

**KENDALI KECEPATAN PUTARAN RODA
MOBIL LISTRIK DENGAN METODE KALMAN
FILTER DAN PID**

**Skripsi
Disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana**



Oleh:

Fadjar Nur Falaah

1800022067

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN
YOGYAKARTA
2024**

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi

**KENDALI KECEPATAN PUTARAN RODA MOBIL LISTRIK DENGAN
METODE KALMAN FILTER DAN PID**

Yang diajukan oleh:

Fadjar Nur Falaah

18000220 67

Kepada

Program Studi Teknik Elektro


Fakultas Teknologi Industri

Universitas Ahmad Dahlan

Telah disetujui untuk diuji oleh:

Pembimbing

Tanggal. 14-JUNI-2024


Ir. Alhan Ma'arif, S.T., M.Eng.
NIPM : 19910614 201810 111 1288110

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**KENDALI KECEPATAN PUTARAN RODA MOBIL LISTRIK
DENGAN METODE KALMAN FILTER DAN PID**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

Fadjar Nur Falaah
1800022067

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 6 juni 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji

Ketua : Ir. Alfian Ma'arif, S.T., M.Eng.

Anggota : Penguji 1 : Arsyad Cahya Subrata, S.T., M.T.

Penguji 2 : Ahmad Raditya Cahya Baswara, S.T., M.Eng. :



[Handwritten signatures and initials]



Dekan
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Ahmad Dahlan
Prof. Dr. Ir. Siti Jamilatun, M.T.
NIPM. 19660812 199601 011 0784324

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fadjar Nur Falaah
NIM : 1800022067
Email : Fadjar1800022067@webmail.uad.ac.id
Fakultas : Teknologi Industri Program Studi Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Kendali Kecepatan Putaran Roda Mobil Listrik dengan Metode Kalman Filter dan PID

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Ahmad Dahlan maupun di institusi Pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/terjemahan melainkan merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dosen pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Ahmad Dahlan.

Yogyakarta, 14-JUNI-2024



Fadjar Nur Falaah
Fadjar Nur Falaah
1800022067

PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fajar Nur Falaah
NIM : 1800022067
Email : Fajar1800022067@webmail.uad.ac.id
Fakultas : Teknologi Industri Program Studi Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Kendali Kecepatan Putaran Roda Mobil Listrik
dengan Metode Kalman Filter dan PID

Dengan ini saya menyerahkan “hak” sepenuhnya kepada perpustakaan Universitas Ahmad Dahlan untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir sebagai berikut (beri tanda kotak)

Saya mengizinkan Karya saya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repository perpustakaan Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 14-JUNI-2024



Fajar Nur Falaah
1800022067

Mengetahui,
Pembimbing



Ir. Alfian Ma'arif, S.T., M.Eng
NIPM : 19910614 201810 111 1288110

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fadjar Nur Falaah

NIM : 1800022067

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Menyatakan bahwa skripsi atau tugas akhir yang saya tulis dengan judul "Kendali Kecepatan Putaran Roda Mobil Listrik dengan Metode Kalman Filter dan PID" ini benar-benar merupakan hasil tulisan saya sendiri dan tidak berisi materi yang ditulis orang lain sebagai persyaratan penyelesaian studi di perguruan tinggi kecuali bagian-bagian tertentu yang saya ambil sebagai bahan acuan dengan mengikuti tata cara dan etika penulisan karya tulis ilmiah yang lazim.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar dan terdapat pelanggaran tertentu, maka saya bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Yogyakarta, 19 - JUNI - 2024

Penulis,



Fadjar Nur Falaah
1800022067

MOTTO

“Ketahuilah bahwa kesabaran bersama kemenangan, kesempitan bersama kelapangan, dan kesulitan bersama kemudahan”

HR TIRMIZI

“Lahir berlumuran darah, tumbuh besar mengusap darah”

SNKUNI

“Jangan takut berjalan lambat, Takutlah jika hanya diam ditempat”

SAHABAT

PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan kepada:

Diri Sendiri (Fadjar Nur Falaah)

Ibu ibu dan Bapak tercinta:

Mur Lestari dan Hari Yanto

Serta saudaraku tersayang :

Elvi Nurul Latifah

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan sebaik - baiknya. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad *Shallallahu Alaihi Wasallam* sebagai suri tauladan yang baik bagi seluruh umat manusia.

Penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Kendali Kecepatan Putaran Roda Mobil Listrik dengan Metode Kalman Filter dan PID” disusun untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat sarjana teknik dan sebagai laporan hasil syarat untuk menyelesaikan perkuliahan Strata 1 (S1) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini juga banyak mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat serta hidayah-Nya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Diri sendiri Fadjar Nur Falaah yang telah mampu untuk bertahan dan menyelesaikan tanggungjawab sebagai seorang mahasiswa.
3. Ayahanda Hari Yanto dan Ibunda Mur Lestari, yang selalu hadir dengan cinta, doa, dan merupakan kekuatan terbesar bagi penulis untuk terus belajar dan tetap kuat dalam menghadapi situasi tersulit sekalipun.
4. Saudara/i terkasih Elvi Nurul Latifah, yang juga turut memberikan dukungan dalam bentuk materi, moril, dan motivasi untuk terus berjuang hingga akhir.
5. Bapak Prof. Dr. H. Muchlas, M.T. sebagai Rektor Universitas Ahmad Dahlan.

6. Ibu Prof. Dr. Ir Siti Jamilatun, M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan.
7. Bapak Dr. Ir. Riky Dwi Puriyanto, S.T., M.Eng. selaku Kepala Prodi Teknik Elektro dan selaku dosen Pembimbing Akademik.
8. Bapak Ir. Alfian Ma'arif, S.T., M.Eng. Selaku Pembimbing Tugas Akhir.
9. Keluarga Besar Teknik Elektro.
10. Kepada keluarga saya terutama ibu ibu ibu, bapak, kakak yang telah kebersamai penulis pada hari – hari yang tidak mudah selama proses pengerjaan Tugas Akhir. Telah berkontribusi banyak dalam penulisan skripsi ini, meluangkan baik, waktu, tenaga, dengan pikiran. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan penulis hingga sekarang ini.
11. Semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu.

Peneliti menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari Tugas Akhir ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya, mengingat kurangnya pengetahuan dan pengalaman peneliti. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat peneliti harapkan, sehingga skripsi ini lebih baik kedepannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua.

Yogyakarta, 19-Juni-2024


Fajar Nur Falaah
1800022067

DAFTAR ISI

KENDALI KECEPATAN PUTARAN RODA MOBIL LISTRIK DENGAN METODE KALMAN FILTER DAN PID.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
ABSTRAK	xix
<i>ABSTRACT</i>.....	xx
BAB 1_PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3

1.4.	Rumusan Masalah	4
1.5.	Tujuan Penelitian.....	4
1.6.	Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA		6
2.1.	Kajian Penelitian Terdahulu	6
2.2.	Dasar Teori	17
2.2.1.	PID (<i>Proportional Integral Derivative</i>)	17
2.2.2.	Kontrol <i>Proportional</i>	18
2.2.3.	Kontrol <i>Integral</i>	19
2.2.4.	Kontrol <i>Derivative</i>	21
2.2.5.	Respon Sistem.....	22
2.2.6.	Kalman Filter	23
2.2.7.	<i>Pulse Width Modulation (PWM)</i>	27
2.2.8.	Potensiometer.....	28
2.2.9.	Tombol Tekan (<i>Push Button</i>)	29
2.2.10.	<i>Incremental Hall Magnetic Rotary Encoder</i>	30
2.2.11.	Sensor <i>Rotary Encoder (KY-040)</i>	31
2.2.12.	Motor DC	32
2.2.13.	LCD 16x2 I2C.....	33
2.2.14.	Driver Motor DC BTS7960	34

2.2.15. Modul Step Down LM2596S	35
2.2.16. <i>Power Supply</i> 12V 10 A.....	35
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1. Objek Penelitian	37
3.2. Alat dan Bahan	37
3.3. Perancangan Sistem	38
3.3.1. Perancangan Perangkat Lunak	38
3.3.2. Perancangan Perangkat Keras	40
3.3.3. Pengujian Perangkat Lunak.....	44
3.3.3.2. Pengujian RPM dengan Sensor <i>Rotary Encoder</i> (KY-040)	44
3.3.3.3. Pengujian Metode Kalman Filter	44
3.3.3.4. Pengujian Parameter Kendali PID.....	44
3.3.3.5. Pengujian Gangguan Respon Kendali PID	45
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1. Pengujian Perangkat Lunak.....	46
4.2. Data Pengujian Tegangan Keluaran.....	46
4.3. Data Pengujian RPM dengan Sensor <i>Rotary Encoder</i> (KY-040)	47
4.4. Data Pengujian Kalman Filter pada PWM 50	49
4.5. Pengujian Pengendali PID	51
4.6. Pengujian gangguan terhadap respon PID	59

BAB 5 PENUTUP.....	62
5.1. Kesimpulan.....	62
5.2. Saran.....	64
Daftar Pustaka.....	65
LAMPIRAN.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Blok Persamaan PID	17
Gambar 2. 2 Respon PID	23
Gambar 2. 3 Potensiometer	29
Gambar 2. 4 Push Button	30
Gambar 2. 5 Increment Hall Magnetic Rotary Encoder	31
Gambar 2. 6 Rotary Encoder.....	32
Gambar 2. 7 Motor DC	33
Gambar 2. 8 LCD I2C 16x2.....	34
Gambar 2. 9 Motor Driver BTS7960	34
Gambar 2. 10 Step Down LM2596S.....	35
Gambar 2. 11 Power Supply	36
Gambar 3. 1 Aplikasi Arduino	38
Gambar 3. 2 Flowchart Kalman Filter dan PID	39
Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem	41
Gambar 3. 4 Diagram Blok Kalman Filter dan PID.....	42
Gambar 3. 5 Wiring Diagram.....	43
Gambar 4. 1 Grafik RPM motor M1 terhadap PWM.....	48
Gambar 4. 2 Grafik RPM motor M2 terhadap PWM.....	49
Gambar 4. 3 Grafik Kp Respon Motor M1	53
Gambar 4. 4 Grafik Kp Respon Motor M2	54
Gambar 4. 5 Grafik Ki Respon Motor M1	55
Gambar 4. 6 Grafik Ki Respon Motor M2.....	56

Gambar 4. 7 Grafik Kpid Respon Motor M1	57
Gambar 4. 8 Grafik Kpid Respon Motor M2.....	58
Gambar 4. 9 Grafik Gangguan pada PID M1&M2.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka	12
Tabel 2. 2 Spesifikasi Potensiometer	28
Tabel 2. 3 Spesifikasi Push Button.....	29
Tabel 2. 4 Spesifikasi Increment Hall Magnetic Rotary Encoder	30
Tabel 2. 5 Spesifikasi Rotary Encoder	31
Tabel 2. 6 Spesifikasi Motor DC.....	32
Tabel 2. 7 Spesifikasi LCD I2C 16x2	33
Tabel 2. 8 Spesifikasi Motor Driver BTS7960.....	34
Tabel 2. 9 Spesifikasi Step Down LM2596S	35
Tabel 2. 10 Spesifikasi Power Supply	36
Tabel 3. 1 Software dan Hardware	37
Tabel 4. 1 Pengujian PWM dan Tegangan Output	46
Tabel 4. 2 Pengujian RPM terhadap Tachometer	48
Tabel 4. 3 Pengujian Kalman Filter pada PWM 50	49
Tabel 4. 4 Parameter Kalman Filter M1&M2	50
Tabel 4. 5 Pengujian Kendali Proportional pada M1	52
Tabel 4. 6 Pengujian Kendali Proportional pada M2	53
Tabel 4. 7 Pengujian Kendali Proportional Integral pada M1	54
Tabel 4. 8 Pengujian Kendali Proportional Integral pada M2.....	55
Tabel 4. 9 Pengujian Kendali Proportional Integral Derivative(PID M1)	56
Tabel 4. 10 Pengujian Kendali Proportional Integral Derivative (PID)M2	58
Tabel 4. 11 Pengujian Busur sudut_R terhadap Tegangan Motor M1&M2.....	59

Tabel 4. 12 Pengujian Busur sudut_L terhadap Tegangan Motor M1&M2	60
Tabel 4. 13 Pengujian Gangguan Kendali Proportional Integral Derivative(PID) M1&M	60

KENDALI KECEPATAN PUTARAN RODA MOBIL LISTRIK DENGAN METODE KALMAN FILTER DAN PID

Fadjar Nur Falaah

1800022067

ABSTRAK

Pengembangan robotik menjadi fokus utama dalam teknologi modern dengan aplikasi penting di berbagai bidang seperti industri, pertahanan, kesehatan, dan transportasi. Kontrol kecepatan putaran roda motor DC secara akurat menjadi tantangan, terutama dengan kondisi operasi yang berubah-ubah dan gangguan eksternal. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem kendali menggunakan metode Kalman Filter dan PID (Proportional-Integral-Derivative) untuk mencapai respons yang cepat dan stabil sambil mengurangi kesalahan steady-state.

Kalman Filter meningkatkan akurasi estimasi kecepatan dengan meminimalkan efek *noise*, sedangkan PID *controller* mengoreksi kesalahan antara setpoint dan nilai aktual melalui tiga parameter: *proportional* (K_p), *integral* (K_i), dan *derivative* (K_d). Temuan awal menunjukkan bahwa nilai rasio variasi yang besar pada Kalman Filter dengan rasio motor 1 ($R = 10,0$; $Q = 0,0001$), motor 2 ($R = 8,0$; $Q = 0,0001$) menyebabkan respons motor yang lambat. Optimalisasi parameter PID untuk motor 1 ($K_p = 1,1$; $K_i = 8,1$; $K_d = 0,00036$) dan motor 2 ($K_p = 1,1$; $K_i = 8,1$; $K_d = 0,00036$) menghasilkan kinerja yang lebih baik dengan waktu naik 0,13 detik, overshoot 8,69 dan kesalahan steady-state -1,19%.

Pengujian lebih lanjut dengan gangguan menggunakan sensor *hall magnetic rotary encoder* digunakan bahwa motor M1 memiliki waktu naik 0,27 detik dan motor M2 memiliki waktu naik 0,16 detik. Kedua motor menunjukkan respons yang baik terhadap gangguan, meskipun waktu pemulihan perlu ditingkatkan. Studi ini menyimpulkan bahwa penggunaan kombinasi Kalman Filter dan PID *controller* meningkatkan akurasi kontrol motor, meskipun diperlukan waktu pemulihan yang lebih cepat untuk menstabilkan respons motor.

Kata Kunci : Pengembangan robotik, Motor DC, Kecepatan putaran roda, Kalman Filter, PID controller.

**WHEEL ROTATION SPEED CONTROL OF ELECTRIC CAR WITH
KALMAN FILTER AND PID METHOD**

Fadjar Nur Falaah

1800022067

ABSTRACT

Robotic development is becoming a major focus in modern technology with important applications in areas such as industry, defense, healthcare, and transportation. Accurately controlling the rotation speed of a DC motor wheel is a challenge, especially with changing operating conditions and external disturbances. This research aims to develop a control system using Kalman Filter and PID (Proportional-Integral-Derivative) methods to achieve fast and stable response while reducing steady-state error.

The Kalman Filter improves the accuracy of speed estimation by minimizing the effect of noise, while the PID controller corrects the error between setpoint and actual values through three parameters: proportional (K_p), integral (K_i), and derivative (K_d). Preliminary findings show that large values of variation ratio in the Kalman Filter with the ratio of motor 1 ($R = 10,0$; $Q = 0,0001$), motor 2 ($R = 8,0$; $Q = 0,0001$) lead to slow motor response. Optimization of PID parameters for motor 1 ($K_p = 1,1$; $K_i = 8,1$; $K_d = 0,00036$) and motor 2 ($K_p = 1,1$; $K_i = 8,1$; $K_d = 0,00036$) resulted in better performance with a rise time of 0,13 seconds, overshoot of 8,69 and steady-state error of -1,19%.

Further testing with a disturbance using a hall magnetic rotary encoder sensor revealed that motor M1 had a rise time of 0.27 seconds and motor M2 had a rise time of 0.16 seconds. Both motors showed good response to the disturbance, although the recovery time needs to be improved. This study concludes that the use of a combination of Kalman Filter and PID controller improves the motor control accuracy, although a faster recovery time is required to stabilize the motor response.

Keywords: Robotic development, DC motor, Wheel rotation speed, Kalman filter, PID controller Control syst