



**DESAIN SISTEM KONTROL NAVIGASI ROBOT BERKAKI
EMPAT PADA *UNSTRUCTURED ENVIRONMENT***

SKRIPSI

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

Oleh

**Aris Fajar Umarok
NIM 051910201070**

**PROGRAM STUDI S-1
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2010**



**DESAIN SISTEM KONTROL NAVIGASI ROBOT BERKAKI
EMPAT PADA *UNSTRUCTURED ENVIRONMENT***

SKRIPSI

Oleh

**Aris Fajar Umarok
NIM 051910201070**

**PROGRAM STUDI S-1
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2010**



DESAIN SISTEM KONTROL NAVIGASI ROBOT BERKAKI EMPAT PADA *UNSTRUCTURED ENVIRONMENT*

Aris Fajar Umarok

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Jember

Jl. Slamet Riyadi No. 62 Patrang, Jember 68111 Telp. (0331) 484977

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang semakin pesat berdampak pada perkembangan teknologi robotika terutama robot berkaki empat. Keunggulan robot berkaki dibandingkan dengan robot beroda adalah kemampuannya untuk menjelajah pada kondisi lingkungan yang tidak beraturan. Oleh karena itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mendesain sistem kontrol sebuah robot berkaki empat yang dapat bernavigasi pada lingkungan yang tidak beraturan dengan baik.

Supaya dapat bernavigasi pada lingkungan yang tidak beraturan, maka sistem kontrol robot berkaki empat ini menggunakan metode *behavior based control*. Berbeda dengan sistem kontrol tradisional yang menjalankan semua fungsi untuk mengatasi suatu masalah, *behavior based control* ini membagi-bagi setiap fungsi untuk menunaikan satu masalah. Kelebihan metode ini yaitu pengujian dari tiap fungsi dapat dilakukan secara terpisah dan apabila salah satu fungsi rusak maka fungsi yang lain tidak ikut rusak. Untuk dapat berjalan dengan baik robot berkaki empat meniru *gait* (gaya berjalan) hewan. Terdapat banyak *gait* yang dimiliki oleh hewan tetapi yang diambil pada penelitian adalah *gait walk* (berjalan).

Untuk memenuhi kriteria lingkungan yang tidak beraturan maka dilakukan pengujian pada beberapa kondisi lingkungan antara lain bidang datar, berbatu, berumput, dan bidang miring untuk mengetahui kemampuan berjalan robot. Pengujian juga dilakukan terhadap sistem *behavior based control* didalam dan diluar ruangan untuk mengetahui kemampuan sistem yang ada pada robot.

Dari hasil pengujian kemampuan berjalan robot pada beberapa kondisi lingkungan, pada bidang datar robot mampu berjalan dengan cepat dengan menggunakan *delay* 20 ms sedangkan pada daerah berbatu robot hanya mampu



berjalan ketika menggunakan *delay* 25 ms dan 30 ms. Untuk daerah berumput waktu tempuh tercepat dengan menggunakan *delay* 30 ms dan pada bidang miring robot mampu berjalan hingga kemiringan 10° dengan menggunakan *delay* 20 ms.

Sistem *behavior based control* juga sudah bekerja dengan baik ketika dilakukan pengujian secara terpisah maupun dengan penggabungan sistem *behavior* secara keseluruhan. Pada pengujian *behavior* eksplorasi pengacakan gerakan yang dilakukan sudah baik karena tidak ada gerakan yang dominan, sedangkan pada *behavior* menghindari halangan robot sudah mampu melakukan gerakan menghindar dari benda yang terdeteksi sensor. Koordinasi antar *behavior* juga sudah baik karena kesalahan-kesalahan yang terjadi kecil.

Kata Kunci : robot berkaki empat, *gait* (gaya berjalan), *behavior based control*



DESIGN SYSTEM CONTROL NAVIGATION FOUR LEGS ROBOT IN UNSTRUCTURED ENVIRONMENT

Aris Fajar Umarok

Electrical Engineering of Engineering Faculty

Jember University

Slamet Riyadi Street No. 62 Patrang, Jember 68111 Phone (0331) 484977

ABSTRACT

The rapid technological developments affect the development of robotics technology, especially the four-legged robot. Legged robot advantage compared with wheeled robots is the ability to surf on the unstructured environmental conditions. Therefore, this study aims to design the control system of a four-legged robot that can navigate the unstructured environment well.

To be able to navigate in an unstructured environment, then the four-legged robot control systems using behavior-based control method. Unlike traditional control systems that run all the functions to solve a problem, behavior-based control is divided for each function to perform a single problem. The advantage of this method of testing of each function can be done separately and if one is damaged then the function of another function were not damaged. To be able to walk well four-legged robot to imitate gait (walking style) animals. There are a lot of gait possessed by animals but drawn on the research is to walk gait (walking).

To meet the criteria for unstructured environment then the performed tests on several environmental conditions such as flatness, rocky, grassy, and incline to determine the ability of walking robots. Tests were also conducted on the behavior-based control systems inside and outside the room to know the capabilities of existing systems on the robot.

From the results of testing the ability of walking robots, in some circumstances, on a plane a robot capable of traveling faster by using a delay of 20 ms, while in rocky areas the robot is only able to walk when using a delay of 25 ms



and 30 ms. For the grassy area by using the fastest travel time delay is 30 ms and a robot on an inclined plane is able to walk up the slope of 10° by using the delay of 20 ms.

Behavior-based control system has also been working well when done testing separately or by combining the overall system behavior. On testing of exploratory behavior by scrambling movement already well because there is no dominant movement, while avoiding obstacles on the robot behavior was able to escape the motion sensor detected objects. Coordination between behavior has also been good because of a little mistakes that happened.

Keywords : *four-legged robot, gait (walking style), behavior-based control*



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	vii
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Kontrol untuk Sistem Robot Mandiri	4
2.2 Teknik Pengendalian Robot	5
2.3 <i>Behavior-based Robotic</i> (BBR)	6
2.3.1 Sejarah	6
2.3.2 Dasar Biologis <i>Behavior-based Robotic</i>	7
2.3.3 Konsep Dasar <i>Behavior-based Robotic</i>	7
2.3.4 Arsitektur <i>Subsumption</i>	8



2.4 Metode Koordinasi Antar <i>Behavior</i>	14
2.5 Jenis <i>Mobile Robot</i>	17
2.6 Robot Berkaki	18
2.6.1 Teknik Pergerakan Robot	19
2.6.2 Robot Berkaki Dengan Lebih Dari Empat Buah Kaki	20
2.6.3 Robot Berkaki Empat	21
2.6.4 Robot Berkaki Tiga	21
2.6.5 Robot Berkaki Dua	22
2.6.6 Robot Berkaki Satu	23
2.7 <i>Gait</i> (Gaya Berjalan) Robot Berkaki Empat	24
BAB 3. METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.2 Tahapan Penelitian	28
3.3 Perancangan Mekanik Robot	30
3.3.1 Desain Robot	30
3.3.2 Mekanisme Gerakan Robot	30
3.4 Perangkat Keras Robot	34
3.4.1 Sensor	35
3.4.2 Aktuator	40
3.4.3 Mikrokontroler	43
3.5 Perangkat Lunak Robot	45
3.5.1 <i>Compiler</i>	45
3.5.2 Sistem <i>Behavior Based Control</i>	47
3.6 Pengujian	52
BAB 4. HASIL DAN ANALISA DATA	
4.1 Perangkat Keras	54
4.1.1 Mikrokontroler	54
4.1.2 Sensor Ultrasonik	55
4.1.3 Servo	57



4.2 Kemampuan Berjalan Robot	59
4.2.1 Lingkungan Datar	60
4.2.2 Lingkungan Berbatu	65
4.2.3 Lingkungan Berumput	67
4.2.4 Lingkungan Miring	68
4.3 Sistem <i>Behavior</i>	72
4.3.1 Eksplorasi	72
4.3.2 Menghindari Halangan	74
4.3.3 Koordinasi <i>Antar Behavior</i>	75
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	86



DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 <i>Clock Select</i> Untuk Memilih <i>Clock Source</i> Pada <i>Timer/Counter</i>	38
3.2 Spesifikasi Motor Servo GWS S03T STD	40
4.1 Hasil Pengujian Mikrokontroler ATmega 8535	54
4.2 Hasil Pengujian Mikrokontroler ATmega 8	54
4.3 Hasil Pengujian Tingkat Keakuratan Sensor <i>PING</i>)))	56
4.4 Error Persen Sensor <i>PING</i>)))	57
4.5 Hasil Pengujian Servo GWS S03T STD	59
4.6 Hasil Uji Pengaruh <i>Delay</i> Terhadap Pergerakan Robot	60
4.7 Hasil Pengujian Terhadap Bidang Datar	63
4.8 Hasil Pengujian Waktu Tempuh Rata-Rata Robot Pada Bidang Datar	64
4.9 Hasil Pengujian Pada Lingkungan Berbatu	65
4.10 Hasil Pengujian Waktu Tempuh Rata-Rata Pada Lingkungan Bebatu	66
4.11 Hasil Pengujian Pada Lingkungan Berumput	67
4.12 Hasil Pengujian Waktu Tempuh Rata-Rata Robot Pada Lingkungan Berumput	68
4.13 Hasil Pengujian Robot Terhadap Bidang Miring	70
4.14 Hasil Pengujian Waktu Tempuh Rata-Rata Pada Lingkungan Miring	72
4.15 Definisi Gerakan Terhadap Nilai Yang Diacak	73
4.16 Hasil Pengacakan Fungsi <i>Rand</i> Terhadap Pergerakan Robot	73
4.17 Data Masukan Dari Sensor Ultrasonik Dan Respon Gerak Robot	75
4.18 Hasil Pengujian Robot Pada Koordinasi Antar <i>Behavior</i>	77



4.19	Hasil Pengujian Robot Dalam Ruangan	80
4.20	Hasil Pengujian Robot Di Luar Ruangan	81

DAFTAR GAMBAR

	Halaman	
2.1	Teknik Penguraian Tradisional untuk Sistem Kontrol <i>Mobile Robot</i> ke dalam Unit-Unit Fungsional (Brooks, 1986)	8
2.2	Dekomposisi Sistem Kontrol <i>Mobile Robot</i> Dengan <i>Task Achieving Behaviors</i> (Brooks, 1986)	8
2.3	Arsitektur <i>Subsumption</i> (Brooks, 1986)	10
2.4	Sistem Kontrol Level ke Nol (Brooks, 1986)	10
2.5	Sistem Kontrol Level 0 ditambah dengan Sistem Level 1 (Brooks, 1986)	12
2.6	Sistem Kontrol level 0 dan 1 Ditambah dengan Sistem Level 2 (Brooks, 1986)	13
2.7	Klasifikasi Mekanisme Koordinasi (Pirjanian,1999)	14
2.8	Mekanisme Koordinasi Kompetitif (Carreras,2003)	15
2.9	Mekanisme Koordinasi Kooperatif (Carreras,2003)	15
2.10	Klasifikasi Koordinasi <i>Behavior</i> yang lain (Pirjanian,1999)	16
2.11	Pergerakan Kaki dengan <i>Wave Gait</i>	20
2.12	Pergerakan Kaki dengan <i>Tripod Gait</i>	20
2.13	Desain <i>Bipedal Dynamic Walker</i>	22
2.14	Gaya Berjalan yang Digunakan oleh Binatang Berjalan Berkaki Empat	25
3.1	Diagram Alir Tahap Penelitian	29
3.2	Desain Robot Berkaki Empat	30
3.3	Penempatan 12 Motor Servo Pada Robot	31
3.4	Posisi Motor Servo Untuk Satu Kaki Robot	31
3.5	Mekanisme Gerakan Maju	32



3.6	Mekanisme Gerakan Putar Kanan	33
3.7	Mekanisme Gerakan Putar Kiri	34
3.8	Blok Diagram Perancangan Sistem Robot	35
3.9	<i>PING</i>)))™ <i>Ultrasonic Range Finder</i>	35
3.10	Diagram Waktu Sensor <i>PING</i>)))	36
3.11	Ilustasi Cara Kerja <i>PING</i>)))	37
3.12	Register Timer Kontrol Timer 0 (TCCR0)	37
3.13	Motor Servo GWS S03T STD	40
3.14	Pensinyalan motor servo	42
3.15	Rangkaian Sistem Minimum ATmega 8535 dan ATmega 8	44
3.16	Diagram Sistem Kontrol pada Robot	44
3.17	Tampilan Awal <i>Code Vision AVR</i>	45
3.18	Tampilan Menu <i>Code Wizard AVR</i>	46
3.19	Tampilan <i>Source Code</i> pada <i>Project Code Vision AVR</i>	47
3.20	Sistem <i>Behavior</i> Kontrol Robot	48
3.21	Diagram Alir Koordinasi Antar <i>Behavior</i>	49
3.22	Diagram Alir <i>Behavior</i> Eksplorasi	50
3.23	Posisi Sensor Ultrasonik	51
3.24	Diagram Alir <i>Behavior</i> Menghindari Halangan	52
4.1	Pengujian Robot Pada Lantai Keramik Licin	61
4.2	Pengujian Robot Pada Lantai Keramik Kasar	61
4.3	Pengujian Robot Pada Lantai Kayu	62
4.4	Pengujian Robot Pada Karpet	62
4.5	Bagan Keberhasilan Robot Berjalan Terhadap Lingkungan Datar	64
4.6	Bagan Keberhasilan Robot Berjalan Terhadap Lingkungan Berbatu	65
4.7	Pengujian Robot Pada Lingkungan Berbatu	66



4.8	Bagan Keberhasilan Robot Berjalan Terhadap Lingkungan Berumput	67
4.9	Pengujian Robot Pada Lingkungan Berumput	68
4.10	Pengujian Robot Terhadap Bidang Miring	69
4.11	Bagan Keberhasilan Robot Berjalan Terhadap Bidang Miring	71
4.12	LED Merah Menyala Mengindikasikan Behavior Menghindari Halangan Aktif	78
4.13	LED Hijau Menyala Mengindikasikan Behavior Eksplorasi Aktif	79
4.14	Pengujian Robot Dalam Ruangan	81
4.15	Pengujian Robot Di Luar Ruangan	82
A.1	Gambar Robot Tampak Atas	86
A.2	Gambar Robot Tampak Depan	86
A.3	Gambar Robot Tampak Samping Kiri	87
A.4	Gambar Robot Tampak Samping Kanan	87



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A Gambar Robot Berkaki Empat	86
B Listing Program ATmega 8	88
C Listing Program ATmega 8535	92