

REALISASI ROBOT CERDAS PEMADAM API BERODA KRCI 2009 (ROBOT LADY)

Disusun oleh :

Nama : Kristi Kosasih

NRP : 0522100

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha,
Jl.Prof.Drg.Suria Sumantri, MPH No. 65, Bandung, Indonesia.

Email: chris_tie_lks@yahoo.com

ABSTRAK

Semakin berkembangnya suatu negara, maka semakin banyak aplikasi teknologi yang diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu bentuk teknologi yang banyak digunakan adalah bidang robotika. Perkembangan bidang robotika jelas terlihat dari jenis, bentuk, serta kegunaan dari robot yang makin banyak dan beragam. Peningkatan kualitas robot terutama pada sistem kontrolnya akan semakin meningkatkan kemampuan robot. Robot dapat digunakan untuk pekerjaan dengan tingkat bahaya yang tinggi, misalnya saja pekerjaan sebagai petugas pemadam api. Sejalan dengan perkembangan bidang robotika, di Indonesia semakin semaraknya perlombaan maupun kontes robot yang diselenggarakan, seperti Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI).

Pada tugas akhir ini, robot cerdas pemadam api beroda diberi nama Robot LADY. Robot LADY ini juga direalisasikan untuk mengikuti KRCI 2009. Robot LADY menggunakan roda sebagai alat geraknya dan motor servo sebagai aktuator dengan misi mencari dan memadamkan api pada arena lapangan. Robot LADY juga dilengkapi beberapa jenis sensor, seperti sensor jarak ultrasonik, sensor kompas, sensor *flame detector*, sensor *thermal array*, sensor warna, dan *microswitch*. Robot LADY dikontrol menggunakan mikrokontroler AVR ATmega 16. Arena lapangan dibuat seperti miniatur ruangan-ruangan (rumah, kantor, sekolah) berlantai satu yang dilengkapi beberapa *furniture*, *sound damper*,

uneven floor. Jadi seakan-akan robot LADY ini mencari dan memadamkan api pada ruangan-ruangan (rumah, kantor, sekolah) berantai satu yang sesungguhnya.

Berdasarkan percobaan yang dilakukan dapat dikatakan bahwa Robot LADY dapat mencari dan memadamkan api lilin serta bernavigasi dan bermanuver dalam mencari dan menjelajahi keempat ruangan mulai dari *Home* sampai berhenti di *Home* kembali dengan mode *hanging objects*, *variable door location*, *uneven floor*, *furniture*, *non-arbitrary start*, *sound activation*, *return trip mode*, *room factor 4* (RF4), dan memadamkan api dengan menggunakan tiupan angin dari kipas. Percobaan berhasil pada empat konfigurasi lapangan yang digunakan dengan persentase keberhasilan sebesar 80.13 %.

Kata kunci: robot cerdas pemadam api beroda, mikrokontroler AVR ATmega 16, motor servo, sensor jarak ultrasonik, sensor kompas, sensor *flame detector*, sensor *thermal array*, sensor warna, *microswitch*.

REALIZATION OF THE KRCI 2009 INTELLIGENT FIRE FIGHTING WHEELED ROBOT (ROBOT LADY)

Composed by:

Name : Kristi Kosasih

NRP : 0522100

Electrical Engineering, Maranatha Christian University,
Jl. Prof.Drg.Suria Sumantri, MPH No. 65, Bandung, Indonesia.

Email: chris_tie_lks@yahoo.com

ABSTRACT

Nowadays technology contribution in our life is more than as we expected, especially robotic. Robotic development can be known through type, shape, and usefulness. Robot can be used for high risk task such as fire fighting. Fire fighting robot should be able to search certain area, find the flame, and extinguish the fire. To complete these tasks, robot should be equipped with a proper controller. Because of this issue, Indonesia government organizes 'Kontes Robot Cerdas Indonesia' (KRCI).

In this final project, the intelligent fire fighting wheeled robot named robot LADY was prepared for KRCI 2009, wheeled senior division. Robot LADY is equipped with ultrasonic sensor, compass sensor, flame detector sensor, thermal array sensor, white detector sensor, micro switch which are controlled by Microcontroller ATMEGA 16. The area is designed like house, school, or office but in miniature. The miniature is equipped with furniture, sound damper, and uneven floor.

The criteria in KRCI 2009, wheeled senior division are hanging objects mode, variable door location mode, uneven floor mode, furniture mode, non-arbitrary start mode, sound activation mode, return trip mode, room factor 4 (RF4) mode, and extinguish fire source with fan. The task is to find the flame, extinguish the fire, search all of the room, and back to start position (Home). In experiments

robot LADY can completes the task with 80.13% of succeed for 4 area configurations.

Keywords : intelligent fire-fighting wheeled robot, microcontroller AVR ATmega16, ultrasonic sensor, compass sensor, flame detector sensor, thermal array sensor, white detector sensor, micro switch.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan tepat pada waktunya di Laboratorium Sistem Kontrol. Laporan tugas akhir yang berjudul **“REALISASI ROBOT CERDAS PEMADAM API BERODA KRCI 2009 (ROBOT LADY)”** ini disusun untuk memenuhi persyaratan program studi sarjana strata satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Kristen Maranatha Bandung.

Selama pelaksanaan tugas akhir penulis telah mendapat banyak bimbingan, dorongan, dan bantuan yang berarti dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung dalam pengerjaan tugas akhir :

1. Ibu Dr. Erwani Merry Sartika, ST.MT. dan Bapak Meilan Jimmy Hasugian, ST.MT., selaku dosen pembimbing tugas akhir telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan penjelasan dan masukan yang berharga.
2. Bapak Muliady, ST.MT., yang telah menawarkan topik.
3. Bapak Muliady, ST.MT., Bapak Heri Andrianto, ST.MT., dan Bapak Ir Aan Darmawan, MT., selaku penguji yang telah memberikan ide, kritik, dan saran pada saat seminar dan sidang tugas akhir.
4. Bapak Dr.Ir Daniel Setiadikurnia, MT., selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha.
5. Ibu Ir. Anita Supartono, M.Sc., selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha.
6. Tim Robot KRCI Maranatha, yang telah memberikan pengarahan, saran, dan masukan.
7. Seluruh karyawan dan civitas akademika Universitas Kristen Maranatha yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
8. Keluarga tercinta yang telah memberikan perhatian, semangat, serta bantuan doa dalam pelaksanaan dan penulisan laporan tugas akhir sehingga dapat diselesaikan dengan baik.

9. Saudara Herry Lukas yang terus memberikan perhatian dan dorongan dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
10. Saudari Earline Ignacia Sutanto dan Marasella Tanusaputra sebagai Tim Robot LADY yang telah memberi bantuan dan perhatian dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
11. Semua rekan yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas segala budi baik dan jasa Bapak, Ibu, dan Saudara sekalian.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penulisan laporan tugas akhir ini, walaupun penulis telah berusaha sebaik mungkin dengan segala kemampuan yang ada. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun yang dapat menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Bandung, 21 Agustus 2009

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv

BAB I PENDAHULUAN

I.1	Latar Belakang.....	1
I.2	Identifikasi Masalah	2
I.3	Perumusan Masalah	2
I.4	Tujuan	2
I.5	Pembatasan Masalah	3
I.6	Spesifikasi Alat	4
I.7	Sistematika Penulisan	5

BAB II LANDASAN TEORI

II.1	Pengantar Robotika	6
II.1.1	Sejarah Robot	6
II.1.2	Definisi Robot.....	8
II.1.3	Keuntungan Penggunaan Robot	9
II.1.4	Klasifikasi Robot Berdasarkan Tingkat Kemampuan Melakukan Tugas	10
II.1.5	Klasifikasi Robot Berdasarkan Mobilitas	10
II.1.6	Klasifikasi Robot Berdasarkan Metode Kontrol.....	11
II.1.7	Sistem Kontrol Robotik	12
II.2	Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI) 2009	14
II.2.1	Latar Belakang KRCI 2009	14
II.2.2	Maksud dan Tujuan Penyelenggaraan KRCI 2009.....	15
II.2.3	Divisi KRCI 2009	16
II.2.4	Peraturan Divisi Senior Beroda	17
II.2.4.1	Robot dan Kelengkapannya	18
II.2.4.2	Arena Lapangan dan Kelengkapannya.....	19
II.3	Motor DC Servo	23
II.4	Sensor	27

II.4.1	Sensor Ultrasonik.....	27
II.4.2	Sensor Kompas	31
II.4.3	Sensor Thermal Array.....	36
II.4.4	Sensor UVTRON.....	40
II.4.5	<i>Microswitch</i>	42
II.4.6	Sensor Warna.....	43
II.5	Rangkaian <i>Sound Activation</i>	44
II.5.1	Pembangkit DTMF	45
II.5.2	Penerima DTMF	46
II.6	Mikrokontroler.....	49
II.6.1	Pengenalan ATMEL AVR RISC	49
II.6.2	Mikrokontroler ATmega16.....	50
II.6.2.1	Fitur ATmega16.....	50
II.6.2.2	Konfigurasi Pin ATmega16	51
II.6.2.3	Diagram Blok ATmega16	54
II.6.2.4	<i>General Purpose Register</i> ATmega16	55
II.6.2.5	Peta Memori ATmega16	55
II.6.2.6	PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>) ATmega16	57

BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI

III.1 Perancangan dan Realisasi Perangkat Keras Robot LADY 60

III.1.1 Mekanik Robot LADY 60

III.1.2 Elektronik Robot LADY 63

III.1.2.1 Sensor 63

III.1.2.1.1 Sensor SRF04..... 63

III.1.2.1.2 Sensor CMPS03..... 64

III.1.2.1.3 Sensor TPA81 64

III.1.2.1.4 Sensor UVTRON..... 65

III.1.2.1.5 *Microswitch* 65

III.1.2.1.6 Sensor Warna..... 66

III.1.2.2 *Sound Activation* 67

III.1.2.3 Motor Servo 68

III.1.2.4 Pemutar Kipas..... 71

III.1.2.5 Skematik pengontrol berbasis mikrokontroler ATmega16..... 72

III.2 Perancangan dan Realisasi Perangkat Lunak Robot LADY 75

III.2.1 Perancangan Sistem Kontrol Robot LADY..... 75

III.2.1.1 Diagram Blok Sistem Start Awal Robot LADY..... 77

III.2.1.2 Diagram Blok Sistem Navigasi Robot LADY..... 77

III.2.1.3 Diagram Blok Sistem Manuver Robot LADY	78
III.2.1.4 Diagram Blok Sistem Pemadaman Api Robot LADY	80
III.2.2 Algoritma pemrograman Robot LADY	81
III.2.2.1 Diagram Alir Penggunaan Sensor.....	81
III.2.2.2 Diagram Alir Pemrograman Robot LADY.....	85
 BAB IV ANALISA DAN DATA PENGAMATAN	
IV.1 Pengujian Sensor Jarak Ultrasonik (SRF04)	92
IV.1.1 Pengukuran Jarak dengan Objek Multiplex.....	93
IV.1.2 Pengukuran Jarak dengan Objek Cermin.....	97
IV.1.3 Pengukuran Jarak dengan Objek <i>Damper</i>	98
IV.2 Pengujian Sensor Kompas (CMPS03).....	102
IV.3 Pengujian Sensor Thermal Array (TPA81).....	105
IV.4 Pengujian Sensor UVTRON	107
IV.5 Pengujian <i>Microswitch</i>	109
IV.6 Pengujian Sensor Warna.....	111
IV.7 Pengujian <i>Sound Activation</i>	112
IV.8 Pengujian Pola Gerak Robot LADY	113

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

V.1 Simpulan	129
---------------------------	------------

V.2 Saran.....	130
-----------------------	------------

DAFTAR PUSTAKA.....	131
----------------------------	------------

LAMPIRAN – A Foto Robot LADY

LAMPIRAN – B Program pada Mikrokontroler ATmega16

LAMPIRAN – C Diagram Alir Program

LAMPIRAN – D Paduan KRCI 2009 Divisi Senior Beroda

LAMPIRAN – E Datasheet

LAMPIRAN – F Data Pengamatan Sensor SRF04

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Register-register yang disediakan Sensor CMPS03.....	33
Tabel 2.2 Register-register pada TPA81	39
Tabel 2.3 Konfigurasi <i>Tone</i> DTMF	45
Tabel 2.4 Fungsional <i>Decode</i> (Mitel, 1993 : 8-27).....	48
Tabel 2.5 Fungsi Khusus Port B	52
Tabel 2.6 Fungsi Khusus Port C	52
Tabel 2.7 Fungsi Khusus Port D	53
Tabel 3.1 Tabel Nilai OCR1x yang digunakan.....	71
Tabel 3.2 Alokasi Pin ATmega16	73
Tabel 4.1 Tabel Pengukuran Jarak Multiplex dengan Sudut 90° Terhadap Sensor Jarak Ultrasonik (SRF04).....	94
Tabel 4.2 Tabel Pengukuran Jarak Multiplex dengan Sudut Bervariasi Terhadap Sensor Jarak Ultrasonik (SRF04).....	95
Tabel 4.3 Tabel Pengukuran Jarak Cermin dengan Sudut 90° Terhadap Sensor SRF04.....	97
Tabel 4.4 Tabel Pengukuran Jarak <i>Damper</i> dengan Sudut 90° Terhadap Sensor Jarak Ultrasonik (SRF04).....	99
Tabel 4.5 Tabel Pengukuran Jarak <i>Damper</i> dengan Sudut Bervariasi Terhadap Sensor Jarak Ultrasonik (SRF04).....	100
Tabel 4.6 Tabel Pengukuran Sudut Menggunakan Sensor CMPS03.....	103

Tabel 4.7	Tabel Pengukuran Suhu Api Lilin dengan Sensor TPA81 dan IRTex50	106
Tabel 4.8	Tabel Pendeteksian Api Lilin dengan Sensor UVtron	108
Tabel 4.9	Tabel Pendeteksian Objek Putih Menggunakan Rangkaian Sensor Warna	112
Tabel 4.10	Tabel Hasil Percobaan Pola Gerak Mencari dan Memadamkan Api Lilin pada Pola 1 dengan Arah Awal Konfigurasi 4	118
Tabel 4.11	Tabel Hasil Percobaan Pola Gerak Mencari dan Memadamkan Api Lilin pada Pola 2 dengan Arah Awal Konfigurasi 5	121
Tabel 4.12	Tabel Hasil Percobaan Pola Gerak Mencari dan Memadamkan Api Lilin pada Pola 3 dengan Arah Awal Konfigurasi 6	124
Tabel 4.13	Tabel Hasil Percobaan Pola Gerak Mencari dan Memadamkan Api Lilin pada Pola 4 dengan Arah Awal Konfigurasi 1	127

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Arena Lapangan	3
Gambar 2.1 Robot ASIMO dari Honda	7
Gambar 2.2 Robot AIBO dari Sony	7
Gambar 2.3 Robot ApriPoko dari Toshiba	7
Gambar 2.4 Diagram Blok Sistem Kontrol.....	12
Gambar 2.5 Kontrol Robot Loop Terbuka.....	12
Gambar 2.6 Kontrol Robot Loop Tertutup	13
Gambar 2.7 Empat Konfigurasi Lokasi Pintu.....	17
Gambar 2.8 Posisi <i>Home</i> pada mode non-Arbitrary Start.....	18
Gambar 2.9 Bentuk Motor Servo	23
Gambar 2.10 Sistem Mekanik Motor Servo	23
Gambar 2.11 Diagram Blok Motor DC Servo dengan Kontrol Kecepatan	24
Gambar 2.12 Rangkaian Motor DC Servo dengan Kontrol Kecepatan.....	25
Gambar 2.13 Nilai pulsa untuk menggerakkan motor servo	26
Gambar 2.14 Contoh Posisi dan Waktu pemberian Pulsa	27
Gambar 2.15 Bentuk Sensor SRF04	28
Gambar 2.16 Dimensi Sensor SRF04	28
Gambar 2.17 Alokasi PIN SRF04.....	29
Gambar 2.18 Gambar Ilustrasi Cara Kerja Sensor SRF04.....	29
Gambar 2.19 Diagram Waktu Sensor SRF04	30

Gambar 2.20	Gambar Posisi Objek terhadap Sensor SRF04.....	30
Gambar 2.21	Alokasi Pin CMPS03	31
Gambar 2.22	Sketsa Sinyal PWM	32
Gambar 2.23	<i>Bit Sequence</i> I2C pada Sensor CMPS03	32
Gambar 2.24	Rangkaian <i>Tactile Switch</i> untuk Proses Kalibrasi.....	35
Gambar 2.25	Orientasi Sensor CMPS03 yang Menghasilkan Pembacaan Sudut 0°	35
Gambar 2.26	Sensor TPA81 Thermopille Array dan Dimensinya	36
Gambar 2.27	Alokasi Pin TPA81	36
Gambar 2.28	Respon Spektral Sensor TPA81 antara 2 μm -22 μm	37
Gambar 2.29	Sudut Pandang Sensor TPA81	37
Gambar 2.30	<i>Bit Sequence</i> I2C pada Sensor TPA81	38
Gambar 2.31	UVTRON R2868 <i>Flame Detector</i> dan Hamamatsu C3704 <i>Drive Circuit</i>	40
Gambar 2.32	UVTRON R2868	40
Gambar 2.33	Grafik Respon UVTRON.....	41
Gambar 2.34	Diagram Blok C3704	41
Gambar 2.35	<i>Microswitch</i> 3 kaki.....	42
Gambar 2.36	Keadaan 3 Kaki <i>Microswitch</i>	43
Gambar 2.37	Rangkaian Sensor Warna Konfigurasi I.....	44
Gambar 2.38	Rangkaian Sensor Warna Konfigurasi II	44
Gambar 2.39	Keluaran Frekuensi Tone dalam Bentuk Matriks	45

Gambar 2.40	Pembangkit DTMF	46
Gambar 2.41	Penerima DTMF	47
Gambar 2.42	Diagram Blok IC Penerima DTMF MT8870.....	47
Gambar 2.43	Konfigurasi Pin ATmega16	51
Gambar 2.44	Diagram Blok ATmega16.....	54
Gambar 2.45	<i>General Purpose Register</i> ATmega16.....	55
Gambar 2.46	Peta Memori Program ATmega16	56
Gambar 2.47	Peta Memori Data ATmega16	56
Gambar 2.48	<i>Phase & Frequency Correct PWM</i>	57
Gambar 3.1	Diagram Blok Robot LADY	59
Gambar 3.2	SRV-1 Mobile surveillance robot kit.....	60
Gambar 3.3	Struktur dan dimensi badan Robot LADY.....	61
Gambar 3.4	Penempatan Sensor dan Rangkaian <i>Sound Activation</i> pada Robot LADY.....	62
Gambar 3.5	Alokasi Pin Sensor SRF04.....	63
Gambar 3.6	Alokasi Pin Sensor CMPS03	64
Gambar 3.7	Alokasi Pin Sensor TPA81	64
Gambar 3.8	Alokasi Pin Sensor UVTRON & Modul C3704.....	65
Gambar 3.9	Konfigurasi <i>Normally Open (NO) Microswitch</i>	65
Gambar 3.10	Konfigurasi <i>Normally Closed (NC) Microswitch</i>	66
Gambar 3.11	Rangkaian Sensor Warna	66

Gambar 3.12	Rangkaian Pembangkit DTMF	67
Gambar 3.13	Rangkaian Penerima DTMF	68
Gambar 3.14	Alokasi Pin pada GWS.03 <i>Continuous Rotation</i> Servo	69
Gambar 3.15	Rangkaian Pemutar Kipas	71
Gambar 3.16	Skematik Pengontrol Berbasis Mikrokontroler ATmega16	74
Gambar 3.17	Diagram Blok Sistem Kontrol Robot LADY	75
Gambar 3.18	Kemungkinan Arena Lapangan.....	76
Gambar 3.19	Diagram Blok Sistem Start Awal Robot LADY	77
Gambar 3.20	Diagram Blok Sistem Navigasi Robot LADY	77
Gambar 3.21	Diagram Blok Sistem Manuver Robot LADY	78
Gambar 3.22	Diagram Blok Sistem Pemadaman Api Robot LADY	80
Gambar 3.23	Diagram Alir Penggunaan Sensor SRF04.....	82
Gambar 3.24	Diagram Alir Penggunaan Sensor CMPS03	83
Gambar 3.25	Diagram Alir Penggunaan Sensor TPA81	84
Gambar 3.26	Arah – arah sudut pada Arena Lapangan	85
Gambar 3.27	Diagram Alir Pemrograman Robot LADY Secara Umum	89
Gambar 3.28	Pergerakan Robot LADY pada Arena Lapangan Konfigurasi Pintu I.....	90
Gambar 3.29	Pergerakan Robot LADY pada Arena Lapangan Konfigurasi Pintu II.....	90
Gambar 3.30	Pergerakan Robot LADY pada Arena Lapangan Konfigurasi Pintu III.....	91

Gambar 3.31	Pergerakan Robot LADY pada Arena Lapangan Konfigurasi Pintu IV.....	91
Gambar 4.1	Ilustrasi Cara Pengukuran Jarak Menggunakan Sensor Jarak Ultrasonik (SRF04)	92
Gambar 4.2	Grafik Jarak Multiplex dengan Sudut 90° Terhadap Sensor Jarak Ultrasonik (SRF04)	95
Gambar 4.3	Grafik Jarak Multiplex dengan Sudut Bervariasi Terhadap Sensor Jarak Ultrasonik (SRF04).....	96
Gambar 4.4	Grafik Jarak Cermin dengan Sudut 90° Terhadap Sensor Jarak Ultrasonik (SRF04)	98
Gambar 4.5	Grafik Jarak <i>Damper</i> dengan Sudut 90° Terhadap Sensor Jarak Ultrasonik (SRF04)	100
Gambar 4.6	Grafik Jarak <i>Damper</i> dengan Sudut Bervariasi Terhadap Sensor Jarak Ultrasonik (SRF04).....	101
Gambar 4.7	Ilustrasi Cara Pengukuran Sudut Menggunakan Sensor CMPS03	102
Gambar 4.8	Grafik Pengukuran Sudut dengan Sensor CMPS03 dan Kompas	104
Gambar 4.9	Ilustrasi Cara Pengukuran Suhu Api Lilin Menggunakan Sensor TPA81	105
Gambar 4.10	Ilustrasi Cara Pendeteksian Api Lilin Menggunakan Sensor UVTron	107
Gambar 4.11	Pendeteksian Objek Halangan dengan Konfigurasi <i>Normally Open</i> (NO) dari <i>Microswitch</i>	110

Gambar 4.12	Pendeteksian Objek Halangan dengan Konfigurasi Normally Closed (NC) dari <i>Microswitch</i>	110
Gambar 4.13	Ilustrasi Pendeteksian Objek Berwarna Putih dengan Menggunakan Rangkaian Sensor Warna	111
Gambar 4.14	Ilustrasi Pengaktifan Robot LADY dengan Menggunakan <i>Sound Activation</i>	112
Gambar 4.15	Konfigurasi Sudut Awal pada <i>Home</i>	113
Gambar 4.16	Pola Gerak Navigasi dengan Sudut Awal Konfigurasi 1	114
Gambar 4.17	Pola Gerak Navigasi dengan Sudut Awal Konfigurasi 2	114
Gambar 4.18	Pola Gerak Navigasi dengan Sudut Awal Konfigurasi 3	115
Gambar 4.19	Pola Gerak Navigasi dengan Sudut Awal Konfigurasi 4	115
Gambar 4.20	Pola Gerak Navigasi dengan Sudut Awal Konfigurasi 5	116
Gambar 4.21	Pola Gerak Navigasi dengan Sudut Awal Konfigurasi 6	116
Gambar 4.22	Pola Gerak Mencari dan Memadamkan Api Lilin pada Pola 1 dengan Arah Awal Konfigurasi 4 Berdasarkan Algoritma	117
Gambar 4.23	Pola Gerak Mencari dan Memadamkan Api Lilin pada Pola 1 dengan Arah Awal Konfigurasi 4	119
Gambar 4.24	Pola Gerak Mencari dan Memadamkan Api Lilin pada Pola 2 dengan Arah Awal Konfigurasi 5 Berdasarkan Algoritma	120
Gambar 4.25	Pola Gerak Mencari dan Memadamkan Api Lilin pada Pola 2 dengan Arah Awal Konfigurasi 5	122

Gambar 4.26	Pola Gerak Mencari dan Memadamkan Api Lilin pada Pola 3 dengan Arah Awal Konfigurasi 6 Berdasarkan Algoritma	123
Gambar 4.27	Pola Gerak Mencari dan Memadamkan Api Lilin pada Pola 3 dengan Arah Awal Konfigurasi 6	125
Gambar 4.28	Pola Gerak Mencari dan Memadamkan Api Lilin pada Pola 4 dengan Arah Awal Konfigurasi 1 Berdasarkan Algoritma	126
Gambar 4.29	Pola Gerak Mencari dan Memadamkan Api Lilin pada Pola 4 dengan Arah Awal Konfigurasi 1	128