

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR</b> .....	<b>i</b>
<b>PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Metode Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	<b>7</b>
2.1 <i>Self-Balancing Robot</i> .....	7
2.1.1 Sistem Kendali .....	7
2.1.2 Sensor .....	11
2.1.3 <i>Motor Driver</i> .....	12
2.1.4 Motor Listrik Arus Searah .....	12
2.1.5 <i>Proportional Integral Derivative</i> .....	14
2.2 <i>Microcontroller</i> .....	19
2.3 Perangkat Lunak .....	23

2.4	<i>Low Pass Filter</i> .....	31
<b>BAB III PERANCANGAN SISTEM .....</b>		<b>33</b>
3.1	Perancangan Mekanik .....	34
3.2	Perancangan Perangkat Keras .....	37
3.3	Perancangan <i>Microcontroller</i> .....	38
3.4	Perancangan Perangkat Lunak .....	39
3.5	Skema Perencanaan Penggunaan Metode Kontrol PID .....	40
3.6	Spesifikasi Motor DC .....	41
3.7	<i>Filter Butterworth</i> .....	42
<b>BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS .....</b>		<b>44</b>
4.1	Pengujian Sudut Simpangan Dari Sensor Akselerometer .....	46
4.2	Pengujian Kestabilan <i>Self-Balancing Robot</i> Menggunakan Metode Kontrol PID .....	56
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>73</b>
5.1	Kesimpulan .....	73
5.2	Saran .....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>75</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Elemen Sistem Kendali .....	8
Gambar 2.2 Sistem Kendali Gelung Terbuka .....	9
Gambar 2.3 Sistem Kendali Gelung Tertutup .....	10
Gambar 2.4 <i>Tilting Angle</i> pada Tiga Axis Berbeda .....	11
Gambar 2.5 Skema Kerja Motor DC .....	13
Gambar 2.6 PID pada Sistem Kendali Gelung Tertutup .....	14
Gambar 2.7 PID <i>Controller</i> .....	15
Gambar 2.8 National Instruments myRio .....	19
Gambar 2.9 Diagram Blok National Instruments myRio .....	20
Gambar 2.10 Konfigurasi Sinyal Konektor A dan B .....	21
Gambar 2.11 Tampilan Layar LabView .....	24
Gambar 2.12 Cara Membuat VI Baru .....	25
Gambar 2.13 <i>Front Panel</i> dan <i>Block Diagram</i> .....	26
Gambar 2.14 Jendela <i>Front Panel</i> dengan Program .....	27
Gambar 2.15 <i>Controls Palette</i> .....	28
Gambar 2.16 Ilustrasi <i>Block Diagram</i> .....	29
Gambar 2.17 <i>Function Palette</i> .....	29
Gambar 2.18 Kode Penghubung <i>Controls</i> dan <i>Indicators</i> .....	30
Gambar 2.19 Kabel Penghubung .....	30
Gambar 2.20 Program Sederhana Secara Keseluruhan .....	31
Gambar 3.1 Blok Diagram Perancangan Sistem <i>Self-Balancing Robot</i> .....	32
Gambar 3.2 Perancangan Mekanik <i>Self-Balancing Robot</i> .....	33
Gambar 3.3 Roda Penggerak .....	34
Gambar 3.4 Ilustrasi Rangka <i>Self-Balancing Robot Motor Bracket</i> .....	35
Gambar 3.5 Ilustrasi Rangka <i>Self-Balancing Robot Chopper Pillar</i> dan <i>Intermediate Base Plate</i> .....	35
Gambar 3.6 Ilustrasi Rangka <i>Self-Balancing Robot</i> Gabungan <i>Chopper Pillar</i> , <i>Intermediate Base Plate</i> dan <i>Motor Bracket</i> .....	36

Gambar 3.7 Diagram Blok Perangkat Keras .....	37
Gambar 3.8 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ke Driver Motor .....	38
Gambar 3.9 <i>Flow Chart</i> Program LabView .....	39
Gambar 3.10 Rancangan Skema Kontroler PID pada <i>Self-Balancing Robot</i> .....	40
Gambar 3.11 Motor DC dengan <i>Gearbox</i> .....	41
Gambar 3.12 Karakteristik <i>Filter Butterworth</i> .....	42
Gambar 4.1 Tampak Depan <i>Self-Balancing Robot</i> .....	43
Gambar 4.2 Tampak Samping <i>Self-Balancing Robot</i> .....	44
Gambar 4.3 Tampak Depan Posisi Baterai dan Motor .....	44
Gambar 4.4 Program Sensor Akselerometer.....	46
Gambar 4.5 <i>Compile FPGA Target</i> Tahap 1 .....	47
Gambar 4.6 <i>Compile FPGA Target</i> Tahap 2 .....	48
Gambar 4.7 <i>Compile FPGA Target</i> Tahap 3 .....	48
Gambar 4.8 <i>Compile FPGA Target</i> Tahap 4 .....	49
Gambar 4.9 <i>Compile FPGA Target</i> Sukses .....	49
Gambar 4.10 Kondisi myRio saat <i>Standby</i> .....	50
Gambar 4.11 Grafik Pengukuran Sensor Akselerometer Pada Saat <i>Standby</i> .....	50
Gambar 4.12 Grafik Pengukuran Sensor Akselerometer Pada Saat Kemiringan -14 Derajat .....	51
Gambar 4.13 Kondisi myRio Saat Posisi Kemiringan -14 Derajat .....	51
Gambar 4.14 Grafik Pengukuran Sensor Akselerometer Pada Saat Kemiringan -36 Derajat .....	52
Gambar 4.15 Kondisi myRio Saat Posisi Kemiringan -36 Derajat .....	52
Gambar 4.16 Grafik Pengukuran Sensor Akselerometer Pada Saat Kemiringan -15 Derajat .....	53
Gambar 4.17 Kondisi myRio Saat Posisi Kemiringan -15 Derajat .....	53
Gambar 4.18 Grafik Pengukuran Sensor Akselerometer Pada Saat Kemiringan 36 Derajat .....	54
Gambar 4.19 Kondisi myRio Saat Posisi Kemiringan 36 Derajat .....	54

Gambar 4.20 Proses <i>Upload</i> Program LabView .....	56
Gambar 4.21 Program LabView Sensor Akselerometer dan <i>Filter Butterworth</i> ....	56
Gambar 4.22 Program LabView Pengatur Arah Gerak Motor Kanan dan Kiri .....	57
Gambar 4.23 Program LabView Metode Kontrol PID .....	57
Gambar 4.24 Program LabView PWM <i>Output</i> dan Kontrol Arah/ <i>Direction</i> .....	58
Gambar 4.25 Projek dari Program yang Dibuat .....	59
Gambar 4.26 Proses <i>Stand-Alone Application</i> Tahap 1 .....	59
Gambar 4.27 Proses <i>Stand-Alone Application</i> Tahap 2 .....	60
Gambar 4.28 Proses <i>Stand-Alone Application</i> Tahap 3 .....	61
Gambar 4.29 Proses <i>Stand-Alone Application</i> Tahap 4 .....	61
Gambar 4.30 Proses <i>Stand-Alone Application</i> Tahap 5 .....	62
Gambar 4.31 Proses <i>Stand-Alone Application</i> Tahap 6 .....	62
Gambar 4.32 Proses <i>Stand-Alone Application</i> Tahap 7 .....	63
Gambar 4.33 Proses <i>Stand-Alone Application</i> Tahap 8 .....	63
Gambar 4.34 Respon Sistem Pengujian Pertama .....	64
Gambar 4.35 Sinyal <i>Output</i> PID Pengujian Pertama.....	64
Gambar 4.36 Respon Sistem Pengujian Kedua .....	65
Gambar 4.37 Sinyal <i>Output</i> PID Pengujian Kedua.....	65
Gambar 4.38 Respon Sistem Pengujian Ketiga .....	66
Gambar 4.39 Sinyal <i>Output</i> PID Pengujian Ketiga.....	66
Gambar 4.40 Respon Sistem Pengujian Keempat.....	67
Gambar 4.41 Sinyal <i>Output</i> PID Pengujian Keempat.....	67
Gambar 4.42 Respon Sistem Pengujian Kelima .....	68
Gambar 4.43 Sinyal <i>Output</i> PID Pengujian Kelima .....	68

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Efek Kontroler dalam Sistem Kendali Gelung Tertutup .....	18
Tabel 2.2 Tabel Parameter PID Ziegler Nichols .....	18
Tabel 2.3 Penjelasan Sinyal pada Konektor MXP A dan B .....	22



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A LabView <i>Block Diagram</i> myRio .....	A
LAMPIRAN B LabView <i>Front Panel</i> myRio .....	B

