



# **DESAIN KONTROL ROBOT *HUMANOID* MENGUNAKAN METODE *ZERO MOMENT POINT***

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

*Oleh*

**Andi Fajar Kurniawan  
NIM 071910201073**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2012**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT, Rabb semesta alam yang telah mendengar segala keluh kesahku, mengabulkan segala do'a ku. Yang telah memberikan kemudahan dalam mengerjakan skripsi ini. Serta junjunganku Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan penerangan di dunia ini
2. Ibuku tercinta Kartini, Ayahanda Warsono, Nenekku Ponijah, serta saudariku: Karlina Widyastuti dan Rini Nur Santi. Serta seluruh sanak saudara yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terima kasih atas segala dukungan yang telah diberikan selama ini.
3. Teman-temanku Teknik Elektro angkatan 2007, Himpunan Mahasiswa Elektro, UKM Robotika dan teman kos SR3/10. Tidak lupa pada teman spesialku Nunung Nurjanah yang telah mendukungku selama ini, selalu memberikan semangat ketika banyak masalah yang saya hadapi dan merupakan sumber inspirasi bagiku.
4. Guru-guruku sejak TK, SD, SMP, SMA, sampai PT yang terhormat, terima kasih atas segala ilmu yang telah di berikan dan telah mendidik dengan penuh keikhlasan dan kesabaran.
5. Almamater tercinta Fakultas Teknik Universitas Jember

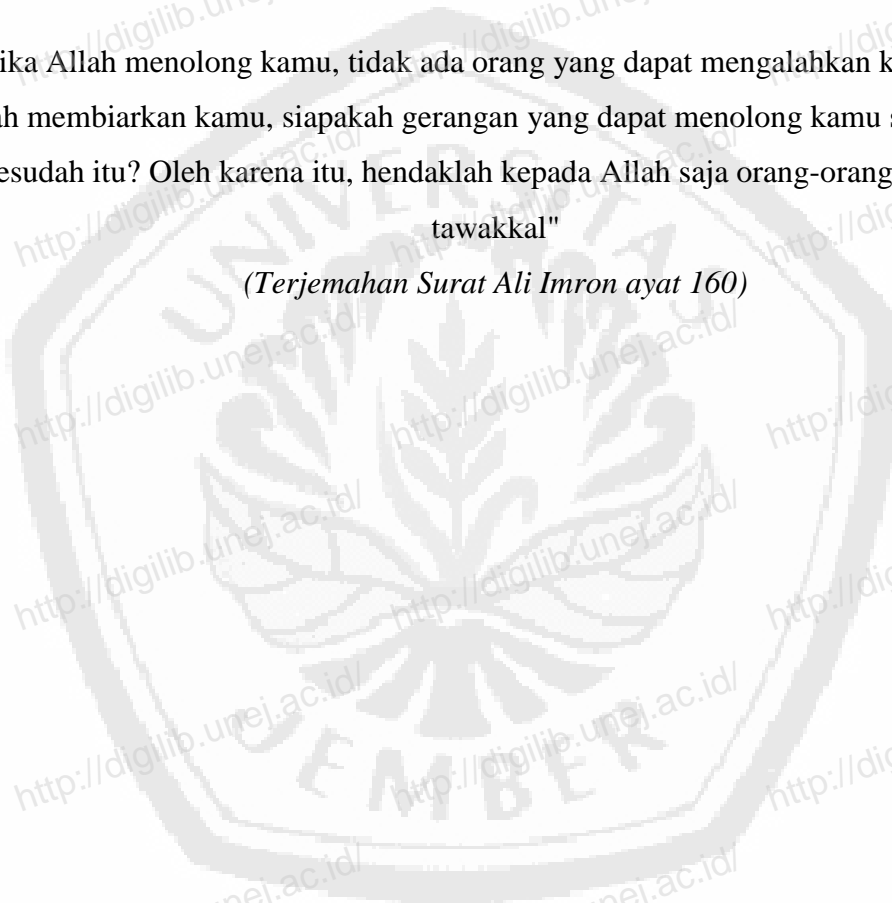
## MOTO

"Hai orang-orang yang beriman, rukuklah kamu, sujudlah kamu, sembahlah tuhanmu dan perbuatlah kebajikan, supaya kamu mendapat kemenangan."

*(Terjemahan Surat Al Hajj ayat 77)*

"Jika Allah menolong kamu, tidak ada orang yang dapat mengalahkan kamu. Jika Allah membiarkan kamu, siapakah gerangan yang dapat menolong kamu selain Allah sesudah itu? Oleh karena itu, hendaklah kepada Allah saja orang-orang mukmin tawakkal"

*(Terjemahan Surat Ali Imron ayat 160)*



## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Fajar Kurniawan

Nim : 071910201073

Menyatakan dengan sesungguhnya bawa karya ilmiah yang berjudul “Desain Kontrol Robot *Humanoid* Menggunakan Metode *Zero Moment Point*” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belumpernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus di junjung tinggi.

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

Jember, 31 Oktober 2012

Yang menyatakan,

Andi Fajar Kurniawan

Nim 071910201073

**SKRIPSI**

**DESAIN KONTROL ROBOT *HUMANOID* MENGGUNAKAN  
METODE *ZERO MOMENT POINT***

*Oleh*

**Andi Fajar Kurniawan  
NIM 071910201073**

**Pembimbing**

**Dosen Pembimbing Utama : Sumardi, S.T.,M.T**

**Dosen Pembimbing Anggota : Aris Zainul M., S.T.,M.T**

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Desain Kontrol Robot *Humanoid* Menggunakan Metode *Zero Moment Point*” telah di uji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

hari : Kamis

tanggal: 18 Oktober 2012

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Sumardi, S.T.,M.T

NIP. 196701131998021001

Aris Zainul M., S.T.,M.T

NIP. 196812071995121002

Mengetahui,

Penguji I

Penguji II

Bambang Supeno, S.T.,M.T

NIP. 196906301995121001

Satryo Budi Utomo, S.T.,M.T

NIP. 198501262008011002

Mengesahkan

Dekan,

Ir. Widyono Hadi, M.T

NIP. 196104141989021001

# **Desain Kontrol Robot *Humanoid* Menggunakan Metode *Zero Moment Point***

**Andi Fajar Kurniawan**

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember*

## **ABSTRAK**

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu (kecerdasan buatan). Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan pergerakan dasar manusia terhadap sebuah robot *humanoid*. Metode *Zero Moment Point* pada robot *humanoid* sangat di butuhkan untuk mendapatkan kestabilan robot ketika melakukan pergerakan. Selama titik pusat pada robot atau di sebut titik nol masih berada pada area telapak kaki robot ketika di tarik garis lurus ke bawah, robot akan dalam kondisi seimbang. Pada penelitian ini pengujian kestabilan pada robot meliputi pergerakan ketika duduk, berdiri, berjalan dan berbelok ke kanan. Hasil yang di peroleh selama pengujian adalah, robot dapat melakukan setiap pergerakan dengan seimbang tanpa jatuh. Rata-rata waktu yang di tempuh untuk robot berdiri adalah 3 detik. Sedangkan rata-rata waktu yang di tempuh ketika berjalan sejauh 100cm adalah 8.48 detik. Sedangkan rata-rata waktu yang di tempuh robot untuk berbelok adalah 3.77 detik.

**Kata Kunci :** *robot humanoid, titik beban, Zero Moment Point*

**Desain Kontrol Robot *Humanoid* Menggunakan Metode *Zero Moment Point***  
**( *Humanoid Robot Control Design Method Using Zero Moment Point* )**

**Andi Fajar Kurniawan**

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember*

**ABSTRACK**

*The robot is a mechanical device that can perform physical tasks, using either human supervision, or use a program that has been defined first (artificial intelligence). This study aims to apply the basic human movement to a humanoid robot. Zero Moment Point method on a humanoid robot is in need to get the stability of the robot while performing the movement. As long as the center point on the robot or call the zero point is still in the area when the robot feet in a straight line drag down, the robot will be in a state of balance. In this study testing the stability of the robot include the movement when sitting, standing, walking and turn right. Results obtained during testing is, the robot can perform each movement with balance without falling. The average time in taking to the robot stand is 3 seconds. While the average time on the travel when walking as far as 100cm is 8.48 seconds. While the average time the robot to turn in mileage is 3.77 seconds.*

*Keywords: humanoid robot, load point, Zero Moment Point*



## RINGKASAN

### **Desain Kontrol Robot *Humanoid* Menggunakan Metode *Zero Moment Point*;**

Andi Fajar Kurniawan, 071910201073; 2012: 71 halaman; Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Jember.

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu (kecerdasan buatan). Robot biasanya digunakan untuk tugas yang berat, berbahaya, pekerjaan yang berulang dan kotor. Yang menjadi permasalahan di dalam penelitian ini adalah bagaimana membuat sebuah desain kontrol robot *humanoid* dengan memiliki kestabilan statis (ketika berdiri) dan kestabilan dinamis (ketika berjalan). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk lebih memahami tentang dunia robotika dan pengaplikasiannya, khususnya pada robot *humanoid*. Sehingga hasil dari penelitian ini diharapkan dapat di manfaatkan untuk pengendalian kontrol robot *humanoid* yang dapat di gunakan untuk kontes robot sepak bola. Metode yang akan digunakan pada penelitian ini adalah Metode *Zero Moment Point*. *Zero Moment Point* adalah sebuah konsep yang berkaitan dengan dinamika dan kontrol gerak robot berkaki, misalnya untuk robot *humanoid*. Dapat didefinisikan sebagai titik singgung yang bertepatan / berdempetan dengan lantai / tanah dimana jumlah dari seluruh gaya yang aktif adalah sama dengan nol.

Penelitian ini dilaksanakan setelah seluruh komponen robot *humanoid* telah terpasang, dan robot siap untuk di program. Sebelum masuk pada tahap pemrograman robot, terlebih dahulu melalui tahapan perhitungan titik beban dari robot. Setiap bagian pada robot di hitung terlebih dahulu titik bebannya. Kemudian keseluruhan titik beban pada setiap bagian di gabungkan dan di peroleh titik beban pada suatu kondisi statis. Tahapan awal adalah pengondisian robot pada posisi berdiri, setelah diketahui titik beban dari keseluruhan bagian robot, dapat di tentukan lagi titik beban pada setiap pergerakan robot menggunakan Metode *Zero Moment Point*. Karena

perhitungan pada penelitian kali ini adalah pada kondisi robot statis, maka percepatan pada pergerakan robot di anggap nol.

Pada setiap pergerakan robot terdiri dari beberapa step, semakin banyak step yang di gunakan, maka pergerakan robot akan semakin halus. Perhitungan titik beban pada penelitian ini mengambil satu contoh step pada setiap pergerakan pada robot yang meliputi duduk, berdiri, berjalan, dan berbelok. Setelah di ketahui titik beban pada setiap pergerakan robot, robot kemudian di program dengan memberikan masukan besar sudut yang akan di capai pada setiap motor, sehingga akan menghasilkan satu step pergerakan robot.

Pengujian pada penelitian ini adalah dengan menjalankan robot untuk melakukan pergerakan posisi duduk, apakah robot telah seimbang atau tidak, kemudian di uji untuk melakukan pergerakan berdiri, jika robot telah seimbang, pengujian berlanjut dengan menguji robot untuk berjalan sejauh 100cm. Setelah robot dapat berjalan dengan seimbang, kemudian robot di uji untuk melakukan pergerakan berbelok kearah kanan. Setelah robot berhasil melakukan pengujian empat pergerakan tersebut, berarti pengujian telah selesai.

Hasil dari pengujian pada robot menunjukkan, Robot dapat melakukan pergerakan duduk, berdiri, berjalan, dan belok dengan seimbang tanpa jatuh ke satu sisi. Sedangkan rata-rata waktu yang di tempuh robot untuk berdiri adalah 3 detik. Sedangkan rata-rata waktu yang di tempuh ketika robot berjalan sejauh 100cm adalah 8.48 detik. Sedangkan rata-rata waktu yang di tempuh robot untuk berbelok adalah 3.77 detik

## PRAKATA

Puji sukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan berbagai nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Desain Kontrol Robot *Humanoid* Menggunakan Metode *Zero Moment Point*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember
2. Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember
3. Bapak Sumardi, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing Utama
4. Bapak Aris Zainul M., S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing Anggota
5. Ibunda Kartini, Ayahanda Warsono, terima kasih atas segala dukungan yang telah di berikan dan do'a restunya.
6. Teman-teman Teknik Elektro Angkatan 2007 sampai 2012
7. Teman-teman UKM Robotika dan Himpunan Mahasiswa Elektro
8. Teman-teman Kos SR 3/10, ibu kos dan Nunung Nurjanah

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro, kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, Oktober 2012

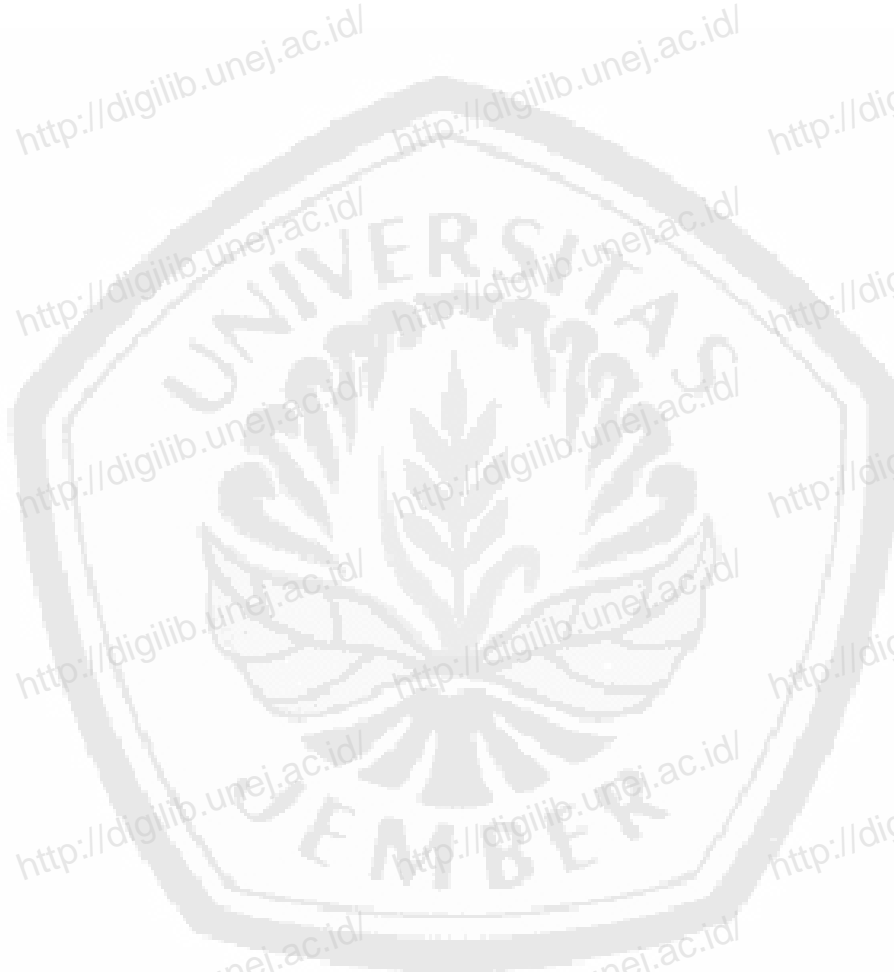
Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Perumusan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 Tujuan dan Manfaat</b> .....	<b>3</b>
1.4.1 Tujuan .....	<b>3</b>
1.4.2 Manfaat .....	<b>3</b>
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Sejarah</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Struktur Robot</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3 Konsep Dasar Pergerakan Robot</b> .....	<b>13</b>
<b>2.4 Metode <i>Zero Moment Point</i></b> .....	<b>15</b>
<b>2.4 Perangkat Keras</b> .....	<b>16</b>
2.4.1 Mikrokontroler .....	<b>16</b>
2.4.2 Motor .....	<b>18</b>

2.4.5 USB2Dynamixel .....	20
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2 Alat dan Bahan .....</b>	<b>22</b>
3.2.1 Perangkat Keras .....	22
3.2.2 Perangkat Lunak .....	22
3.2.3 Peralatan dan Perlengkapan Pendukung .....	23
<b>3.3 Tahap Penelitian .....</b>	<b>23</b>
<b>3.4 Desain Perangkat Keras .....</b>	<b>25</b>
3.4.1 Mekanik Robot .....	26
3.4.2 Kontroler Motor .....	28
3.4.3 Motor Dynamixel AX-12A .....	30
<b>3.5 Desain Perangkat Lunak .....</b>	<b>31</b>
3.5.1 Algoritma Pergerakan Robot Secara Keseluruhan .....	32
3.5.2 Flowchart Pergerakan Robot Secara Keseluruhan .....	33
<b>3.6 Simulasi Pergerakan Robot .....</b>	<b>39</b>
<b>3.7 Perhitungan Titik Beban Pada Robot .....</b>	<b>40</b>
<b>3.8 Rancangan Software .....</b>	<b>42</b>
<b>3.9 Teknik Pengujian .....</b>	<b>47</b>
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1 Pengujian Perangkat Keras .....</b>	<b>48</b>
4.1.1 Mekanik Robot .....	48
<b>4.1.2 Perhitungan Titik Beban .....</b>	<b>61</b>
<b>4.2 Pengujian Gerak Robot .....</b>	<b>68</b>
4.2.1 Pengujian Robot Pada Kondisi Duduk .....	67
4.2.2 Pengujian Robot Pada Kondisi Berdiri .....	68
4.2.3 Pengujian Robot Pada Kondisi Berjalan .....	68
4.2.4 Pengujian Robot Pada Kondisi Berbelok ke Kanan .....	69
<b>BAB 5 PENUTUP .....</b>	<b>70</b>

<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>70</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>70</b>
<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>71</b>
<b>LAMPIRAN - LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Spesifikasi Bioloid Premium Kit .....	28
4.1 Sumbu X,Y Pada Saat Posisi Robot Berdiri .....	57
4.2 Sumbu X,Y Pada Saat Posisi Robot Duduk .....	57
4.3 Sumbu X,Y Pada Saat Posisi Robot Berjalan .....	58
4.4 Sumbu Y,Z Pada Saat Posisi Robot Berdiri Tampak Samping .....	58
4.5 Sumbu Y,Z Pada Saat Posisi Robot Duduk Tampak Samping .....	59
4.6 Sumbu Y,Z Pada Saat Posisi Robot Berjalan Tampak Samping .....	59
4.7 Sumbu X,Y Pada Saat Posisi Robot Berbelok Tampak Depan .....	60
4.8 Sumbu Y,Z Pada Saat Posisi Robot Berbelok Tampak Samping .....	60
4.9 Pengujian Robot Pada Kondisi Duduk .....	67
4.10 Pengujian Robot Pada Kondisi Berdiri .....	68
4.11 Pengujian Robot Pada Kondisi Berjalan .....	68
4.12 Pengujian Robot Pada Kondisi Berbelok ke kanan .....	69

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 <i>Revolute Joint</i> .....	11
1.2 <i>Prismatic Joint</i> .....	11
2.3 Robot <i>Humanoid</i> .....	12
2.4 Robot <i>Animaloid</i> .....	12
2.5 <i>Prismatic Joint</i> .....	13
2.6 <i>Revolute Joint</i> .....	13
2.7 Pergerakan Dasar Robot .....	14
2.4 Pengalamatan Port pada cm510 .....	16
2.5 CM510 .....	17
2.6 Fungsi dari bagian-bagian CM510 .....	17
2.7 Dynamixel AX-12A .....	19
2.8 USB2Dynamixel .....	20
3.1 Diagram alir tahap penelitian .....	24
3.2 Blok diagram system robot secara keseluruhan .....	25
3.3 Jalur komunikasi CM510 dengan Dynamixel .....	26
3.4 Komponen mekanik Robot .....	26
3.5 Desain mekanik robot .....	27
3.6 Desain mekanik robot (tampak depan) .....	27
3.7 CM-510 <i>Robot exclusive controller</i> .....	28
3.8 Port Map CM510 .....	29
3.9 Diagram blok ATmega2561 .....	29
3.10 Dynamixel AX-12A .....	30
3.11 Konfigurasi Pin Dynamixel AX-12A .....	30
3.12 Goal Position Dynamixel AX-12A .....	31
3.13 Flowchart Pergerakan Robot .....	33
3.14 Flowchart Pergerakan Robot Ketika Duduk .....	35



3.15 Flowchart Proses Pemberian Goal Posisi Pada Motor .....	35
3.16 Flowchart Pergerakan Robot Ketika Berdiri Step 1 .....	37
3.17 Flowchart Pergerakan Robot Ketika Berdiri Step 2 .....	38
3.18 Simulasi pergerakan manusia .....	39
3.19 Simulasi pergerakan manusia tampak depan dan samping .....	39
3.20 Simulasi perubahan langkah kaki .....	40
3.21 Titik pusat pada setiap bagian robot .....	41
3.22 AVR Studio 4 .....	42
3.23 RoboPlus .....	44
3.24 RoboPlus Task .....	45
3.25 RoboPlus Manager .....	45
3.26 RoboPlus Motion .....	46
3.27 Jalur Pengujian Robot .....	47
4. 1 Titik Beban Pada Saat Robot Berdiri .....	49
4. 2 Titik Beban Pada Saat Robot Berdiri tampak samping .....	50
4. 3 Titik Beban Pada Saat Robot Berjalan .....	51
4. 4 Titik Beban Pada Saat Robot Berjalan Tampak Samping .....	52
4. 5 Titik Beban Pada Saat Robot Duduk .....	53
4. 6 Titik Beban Pada Saat Robot Duduk Tampak Samping .....	54
4. 7 Titik Beban Pada Saat Robot Berbelok Tampak Depan .....	55
4. 8 Titik Beban Pada Saat Robot Berbelok Tampak Samping .....	56
4. 9 Titik Beban Robot Ketika Berdiri .....	62
4. 10 Titik Beban Robot Ketika Duduk .....	64
4. 11 Titik Beban Robot Ketika Berjalan .....	65
4. 12 Titik Beban Robot Ketika Berbelok .....	67