



**SISTEM KONTROL PID PADA ROBOT TANGAN BERBASIS  
GENUINO 101**

**TUGAS AKHIR**

Oleh

**Muhammad Imam Mahadi  
NIM 151903102018**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**SISTEM KONTROL PID PADA ROBOT TANGAN BERBASIS  
GENUINO 101**

**TUGAS AKHIR**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Diploma 3 Jurusan Teknik Elektro  
dan mencapai gelar Ahli Madya teknik

Oleh

**Muhammad Imam Mahadi  
NIM 151903102018**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, hidayah dan ridho-NYA atas terselesaikannya tugas akhir ini. Tak lupa sholawat serta salam kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW. Semoga bekal ilmu yang penulis dapatkan bisa bermanfaat bagi penulis maupun bagi yang membaca kelak. Dengan segala rendah hati, Sebagai tanda bukti hormat dan rasa terimakasih yang tiada terhingga atas kasih sayang dan segala dukungannya penulis persembahkan karya kecil ini kepada:

1. Ibunda Wiwik Arini dan Ayahanda Saiful Bahri yang telah memberikan, mendukung dan melakukan segalanya untuk saya;
2. Adikku tersayang Rafli Isnan Hakim;
3. Guru-guruku sejak sekolah dasar sampai dengan perguruan tinggi;
4. Bapak Khairul Anam, S.T., M.T., Ph.D. Bapak Ali Rizal Chaidir, S.T., M.T. selaku pembimbing dalam penyusunan tugas akhir ini;
5. Almamater Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember
6. Dulur-dulur D15TORSI dan SENIMAN L15TRIK INDONESIA yang selalu menemani dan memberi semangat kepada penulis selama masa perkuliahan ini karena tanpa kalian penulis tidak akan bisa apa-apa;
7. Kawan-kawan dari UKM ROBOTIKA Fakultas Teknik yang memberikan begitu banyak pengalaman dan ilmu berharga;
8. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

**MOTTO**

“Waktu bagaikan pedang. Jika engkau tidak memanfaatkannya dengan baik,  
maka ia akan memanfaatkanmu.”

(H.R. Muslim)

“Wahai orang-orang yang beriman, bersabarlah engkau dan kuatkan  
kesabaranmu.”

(Terjemahan QS. Ali Imran: 200)

“Apapun keadaan yang menimpa hidupmu, tetap tegar, hadapi dan jangan lupa  
untuk *stay cool*”

(Rifqi Afkar)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Imam Mahadi

NIM : 151903102018

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Elektronik Robot Tangan Untuk Mendukung Pemulihan Penyandang Disabilitas Tangan Berbasis Genuino 101” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan subtransi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 26 Juli 2018

Yang menyatakan,

Muhammad Imam Mahadi  
NIM 151903102015

**TUGAS AKHIR**

**SISTEM KONTROL PID PADA ROBOT TANGAN BERBASIS GENUINO  
101**

Oleh

Muhammad Imam Mahadi

NIM 151903102018

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ali Rizal Chaidir, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Khairul Anam, S.T., M.T., Ph.D.

**PENGESAHAN**

Tugas Akhir dengan judul “Sistem Kontrol PID pada Robot Tangan Berbasis Genuino 101“ karya Muhammad Imam Mahadi telah diuji dan disahkan pada :

Hari, Tanggal : Rabu, 1 Juli 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

**Tim Penguji:**

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Ali Rizal Chaidir, S.T., M.T.  
NIP. 760015754

Khairul Anam, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 19780405 200501 1 002

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II,

Widya Cahyadi, S.T., M.T.  
NIP. 198511102014041001

Alfredo Bayu Satriya, S.T., M.T.  
NIP. 198905192015041001

Mengesahkan  
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.  
NIP. 19661215 199503 2 001

## RINGKASAN

**Sistem Kontrol PID pada Robot Tangan Berbasis Genuino 101;** Muhammad Imam Mahadi, 151903102018; 2018.

Robot merupakan alat mekanik yang mampu dikendalikan dengan program yang, bekerja secara otomatis dan memiliki kecerdasan buatan. Banyak jenis robot yang ada didunia ini salah satunya robot tangan ini. Untuk menggerakkan robot itu sendiri terdapat dua macam sistem kontrol yaitu, sistem kontrol *loop* terbuka dan sistem kontrol *loop* tertutup. Pada robot tangan ini menggunakan sistem kontrol *loop* tertutup, yaitu sistem kontrol PID (Proposional Integral Derivativ). Cara kerja sistem kontrol ini yaitu membandingkan kesalahan atau eror yang merupakan selisih dari keluaran sensor dan *setpoint*, oleh karena itu sistem kontrol ini sangat efektif digunakan pada robot tangan yang pergerakannya dapat diatur sesuai dengan keinginan.

Robot tangan ini dikendalikan oleh Genuino 101 sebagai mikrokontroller yang berguna sebagai pemroses data masukan dan perintah. Robot ini terdiri dari 5 buah motor linier yang digunakan sebagai penggerak membuka maupun menutup pada setiap jari. Pergerakan pada robot tangan tersebut akan dikendalikan dengan sistem kontrol PID agar pergerakan yang dihasilkan dapat diatur sesuai dengan keinginan kita. Pada penelitian ini dapat dilihat juga perbedaan pergerakan robot tangan yang menggunakan sistem kontrol PID dengan yang tidak menggunakan sistem kontrol PID.



**SUMMARY**

***Robot Hand PID Control System Using Genuino 101;*** Muhammad Imam Mahadi, 151903102018; 2018

*Robot is mechanic device who could be controlled by inputting program, could to work automatic too and has an artificial intelligence. Much kind of robots nowadays, one of that is robot hand. To moving a robot have 2 kind of control, open loop control system and close loop control system. This robot using close loop control system, PID (Proportional Integral Derivative). How PID's works is comparing the value of fault and error who is difference from the output sensors and setpoint, because of that this control system much effective used at robot hand who can moving like users want.*

*This robot hand controlled by Genuino 101 as the main microcontroller, function of Genuino 101 as processing data input and comand. This robot has 5 motor liniers as the function is drive users hand to open and close at each finger. The moving at the robot hand will controlled by PID so that moving could be control like user wants. In this research we will know difference robot hands moving used PID Control and not using PID Control.*

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang maha kuasa atas segalanya, karena dengan ridho, hidayah dan petunjukNya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Selama penyusunan tugas akhir ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak yang turut memberikan motivasi, inspirasi, bimbingan, doa, fasilitas dan dukungan lainnya yang membantu memperlancar pengerjaan tugas akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Bambang Srikaloko, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
3. Bapak Ali Rizal Chaidir, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama yang selalu sabar dan memberikan arahan yang tepat dalam pembuatan proyek akhir ini.
4. Bapak Khairul Anam, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing anggota yang telah memberikan arahan sebaik-baiknya dalam perancangan alat proyek akhir ini.
5. Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T. selaku dosen penguji utama dan Bapak Alfredo Bayu Satriya, S.T., M.T., selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan proyek akhir ini.
6. Dosen-dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang juga telah membantu dalam proses penyelesaian laporan tugas akhir ini.
7. Para teknisi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membantu dalam proses penyelesaian proyek akhir ini.
8. Kepada orang tua Saiful Bahri dan Wiwik Arini yang telah memberikan segalanya dan membesarkan saya dengan baik, serta adik tersayang Rafli Isnan Hakim.

9. Kepada UKM Robotika Fakultas Teknik Universitas Jember yang banyak memberikan ilmu ilmu bermanfaat juga mengajarkan arti dari kerja sama.
10. Kepada saudara-saudara saya “ D15TORSI” Teknik Elektro 2015. Yang bersedia membantu sepenuh hati dan juga tempat berbagi cerita canda dan tawa”.
11. Kepada semua kawan-kawan D3 Teknik Elektro saya ucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya karena telah berjuang bersama-sama mulai dari semester 1 sampai sekarang.
12. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan tugas akhir ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

Jember, 26 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN.....	vii
SUMMARY.....	viii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Genuino 101 .....	3
2.2 Motor Linear L12 .....	4
2.3 EMS 2 A Dual H-Bridge.....	5
2.3.1 Keterangan <i>Interface</i> EMS 2 A <i>Dual</i> H-Bridge .....	6
2.4 Pengendali PID.....	8
2.5 Menentukan Parameter PID.....	9

<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1 Tempat Penelitian .....</b>	<b>12</b>
<b>3.2 Alat dan Bahan.....</b>	<b>12</b>
3.2.1 <i>Hardware</i> .....	12
3.2.2 <i>Software</i> .....	12
<b>3.3 Tahap Penelitian .....</b>	<b>13</b>
<b>3.4 Rancangan Sistem.....</b>	<b>14</b>
3.4.1 Diagram Blok Sistem .....	14
3.4.2 Gambar Robot Tangan .....	15
3.4.3 Desain Elektronika .....	16
<b>3.5 Flowchart Sistem .....</b>	<b>18</b>
<b>3.6 Rencana Pengujian.....</b>	<b>19</b>
3.6.1 Pengujian <i>Open Loop</i> tanpa Mekanik .....	19
3.6.2 Pengujian <i>Open Loop</i> dengan Mekanik .....	19
3.6.3 Pengujian <i>Close Loop</i> tanpa Mekanik .....	19
3.6.4 Pengujian <i>Close Loop</i> dengan Mekanik .....	19
<b>BAB 4 HASIL PELAKSANAAN KEGIATAN .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 Pengujian Driver Motor EMS 2 A Dual H-Bridge .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2 Pengujian Motor Linier L12-P .....</b>	<b>23</b>
4.2.1 Pengujian Sensor Motor Linier L12-P .....	23
4.2.2 Pengujian <i>Open Loop</i> tanpa Mekanik .....	29
4.2.3 Pengujian <i>Open Loop</i> dengan Mekanik .....	31
<b>4.3 Pengujian Robot Tangan Kontrol PID tanpa Mekanik ...</b>	<b>33</b>
4.3.1 Pengujian Respon Motor terhadap Waktu tanpa Mekanik	33
4.3.2 Pengujian Respon Motor terhadap <i>Setpoint</i> tanpa Mekanik	34
<b>4.4 Pengujian Robot Tangan Kontrol PID dengan Mekanik..</b>	<b>36</b>
4.4.1 Pengujian Respon Motor terhadap Waktu tanpa Mekanik	36
4.4.1 Pengujian Respon Motor terhadap Waktu tanpa Mekanik	39

<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>42</b>
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	<b>42</b>
<b>5.2 Saran</b> .....	<b>42</b>

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Bentuk Fisik Genuino 101 .....	4
2.2 Bentuk Fisik Motor Linear L12-P.....	6
2.3 Bentuk Fisik EMS 2 A <i>Dual H-Bridge</i> .....	9
2.4 Diagram Blok PID.....	10
2.5 Proses Penentuan Parameter <i>Pcr</i> .....	11
3.1 Tahapan Penelitian .....	13
3.2 Diagram Blok Sistem .....	14
3.3 Bentuk Fisik Robot Tangan Tampak Depan.....	15
3.4 Bentuk Fisik Robot Tangan Tampak Samping.....	15
3.5 Bentuk Fisik Robot Tangan Tampak Atas.....	16
3.6 Desain Elektronika Robot Tangan .....	16
3.7 Grafik Gelombang Osilasi Pergerakan Motor.....	17
3.8 <i>Flowhart</i> Sistem .....	19
4.1 Grafik Tegangan Keluaran <i>Driver</i> Motor 1 .....	22
4.2 Grafik Tegangan Keluaran <i>Driver</i> Motor 2 .....	23
4.3 Grafik Tegangan Keluaran <i>Driver</i> Motor 3 .....	23
4.4 Panjang <i>Stroke</i> Motor Linier 0 mm .....	24
4.5 Panjang <i>Stroke</i> Motor Linier 5 mm .....	24
4.6 Panjang <i>Stroke</i> Motor Linier 10 mm .....	24
4.7 Panjang <i>Stroke</i> Motor Linier 15 mm .....	24
4.8 Panjang <i>Stroke</i> Motor Linier 20 mm .....	25
4.9 Panjang <i>Stroke</i> Motor Linier 25 mm .....	25
4.10 Panjang <i>Stroke</i> Motor Linier 30 mm .....	25
4.11 Grafik Respon Motor terhadap <i>Setpoint</i> saat Panjang 5mm.....	25
4.12 Grafik Respon Motor terhadap <i>Setpoint</i> saat Panjang 10mm.....	26

4.13 Grafik Respon Motor terhadap <i>Setpoint</i> saat Panjang 15mm.....	26
4.14 Grafik Respon Motor terhadap <i>Setpoint</i> saat Panjang 20mm.....	27
4.15 Grafik Respon Motor terhadap <i>Setpoint</i> saat Panjang 25mm.....	27
4.16 Grafik Respon Motor terhadap <i>Setpoint</i> saat Panjang 30mm.....	28
4.17 Grafik Pengujian Sensor .....	28
4.18 Grafik Respon Motor <i>Open Loop</i> tanpa Mekanik.....	30
4.19 Grafik Respon Motor <i>Open Loop</i> dengan Mekanik.....	31
4.20 Grafik Respon Motor sebelum dikontrol PID.....	32
4.21 Grafik Respon Motor <i>Close Loop</i> tanpa Mekanik.....	33
4.22 Grafik Respon Motor terhadap <i>Setpoint</i> Pertama tanpa Mekanik .....	35
4.23 Grafik Respon Motor terhadap <i>Setpoint</i> Kedua tanpa Mekanik .....	35
4.24 Grafik Respon Motor <i>Close Loop</i> dengan Mekanik.....	37
4.25 Grafik Respon Motor terhadap <i>Setpoint</i> Pertama dengan Mekanik....	38
4.26 Grafik Respon Motor terhadap <i>Setpoint</i> Kedua dengan Mekanik.....	40
4.27 Grafik Respon Motor Keseluruhan dengan Kontrol PID.....	40



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Spesifikasi dan Fitur Genuino 101 .....	3
2.2 Spesifikasi dan Fitur Spesifikasi Motor Linear L12 .....	5
2.3 Konfigurasi Pin Motor Linier L12-P.....	5
2.4 Spesifikasi <i>Driver</i> Motor EMS <i>Dual</i> H-Bridge .....	6
2.5 Konfigurasi Pin <i>Header 1</i> .....	7
2.6 Konfigurasi Pin <i>Header 2</i> .....	7
2.7 Konfigurasi Pin <i>Power</i> dan Motor <i>Control</i> .....	8
2.8 Formula <i>Ziegler Nichols</i> Tipe 2 .....	11
4.1 Pengujian Tegangan Keluaran <i>Driver</i> Motor EMS 2 A H-Bridge .....	22
4.2 Pengujian Sensor Motor Linier L12-P .....	24
4.3 Pengujian <i>Open Loop</i> tanpa Mekanik .....	30
4.4 Pengujian <i>Open Loop</i> dengan Mekanik .....	31
4.5 Pengujian Respon Motor terhadap Waktu tanpa Mekanik.....	33
4.6 Pengujian Respon Motor terhadap <i>Setpoint</i> tanpa Mekanik.....	34
4.7 Pengujian Respon Motor terhadap Waktu dengan Mekanik .....	37
4.8 Pengujian Respon Motor terhadap <i>Setpoint</i> dengan Mekanik.....	38
4.9 Pengujian Keseluruhan Robot Tangan dengan Kontrol PID.....	39

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Robot merupakan alat mekanik yang mampu dikendalikan dengan program, bekerja secara otomatis dan memiliki kecerdasan buatan. Robot memiliki beberapa jenis diantaranya robot mobil, yaitu robot yang bergerak menggunakan roda dan dapat berpindah dari tempat satu ke tempat yang lain, robot tangan, yaitu robot yang menyerupai bentuk tangan manusia dan biasanya digunakan untuk membantu tugas manusia dalam bidang kesehatan ataupun dalam bidang industri, robot berkaki, robot terbang dan lain lain.

Dalam sistem kendali suatu robot terdapat 2 macam kontrol yaitu yang pertama sistem kendali dengan *loop* terbuka, merupakan pengendalian antara kontroler dengan aktuator tanpa adanya umpan balik (*feedback*) dari aktuator ke kontroler dan kemungkinan eror pada sistem kendali ini cukup besar. Yang kedua yaitu sistem kendali dengan *loop* tertutup, merupakan pengendalian yang memanfaatkan sensor pada aktuator yang berfungsi sebagai umpan balik (*feedback*) dari aktuator ke kontroler untuk meminimalisir *error* yang terjadi pada aktuator.

Pengontrol PID (*Propotional Integral Derivative*) merupakan sistem kontrol yang paling banyak digunakan di industri sekarang ini. Sistem kontrol PID terdiri dari tiga kompoen, yaitu komponen proposional (P), komponen integral (I) dan komponen derivatif (D). Ketiga komponen ini saling melengkapi satu sama lain, sehingga kelemahan-kelemahan pada salah satu komponen dapat ditutupi oleh komponen yang lain. Komponen I dan D tidak dapat berdiri sendiri dan selalu di kombinasikan dengan komponen P, menjadi pengontrol PI atau PID. Sistem kontrol PID akan mengeluarkan aksi kontrol dengan membandingkan kesalahan atau *error* yang merupakan selisih dari proses variabel dan *setpoint*, yang akan digunakan sebagai masukan pengontrol untuk mengeluarkan sinyal kontrol.

( Ifhtul Emka, 2012)

Robot tangan membutuhkan kontroler yang efisien dan efektif agar pergerakan yang dihasilkan oleh robot tangan dapat sesuai dengan harapan yang diinginkan. Pada robot tangan ini menggunakan kontrol PID karena gerakan pada robot tangan dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan, dan kontrol PID ini mampu mengatasi kesulitan dalam hal pergerakan tangan robot diantaranya meminimalisir adanya *error* yang terjadi pada pergerakan robot tangan. Dan PID merupakan sistem kontrol yang paling tepat untuk menggerakkan robot tangan.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengatur pergerakan robot tangan menggunakan kontrol PID?
2. Bagaimana kinerja robot tangan menggunakan kontrol PID?

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang terdapat pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler yang digunakan adalah Genuino 101.
2. Menggunakan motor linier L12-P sebanyak 5 buah untuk menggerakkan masing masing jadi dari robot.

### **1.4 Tujuan**

Pembuatan tugas akhir ini bertujuan untuk:

1. Merancang kontrol PID pada pergerakan robot tangan.
2. Mengetahui kinerja robot tangan menggunakan kontrol PID.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan secara mendalam beberapa komponen-komponen yang digunakan pada penelitian kali ini. Setiap komponen tersebut akan dijelaskan karakteristik, cara kerja serta perannya dalam sistem kendali yang digunakan pada alat ini. Seperti yang diketahui alat ini menggunakan *driver* motor untuk menggerakkan motor linear L12-P.

Beberapa komponen yang akan digunakan antara lain seperti, Genuino 101, Motor Linear L12-P, dan *Driver* Motor EMS 2 A Dual H-Bridge.

### 2.1 Genuino 101

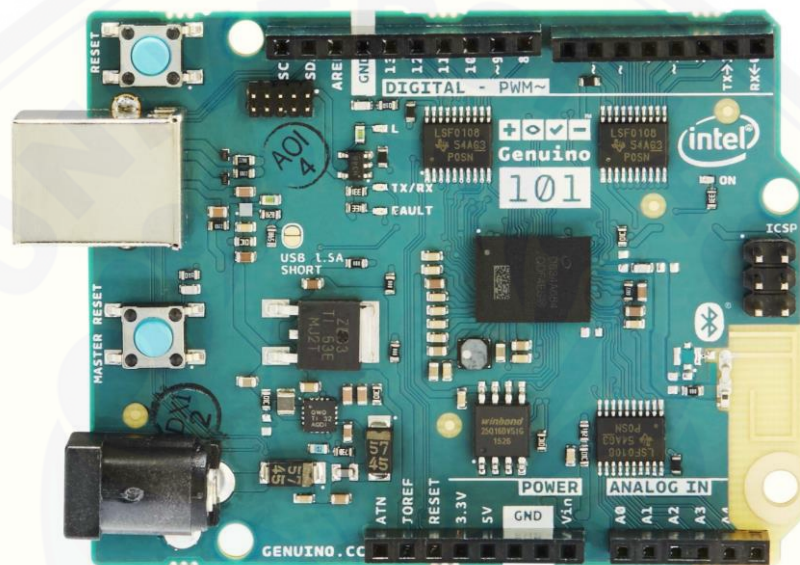
Genuino 101 merupakan kit mikrokontroler sama seperti halnya Arduino. Salah satu kelebihan dari Genuino 101 dari Arduino UNO misalnya yaitu kapasitas memori yang lebih besar dan dibekali dua buah *core* 32-bit Intel\*Quark™SE. Genuino 101 memiliki beberapa fitur tambahan seperti *onboard Bluetooth LE* dan *6-axis-acceleometer / gyro*. Genuino 101 dilengkapi dengan 14 pin digital input / output (4 pin digunakan sebagai output PWM), 6 input analog dan konektor USB. Spesifikasi dan fitur Genuino 101 dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini,

Tabel 2.1 Spesifikasi dan Fitur Genuino 101

Spesifikasi	
• Mikrokontroler	32-bit Intel*Quark™SE
• Tegangan Operasi	7 – 12 VDC
• <i>Digital I/O Pins</i>	14
• <i>PWM Digital I/O Pins</i>	4
• <i>Analog Input Pins</i>	6
• Arus DC	20 mA
• <i>Flash Memory</i>	196 kB

• <i>SRAM</i>	24 kB
• <i>Clock Speed</i>	32 MHz
<b>Fitur</b>	
• <i>Bluetooth LE</i>	
• <i>6-axis accelerometer/gyro</i>	

(Banzi, 2015)



Gambar 2.1 Bentuk Fisik Genuino 101

(Sumber : Banzi, 2015)

## 2.2 Motor Linier L12-P

Motor linier L12-P merupakan motor yang bergerak secara linier yang memanfaatkan motor PMDC yang kuat dan penampang persegi panjang untuk meningkatkan kekuatan. Motor linier yang digunakan yaitu motor linier dengan seri P. Pada seri P tidak terdapat pengontrol terpasang, tetapi menyediakan sinyal umpan balik posisi analog yang dapat dimasukkan pada pengontrol eksternal.

Tabel 2.2 Spesifikasi Motor Linier L12-P

<b>Gearing Option</b>	<b>50:1</b>	<b>100:1</b>	<b>210:1</b>
Peak Power Point	17N @ 14mm/s	31N @ 7mm/s	62N @ 3,2mm/s
Peak Efficiency point	10N @ 19mm/s	17N @ 10mm/s	36N @ 4,5mm/s
Max Speed (no load)	25mm/s	13mm/s	6,5mm/s
Max Force (lifted)	22N	42N	80N
Back Drive Force (static)	12N	22N	45N
<b>Voltage Option</b>	<b>6VDC</b>		<b>12VDC</b>
Max Input Voltage	7,5V		13,5V
Stall Current	460mA		185mA
Stanby Current	7,2mA		3,3mA
Operating Temperature	-10 <sup>0</sup> C to +50 <sup>0</sup> C		
Potentiometer Linearity	Less than 2,00%		
Max Duty Cycle	20%		
Audible Noise	55dB @45cm		
Ingress Protection	IP-54		
Mechanical Backlash	0,2mm		
Maximum Static Force	200N		

(Actuonix, 2016)

Tabel 2.3 Konfigurasi Pin Motor Linier L12-P

<b>Colour</b>	<b>Information</b>
Orange	Feedback Potentiometer Negative Reference Rail
Purple	Feedback Potentiometer Wiper
Red	Motor V+ (6V or 12V)
Black	Motor V- (Ground)
Yellow	Feedback Potentiometer Positive Reference Rail

(Actuonix, 2016)



Gambar 2.2 Bentuk Fisik Motor Linier L12-P

(Sumber : Actuonix, 2016)

### 2.3 EMS 2 A Dual H-Bridge

*Embedded Module Series (EMS) 2 A Dual H-Bridge* merupakan driver *H-Bridge* yang didesain untuk menghasilkan *drive* 2 arah dengan arus kontinyu sampai dengan 2 A pada tegangan 4,8 V sampai 46 V. Tiap *H-Bridge* dilengkapi dengan sensor arus beban yang dapat digunakan sebagai umpan balik ke pengendali. Modul ini mampu men-*drive* beban-beban induktif seperti relay, solenoida, motor DC, motor stepper, dan berbagai macam beban lainnya.

Tabel 2.4 Spesifikasi *Driver Motor EMS 2 A Dual H-Bridge*

Spesifikasi	
• IC Driver	Terdiri dari 2 IC <i>driver full H-Bridge</i> yang dapat diparalel
• Arus DC	2 A dan 4 A (jika paralel)
• Tegangan DC Output	4,8 V – 46 V
• Input	TTL dan CMOS
• Supply	VCC terpisah dengan V Mot

#### 2.3.1 Keterangan Antarmuka EMS 2 A Dual H-Bridge

Modul *H-Bridge* memiliki 2 buah *header* (*interface header 1* dan *interface header 2*) dan 1 set konektor (*Power & Motor Con*). Pada bagian ini akan dijelaskan deskripsi dan fungsi dari masing-masing *header* dan konektor tersebut.

*Interface header 1* (J3) berfungsi sebagai *input* dan *output* untuk mengendalikan sepasang *driver* H-Bridge yang pertama. Berikut deskripsi dari masing-masing pin pada *interface header 1*.

Tabel 2.5 Konfigurasi Pin Header 1

No. Pin	Nama	I/O	Fungsi
1	M1IN1	I	Pin <i>input</i> untuk menentukan <i>output</i> M1OUT1
2	M1IN2	I	Pin <i>input</i> untuk menentukan <i>output</i> M1OUT2
3	M1CD	O	<i>Output</i> tegangan analog sensor arus dari <i>H-Bridge</i> M1 (Range output 0 - 0,3 V)
4	M1EN	I	Pin <i>enable</i> untuk pasangan <i>output</i> M1 (M1OUT1 dan M1OUT2)
5	VCC	-	Terhubung ke catu daya untuk <i>input</i> (5 V)
6	PGND	-	Titik referensi untuk catu daya <i>input</i>

*Interface header 2* (J1) berfungsi sebagai *input* dan *output* untuk mengendalikan sepasang *driver* H-Bridge yang kedua. Berikut deskripsi dari masing-masing pin pada *interface header 2* :

Tabel 2.6 Konfigurasi Pin Header 2

No. Pin	Nama	I/O	Fungsi
1	M2IN1	I	Pin <i>input</i> untuk menentukan <i>output</i> M1OUT1
2	M2IN2	I	Pin <i>input</i> untuk menentukan <i>output</i> M1OUT2
3	M2CD	O	<i>Output</i> tegangan analog sensor arus dari <i>H-</i>



<i>Bridge M1 (Range output 0 - 0,3 V)</i>			
4	M2EN	I	Pin <i>enable</i> untuk pasangan <i>output</i> M1 (M1OUT1 dan M1OUT2)
5	VCC	-	Terhubung ke catu daya untuk <i>input</i> (5 V)
6	PGND	-	Titik referensi untuk catu daya <i>input</i>

*Power & Motor Con* (J2) berfungsi sebagai konektor untuk catu daya dan beban. Berikut deskripsi dari masing-masing terminal pada *Power & Motor Con* :

Tabel 2.7 Konfigurasi Pin *Power & Motor Control*

Nama	Fungsi
PGND	Titik referensi untuk catu daya input
VCC	Terhubung ke catu daya untuk input (5 V)
MGND	Titik referensi untuk catu daya output ke beban
V MOT	Terhubung ke catu daya untuk output ke beban
M2OUT2	<i>Output</i> ke beban dari <i>half H-Bridge</i> ke-2 pada pasangan <i>H-Bridge</i> M2
M2OUT1	<i>Output</i> ke beban dari <i>half H-Bridge</i> ke-1 pada pasangan <i>H-Bridge</i> M2
M1OUT2	<i>Output</i> ke beban dari <i>half H-Bridge</i> ke-2 pada pasangan <i>H-Bridge</i> M1
M1OUT1	<i>Output</i> ke beban dari <i>half H-Bridge</i> ke-1 pada pasangan <i>H-Bridge</i> M1

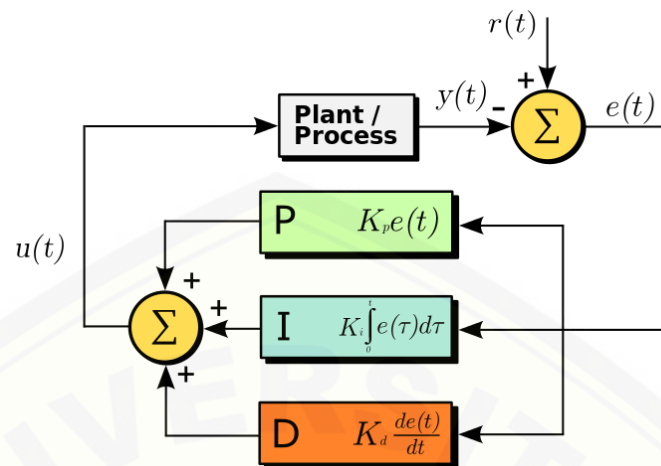


Gambar 2.3 Bentuk Fisik EMS 2 A Dual H-Bridge  
(Sumber: Innovative Electronics, 2007)

#### 2.4 Pengendali PID

PID (Proportional–Integral–Derivative controller) merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Pengontrol PID adalah pengontrol konvensional yang banyak dipakai dalam dunia industri. Pengontrol PID akan memberikan aksi kepada *Control Valve* berdasarkan besar *error* yang diperoleh. Kontrol PID ini diaplikasikan pada motor linier. Pergerakan motor yang diinginkan disebut dengan *Set Point*. *Error* adalah selisih dari *Set Point* dengan pembacaan sensor.

PID Blok Diagram dapat dilihat pada gambar dibawah :



Gambar 2.4 Diagram Blok PID

(Sumber: Putra Eka Pemana, 2013)

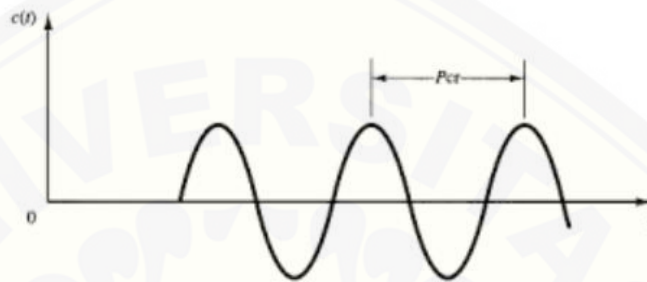
## 2.5 Menentukan Parameter PID

Aspek yang sangat penting dalam desain kontroler PID ialah penentuan parameter kontroler PID supaya sistem *close loop* memenuhi kriteria performansi yang diinginkan. Hal ini disebut juga dengan *tuning* kontroler.

Terkadang pemodelan matematis suatu plant susah untuk dilakukan. Jika hal ini terjadi maka perancangan kontroler PID secara analitis tidak mungkin dilakukan sehingga perancangan kontroler PID harus dilakukan secara eksperimental.

*Ziegler-Nichols* mengusulkan aturan untuk menentukan nilai  $K_p$ ,  $T_i$  dan  $T_d$  berdasarkan pada karakteristik tanggapan peralihan dari plant yang diberikan. Metode pertama *Ziegler-Nichols* menentukan nilai  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$ :

Besar nilai  $K_p$  saat respon sistem berosilasi terus menerus merupakan nilai  $K_{cr}$ . Dari respon yang dihasilkan, selain parameter  $K_{cr}$ , pada metode ini juga terdapat parameter lain yaitu  $P_{cr}$  yang dapat dicari, proses penentuan parameter  $P_{cr}$  dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Proses Penentuan Parameter  $P_{cr}$

(Sumber: Fauzan, 2015)

Tabel 2.8 Formula *Ziegler Nichols*

Tipe Pengendali	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$0.5K_{cr}$	$\infty$	0
PI	$0.45K_{cr}$	$\frac{1}{1.2}P_{cr}$	0
PID	$0.6K_{cr}$	$0.5P_{cr}$	$0.125P_{cr}$

## BAB 3. METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan beberapa hal pokok yaitu objek penelitian, tahap penelitian, tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan serta mekanisme perancangan sistem yang meliputi perancangan elektronika, dan desain sistem kendali. Pada subbab desain elektronika dijelaskan fungsi-fungsi setiap komponen pada sistem.

### 3.1 Tempat Penelitian

Pelaksanaan pembuatan alat dan pengambilan data ini dilakukan di Laboratorium CDAST (*Center for Development of Advance Science and Technology*) Universitas Jember dan Laboratorium Telekomunikasi dan Terapan Fakultas Teknik Universitas Jember.

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Hardware

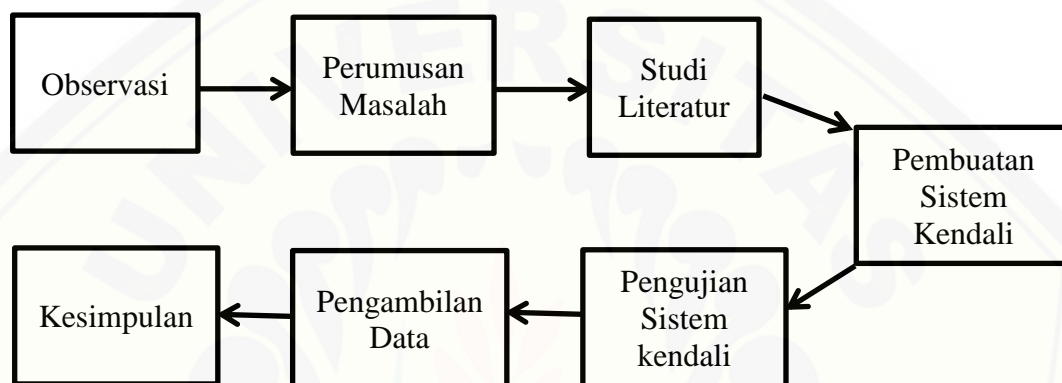
1. Genuino 101
2. Motor Linier L12-P
3. EMS 2 A *Dual H-Bridge*
4. Akrilik

#### 3.2.2 Software

1. Arduino IDE

### 3.3 Tahap Penelitian

Tahap penelitian “Sistem Kontrol PID Pada Robot Tangan Berbasis Genuino 101” mulai dari observasi kemudian perumusan masalah, studi literatur, pembuatan sistem kendali, pengujian sistem kendali, pengambilan data kemudian didapatkan kesimpulan. Secara sederhana tahapan penelitian yang akan digunakan dapat digambarkan sebagai berikut:

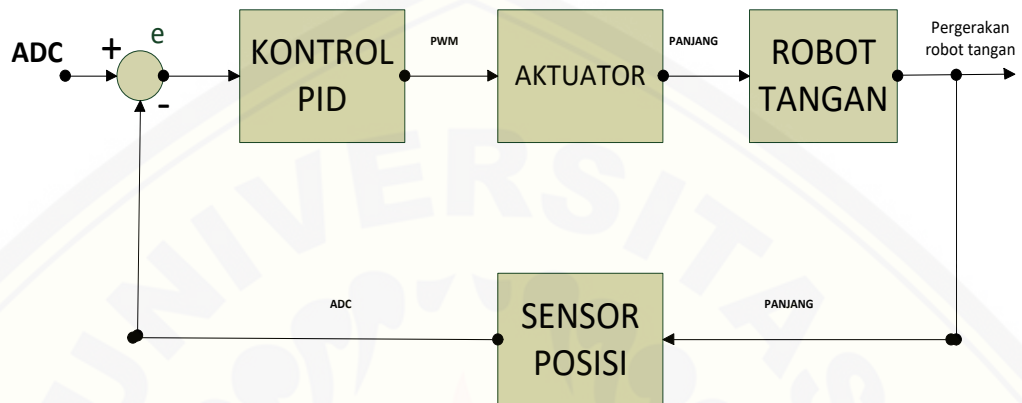


Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

### 3.4 Rancangan Sistem

Rancangan dari “Sistem Kontrol PID Pada Robot Tangan Berbasis Genuino 101” tersusun atas blok diagram *hardware*, gambar robot tangan, desai elektronika dan *flowchart* sistem.

#### 3.4.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

Pada diagram blok di atas dijelaskan bahwa pergerakan robot tangan dikontrol dengan PID. Penentuan parameter PID pada robot tangan tersebut menggunakan metode Ziegler Nichols sebagaimana dijelaskan pada bab 2 dan nantinya akan menggerakkan robot tangan dengan parameter yang sudah ditentukan.

### 3.4.2 Gambar Robot Tangan

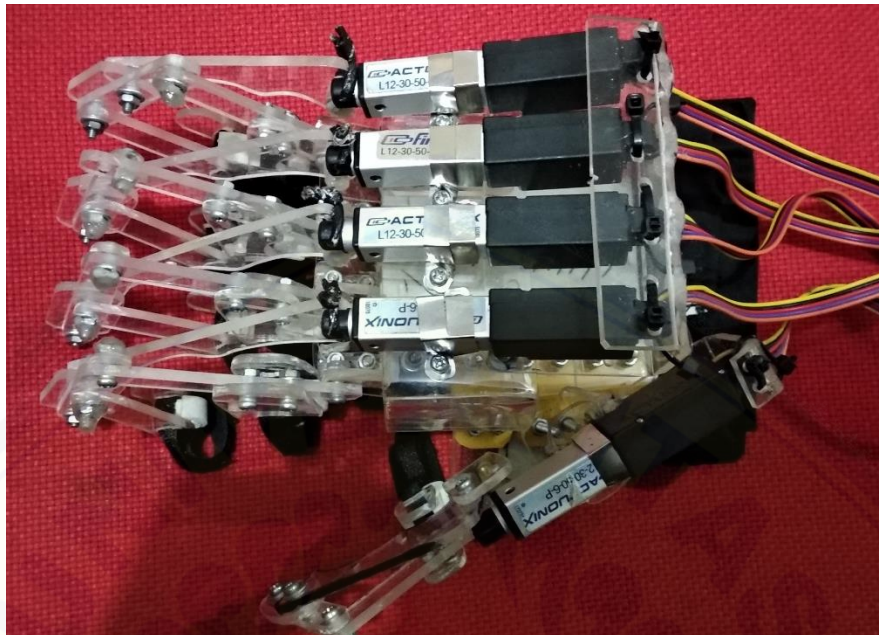


Gambar 3.3 Bentuk Fisik Robot Tangan Tampak Depan



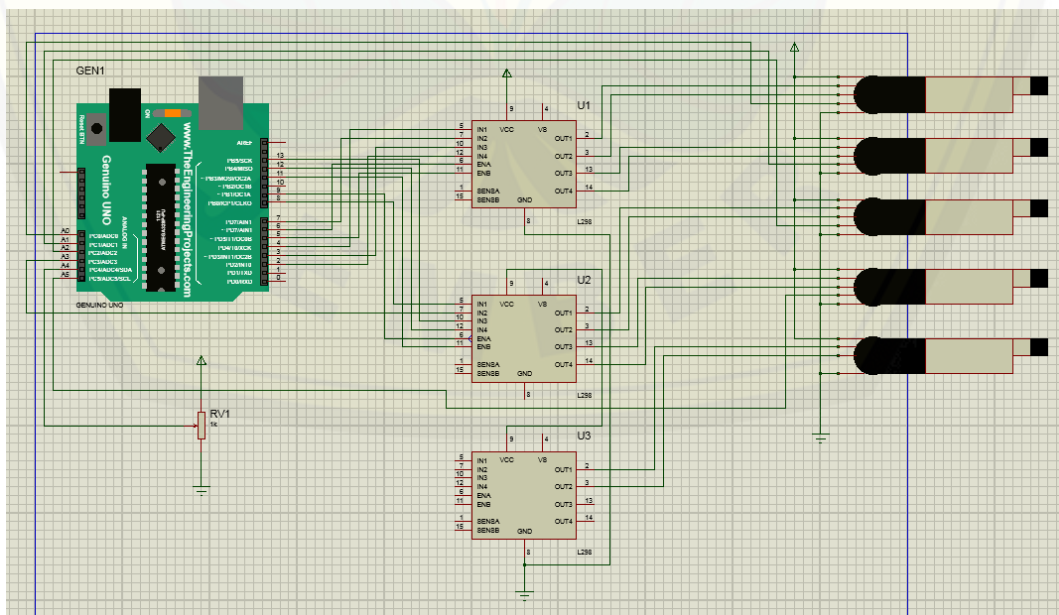
Gambar 3.4 Bentuk Fisik Robot Tangan Tampak Samping





Gambar 3.5 Bentuk Fisik Robot Tangan Tampak Atas

### 3.4.3 Desain Elektronika

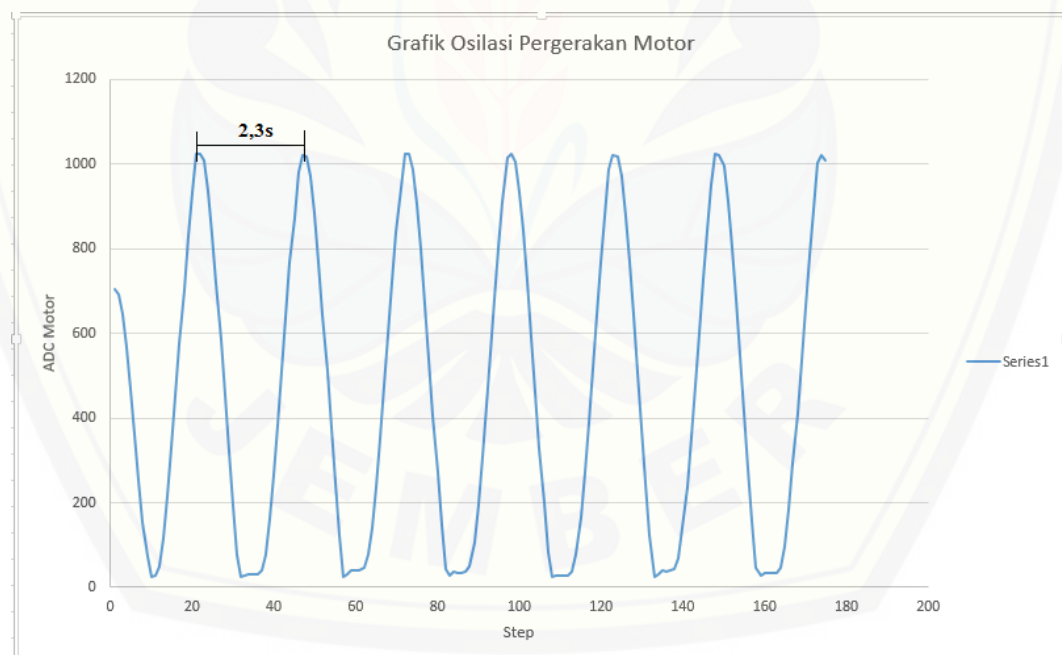


Gambar 3.6 Desain Elektronika Robot Tangan

Desain eletronika robot tangan menggunakan Genuino 101 sebagai mikrokontroler, EMS 2 A *Dual H-Bridge* sebagai driver motor, motor Linier sebagai penggerak robot dan sensor posisi sebagai umpan balik ke sistem agar mendapatkan pergerakan yang sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Genuino 101 akan menggerakkan lima motor linier untuk membuka dan menutup jari-jari robot.

#### 3.4.4 Desain Kontrol

Desain kontrol pada robot tangan ini menggunakan kontrol PID, kontrol PID ini menggunakan metode *Ziegler Nichols* tipe 2 yang telah dijelaskan pada bab 2, parameter pertama yang diketahui yaitu  $K_{cr}$  dan  $P_{cr}$ , nilai  $K_{cr}$  sama dengan nilai awal  $K_p$ , dan nilai  $P_{cr}$  diperoleh dari waktu tempuh membuka dan menutup motor linier dalam satu gelombang.



Gambar 3.7 Grafik Gelombang Osilasi Pergerakan Motor

Kemudian dapat mencari parameter  $T_i$  dan  $T_d$  dengan perhitungan menggunakan formula *Ziegler Nichols* seperti pada tabel 2.8. Setelah nilai parameter  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  diketahui, kemudian mencari nilai dari parameter  $K_i$  dan

$Kd$  dengan cara  $Ki = \frac{Kp}{Ti}$  dan  $Kd = Kp \times Td$ . Jika semua nilai parameter  $Kp$ ,  $Ki$ , dan  $Kd$  diketahui selanjutnya memasukkan nilai tersebut pada program yang telah dibuat. Berikut perhitungan untuk mencari parameter  $Kp$ ,  $Ki$ , dan  $Kd$ :

$$1 \text{ Gelombang} = 27 \text{ step}$$

$$1 \text{ Step} = 0,88\text{s}$$

$$1 \text{ Gelombang} = 2,3 \text{ s}$$

$$Kcr = 0,068$$

$$Pcr = 2,3$$

$$Kp = 0,6 \times 0,068 = 0,0408$$

$$Ti = 05 \times 2,3 = 1,15$$

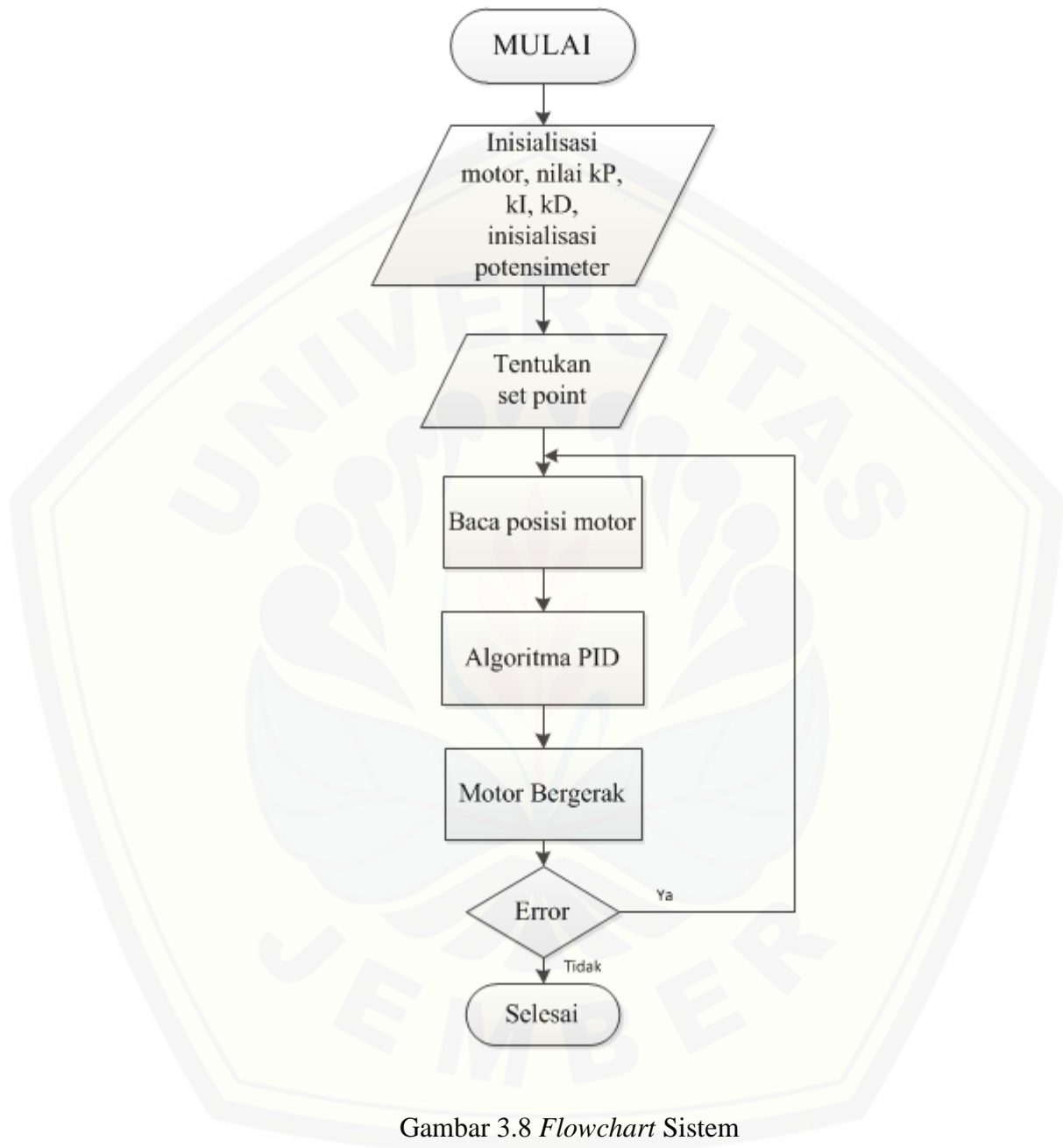
$$Td = 0,125 \times 2,3 = 0,2875$$

$$Kp = 0,0408$$

$$Ki = 0,0408 \times 1,15 = 0,04692$$

$$Kd = 0,0408/0,2875 = 0,142$$

### 3.5 Flowchart Sistem



Gambar 3.8 Flowchart Sistem

### 3.6 Rencana Pengujian

Dalam rencana pengujian robot tangan terdapat tiga bentuk pengujian yaitu pengujian *open loop*, pengujian motor dengan kontrol PID tanpa mekanik robot, dan pengujian dengan mekanik robot tangan.

#### 3.6.1 Pengujian *Open Loop* tanpa mekanik

Dalam pengujian ini robot tangan digerakkan dengan sistem *open loop*, yaitu dengan hanya pergerakan membuka dan menutup saja tanpa dipasangkan pada mekanik robot tangan.

#### 3.6.2 Pengujian *Open Loop* dengan mekanik

Dalam pengujian ini robot tangan digerakkan dengan sistem *open loop*, yaitu dengan hanya pergerakan membuka dan menutup dan motor dipasangkan pada mekanik robot tangan.

#### 3.6.3 Pengujian dengan PID tanpa mekanik robot

Dalam pengujian ini motor linier digerakkan dengan kontrol PID tanpa dipasangkan pada mekanik robot tangan, menentukan parameter kontrolnya menggunakan metode *Ziegler Nichols* sebagaimana yang telah dijelaskan pada bab 2.

#### 3.6.4 Pengujian dengan PID dengan mekanik robot

Dalam pengujian ini motor linier digerakkan dengan kontrol PID, menentukan parameter kontrolnya menggunakan metode *Ziegler Nichols* sebagaimana yang telah dijelaskan pada bab 2, dan motor dipasang pada mekanik robot tangan.

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari pengujian tugas akhir yang berjudul “Sistem Kontrol PID pada Robot Tangan Berbasis Genuino 101” dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Dari pengujian *open loop* data yang dihasilkan pada segi waktu tempuh, cenderung lebih cepat dari pada pengujian *close loop*. Hal ini dikarenakan pada pengujian *close loop* terdapat proses penyamaan dengan *setpoint* yang telah ditentukan, dan proses itulah yang menyebabkan waktu tempuh pergerakan motor linier menjadi lambat. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.3, tabel 4.4, tabel 4.5, dan tabel 4.6.
2. Pada pengujian *close loop* dengan mekanik, motor linier hanya mampu bergerak hingga panjang 20 mm saja, dikarenakan terhambat oleh mekanik robot tangan itu sendiri. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.6

### 5.2 Saran

Berdasarkan tugas akhir yang telah dibuat dan disusun dengan judul “Sistem Kontrol PID pada Robot Tangan Berbasis Genuino 101” maka penulis memberikan saran dengan harapan untuk penyempurnaan dari tugas akhir ini dan dapat memberikan manfaat yang baik pada masa mendatang:

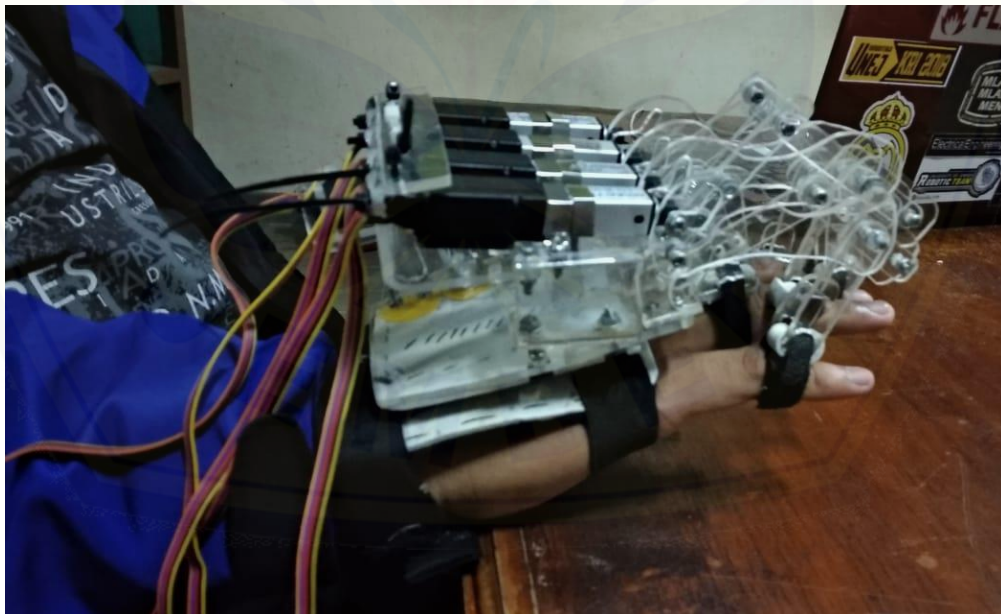
1. Pembuatan mekanik robot tangan agar lebih diperhatikan lagi tentang ukuran dan dimensinya agar pergerakan saat membuka dan menutup dapat bergerak dengan maksimal.
2. Mencoba dengan kontrol PID selain dengan metode *Ziegler-Nichols* dan dapat digunakan sebagai perbandingan.

**DAFTAR PUSTAKA**

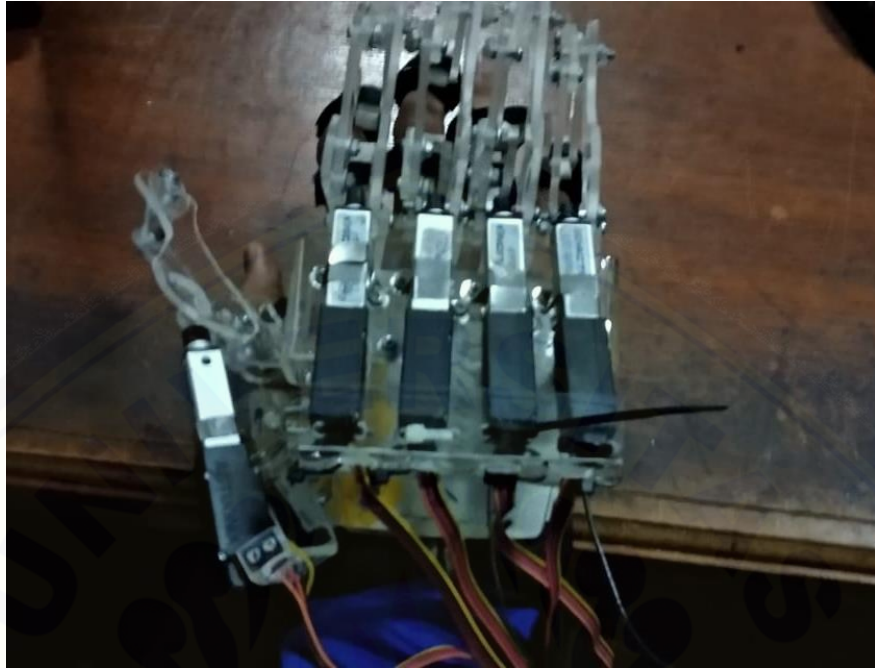
- Actuonix. (2016). *Miniature Linear Motion Series*. Retrieved from <https://s3.amazonaws.com/actuonix/Actuonix+L12+Datasheet.pdf>.
- Eka Permana, Putra. (2013). *PID (Propotional-Inegral-Derivative)*. Retrived from <https://putraekapermana.wordpress.com/2013/11/21/pid/>
- Emka, Ifhtul (2012). *Apa itu pengontrol PID?*. Retrieved from <http://emka.web.id/special/electro/2012/apa-itu-pengontrol-pid/>
- Fahmizal. (2011). *Metode Tuning Ziegler Nichols Dalam Desain Kontroler PID*. Retrived from <https://fahmizaleeits.wordpress.com/2011/02/26/metode-tuning-ziegler-nichols-dalam-desain-kontroler-pid/>
- Fauziansyah, Fauzan. (2015). *Desain Kendali PID dengan Metoda Ziegler-Nichols dan Cohen-Coon Menggunakan Matlab dan Arduino pada Plant Level Air*.
- Permana Putra, Galih. (2010). *Closed Loop Control Menggunakan Algoritma PID Pada Lengan Robot Dua derajat Kebebasan Berbasis Mikrokontroler ATmega16*.
- Innovative Electronics. (2007). *EMS 2 A Dual H-Bridge*. Retrieved from [www.innovativeelectronics.com/](http://www.innovativeelectronics.com/)

DAFTAR LAMPIRAN

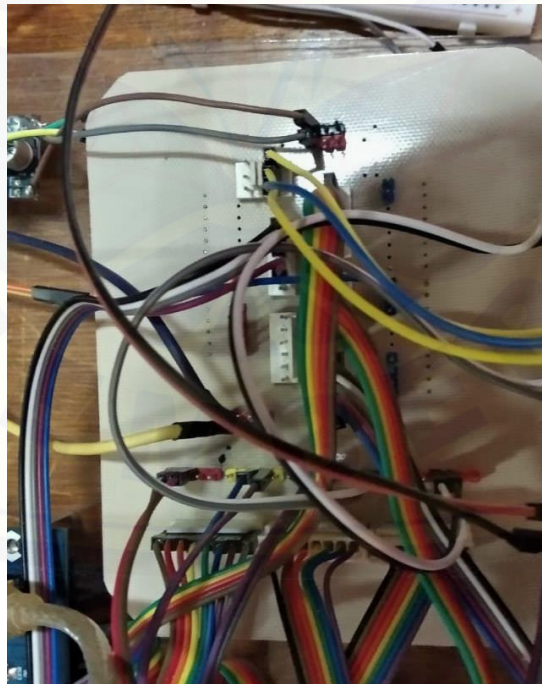
A. Bentuk Fisik Robot Tangan







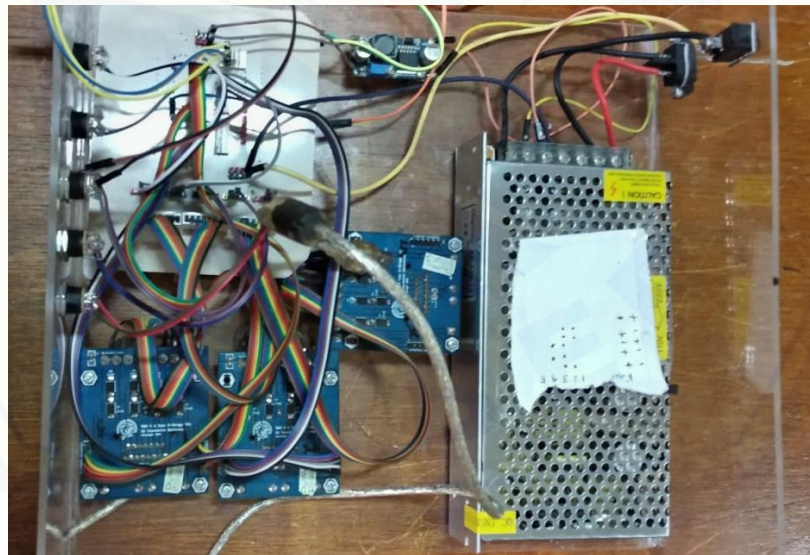
**B. Gambar Komponen**







**C. Gambar Rangkaian Komponen Elektronika**



## D. Listing Program

```
const int pinSensor[4]={A5,A5,A5,A5};
const int pinPot      =A4;
int adcMotor[4];
int adcPotensio;
//int motor=0;
const int pinMotor[4][3]= {{12,13,11}, //pin,pin,pwm
                           {8,A3,9},
                           {3,2,5},
                           {4,7,6}};

float kp[4]      = {0.018,0.018,0.018,0.018};
float ki[4]      = {0.0052,0.0052,0.0052,0.0052};
float kd[4]      = {0.0056, 0.0056,0.0056,0.0056};
float error[4]   = {0,0,0,0};
float errorLama[4] = {0,0,0,0};
float out[4]     = {50,50,50,50};
float setPoint   = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  for(int i=0;i<=4;i++){
    for(int j=0;j<=2;j++){
      pinMode(pinMotor[i][j],OUTPUT);
    }
  }
}

void loop() {
  adcPotensio = analogRead(pinPot);
```

```
Serial.print("Pot : ");
Serial.print(adcPotensio);Serial.print(" ");
pid(0);
pid(1);
pid(2);
pid(3);
delay(100);
Serial.println("");
void pid(int i){
    setPoint    = analogRead(pinPot);
    adcMotor[i] = analogRead(pinSensor[i]);
    error[i]    = setPoint - adcMotor[i];
    out[i]      = out[i]+error[i]*kp[i];
    Serial.print(" OUT : ");
    Serial.print(out[i]);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(" ERROR : ");
    Serial.print(error[i]);
    Serial.print(" ");
    motor(i,out[i]);
}
void motor(int i, int pwm){
    int arah = 1;
    if      (pwm < -200 )          pwm=-200;
    //else if (pwm > -30 && pwm < -10 ) pwm=-30;
    if      (pwm > 200 )           pwm=200;
    //else if (pwm < 30 && pwm > 10 ) pwm=30;
    if(pwm>=-10&&pwm<=10)pwm=0;
    if(pwm < 0 ) arah=0;
```

```
adcMotor[i] = analogRead(pinSensor[i]);
Serial.print(" Adc : ");
Serial.print(adcMotor[i]);
Serial.print(" PWM : ");
Serial.print(" ");
Serial.print(pwm);
if (adcMotor[i]<100&& pwm<0) {
    Serial.print(" [STOP PENDEK] ");
    pwm=0;
}
else if (adcMotor[i]>923&& pwm>0) {
    Serial.print(" [STOP PANJANG] ");
    pwm=0;
}
digitalWrite(pinMotor[i][0], arah);
if(pwm==0) digitalWrite(pinMotor[i][1], arah);
else digitalWrite(pinMotor[i][1], 1-arah);
analogWrite (pinMotor[i][2], abs (pwm));
}
```