

**PEMODELAN SISTEM KONTROL ROBOT *OMNI-DIRECTIONAL WHEEL* BERDASARKAN KINEMATIK MENGGUNAKAN SISTEM METODE LOGIKA *FUZZY***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Strata 1**



**OLEH:**

**SARTIKA SARI  
09011381520081**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2019**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PEMODELAN SISTEM KONTROL ROBOT *OMNI-DIRECTIONAL WHEEL* BERDASARKAN KINEMATIK MENGGUNAKAN SISTEM METODE LOGIKA *FUZZY*

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Strata 1

OLEH:

**SARTIKA SARI**  
09011381520081

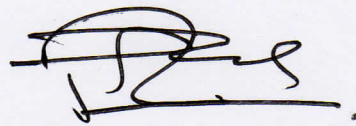
Palembang, Juli 2019

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Rendyansyah, S.Kom, M.T.  
NIP. 1610082209880001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Sistem Komputer



Rossi Passarella, S.T., M.Eng.  
NIP. 19780611 201012 1 004

## HALAMAN PERSETUJUAN

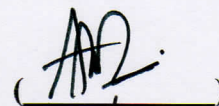
Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Sabtu

Tanggal : 27 Juli 2019

Tim Penguji :

1. Ketua : Aditya Putra P Prasetyo, S.Kom.,MT.



2. Anggota I : Ahmad Zarkasih, S.T., M.T.



3. Anggota II : Kemahyanto Exaudi, S.Kom., M.T.



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Sistem Komputer



Rossi Passarella, S.T., M.Eng.  
NIP. 19780611 201012 1 004

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sartika Sari  
NIM : 09011381520081  
Judul : **Pemodelan Sistem Kontrol Robot *Omni-Directional Wheel*  
Berdasarkan Kinematik Menggunakan Sistem Metode  
Logika Fuzzy**

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 6%

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

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



Palembang, 19 Juli 2019



**Sartika Sari**  
NIM. 09011381520081

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji dan syukur Allhamdulillah penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT dengan segala karunia dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan judul **“PEMODELAN SISTEM KONTROL ROBOT *OMNI- DIRECTIONAL WHEEL* BERDASARKAN KINEMATIK MENGGUNAKAN SISTEM LOGIKA *FUZZY*”** dapat terselesaikan dengan baik.

Pada penulisan laporan ini, penulis menyadari dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT dan terimakasih kepada yang terhormat :

1. Kedua orang tua saya tercinta yang telah membesarkan saya dan mengajarkan saya akan pentingnya arti dari kerja keras, tanggung jawab, kesabaran, kejujuran dan untuk selalu berdo'a kepada Allah SWT. Terima kasih atas segala do'a, motivasi, dan dukungan baik moril, materil maupun spiritual selama ini.
2. Bapak Jaidan Jauhari, S.pd. M.T. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Rossi Passarella, M.Eng. selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T. selaku Pembimbing I Tugas Akhir Penulis di Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing.dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Rendyansyah S.Kom, M.T. selaku Pembimbing II Tugas Akhir Penulis di Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya yang telah berkenan

meluangkan waktunya guna membimbing, memberikan saran dan motivasi serta bimbingan terbaik untuk penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

6. Bapak Ahmad Heryanto S.Kom.,M.T selaku Pembimbing Akademik Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.
7. Bapak Ahmad Zarkasih, S.T.,M.T. dan Bapak Kemahyanto Exaudi,S.Kom.,M.T. selaku Dosen Penguji Sidang Tugas Akhir.
8. Mbak Renny Virgasari A.Md, Selaku Admin Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.
9. Dimas Bagus Ramarta yang telah meluangkan waktunya untuk memberi motivasi, saran, mendampingi dan telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
10. Teman-teman seperjuangan Sistem Komputer Unggulan Bukit 2015 dan Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang selalu memberikan semangat dan bantuan-bantuan yang bermanfaat.
11. Seluruh Civitas Akademika Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
12. Teman seperjuangan di HIMASISKO, Fasilkom Unsri, Unsri 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 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>viii</b>
<b><i>ABSTRAK</i></b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xx</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xxii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Manfaat.....	2
1.2.1 Tujuan.....	2
1.2.2 Manfaat.....	2
1.3 Rumusan dan Batasan Masalah.....	3
1.3.1 Rumusan Masalah.....	3
1.3.2 Batasan Masalah.....	3
1.4 Metodologi Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pendahuluan.....	6
2.1.1 Klasifikasi Umum Dari Robot.....	6
2.2 <i>Wheeled Mobile Robot (WMR)</i> .....	7

2.2.1 Tipe Kemudi.....	7
2.3 Model Pergerakan Robot .....	10
2.3.1 Gerak <i>Non-Holonomic</i> .....	10
2.3.2 Gerak <i>Holonomic</i> .....	11
2.4 Sistem Kendali Mobile Robot.....	12
2.5 Prinsip Dasar Pemodelan Matematik pada Sistem Robotik.....	12
2.6 <i>Omni Wheel Mobile Robot (OWMR)</i> .....	12
2.5 Kinematika Omni Wheels.....	14
2.6 Metode <i>Fuzzy Logic Controller</i> .....	15
2.6.1 Himpunan fuzzy.....	17
2.6.2 Fungsi-fungsi Keanggotaan Fuzzy.....	18
2.6.2.1 Representasi linear.....	18
2.6.2.1.1 Representasi Linear Naik.....	19
2.6.2.1.2 Representasi Linear Turun.....	19
2.6.2.2 Tipe Kurva Segitiga.....	20
2.6.2.3 Tipe Kurva Trapesium.....	20
2.6.2.4 Tipe S.....	21
2.6.2.5 Tipe Z.....	22
2.6.2.6 Fungsi keanggotaan Gaussian .....	22
2.6.2.7 Fungsi keanggotaan Bell (Generalized Bell/Gbell).....	22
2.7 Operasi Himpunan Fuzzy.....	23
2.8 Sistem Berbasis Aturan Fuzzy.....	23
2.8.1 Fuzzifikasi .....	24
2.8.2 Basis Aturan (Rule Base).....	24
2.8.3 Evaluasi Aturan (Inference).....	25
2.8.4 Defuzifikasi .....	26
2.9 Langkah-langkah Fuzzy Logic.....	26

### **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Pendahuluan.....	29
3.2 Kerangka Kerja.....	31
3.3 Pemodelan Kinematik <i>Omni Wheel Robot</i> .....	33



3.4 Nonholonomic Constraint OWMR.....	38
3.5 Persamaan Kinematik <i>Omni Wheel Robot</i> .....	41
3.6 Persamaan <i>Tracking Error</i> Pada <i>Mobile Robot Omni Wheel (OWMR)</i> .....	49
3.7 Perancangan <i>Omni Wheel Mobile Robot</i> .....	52
3.7.1 Perancangan Blok Diagram <i>Omni Wheel</i> .....	52
3.7.2 Perancangan Pemodelan Fuzzy.....	53
3.8 Metode <i>Fuzzy Logic Controller (FLC)</i> .....	54
3.8.1 Tabel Variabel Linguistik.....	55
3.8.2 <i>Fuzzifikasi</i> .....	59
3.8.2.1 <i>Fuzzyfikasi Goal</i> .....	59
3.8.2.2 <i>Fuzzyfikasi Avoider</i> .....	62
3.8.2.3 <i>Fuzzyfikasi Output</i> .....	64
3.8.3 <i>Rules Base</i> .....	66
3.8.4 <i>Fuzzy Inference System (FIS)</i> .....	70
3.8.5 <i>Defuzzification</i> .....	71
3.8.6 Contoh Perhitungan Studi Kasus <i>Fuzzy Logic Controller (FLC)</i> .....	71
3.8.6.1.1 Inference Input Error x (ex) dan beda error y (ey).....	72
3.8.6.1.3 Defuzzifikasi Input Error x (ex) dan beda error y (ey) .....	74

## **BAB IV. PENGUJIAN DAN ANALISA**

4.1 Pendahuluan.....	76
4.2 Perancangan Algoritma Sistem Control <i>Omni Wheel Mobile Robot</i> .....	76
4.3 Pseudo Code.....	79
4.3.1 <i>Pseudo Code Fuzzyfication</i> .....	79
4.3.2 <i>Pseudo Code Rules Base</i> .....	80
4.3.3 <i>Pseudo Code Inference</i> .....	82
4.3.4 <i>Pseudo Code Defuzzifikasi</i> .....	84
4.4 Simulasi Program.....	84
4.5 Hasil Percobaan Program Visual.....	86
4.5.1 Percobaan Menggunakan Control Fuzzy Goal dan Fuzzy Avoider.....	87
4.5.1.1 Percobaan dengan Perbandingan <i>Omni Wheel</i> tanpa halangan .....	87
4.5.1.2 Percobaan dengan Lingkungan Satu Halangan ( <i>Obstacle</i> ).....	94

4.5.1.3 Percobaan dengan Lingkungan Tiga Halangan (Obstacle).....	97
4.5.1.4 Percobaan dengan Lingkungan Empat Halangan (Obstacle).....	99
4.5.1.5 Percobaan dengan lingkungan Lima Halangan (obstacle).....	101
4.5.1.6 Percobaan dengan lingkungan Tujuh Halangan (obstacle).....	104
4.5.2 Percobaan Menggunakan Kendali Fuzzy Goal dan Tanpa kendali Fuzzy Avoider.....	106
4.5.2.1 Percobaan dengan Lingkungan Tanpa Halangan (Obstacle).....	106
4.5.2.2 Percobaan dengan Lingkungan Satu Halangan (Obstacle).....	108
4.5.2.3 Percobaan dengan Lingkungan Tiga Halangan (Obstacle).....	111
4.5.2.4 Percobaan dengan Lingkungan Empat Halangan (Obstacle).....	113
4.5.2.5 Percobaan dengan lingkungan Lima Halangan (obstacle).....	115
4.5.2.6 Percobaan dengan lingkungan Tujuh Halangan (obstacle).....	118
4.5.3 Percobaan Tanpa Fuzzy Goal dan Menggunakan Fuzzy Avoider.....	120
4.5.3.1 Percobaan dengan Lingkungan Satu Halangan (Obstacle).....	120
4.5.3.2 Percobaan dengan Lingkungan Tiga Halangan (Obstacle).....	122
4.5.3.3 Percobaan dengan Lingkungan Empat Halangan (Obstacle).....	125
4.5.3.4 Percobaan dengan Lingkungan Lima Halangan (Obstacle).....	127
4.5.3.5 Percobaan dengan lingkungan Tujuh Halangan (obstacle).....	129
4.5.4 Percobaan Menggunakan Kendali Tanpa Fuzzy.....	132
4.5.4.1 Percobaan dengan Lingkungan Satu Halangan (Obstacle).....	134
4.5.4.2 Percobaan dengan Lingkungan Tiga Halangan (Obstacle).....	136
4.5.4.3 Percobaan dengan Lingkungan Empat Halangan (Obstacle).....	139
4.5.4.4 Percobaan dengan Lingkungan Lima Halangan (Obstacle).....	141
4.5.4.5 Percobaan dengan lingkungan Tujuh Halangan (obstacle).....	143
4.5.5 Perbandingan antara menggunakan Logika Fuzzy dan Tanpa Logika Fuzzy.....	146
4.5.6 Perbandingan antara menggunakan Logika Fuzzy Avoider Tanpa Logika Fuzzy Avoider .....	152
4.5.7 Analisis Percobaan yang telah dilakukan.....	155

## **BAB V.KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	159
5.2 Saran.....	160

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> <i>Omnidirectional wheel</i> .....	8
<b>Gambar 2.2</b> Differential drive.....	8
<b>Gambar 2.3</b> Tricycle.....	9
<b>Gambar 2.4</b> Syncro drive.....	9
<b>Gambar 2.5</b> Non-holonmik.....	11
<b>Gambar 2.6</b> <i>Holonomic Mobile Manipulator</i> .....	11
<b>Gambar 2.7</b> Diagram sistem robotik.....	12
<b>Gambar 2.8</b> Roda <i>Omni Wheels</i> .....	13
<b>Gambar 2.9</b> Referensi vektor posisi.....	14
<b>Gambar 2.10</b> Representasi kinematik pergerakan <i>Omni Wheel</i> .....	14
<b>Gambar 2.11</b> Segitiga siku-siku.....	15
<b>Gambar 2.12</b> Fungsi Keanggotaan Fuzzy.....	18
<b>Gambar 2.13</b> Linear Naik.....	19
<b>Gambar 2.14</b> Linear Turun.....	19
<b>Gambar 2.15</b> Kurva Segitiga.....	20
<b>Gambar 2.16</b> Kurva Trapesium.....	21
<b>Gambar 2.17</b> Fungsi keanggotaan Tipe S.....	21
<b>Gambar 2.18</b> Sistem Fuzzy.....	24
<b>Gambar 2.19</b> Langkah-langkah Fuzzy.....	27
<b>Gambar 3.1</b> Kerangka kerja.....	32
<b>Gambar 3.2</b> <i>Omni Wheel Robot</i> pada medan 2D Cartesian.....	33
<b>Gambar 3.3</b> Kecepatan Roda Robot Berdasarkan Porosnya.....	37
<b>Gambar 3.4</b> Transformasi error posisi <i>Omni Wheel</i> .....	49
<b>Gambar 3.5</b> Koordinat mobile robot.....	50
<b>Gambar 3.6</b> Blok diagram kontrol <i>omni wheel mobile robot</i> .....	53
<b>Gambar 3.7</b> Perancangan Algoritma Fuzzy.....	54
<b>Gambar 3.8</b> Grafik Fungsi Input Error $x(e_x)$ .....	60
<b>Gambar 3.9</b> Grafik Fungsi Input Error $y(e_y)$ .....	61

<b>Gambar 3.10</b>	Grafik Fungsi Input Error $\theta = (e_\theta)$ .....	62
<b>Gambar 3.11</b>	Grafik Fungsi Input jarak sensor.....	63
<b>Gambar 3.12</b>	Grafik Fungsi Output kecepatan roda ke-satu ( $v_1$ ).....	64
<b>Gambar 3.13</b>	Grafik Fungsi Output kecepatan roda ke-dua ( $v_2$ ).....	65
<b>Gambar 3.14</b>	Grafik Fungsi Output kecepatan roda ke-tiga ( $v_3$ ).....	66
<b>Gambar 3.15</b>	Grafik Fungsi Output kecepatan roda ke-empat ( $v_4$ ).....	66
<b>Gambar 3.16</b>	Gambar gerak roda hasil defuzzyfikasi.....	66
<b>Gambar 4.1</b>	Algoritma Sistem <i>Control Omni Wheel</i> .....	78
<b>Gambar 4.2</b>	<i>Pseudo Code Fuzzyfikasi</i> .....	79
<b>Gambar 4.3</b>	<i>Pseudo Code Rules base</i> .....	80
<b>Gambar 4.4</b>	<i>Pseudo Code Inference</i> .....	82
<b>Gambar 4.5</b>	<i>Pseudo Code Defuzzyfikasi</i> .....	84
<b>Gambar 4.6</b>	Simulasi Program.....	84
<b>Gambar 4.7</b>	Visual lingkungan percobaan.....	86
<b>Gambar 4.8</b>	Percobaan tanpa halangan.....	87
<b>Gambar 4.9</b>	Trajectory Mobile Robot Omni Wheel Steering $v_2$ $v_4$ .....	88
<b>Gambar 4.10</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target Steering $v_2$ $v_4$ .....	88
<b>Gambar 4.11</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> pada sistem kontrol <i>Fuzzy</i> .....	89
<b>Gambar 4.12</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap rodapada sistem kontrol <i>Fuzzy</i> .	89
<b>Gambar 4.12</b>	Trajectory Mobile Robot Omni Wheel Steering $v_1$ $v_3$ .....	90
<b>Gambar 4.14</b>	Jarak Sensor Steering $v_1$ $v_3$ terakhir.....	91
<b>Gambar 4.15</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> pada sistem kontrol <i>Fuzzy</i> .....	91
<b>Gambar 4.16</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda kontrol <i>Fuzzy</i> .....	92
<b>Gambar 4.17</b>	Trajectory Mobile Robot Omni Wheel Empat roda .....	92
<b>Gambar 4.18</b>	Jarak Sensor empat roda omni terakhir .....	93
<b>Gambar 4.19</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> pada sistem kontrol <i>Fuzzy</i> .....	93
<b>Gambar 4.20</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda pada sistem kontrol <i>Fuzzy</i>	94
<b>Gambar 4.21</b>	<i>Trajectory Mobile Robot Omni Wheel</i> satu halangan.....	95
<b>Gambar 4.22</b>	Jarak Sensor terakhir satu halangan menggunakan fuzzy.....	95
<b>Gambar 4.23</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> pada sistem kontrol <i>Fuzzy</i> .....	96
<b>Gambar 4.24</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap rodapada sistem kontrol <i>Fuzzy</i> .	96

<b>Gambar 4.25</b>	Trajectory Mobile Robot Omni Wheel tiga halangan .....	97
<b>Gambar 4.26</b>	Jarak Sensor tiga halangan terakhir setelah sampai target.....	98
<b>Gambar 4.27</b>	Grafik Nilai Error X dan Error Y pada sistem kontrol Fuzzy.....	98
<b>Gambar 4.28</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda pada kontrol Fuzzy.....	99
<b>Gambar 4.29</b>	Trajectory Mobile Robot Omni Wheel empat halangan.....	99
<b>Gambar 4.30</b>	Jarak Sensor terakhir empat halangan menggunakan fuzzy.....	100
<b>Gambar 4.31</b>	Grafik Nilai Error X dan Error Y pada kontrol Fuzzy.....	100
<b>Gambar 4.32</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda pada kontrol Fuzzy.....	101
<b>Gambar 4.33</b>	Trajectory Mobile Robot Omni Wheel lima halangan.....	102
<b>Gambar 4.34</b>	Jarak Sensor terakhir lima halangan menggunakan fuzzy.....	102
<b>Gambar 4.35</b>	Grafik Nilai Error X dan Error Y pada kontrol Fuzzy.....	103
<b>Gambar 4.36</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda pada kontrol Fuzzy.....	103
<b>Gambar 4.37</b>	<i>Trajectory Mobile Robot Omni Wheel</i> tujuh halangan.....	104
<b>Gambar 4.38</b>	Jarak Sensor terakhir tujuh halangan menggunakan fuzzy .....	105
<b>Gambar 4.39</b>	Grafik Nilai Error X dan Error Y pada sistem kontrol Fuzzy.....	105
<b>Gambar 4.40</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda pada kontrol Fuzzy.....	106
<b>Gambar 4.41</b>	Trajectory Mobile Robot Omni Wheel untuk mencapai target tanpa Fuzzy.....	106
<b>Gambar 4.42</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	107
<b>Gambar 4.43</b>	Grafik Nilai Error X dan Error Y .....	107
<b>Gambar 4.44</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda .....	108
<b>Gambar 4.45</b>	<i>Trajectory Mobile Robot Omni Wheel</i> satu halangan.....	109
<b>Gambar 4.46</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	109
<b>Gambar 4.47</b>	Grafik Nilai Error X dan Error Y .....	110
<b>Gambar 4.48</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda.....	110
<b>Gambar 4.49</b>	<i>Trajectory Mobile Robot Omni Wheel</i> tiga halangan.....	111
<b>Gambar 4.50</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	112
<b>Gambar 4.51</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> .....	112
<b>Gambar 4.52</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda.....	113
<b>Gambar 4.53</b>	Trajectory Mobile Robot Omni Wheel empat halangan.....	113
<b>Gambar 4.54</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	114
<b>Gambar 4.55</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> .....	114

<b>Gambar 4.56</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda.....	115
<b>Gambar 4.57</b>	<i>Trajectory Mobile Robot Omni Wheel</i> lima halangan.....	116
<b>Gambar 4.58</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	116
<b>Gambar 4.59</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> .....	117
<b>Gambar 4.60</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda.....	117
<b>Gambar 4.61</b>	<i>Trajectory Mobile Robot Omni Wheel</i> tujuh halangan.....	118
<b>Gambar 4.62</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	119
<b>Gambar 4.63</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> .....	119
<b>Gambar 4.64</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda.....	120
<b>Gambar 4.65</b>	<i>Trajectory Mobile Robot Omni Wheel</i> satu halangan.....	120
<b>Gambar 4.66</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	121
<b>Gambar 4.67</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> .....	121
<b>Gambar 4.68</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda.....	122
<b>Gambar 4.69</b>	<i>Trajectory Mobile Robot Omni Wheel</i> tiga halangan.....	123
<b>Gambar 4.70</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	123
<b>Gambar 4.71</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> .....	124
<b>Gambar 4.72</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda.....	124
<b>Gambar 4.73</b>	<i>Trajectory Mobile Robot Omni Wheel</i> empat halangan.....	125
<b>Gambar 4.74</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	126
<b>Gambar 4.75</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> .....	126
<b>Gambar 4.76</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda.....	127
<b>Gambar 4.77</b>	<i>Trajectory Mobile Robot Omni Wheel</i> lima halangan.....	127
<b>Gambar 4.78</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	128
<b>Gambar 4.79</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> .....	128
<b>Gambar 4.80</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda.....	129
<b>Gambar 4.81</b>	<i>Trajectory Mobile Robot Omni Wheel</i> tujuh halangan.....	130
<b>Gambar 4.82</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	130
<b>Gambar 4.83</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> .....	131
<b>Gambar 4.84</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda.....	131
<b>Gambar 4.85</b>	<i>Trajectory Mobile Robot Omni Wheel</i> tanpa Fuzzy.....	132
<b>Gambar 4.86</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	133
<b>Gambar 4.87</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> .....	133

<b>Gambar 4.88</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda.....	134
<b>Gambar 4.89</b>	Trajectory Mobile Robot Omni Wheel satu halangan.....	134
<b>Gambar 4.90</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	135
<b>Gambar 4.91</b>	Grafik Nilai Error X dan Error Y pada kontrol tanpa Fuzzy.....	135
<b>Gambar 4.92</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda kontrol tanpa Fuzzy.....	136
<b>Gambar 4.93</b>	<i>Trajectory Mobile Robot Omni Wheel</i> tanpa <i>fuzzy</i> tiga halangan.	137
<b>Gambar 4.94</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	137
<b>Gambar 4.95</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> pada sistem tanpa <i>Fuzzy</i> .....	138
<b>Gambar 4.96</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap rodapada sistem tanpa Fuzzy.	138
<b>Gambar 4.97</b>	<i>Trajectory Mobile Robot Omni Wheel</i> empat halangan.....	139
<b>Gambar 4.98</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	140
<b>Gambar 4.99</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> pada sistem tanpa <i>Fuzzy</i> .....	140
<b>Gambar 4.100</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda tanpa Fuzzy.....	141
<b>Gambar 4.101</b>	<i>Trajectory Mobile Robot Omni Wheel</i> lima halangan.....	141
<b>Gambar 4.102</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	142
<b>Gambar 4.103</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> pada sistem tanpa <i>Fuzzy</i> .....	142
<b>Gambar 4.104</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda tanpa Fuzzy.....	143
<b>Gambar 4.105</b>	Trajectory Mobile Robot Omni Wheel tujuh halangan.....	144
<b>Gambar 4.106</b>	Jarak Sensor terakhir setelah sampai target.....	144
<b>Gambar 4.107</b>	Grafik Nilai <i>Error X</i> dan <i>Error Y</i> pada sistem tanpa <i>Fuzzy</i> .....	145
<b>Gambar 4.108</b>	Grafik kec & Arah putar tiap-tiap roda tanpa Fuzzy.....	145



## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 3.1</b> Linguistik input 1 Error $x$ ( $e_x$ ) .....	55
<b>Tabel 3.2</b> Linguistik input 2 Error $y$ ( $e_y$ ).....	56
<b>Tabel 3.3</b> Linguistik input 3 Error $\theta = (e_\theta)$ .....	56
<b>Tabel 3.4</b> Tabel Linguistik input <i>Sensor 1</i> .....	56
<b>Tabel 3.5</b> Tabel Linguistik input <i>Sensor 2</i> .....	57
<b>Tabel 3.6</b> Tabel Linguistik input <i>Sensor 3</i> .....	57
<b>Tabel 3.7</b> Tabel Linguistik input <i>Sensor 4</i> .....	57
<b>Tabel 3.8</b> Tabel Linguistik input <i>Sensor 5</i> .....	57
<b>Tabel 3.9</b> Tabel Linguistik output Kecepatan Roda $v_1$ .....	58
<b>Tabel 3.10</b> Tabel Linguistik output Kecepatan Roda $v_2$ .....	58
<b>Tabel 3.11</b> Tabel Linguistik output Kecepatan Roda $v_3$ .....	58
<b>Tabel 3.12</b> Tabel Linguistik output Kecepatan Roda $v_4$ .....	59
<b>Tabel 3.13</b> Rules Base Fuzzy Goal.....	67
<b>Tabel 3.14</b> Rules Base Fuzzy Avoider .....	69
<b>Tabel 4.1</b> Perbandingan trajectory pergerakan Omni Wheels Mobile Robot antara menggunakan kontrol Fuzzy Logic Goal & kontrol fuzzy avoider dan tanpa menggunakan kontrol Fuzzy Logic Goal & tanpa menggunakan kontrol fuzzy avoider.....	149
<b>Tabel 4.2</b> Perbandingan nilai error pergerakan Omni Wheels Mobile Robot antara menggunakan kontrol Fuzzy Logic Goal & kontrol fuzzy avoider dan tanpa menggunakan kontrol Fuzzy Logic Goal & tanpa menggunakan kontrol fuzzy avoider.....	150
<b>Tabel 4.3</b> Perbandingan trajectory pergerakan Omni Wheels Mobile Robot antara menggunakan kontrol Fuzzy Logic Goal & tanpa kontrol fuzzy avoider dan menggunakan tanpa kontrol Fuzzy Logic Goal & menggunakan kontrol fuzzy avoider.....	151

**Tabel 4.4** Perbandingan nilai error pergerakan Omni Wheels Mobile Robot antara menggunakan Logika Fuzzy Goal dan Tanpa logika Fuzzy Avoider dan Tanpa Logika Fuzzy Goal dan Logika Fuzzy Avoider..... 154

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**LAMPIRAN 1** Source Code Gerak Omni Manual

**LAMPIRAN 2** Source Code Gerak Omni Menggunakan Fuzzy Goal

**LAMPIRAN 3** Form Perbaikan Ujian Tugas Akhir I

**LAMPIRAN 4** Form Perbaikan Ujian Tugas Akhir II

# PEMODELAN SISTEM KONTROL ROBOT *OMNI-DIRECTIONAL WHEEL* BERDASARKAN KINEMATIK MENGGUNAKAN SISTEM METODE LOGIKA *FUZZY*

**SARTIKA SARI (09011381520081)**

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

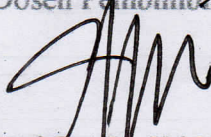
Email: [saarisartika17@gmail.com](mailto:saarisartika17@gmail.com)

## ABSTRAK

*Mobile Robot Omni Wheel* merupakan robot beroda yang dapat bergerak secara efisien ke semua arah. Robot jenis *Omni Wheel* merupakan mobile robot yang dirancang dengan menggunakan roda omni (*omni wheel*). Metode yang digunakan yaitu sistem metode logika *fuzzy* sebagai sistem kontrol gerak roda *Mobile Robot Omni Wheel*. Sistem kontrol logika *fuzzy* digunakan untuk mengontrol atau mengendalikan *Mobile Robot Omni Wheel* dalam bergerak melakukan perpindahan dari posisi awal ke posisi target yang diinginkan menggunakan *fuzzy goal* dan dapat menghindari halangan menggunakan *fuzzy avoider* dalam perjalanan menuju target dengan berdasarkan penurunan persamaan kinematik yang berfungsi untuk meminimalisir error pergerakan dan mengendalikan kecepatan dan arah putar tiap-tiap roda (*positive, negative, zero*). Dalam penelitian menggunakan algoritma logika *fuzzy* yang dibandingkan dengan tanpa menggunakan logika *fuzzy*. Hasil percobaan pada setiap lingkungan yang digunakan untuk pergerakannya bahwa dengan menggunakan sistem logika *fuzzy* hasil *error* yang dihasilkan lebih kecil dan hasil *trajectory* yang lebih bagus dalam pergerakannya dibandingkan dari pada hasil *error* dan hasil *trajectory* tanpa menggunakan sistem logika *fuzzy*.

**Kata Kunci :** *Mobile Robot Omni Wheel*, Sistem Kontrol, *Fuzzy Goal*, *Fuzzy Avoider*, Persamaan Kinematik

Dosen Pembimbing I



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

Palembang, 27 Juli 2019  
Dosen Pembimbing II



Rendyansyah, S.Kom., M.T.  
NIP. 1610082209880001

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Robot merupakan manipulator dari perangkat multifungsi yang dirancang untuk menggerakkan sesuatu alat atau material yang telah diprogram agar memudahkan dalam penyelesaian tugas-tugas atau aktivitas tertentu [1]. *Mobile Robot* adalah salah satu robot dengan kemampuan berpindah atau pergerakannya tidak menetap pada satu lokasi [2]. Ciri khas dengan konstruksi robot yang dimiliki *mobile Robot* adalah mempunyai aktuator berupa roda untuk menggerakkan seluruh badan robot, sehingga robot dapat berpindah posisi [3]. Kebanyakan *mobile robot* beroda menggunakan roda biasa, namun arah pergerakannya sangatlah terbatas [4]. Pergerakan arah yang sangat terbatas dapat menjadi kendala pada fungsi robot dalam bergerak (*manuver*) ke berbagai arah. Dari kendala tersebut sehingga digunakannya robot *omni wheel* yang pada pergerakannya dapat lebih bergerak bebas dan efisien untuk tidak membentur halangan atau dinding disekitarnya [4].

Pada umumnya jenis sistem kendali seperti Proporsional-Integratif-Derivatif (PID), lebih sering digunakan pada mobile robot karena sangat sederhana dan mudah dalam sistem LTI (Linear Time Invariant) namun tidak pada sistem Non-LTI (Non-Linear Time Invariant) sebab memerlukan algoritma tambahan untuk mencapai stabil [5]. Berdasarkan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan pada sistem kendali modern terdapat kendali cerdas yaitu menggunakan sistem kendali Fuzzy Logic Controller (FLC) yang dapat digunakan untuk mengatasi kekurangan PID karena sistem kendali ini dapat menentukan keputusan yang adil dibandingkan Proporsional-Integratif-Derivatif (PID) yang lebih konvensional [6].

*Fuzzy Logic Controller* (FLC) yaitu suatu sistem pengontrol yang berguna mengontrol pergerakan *mobile robot* dan mengurangi error pergerakannya secara otomatis, sehingga penggunaan FLC dapat berguna dan bekerja dengan baik untuk sistem-sistem non-linear [7].

Pergerakan *Omni wheels* yang dapat bergerak bebas dari kemampuan tersebut maka penulis menerapkan *Fuzzy Logic Controller (FLC)* sebagai sistem pengontrolan roda mobile robot *omni-directional wheels*. Berdasarkan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan maka penulis menggunakan *Fuzzy logic Controller (FLC)* dengan metode *Fuzzy Sugeno* yang merupakan konstanta atau persamaan linear [8].

## **1.2 Tujuan dan Manfaat**

### **1.2.1 Tujuan**

Terdapat beberapa tujuan dalam penulisan tugas akhir ini yaitu:

- a. Memodelkan *Omni Wheels Mobile Robot* yang bergerak dengan pergerakannya berdasarkan Kinematika pada bidang horizontal dan berada dalam kawasan 2D pada koordinat XY.
- b. Merancang model pengendalian *Omni Wheels Mobile Robot* yang dapat bergerak untuk mencapai target dan menghindari halangan menggunakan teknik kendali logika *fuzzy*.
- c. Mengimplementasikan hasil desain sistem kendali *Omni Directional wheels mobile robot* dalam bentuk simulasi.

### **1.2.2 Manfaat**

Dapat mengimplementasikan atau memodelkan dan dapat mengetahui respon pergerakan *Omni Wheels Mobile Robot* dengan menggunakan sistem kontroler *Fuzzy Logic Controller (FLC)*.

## **1.3 Rumusan Masalah dan Batasan Masalah**

### **1.3.1 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang dituju, maka rumusan masalahnya adalah bagaimana memodelkan gerak *Omni Wheels Mobile Robot* berdasarkan persamaan kinematik dengan menggunakan sistem kontroler *Fuzzy Logic Controller(FLC)*.

### 1.3.2 Batasan Masalah

Dengan merujuk pada rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya dan untuk lebih memfokuskan topik penelitian maka penulis membuat batasan masalah :

- a. Robot dianalisa menggunakan kinematik.
- b. Robot diasumsikan bergerak pada bidang horizontal dan berada dalam kawasan 2D pada koordinat XY.
- c. *Omni Wheels Mobile Robot* dalam pergerakannya tidak pernah *slip* dan analisis castor bebas diabaikan.
- d. Lingkungan yang sederhana yang dapat dihadapi *Omni Wheels Mobile Robot* dengan halangan sebatas bentuk bulat, persegi, dan lonjong.
- e. Tidak berada pada lingkungan sulit atau terjebak yang dapat membuat *Omni Wheels Mobile Robot* tidak dapat bergerak/terkunci gerakan dalam menghindari halangan.
- f. Pada tugas akhir ini hanya sebatas simulasi program.

### 1.4 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam tugas akhir ini akan melewati beberapa tahapan sebagai berikut:

#### 1. Tahap Pertama (Perumusan masalah)

Tahap ini ialah tahap yang menentukan permasalahan yang ada tentang pemodelan. Penulis melakukan penerapan logika fuzzy sugeno sebagai algoritma sistem kendali auto- navigasi robot beroda menggunakan *Omni directional Wheel* dan selanjutnya menentukan perumusan masalah yang akan muncul untuk mencari solusi yang dihadapi dari permasalahan yang ada.

#### 2. Tahap kedua (Study Pustaka/literature)

Tahap ini ialah tahap yang mencari referensi atau literature pada *Keyword* yang di angkat dari judul pemodelan *Omni-directional Wheel* berdasarkan kinematik menggunakan fuzzy yang bertujuan untuk menunjang pada penelitian yang dilakukan.

#### 3. Tahap ketiga (Perancangan)

Tahap ini ialah tahap perancangan system yang dibuat berdasarkan perumusan masalah yang dicari dalam penelitian. Pada tahap ini kita akan membahas tentang proses pemodelan *Omni-directional Wheel* sampai pembuatan perancangan kendali untuk sistem kinematika *Omni Wheel*.

4. Tahap keempat (Pengujian)

Tahap ini dilakukan dengan pengujian terhadap yang sesuai dengan rancangan.

5. Tahap kelima (Analisis)

Tahap ini dilakukan dengan mengambil data dan menganalisa data yang didapatkan dari tahap keempat yaitu tahap penyajian algoritma pemrograman simulasi sistem kendali yang telah disusun dan dirancang, serta diberikan data hasil respon sistem, yang dapat menggambarkan performansi sistem kendali tersebut yang telah dirancang.

6. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini dilakukan dengan menarik kesimpulan dari analisa dan studi literature serta saran untuk penulis selanjutnya jika akan dijadikan bahan referensi.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penulisan laporan ini terdiri dari lima bab, yaitu:

### BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjabaran latar belakang masalah dari pemodelan *mobile robot omni wheel*, tujuan penelitian dari pemodelan *mobile robot omni wheel*, batasan masalah pada penelitian dari pemodelan *mobile robot omni wheel*, metodologi penelitian dari pemodelan *mobile robot omni wheel* serta sistematika penulisan laporan pemodelan *mobile robot omni wheel* ..

### BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan penjelasan tentang penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan *mobile robot omni directional* maupun tentang sistem kendali robot.

### BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metode kajian yang ingin digunakan terhadap pemodelan *mobile robot omni wheel* untuk menyelesaikan tugas akhir .



#### BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil penelitian yaitu hasil simulasi dari program pemodelan gerak *mobile robot omni wheel* dan analisa hasil penelitian dari pemodelan tersebut.

#### BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulisterhadap hasil simulasi pemodelan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arifin, Nur. "Robot ARM Pemindah Dan Penyeleksi Ban Berdasarkan Kode Pemilah Warna Berbasis Arduino Uno Dengan Fuzzy Logic Control Pada PT Multi Strada Arah Sarana. Tbk." *Jurnal Informatika SIMANTIK 2.2* (2017): 25-31.
- [2] Siswaja, Hendy Djaya. "Prinsip Kerja dan Klasifikasi Robot." *Media Informatika 7.3* (2008): 147-157.
- [3] S.G. Tzafestas, *Introduction to Mobile Robot Control*. Elseiver,2013.
- [4] Rahman, Maulidi, and Hugo Aprilianto. "Penerapan Metode Fuzzy Pada Robot Beroda Menggunakan Omni-Directional Wheels." *JUTISI 5.2* (2017).
- [5] Sembiring, Sarmayanta, et al. "Implementasi Arsitektur Behavior-Based dengan Menggunakan Fuzzy untuk Navigasi Car-Like Mobile Robot dalam Lingkungan yang Tak Dikenal." *Jurnal Generic 9.2* (2014): 320-331.
- [6] WATANABE, Keigo. Control of an omnidirectional mobile robot. In: 1998 Second International Conference. Knowledge-Based Intelligent Electronic Systems. Proceedings KES'98 (Cat. No. 98EX111). IEEE, 1998. p. 51-60.
- [7] Al-Dahhan, Mohammed Rabeea Hashim, and Mohammad M. Ali. "Path tracking control of a mobile robot using fuzzy logic." 2016 13th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD). IEEE, 2016.
- [8] HIDAYAT, R. CAHYA. IMPLEMENTASI SISTEM KENDALI GERAK LURUS ROBOT THREE OMNI-DIRECTIONAL DRIVE DENGAN METODE PID FUZZY. Diss. Universitas Gadjah Mada, 2015.
- [9] Kusuma, Johan Wijaya. "PENERAPAN INVERSKINEMATIK TERHADAP PERGERAKAN KAKI PADA ROBOT HEXAPOD." (2013).
- [10] Sutojo, Mulyanto, and E. Mulyanto. "Suhartono. 2011." *Kecerdasan buatan*.

- [11]Aji Sabdani, Gusti, Richardo Afri Aldi R, and Dedy Hermanto. "RANCANG BANGUN ROBOT CONFETTY MENGGUNAKAN PENGGERAK RODA OMNI."
- [12]Tabroni, Imam, and Muhammad Munir. "Prototype Forklift Omnidirectional Wheel And Robot Arm Based Microcontroller Atmega1284 And Joystick." E-JPTE (Jurnal Elektronik Pendidikan Teknik Elektronika) 6.6 (2017): 24-32.
- [13]Rafiuddin Syam, Irham, and Widhi Erlangga. "Rancang Bangun Omni Wheels Robot dengan Roda Penggerak Independent." Makassar: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (2012).
- [14]A. Z, Arifin, "Simulasi Pengendalian Gerak Robot Mobil Berpenggerak Differensian Dengan Metode v,w Tracking Control berbasis proportional Derivative,"vol. 1, no. 1, pp. 1-6, 2012.
- [15]Oliveira, Hélder P., et al. "Modeling and assessing of omni-directional robots with three and four wheels." Contemporary robotics-challenges and solutions. InTech, 2009.
- [16]Rachmatullah, M.Naufal."Evaluation of Trajectory Model for Differential Steering Mobile Robot Using Numerical Method." Institut Teknologi Bandung, 2017.
- [17]R. Supriyanto, *Robotika*. Tangerang. 2010.
- [18]Pambudi, Wahyu Setyo. "Rancang Bangun 3 Wheels Omni-directional Mobile Robot Menggunakan Sensor Position Sensitive Device (PSD) serta Sensor Vision dengan Metode Kendali Fuzzy Logic Controller (FLC) untuk Menghindari Halangan." Semantik 1.1 (2011).
- [19]Hariyahya, Denta, and Umi Fadlillah. Prototype Kursi Roda Dengan Penggerak Roda Omnidirectional Berbasis Arduino. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- [20]Affandi, Irfan, Indra Adji Sulistijono, and Fernando Ardilla. "Kontrol Posisi Robot Omni–Directional Menggunakan Metode Gyrodometry." (2014).

- [21]Novriansyah, Dody. IMPLEMENTASI ROBOT PELONTAR CAKRAM BERBASIS WEBCAM SEBAGAI PENDETEKSI OBJEK SECARA SEMI OTOMATIS. Diss. POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA, 2017.
- [22]Muliady, Muliady, and Gerry Arisandy. "Implementasi Sistem Gerak Holonomic pada Robot KRSBI Beroda 2017." *Teknik dan Ilmu Komputer* 7.25 (2018).
- [23]Pambudi, Wahyu Setyo. "Rancang Bangun 3 Wheels Omni-directional Mobile Robot Menggunakan Sensor Position Sensitive Device (PSD) serta Sensor Vision dengan Metode Kendali Fuzzy Logic Controller (FLC) untuk Menghindari Halangan." *Semantik* 1.1 (2011).
- [24]Wiweka, Eriz Pramuditya. "Sistem Pakar Diagnosa Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) Menggunakan Logika Fuzzy." *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JUSTIN)* 1.1 (2013): 66-70.
- [25]Nasution, Helfi. "Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan." *ELKHA* 4.2 (2012).
- [26]Siswoyo, Agus, Zainal Arief, and Adji Sulistijono. "Klasifikasi Sinyal Otak Menggunakan Metode Logika Fuzzy dengan Neurosky Mindset." (2014).
- [27]D.A. Ratna Wati, *Sistem Kendali Cerdas: Fuzzy Logic Controller (FLC), Jaringan Syaraf Tiruan (JST), Algoritma Genetik (AG), dan Algoritma Particle Optimization(PSO)*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2011.
- [28]Suyanto, *Soft Computing membangun mesin ber-IQ tinggi*. Bandung Informatika, 2008.
- [29]E. Mahargia, D. Anggraeni P,R. Wandiro S, and Y.Mahzar, "Penerapan Logika Fuzzy Metode Sugeno untuk SistemPendukung keputusan Prakiraan Cuaca,"2013.
- [30]Moreira, António Paulo, Paulo J. Costa, and André Scolari Conceição. "Model identification of a four wheeled omni-directional mobile robot." *CONTROLO* 2006 (2006).

- [31] Škrjanc, Igor, and Gregor Klančar. "A comparison of continuous and discrete tracking-error model-based predictive control for mobile robots." *Robotics and autonomous systems* 87 (2017): 177-187.
- [32] Prasetyo, Aditya PP, and Kemahyanto Exhaudi. "IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY PADA MOBILE ROBOT UNTUK KONTRO KECEPATAN TERHADAP HALANGAN BERGERAK." *KNTIA* 4 (2017).