

**SISTEM PENGADUKAN LARUTAN CAT MENGGUNAKAN
MAGNETIC STIRRER DENGAN PENGENDALI PID DAN
KALMAN FILTER BERBASIS ARDUINO UNO**

Penelitian Skripsi

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan

Mencapai Derajat Sarjana



Oleh:

**Legi Jumansyah
2000022029**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

SISTEM PENGADUKAN LARUTAN CAT MENGGUNAKAN *MAGNETIC STIRRER* DENGAN PENGENDALI PID DAN KALMAN FILTER BERBASIS ARDUINO UNO

Yang diajukan oleh

Legi Jumansyah

2000022029

Kepada

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Ahmad Dahlan

telah disetujui untuk diuji oleh:

Pembimbing



Ahmad Raditya Cahya Baswara. S.T., M.Eng.

30 Agustus 2024

NIPM. 19920601 201810 111 1299682

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**SISTEM PENGADUKAN LARUTAN CAT MENGGUNAKAN
MAGNETIC STIRRER DENGAN PENGENDALI PID DAN
KALMAN FILTER BERBASIS ARDUINO UNO**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Legi Jumansyah

2000022029

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 30 Agustus 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
Susunan Dewan Penguji

Ketua : Ahmad Raditya Cahya Baswara, S.T., M.Eng.
Anggota : 1. Arsyad Cahya Subrata, S.T., M.T.
2. Ir. Phisca Aditya Rosyady, S.Si., M.Sc.



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 : Legi Jumansyah
NIM : 2000022029
Email : legi2000022029@webmail.uad.ac.id
Fakultas : Teknologi Industri Program Studi Teknik Elektro
SISTEM PENGADUKAN LARUTAN CAT
Judul Tugas Akhir : MENGGUNAKAN *MAGNETIC STIRRER* DENGAN
PENGENDALI PID DAN KALMAN FILTER
BERBASIS ARDUINO UNO

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli 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, 30, Agustus, 2024



Legi Jumansyah

2000022029

PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Legi Jumansyah
NIM : 2000022029
Email : legi2000022029@webmail.uad.ac.id
Fakultas : Teknologi Industri Program Studi Teknik Elektro
SISTEM PENGADUKAN LARUTAN CAT
Judul Tugas Akhir : MENGGUNAKAN *MAGNETIC STIRRER* DENGAN
PENGENDALI PID DAN KALMAN FILTER
BERBASIS ARDUINO UNO

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.

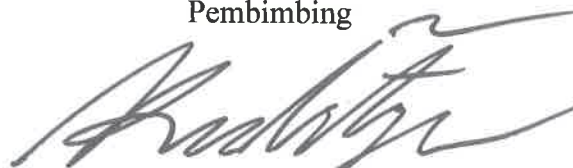
Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 30, Agustus, 2024



Legi Jumansyah
2000022029

Mengetahui
Pembimbing



Ahmad Raditya Cahya Baswara. S.T., M.Eng.
NIPM. 19920601 201810 111 1299682

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Legi Jumansyah
NIM : 2000022029
Fakultas : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Teknologi Industri

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi/tugas akhir yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri; bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi/tugas akhir ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Yogyakarta, 30, Agustus, 2024

Yang membuat pernyataan,



2000022029

MOTTO

“HIDUP SEBAGAI PETARUNG YANG TENANG”

“IN OMNIA PARATUS”

“Siap untuk apapun yang terjadi”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini Saya persembahkan kepada:

Bapak dan Ibu yang Saya cintai:

Bapak Azhai dan Ibu Mulya Ulfa

Serta Kakak yang Saya banggakan:

Windi Gutpasari, S.E.

Serta orang-orang yang telah menemani saya dalam menjalani masa perkuliahan
dan membantu menyelesaikan tugas dan kewajiban Saya:

Keluarga Besar Teknik Elektro Angkatan 2020

KBM Teknik Elektro

Alumni Teknik Elektro

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Dengan mengucapkan Alhamdulillahirobbil'alamin, penulis memanjatkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “SISTEM PENGADUKAN LARUTAN CAT MENGGUNAKAN *MAGNETIC STIRRER* DENGAN PENGENDALI PID DAN KALMAN FILTER BERBASIS ARDUINO UNO”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta. Selama penulisan ini penulis menyadari bahwa banyak pihak telah memberikan bantuannya, sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang tulus kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat serta hidayah-Nya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua, Ibu, Bapak, serta keluarga besar yang telah memberi kasih sayang serta dukungan moral dan spiritual.
3. Kedua orang tua, Ibu, Bapak, serta keluarga besar yang telah memberi kasih sayang serta dukungan moral dan spiritual.
4. Bapak Prof. Dr. H. Muchlas, M.T. sebagai Rektor Universitas Ahmad Dahlan yang telah memberikan inspirasi kepada penulis.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Siti Jamilatun, M.T, Selaku dekan Fakultas Teknologi Industri.

6. Bapak Dr. Ir. Riky Dwi Puriyanto, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Elektro
7. Bapak Ahmad Raditya Cahya Baswara. S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
8. Bapak Ir. Alfian Ma'arif, S.T. M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
9. Seluruh Dosen Teknik Elektro UAD.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis senantiasa mengharapkan saran dan kritikan yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Yogyakarta, 30, Agustus, 2024



Legi Jumansyah

2000022029

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
MOTTO.....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
ABSTRAK.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Hasil Penelitian Terdahulu	6
2.2 Dasar Teori	20
2.2.1 Pengaduk Larutan.....	21
2.2.2 Motor DC	22
2.2.3 <i>Magnetic Stirrer</i>	24
2.2.4 Arduino Uno.....	25
2.2.5 <i>Sensor Rotary Encoder</i>	28

2.2.6 Driver Motor L298N	29
2.2.7 Catu Daya (<i>Power Supply</i>).....	31
2.2.8 Modul DC-DC <i>Step Down</i>	32
2.2.9 Respon Sistem.....	33
2.2.10 Pengendali PID (<i>Proportional Integral Derivative</i>).....	35
2.2.11 Kalman Filter	38
2.2.12 Perhitungan Konsumsi Daya	39
2.2.13 Arduino IDE	40
BAB III METODE PENELITIAN.....	42
3.1 Objek Penelitian	42
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	43
3.3 Perancangan Sistem.....	44
3.3.1 Perancangan Hardware.....	45
3.3.2 Perancangan Software	49
3.4 Pengujian Sistem	51
3.4.1 Pengujian Sensor Encoder.....	52
3.4.2 Pengujian Metode Kalman Filter.....	52
3.4.3 Pengujian Pengendali PID	53
3.4.4 Pengujian Waktu dan Daya pada Pengadukan Cat.....	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Pengujian Encoder tiap PWM Motor DC	54
4.2 Pengujian Kalman Filter pada Motor DC.....	56
4.3 Kendali Proporsional pada Motor DC.....	58
4.4 Kendali Proporsional Integral pada Motor DC	60
4.5 Kendali Proporsional Integral Derivatif pada Motor DC	62
4.6 Kendali Proporsional Integral Derivatif Terbaik pada Motor DC	65
4.7 Analisis Waktu dan Daya Pengadukan Cat pada RPM Tertentu	67
BAB V PENUTUP.....	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA	75

LAMPIRAN 80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Motor DC JGA25-370.....	23
Gambar 2. 2 <i>Magnetic stirrer</i>	25
Gambar 2. 3 Arduino Uno R3 ATMEGA 328P.....	27
Gambar 2. 4 Sensor rotary encoder.....	28
Gambar 2. 5 Driver Motor L298N.....	30
Gambar 2. 6 Catu Daya (Power Supply).....	32
Gambar 2. 7 Modul DC-DC Step Down LM2596.....	33
Gambar 2. 10 Tampilan Arduino IDE.....	41
Gambar 3. 1 Diagram Blok perangkat keras.....	46
Gambar 3. 2 Diagram Sistem Kendali.....	47
Gambar 3. 3 Wiring Diagram.....	48
Gambar 3. 4 Desain 3D dari berbagai perspektif.....	48
Gambar 3. 5 Diagram Alir (Flowchart) Sistem.....	50
Gambar 4. 1 Data Kecepatan Putar tiap PWM.....	56
Gambar 4. 2 Data Kecepatan putar tiap parameter Kalman Filter.....	57
Gambar 4. 3 Data Kecepatan putar pengendali Proporsional.....	58
Gambar 4. 4 Data kecepatan putar pengendali proporsional integral.....	61
Gambar 4. 5 data kecepatan putar tiap parameter PID.....	63
Gambar 4. 6 data kecepatan putar pada motor DC PID terbaik.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Rangkuman penelitian terdahulu	14
Tabel 2. 2 Tabel spesifikasi Motor DC JGA25-370	24
Tabel 2. 3 Spesifikasi Arduino UNO R3 ATMEGA 328P	27
Tabel 2. 4 Spesifikasi sensor rotary encoder.....	29
Tabel 2. 5 Spesifikasi Modul DC-DC Step Down	33
Tabel 2. 6 Respon Sistem.....	35
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	43
Tabel 4. 1 Pengujian Sensor Enkoder	54
Tabel 4. 2 analisis pengendali proporsional	59
Tabel 4. 3 analisis pengendali proporsional integral.....	61
Tabel 4. 4 analisis respon sistem PID	63
Tabel 4. 5 analisis respon sistem PID terbaik	66
Tabel 4. 6 analisis waktu dan konsumsi daya pengadukan cat	68

Paint Solution Stirring System using Magnetic Stirrer with PID Controller and Kalman Filter Based on Arduino Uno

ABSTRACT

This research develops a paint solution stirring system using a magnetic stirrer controlled by Arduino Uno-based PID. DC motors, which are commonly used in industry due to their large speed and torque variations, rotate the stirring rod in a magnetic stirrer, but are subject to speed degradation and instability under load. A PID controller was chosen to optimize the performance of the DC motor by reducing error, speeding up response time, and suppressing overshoot. Arduino Uno was chosen for its simplicity and stability in implementing PID control.

The Kalman filter is used to reduce noise in the sensor readings by adjusting the R (measurement noise) and Q (process noise) parameters, resulting in more accurate estimates. PID control, which includes proportional (K_p), integral (K_i), and derivative (K_d) parameters, is also used to reduce error, speed up response, and control overshoot. The combination of Kalman filter and PID control effectively improves the measurement accuracy and control of the system.

This study found that the optimal parameters of Kalman filter for DC motor are $R = 1$ and $Q = 0.1$. The PID configuration with $K_p = 0.39$, $K_i = 0.23$, and $K_d = 0.12$ shows the best stability with a rise time of 0.2818 seconds and an overshoot of 0.6667%. In addition, although the absolute power of the magnetic stirrer increased with the rotational speed, the power consumption per unit time decreased and the stirring time was significantly reduced. It is recommended to use higher rotation speed for better stirring efficiency.

Keywords: *DC Motor, Magnetic Mixer, Kalman Filter, PID Control, Arduino Uno*

SISTEM PENGADUKAN LARUTAN CAT MENGGUNAKAN *MAGNETIC STIRRER* DENGAN PENGENDALI PID DAN KALMAN FILTER BERBASIS ARDUINO UNO

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan sistem pengadukan larutan cat menggunakan *magnetic stirrer* yang dikendalikan oleh PID berbasis Arduino Uno. Motor DC, yang umum digunakan dalam industri karena variasi kecepatan dan torsi besar, memutar stir bar dalam *magnetic stirrer* namun dapat mengalami penurunan kecepatan dan ketidakstabilan saat diberi beban. Pengendali PID dipilih untuk mengoptimalkan kinerja motor DC dengan mengurangi error, mempercepat waktu respon, dan menekan overshoot. Arduino Uno dipilih karena kesederhanaan dan kestabilannya dalam implementasi kontrol PID.

Kalman Filter digunakan untuk mengurangi noise dalam pembacaan sensor dengan mengatur parameter R (noise pengukuran) dan Q (noise proses), sehingga menghasilkan estimasi yang lebih akurat. Pengendali PID, yang melibatkan parameter Proporsional (Kp), Integral (Ki), dan Derivatif (Kd), juga diterapkan untuk mengurangi error, mempercepat respon, dan mengendalikan overshoot. Kombinasi Kalman Filter dan kontrol PID secara efektif meningkatkan akurasi pengukuran dan kontrol sistem.

Penelitian ini menemukan bahwa parameter optimal Kalman Filter untuk motor DC adalah $R = 1$ dan $Q = 0.1$. Konfigurasi PID dengan $K_p = 0,39$, $K_i = 0,23$, dan $K_d = 0,12$ menunjukkan kestabilan terbaik dengan rise time 0,2818 detik dan overshoot 0,6667%. Selain itu, pada *magnetic stirrer*, meskipun daya absolut meningkat dengan kecepatan putar, konsumsi daya per satuan waktu menurun dan waktu pengadukan berkurang signifikan. Disarankan untuk menggunakan kecepatan putar yang lebih tinggi untuk efisiensi pengadukan yang lebih baik.

Kata kunci: Motor DC, Pengaduk Magnetik, Kalman Filter, Kendali PID, Arduino Uno