

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitain tugas akhir yang berjudul PROTOYTPE SISTEM KENDALI KECEPATAN MOTOR DC DENGAN PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE (PID) *CONTROLLER*.

Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua Penulis dan semua keluarga tercinta yang telah memberikan doa restu, kasih sayang, pengertian, kesabaran, dorongan baik moril, serta materil yang tiada batasnya.
2. Bapak Prof. Aripin Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Siliwangi Tasikmalaya.
3. Bapak Nurul Hiron S.T., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro .
4. Bapak Edvin Priatna S.T., M.T., selaku Dosen Wali serta Calon Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, motivasi, petunjuk, dan arahan kepada penulis dalam penyusunan proposal ini.
5. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis dibalas dengan pahala berlipat ganda dari Allah SWT. Aamiin.

Akhirnya penulis berharap semoga proposal tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya, dan bagi semua pambaca umumnya, serta dapat berguna bagi kemajuan ilmu pendidikan, khususnya pada bidang Teknik Elektro.

Tasikmalaya, Januari 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1    Latar Belakang.....	I-1
1.2    Rumusan Masalah .....	I-3
1.3    Tujuan Penelitian.....	I-3
1.4    Batasan Penelitian.....	I-3
1.5    Manfaat Penelitian.....	I-3
1.6    Sistematika Penulisan .....	I-4
BAB II LANDASAN TEORI .....	II-1
2.1.    Sistem Kendali.....	II-1
2.1.1.    Sistem Kendali <i>Open Loop</i> .....	II-1
2.1.2.    Sistem Kendali <i>Close Loop</i> .....	II-2
2.1.3.    Sistem Kendali Automatic.....	II-2
2.1.4.    Sistem Kendali Servomekanik .....	II-3
2.1.5.    Sistem Kontrol PID ( <i>Proportional Integral Derivative</i> ) .....	II-3
2.1.6.    Kontrol Proporsional .....	II-4
2.1.7.    Kontrol Integral .....	II-4
2.1.8.    Kontrol Derivatif.....	II-5
2.1.9.    Metode Tuning PID .....	II-6
2.2.    Mesin Listrik .....	II-11
2.2.1.    Fungsi Motor Listrik .....	II-11
2.2.2.    Jenis-Jenis Motor Listrik .....	II-11
2.3.    Motor DC.....	II-12
2.3.1.    Simbol Motor DC .....	II-13
2.3.2.    Prinsip Kerja Motor DC.....	II-14

2.4.	Driver Motor DC L298N.....	II-14
2.4.1.	Fungsi Driver Motor DC L289N.....	II-15
2.5.	Mikrokontroler.....	II-16
2.5.1.	Arsitektur Arduino Uno.....	II-18
2.5.2.	Konfigurasi Pin ATmega328P.....	II-19
2.5.3.	Deskripsi Pin Pada Arduino Uno.....	II-22
2.6.	Sensor <i>Rotary encoder</i> .....	II-23
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>III-1</b>
3.1.	Alur Penelitian .....	III-1
3.2.	Rincian Alur Penelitian .....	III-2
3.2.1.	Studi literatur.....	III-2
3.2.2.	Alat dan Bahan.....	III-2
3.2.3.	Perancangan Unit.....	III-3
3.2.4.	Flowchart Perancangan Alat .....	III-8
3.2.5.	Uji Unit.....	III-9
3.2.6.	Assembling.....	III-10
3.2.7.	Flowchart Kerja Sistem.....	III-11
3.2.8.	Arsitektur.....	III-12
3.2.9.	Blok Diagram .....	III-13
3.2.10.	Uji Sistem.....	III-14
3.2.11.	Pengukuran Sistem .....	III-14
3.2.12.	Pengumpulan Data.....	III-14
3.2.13.	Analisis Data.....	III-14
3.2.14.	Kesimpulan.....	III-15
3.2.15.	Lokasi Penelitian .....	III-15
<b>BAB IV PEMBAHASAN .....</b>		<b>IV-1</b>
4.1.	Pengujian Unit.....	IV-1
4.1.1.	Pengujian Arduino Uno.....	IV-1
4.1.2.	Pengujian <i>Driver</i> L298N.....	IV-3
4.1.3.	Pengujian Sensor <i>Rotary encoder</i> .....	IV-5
4.1.4.	Pengujian Motor DC.....	IV-7
4.2.	Perakitan Sistem .....	IV-9
4.3.	Pengujian Sistem.....	IV-10
4.3.1.	Pengujian Motor DC Tanpa Kendali .....	IV-10
4.3.2.	Pengujian Motor DC Dengan Kendali P.....	IV-16
4.3.3.	Pengujian Motor DC Dengan Kendali PI .....	IV-21

4.3.4.    Pengujian Motor DC Dengan Kendali PID .....	IV-28
4.4.    Analisis Hasil Pembuatan Sistem .....	IV-35
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	V-1
5.1.    Kesimpulan.....	V-1
5.2.    Saran .....	V-1
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	1
<b>LAMPIRAN</b> .....	1

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Block Diagram Pengendali Kalang Terbuka.....	II-1
Gambar 2.2. Blok Diagram Pengendali Kalang Tertutup .....	II-2
Gambar 2.3. Blok diagram kendali PID.....	II-4
Gambar 2.4. Sistem Diberi Input Step .....	II-6
Gambar 2.5. Proses Desain Penentuan Parameter L dan T.....	II-7
Gambar 2.6. Sistem closed loop dengan menggunakan Kp saja.....	II-8
Gambar 2.7. Proses Desain Menentukan Parameter Pcr .....	II-8
Gambar 2.8. Sistem Open Loop Diberi Input Step .....	II-9
Gambar 2.9. Sinyal Steady-state Kembali Diberi Input Step.....	II-9
Gambar 2.10. Proses Desain Menentukan Parameter $g_p$ , $\tau$ , dan $\tau_d$ .....	II-10
Gambar 2.11. Blok Diagram dari Sistem Kontrol Berumpan balik.....	II-10
Gambar 2.12. Klasifikasi jenis utama motor listrik .....	II-12
Gambar 2.13. Rangkaian Ekuivalen Motor DC .....	II-13
Gambar 2.14. Simbol Motor DC.....	II-13
Gambar 2.15. Prinsip Kerja Motor DC .....	II-14
Gambar 2.16. Driver Motor DC L289N .....	II-15
Gambar 2.17. Arduino UNO.....	II-17
Gambar 2.18. Pin Mikrokontroller ATmega328P .....	II-19
Gambar 2.19. <i>Rotary encoder</i> .....	II-23
Gambar 2.20. <i>Absolute Rotary encoder</i> .....	II-24
Gambar 2.21. Susunan Piringan untuk Incremental Encoder .....	II-25
Gambar 3.1. Flowchart Alur Penelitian .....	III-1
Gambar 3.2. Skematik Driver Motor L298N.....	III-6
Gambar 3.3. Skematik Driver Motor L298N.....	III-6
Gambar 3.4. Skematik Sensor <i>Rotary encoder</i> .....	III-7
Gambar 3.5. Flowchart Perancangan Alat. ....	III-8
Gambar 3.6. Flowchart Sistem.....	III-11
Gambar 3.7. Arsitektur .....	III-12
Gambar 3.8. Blok Diagram Sistem .....	III-13
Gambar 4. 1. Sketch Program Blink .....	IV-2
Gambar 4. 2. Pengujian Arduino .....	IV-2
Gambar 4. 3. Sketch Program Pengujian Driver Motor L298N .....	IV-3
Gambar 4. 4. Rangkaian Driver Motor L298N.....	IV-4
Gambar 4. 5. Sketch Program Pengujian Sensor Rotary encoder.....	IV-5
Gambar 4. 6. Rangkaian Rotary encoder .....	IV-6
Gambar 4. 7. Grafik Kecepatan Hasil Pembacaan Sensor .....	IV-6
Gambar 4. 8. Pengujian Motor DC .....	IV-8
Gambar 4. 9. Grafik Kecepatan Motor DC dengan 12V.....	IV-8
Gambar 4. 10. Perakitan Sistem.....	IV-10
Gambar 4. 11. Grafik Respon Dan Kecepatan Motor DC Tanpa Kendali Tanpa beban .....	IV-11
Gambar 4. 12. Titik Rise Time Pada Pengujian Sistem Tanpa Kendali .....	IV-12

Gambar 4. 13. Titik Settling Time Pada Pengujian Sistem Tanpa Kendali .....	IV-13
Gambar 4. 14. Titik Maximum Overshoot Pada Pengujian Sistem Tanpa Kendali.....	IV-14
Gambar 4. 15. Error Steady State Pada Pengujian Sistem Tanpa Kendali .....	IV-14
Gambar 4. 16. Grafik Respon Dan Kecepatan Motor DC Tanpa Kendali Dengan Diberi beban Ketika Sistem Berjalan.....	IV-15
Gambar 4. 17. Grafik Respon Dan Kecepatan Kendali P Tanpa Beban.....	IV-17
Gambar 4. 18. Grafik Respon Dan Kecepatan Kendali P Dengan Diberi Beban Ketika Sistem Berjalan .....	IV-19
Gambar 4. 19. Grafik Respon Dan Kecepatan Menggunakan Kendali PI Tanpa Beban.....	IV-22
Gambar 4. 20. Titik Maximum Overshoot Pada Pengujian Sistem Dengan Kendali PI.....	IV-25
Gambar 4. 21. Titik Error Steady State Pada Pengujian Sistem Dengan Kendali PI.....	IV-25
Gambar 4. 22. Grafik Respon Dan Kecepatan Menggunakan Kendali PI Dengan Diberi Beban Ketika Sistem Berjalan .....	IV-26
Gambar 4. 23. Grafik Respon Dan Kecepatan Kendali PID Tanpa Beban.....	IV-29
Gambar 4. 24. Titik Maximum Overshoot Pada Pengujian Sistem Dengan Kendali PID....	IV-32
Gambar 4. 25. Titik Error Steady State Pada Pengujian Sistem Dengan Kendali PID .....	IV-32
Gambar 4. 26. Grafik Respon Dan Kecepatan Kendali PID Dengan Diberi Beban Ketika Sistem Berjalan .....	IV-33
Gambar 4. 27. Grafik Hasil Pengujian Semua Kendali .....	IV-35

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Efek Dari Setiap Kontroler .....	II-5
Tabel 2.2. Parameter PID Untuk ZN Tipe 1 .....	II-7
Tabel 2.3. Parameter PID Untuk ZN Tipe 2 .....	II-8
Tabel 2.4. Spesifikasi Driver Motor DC L289N.....	II-15
Tabel 2.5. Spesifikasi Arduino UNO R3 .....	II-18
Tabel 3.1. Bahan dan Perlatan .....	III-2
Tabel 3.2. Rancangan Kalibrasi Sensor <i>Rotary encoder</i> .....	III-9
Tabel 3.3. Rancangan Kalibrasi Kecepatan Motor DC.....	III-9
Tabel 3.4. Rancangan Sistem Keseluruhan.....	III-10
Tabel 4. 1. Hasil Pengujian Driver Motor L298N .....	IV-4
Tabel 4. 2. Hasil Pembacaan Sensor .....	IV-6
Tabel 4. 3. Rpm motor .....	IV-8
Tabel 4. 4. Nilai Respon Dan Kecepatan Motor DC Tanpa Kendali Dengan Tanpa Beban .....	IV-11
Tabel 4. 5. Nilai Respon Dan Kecepatan Motor DC Tanpa Kendali Dengan Diberi beban Ketika Sistem Berjalan .....	IV-15
Tabel 4. 6. Rumus Parameter P.....	IV-16
Tabel 4. 7. Nilai Respon Dan Kecepatan Kendali P Tanpa Beban .....	IV-17
Tabel 4. 8. Nilai Respon Dan Kecepatan Kendali P Dengan Diberi Beban Ketika Sistem Berjalan.....	IV-19
Tabel 4. 9. Rumus Parameter PI .....	IV-21
Tabel 4. 10. Nilai Respon Dan Kecepatan Menggunakan Kendali PI Tanpa Beban....	IV-22
Tabel 4. 11. Nilai Respon Dan Kecepatan Menggunakan Kendali PI Dengan Diberi Beban Ketika Sistem Berjalan .....	IV-26
Tabel 4. 12. Rumus Parameter PID.....	IV-28
Tabel 4. 13. Hasil Respon Kendali PID Tanpa Beban.....	IV-29
Tabel 4. 14. Respon Kendali PID Dengan Beban Ketika Sistem Berjalan.....	IV-33
Tabel 4. 15. Nilai Parameter Kendali Menggunakan Metode ZN Tipe 2 .....	IV-35
Tabel 4. 16. Hasil pengujian Semua Kendali.....	IV-36
Tabel 4. 17. Respon Sistem Ketika Diberi beban pada berjalan.....	IV-37