

**PENGENDALIAN SUDUT ARAH *MOBILE* ROBOT
MENGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN
*BACKPROPAGATION***



SKRIPSI

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada Jurusan Informatika/Ilmu Komputer**

Disusun oleh:

Diah Putu Dwijayanti

J2F 008 096

**JURUSAN INFORMATIKA/ILMU KOMPUTER
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

2014

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir/skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Semarang, 28 Agustus 2014

Diah Putu Dwijayanti
NIM. J2F008096

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengendalian Sudut Arah *Mobile* Robot Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation*
Nama : Diah Putu Dwijayanti
NIM : J2F 008 096

Telah diujikan pada sidang tugas akhir pada tanggal 25 Agustus 2014 dan dinyatakan lulus pada tanggal 28 Agustus 2014.

Semarang, 28 Agustus 2014

Mengetahui,

Ketua Jurusan Ilmu Komputer / Informatika
FSM UNDIP

Panitia Penguji Tugas Akhir
Ketua,



Nurdin Bahtiar, S.Si, MT

NIP. 1979 07 20 2003 12 1 002





Drs. Kushartantya, MI.Komp

NIP. 19500301 197903 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengendalian Sudut Arah *Mobile Robot* Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation*
Nama : Diah Putu Dwijayanti
NIM : J2F 008 096

Telah diujikan pada sidang tugas akhir pada tanggal 25 Agustus 2014.

Pembimbing Utama	Semarang, 28 Agustus 2012
	Pembimbing Anggota
<u>Sukmawati Nur Endah, S.Si, M.Kom</u>	
NIP. 19780502 200501 2 002	<u>Priyo Sidik Sapongko, S.Si, M.Kom</u>
	NIP. 19700705 199702 1 001

ABSTRAK

Dunia robotika berkembang dengan begitu cepat, sehingga robot dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, misalnya pada bidang industri, bidang kesehatan dan bidang pertanian. Hal penting dalam perencanaan dan pembangunan robot adalah masalah olah gerak. Pengaturan olah gerak pada robot membutuhkan algoritma cerdas agar robot dapat bergerak dengan baik. Tugas akhir ini membuat sebuah pengendalian sudut arah *mobile* robot menggunakan jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Robot yang digunakan adalah robot lego mindstorms 2.0 beroda empat. Pelatihan data menggunakan *backpropagation* dilakukan pada Matlab menghasilkan nilai bobot. Nilai bobot tersebut digunakan pada pemrograman menggunakan Lejos yang kemudian diterapkan pada robot lego. Setelah program diterapkan, robot dapat bergerak melewati lintasan lurus, lintasan berbelok 30 derajat, lintasan berbelok 45 derajat, lintasan berbelok 60 derajat dan lintasan berbelok 90 derajat tanpa menabrak benda/rintangangan dengan rata-rata tingkat keberhasilan 90.67%. Pada tugas akhir ini, algoritma jaringan syaraf tiruan *backpropagation* telah terimplementasi dengan baik pada robot sehingga robot dapat mengendalikan olah geraknya sendiri

Kata kunci : jaringan syaraf tiruan *backpropagation*, robotika, robot lego, gerak robot

ABSTRACT

Robotics world growing so rapidly, so that the robot can be applied in many fields, for example in the industry, health and agriculture fields. The important thing for the planning and construction of the robot is a problem motion though. Setting in motion of the robot requires smart algorithms so that robot can move well. The final task is to make a direction angle control of mobile robot using back propagation neural network. The robot used is a four-wheeled robot lego mindstroms 2.0. Training data using backpropagation performed in Matlab produces weight values (pattern). Weight value (pattern) is used in programming using Lejos then applied to the robot lego. Once the program is implemented, the robot can move past the straight track, the line 30 degree turn, the line 45 degree turn, the line 60 degree turn and the line 90 degree turn without bumping into objects/obstacles with average success rate 90.67%. In this direction angle control, a neural network backpropagation algorithm has been implemented by the robot so that the robot can control its own motion.

Keywords: backpropagation neural networks, robotics, robot lego, moving robot

KATA PENGANTAR

Puji syukur pada kehadiran Allah SWT karena berkat Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “**Pengendalian Sudut Arah Mobile Robot Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation***” dengan baik dan lancar. Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Ilmu Komputer / Informatika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang.

Pelaksanaan penyusunan laporan tugas akhir ini, banyak mendapat bimbingan, arahan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih dengan tulus kepada :

1. Dr. Muhammad Nur, DEA, selaku Dekan FSM UNDIP.
2. Nurdin Bahtiar, S.Si, M.T selaku Ketua Jurusan Ilmu Komputer / Informatika.
3. Indra Waspada, ST, M.TI, selaku Koordinator Tugas Akhir.
4. Sukmawati Nur Endah, S.Si, M.Kom, selaku dosen pembimbing I.
5. Priyo Sidik Sasongko, S.Si, M.Kom, selaku dosen pembimbing II.
6. Semua pihak yang telah membantu hingga selesainya tugas akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan.

Laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan baik dari penyampaian materi maupun isi dari materi itu sendiri. Hal ini dikarenakan keterbatasan kemampuan dan pengetahuan dari penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan juga pembaca pada umumnya.

Semarang, Agustus 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR PERSAMAAN	xiii
DAFTAR <i>SOURCE CODE</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan dan Manfaat.....	2
1.4. Ruang Lingkup	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Jaringan Syaraf Tiruan.....	5
2.2. Jaringan Syaraf Tiruan <i>Backpropagation</i>	7
2.3. Robotika	11
2.4. Robot Lego	12
2.4.1. NXTBrick	13

2.4.2.	Sensor Ultrasonik.....	14
2.4.3.	Aktuator (NXT motor).....	15
2.5.	Matlab.....	15
2.6.	Lejos	16
2.7.	Pengembangan Perangkat Lunak.....	17
2.7.1.	Siklus Hidup Pengembangan Perangkat Lunak.....	17
2.7.2.	<i>Linear Sequential Model</i>	17
2.7.3.	Aliran Data Aliran Data / <i>Data Flow Diagram</i> (DFD)	19
2.7.4.	<i>Flowchart</i>	20
2.7.5.	Pengujian Fungsional dengan Metode <i>Black-Box</i>	21
BAB III	ANALISIS DAN PERANCANGAN	23
3.1.	Analisis	23
3.1.1.	Deskripsi Umum.....	23
3.1.2.	Tahapan-tahapan pembangunan	24
3.1.3.	Kebutuhan Pengembangan	35
3.1.4.	Pemodelan Fungsional.....	36
3.2.	Perancangan.....	37
3.2.1.	Perancangan Pengendalian Sudut Arah dan Fungsi	37
3.2.2.	Perancangan Antarmuka.....	42
BAB IV	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	43
4.1.	Lingkungan Pembangun	43
4.2.	Implementasi	43
4.2.1.	Implementasi Pengendalian Sudut Arah dan Fungsi.....	43
4.2.2.	Implementasi Rancangan Antarmuka.....	47
4.3.	Pengujian	47
4.3.1.	Lingkungan Pengujian	47
4.3.2.	Pengujian Fungsionalitas	48

4.3.3. Pengujian Data Pelatihan.....	49
4.3.4. Pengujian Gerak Robot.....	53
BAB V PENUTUP.....	57
5.1. Kesimpulan.....	57
5.2. Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	59
Lampiran 1 : <i>Source Code</i> Pelatihan Data Menggunakan Matlab	60
Lampiran 2 : <i>Source Code</i> Implementasi pada Robot.....	62
Lampiran 3 : Data Pelatihan	65
Lampiran 4 : Hasil Pelatihan 12 (bobot terbaik)	70

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2. 1. Sebuah Neuron.....	6
Gambar 2. 2. Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner	6
Gambar 2. 3. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan <i>Backpropagation</i>	7
Gambar 2. 4. NXTBrick	14
Gambar 2. 5. Sensor Ultrasonik.....	15
Gambar 2. 6. Aktuator	15
Gambar 2. 7. <i>Linear Sequential Model</i> dalam Pengembangan Perangkat Lunak. (Pressman,2005)	18
Gambar 3. 1. Gambaran Umum Tahapan-tahapan Pengembangan Pengendalian Sudut Arah Robot	23
Gambar 3. 2. Arsitektur Jaringan	25
Gambar 3. 3. Sebuah Robot Lego.....	31
Gambar 3. 4. DFD Level 1 Proses Gerak Robot	37
Gambar 3. 5. <i>Flowchart</i> Proses Pelatihan	38
Gambar 3. 6. <i>Flowchart</i> Proses Gerak Robot.....	39
Gambar 3. 7. Perancangan Antarmuka LCD NXTBrick pada Robot Lego	42
Gambar 4. 1. <i>Code</i> untuk <i>Transfer</i> Program dari PC ke Robot	45
Gambar 4. 2. Implementasi Rancangan Antarmuka.....	47

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2. 1. Tabel Spesifikasi <i>rear-wheel drive</i>	12
Tabel 2. 2. Penomoran Level dalam DFD (Ladjamudin, 2005).....	20
Tabel 2. 3. Simbol-Simbol dalam DFD (Ladjamudin, 2005).....	20
Tabel 2. 4. Simbol-Simbol <i>Flowchart</i> (Ladjamudin, 2006).....	21
Tabel 3. 1. Satu Pasang Data Pelatihan	25
Tabel 3. 2. Satu Pasang Data Pelatihan yang Telah Ditransformasi	26
Tabel 3. 3. Suku Perubahan Bobot v_{ij}	30
Tabel 3. 4. Perubahan Bobot Garis yang Menuju ke Unit Tersembunyi.....	30
Tabel 3. 5. Data Jarak sebagai Masukan Penghitungan Penerapan pada Robot	32
Tabel 3. 6. Data Jarak yang Telah Ditransformasi	33
Tabel 3. 7. <i>Software Requirement Specification</i> (SRS) Robot Lego.....	36
Tabel 4. 1. Tabel Rencana Pengujian Menggunakan Teknik <i>Blackbox</i>	48
Tabel 4. 2. Tabel Hasil Pengujian Menggunakan Teknik <i>Black Box</i>	49
Tabel 4. 3. Parameter-Parameter Jaringan pada Pelatihan	51
Tabel 4. 4. Hasil Pelatihan Melihat Pengaruh Laju Pembelajaran (lr)	51
Tabel 4. 5. Hasil Pelatihan Melihat Pengaruh <i>Goal Target</i>	51
Tabel 4. 6. Hasil Pelatihan Melihat Pengaruh Iterasi (<i>Epoch</i>)	52
Tabel 4. 7. Hasil Pelatihan Untuk Mendapatkan Bobot yang Terbaik	52
Tabel 4. 8. Lintasan Lurus	54
Tabel 4. 9. Lintasan Berbelok 30 Derajat.....	54
Tabel 4. 10. Lintasan Berbelok 45 Derajat.....	55
Tabel 4. 11. Lintasan Berbelok 60 Derajat.....	55
Tabel 4. 12. Lintasan Berbelok 90 Derajat.....	55

DAFTAR PERSAMAAN

	Hal
Persamaan 2. 1. Jumlah Sinyal Terbobot (<i>Weighted Signal</i>) pada Jaringan y_{net}	6
Persamaan 2. 2. Fungsi <i>Sigmoid Biner</i>	6
Persamaan 2. 3. Jumlah <i>Input</i> Terbobot	8
Persamaan 2. 4. Fungsi Aktifasi pada Unit Keluaran.....	8
Persamaan 2. 5. Rumus Penjumlahan Bobot.....	8
Persamaan 2. 6. Fungsi Aktifasi Sinyal <i>Ouput</i>	8
Persamaan 2. 7. Menghitung Informasi <i>Error</i> Tiap-tiap Unit <i>Output</i>	8
Persamaan 2. 8. Koreksi Bobot	9
Persamaan 2. 9. Koreksi Bias	9
Persamaan 2. 10. Penjumlahan Delta <i>Inputan</i> dari Lapisan Atasnya.....	9
Persamaan 2. 11. Menghitung Informasi <i>Error</i>	9
Persamaan 2. 12. Menghitung Koreksi Bobot.....	9
Persamaan 2. 13. Menghitung Koreksi Bias.....	9
Persamaan 2. 14. Memperbaiki Nilai Bias dan Bobot pada Unit <i>Output</i>	9
Persamaan 2. 15. Memperbaiki Nilai Bias dan Bobot pada Unit Tersembunyi.....	9
Persamaan 2. 16. Persamaan Transformasi Linear.....	10

DAFTAR SOURCE CODE

<i>Source Code</i> 4. 1. Implementasi Proses Transformasi Data Pelatihan.....	44
<i>Source Code</i> 4. 2. Pengaturan Parameter Jaringan.....	44
<i>Source Code</i> 4. 3. Implementasi Latih Data dengan <i>Backpropagation</i>	45
<i>Source Code</i> 4. 4. <i>Transfer</i> program dari PC ke robot.....	45
<i>Source Code</i> 4. 5. Transformasi Data Jarak	46
<i>Source Code</i> 4. 6 Menghitung Data Jarak Menggunakan <i>Backpropagation</i>	46
<i>Source Code</i> 4. 7 Transformasi Sudut Arah.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini memaparkan latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup, dan sistematika penulisan tugas akhir dengan judul “Pengendalian Sudut Arah *Mobile Robot* Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*”.

1.1. Latar Belakang

Perkembangan dunia komputer, terutama dalam mikrokontroler memberikan dampak yang sangat besar terhadap dunia robotika, sehingga berkembang dengan begitu pesat. Hal ini tentu saja menuntut manusia untuk mengikuti perkembangannya dalam mempelajari lebih lanjut. Robot dapat diaplikasikan dalam beberapa bidang, misalnya bidang industri, bidang kesehatan, bidang hiburan, bidang pertanian dan sebagainya. Secara garis besar robot dibagi menjadi dua berdasarkan tipe pergerakannya, yaitu *mobile robot* dan *stationary robot*. *Mobile robot* adalah robot yang mempunyai kemampuan untuk berpindah lokasi dari satu tempat ke tempat lainnya, sedangkan *stationary robot* adalah robot yang tidak mempunyai kemampuan untuk berpindah posisi. Jenis *mobile robot* bermacam-macam, seperti robot beroda dan robot berkaki (Siegwart, 2004).

Mobile robot beroda menggunakan roda sebagai *actuator*. Tipe *mobile robot* beroda bergantung pada jumlah roda yang digunakan, jenis roda yang digunakan, dan cara pergerakannya dengan roda. Pada *mobile robot* 4 roda, roda belakang digerakkan oleh motor untuk bergerak, sedangkan roda di depan digunakan untuk menentukan sudut arah robot yang digerakan juga oleh motor (Siegwart, 2004). Salah satu hal yang penting dalam perencanaan dan pembangunan pada *mobile robot* adalah masalah olah gerak. Olah gerak yang dimaksud terdiri dari perencanaan gerak dan pengambilan keputusan pergerakan untuk menghindari tabrakan dalam sebuah lintasan. Agar *mobile robot* bergerak sesuai dengan lintasan yang akan dilalui maka perlu pengaturan sudut arah robot dengan baik. Pengaturan sudut arah robot membutuhkan algoritma cerdas diantaranya yaitu seperti algoritma genetika, logika fuzzy, dan jaringan syaraf tiruan.

Jaringan syaraf tiruan merupakan pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik menyerupai jaringan syaraf manusia (Hermawan, 2006). Jaringan syaraf tiruan dapat digunakan untuk memodelkan hubungan yang kompleks antara *input* dan *output* untuk menemukan pola-pola pada data. Salah satunya yang sering digunakan yaitu jaringan syaraf tiruan *backpropagation*.

Jaringan syaraf tiruan *backpropagation* secara umum digunakan untuk menirukan kinerja otak yang memiliki kemampuan untuk belajar (beradaptasi dan memahami sesuatu yang baru). Dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation*, *mobile* robot akan melakukan proses pembelajaran sehingga mampu bergerak maju, ke kiri, ke kanan tanpa tabrakan pada lintasan. Jaringan syaraf tiruan *backpropagation* ini dapat bekerja cukup bagus untuk sebuah kendali yang ditanamkan pada mikrokontroler robot (Jatmiko, 2010).

Pada tugas akhir ini, penulis akan membuat pengendali sudut arah pada robot menggunakan pelatihan jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Hasil dari pelatihan berupa bobot (pola) terbaik yang kemudian diterapkan pada *mobile* robot. Pelatihan jaringan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Matlab dan penerapan pada robot menggunakan pemrograman *Java Lejos*.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dihadapi pada tugas akhir ini, yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana analisis dan perancangan untuk pengendalian sudut arah *mobile* robot menggunakan jaringan syaraf tiruan *backpropagation*.
2. Bagaimana pelatihan data menggunakan algoritma jaringan syaraf tiruan *backpropagation*.
3. Bagaimana penerapan pengendalian sudut arah *mobile* robot menggunakan jaringan syaraf tiruan *backpropagation* pada robot lego.
4. Bagaimana hasil dan analisis pergerakan *mobile* robot dengan menggunakan algoritma jaringan syaraf tiruan *backpropagation* pada lintasan

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengimplementasikan/menerapkan algoritma jaringan syaraf tiruan *backpropagation* untuk pengendalian sudut arah

mobile robot. Adapun manfaatnya adalah untuk mendapatkan pengendalian sudut arah *mobile* robot yang baik (tidak menabrak lintasan).

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Algoritma jaringan syaraf yang digunakan untuk pengendalian sudut arah *mobile* robot adalah jaringan syaraf tiruan *backpropagation*
2. *Mobile* robot yang digunakan adalah robot lego beroda 4.
3. Pelatihan jaringan dilakukan menggunakan perangkat lunak *Matlab* dan penerapan pada robot menggunakan pemrograman *Java Lejos*.
4. Jalan/lintasan robot yang digunakan yaitu lintasan lurus dan lintasan berbelok ke kanan dan ke kiri.
5. Kecepatan roda konstan.
6. Pengambilan data pelatihan menggunakan metode *trial and error* (metode eksperimen/pengambilan data langsung).
7. Pengujian terbagi menjadi tiga, yaitu pengujian fungsionalitas menggunakan metode *black box*, pengujian pelatihan data menggunakan berbagai parameter jaringan dan pengujian gerak robot melewati lintasan lurus, lintasan berbelok 30 derajat, lintasan berbelok 45 derajat, lintasan berbelok 60 derajat dan lintasan berbelok 90 derajat.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini terbagi menjadi beberapa pokok bahasan. yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah. rumusan masalah. tujuan dan manfaat. ruang lingkup. dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi penjelasan singkat mengenai konsep-konsep yang mendukung pembuatan aplikasi seperti jaringan syaraf tiruan. algoritma pelatihan jaringan syaraf tiruan *backpropagation*, robotika, robot Lego, Matlab, Lejos, pengembangan perangkat lunak.

BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN

Bab ini membahas proses analisis dan perancangan yang berisi analisis deskripsi umum, tahapan-tahapan pembangunan, kebutuhan pengembangan, pemodelan fungsional, perancangan dan fungsi serta perancangan antarmuka.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini membahas tahap implementasi dan pengujian yang berisi implementasi pelatihan data, implementasi penerapan pada robot dan pengujian.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang diambil berkaitan dengan tugas akhir yang dibuat dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.