

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, laporan skripsi dengan judul “KONTROL ROBOT PENYEIMBANG BERODA DUA MENGGUNAKAN *SMARTPHONE*” dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Laporan skripsi ini disusun berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dari 3 Maret 2020 hingga 25 Januari 2021. Skripsi merupakan persyaratan terakhir bagi mahasiswa yang wajib ditempuh sesuai dengan kurikulum Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pelita Harapan. Skripsi ini juga bermanfaat bagi penulis untuk menerapkan pengetahuan yang telah didapat dan memperoleh pengalaman baru yang tidak dapat diperoleh dari perkuliahan.

Dalam penyusunan laporan skripsi ini, penulis mendapat dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Eric Jobiliong, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Bapak Laurence, M.T. selaku Direktur Administrasi dan Kemahasiswaan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Bapak Dr. Henri P. Uranus selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro dan pembimbing skripsi yang senantiasa memberikan bimbingan, masukan, dan mendukung saya dalam pengerjaan laporan.
4. Seluruh dosen dan staf yang telah mengajar penulis selama berkuliah di Program Studi Teknik Elektro Universitas Pelita Harapan.
5. Orang tua dan saudara-saudara penulis yang telah memberikan dukungan doa.
6. Semua mahasiswa Teknik Elektro UPH angkatan 2017 yang telah membantu penulis dalam proses pengerjaan skripsi ini.
7. Semua rekan mahasiswa aktif Program Studi Teknik Elektro Universitas Pelita Harapan yang terus memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
8. Semua pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Akhir kata, penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih sangat jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka akan kritik dan saran dari pembaca yang dapat membantu membuat laporan skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.

Tangerang, 24 Februari 2021

(Owen)



## DAFTAR ISI

halaman

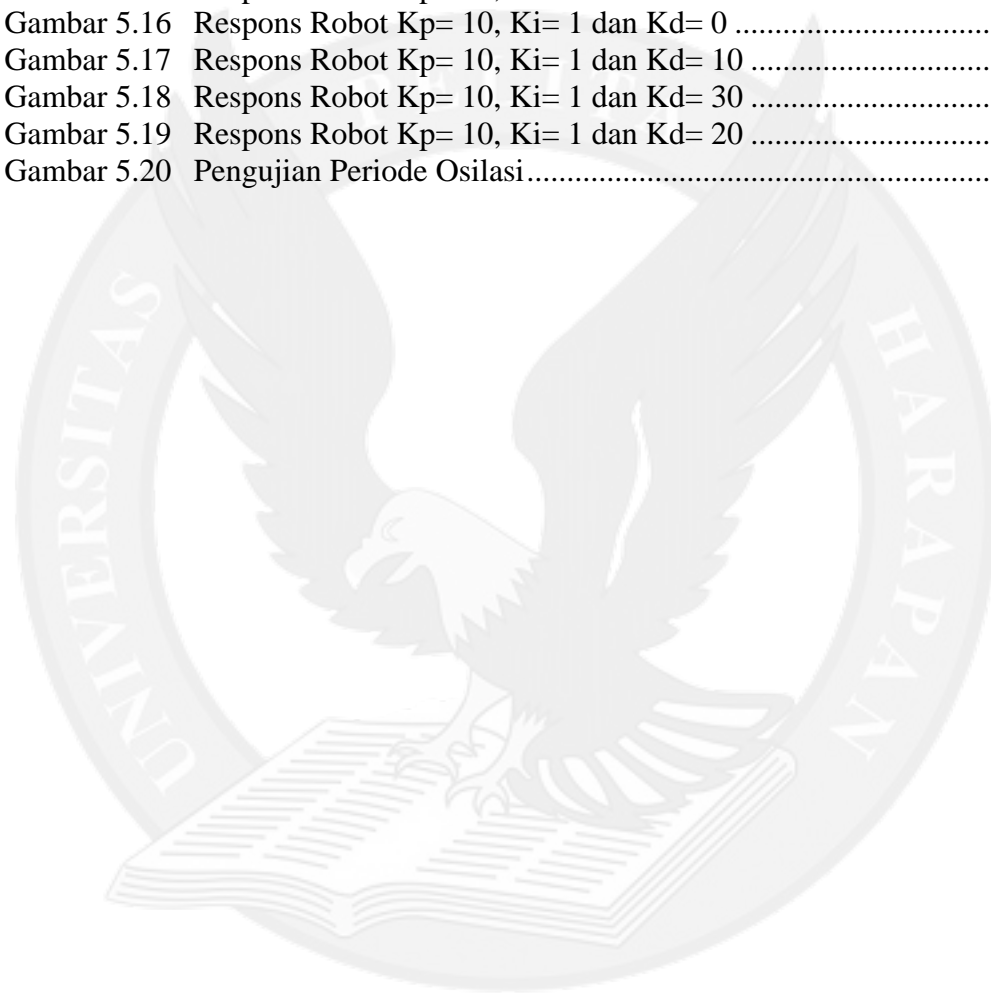
HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN UNGGAH TUGAS AKHIR	
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI	
PERSETUJUAN TIM PENGUJI SKRIPSI	
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Pembahasan .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	4
1.5. Metode Penelitian .....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1. Modul Mikrokontroler Arduino Nano .....	7
2.2. Modul MPU-6050.....	9
2.2.1. Girooskop .....	10
2.2.2. Akselerometer.....	10
2.3. HC-05 Bluetooth .....	11
2.4. <i>Driver</i> Motor DRV8825 .....	13
2.5. <i>Motor Stepper</i> NEMA 14 .....	15
2.6. Modul <i>Step Down</i> LM-2596.....	16
2.7. Baterai Litium-Polymer.....	17
2.8. <i>MIT App Inventor</i> .....	18
2.9. Sistem Kendali PID .....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
BAB IV PERANCANGAN ROBOT PENYEIMBANG BERODA DUA .....	26
4.1. Perancangan Robot Penyeimbang Beroda Dua.....	26
4.1.1. Desain Robot .....	26
4.1.2. <i>Bracket</i> Motor <i>Stepper</i> dan Baterai <i>Li-Po</i> .....	28
4.1.3. Roda.....	30
4.1.4. Hasil Perancangan .....	30
4.2. Perancangan Sistem Elektronik.....	33
4.3. Perancangan Kontroler <i>Smartphone</i> .....	38
4.4. Perancangan Program Robot Penyeimbang Beroda Dua.....	43

4.4.1. Program Untuk <i>Hardware Test Robot</i> .....	45
4.4.2. Program Untuk Sensor MPU-6050 .....	47
4.4.3. Program Untuk Kontroler PID .....	49
4.4.4. Program Untuk Kontrol Motor .....	50
4.5. Pengambilan Data ke <i>MicroSD Card</i> .....	53
<b>BAB V HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS DATA .....</b>	<b>55</b>
5.1. Pengujian Modul MPU-6050 .....	55
5.1.1. Giroskop .....	55
5.1.2. Akselerometer.....	58
5.2. Pengujian Kontroler <i>Bluetooth</i> .....	61
5.3. <i>Tuning</i> PID dengan Metode Eksperimental .....	67
5.4.1. Pengujian Nilai Kp .....	68
5.4.2. Pengujian Nilai Kp dan Ki .....	71
5.4.3. Pengujian Nilai Kp, Ki dan Kd.....	74
5.4. <i>Tuning</i> PID dengan Metode <i>Ziegler-Nichols</i> .....	76
5.5. Pengujian Kontrol dengan <i>Smartphone</i> .....	78
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>80</b>
6.1. Kesimpulan .....	80
6.2. Saran .....	81
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>82</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>85</b>

## DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1	Arduino Nano ..... 8
Gambar 2.2	Modul MPU-6050 ..... 9
Gambar 2.3	HC-05 Bluetooth ..... 11
Gambar 2.4	<i>Driver</i> Motor DRV8825 ..... 13
Gambar 2.5	Motor Stepper NEMA 14 ..... 15
Gambar 2.6	Modul Step Down (LM-2596)..... 17
Gambar 2.7	Baterai <i>Litium-Polymer</i> 2200mAh 11.1V ..... 18
Gambar 2.8	Logo MIT App Inventor [12] ..... 19
Gambar 2.9	Desain Layout MIT App Inventor [12] ..... 19
Gambar 2.10	Blok Diagram Sistem Kendali PID ( <i>Close Loop</i> ) [16]..... 20
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Aliran Penelitian .....24
Gambar 4.1	Potongan Akrilik sebagai Platform ..... 27
Gambar 4.2	Spacer 2 cm dan 0.5 cm..... 28
Gambar 4.3	Bracket Motor Stepper ..... 29
Gambar 4.4	Tampilan Bracket Baterai Li-Po dari atas ..... 29
Gambar 4.5	Tampilan Bracket Baterai Li-Po dari samping..... 29
Gambar 4.6	Roda dan Coupling Hexagonal..... 30
Gambar 4.7	Tampilan Depan Hasil Perancangan Robot Penyeimbang Beroda Dua ..... 31
Gambar 4.8	Tampilan Samping Hasil Perancangan Robot Penyeimbang Beroda Dua ..... 31
Gambar 4.9	Ilustrasi Robot Penyeimbang..... 32
Gambar 4.10	Blok Diagram Robot Penyeimbang..... 35
Gambar 4.11	Wiring Diagram Robot Penyeimbang ..... 35
Gambar 4.12	Wiring Diagram MicroSD Card ..... 37
Gambar 4.13	Tampilan Aplikasi Kontroler Robot di Smartphone ..... 38
Gambar 4.14	Tampilan Daftar Perangkat Bluetooth..... 38
Gambar 4.15	Menghubungkan Bluetooth dengan Alamat pada Daftar Bluetooth . ..... 39
Gambar 4.16	Kode Blok Disconnect..... 40
Gambar 4.17	Kode Blok Sebelum dan Sesudah Perangkat Terkoneksi..... 41
Gambar 4.18	Kode Blok Tombol Anak Panah..... 41
Gambar 4.19	Blok Diagram sistem smartphone ..... 42
Gambar 4.20	Diagram Alir Sistem Kontrol Robot..... 44
Gambar 4.21	Nilai Keseimbangan dan Nilai Giroskop di Serial Monitor ..... 47
Gambar 4.22	Arah Putaran Motor Robot Penyeimbang ..... 51
Gambar 4.23	Belok Kiri dan Belok Kanan Robot Penyeimbang..... 51
Gambar 5.1	Program Arduino IDE Giroskop ..... 56
Gambar 5.2	Hasil Bacaan Giroskop Pada Saat Kondisi Diam..... 56
Gambar 5.3	Sumbu dan Arah Bacaan Giroskop pada MPU-6050..... 57
Gambar 5.4	Hasil Bacaan Giroskop Pada Saat Diberi Gaya Eksternal..... 58
Gambar 5.5	Program Arduino IDE Akselerometer..... 59
Gambar 5.6	Hasil Bacaan Akselerometer Pada Saat Menghadap ke Atas..... 60

Gambar 5.7	Hasil Bacaan Pada Saat Menghadap ke Bawah .....	60
Gambar 5.8	Arah Sumbu Bacaan Akselerometer pada MPU-6050.....	61
Gambar 5.9	Pengujian Kontroler Bluetooth.....	62
Gambar 5.10	Pengujian Kontroler Bluetooth Diatas 10 Meter .....	64
Gambar 5.11	Respons Robot $K_p= 5$ , $K_i= 0$ dan $K_d= 0$ .....	69
Gambar 5.12	Respons Robot $K_p= 20$ , $K_i= 0$ dan $K_d= 0$ .....	70
Gambar 5.13	Respons Robot $K_p= 10$ , $K_i= 0$ dan $K_d= 0$ .....	71
Gambar 5.14	Respons Robot $K_p= 10$ , $K_i= 0.5$ dan $K_d= 0$ .....	72
Gambar 5.15	Respons Robot $K_p= 10$ , $K_i= 3$ dan $K_d= 0$ .....	73
Gambar 5.16	Respons Robot $K_p= 10$ , $K_i= 1$ dan $K_d= 0$ .....	73
Gambar 5.17	Respons Robot $K_p= 10$ , $K_i= 1$ dan $K_d= 10$ .....	74
Gambar 5.18	Respons Robot $K_p= 10$ , $K_i= 1$ dan $K_d= 30$ .....	75
Gambar 5.19	Respons Robot $K_p= 10$ , $K_i= 1$ dan $K_d= 20$ .....	75
Gambar 5.20	Pengujian Periode Osilasi.....	77



## DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi HC-05 Bluetooth [8] .....	12
Tabel 2.2 Microstepping Resolution DRV8825 [17] .....	14
Tabel 5.1 Pengujian Waktu Pairing Smartphone dengan HC-05 Bluetooth ..	63
Tabel 5.2 Waktu Delay Bluetooth Smartphone dengan Arduino Nano (1 Meter) .....	64
Tabel 5.3 Waktu Delay Bluetooth Smartphone dengan Arduino Nano (2 Meter) .....	65
Tabel 5.4 Waktu Delay Bluetooth Smartphone dengan Arduino Nano (3 Meter) .....	65
Tabel 5.5 Waktu Delay Bluetooth Smartphone dengan Arduino Nano (4 Meter) .....	65
Tabel 5.6 Waktu Delay Bluetooth Smartphone dengan Arduino Nano (5 Meter) .....	65
Tabel 5.7 Waktu Delay Bluetooth Smartphone dengan Arduino Nano (6 Meter) .....	65
Tabel 5.8 Waktu Delay Bluetooth Smartphone dengan Arduino Nano (7 Meter) .....	66
Tabel 5.9 Waktu Delay Bluetooth Smartphone dengan Arduino Nano (8 Meter) .....	66
Tabel 5.10 Waktu Delay Bluetooth Smartphone dengan Arduino Nano (9 Meter) .....	66
Tabel 5.11 Waktu Delay Bluetooth Smartphone dengan Arduino Nano (10 Meter) .....	66
Tabel 5.12 Respon sistem terhadap nilai parameter PID [18] .....	68
Tabel 5.13 Metode Ziegler-Nichols [16] .....	76
Tabel 5.14 Kalkulasi Nilai $K_p$ , $K_i$ , dan $K_d$ dengan Metode Ziegler-Nichols .	78
Tabel 5.15 Hasil Pengujian Kontrol dengan Smartphone .....	78



## DAFTAR LAMPIRAN

halaman

### LAMPIRAN A

Coding <i>Hardware Test Robot</i> .....	A-1
Coding Program Keseluruhan .....	A-5
Kode Blok <i>MIT App Inventor</i> .....	A-12

### LAMPIRAN B

<i>Paper IEEE</i> .....	B-1
-------------------------	-----

### LAMPIRAN C

Form Hasil Uji Similaritas .....	C-1
<i>Turnitin Check Similarity</i> .....	C-2

### LAMPIRAN D

Lembar Bimbingan.....	D-1
-----------------------	-----