

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL (BAHASA INDONESIA) .....	i
HALAMAN JUDUL (BAHASA INGGRIS) .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH.....	vi
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
ABSTRAK .....	xvi
<i>ABSTRACT</i> .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Landasan Teori .....	11
2.2.1 Pendulum.....	11
2.2.2 <i>Inverted</i> Pendulum .....	13
2.2.3 Fuzzy Logic .....	14
2.2.4 Metode Mamdani .....	14
2.3 Komponen-Komponen yang Digunakan.....	16
2.3.1 Arduino Uno.....	16

2.3.2	Potensiometer 10 K $\Omega$ .....	17
2.3.3	Module Driver L298N DC Motor .....	17
2.3.4	Motor DC Gearbox dan Roda .....	18
BAB III METODOLOGI .....		19
3.1	Perancangan Hardware .....	19
3.1.1	Potensiometer 10K $\Omega$ .....	20
3.1.2	Arduino UNO R3 .....	22
3.1.3	Driver Motor L289N .....	23
3.1.4	Motor DC .....	24
3.1.5	Desain <i>Inverted</i> Pendulum .....	24
3.2	Perancangan Software .....	25
3.2.1	Flowchart Alur Metodologi Penelitian .....	25
3.2.2	Langkah Penelitian .....	28
3.2.3	Aturan/ Rule Base Pada <i>Inverted</i> Pendulum .....	28
BAB IV DATA DAN ANALISA .....		35
4.1	Hasil hardware <i>Inverted</i> Pendulum .....	35
4.2	Pengujian Titik Setpoint Input dan Output Data .....	37
4.2.1	Pengujian Potensiometer berdasarkan sudut potensiometer .....	38
4.2.2	Pengujian Potensiometer Berdasarkan Arduino .....	39
4.2.3	Pengujian Arah dan Kecepatan Motor Sebagai <i>Output</i> Data .....	41
4.5	Pengujian dan Analisa Hasil Pengujian .....	44
4.6	Respon Sistem Orde Dua .....	47
BAB V PENUTUP .....		53
5.1	Kesimpulan .....	53
5.2	Saran .....	54
DAFTAR PUSTAKA .....		49
LAMPIRAN .....		50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pendulum Sederhana .....	12
Gambar 2. 2 Ayunan dengan panjang tali menggantung $l$ , beban bermassa $m$ disampingkan dengan sudut awal $\theta_0$ dan simpangan horisontal sebesar $x$ .....	13
Gambar 2. 3 Contoh sederhana inverted pendulum .....	13
Gambar 2. 4 Langkah – Langkah Pengembangan Sistem <i>Fuzzy</i> .....	15
Gambar 2. 5 Arduino Uno R3 .....	16
Gambar 2. 6 Potensiometer 10K $\Omega$ .....	17
Gambar 2. 7 Modul Driver L298N .....	17
Gambar 2. 8 Motor DC GearBox 200rpm dan Roda .....	18
Gambar 3. 1 Pemodelan inverted pendulum tampak bagian samping dan depan.	19
Gambar 3. 2 Pemodelan inverted pendulum tampak bagian atas .....	20
Gambar 3. 3 Blok diagram <i>inverted</i> pendulum .....	20
Gambar 3. 4 Pemasangan potensiometer pada pin-pin arduino uno .....	20
Gambar 3. 5 Rangkaian Pembagi Tegangan .....	21
Gambar 3. 6 Bagian-bagian dari arduino uno .....	22
Gambar 3. 7 Sambungan rangkaian potensiometer ke arduino.....	23
Gambar 3. 8 Sambungan dari arduino ke <i>driver</i> motor L298N .....	23
Gambar 3. 9 Simbol Motor DC.....	24
Gambar 3. 10 Sambungan dari <i>driver motor</i> ke motor DC.....	24
Gambar 3. 11 Gambar Rangkaian Inverted Pendulum .....	25
Gambar 3. 12 <i>Flowchart</i> perancangan software .....	27
Gambar 3. 13 Fungsi keanggotaan sudut .....	30
Gambar 3. 14 Fungsi keanggotaan delta sudut .....	31
Gambar 4. 1 Bentuk <i>Prototype</i> dari <i>Inverted</i> Pendulum.....	35
Gambar 4. 2 Potensiometer <i>wirewound multiturn</i> .....	36
Gambar 4. 3 Gambar tongkat pendulum .....	36
Gambar 4. 4 Rangkaian potensiometer dengan pembagi tegangan .....	37
Gambar 4. 5 Pengujian Potensiometer Berdasarkan Sudut.....	38
Gambar 4. 6 Pengujian Potensiometer Berdasarkan Sudut.....	39

Gambar 4. 7 <i>Set Point</i> nilai 0 di <i>Serial Monitor</i> Pada Aplikasi Arduino .....	39
Gambar 4. 8 Pengujian Potensiometer Berdasarkan Arduino.....	40
Gambar 4. 9 Pengujian Potensiometer Berdasarkan Input Data .....	41
Gambar 4. 10 <i>Serial Monitor</i> dari Program <i>Fuzzy</i> di Arduino.....	45
Gambar 4. 11 Grafik pengujian sudut terhadap nilai PWM .....	46
Gambar 4. 12 Grafik Pengujian delta sudut terhadap nilai PWM.....	46
Gambar 4. 13 Respon Nilai PWM Terhadap Waktu.....	48

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Persamaan atau perbedaan dengan hasil penelitian sebelumnya .....	6
Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino Uno R3 .....	16
Tabel 2. 3 Spesifikasi Potensiometer 10K $\Omega$ .....	17
Tabel 2. 4 Spesifikasi Modul Driver L298N DC Motor .....	18
Tabel 2. 5 Spesifikasi Motor GearBox DC .....	18
Tabel 3. 1 Aturan/Rule Base Inverted Pendulum.....	29
Tabel 4. 1 Pengujian Potensiometer Berdasarkan Sudut .....	38
Tabel 4. 2 Pengujian Potensiometer Berdasarkan Arduino .....	40
Tabel 4. 3 Perbandingan Potensio Berdasarkan Sudut dan Arduino .....	41
Tabel 4. 4 Nilai PWM pada Pengaturan Arah dan Kecepatan.....	42
Tabel 4. 5Tabel Pengujian antara perhitungan dengan software arduino .....	46
Tabel 4. 6 Respon nilai PWM pada motor DC terhadap waktu.....	47
Tabel 4. 7 Pengujian terhadap nilai proporsional.....	48
Tabel 4. 8 Pengujian Nilai Derivatif (Kd).....	49
Tabel 4. 9 Pengujian nilai integral (Ki).....	51
Tabel 4. 10 Pengujian PID dengan titik <i>setpoint</i> .....	52