ADC Sensor *Flex* Jari Telunjuk

#### 4.2.4 Data ADC Sensor *Flex* di Jari Tengah

Tabel di bawah ini merupakan tabel dari pengambilan data ADC dari sensor *flex* yang dilakukan pada jari tengah dengan julat data 383 sampai dengan 626.

**Tabel 4.8** Hasil Pembacaan Data ADC Sensor *Flex* Jari Tengah

Besar Sudut(°)	Data ADC
0	383
10	410
20	437
30	464
40	491
50	518
60	545
70	572
80	599
90	626



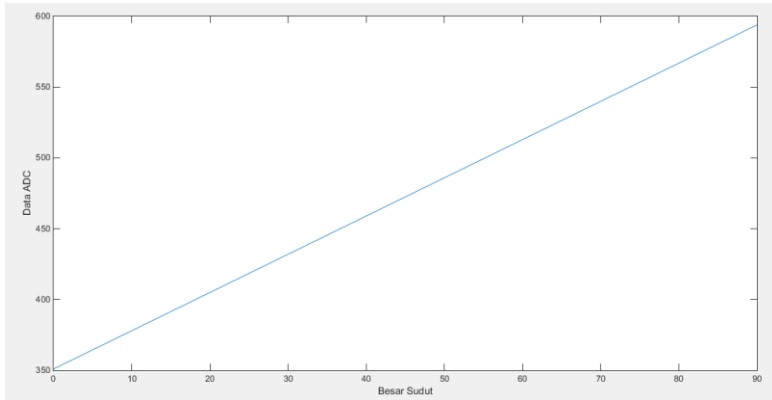
**Gambar 4.10** Grafik Pembacaan Data ADC Sensor *Flex* Jari Tengah

#### 4.2.5 Data ADC Sensor *Flex* di Jari Manis

Tabel di bawah ini merupakan tabel dari pengambilan data ADC dari sensor *flex* yang dilakukan pada jari manis dengan julat data 350 sampai dengan 590.

**Tabel 4.9** Hasil Pembacaan Data ADC Sensor *Flex* Jari Manis

Besar Sudut(°)	Data ADC
0	350
10	377
20	404
30	431
40	458
50	485
60	512
70	539
80	566
90	590



**Gambar 4.11** Grafik Pembacaan Data ADC Sensor *Flex* Jari Manis

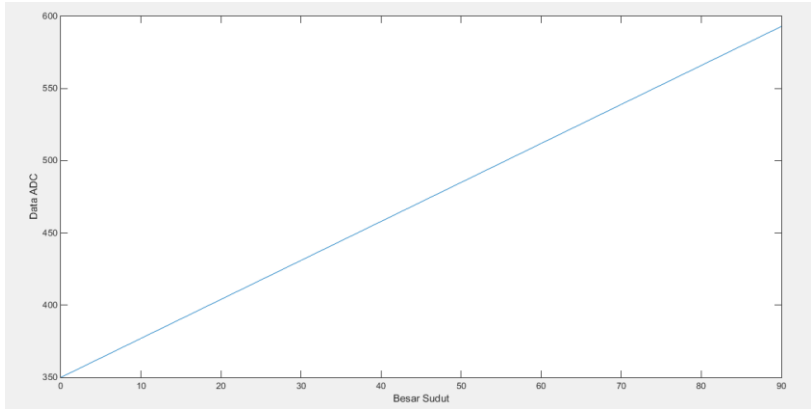
#### 4.2.6 Data ADC Sensor *Flex* di Jari Kelingking

Tabel di bawah ini merupakan tabel dari pengambilan data ADC dari sensor *flex* yang dilakukan pada jari manis dengan julat data 351 sampai dengan 591.

**Tabel 4.10** Hasil Pembacaan Data ADC Sensor *Flex* Jari Kelingking

Besar Sudut(°)	Data ADC
0	351
10	378
20	405
30	432
40	459
50	486
60	513
70	540
80	567
90	591





**Gambar 4.12** Grafik Pembacaan Data ADC Sensor *Flex* Jari Kelingking

### 4.3 Pengujian Indikator Kekuatan Genggam

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan dari sensor *flex* yang mana tegangan keluaran dari sensor *flex* ini akan digunakan sebagai acuan dari indikator kekuatan genggam tangan palsu elektrik. Proses pengambilan data dari indikator kekuatan genggam ini diberikan kondisi awal ketika sensor *flex* dalam keadaan lurus, selanjutnya ditekek hingga indikator menunjukkan perubahan sampai dengan batas maksimal dari masing-masing indikator kekuatan genggam tersebut. Berikut merupakan data yang telah diambil :

#### 4.3.1 Pengujian Indikator Kekuatan Genggam Ibu Jari

Pengambilan data direpresentasikan menggunakan gambar-gambar di bawah:



**Gambar 4.13** Indikator Ibu Jari Level 1



**Gambar 4.14** Indikator Ibu Jari Level 2



**Gambar 4.15** Indikator Ibu Jari Level 3



**Gambar 4.16** Indikator Ibu Jari Level 4



**Gambar 4.17** Indikator Ibu Jari Level 5

Berikut merupakan hasil pengambilan data indikator kekuatan genggam ibu jari dalam tabel:

**Tabel 4.11** Hasil Pengambilan Data Indikator Kekuatan Genggam Ibu Jari

Besar Sudut(°)	Indikator Kekuatan Genggam
0-17	2LED
18-35	4LED
36-50	6LED
51-70	8LED
71-90	10LED

#### 4.3.2 Pengujian Indikator Kekuatan Genggam Jari Telunjuk

Pengambilan data direpresentasikan menggunakan gambar-gambar di bawah:



**Gambar 4.18** Indikator Jari Telunjuk Level 1



**Gambar 4.19** Indikator Jari Telunjuk Level 2



**Gambar 4.20** Indikator Jari Telunjuk Level 3



**Gambar 4.21** Indikator Jari Telunjuk Level 4

Berikut merupakan hasil pengambilan data indikator kekuatan genggam jari telunjuk dalam tabel:

**Tabel 4.12** Hasil Pengambilan Data Indikator Kekuatan Genggam Jari Telunjuk

Besar Sudut( $^{\circ}$ )	Indikator Kekuatan Genggam
0-20	2LED
21-35	4LED
36-52	6LED
53-90	8LED
	10LED

Dari gambar dan tabel didapatkan bahwa LED level 5 atau ketika LED menyala semua tidak ada, hal tersebut disebabkan karena LED *graph* yang digunakan rusak, kedua LED yang berada di ujung putus, sehingga indikator untuk jari telunjuk tidak dapat menyala secara keseluruhan.

### 4.3.3 Pengujian Indikator Kekuatan Genggam Jari Tengah

Pengambilan data direpresentasikan menggunakan gambar-gambar di bawah:



**Gambar 4.22** Indikator Jari Tengah Level 1



**Gambar 4.23** Indikator Jari Tengah Level 2



**Gambar 4.24** Indikator Jari Tengah Level 3



**Gambar 4.25** Indikator Jari Tengah Level 4



**Gambar 4.26** Indikator Jari Tengah Level 5

Berikut merupakan hasil pengambilan data indikator kekuatan genggam jari tengah dalam tabel:

**Tabel 4.13** Hasil Pengambilan Data Indikator Kekuatan Genggam Jari Tengah

Besar Sudut(°)	Indikator Kekuatan Genggam
0-18	2LED
19-36	4LED
37-50	6LED

51-71	8LED
72-90	10LED

#### 4.3.4 Pengujian Indikator Kekuatan Genggam Jari Manis

Pengambilan data direpresentasikan menggunakan gambar-gambar di bawah:



**Gambar 4.27** Indikator Jari Manis Level 1



**Gambar 4.28** Indikator Jari Manis Level 2



**Gambar 4.29** Indikator Jari Manis Level 3



**Gambar 4.30** Indikator Jari Manis Level 4



**Gambar 4.31** Indikator Jari Manis Level 5

Berikut merupakan hasil pengambilan data indikator kekuatan genggam jari manis dalam tabel:

**Tabel 4.14** Hasil Pengambilan Data Indikator Kekuatan Genggam Jari Manis

Besar Sudut(°)	Indikator Kekuatan Genggam
0-18	2LED
16-37	4LED
38-55	6LED
56-75	8LED
76-90	10LED

#### 4.3.5 Pengujian Indikator Kekuatan Genggam Jari Kelingking

Pengambilan data direpresentasikan menggunakan gambar-gambar di bawah:



**Gambar 4.32** Indikator Jari Kelingking Level 1



**Gambar 4.33** Indikator Jari Kelingking Level 2



**Gambar 4.34** Indikator Jari Kelingking Level 3



**Gambar 4.35** Indikator Jari Kelingking Level 5

Berikut merupakan hasil pengambilan data indikator kekuatan genggam jari kelingking dalam tabel:

**Tabel 4.15** Hasil Pengambilan Data Indikator Kekuatan Genggam Jari Kelingking

Besar Sudut(°)	Indikator Kekuatan Genggam
0-18	2LED
19-33	4LED
34-52	6LED
53-90	10LED

Dari gambar dan tabel didapatkan bahwa LED level 4 atau ketika LED menyala delapan buah tidak ada, sehingga indikator untuk jari kelingking tidak dapat menyala secara maksimal.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil pensimulasian dan pengimplementasian tangan palsu elektrik, dapat disimpulkan bahwa:

- Resistansi sensor *flex* yang digunakan saat keadaan lurus atau tidak ditekuk adalah 32,8 kiloohm sampai dengan keadaan ditekuk dengan sudut sembilan puluh derajat adalah 69,8 kiloohm.
  1. Ibu jari bernilai 32,8 kiloohm sampai 69,8 kiloohm.
  2. Jari telunjuk bernilai 33,7 kiloohm sampai 69,7 kiloohm.
  3. Jari tengah bernilai 32,4 kiloohm sampai 70,3 kiloohm.
  4. Jari manis bernilai 29,6 kiloohm sampai 66,2 kiloohm.
  5. Jari kelingking bernilai 29,7 kiloohm sampai 66,3 kiloohm.
- Besar tegangan yang ditimbulkan arduino untuk menggerakkan motor *servo* dari pergerakan sensor *flex* pada:
  1. Ibu jari bernilai 2,9 volt sampai 3,92 volt.
  2. Jari telunjuk bernilai 3,02 volt sampai 3,91 volt.
  3. Jari tengah bernilai 2,91 volt sampai 3,95 volt.
  4. Jari manis bernilai 2,66 volt sampai 3,72 volt.
  5. Jari kelingking bernilai 2,67 volt sampai 3,72 volt.
- Besar nilai ADC dari sensor *flex* pada:
  1. Ibu jari bernilai 350 sampai 626.
  2. Jari telunjuk bernilai 399 sampai 621.
  3. Jari tengah bernilai 383 sampai 626.
  4. Jari manis bernilai 350 sampai 590.
  5. Jari kelingking bernilai 351 sampai 591.
- Jarak sudut untuk masing-masing level indikator kekuatan genggam adalah 18 derajat.

#### **5.2 Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebaiknya merealisasikan dengan sensor otot sehingga dapat menggantikan tangan orang yang cacat dari lahir maupun akibat dari kecelakaan.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Politeknik Kesehatan Kemenkes Jakarta I. “Jurnal Kesehatan”, <URL: [https://www.poltekkesjakarta1.ac.id/ortotik\\_prostetik/read-el-dt-jurnal-ortotik-prostetik](https://www.poltekkesjakarta1.ac.id/ortotik_prostetik/read-el-dt-jurnal-ortotik-prostetik)>, [Online], pp. 03-02-2017.
- [2] Sparkfun, “Flex Sensor 2.2”, <URL: <https://www.sparkfun.com/products/10264/>>, [Online], pp. 03-02-2017.
- [3] Zuhri, Saifudin, “The Filter”, <URL: <http://omudin.blogspot.com/>>, [Online], pp. 03-02-2017.
- [4] Elektronika Dasar, “Motor Servo”, <URL: <http://elektronika-dasar.web.id/motor-servo/>>, [Online], pp. 03-02-2017.
- [5] Wikipedia, “Arduino”, <URL: <https://id.wikipedia.org/wiki/Arduino> >, [Online], pp. 03-02-2017.
- [6] Wikipedia, “Lingkungan Pengembangan Terpadu”, <URL: [https://id.wikipedia.org/wiki/Lingkungan\\_pengembangan\\_terpadu](https://id.wikipedia.org/wiki/Lingkungan_pengembangan_terpadu) >, [Online], pp. 03-02-2017.
- [7] Switchless Nvironment System, “C9013”, <URL: <http://snskart.in/c9013> >, [Online], pp. 03-02-2017.
- [8] Begal Technology, “Pengertian Fungsi Jenis Power supply”, <URL: <http://www.begal-tech.com/2015/04/pengertian-fungsi-jenis-power-supply.html> >, [Online], pp. 03-02-2017.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

# LAMPIRAN A

## A.1. Spesifikasi Sensor Flex



## FLEX SENSOR FS

### Features

- Angle Displacement Measurement
- Bends and Flexes physically with motion device
- Possible Uses
  - Robotics
  - Gaming (Virtual Motion)
  - Medical Devices
  - Computer Peripherals
  - Musical Instruments
  - Physical Therapy
- Simple Construction
- Low Profile

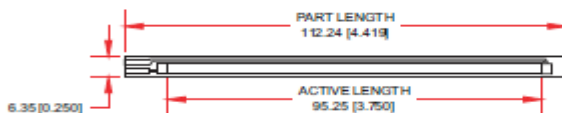
### Mechanical Specifications

- Life Cycle: >1 million
- Height:  $\pm 0.43\text{mm}$  (0.017")
- Temperature Range: -35°C to +80°C

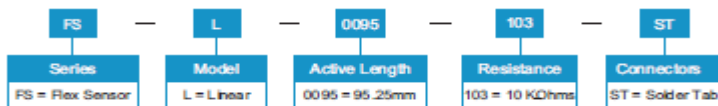
### Electrical Specifications

- Flat Resistance: 10K Ohms  $\pm 30\%$
- Bend Resistance: minimum 2 times greater than the flat resistance at 180° pinch bend (see "How it Works" below)
- Power Rating : 0.5 Watts continuous; 1 Watt Peak

### Dimensional Diagram - Stock Flex Sensor



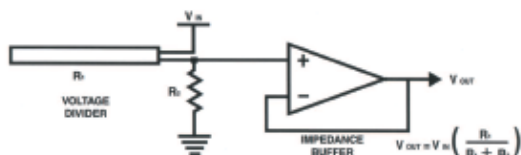
### How to Order - Stock Flex Sensor



### How It Works



## BASIC FLEX SENSOR CIRCUIT:



Following are notes from the ITP Flex Sensor Workshop

"The impedance buffer in the [Basic Flex Sensor Circuit] (above) is a single sided operational amplifier, used with these sensors because the low bias current of the op amp reduces error due to source impedance of the flex sensor as voltage divider. Suggested op amps are the LM358 or LM324."

"You can also test your flex sensor using the simplest circuit, and skip the op amp."

"Adjustable Buffer - a potentiometer can be added to the circuit to adjust the sensitivity range."

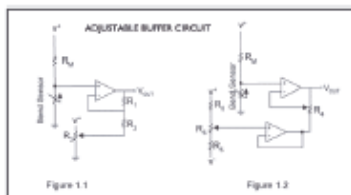
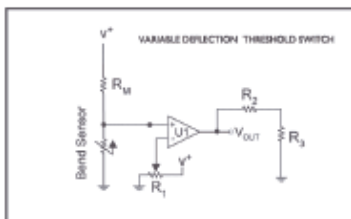


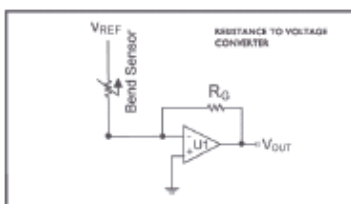
Figure 1.1

Figure 1.2

"Variable Deflection Threshold Switch - an op amp is used and outputs either high or low depending on the voltage of the inverting input. In this way you can use the flex sensor as a switch without going through a microcontroller."



"Resistance to Voltage Converter - use the sensor as the input of a resistance to voltage converter using a dual sided supply op-amp. A negative reference voltage will give a positive output. Should be used in situations when you want output at a low degree of bending."



## A.2. Spesifikasi Transistor C9013



SEMICONDUCTOR  
TECHNICAL DATA

KTC9013  
EPITAXIAL PLANAR NPN TRANSISTOR

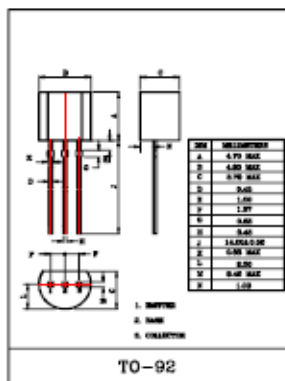
GENERAL PURPOSE APPLICATION.  
SWITCHING APPLICATION.

### FEATURES

- Excellent  $h_{FE}$  Linearity.
- Complementary to KTC9012

### MAXIMUM RATINGS ( $T_a=25^\circ\text{C}$ )

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Collector-Base Voltage	$V_{(CB)}$	40	V
Collector-Emitter Voltage	$V_{(CE)}$	30	V
Emitter-Base Voltage	$V_{(EB)}$	5	V
Collector Current	$I_C$	500	mA
Emitter Current	$I_E$	-500	mA
Collector Power Dissipation	$P_C$	625	mW
Junction Temperature	$T_j$	150	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-55 ~ 150	$^\circ\text{C}$



### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_a=25^\circ\text{C}$ )

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Collector Cut-off Current	$I_{CBO}$	$V_{CB}=35\text{V}$ , $I_E=0$	-	-	0.1	$\mu\text{A}$
Emitter Cut-off Current	$I_{EBO}$	$V_{EB}=5\text{V}$ , $I_C=0$	-	-	0.1	$\mu\text{A}$
DC Current Gain	$h_{FE}(\text{Note})$	$V_{CE}=1\text{V}$ , $I_C=50\text{mA}$	64	-	246	
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C=100\text{mA}$ , $I_E=10\text{mA}$	-	0.1	0.25	V
Base-Emitter Voltage	$V_{BE}$	$I_C=100\text{mA}$ , $V_{CE}=1\text{V}$	-	0.8	1.0	V
Transition Frequency	$f_T$	$V_{CE}=6\text{V}$ , $I_C=20\text{mA}$ , $f=100\text{MHz}$	140	-	-	MHz
Collector Output Capacitance	$C_{ob}$	$V_{CE}=6\text{V}$ , $I_C=0$ , $f=1\text{MHz}$	-	7.0	-	pF

Note :  $h_{FE}$  Classification D64~91, E78~112, F96~135, G118~168, H144~202, I176~246

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



## LAMPIRAN B

### Program Simulator Gerak dan Sistem Monitoring

```
int scanpin;
int a;
int b=1;
int bar1,bar2,bar3,bar4,bar5;
int je = A0;
int tl = A1;
int te = A2;
int ma = A3;
int kl = A4;
int pr = A5;
int s1 = A6;
int s2 = A7;
int s3 = A8;
int s4 = A9;
int s5 = A10;
int val1, val2, val3, val4, val5, val7, val8, val9, val10, val11;
int av1 = 0, av2 = 0, av3 = 0, av4 = 0, av5 = 0;
void loop() {
    val1 = analogRead(je);
    val2 = analogRead(tl);
    val3 = analogRead(te);
    val4 = analogRead(ma);
    val5 = analogRead(kl);
    val7 = analogRead(s1);
    val8 = analogRead(s2);
    val9 = analogRead(s3);
    val10 = analogRead(s4);
    val11 = analogRead(s5);
    av1 = map(val1, 0, 1023, 180, 180 );
    av2 = map(val2, 1023, 0, 180, 0 );
    av3 = map(val3, 1023, 0, 180, 0 );
    av4 = map(val4, 1023, 0, 180, 0 );
    av5 = map(val5, 1023, 0, 180, 0 );

    if((av1>=382&&av1<=442)||av1<381){
        bar1=1;
    }
}
```

```

}
if(av1>=443&&av1<=502){
bar1=2;
}
if(av1>=503&&av1<=562){
bar1=3;
}
if(av1>=563&&av1<=){
bar1=4;
}
if(av1>=55){
bar1=5;
}

if((av2>=399&&av2<=444)||av2<398){
bar2=1;
}
if(av2>=445&&av2<=488){
bar2=2;
}
if(av2>=489&&av2<=532){
bar2=3;
}
if(av2>=533&&av2<=577){
bar2=4;
}
if(av2>=578){
bar2=5;
}

if((av3>=383&&av3<=432)||av3<382){
bar3=1;
}
if(av3>=433&&av3<=481){
bar3=2;
}
if(av3>=482&&av3<=529){
bar3=3;
}
}

```

```

if(av3>=530&&av3<=577){
bar3=4;
}
if(av3>=578){
bar3=5;
}

if((av4>=350&&av4<=364||av4<349)){
bar4=1;
}
if(av4>=365&&av4<=380){
bar4=2;
}
if(av4>=381&&av4<=395){
bar4=3;
}
if(av4>=396&&av4<=544){
bar4=4;
}
if(av4>=545){
bar4=5;
}

if((av5>=351&&av5<=398)||av5<350){
bar5=1;
}
if(av5>=399&&av5<=447){
bar5=2;
}
if(av5>=448&&av5<=496){
bar5=3;
}
if(av5>=597&&av5<=545){
bar5=4;
}
if(av5>=546){
bar5=5;
}
masukan(bar1,bar2,bar3,bar4,bar5);

```

```

}

void full(){
  for(a=20;a<=29;a++)
  {
    digitalWrite(a,HIGH);
  }
}

void level1(){
  for(a=20;a<=21;a++)
  {
    digitalWrite(a,HIGH);
  }
  for(a=22;a<=29;a++)
  {
    digitalWrite(a,LOW);
  }
}

void level2(){
  for(a=20;a<=23;a++)
  {
    digitalWrite(a,HIGH);
  }
  for(a=24;a<=29;a++)
  {
    digitalWrite(a,LOW);
  }
}

void level3(){
  for(a=20;a<=25;a++)
  {
    digitalWrite(a,HIGH);
  }
  for(a=26;a<=29;a++)
  {
    digitalWrite(a,LOW);
  }
}

```

```

    }
}

void level4(){
    for(a=20;a<=27;a++)
    {
        digitalWrite(a,HIGH);
    }
    for(a=28;a<=29;a++)
    {
        digitalWrite(a,LOW);
    }
}

void kosong(){
    for(a=20;a<=29;a++)
    {
        digitalWrite(a,LOW);
    }
}

void masukan(int bil1,int bil2,int bil3,int bil4,int bil5)
{
    scanpin=36;
    for(scanpin=30;scanpin<=34;scanpin++)
    {
        digitalWrite(scanpin,HIGH);
        if(scanpin==30)
        {
            if(bil1==1){
                level1();
            }
            else if(bil1==2){
                level2();
            }
            else if(bil1==3){
                level3();
            }
            else if(bil1==4){

```

```

    level4();
}
else if(bil1==5){
    full();
}
delay(b);
}
else if(scanpin==31)
{
    if(bil2==1){
        level1();
    }
    else if(bil2==2){
        level2();
    }
    else if(bil2==3){
        level3();
    }
    else if(bil2==4){
        level4();
    }
    else if(bil2==5){
        full();
    }
    delay(b);
}
else if(scanpin==32)
{
    if(bil3==1){
        level1();
    }
    else if(bil3==2){
        level2();
    }
    else if(bil3==3){
        level3();
    }
    else if(bil3==4){
        level4();
    }
}

```

```

}
else if(bil3==5){
    full();
}
delay(b);
}
else if(scanpin==33)
{
    if(bil4==1){
        level1();
    }
    else if(bil4==2){
        level2();
    }
    else if(bil4==3){
        level3();
    }
    else if(bil4==4){
        level4();
    }
    else if(bil4==5){
        full();
    }
    delay(b);
}
else if(scanpin==34)
{
    if(bil5==1){
        level1();
    }
    else if(bil5==2){
        level2();
    }
    else if(bil5==3){
        level3();
    }
    else if(bil5==4){
        level4();
    }
}

```

```
else if(bil5==5){
    full();
}
delay(b);
}
delay(1);
digitalWrite(scanpin,LOW);
}
}
```



## RIWAYAT HIDUP PENULIS



Nama : Muhamad Nur Robby  
TTL : Tulungagung, 19 Juli 1995  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Alamat Rumah : Jalan Ki Mangun Sarkoro II/18A,  
Tulungagung  
Telp/HP : 089679429329  
E-mail : muhamadnurrobby@gmail.com

### RIWAYAT PENDIDIKAN

- 2001 – 2007 : SDN Tamanan II Tulungagung
- 2007 – 2010 : SMPN 1 Tulungagung
- 2010 – 2013 : SMAN 1 Kedungwaru Tulungagung
- 2014 – 2017 : D3 Teknik Elektro, Program Studi Komputer Kontrol - Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

### PENGALAMAN MAGANG

- Kerja Praktek di Balai Riset dan Standardisasi Surabaya (23 Januari 2017 – 23 Februari 2017).

### PENGALAMAN ORGANISASI

- Staff Bidang Internal, UKM Bridge ITS Tahun 2014/2015.
- Staff Bidang Eksternal, UKM Bridge ITS Tahun 2015/2016.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----