

**PENERAPAN METODE *FUZZY TUNING*
DYNAMIC PSO SEBAGAI PENGONTROL *MOBILE ROBOT*
BERPENGGERAK *DIFFERENTIAL***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



OLEH :

**TRI ATMOKO MALIK KURNIAWAN
09011181320026**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
SISTEM KOMPUTER**

2020

**PENERAPAN METODE *FUZZY TUNING*
DYNAMIC PSO SEBAGAI PENGONTROL *MOBILE ROBOT*
BERPENGGERAK *DIFFERENTIAL***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



OLEH :

**TRI ATMOKO MALIK KURNIAWAN
09011181320026**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
SISTEM KOMPUTER**

2020

HALAMAN PENGESAHAN

**PENERAPAN METODE *FUZZY TUNING*
DYNAMIC PSO SEBAGAI PENGONTROL
MOBILE ROBOT BERPENGGERAK *DIFFERENTIAL***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**

OLEH :


**TRI ATMOKO MALIK KURNIAWAN
09011181320026**


Indralaya, 30 Juli 2020

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer

Pembimbing Tugas Akhir


Dr. Ir. H. Sukemi, M. T.
NIP. 19661203 200604 1 001


Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T
NIP. 19690802 199401 2 001

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Kamis

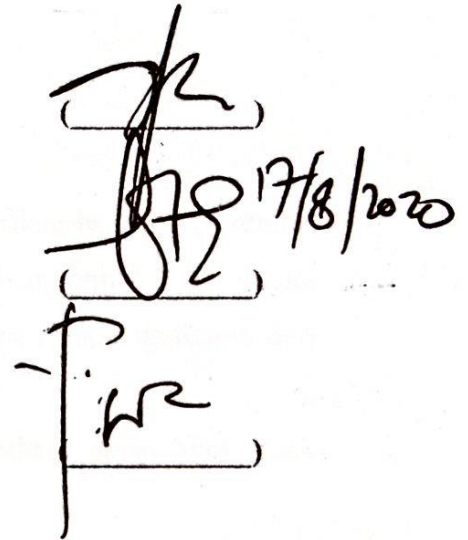
Tanggal : 30 Juli 2020

Tim Penguji :

1. Ketua : Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.

2. Anggota 1 : Ir. Bambang Tutuko, M.T.


3. Anggota 2 : Firdaus, M.Kom.



Handwritten signatures and dates for the examiners. The first signature is for Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T. with the date 17/8/2020. The second signature is for Ir. Bambang Tutuko, M.T. The third signature is for Firdaus, M.Kom.

Mengetahui,

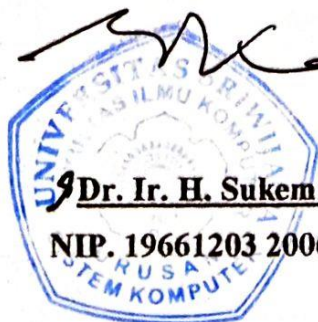
Ketua Jurusan Sistem Komputer



Handwritten signature of Dr. Ir. H. Sukemi, M. T.

Dr. Ir. H. Sukemi, M. T.

NIP. 19661203 200604 1 001



HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Tri Atmoko Malik Kurniawan
NIM : 09011181320026
Program Studi : Sistem Komputer
Judul TA : Penerapan Metode *Fuzzy Tuning Dynamic PSO*
Sebagai Pengontrol *Mobile Robot Berpenggerak Differential*

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 20 %

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan / plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Indralaya, 13 Agustus 2020



Tri Atmoko Malik Kurniawan

Tri Atmoko Malik Kurniawan

NIM. 09011181320026

HALAMAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

Bismillaahirrahmaanirrahiim, Do Your Best –

Tri Atmoko Malik Kurniawan

Karya besar ini akan kupersembahkan kepada :

- **Ayah dan Ibuku tercinta.**
- **Saudari-saudariku, Sahabat dan seluruh keluarga besarku.**
- **Teman-teman seperjuangan Sistem Komputer Angkatan 2013.**
- **Universitas Sriwijaya.**

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul **“PENERAPAN METODE FUZZY TUNING DYNAMIC PSO SEBAGAI PENGONTROL MOBILE ROBOT BERPENGGERAK DIFFRENTIAL”**.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya atas bantuan dan kesempatan yang telah diberikan dari berbagai pihak dan hanya Allah SWT yang mampu membalas, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Ibu dan ayah saya tercinta yang telah membesarkan saya dan selalu mengajarkan saya akan pentingnya tanggung jawab, disiplin, kesabaran, dan kejujuran dalam hidup. Serta seluruh keluarga besar saya yang tercinta. Terima kasih atas segala do'a, motivasi dan dukungannya baik moril, materil maupun spiritual selama ini.
2. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi, M.T., selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah berkenan meluangkan waktunya guna membimbing, memberikan banyak kesempatan dan kemudahan ketika saya ingin menyerah, memberikan saran dan motivasi serta bimbingan terbaik untuk saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Firdaus, M.Kom., selaku Dosen Penguji Sidang Tugas Akhir sekaligus Dosen idola saya , yang telah memberikan banyak bantuan berupa nasihat, saran, dan motivasi.

6. Bapak Dr. Ir. Bambang Tutuko, M.T., selaku Dosen Penguji Sidang Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak masukan dan memaklumi banyak kekurangan saya.
7. Bapak Huda Ubaya, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik di Jurusan Sistem Komputer.
8. Mba Iis Oktaria dan Mba Winda Kurnia Sari yang telah sabar mengurus jadwal dan berkas sidang, yudisium, serta wisuda.
9. Seluruh teman-teman Sistem Komputer angkatan 2013 terkhusus Yoga, ka Maylena, Sandi, Adi, Yudha, Agus, Yayang, Dwi, Kharisma, dan Azri yang telah sama-sama berjuang menuntut ilmu, memberikan semangat, dan bantuan yang tak terlupakan.
10. Seluruh Civitas Akademika Perpustakaan dan Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
11. Teman seperjuangan di Fasilkom Unsri, Unsri, HIMASISKO dan lainnya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan yang harus disempurnakan dalam penyusunan laporan ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya. Untuk itu kritik dan saran yang membangun sangatlah diharapkan penulis agar dapat segera diperbaiki sehingga laporan ini dapat dijadikan sebagai masukan ide dan pemikiran yang bermanfaat bagi semua pihak dan menjadi tambahan bahan bacaan bagi yang tertarik dalam penelitian Pemodelan Sistem dan Sistem Kendali.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Palembang, Juli 2020

Tri Atmoko Malik Kurniawan

**PENERAPAN METODE *FUZZY TUNING*
DYNAMIC PSO SEBAGAI PENGONTROL
MOBILE ROBOT BERPENGGERAK *DIFFERENTIAL***

Tri Atmoko Malik Kurniawan (09011181320026)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email : triatmokomalik@gmail.com

ABSTRAK

Pergerakan *DDMR* atau *mobile robot* berpengerak *differential* yang dikontrol menggunakan suatu metode kontrol supaya dapat melakukan perpindahan dari posisi awalnya ke posisi tujuan, memiliki tingkat keoptimalan yang dapat diukur berdasarkan nilai rata-rata *error* posisi yang dihasilkan. Semakin kecil nilai rata-rata *error* posisinya, berarti semakin optimal metode kontrol yang digunakan. Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian terhadap metode *Fuzzy Logic Controller (FLC)* dalam pengontrolan gerak *DDMR* (pengontrolan kecepatan roda kanan dan roda kiri), yang menghasilkan nilai rata-rata *error x* sebesar -6.45702×10^{-2} m, nilai rata-rata *error y* sebesar $-2.3120344 \times 10^{-2}$ m, dan nilai rata-rata *error θ* sebesar -3.15936×10^{-2} rad. Sedangkan pengujian terhadap metode *Fuzzy tuning Dynamic PSO*, yang dilakukan dengan *tuning MF* dari algoritma *Dynamic PSO* ke dalam sistem *FLC*, menghasilkan nilai rata-rata *error x* sebesar -3.6067×10^{-2} m, nilai rata-rata *error y* sebesar $-2.3120072 \times 10^{-2}$ m, dan nilai rata-rata *error θ* sebesar -0.6767×10^{-2} rad.

Kata Kunci : Sistem Kendali, *Mobile Robot* Berpengerak *Differential*, Model Kinematik, Logika *Fuzzy*, Fungsi Keanggotaan, *Dynamic Particle Swarm Optimization*

**IMPLEMENTATION OF FUZZY TUNING DYNAMIC PSO METHODE
AS DIFFERENTIAL DRIVE MOBILE ROBOT CONTROLLER**

Tri Atmoko Malik Kurniawan (09011181320026)

*Dept. of Computer Engineering, Faculty of Computer Science, Sriwijaya
University*

Email : triatmokomalik@gmail.com

ABSTRACT

The movement of DDMR or a differential driven mobile robot that is controlled using a control method so that it can move from its initial position to the destination position, has an optimization level that can be measured based on the resulting average position error value. The smaller the average value of the position error, the more optimal the control method used. This research has tested the Fuzzy Logic Controller (FLC) method in controlling the motion of the DDMR (controlling the speed of the right wheel and the left wheel), which results in an average error value of $-6.45702 \times 10^{-2}m$, the average error value of y is $-2.3120344 \times 10^{-2}m$, and the average error value θ is -3.15936×10^{-2} rad. While testing the Fuzzy Tuning Dynamic PSO method, which is carried out by tuning MF from the Dynamic PSO algorithm into the FLC system, results in an average error value of $-3.6067 \times 10^{-2}m$, the average error value y equal to $-2.3120072 \times 10^{-2}m$, and the average error value θ is -0.6767×10^{-2} rad.

Keywords : *Control System, Differential Drive Mobile Robot, Kinematic Model, Fuzzy Logic, Membership Function, Dynamic Particle Swarm Optimization*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang.....	1
1.2.Tujuan dan Manfaat.....	2
1.2.1. Tujuan	2
1.2.2. Manfaat	2
1.3.Perumusan dan Batasan Masalah	2
1.3.1. Perumusan Masalah	2
1.3.2. Batasan Masalah	3
1.4.Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1.Pendahuluan	5
2.2. <i>Mobile Robot</i>	5
2.2.1. <i>Mobike Robot</i> Berkaki	6
2.2.2. <i>Mobile Robot</i> Beroda (WMR)	6
2.3.Model Pergerakan <i>Robot</i>	9
2.3.1. Gerak <i>Holonomic</i>	9

2.3.2. Gerak <i>Nonholonomic</i>	10
2.4.Konsep Dasar Pemodelan Matematis Dalam Sistem Kontrol <i>Robotika</i> ...	11
2.4.1. Konsep <i>Dynamic</i>	12
2.4.2. <i>Konsep Kinematic</i>	12
2.5.Metode <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	13
2.5.1. <i>Original Particle Swarm Optimization (OPSO)</i>	14
2.5.2. <i>Improved Particle Swarm Optimization</i>	15
2.6.Metode Logika <i>Fuzzy</i>	17
2.6.1. Fungsi Keanggotaan	18
2.6.1.1. <i>Linear</i>	18
2.6.1.2.Kurva Segitiga	20
2.6.1.3.Kurva Trapesium	20
2.6.2. <i>Fuzzification</i>	21
2.6.3. <i>Role Base</i>	21
2.6.4. <i>Fuzzy Inference System</i>	21
2.6.4.1.Metode Tsukamoto	21
2.6.4.2.Metode Mamdani	22
2.6.4.3.Metode Sugeno	22
2.6.5. <i>Defuzzification</i>	22
2.6.5.1.Metode <i>Centroid</i>	22
2.6.5.2.Metode <i>Bisector</i>	23
2.6.5.3.Metode <i>Mean of Maximum</i>	23
2.6.5.4.Metode <i>Largest of Maximum</i>	23
2.6.5.5.Metode <i>Smallest of Maximum</i>	23
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	 24
3.1.Pendahuluan	24
3.2. <i>Modelling Kinematic DDMR</i>	25
3.2.1. <i>Nonholonomic Constraints DDMR</i>	30
3.2.2. Persamaan Kinematik <i>DDMR</i>	32
3.3.Persamaan <i>Tracking Error</i> Pada <i>DDMR</i>	36
3.4.Metode Kontrol Logika <i>Fuzzy</i>	39

3.4.1. Tabel Linguistik	40
3.4.2. <i>Fuzzification</i>	42
3.4.2.1.Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Input 1</i> (e_x)	45
3.4.2.2.Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Input 2</i> (e_y)	46
3.4.2.3.Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Input 3</i> (e_θ)	47
3.4.2.4.Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Input 4</i> (Δe_x)	48
3.4.2.5.Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Input 5</i> (Δe_y)	49
3.4.2.6.Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Input 6</i> (Δe_θ)	50
3.4.2.7.Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Output 1</i> (V_R)	51
3.4.2.8.Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Output 2</i> (V_L)	52
3.4.3. <i>Role Base</i>	54
3.4.4. <i>Inference</i>	56
3.4.5. <i>Defuzzification</i>	56
3.5. <i>Dynamic Particle Swarm Optimization</i>	56
3.6.Blok Diagram Perancangan <i>DDMR Controller</i>	57
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	58
4.1.Pendahuluan	58
4.2.Proses dalam <i>Fuzzy Logic Controller</i>	58
4.2.1. Fuzzifikasi	58
4.2.1.1.Fuzzifikasi <i>Input 1</i> (e_x)	59
4.2.1.2.Fuzzifikasi <i>Input 2</i> (e_y)	59
4.2.1.3.Fuzzifikasi <i>Input 3</i> (e_θ)	59
4.2.1.4.Fuzzifikasi <i>Input 4</i> (Δe_y)	60
4.2.1.5.Fuzzifikasi <i>Input 5</i> (Δe_y)	60
4.2.1.6.Fuzzifikasi <i>Input 6</i> (Δe_θ)	61
4.2.2. Inferensi	61
4.2.2.1.Inferensi Dengan Basis Aturan Pada <i>Error x</i>	61
4.2.2.2.Inferensi Dengan Basis Aturan Pada <i>Error y</i>	62
4.2.2.3.Inferensi Dengan Basis Aturan Pada <i>Error θ</i>	63
4.2.3. Defuzzifikasi	63
4.2.3.1.Defuzzifikasi Pada V_{R_x}	64

4.2.3.2.	Defuzzifikasi Pada V_{Ry}	64
4.2.3.3.	Defuzzifikasi Pada $V_{R\theta}$	65
4.2.3.4.	Defuzzifikasi Pada V_{Lx}	66
4.2.3.5.	Defuzzifikasi Pada V_{Ly}	67
4.2.3.6.	Defuzzifikasi Pada $V_{L\theta}$	68
4.3.	Diagram Alur Simulasi Sistem Kontrol <i>DDMR</i>	71
4.4.	Proses Pengujian Sistem	71
4.4.1.	Inisialisasi Fungsi Keanggotaan <i>Input Error</i> Posisi <i>Fuzzy</i> Pada <i>DPSO</i>	72
4.4.2.	Mendapat Nilai Keanggotaan <i>Input Error</i> Posisi Dari <i>GBest Swarm</i>	72
4.4.3.	Grafik <i>Tuning</i> Fungsi Keanggotaan	73
4.4.3.1.	Grafik <i>Tuning</i> Fungsi Keanggotaan Dari Percobaan 15 <i>Swarm</i>	74
4.4.3.2.	Grafik <i>Tuning</i> Fungsi Keanggotaan Dari Percobaan 30 <i>Swarm</i>	75
4.4.3.3.	Grafik <i>Tuning</i> Fungsi Keanggotaan Dari Percobaan 45 <i>Swarm</i>	76
4.4.3.4.	Grafik <i>Tuning</i> Fungsi Keanggotaan Dari Percobaan 60 <i>Swarm</i>	77
4.5.	Hasil Pengujian Sistem	78
4.5.1.	Hasil Pengujian Sistem Dengan Metode <i>Fuzzy Logic Controller</i>	78
4.5.2.	Hasil Pengujian Sistem Dengan Metode <i>Fuzzy Tuning Dynamic PSO</i>	80
4.5.2.1.	Hasil Metode <i>Fuzzy Tuning Dynamic PSO</i> Dengan 15 <i>Swarm</i>	80
4.5.2.2.	Hasil Metode <i>Fuzzy Tuning Dynamic PSO</i> Dengan 30 <i>Swarm</i>	82
4.5.2.3.	Hasil Metode <i>Fuzzy Tuning Dynamic PSO</i> Dengan 45 <i>Swarm</i>	83
4.5.2.4.	Hasil Metode <i>Fuzzy Tuning Dynamic PSO</i> Dengan 60 <i>Swarm</i>	85
4.6.	Analisa Perbandingan Metode <i>Controller</i>	87
4.6.1.	Hasil Perbandingan Grafik Fungsi Keanggotaan	87
4.6.2.	Hasil Perbandingan Grafik <i>Error</i> Dan <i>Trajectory</i>	88
4.7.	Analisa Pengujian	89
BAB V KESIMPULAN		93
5.1.	Kesimpulan	93
5.2.	Saran	93
DAFTAR PUSTAKA		94
LAMPIRAN		96

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Pergerakan <i>DDMR</i>	7
Gambar 2.2. Pergerakan <i>Tricycle Steering WMR</i>	7
Gambar 2.3. Kinematik <i>Ackerman Steering</i>	8
Gambar 2.4. <i>Omnidirectional Mobile Robot</i>	8
Gambar 2.5. <i>Robot Lengan Dengan Model Pergerakan Holonomic</i>	10
Gambar 2.6. Gerak Manuver <i>Nonholonomic DDMR</i>	11
Gambar 2.7. Blok Diagram Sistem Kontrol Robotika	11
Gambar 2.8. Diagram Kontrol <i>Robot Dengan Model Dynamic</i>	12
Gambar 2.9. Transformasi <i>Forward Kinematic Dan Inverse Kinematic</i>	13
Gambar 2.10. Diagram Blok <i>Fuzzy Inference System</i>	18
Gambar 2.11. Representasi Linear Naik	19
Gambar 2.12. Representasi Linear Turun	19
Gambar 2.13. Representasi Kurva Segitiga	20
Gambar 2.14. Representasi Kurva Trapesium	20
Gambar 3.1. Kerangka Kerja Penelitian	25
Gambar 3.2. <i>DDMR Dalam Ruang Cartesian 2D</i>	26
Gambar 3.3. Kecepatan Roda <i>Robot Berdasarkan Porosnya</i>	29
Gambar 3.4. Transformasi <i>Error Posisi DDMR</i>	37
Gambar 3.5. Koordinat Analisis <i>Error</i>	38
Gambar 3.6. Model Kurva Fungsi Keanggotaan <i>Input Fuzzy</i>	43
Gambar 3.7. Model Kurva Fungsi Keanggotaan <i>Ouput Fuzzy</i>	44
Gambar 3.8. Kurva Fungsi Keanggotaan <i>Input 1 (e_x)</i>	45
Gambar 3.9. Kurva Fungsi Keanggotaan <i>Input 2 (Δe_x)</i>	46
Gambar 3.10. Kurva Fungsi Keanggotaan <i>Input 3 (e_y)</i>	47
Gambar 3.11. Kurva Fungsi Keanggotaan <i>Input 4 (Δe_y)</i>	48
Gambar 3.12. Kurva Fungsi Keanggotaan <i>Input 5 (e_θ)</i>	49
Gambar 3.13. Kurva Fungsi Keanggotaan <i>Input 6 (Δe_θ)</i>	50
Gambar 3.14. Grafik Fungsi <i>Output Kecepatan Roda Kanan (V_R)</i>	51
Gambar 3.15. Grafik Fungsi <i>Output Kecepatan Roda Kiri (V_L)</i>	53
Gambar 3.16. Blok Diagram Perancangan <i>DDMR Controller</i>	57

Gambar 4.1.	Kurva Defuzzifikasi V_{R_x}	64
Gambar 4.2.	Kurva Defuzzifikasi V_{R_y}	65
Gambar 4.3.	Kurva Defuzzifikasi V_{R_θ}	66
Gambar 4.4.	Kurva Defuzzifikasi V_{L_x}	67
Gambar 4.5.	Kurva Defuzzifikasi V_{L_y}	68
Gambar 4.6.	Kurva Defuzzifikasi V_{L_θ}	69
Gambar 4.7.	Diagram Alur Simulasi Sistem Kontrol <i>DDMR</i>	71
Gambar 4.8.	Visualisasi Simulasi	72
Gambar 4.9.	Model Grafik <i>Tuning</i> Fungsi Keanggotaan.....	74
Gambar 4.10.	Grafik <i>Tuning MF Input Error x</i> (e_x) percobaan 15 <i>Swarm</i>	74
Gambar 4.11.	Grafik <i>Tuning MF Input Error y</i> (e_y) percobaan 15 <i>Swarm</i>	74
Gambar 4.12.	Grafik <i>Tuning MF Input Error θ</i> (e_θ) percobaan 15 <i>Swarm</i>	75
Gambar 4.13.	Grafik <i>Tuning MF Input Error x</i> (e_x) percobaan 30 <i>Swarm</i>	75
Gambar 4.14.	Grafik <i>Tuning MF Input Error y</i> (e_y) percobaan 30 <i>Swarm</i>	75
Gambar 4.15.	Grafik <i>Tuning MF Input Error θ</i> (e_θ) percobaan 30 <i>Swarm</i>	76
Gambar 4.16.	Grafik <i>Tuning MF Input Error x</i> (e_x) percobaan 45 <i>Swarm</i>	76
Gambar 4.17.	Grafik <i>Tuning MF Input Error y</i> (e_y) percobaan 45 <i>Swarm</i>	76
Gambar 4.18.	Grafik <i>Tuning MF Input Error θ</i> (e_θ) percobaan 45 <i>Swarm</i>	77
Gambar 4.19.	Grafik <i>Tuning MF Input Error x</i> (e_x) percobaan 60 <i>Swarm</i>	77
Gambar 4.20.	Grafik <i>Tuning MF Input Error y</i> (e_y) percobaan 60 <i>Swarm</i>	77
Gambar 4.21.	Grafik <i>Tuning MF Input Error θ</i> (e_θ) percobaan 60 <i>Swarm</i>	78
Gambar 4.22.	Grafik Nilai <i>Error x</i> Pada Sistem <i>FLC</i>	78
Gambar 4.23.	Grafik Nilai <i>Error y</i> Pada Sistem <i>FLC</i>	79
Gambar 4.24.	Grafik Nilai <i>Error θ</i> Pada Sistem <i>FLC</i>	79
Gambar 4.25.	Grafik Nilai <i>Delta Error x</i> Pada Sistem <i>FLC</i>	79
Gambar 4.26.	Grafik Nilai <i>Delta Error y</i> Pada Sistem <i>FLC</i>	79
Gambar 4.27.	Grafik Nilai <i>Delta Error θ</i> Pada Sistem <i>FLC</i>	80
Gambar 4.28.	Grafik Nilai <i>Error x</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (15 <i>Swarm</i>)	80
Gambar 4.29.	Grafik Nilai <i>Error y</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (15 <i>Swarm</i>)	80
Gambar 4.30.	Grafik Nilai <i>Error θ</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (15 <i>Swarm</i>).....	81

Gambar 4.31. Grafik Nilai <i>Delta Error x</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (15 <i>Swarm</i>)	81
Gambar 4.32. Grafik Nilai <i>Delta Error y</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (15 <i>Swarm</i>)	81
Gambar 4.33. Grafik Nilai <i>Delta Error θ</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (15 <i>Swarm</i>)	81
Gambar 4.34. Grafik Nilai <i>Error x</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (30 <i>Swarm</i>)	82
Gambar 4.35. Grafik Nilai <i>Error y</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (30 <i>Swarm</i>)	82
Gambar 4.36. Grafik Nilai <i>Error θ</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (30 <i>Swarm</i>).....	82
Gambar 4.37. Grafik Nilai <i>Delta Error x</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (30 <i>Swarm</i>)	83
Gambar 4.38. Grafik Nilai <i>Delta Error y</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (30 <i>Swarm</i>)	83
Gambar 4.39. Grafik Nilai <i>Delta Error θ</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (30 <i>Swarm</i>)	83
Gambar 4.40. Grafik Nilai <i>Error x</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (45 <i>Swarm</i>)	84
Gambar 4.41. Grafik Nilai <i>Error y</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (45 <i>Swarm</i>)	84
Gambar 4.42. Grafik Nilai <i>Error θ</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (45 <i>Swarm</i>).....	84
Gambar 4.43. Grafik Nilai <i>Delta Error x</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (45 <i>Swarm</i>)	84
Gambar 4.44. Grafik Nilai <i>Delta Error y</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (45 <i>Swarm</i>)	85
Gambar 4.45. Grafik Nilai <i>Delta Error θ</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (45 <i>Swarm</i>)	85
Gambar 4.46. Grafik Nilai <i>Error x</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (60 <i>Swarm</i>)	85
Gambar 4.47. Grafik Nilai <i>Error y</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (60 <i>Swarm</i>)	86
Gambar 4.48. Grafik Nilai <i>Error θ</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (60 <i>Swarm</i>).....	86
Gambar 4.49. Grafik Nilai <i>Delta Error x</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (60 <i>Swarm</i>)	86
Gambar 4.50. Grafik Nilai <i>Delta Error y</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (60 <i>Swarm</i>)	86
Gambar 4.51. Grafik Nilai <i>Delta Error θ</i> Pada Sistem <i>Fuzzy-DPSO</i> (60 <i>Swarm</i>)	87

DAFTAR TABEL

	Halaman
TABEL 3.1 <i>Linguistic Table Input 1</i> “Error x (e_x)”	40
TABEL 3.2 <i>Linguistic Table Input 2</i> “Perubahan Error x (Δe_x)”	40
TABEL 3.3 <i>Linguistic Table Input 3</i> “Error y (e_y)”	41
TABEL 3.4 <i>Linguistic Table Input 4</i> “Perubahan Error y (Δe_y)”	41
TABEL 3.5 <i>Linguistic Table Input 5</i> “Error θ (e_θ)”	41
TABEL 3.6 <i>Linguistic Table Input 2</i> “Perubahan Error θ (Δe_θ)”	41
TABEL 3.7 <i>Linguistic Table Output 1</i> “Kecepatan Roda Kanan V_R ”	41
TABEL 3.8 <i>Linguistic Table Output 2</i> “Kecepatan Roda Kiri V_L ”	42
TABEL 3.9 Tabel Basis Aturan Logika Fuzzy	54
TABEL 4.1 <i>GBest Percobaan 15 Swarm</i>	73
TABEL 4.2 <i>GBest Percobaan 30 Swarm</i>	73
TABEL 4.3 <i>GBest Percobaan 45 Swarm</i>	73
TABEL 4.4 <i>GBest Percobaan 60 Swarm</i>	73
TABEL 4.5 Perbandingan Grafik <i>MF</i> Sebelum Dan Sesudah <i>Tuning</i>	87
TABEL 4.6 Hasil Perbandingan Grafik <i>Error Controller</i> Dan <i>Trajectory</i>	88

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1.** Inisialisasi *Particle* Dalam 15 *Swarm*
- LAMPIRAN 2.** Inisialisasi *Particle* Dalam 30 *Swarm*
- LAMPIRAN 3.** Inisialisasi *Particle* Dalam 45 *Swarm*
- LAMPIRAN 4.** Inisialisasi *Particle* Dalam 60 *Swarm*
- LAMPIRAN 5.** *Gbest Particle* Dalam 15 *Swarm*
- LAMPIRAN 6.** *Gbest Particle* Dalam 30 *Swarm*
- LAMPIRAN 7.** *Gbest Particle* Dalam 45 *Swarm*
- LAMPIRAN 8.** *Gbest Particle* Dalam 60 *Swarm*
- LAMPIRAN 9.** Data Perubahan Nilai *Error* Posisi Pada Sistem *Fuzzy Logic Controller*
- LAMPIRAN 10.** Data Perubahan Nilai *Delta Error* Posisi Pada Sistem *Fuzzy Logic Controller*
- LAMPIRAN 11.** Data Perubahan Nilai *Error* Posisi Pada Sistem Dengan Menggunakan Metode *Fuzzy-DPSO* (15 *Swarm*)
- LAMPIRAN 12.** Data Perubahan Nilai *Delta Error* Posisi Pada Sistem Dengan Menggunakan Metode *Fuzzy-DPSO* (15 *Swarm*)
- LAMPIRAN 13.** Data Perubahan Nilai *Error* Posisi Pada Sistem Dengan Menggunakan Metode *Fuzzy-DPSO* (30 *Swarm*)
- LAMPIRAN 14.** Data Perubahan Nilai *Delta Error* Posisi Pada Sistem Dengan Menggunakan Metode *Fuzzy-DPSO* (30 *Swarm*)
- LAMPIRAN 15.** Data Perubahan Nilai *Error* Posisi Pada Sistem Dengan Menggunakan Metode *Fuzzy-DPSO* (45 *Swarm*)
- LAMPIRAN 16.** Data Perubahan Nilai *Delta Error* Posisi Pada Sistem Dengan Menggunakan Metode *Fuzzy-DPSO* (45 *Swarm*)
- LAMPIRAN 17.** Data Perubahan Nilai *Error* Posisi Pada Sistem Dengan Menggunakan Metode *Fuzzy-DPSO* (60 *Swarm*)
- LAMPIRAN 18.** Data Perubahan Nilai *Delta Error* Posisi Pada Sistem Dengan Menggunakan Metode *Fuzzy-DPSO* (60 *Swarm*)
- LAMPIRAN 19.** Perbandingan Nilai Rata-Rata *Error* Posisi Dari Hasil Pengujian Metode *Controller*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengontrolan otomatis (*Automatic Control*) memegang peranan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu dan teknologi. Disamping sangat diperlukan pada pesawat ruang angkasa, peluru kendali, sistem pengemudian pesawat dan sebagainya, kontrol otomatis telah menjadi teknik penting dan terpadu dari proses-proses yang ada dalam pabrik dan perindustrian modern. Kemajuan dalam bidang praktek kontrol otomatis memberikan kemudahan dan mendapatkan peningkatan performansi dari sistem dinamik, meningkatkan kualitas, dan memperkecil biaya produksi, meningkatkan laju produksi, meniadakan pekerjaan-pekerjaan rutin dan membosankan yang biasa harus dilakukan oleh manusia, dan sebagainya. Sehingga sebagian insinyur dan ilmuwan sekarang harus mempunyai pemahaman yang baik dalam bidang ini [1].

Penggunaan *robot* dalam upaya meringankan pekerjaan berat atau beresiko tinggi yang biasa dilakukan oleh manusia terus berkembang. *Mobile robot (MR)* merupakan tipe *robot* yang berkemampuan bergerak atau berpindah posisi yang umumnya menggunakan roda atau kaki dalam sistem pergerakannya [2]. Perkembangan *MR* sangatlah diharapkan mengalami kemajuan yang pesat, karena suatu saat *MR* akan menggantikan manusia dalam melakukan berbagai pekerjaan dari yang sederhana seperti mengantarkan paket atau yang sulit seperti melakukan ekspedisi sendiri.

Untuk kemajuan dari perkembangan *mobile robot (MR)*, pemahaman terhadap *mobile robot* haruslah baik dalam segala aspek. Dan untuk mendapatkan pemahaman yang baik tersebut perlulah dilakukan penelitian dalam banyak aspek pula. Diantara berbagai aspek tersebut salah satunya adalah pengendali atau *controller mobile robot* tersebut. *Differential Drive Mobile Robot (DDMR)* atau *mobile robot* berpengerak *differential* merupakan salah satu contoh *mobile robot* yang umumnya dirancang dengan *controller* atau pengendali untuk mengatur sistem pergerakannya.

Tugas pengendali adalah mempengaruhi sistem terkontrol melalui sinyal kontrol sehingga nilai dari variabel terkontrol sama dengan nilai dari nilai acuan [3]. Salah satu contoh pengendali yang telah diteliti adalah pengendali logika *Fuzzy*. Untuk memperluas pemahaman tentang *mobile robot*, pada penelitian ini akan menerapkan pengendali *Fuzzy* yang di-*tuning* dengan algoritma *Dynamic Particle Swarm Optimization (Dynamic PSO)* sebagai pengontrol *mobile robot* berpengerak *differential*.

1.2. Tujuan dan Manfaat

1.2.1. Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Merancang *modell controller* (model pengendali) dengan menggunakan analisa pemodelan *kinematic Differential Drive Mobile Robot (DDMR)* berdasarkan persamaan kecepatan menggunakan teknik logika *Fuzzy tuning Dynamic Particle Swarm Optimization*.
2. Mengimplementasikan hasil rancangan model pengendali *DDMR* dengan metode *Fuzzy tuning Dynamic Particle Swarm Optimization* ke dalam simulasi menggunakan bahasa pemrograman *java*, kemudian menganalisanya.

1.2.2. Manfaat

Manfaat yang bisa diperoleh dari dilakukannya penelitian ini adalah mengetahui seberapa baik metode *Fuzzy tuning Dynamic Particle Swarm Optimization* dalam mengontrol pergerakan *Differential Drive Mobile Robot (DDMR)*, sehingga penelitian ini diharapkan akan memberikan informasi atau dapat menjadi referensi untuk pihak yang akan mengembangkan *mobile robot*.

1.3. Perumusan dan Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1.3.1. Perumusan Masalah

Bagaimana merancang *mobile robot* berpengerak *Differential (DDMR)* dengan pemodelan *kinematic* dengan menerapkan metode logika *Fuzzy tuning Dynamic Particle Swarm Optimization* supaya dapat bergerak mencapai posisi referensi yang diinginkan.

1.3.2. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. *Robot* yang diteliti adalah *mobile robot* berpengerak *differential (DDMR)*.
2. Pergerakan *robot* berdasarkan analisis kinematik yang mengabaikan segala macam pengaruh dari lingkungan *mobile robot*.
3. *Robot* bersifat nonholonomik dan diasumsikan bergerak pada bidang datar tanpa hambatan atau rintangan, tidak pernah mengalami *slip* atau tergelincir.
4. Analisis *castor* bebas diabaikan.
5. Kontrol *inputannya* adalah *linear velocity* masing-masing roda.
6. Menggunakan algoritma *Dynamic PSO* untuk mengoptimasi parameter nilai keanggotaan sistem logika *Fuzzy*.
7. Penelitian ini hanya sebatas simulasi yang dibuat dengan bahasa pemrograman *java*.

1.4. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dalam penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, tujuan, perumusan dan batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab kedua berisi tentang literatur mengenai model persamaan kinematika *mobile robot* berpengerak *differential*, desain kontrol logika

Fuzzy dan *Dynamic Particle Swarm Optimization*, yang diperoleh dengan membaca buku, jurnal atau laporan penelitian terkait yang sudah ada.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang perancangan kendali logika *Fuzzy tuning Dynamic Particle Swarm Optimization*.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Pada bab keempat berisi tentang algoritma pemrograman simulasi sistem kontrol logika *Fuzzy tuning Dynamic Particle Swarm Optimization* yang telah dirancang menggunakan bahasa pemrograman *java* untuk mendapatkan grafik error yang akan dianalisis, serta data hasil respon sistem yang akan menggambarkan performansi sistem kendali yang telah dirancang.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang didapat dari penelitian dan saran yang berkaitan dengan keseluruhan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Ogata, *Teknik Kontrol Automatik*. Jakarta: Erlangga, 1996.
- [2] W. Budiharto, *Robotika Teori dan Implementasi*. Yogyakarta: Andi, 2010.
- [3] Samson Ag, “Controllers and Controlled Systems 1,” *Time*. 1999.
- [4] G. and M. J. Dudek, “Computational Principles of Mobile Robot,” *Press Synd. Univ. Cambridge*, 2000.
- [5] dkk Supriyanto, Raden., Hustinawati, *Robotika*. Jakarta: Universitas Gunadarma, 2010.
- [6] S. G. Tzafestas, “Introduction to Mobile Robot Control,” *Elsevier: London*, 2014.
- [7] G. Mester, “Motion Control of Wheeled Mobile Robots Modeling of the Wheeled Mobile Robots,” *4th Serbian-Hungarian Joint Symposium on Intelligent Systems, SISY*. pp. 119–130, 2006.
- [8] B. D. A. P. W. Z. Hirpo, “Design and Control for Differential Drive Mobile Robot,” *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 6, no. 10, 2017, [Online]. Available: <http://www.ijert.org>.
- [9] Y. Shi and R. Eberhart, “A modified particle swarm optimizer,” *IEEE World Congr. Comput. Intell.*, no. in Evolutionary Computation Proceedings, pp. 69–73., 1998.
- [10] F. Van Den Bergh and A. P. Engelbrecht, “A convergence proof for the particle swarm optimiser,” *Fundam. Informaticae*, vol. 105, no. 4, pp. 341–374, 2010, doi: 10.3233/FI-2010-370.
- [11] S. P. T. Bambang, N. Siti, Saparudin, “Route Optimization of Non-holonomic Leader-follower Control Using Dynamic Particle Swarm Optimization,” *Univ. Sriwijaya, Palembang*, 2018.
- [12] and R. S. A. Nickabadi, M. M. Ebadzadeh, “A novel particle swarm optimization algorithm with adaptive inertia weight,” *Appl. Soft Comput*, vol. 11, no. 4, pp. 3658–3670, 2011.
- [13] and H. C. W. A. Ratnaweera, S. K. Halgamuge, “Self-organizing hierarchical particle swarm optimizer with time-varying acceleration coefficients,” *IEEE Trans. Evol. Comput*, vol. 8, no. 3, pp. 240–255, 2004.

- [14] and J. L. B. Tang, Z. Zhu, “Hybridizing particle swarm optimization and differential evolution for the mobile robot global path planning,” *Int. J. Adv. Robot. Syst*, vol. 13, no. 3, p. 86, 2016.
- [15] and T. T. N. C. Li, S. Yang, “A Self-Learning Particle Swarm Optimizer for Global Optimization Problems,” *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, vol. 42, no. no 3, pp. 627–646, 2012.
- [16] N. Saxena, A. Tripathi, K. K. Mishra, and A. K. Misra, “Dynamic-PSO: An improved particle swarm Optimizer,” *2015 IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2015 - Proceedings*. pp. 212–219, 2015, doi: 10.1109/CEC.2015.7256894.
- [17] A. F. dan I. S. Aribowo, F, “Robot Mobile Penjejak Arah Cahaya Dengan Kendali Logika Fuzzy,” *Univ. Diponegoro, Semarang. Transm.*, 2012, [Online]. Available: <https://doi.org/10.12777/transmisi.10.3.144-150>.
- [18] M. Sihombing, “Perancangan Pengendali Logika Fuzzy pada Robot Non-Holonomic Berpenggerak Differential Drive,” 2017.
- [19] M. A. Razif Rashid, I. Elamvazuthi, Mumtaj Begam, “Fuzzy-based Navigation and Control of a Non-Holonomic Mobile Robot.” *JOURNAL OF COMPUTING, VOLUME 2, ISSUE 3, MARCH 2010, ISSN 2151-9617*, 2010, [Online]. Available: <https://sites.google.com/SITE/JOURNALOFCOMPUTING/>.