

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

PERFORMANSI ESTIMASI KECEPATAN SISTEM MOTOR *DIRECT CURRENT* MENGGUNAKAN LUENBERGER OBSERVER

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh :

KURNIA APRIYANTI

12050520518



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

2024



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

PERFORMANSI ESTIMASI KECEPATAN SISTEM MOTOR *DIRECT* *CURRENT* MENGGUNAKAN LUENBERGER OBSERVER

TUGAS AKHIR

Oleh :

KURNIA APRIYANTI

12050520518

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Juni 2024

**Ketua Program Studi
Teknik Elektro**

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.
NIP.19721021 200604 2 001

Pembimbing

Dian Mursyitah, S.T., M.T.
NIP.19870906 201503 2 006

- Hak Cipta © H
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya.
 2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

PERFORMANSI ESTIMASI KECEPATAN SISTEM MOTOR *DIRECT CURRENT* MENGGUNAKAN LUENBERGER OBSERVER

TUGAS AKHIR

Oleh :

KURNIA APRIYANTI
12050520518

Telah dipertahankan didepan Sidang Dewan Penguji
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Juni 2024

Pekanbaru, 13 Juni 2024

Mengesahkan,



Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Hartono, M.Pd
NIP.196403011992031003

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.
NIP.19721021 200604 2 001

DEWAN PENGUJI :

Ketua : Dr. Fitri Amillia, S.T., M.T.

Sekretaris : Dian Mursyitah, S.T., M.T.

Anggota I : Putut Son Maria, S.ST., M.T.

Anggota II : Hilman Zarory, S.T., M.Eng.

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak C

1. Dilarang mengutip atau mengutip sebagian atau seluruh karya tulis tanpa izin dari penerbit atau penyalur.
2. Dilarang mengutip atau mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.


LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 13 Juni 2024
membuat pernyataan




Kurnia Aprivanti
NIM.12050520518

HALAMAN PERSEMBAHAN



Menuntut ilmu ialah suatu kewajiban bagi setiap umat muslim. Ketika kita melibatkan Allah dalam segala hal, rencana dan impian dengan penuh keikhlasan serta keyakinan percayalah bahwa tidak ada yang tidak mungkin untuk dapat diraih. Kesuksesan dan kebahagiaan itu terletak pada diri kita sendiri. Jadi tetaplah berbahagia dan bertahan untuk kesuksesannya karena semuanya hanya akan terbentuk dan dibentuk berdasarkan karakter dirimu dalam melawan kesulitan.

Tidak ada keberhasilan tanpa kesungguhan. Dan tidak ada kesungguhan tanpa kesabaran.
(Mario Teguh)

Allah akan selalu mengasihi hamba Nya, seorang hamba tidak akan diberi ujian jika tidak sanggup melewatinya. Semua usaha tidak akan ada yang mengkhianati hasil walaupun banyak halang rintang namun pasti selalu ada jalannya, begitu pula perjalanan kuliah ini untuk sampai dititik ini yang telah menghantarkan ku hingga ke pintu gerbang sarjana.

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. (QS : Al-Baqarah 286)

Ku persembahkan karya tulis sederhana ini sebagai tanda bukti Ayahanda Junaidi dan bunda Kasminar yang merupakan motivator terbesarku dalam menjalani perkuliahan dan kedua saudara kandungku yang selalu menjadi support sistem serta teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan Tugas akhir ini yang selalu memberikan semangat, dukungan, doa yang senantiasa selalu mengiringi setiap langkah untuk menyelesaikannya.

Niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat. (QS : Al-Mujadilahk 11)

|KURNIA APRIYANTI|

| 13 JUNI 2024 |

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

PERFORMANSI ESTIMASI KECEPATAN SISTEM MOTOR *DIRECT CURRENT* MENGGUNAKAN LUENBERGER OBSERVER

KURNIA APRIYANTI

NIM.12050520518

Tanggal Sidang : 13 Juni 2024

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl.Soebrantas No.155 Pekanbaru

ABSTRAK

Tugas Akhir ini mengajukan perancangan Luenberger Observer (LO) sebagai *state estimator* yang digunakan untuk mengestimasi kecepatan sistem motor DC. Motor DC merupakan alat yang banyak digunakan dalam bidang industri sebagai penggerak. Permasalahan yang sering terjadi pada motor DC adalah putaran kecepatan yang tidak stabil akibat adanya beban, sehingga kecepatan menjadi lambat. Penggunaan LO dilakukan untuk mengestimasi kecepatan yang bertujuan untuk meningkatkan stabilitas sistem, selain itu LO juga dapat dijadikan sebagai representasi kinerja dari sensor. Pengujian performansi LO dilakukan berdasarkan dua indikator yaitu sensitivitas dan kekokohan. Sensitivitas dilakukan dengan mengubah *input* dan kondisi awal. Sementara kekokohan dilakukan dengan menambahkan *noise* pengukuran. Pengujian dengan melakukan perubahan *input* menunjukkan hasil yang baik dan stabil meskipun terdapat perubahan *input* dari detik 0 ke detik 5, LO masih mampu mengikuti sistem yang sebenarnya. Pengujian dengan melakukan perubahan kondisi awal dapat konvergen dalam waktu singkat pada detik ke 1,6 detik. Selain itu, LO juga memiliki ketahanan yang baik dalam menangani gangguan sebesar 2,5% dari nilai output.

Kata Kunci : Estimasi, Kecepatan, LO, motor DC

ESTIMATION OF DIRECT CURRENT MOTOR SPEED PERFORMANCE USING LUENBERGER OBSERVER

KURNIA APRIYANTI

Number Student : 12050520518

Session Date : June 13, 2024

Electrical Engineering Study Program

Faculty of Science and Technology

Sultan Syarif Kasim Riau State Islamic University

Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

This final project proposes the design of a Luenberger Observer (LO) as a state estimator used to estimate the speed of a DC motor system. DC motors are tools that are widely used in industry as a driving force. The problem that often occurs with DC motors is unstable rotation speed due to the load, so the speed becomes slow. LO is used to estimate speed with the aim of increasing system stability, besides that LO can also be used as a representation of the performance of the sensor. LO performance testing is carried out based on two indicators, namely sensitivity and robustness. Sensitivity is done by changing the input and initial conditions. Meanwhile, robustness is carried out by adding noise measurements. Testing by changing the input shows good and stable results even though there is a change in input from second 0 to second 5, the LO is still able to follow the actual system. Testing by changing the initial conditions can be converged in a short time of 1.6 seconds. Apart from that, LO also has good resistance to handling disturbances of 2.5% of the output value.

Keywords: *Estimation, Speed, LO, DC motor*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah menyimpakan kebaikan dan ampunannya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Atas karunia Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“PERFORMANSI ESTIMASI KECEPATAN SISTEM MOTOR *DIRECT CURRENT* MENGGUNAKAN LUENBERGER OBSERVER”**.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dengan melalui proses bimbingan dan pengarahan yang diberikan oleh orang-orang yang memiliki pengetahuan, wawasan dan pengalaman yang luar biasa sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Untuk penyelesaian penulisan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan, dorongan, dan motivasi dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin menyampaikan penghargaan ucapan terimakasih tak terhingga kepada:

1. Allah SWT dengan rahmat-Nya telah memberikan semua yang terbaik dan yang dengan hidayah-Nya memberikan petunjuk sehingga dalam penyusunan laporan ini berjalan lancar.
2. Kepada ayahanda Junaidi dan ibunda Kasminar. Terimakasih telah memberikan kepercayaan dan pengorbanan, cinta, do'a, motivasi, semangat dan nasihat.
3. Kepada kedua saudara kandung Nur Alfiani dan Muhammad Yusuf. Terimakasih atas segala doa dan semangat nya yang dalam proses penulisan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Prof. Dr. Hairunas, M.Ag. selaku Rektor Uin Suska Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya..
5. Bapak Dr. Hartono, M.Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Uin Suska Riau beserta kepada seluruh Staf dan jajarannya.
6. Ibu Zulfatri Aini ST.,MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
7. Bapak Sutoyo, ST.,MT selaku sekretaris jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Uin Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

8. Ibu Dian Mursyitah, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan penjelasan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis menjadi lebih mengerti dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
9. Bapak Putut Son Maria, S.ST., M.T selaku Dosen penguji I yang telah bersedia meluangkan waktunya dan memberikan kritik saran yang membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir
10. Bapak Hilman Zarory, S.T., M.Eng. selaku Dosen penguji II yang telah bersedia meluangkan waktunya dan memberikan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
11. Ibu Dr. Fitri Amillia, S.T., M.T selaku ketua sidang Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu dan kesempatannya dalam menyelesaikan Tugas Akhir
12. Ibu Zulfatri Aini ST.,MT selaku Dosen Pembimbing Akademik selama perkuliahan penulis dari awal semester hingga akhir semester.
13. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
14. Para Sahabat Sovi Pebriani, Yudhi Fariztian dan Fito Alfarido yang telah memberikan dukungan, dorongan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
15. Kepada pemilik NIM.12050510427 yang telah membersamai perkuliahan dari semester 1 hingga perkuliahan ini selesai. Terimakasih untuk waktu, tenaga, pikiran dan motivasinya untuk penulis dalam meleyesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu.
16. Kakak yang hadir bukan sedarah Marza Devi Devanaa ST. Terimakasih telah banyak memberikan semangat,motivasi dan dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini hingga selesai.
17. Kepada diri sendiri karena telah mampu berusaha keras dan bertahan sejauh ini. Mampu mengatur waktu, tegana, pikiran sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu dan mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tidak pernah putus asa sesulit apapun penyusunan skripsi ini.
18. Teman-Teman seperjuangan dalam Konsentrasi Instrumentasi 2020 serta teman-teman teknik elektro angkatan 2020 lainnya yang juga telah memberikan banyak dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini serta teman-teman penulis lainnya

yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberi dorongan, motivasi dan sumbangan pemikiran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Sebagai manusia biasa penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih serapat kekurangan dan jauh dari kata sempurna karena keterbatasan ilmu pengetahuan, kesempatan dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT, hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan

Pekanbaru, 15 Januari 2024
Penulis

Kurnia Apriyanti
NIM.12050520518

UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	Error!
LEMBAR PENGESAHAN	Error!
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR RUMUS	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
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 Masalah	I-3
1.5 Manfaat Penelitian	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Penelitian Terkait	II-1
2.2 Dasar Teori	II-2
2.2.1 Motor DC	II-2
2.2.2 Model Matematis Sistem Motor DC	II-5
2.3 Estimasi Observer	II-9
2.4 Luenberger Observer (LO)	II-9

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
 Site: <http://www.uin-suska-riau.ac.id>
 Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.5	<i>Pole Placement</i>	II-11
2.6	Sensitivitas dan kekokohan.....	II-11
2.7	<i>Software</i> MATLAB	II-12
2.7.1	Ruang Lingkup Kerja MATLAB.....	II-12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		III-1
3.1	Proses Alur Penelitian.....	III-1
3.2	Tahap Penelitian	III-2
3.3	Skenario Penelitian	III-16
BAB IV HASIL DAN ANALISA		IV-1
4.1	Gambaran Umum Analisa Pengujian	IV-1
4.2	Hasil dan Analisa Sistem Motor DC secara <i>Open Loop</i>	IV-1
4.3	Analisa LO dalam mengestimasi kecepatan motor DC.....	IV-2
4.4	Analisa Sensitivitas dan kekokohan LO dalam mengestimasi kecepatan motor DC.....	IV-4
	A. Analisa sensitivitas terhadap perubahan <i>input</i>	IV-4
	B. Analisa sensitivitas terhadap perubahan kondisi awal	IV-6
	C. Analisa Kekokohan terhadap penambahan <i>noise</i>	IV-7
BAB V PENUTUP		V-1
A.	Kesimpulan	V-1
B.	Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN A		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Prinsip kerja motor DC.....	II-3
2. Struktur motor DC.....	II-3
3. Rangkaian Ekuivalen Motor DC	II-5
4. Logo MATLAB.....	II-12
3.1 Diagram alur penelitian	III-2
3.2 Blok diagram <i>simulink</i> motor DC secara <i>open loop</i>	III-6
3.3 <i>Script</i> simulasi sistem motor DC secara <i>open loop</i>	III-7
3.4 Blok diagram sistem Motor DC <i>open loop</i>	III-8
3.5 Blok diagram LO.....	III-9
3.6 Desain rangkaian <i>simulink</i> LO	III-11
3.8 <i>Script</i> simulasi LO.....	III-12
4.1 Respon keluaran sistem motor DC secara <i>open loop</i>	IV-2
4.2 Respon keluaran sistem motor DC menggunakan LO	IV-3
4.3 <i>Error</i> pada estimasi LO	IV-3
4.4 Perubahan <i>input</i>	IV-5
4.5 Hasil estimasi terhadap perubahan <i>input</i>	IV-5
4.6 Hasil estimasi terhadap perubahan kondisi awal.....	IV-6
4.7 <i>Noise</i> pengukuran 2,5%	IV-7
4.8 Hasil estimasi terhadap penambahan <i>noise</i>	IV-8

DAFTAR RUMUS

Rumus	Halaman
1. Persamaan diferensial rangkaian jangkar	II-6
2.9 Persamaan menghitung torsi motor	II-7
3.17 Persamaan <i>transfer function</i> untuk sistem motor DC.....	II-8
4.18 Persamaan ruang keadaan.....	II-9
5.19 Algoritma LO	II-10
6.22 Persamaan <i>state space</i>	II-10
7.26 Matriks persamaan ruang keadaan	II-11
8.28 Persamaan <i>pole placement</i>	II-11
9.1 Persamaan fungsi alih berdasarkan parameter.....	III-3
10.3 Persamaan <i>state space</i> dengan matriks.....	III-4
11.4 Persamaan <i>state space</i> berdasarkan matriks.....	III-4
12.5 Penempatan <i>pole</i>	III-5
13.6 Sinyal <i>gaussian white noise</i>	III-8
14.7 Matriks <i>observer</i>	III-9
15.8 Algoritma <i>gain</i> LO	III-9
16.9 Matriks LO	III-9
17.10 <i>gain</i> LO.....	III-9

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengizinkan dan menyebarkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR TABEL

	Halaman
1.1 Klasifikasi jenis motor DC	II-5
2. Parameter Sistem Motor DC	II-8
1.1 Blok <i>simulink</i> dan fungsinya	III-5
2. Algoritma pemrograman sistem motor DC secara <i>open loop</i>	III-8
3. Algoritma 2 LO	III-13
4. Algoritma 2 LO terhadap perubahan <i>input</i>	III-14
5. Algoritma 2 LO terhadap perubahan kondisi awal	III-14
6. Algoritma 2 LO terhadap perubahan <i>noise</i>	III-15

UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR SINGKATAN

- : *Direct Current*
- : *Extended Kalman Filter*
- : *Error Steady State*
- : Konstanta Derivatif
- : Konstanta Integral
- : Konstanta Proporsional
- : *Proporsional Integral*
- : *Proporsional Integral Derivatif*
- : *Sliding Mode Observer*
- : *High gain observer*
- : *Sliding Mode Observer*
- : Luenberger Observer

UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini memberikan pengaruh besar terhadap berbagai aspek pekerjaan manusia, terutama dalam bidang industri. Industri menjadi salah satu sektor yang perlu mendapatkan perhatian khusus dalam perkembangannya. Hal ini karena, industri sendiri memegang peranan penting dalam pertumbuhan ekonomi [1]. Sebagai industri yang berperan penting pada pertumbuhan ekonomi, terdapat peralatan yang hingga saat ini masih menjadi kebutuhan pokok salah satunya yaitu motor *direct current* (motor DC).

Motor DC diperlukan bagi industri karena memiliki berbagai keunggulan dan karakteristik khususnya. Motor DC memungkinkan pengendalian kecepatan lebih baik dibandingkan tipe motor lainnya, sehingga sangat cocok untuk aplikasi dimana kecepatan diperlukan. Di industri khususnya pada proses produksi terdapat pengangkutan barang yang masih dilakukan secara manual, hal ini banyak memakan waktu dan tenaga. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan pengangkutan barang dengan menggunakan *conveyor belt* yang dapat meningkatkan efisiensi dan ketepatan waktu proses produksi untuk pengangkutan produk [2]. Motor DC berfungsi sebagai sistem penggerak untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik [3]. Dalam motor DC terdapat dua keadaan yang dapat dikendalikan yaitu posisi dan kecepatan. Pada saat menggunakan motor DC, pengaturan kecepatannya dapat diubah sesuai dengan putaran yang diinginkan. Hal ini dikarenakan sistem motor DC lebih sederhana dan mudah untuk diatur serta model matematis yang tidak begitu kompleks [4].

Alasan penggunaan motor DC dilakukan karena kecepatannya dapat dikendalikan dengan mudah. Namun akibat adanya beban pada motor DC mengakibatkan putaran motor DC menurun sehingga putarannya menjadi lambat dan tidak teratur. Oleh karena itu, dengan mengatur kecepatan motor DC untuk menjaga kestabilan dalam menghadapi ketidakstabilan akibat peningkatan beban dapat dihindari [5]. Ketidakstabilan pada motor DC terjadi akibat adanya lonjakan respon terhadap beban. Sistem akan bereaksi lambat akibat ketidakstabilan yang terjadi. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem yang dapat meningkatkan stabilitas sistem [6].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengizinkan dan menyebutkan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan seperti *Proportional Integral Derivatif* (PID) [7][8], *Proportional Integral* (PI) [9], Hybrid Fuzzy-PID [10], Fuzzy-PI [11]. Pengendalian yang telah dilakukan menunjukkan hasil performansi yang baik namun masih terdapat kekurangan yaitu seperti masih adanya *overshoot* dan *error steady state* [7], masih terdapat *error* gangguan [9]. Dari hasil penelitian yang telah disebutkan diatas terdapat pengendalian secara modern dengan mengkombinasi dua pengendalian sehingga model matematis dapat menjadi lebih kompleks. Akibat kompleksnya model, dapat menjadi masalah numerik pada saat membuat algoritma pemrograman. Oleh sebab itu, untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan suatu metode sederhana yang dapat mendukung kinerja pengendali bahkan dengan menggunakan pengendali yang sederhana.

Pengukuran yang dilakukan dengan pengendalian tidak semua hasil pengukuran menunjukkan hasil yang memuaskan. Sistem kendali memerlukan umpan balik untuk memastikan hasil yang sesuai. Namun, untuk mendapatkan hasil yang sesuai tentu saja mengandalkan pengukuran sensor, sementara sensor berbiaya tinggi, keterlambatan dalam merespon, sensitif terhadap gangguan dan keterbatasan dalam merespon. Akibatnya, pengukuran variabel untuk pengendalian memerlukan biaya yang tidak sedikit. Selain itu, penggunaan sensor memungkinkan ketidakakuratan hasil pengukuran. Hal ini dapat disebabkan oleh masih adanya *noise* atau pembebanan [12]. Untuk mengatasi hal ini dapat digunakan *state estimator*, atau disebut juga *observer*. Penggunaan *observer* dapat mengganti sensor untuk mengestimasi *output* sistem dengan lebih akurat [13]. Selain dapat dilakukan untuk mengestimasi *state* yang tidak dapat diketahui secara langsung. Sistem *observer* juga dapat memperbaiki kinerja sistem secara menyeluruh untuk dapat mengecilkan *error* yang terjadi dalam sistem tersebut.

Observer merupakan sistem yang dapat digunakan untuk memberikan perkiraan terhadap suatu keadaan yang terdapat pada sistem sesuai dengan keluaran dinamika sistem tersebut. Seperti yang telah dikemukakan oleh Luenberger estimasi telah membuktikan bahwa tidak hanya dilakukan untuk monitoring dan regulasi saja namun juga dapat digunakan untuk mendeteksi kesalahan, identifikasi serta memperbaiki kinerja pada sistem secara keseluruhan. Besarnya kontribusi Luenberger Observer (LO) terhadap perkembangan *observer* membuat namanya dipakai dalam penamaan observer salah satunya yaitu LO [14]. LO adalah metode untuk memperkirakan keadaan (*state*) suatu sistem, yang mungkin tidak dapat diukur secara

Observer ini dirancang dengan tujuan untuk dapat memberikan estimasi yang akurat terhadap keadaan sistem. Dalam melakukan estimasi terdapat beberapa jenis *observer* yang dapat digunakan yaitu seperti LO, *Extended Kalman Filter* (EKF), *High gain observer* dan *Sliding Mode Observer* (SMO) [15].

Dalam konteks motor DC, *observer* dapat diterapkan untuk memperkirakan posisi, kecepatan, atau variabel lainnya berdasarkan data *input* dan *output* yang terukur. Keunggulan LO terletak pada keberhasilannya dalam menyajikan model matematis yang sederhana, kestabilan yang diandalkan, dan kemampuannya dalam menangani gangguan (*noise*). Namun pemilihan *gain* pada LO memainkan peranan penting dalam mencapai keakuratan estimasi dan penurunan *error* yang cepat. Sehingga, pemilihan *gain* harus dilakukan dengan seksama [16].

Berdasarkan pemaparan diatas metode LO akan di desain pada motor DC untuk mengestimasi kecepatan. Pengujian akan dilakukan untuk mengetahui sensitivitas dan kekokohan. Diantaranya pengujian sensitivitas yang dilakukan yaitu pengujian dengan perubahan *input* dan perubahan kondisi awal serta pengujian kekokohan terhadap penambahan *noise*. Dengan demikian penulis mengajukan penelitian Tugas Akhir dengan judul **PERFORMANSI ESTIMASI KECEPATAN SISTEM MOTOR DIRECT CURRENT MENGGUNAKAN LUENBERGER OBSERVER ”**

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana menghasilkan model LO dalam mengestimasi kecepatan pada sistem motor DC tanpa perangkat sensorik. Performansi akan diuji dengan melihat keakuratan respon hasil berdasarkan pengujian sensitivitas dan kekokohan yaitu perubahan *input*, perubahan kondisi awal dan penambahan *noise*.

1.3 Tujuan Penelitian

Mendesain LO yanghandal terhadap perubahan *input*, perubahan kondisi awal dan penambahan *noise*.

1.4 Batasan Masalah

- Ada beberapa batasan masalah dalam penelitian ini yaitu :
1. Penelitian dengan menggunakan sistem motor DC ini diambil dari penelitian sebelumnya yang dilakukan [17].

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

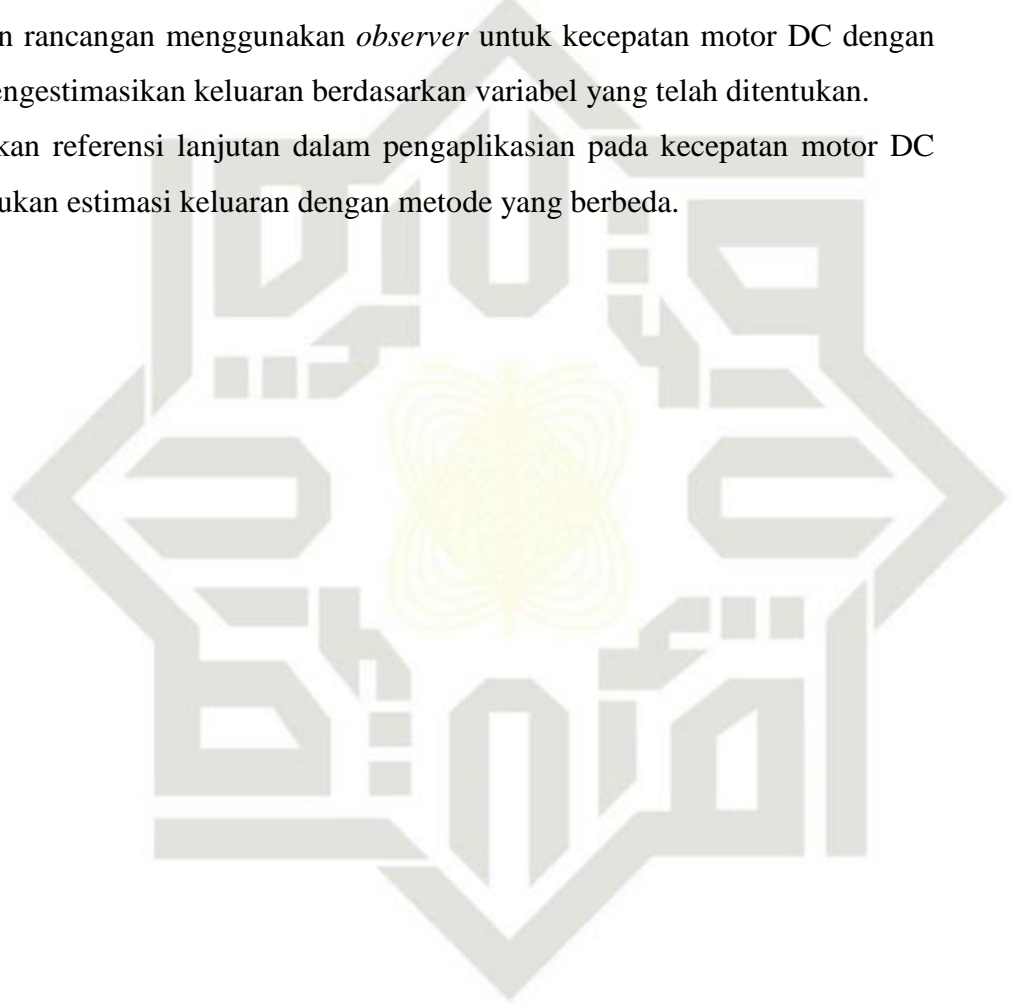
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Variabel yang dikendalikan yaitu estimasi pada kecepatan motor DC.
3. *Software* yang digunakan untuk simulasi adalah MATLAB.
4. *Observer* yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan LO.

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat pada penulisan ini yaitu :

1. Menghasilkan rancangan menggunakan *observer* untuk kecepatan motor DC dengan LO untuk mengestimasi keluaran berdasarkan variabel yang telah ditentukan.
2. Dapat dijadikan referensi lanjutan dalam pengaplikasian pada kecepatan motor DC dalam melakukan estimasi keluaran dengan metode yang berbeda.



UIN SUSKA RIAU

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Dalam penelitian Tugas Akhir ini akan dilakukan studi literatur untuk memperoleh teori maupun referensi yang relevan dengan kasus dan permasalahan yang akan diselesaikan. Teori dan referensi tersebut didapatkan dari berbagai sumber seperti jurnal, *e-book*, buku maupun sumber lainnya. Adapun penelitian pertama pada kecepatan motor DC menggunakan PID [7]. Hasil pengujian dilakukan berdasarkan nilai parameter K_p , K_i dan K_d dengan kendali PID diatur pada kecepatan 600 rpm masih terdapat *Overshoot* sebesar 3,7 % dan *error* sebesar 1 rpm kemudian pada saat sistem bekerja dan diberikan beban kecepatan menjadi menurun. Selanjutnya penelitian pada kecepatan motor DC untuk alat pengaduk cairan viskos menggunakan PID Ziegler-Nichols [8]. Berdasarkan pengujian yang dilakukan respon keluaran yang dilakukan dengan menggunakan pengendali PID dan tanpa pengendali hasil respon keluaran menunjukkan bahwa dengan menggunakan pengendali PID dapat meningkatkan kinerja sistem walaupun masih terdapat nilai *error* sebesar 8,75 % pada sistem.

Pada penelitian ketiga [9] kecepatan sistem motor DC pada *buck converter*. Pengujian ini dilakukan menggunakan kendali PI dengan nilai variabel *input* 439 rpm, K_p 2, K_i 30, *Rise time* 1,2 detik dan *settling time* selama 9 detik. Pada saat diberikan gangguan kecepatan motor mengalami penurunan hingga mencapai 405 rpm dan ketika waktu mencapai 9,5 detik kecepatan mampu menuju *input* namun masih dengan *error* gangguan sebesar 2,29%. Kemudian penelitian kecepatan motor DC pada prototipe elevator dengan Hybrid Fuzzy-PID [10]. Dalam penelitian ini hasil pengujian dengan Hybrid Fuzzy-PID respon dapat mencapai nilai *input* dan dapat mengurangi nilai *error* dibandingkan dengan pengendalian yang dilakukan hanya dengan kendali PID saja maupun Fuzzy. Penelitian kelima pada pengaturan kecepatan putaran motor DC dengan menggunakan kendali Fuzzy-PI [11]. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa dengan menggunakan kendali Fuzzy-PI sangat baik dibandingkan dengan menggunakan kendali PI saja. Hal ini dapat dilihat bahwa dengan kendali Fuzzy PI mampu

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

menuju keadaan *steady state* dalam waktu 0,05 daripada hanya menggunakan kendali PI yang membutuhkan waktu 0,13 detik.

Penelitian terhadap pengamat Luenberger untuk sistem kendali tanpa sensor telah dilakukan [18]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan pengamat Luenberger dapat meningkatkan kinerja dari sistem untuk meningkatkan kinerja estimasi posisi dan kecepatan. Simulasi dan percobaan yang telah dilakukan menunjukkan hasil yang optimal dalam sistem dan memiliki kinerja yang baik ketika terdapat gangguan. Berdasarkan kajian pustaka di atas dengan menggunakan pengendalian masih membutuhkan sensor dalam melakukan pengukuran. Pengukuran dengan sensor ini tidak semua menghasilkan respon keluaran yang akurat karena masih adanya gangguan yang terjadi. Oleh karena itu penulis menggunakan pendekatan baru dalam menyelesaikan permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan *state observer* berupa LO yang diharapkan mampu menghasilkan estimasi yang akurat apabila diberikan perubahan *input*, perubahan kondisi awal dan perubahan *noise*. Proses simulasi ini dilakukan dengan menggunakan Simulink MATLAB.

2.2 Dasar Teori

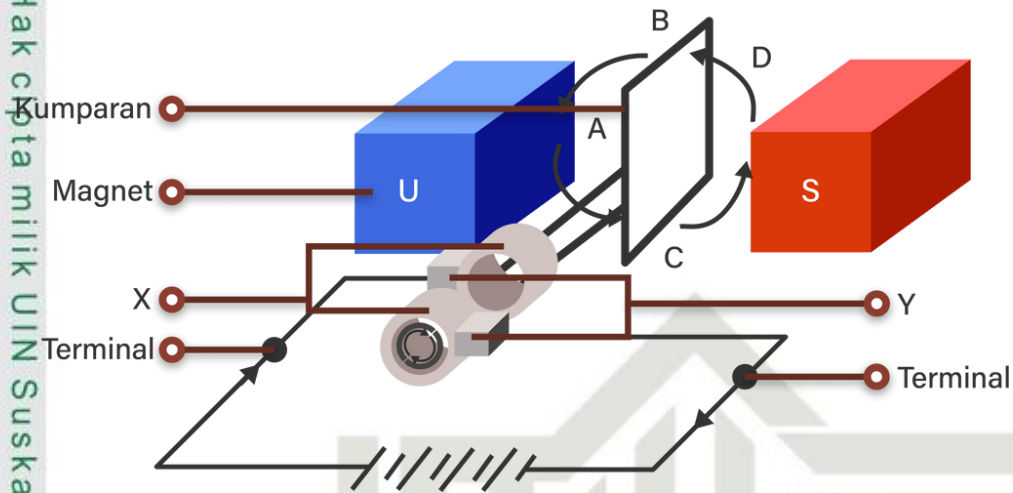
2.2.1 Motor DC

Motor DC adalah salah satu motor listrik yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Dalam motor DC terdapat dua bagian utama yaitu stator dan rotor. Stator terdiri dari inti besi yang dililitkan ke kumparan sehingga dapat menimbulkan medan magnet. Rotor adalah bagian yang berputar, sama dengan bagian stator terdapat inti besi yang dililitkan pada kumparan untuk menghasilkan medan magnet. Motor DC banyak digunakan dalam industri karena kecepatan kerja motor yang mudah diatur. Prinsip kerja motor DC didasarkan pada hukum medan magnet *lorentz* yang menyatakan bahwa apabila suatu arus listrik mengalir melalui konduktor dalam medan magnet, maka konduktor akan menimbulkan gaya. Pada motor DC medan magnet yang digunakan berasal dari elektromagnet yang dihasilkan oleh arus listrik yang melewati kumparan medan pada stator [8].

Hak Cipta Milik dan IN Suska Riau
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

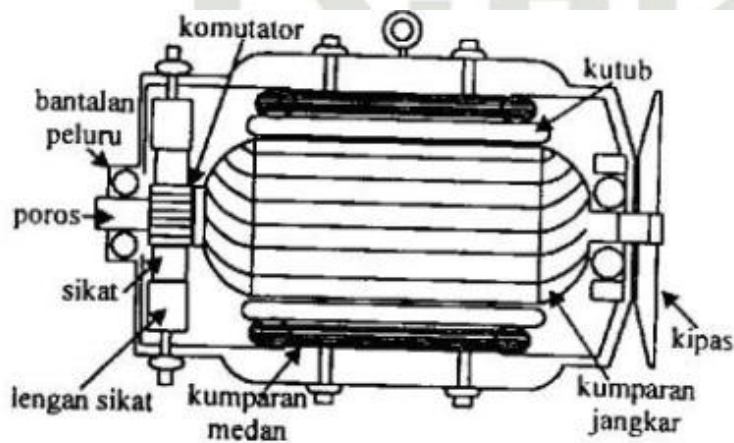
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengizinkan penerbit untuk menyalin atau menjabarkan kembali isi dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 1 Prinsip kerja motor DC[8]

Sebuah motor DC terdiri dari magnet, kumparan, dan sikat (*brush*). Medan magnet yang tetap dihasilkan oleh magnet permanen, sementara komutator dan sikat berperan dalam mengalirkan arus listrik dari luar motor ke dalam kumparan jangkar. Sikat ditempatkan sepanjang sumbu netral komutator, di mana medan listrik memiliki nilai nol. Tujuannya adalah untuk mencegah terjadinya percikan api selama proses perpindahan dari sikat ke komutator. Struktur motor DC dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Struktur motor DC [19]

Salah satu bagian yang terpenting dalam motor DC yaitu komutator (*comutator*). Berdasarkan sumber dayanya motor DC dapat dibedakan menjadi dua yaitu sumber daya terpisah dan sumber daya sendiri. Keuntungan dari motor DC yaitu dapat menjaga pemasokan daya dengan cara mengendalikan kecepatan. Pengendalian dengan motor DC dapat dilakukan dengan cara mengubah tegangan dinamo sehingga bila dinaikkan maka akan meningkatkan kecepatan sedangkan bila diturunkan maka akan menurunkan kecepatan [19]. Sebuah motor DC memiliki tiga komponen utama yaitu :

1. Kutub medan

Interaksi pada dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran motor DC. Motor DC mempunyai kutub yang stasioner dan dinamo akan menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub U dan kutub S. Garis magnetik akan membesar untuk melintasi kedua kutub tersebut. Untuk mot yang lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet akan menerima listrik dari sumber daya sebagai penyedia struktur medan.

2. Dinamo (Rotor)

Arus akan masuk menuju rotor, maka arus tersebut akan menjadi elektromagnet. Rotor berbentuk seperti silinder yang akan dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Dalam motor DC rotor akan berputar dalam medan magnet yang telah dibentuk oleh kutub-kutub.

3. Komutator

Komutator dalam motor DC berfungsi untuk membalikkan arah arus listrik dari dalam motor. Komutator ini juga dapat membantu proses pengiriman arus antara rotor dan sumber daya. Secara umum motor listrik terbagi menjadi dua yaitu motor DC dengan penguatan terpisah dan penguatan sendiri yaitu :

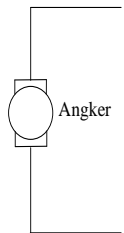
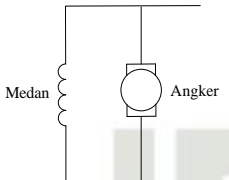
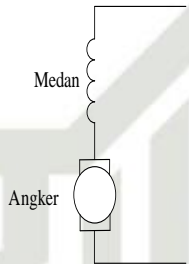
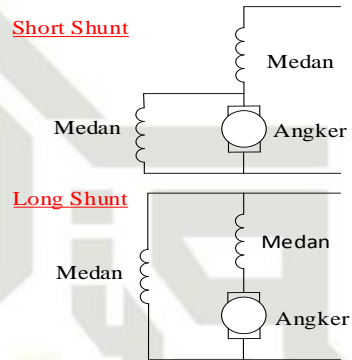
1. Dilarang menyalin atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

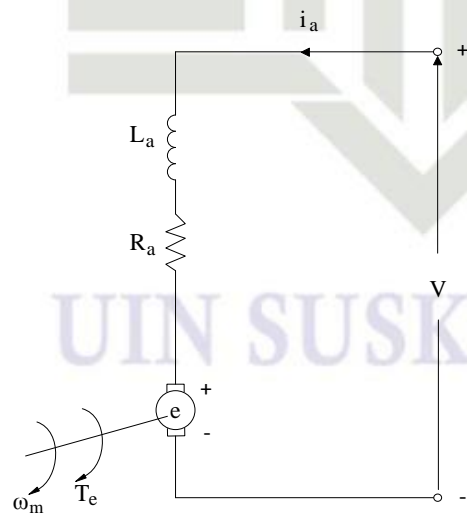
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 2. Klasifikasi jenis motor DC

Motor DC dengan sumber daya terpisah	Motor Dc dengan sumber daya sendiri		
	Motor DC tipe shunt	Motor DC tipe seri	Motor DC tipe Gabungan
			

2.2.2 Model Matematis Sistem Motor DC

Pemodelan matematis dalam sistem motor DC dilakukan dengan cara menurunkan persamaan berdasarkan hukum fisika yang diilustrasikan dengan Gambar 2.3 dibawah ini adalah rangkaian ekivalen yang digunakan motor DC. Anak panah yang digambarkan di bawah adalah arah patokan bagi arus terhadap rangkaian untuk dapat mudah melakukan pemodelan.



Gambar 2.3 Rangkaian ekivalen motor DC[20]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Berdasarkan rangkaian ekivalen motor DC di atas, model matematis pada sistem motor DC dapat dijabarkan pada bagian elektrik dan mekanik. Komponen elektrik adalah kumparan jangkar yang terdiri atas hambatan dan induktansi jangkar. Oleh karena itu, persamaan diferensial rangkaian jangkar berdasarkan hukum Kirchoff dapat dituliskan dengan persamaan berikut ini

$$V(t) = R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a}{dt}(t) + e(t) \quad (2.1)$$

Tegangan terbelahkit $e(t)$ adalah konstanta tegangan pada torsi motor (K_b) yang berbanding lurus terhadap kecepatan sudut (ω_m) sehingga nilai $e(t)$ dapat dihitung dengan persamaan (2.1)

$$e(t) = K_b \omega_m(t) \quad (2.2)$$

Kemudian dilakukan substitusi persamaan (2.1) ke dalam persamaan (2.2), maka didapatkan persamaan (2.3)

$$V(t) = R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a}{dt}(t) + K_b \omega_m(t) \quad (2.3)$$

Berdasarkan persamaan (2.3) diatas kemudian dapat ditransformasikan ke dalam bentuk Laplace, maka persamaan tersebut

$$V(s) = R_a i_a(s) + sL_a i_a(s) + K_b \omega_m(s) \quad (2.4)$$

$$R_a i_a(s) + sL_a i_a(s) = V(s) - K_b \omega_m(s) \quad (2.5)$$

$$(R_a + sL_a) i_a(s) = V(s) - K_b \omega_m(s) \quad (2.6)$$

$$i_a(s) = \frac{V(s) - K_b \omega_m(s)}{(R_a + sL_a)} \quad (2.7)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Torsi motor (T_e) yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan hasil kali dari konstanta torsi motor (K_b) dengan besarnya arus armatur (i_a), sehingga menghasilkan persamaan torsi motor (T_e) terhadap waktu (t) dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$T_e(t) = K_t i_a(t) \quad (2.8)$$

Persamaan kestimbangan torsi motor dengan beban dapat dilihat pada bagian mekanik motor DC. Momen inersia dan torsi damper terletak pada bagian beban, kemudian torsi motor yang dihasilkan akan bekerja terhadap inersia dan gesekan viskos, sehingga persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung torsi motor terhadap waktu yang diperlukan yaitu

$$K_t i_a = J \frac{d\omega_m}{dt}(t) + B_l \omega_m(t) \quad (2.9)$$

Kemudian melakukan substitusi persamaan (2.8) ke dalam persamaan (2.9), sehingga didapatkan persamaan (2.10)

$$K_t i_a(t) = J \frac{d\omega_m}{dt}(t) + B_l \omega_m(t) \quad (2.10)$$

Selanjutnya, persamaan (2.10) diubah ke dalam *transformasi laplace*, maka persamaan (2.11) didapatkan sebagai berikut

$$K_t i_a(s) = sJ \omega_m(s) + B_l \omega_m(s) \quad (2.11)$$

Berdasarkan permasalahan dalam motor DC, input berupa energi listrik yaitu $V(s)$ sedangkan *outputnya* adalah energi mekanik $\omega_m(s)$. Sehingga untuk mendapatkan *transfer function* dari sistem motor DC yaitu $G(s) = \frac{\omega_m(s)}{V(s)}$, maka persamaan *transformasi laplace* (2.4) dapat disubstitusikan ke dalam persamaan *Laplace* (2.11), sehingga persamaan *transfer function* untuk sistem motor DC yaitu :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$K_t \left(\frac{V(s) - K_b \omega_m(s)}{(R_a + sL_a)} \right) = sJ_a \omega_m(s) + B_l \omega_m(s) \quad (2.12)$$

$$K_t v(s) - K_t K_b \omega_m(s) = (sJ \omega_m(s) + B_l \omega_m(s)(R_a + sL_a)) \quad (2.13)$$

$$K_t V(s) = [(sJ \omega_m(s) + B_l \omega_m(s)(R_a + sL_a))] + K_t K_b \omega_m(s) \quad (2.14)$$

$$K_t V(s) = \omega_m(s) (sJL_a + s(JR_a + L_a B_l) + B_l R_a + K_t K_b) \quad (2.15)$$

$$\frac{\omega_m(s)}{V(s)} = \frac{K_t}{s^2 JL_a + s(JR_a + L_a B_l) + B_l R_a + K_t K_b} \quad (2.16)$$

$$\frac{\omega_m(s)}{V(s)} = \frac{\frac{K_t}{JL_a}}{s^2 + s \left(\frac{JR_a + L_a B_l}{JL_a} \right) + \left(\frac{B_l R_a + K_t K_b}{JL_a} \right)} \quad (2.17)$$

Data parameter untuk sistem motor DC merujuk pada penelitian yang telah dilakukan

[17] dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Parameter Sistem Motor DC[21].

No	Parameter motor DC	Nilai
1.	Resistansi armatur (R_a)	0.5 Ω
2.	Induktansi armatur (L_a)	1 mH
3.	Momen inersia (J)	0.001 kgm ²
4.	Koefisien gesekan viskos (B_l)	0.01 Nm radsec ⁻¹
5.	Konstanta back emf (K_b)	0.001V secred ⁻¹
6.	Konstanta torsi motor (K_t)	0.008 NmA ⁻¹
7.	Tegangan armatur (V)	240V

Estimasi Observer

Estimasi adalah memperkirakan nilai dari variabel yang tidak dapat diukur secara langsung menggunakan informasi yang telah tersedia dari sistem dan model matematis yang digunakan. Untuk menghasilkan estimasi yang baik dilakukan perancangan *observer* dengan menggunakan beberapa *observer* seperti LO, kalman filter maupun metode pengamat (estimasi) lainnya. Estimasi akan dilakukan terus menerus berdasarkan pengukuran yang baru masuk. Ini memungkinkan untuk *observer* dapat mengikuti perubahan dalam kondisi seiring waktu berjalan yang digunakan dalam melakukan simulasi. Selain mengidentifikasi keadaan yang tidak diketahui secara langsung *observer* dirancang untuk mengurangi kesalahan sistem secara umum dan meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan. *Observer* dirancang bertujuan untuk dapat mengestimasi suatu kondisi yang tidak dapat diukur jika tidak semua kondisi dapat diukur secara langsung [14]. Penentuan parameter untuk menghasilkan estimasi yang baik sangat diperlukan untuk memastikan bahwa hasil estimasi yang dihasilkan akurat dan responsif terhadap perubahan beban.

2.4 Luenberger Observer (LO)

Luenberger Observer (LO) adalah suatu metode pendekatan yang mampu untuk mengestimasi keluaran terhadap sistem. Dalam sistem motor DC, *observer* dapat digunakan untuk dapat mengganti sensor. Sistem harus dapat mengestimasi berdasarkan variabel yang dikendalikan dengan baik, sehingga nilai estimasi yang diperoleh sesuai dengan nilai sebenarnya. Dengan menggunakan model matematis dari sistem, *observer* dapat mencoba mengestimasi nilai-nilai variabel suatu keadaan yang tidak dapat diukur secara langsung [22].

Model sistem dapat di tulis dengan sebuah persamaan ruang keadaan yang ditunjukkan oleh persamaan berikut

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax + (t) + Bu(t) \\ y(t) &= Cx(t) + v(t) \end{aligned} \tag{2.18}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dimana dapat dilihat berdasarkan persamaan di atas bahwasanya $x(t) \in \mathbb{R}^n$ merupakan state sistem, $u(t) \in \mathbb{R}^q$ merupakan input sistem, dan $y(t) \in \mathbb{R}^p$ merupakan output sistem.

dimana $x(t) \in \mathbb{R}^n$, $u(t) \in \mathbb{R}^q$, $y(t) \in \mathbb{R}^p$ adalah matriks dalam *state observer*. $v(t)$ merupakan gangguan pada output. Algoritma LO dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\dot{\hat{x}}(t) = Ax(t) + Bu(t) + Lo(t)(y(t) - \hat{y}) \quad (2.19)$$

Berdasarkan algoritma LO untuk sistem motor DC dapat dilakukan dengan persamaan *transfer function* (2.16) yang dimasukkan kedalam persamaan *state space*, sehingga persamaan (2.20) dapat dituliskan

$$\frac{\omega_m(s)}{V(s)} = \frac{\frac{K_t}{JL_a}}{s^2 + s \left(\frac{JR_a + L_a B_l}{JL_a} \right) + \left(\frac{B_l R_a + K_t K_b}{JL_a} \right)} \quad (2.20)$$

$$\omega_m(s) = \left(s^2 + s \left(\frac{JR_a + L_a B_l}{JL_a} \right) + \left(\frac{B_l R_a + K_t K_b}{JL_a} \right) \right) = V(s) \frac{K_t}{JL_a} \quad (2.21)$$

$$\ddot{\omega}_m + \left(\frac{JR_a + L_a B_l}{JL_a} \right) \dot{\omega}_m + \left(\frac{B_l R_a + K_t K_b}{JL_a} \right) \omega_m = V(s) \frac{K_t}{JL_a} \quad (2.22)$$

sehingga di peroleh matriks persamaan ruang keadaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) &= Cx(t) + Du(t) \end{aligned} \quad (2.22)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{B_l R_a + K_t K_b}{JL_a} & -\frac{JR_a + L_a B_l}{JL_a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{K_t}{JL_a} \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

$$y = [1 \quad 0] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + 0 \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

dimana $x(t) = [\omega_m(t) \quad v(t)]^T$, $u(t) = V(t)$, dan $y = \omega_m$

Pole Placement

Pole placement merupakan suatu metode kendali yang dapat digunakan untuk menempatkan *pole* pada bidang negatif. Agar *pole placement* dapat ditempatkan sesuai dengan keinginan maka dilakukan pemilihan *gain* yang tepat sehingga sistem harus dipastikan dapat diendalik dengan baik dan *pole-pole* sistem ditempatkan sesuai dengan keinginan [23]. Penempatan *pole* pada bidang negative dilakukan untuk memastikan bahwa sistem tidak akan mengalami gangguan osilasi atau kegagalan. Tujuan penempatan *pole* ini untuk memastikan stabilitas sistem. Dengan menempatkan *pole* pada bidang yang sesuai sistem dapat mengatur respon sistem sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. *Pole placement* ini juga memungkinkan untuk adaptasi hasil respon terhadap perubahan akibat lingkungan atau keadaan kerja. Dengan menyesuaikan penempatan *pole* yang tepat sistem kendali dengan mudah untuk dapat mengatur ulang dalam menyesuaikan respon dengan perubahan yang terjadi [24]. Untuk melihat apakah sistem stabil dapat dilakukan pencarian dengan persamaan *pole placement* sebagai berikut :

$$S_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (2.25)$$

2.6 Sensitivitas dan kekokohan

Sensitivitas dan kekokohan bagian terpenting dalam industri karena diperlukan untuk melihat bagaimana sistem dapat merespon keluaran terhadap parameter yang telah ditentukan. Untuk itu dapat di lakuakn dengan melihat dua keadaan yang terjadi yaitu :

a. Analisis Sensitivitas

Sensitivitas adalah respon keluaran atau sensitive *observer* terhadap perubahan pada sistem. Sensitivitas ini dilakukan untuk mengukur seberapa cepat *observer* untuk dapat menyesuaikan hasil estimasi terhadap perubahan kecepatan motor. Semakin tinggi sensitivitasnya maka *observer* akan semakin cepat untuk dapat merespon perubahan yang terjadi [25].

b. Analisis Kekokohan

Kekokohan adalah kemampuan untuk tetap mempertahankan kestabilan dalam memberikan hasil estimasi yang akurat meskipun terdapat gangguan. Kekokohan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

mengukur seberapa baik observer yang digunakan ketika terjadi gangguan. *Observer* yang kokoh akan tetap memberikan hasil estimasi yang baik bahkan dalam kondisi yang tidak terduga [26].

Software MATLAB

MATLAB adalah singkatan dari *matrix laboratory* yang dapat digunakan untuk melakukan pemrograman, analisis data, perhitungan matematika, pemodelan, membuat grafik serta melakukan pengembangan komputasi. MATLAB pertama kali dikenalkan oleh Cleve Moler pada tahun 1970. Pada mulanya, MATLAB dirancang hanya untuk menyelesaikan permasalahan dalam persamaan aljabar linier saja. Namun, seiring berjalannya waktu *software* ini terus mengalami pengembangan dari segi fungsi dan performa komputasi [27].

Bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh *MathWorks Inc* dapat menggabungkan proses pemrograman, komputasi dan visualisasi melalui ruang lingkup lingkungan kerja yang dengan mudah digunakan. Dalam dunia pendidikan MATLAB dapat digunakan untuk media pembelajaran pemrograman matematika, teknik dan sains pada tingkat pengenalan lanjutan. Sedangkan dalam dunia industri, MATLAB dipilih sebagai media yang dapat digunakan untuk melakukan penelitian, pengembangan dan analisis produk industri [28]. Logo *software* MATLAB dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2.4 Logo MATLAB[29]

2.7.1 Ruang Lingkup Kerja MATLAB

Pada MATLAB sendiri terdapat ruang lingkup kerja yang digunakan untuk melakukan beberapa pemrograman, pemodelan dan lainnya. Berikut beberapa ruang lingkup kerja MATLAB :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. *Command window*

Command window adalah jendela yang pertama kali setiap MATLAB dijalankan pada jendela yang dapat mengakses ke *commad* MATLAB secara langsung dengan mengetikkan barisan-barisan ekspresi MATLAB seperti mengakses help dan lain sebagainya. *Command window* juga berfungsi sebagai tempat untuk menjalankan fungsi, mendeklarasikan variabel, menjalankan proses dan melihat isi variabel [30].

2. *Current Directory*

Current Directory merupakan jendela yang menampilkan isi dari direktori kerja saat menggunakan MATLAB. Direktori dapat diganti sesuai dengan tempat kita bekerja sesuai dengan keinginan. Default alamat direktori akan berada dalam folder *works* tempat program file berada [30].

3. *Command History*

Command history merupakan tempat untuk menyimpan perintah apa saja yang sebelumnya telah dilakukan oleh pengguna terhadap MATLAB [30].

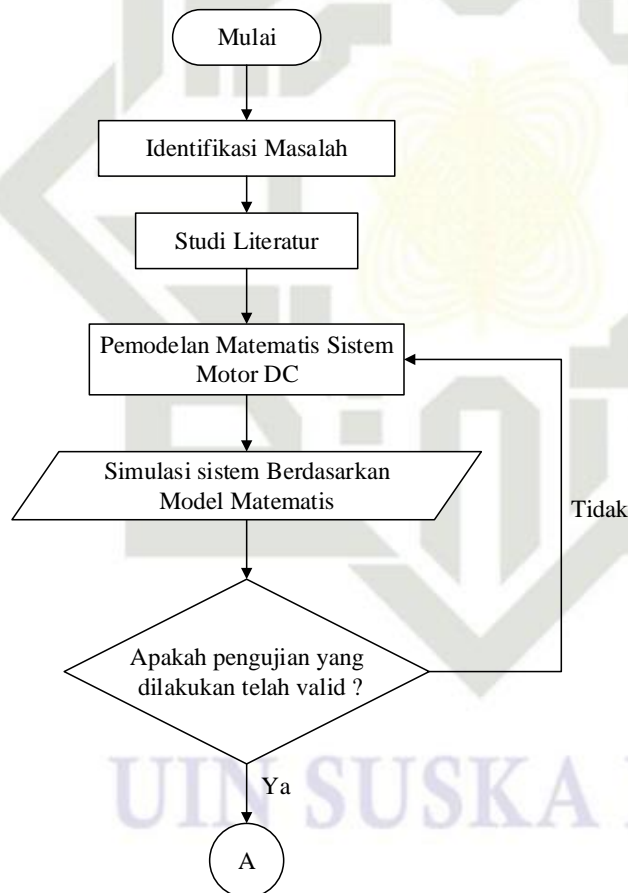
4. *Workspace*

Workspace merupakan jendela yang berfungsi untuk menampilkan seluruh variabel aktif yang sedang digunakan pada MATLAB. Apabila variabel berupa data matriks berukuran besar maka pengguna dapat melihat isi dari seluruh data dengan cara double klik pada variabel tersebut [30].

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Proses Alur Penelitian

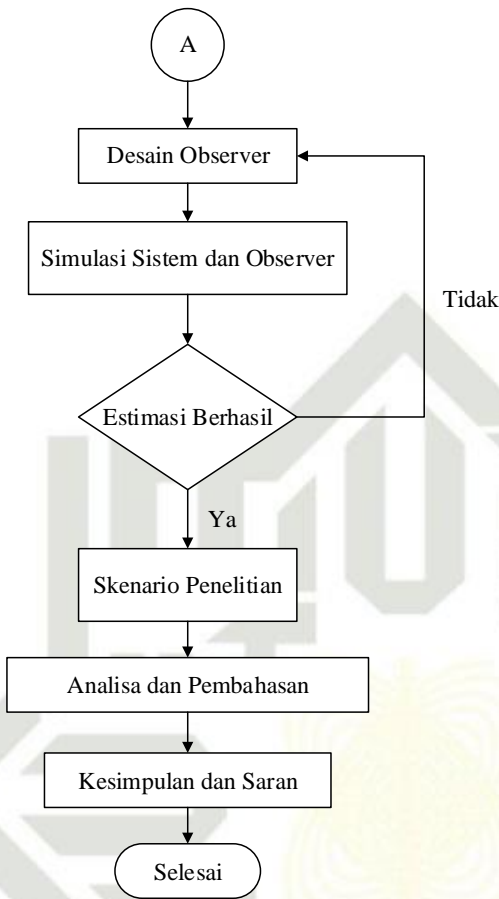
Pada penelitian tugas akhir ini penulis melakukan beberapa langkah-langkah yang dilakukan dalam proses perancangan sistem motor DC dengan menggunakan *observer* yang dilakukan dengan simulasi *software* MATLAB. Adapun alur penelitian yang dilakukan dapat digambarkan melalui *flowchart* berikut :



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

2.2 Tahap Penelitian

Adapun tahap penelitian yang dilakukan penulis berdasarkan *flowchart* diatas yaitu :

A. Identifikasi Masalah

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian Tugas akhir ini yaitu mengidentifikasi masalah pada kecepatan motor DC yang sering terjadi ketidakstabilan dan mengajukan metode observer sebagai estimasi untuk dapat mengestimasi respon keluaran kecepatan sistem motor DC.

B. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan oleh penulis untuk menelaah beberapa studi pustaka baik melalui artikel, e-book dan buku yang berkaitan dengan pemodelan sistem motor DC dan *observer*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

C. Pemodelan matematis motor DC

Pemodelan matematis sistem motor DC dengan menggunakan variabel-variabel yang didefinisikan untuk dilakukan pengujian. Dari persamaan (2.1) hingga persamaan (2.17) didapatkan model matematis. Pada persamaan (2.4) dilakukan *transformasi laplace* untuk fungsi alih sistem. Hal ini dimulai pada persamaan (2.3) Setelah didapatkan fungsi alih maka perlu disubstitusikan parameter yang terdapat pada Tabel 2.2. sehingga menjadi persamaan 3.1 di bawah ini

$$\begin{aligned} \frac{\omega_m(s)}{V(s)} &= \frac{\frac{K_t}{JL_a}}{s^2 + s \left(\frac{JR_a + L_a B_t}{JL_a} \right) + \left(\frac{B_t R_a + K_t K_b}{JL_a} \right)} \\ \frac{\omega_m(s)}{V(s)} &= \frac{\frac{0.008}{0.001(0.001)}}{s^2 + s \left(\frac{0.001(0.05) + 0.001(0.01)}{0.001(0.001)} \right) + \left(\frac{0.01(0.5) + 0.008(0.001)}{0.001(0.001)} \right)} \quad (3.1) \\ &= \frac{8000}{s^2 + s \left(\frac{0.0005 + 0.00001}{0.000001} \right) + \left(\frac{0.005 + 0.000008}{0.000001} \right)} \\ &= \frac{8000}{s^2 + s510 + 5008} \end{aligned}$$

Dari persamaan fungsi alih yang telah diperoleh akan diprogram melalui matlab dengan menggunakan matriks. Hal ini dilakukan karena pada perancangan *observer* nantinya memerlukan matriks maka fungsi alih tersebut akan diubah kedalam *state space equation* seperti pada persamaan (2.23) yang nantinya akan dimasukkan pada program matlab untuk dilakukan simulasi dengan menggunakan blok-blok *simulink*, dimana pengujian yang dilakukan secara *open loop* pada sistem motor DC berbeda dari pemrograman pada penelitian sebelumnya yang hanya menggunakan fungsi alih saja. Dari persamaan *state space* tersebut untuk melihat matriks yang digunakan seperti berikut :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Diasumsikan :

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \omega_m \\
 x_2 &= \dot{\omega}_m \\
 \dot{x}_1 &= \dot{\omega}_m \\
 \dot{x}_2 &= \ddot{\omega}_m
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

$$= \left(\frac{JR_a + L_a B_l}{JL_a} \right) x_2 - \left(\frac{B_l R_a + K_t K_b}{JL_a} \right) x_1 + V(s) \frac{K_t}{JL_a}$$

Sehingga didapatkan matriks A,B dan C untuk sistem motor DC yaitu :

$$\begin{array}{cc}
 \text{Matriks A} & \text{Matriks B} \\
 \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -5008 & -510 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 8000 \end{bmatrix}
 \end{array} \tag{3.3}$$

$$\text{Matriks C} \\
 y = [1 \quad 0] \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + 0 \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

Dari matriks seperti pada persamaan (3.3) dapat dituliskan persamaan *state space* sistem motor DC seperti berikut :

$$\begin{aligned}
 \dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu(t) \\
 y(t) &= C(t) + D(t)
 \end{aligned} \tag{3.4}$$

Setelah mendapatkan persamaan *state space* seperti persamaan (3.4) selanjutnya dapat dilakukan penentuan *pole* untuk mengetahui apakah sistem motor DC menghasilkan keluaran yang stabil. Penempatan *pole* dapat dihitung berdasarkan persamaan (3.1)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang




1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\begin{aligned}
 S_{1,2} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2b} \\
 &= \frac{-510 \pm \sqrt{510^2 - 4(1)(5008)}}{2(1)} \\
 &= \frac{-510 \pm \sqrt{260.100 - 20.032}}{2} \\
 &= \frac{-510 \pm \sqrt{240.068}}{2} \\
 &= \frac{-510 \pm 489.96}{2} \\
 S_1 &= -10,02 \\
 S_2 &= -499,98
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

D. Pengujian sistem Motor DC

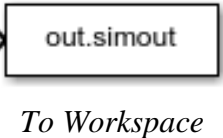


Berdasarkan fungsi alih yang telah diperoleh pada persamaan 3.1 kemudian dilakukan pengujian apakah model matematis telah dilakukan sesuai. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan apakah hasil keluaran (*output*) sudah sesuai dengan referensi. Pengujian yang dilakukan berdasarkan fungsi alih yang telah dimasukkan nilai parameter dapat diujikan dengan algoritma 1 yang dimana pengujian dilakukan dengan menggunakan *simulink* matlab secara *open loop*. Simulasi motor DC secara *open loop* dapat dibuat diagram *simulink* berdasarkan blok dari Tabel berikut ini

Tabel 3.1 Blok *simulink* dan fungsinya

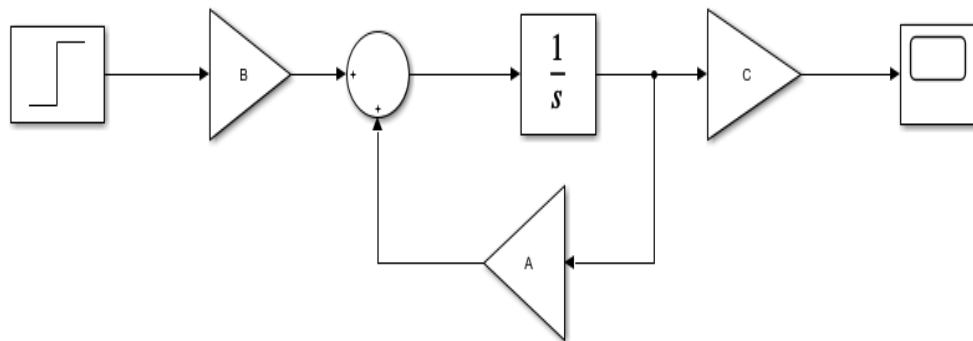
Blok <i>Simulink</i>	Keterangan
 Step	Digunakan sebagai tampilan sinyal <i>output</i> yang dihasilkan simulasi pada <i>Simulink</i> matlab
 Gain	Digunakan untuk elemen kendali ataupun matriks.
 Sum	Digunakan sebagai elemen untuk menambahkan atau mengurangi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

	Digunakan untuk menyimpan hasil simulasi ataupun analisis sistem kedalam <i>workspace</i> matlab yang berupa variabel, struktur data atau respon sistem yang akan digunakan untuk analisis lebih lanjut.
	Digunakan untuk tampilan sinyal <i>input</i> sehubungan dengan waktu simulasi yang dilakukan.
	Digunakan untuk mengintegrasikan sinyal <i>input</i> secara terus menerus.

Berdasarkan Tabel 3.1 dengan menggunakan blok *simulink* tersebut dapat dibuat blok diagram secara *open loop* berdasarkan fungsi alih pada persamaan (3.1). Pengujian secara *open loop* dilakukan dengan matriks A, B, dan C seperti persamaan (3.3). Dari persamaan tersebut kemudian dirancang blok diagram motor DC secara *open loop* berdasarkan persamaan *state space* (3.4) sehingga menghasilkan blok diagram seperti berikut



Gambar 3.2 Blok diagram *simulink* motor DC secara *open loop*

Sistem motor DC secara *open loop* akan dijalankan dengan menggunakan script dan algoritma 1 seperti di bawah ini

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

clear all;close all;clc;
%% Time Setting
T_Star=0; %Waktu mulai
Ts=0.1; %Interval Waktu
T_end=10; %waktu selesai
T=T_Star:Ts:T_end;

%% Parameter sistem
Ra=0.5; %Hambatan Armatur
La=0.001;%induktansi Armatur
J=0.001; %Momen inersia
Bi=0.01; %gesekan viskos
Kt=0.008; %konstanta torsi
V=240; %Tegangan Armatur
Kb=0.001; %konstanta back emf

%% Definisi Matrix system
% A=[0 1;
% (-Bi*Ra+Kt*Kb)/J*La -(J*Ra+La*Bi/J*La)];
A=[0 1; -5008 -510];
% B=[0;
% Kt/J*La];
B=[0; 8000];
C=[1 0];

%% Simulasikan sistem
% tt=0:1:49;
% input=timeseries(V,tt);
init_cond=[0 0];
sim('Sistem_DC')
ys=ys'; %output
xs=xs'; %state
save data_motor

%%plot
figure ()
plot(T,ys,'b',T,xs,'r','lineWidth',2);
title('Motor DC');
xlabel('waktu (s)');
ylabel('kecepatan/Tegangan');
legend ('Kecepatan','Tegangan/input');
% ylim ([0 1.9])
grid on
    
```

Gambar 3. 3 Script simulasi sistem motor DC secara *open loop*



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

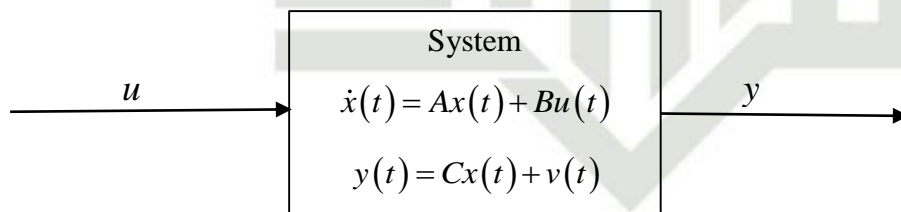
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 3.2 Algoritma pemrograman sistem motor DC secara *open loop*

Algoritma 1: sistem motor DC secara <i>open loop</i>
Inisialisasi : 1. Mendefinisikan waktu : waktu mulai, waktu <i>sampling</i> , waktu akhir dan waktu indeks 2. Mendefinisikan parameter sesuai dengan Tabel 2.2 3. Mendefinisikan matriks sesuai dengan persamaan (2.17) 4. Mendefinisikan kondisi awal sistem yang dimulai dari 0 5. Memanggil program simulink matlab “system_DC_original” 6. Menyimpan data sistem motor DC secara <i>open loop</i> dengan “main_function_open_loop” 7. Plot untuk menampilkan grafik
End

E. Desain LO

Desain *observer* dengan menggunakan LO dilakukan berdasarkan persamaan (2.18) dengan menggunakan matriks yang telah dilakukan pengujian secara *open loop* seperti blok diagram berikut



Gambar 3. 4 Blok diagram sistem motor DC *open loop*

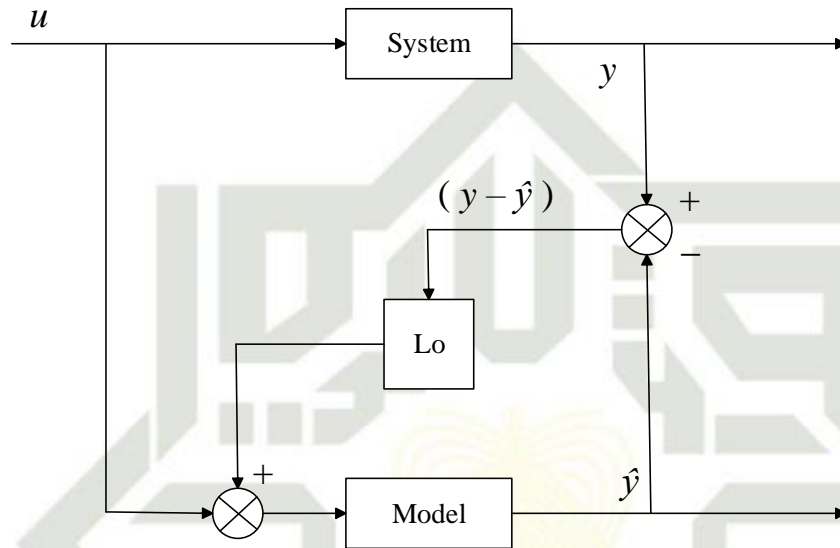
Setelah mendefinisikan model *state space* seperti persamaan (2.18). Dimana pada persamaan tersebut terdapat *noise* $v(t)$ sebagai *noise* pengukuran yang dirancang untuk sinyal *gaussian white noise* seperti pada persamaan (3.6) dimana R merupakan varian dan 0 merupakan *mean* untuk *noise* .

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$N(0, R) \quad (3.6)$$

Untuk melakukan perancangan pada LO dapat digunakan algoritma seperti pada persamaan (2.19). Berikut merupakan blok diagram LO.



Gambar 3.5 Blok diagram LO

Berdasarkan blok diagram Gambar 3.5 untuk merancang observer dibutuhkan sebuah sistem. Dimana sistem yang digunakan adalah sistem yang telah dirancang berdasarkan persamaan ruang keadaan (*state space*). Adapun perancangan yang dilakukan tersebut dapat dilihat pada persamaan (3.3) dan (3.4). Pada persamaan (2.19) yang merupakan *gain* LO atau disebut juga dengan matriks *gain* Luenberger. Dimana *gain* tersebut digunakan untuk memperbaharui estimasi keadaan sistem berdasarkan pengukuran baru. Adapun langkah-langkah untuk mendapatkan *gain* LO yaitu dengan mendefinisikan matriks observer kedalam program matlab seperti berikut :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\begin{aligned}
 A_{obs} &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{B_l R_a + K_t K_b}{JL_a} & -\frac{J R_a + L_a B_l}{JL_a} \end{bmatrix} \\
 B_{obs} &= \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{K_t}{JL_a} \end{bmatrix} \\
 C_{obs} &= [1 \ 0] \\
 D_{obs} &= [0]
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

Dengan demikian untuk nilai *gain* dapat dituliskan dengan algoritma LO sebagai berikut :

$$\dot{\hat{x}} = Ax(t) + Bu(t) + LO \tag{3.8}$$

Dimana $[Bu(t) + LO]$ diasumsikan sebagai LO. Adapun matriks LO dapat dituliskan sebagai berikut :

$$LO = \begin{bmatrix} B & I \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \end{bmatrix} \tag{3.9}$$

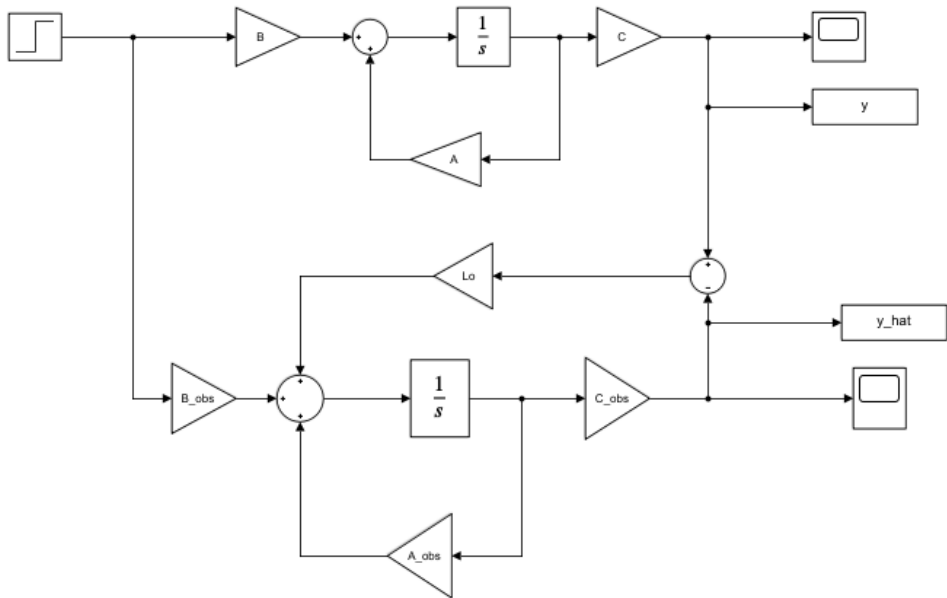
Dengan *gain* LO :

$$R = [(\sigma - LO^2)] \tag{3.10}$$

Setelah didapatkan *gain* LO selanjutnya melakukan perancangan observer LO berdasarkan persamaan (2.19) menggunakan blok *simulink* seperti Tabel 3.1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 6 Desain rangkaian *simulink* LO

Sistem motor DC dengan menggunakan LO dapat dijalankan dengan menggunakan *script* dan algoritma 2 yaitu :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

clear all; close all; clc;
%% Time Setting
T_Star=0;
Ts=0.1;
T_end=10;
T=T_Star:Ts:T_end;

%% Parameter sistem
Ra=0.5; %Hambatan Armatur
La=1;%induktansi Armatur
J=0.001; %Momen inersia
Bi=001; %gesekan viskos
Kt=0.008; %konstanta torsi
V= 240; %Tegangan Armatur
Kb=0.001; %konstanta back emf

%% Definisi Matrix system
A=[0 1; -5008 -510];
B=[0; 8000];
C=[1 0];

% simulasi sistem
tt=0:1:49;
input=timeseries(V,tt);
init_cond=[0 0];

%% gain observer
E_A=eig(A);
pole=[-5 -8];
LO=place(A',C',pole)';
%% Definisi matrix observer
A_obs=A;
B_obs=B;
C_obs=C;
init_cond_obs=[0 0];

%% Simulasikan sistem
sim('Observer_ori')

%% plot
figure()
plot(T,y,'b',T,y_hat,'r--','lineWidth',2);
% plot(T(1:10),y(1:10),'b',T(1:10),y_hat(1:10),'r--','lineWidth',1);
% ylim([0 500])
title('Motor DC');
xlabel('waktu(s)');
ylabel('kecepatan (rad/sec)');
legend ('output sistem','output estimation');
% ylim ([0 1.9])
grid on
    
```

Gambar 3. 7 Script simulasi LO

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 3.3 Algoritma 2 LO

Algoritma 2 : LO
Inisialisasi :
1.Mendefinisikan waktu : waktu mulai, waktu <i>sampling</i> , waktu akhir dan waktu indeks
2.Mendefinisikan parameter sesuai dengan Tabel 2.2
3.Mendefinisikan matriks sesuai dengan persamaan (2.17)
4.Mendefinisikan kondisi awal sistem yang dimulai dari 0
5.Mendefinisikan <i>gain observer</i>
6.Mendefinisikan matriks <i>observer</i> berdasarkan persamaan (2.20)
7.Mendefinisikan <i>error</i>
8.Memanggil program simulink matlab "observer"
9.Menyimpan data sistem motor DC secara <i>open loop</i> dengan "main_function_observer"
10.Plot untuk menampilkan grafik
End

F. Simulasi sistem LO dan pengujian

Pada tahapan ini dilakukan simulasi dan pengujian berdasarkan Gambar 3. 6 yang dimana akan dilakukan beberapa pengujian diantaranya yaitu perubahan *input*, perubahan kondisi awal dan penambahan *noise*. Simulasi sistem LO dan pengujian ini dilakukan berdasarkan persamaan model matematis fungsi alih pada persamaan (2.17) dan dengan persamaan matriks ruang keadaan *observer* pada persamaan *state space* (2.23). Simulasi dan pengujian ini dilakukan terhadap LO dalam perubahan *input* dapat dilakukan dengan algoritma 2 yaitu :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 3.4 Algoritma 2 LO terhadap perubahan *input*

Algoritma 2 : LO terhadap perubahan <i>input</i>
Inisialisasi : <ol style="list-style-type: none"> 1. Mendefinisikan waktu : waktu mulai, waktu <i>sampling</i>, waktu akhir dan waktu indeks 2. Mendefinisikan parameter sesuai dengan Tabel 2.2 3. Mendefinisikan matriks sesuai dengan persamaan (2.17) 4. Mendefinisikan kondisi awal sistem yang dimulai dari 0 5. Mendefinisikan <i>gain observer</i> 6. Mendefinisikan matriks <i>observer</i> berdasarkan persamaan (2.20) 7. Memanggil program simulink matlab "observer" 8. Menyimpan data sistem motor DC secara <i>open loop</i> dengan "main_function_observer" 9. Plot untuk menampilkan grafik
End

Kemudian dilakukan pengujian dengan perubahan kondisi awal dengan algoritma 2 yaitu :

Tabel 3.5 Algoritma 2 LO terhadap perubahan kondisi awal

Algoritma 2 : LO terhadap perubahan kondisi awal
Inisialisasi : <ol style="list-style-type: none"> 1. Mendefinisikan waktu : waktu mulai, waktu <i>sampling</i>, waktu akhir dan waktu indeks 2. Mendefinisikan parameter sesuai dengan Tabel 2.2 3. Mendefinisikan matriks sesuai dengan persamaan (2.17) 4. Mendefinisikan kondisi awal sistem yang dimulai dari 0 5. Mendefinisikan <i>gain observer</i> 6. Mendefinisikan matriks <i>observer</i> berdasarkan persamaan (2.20) dan perubahan kondisi awal terhadap <i>observer</i> 7. Memanggil program simulink matlab "observer"

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

8. Menyimpan data sistem motor DC secara <i>open loop</i> dengan “main_function_observer”
9. Plot untuk menampilkan grafik
End

Selanjutnya melakukan pengujian dengan menambahkan gangguan (*noise*) dapat dijalankan dengan menggunakan langkah-langkah pada algoritma 2 sebagai berikut :

Tabel 3.6 Algoritma 2 LO terhadap penambahan *noise*

Algoritma 2 : LO terhadap penambahan <i>noise</i>
Inisialisasi :
1. Mendefinisikan data yang memuat <i>noise</i>
2. Melakukan simulasi <i>noise</i> yang digunakan
3. Mendefinisikan <i>noise</i> untuk pengukuran
4. Mendefinisikan sinyal ke mean nol dan satuan varians
5. Mendefinisikan waktu : waktu mulai, waktu <i>sampling</i> , waktu akhir dan waktu indeks
6. Mendefinisikan parameter sesuai dengan Tabel 2.2
7. Mendefinisikan matriks sesuai dengan persamaan (2.17)
8. Mendefinisikan kondisi awal sistem yang dimulai dari 0
9. Mendefinisikan <i>gain observer</i>
10. Mendefinisikan matriks <i>observer</i> berdasarkan persamaan (2.20)
11. Memanggil program simulink matlab "observer_noise"
12. Menyimpan data sistem motor DC secara <i>open loop</i> dengan nama “main_fuction_observer_noise”
13. Plot untuk menampilkan grafik
End

G. Analisa hasil simulasi

Setelah dilakukan perancangan dan simulasi kemudian pada tahap ini dilakukan analisis hasil pengujian dan identifikasi hasil terhadap pengujian sensitivitas dan

kekokohan untuk melihat apakah dengan menggunakan LO ini mampu dalam menangani permasalahan pada kecepatan putaran motor DC yang tidak dapat diukur secara langsung.

H. Kesimpulan dan Saran

Setelah semua tahap telah dilakukan dan hasil evaluasi menunjukkan bahwa penelitian dengan menggunakan observer sebagai *state* estimator telah tercapai maka dapat ditarik kesimpulan untuk menegaskan gagasan dan dapat dijadikan referensi penelitian selanjutnya.

3.3 Skenario Penelitian

Pada skenario penelitian ini model matematis yang telah berhasil diturunkan harus disimulasikan dengan menggunakan beberapa skenario yang dimana skenario tersebut nantinya akan menghasilkan satu grafik. Penelitian ini dilakukan pada kecepatan sistem motor DC dengan menggunakan LO dengan memasukkan nilai-nilai parameter yang telah didapatkan pada penelitian sebelumnya. Penelitian ini akan dilakukan dengan pengujian sensitivitas dan kekokohan.

1. Pengujian dengan perubahan *input*
2. Pengujian dengan perubahan kondisi awal
3. Pengujian dengan penambahan *noise*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa :

Estimasi kecepatan motor DC menggunakan LO memberikan hasil estimasi respon yang baik dan stabil terhadap perubahan yang terjadi dalam sistem.

Pengujian sensitivitas dilakukan bertujuan untuk mengevaluasi seberapa baik LO dalam memperkirakan keadaan sistem meskipun terdapat perubahan *input* dan perubahan kondisi awal

- a. Pengujian dengan melakukan perubahan input menunjukkan bahwa LO masih memberikan hasil performansi yang baik dalam mengikuti perubahan. Estimasi kecepatan yang dihasilkan tetap konvergen ketika nilai input mengalami perubahan dari detik 0 ke detik 5 dengan waktu simulasi 10 detik.
- b. pengujian sensitivitas terhadap perubahan kondisi awal hasil respon menunjukkan ketahanan yang baik terhadap perubahan kondisi awal. Kedua kondisi tersebut masih berhimpit masih mampu dalam menyesuaikan estimasi kecepatan dengan sistem dalam waktu yang cukup singkat dalam mencapai keadaan stabil walaupun pada waktu 1.5 detik.
- c. Hasil pengujian LO masih tetap mampu memberikan estimasi keadaan sistem yang sebenarnya meskipun diberikan gangguan sebesar 2,5% dari *output* dengan waktu simulasi 10 detik. Hal ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan LO ini memiliki ketahanan yang cukup baik dalam menangani gangguan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

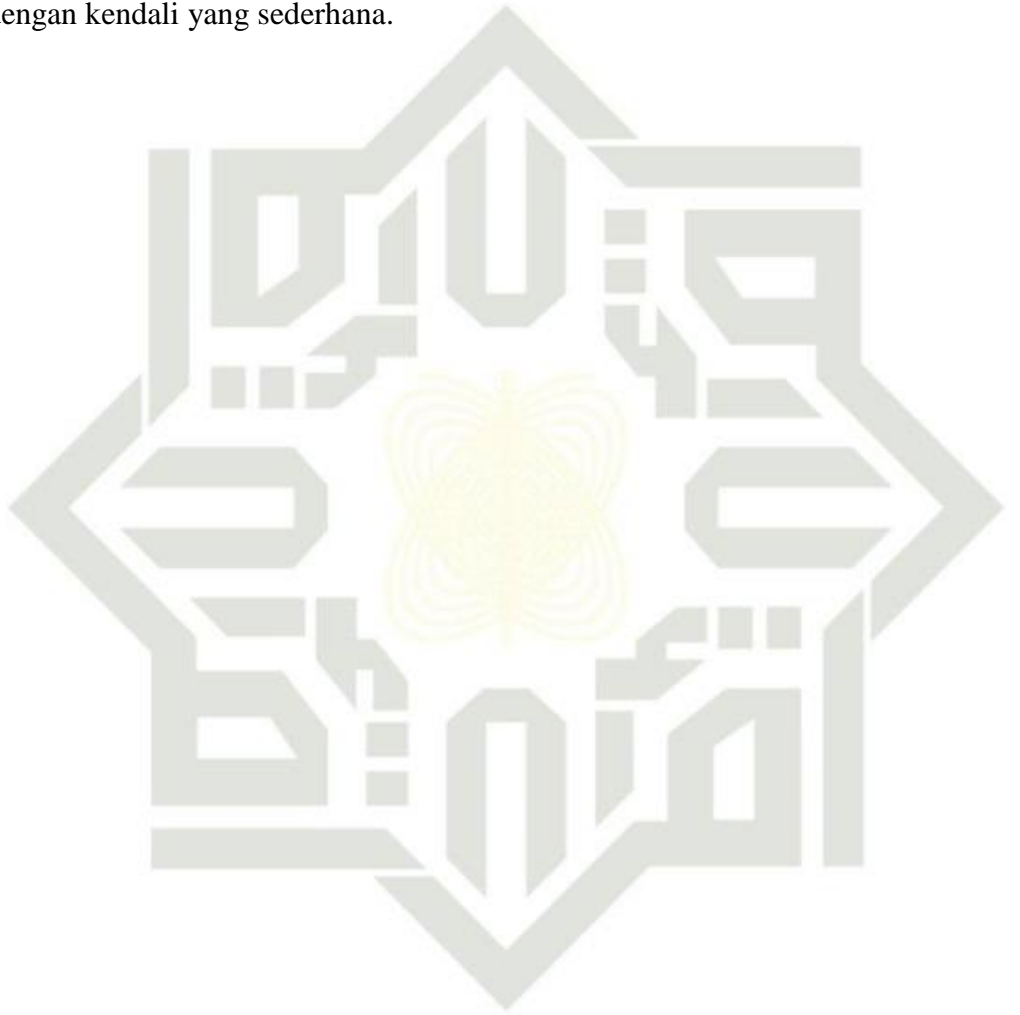
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti hanya melakukan estimasi kecepatan motor DC dalam memperkiraan keadan yang tidak dapat diukur secara langsung menggunakan LO dan hal ini dapat ditindaklanjuti untuk menambahkan kendali yang sederhana untuk memastikan bahwa *observer* ini baik digunakan dalam mengestimasi kecepatan pada motor DC meskipun dengan kendali yang sederhana.



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Kementrian perindustrian republik Indonesia, “Jadi Penggerak Ekonomi, Kontribusi Manufaktur Masih Tertinggi,” kemenperin.go.id. Accessed: Dec. 12, 2023. [Online]. Available: <https://kemenperin.go.id/artikel/24240/Jadi-Penggerak-Ekonomi,-Kontribusi-Manufaktur-Masih-Tertinggi->
- 2 Sri Hartanto, “Tegangan motor DC terhadap berat barang pada ban berjalan,” *J. Elektro*, vol. 10, no. 2, 2022.
- 3 A. T. Nugraha, L. A. Wahyudi, D. I. Y. Agna, and N. Novsyafantri, “Simulasi Pengaturan Kecepatan Motor DC Seri dengan Menggunakan Penyearah Terkendali,” *J. Sains dan Teknol. Elektro*, vol. 13, no. 01, pp. 9–20, 2023.
- 4 R. A. T. Adnan, “Kendali Posisi Motor DC Menggunakan Logika Fuzzy Interval Tipe 2 The Position Controlling of DC Motor Using Interval Type-2 Fuzzy Logic,” *Telka*, vol. 7, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- 5 R. S. Zulkifli, “Pengaruh Kendali Kecepatan Motor DC Pada Chopper Drive,” *J. Tek. Elektro dan Komput. TRIAC*, vol. 8, no. 2, pp. 39–43, 2021, doi: 10.21107/triac.v8i2.11277.
- 6 R. F. I. Fani Putri Utami, Dudi Darmawan, “Analisis Pengaruh Kestabilan Lyapunov Pada Sistem Kontrol Kecepatan Putar Motor Dc,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 3877–3885, 2017.
- 7 F. Firdaus, E. Priatna, N. Hiron, and N. Busaeri, “Prototype Sistem Kendali Kecepatan Motor Dc Dengan Proportional Integral Derivative (PID) Controller,” *J. ENERGY Electr. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 32–40, 2022.
- 8 B. Triyono, R. Fadilah, T. Tohir, and K. Kunci, “Implementasi Sistem Kendali Kecepatan Motor DC Berbasis PID Ziegler-Nichols Pada Alat Pengaduk Cairan Viskos,” *Pros. 14th Ind. Res. Work. Natl. Semin. Bandung*, pp. 586–592, 2023.
- 9 D. Dane, S. Sutedjo, and O. A. Qudsi, “Desain Buck Converter untuk Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Kontrol PI,” *PoliGrid*, vol. 2, no. 2, p. 52, 2021.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

M. M. Syeichu, P. W. Rusimamto, and I. G. P. A. Buditjahjanto, "Desain Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Dc Pada Prototipe Elevator Menggunakan Hybrid Fuzzy-Pid Controller," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 405–412, 2021.

K. N. Faizin and M. E. Echsony, "Pengaturan Kecepatan Motor DC Brushless Menggunakan Kontroller Fuzzy PI," *JEECAE (Journal Electr. ...)*, vol. 6, no. 1, pp. 20–24, 2021.

J. Mohd, N. H. Hoang, M. A. Hussain, and D. Dochain, "Review and classification of recent observers applied in chemical process systems Review and classification of recent observers applied in chemical process systems," *Comput. Chem. Eng.*, vol. 76, pp. 27–44, 2015, doi: 10.1016/j.compchemeng.2015.01.019.

E. Maharddhika and B. L. Widjiantoro, "Rancangan Observer Kecepatan Untuk Motor DC pada PLC," *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, pp. 236–241, 2020.

M. Zoni and A. Arzul, "Perancangan Full Order Observer Pada Sistem Sliding Mode Control Untuk Mengatasi Anti-Windup Berbasis LMI," *Sent. 2017 Semin. Nas. Tek. Elektro 2017*, pp. 1–12, 2017.

B. W. Harini, "Perbandingan Dua Observer Kecepatan Motor Arus Searah pada Sistem Kendali tanpa Sensor Kecepatan," *Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 11, no. 4, pp. 267–273, 2022.

T. Abut, "Control of a Dc Motor using Sensorless Observer Based Sliding Mode Control Method," *Int. J. Eng. Trends Technol. (IJETT)*, vol. 66, no. 2, pp. 66–72, 2018.

A. Fatiwa, "Perancangan auto tuning pi menggunakan logika fuzzy untuk mengendalikan kecepatan pada motor dc," *Skripsi*, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2021.

R. Luo, Z. Wang, and Y. Sun, "Optimized Luenberger Observer-Based PMSM Sensorless Control by PSO," *Model. Simul. Eng.*, p. 17, 2022.

D. R. Pattiapon, J. J. Rikumahu, and M. Jamlaay, "Penggunaan Motor Sinkron Tiga Fasa The Salient Pole Sebagai Generator Sinkron," *J. Simetrik*, vol. 9, no. 2, pp. 197–207,

2019, doi: 10.31959/js.v9i2.386.

[20] R. Krishnan, “Electric Motor Drives,” Prentice Hall, 2015.

[21] V. M. P. and R. M. N. Dr. B. M. Patre, “Sliding Mode Control of Ac Drives.,” *Conf. Rec. - IAS Annu. Meet. (IEEE Ind. Appl. Soc.*, no. April 2011, pp. 50–55, 1986.

[22] G. Ellis, “Control System Design Guide,” *Butterworth Heinemann*, 2012.

[23] K. Ogata, *Modern Control Engineering*. Prentice Hall, 1970.

[24] F. F. Akmal, E. Susanto, and M. R. Rosa, “Online Monitoring Dan Kontrol Besaran Tekanan Dan Aliran Pada Prototipe Perpipaian Minyak Dengan Menggunakan Linearquadratic Regulator Pada Networked Control System,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 5, pp. 4321–4330, 2021.

[25] F. Chou, “Optimal design of Luenberger reduced-order observer with low sensitivity for linear multivariable systems,” *sagepub*, no. 415, 2024.

[26] E. Hildebrandt, J. Kersten, A. Rauh, and H. Aschemann, “Robust interval observer design for fractional-order models with applications to state estimation of batteries,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 53, no. 2, pp. 3683–3688, 2020.

[27] A. Tjolleng, “Pengantar pemrograman MATLAB : Panduan praktis belajar MATLAB,” *PT Elex Media Komputindo*, 2019.

[28] I. F. Yuniahastuti, “pemrograman MATLAB,” in *unipma press*, 2021.

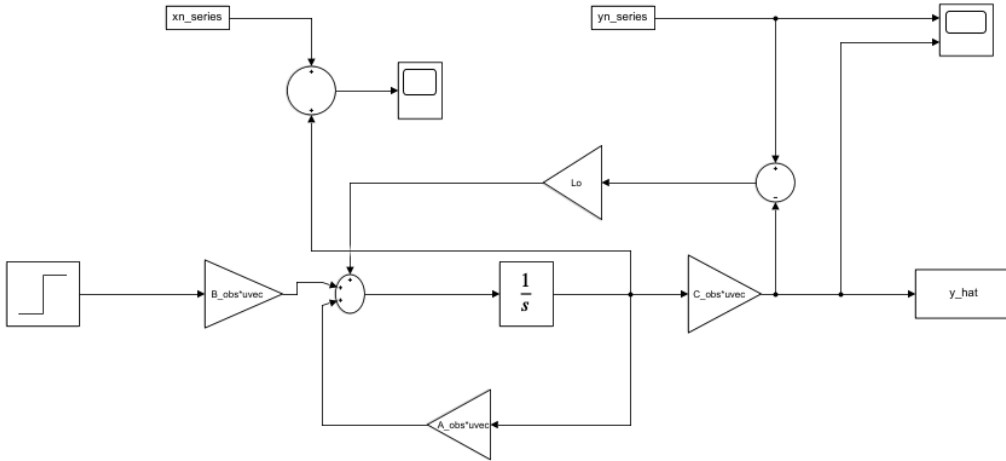
[29] T. Febrianti and E. Harahap, “Penggunaan Aplikasi MATLAB Dalam Pembelajaran Program Linear,” *J. Mat.*, vol. 20, no. 1, pp. 1–7, 2021.

[30] B. Cahyono, “Penggunaan Software Matrix Laboratory (Matlab) Dalam Pembelajaran Aljabar Linier,” *Phenomenon*, vol. 1, no. 1, pp. 45–62, 2013.

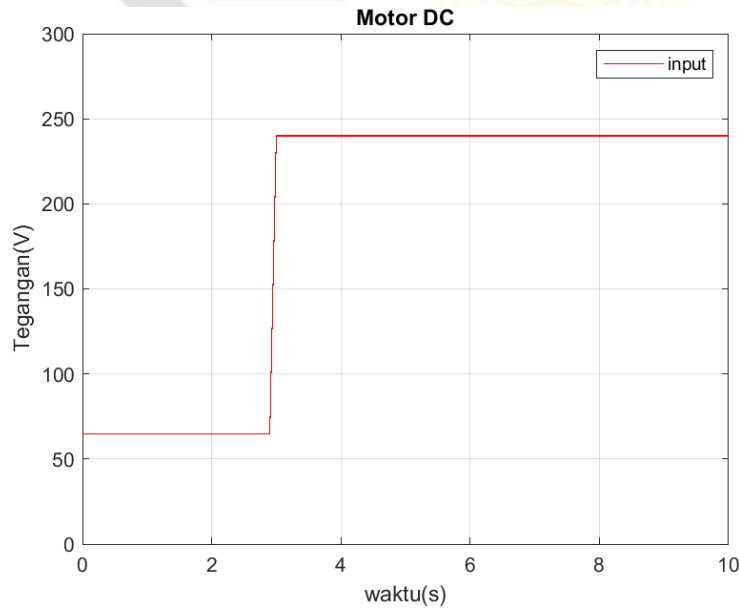
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang meng... tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN A



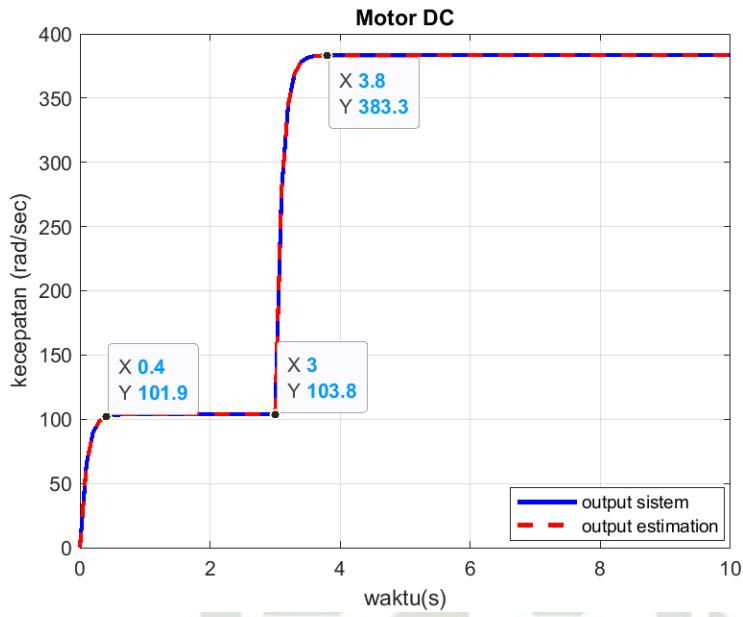
Gambar A1 Blok *simulink observer noise*



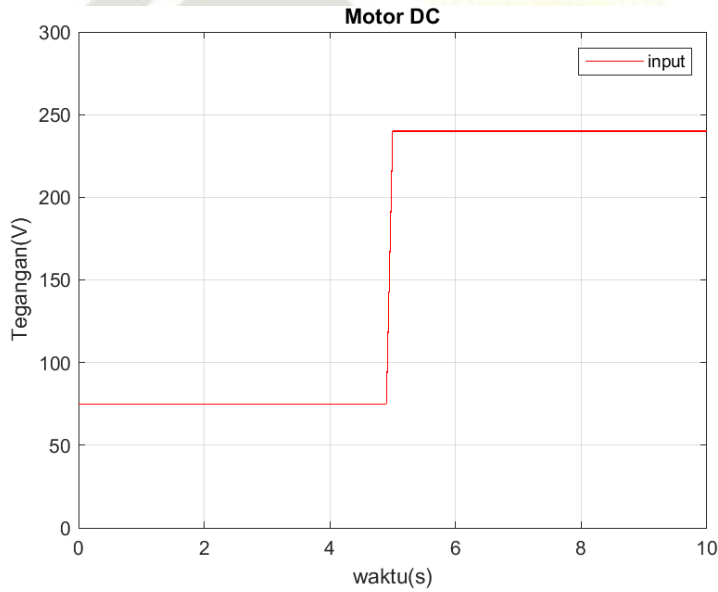
Gambar A2 perubahan *input* 65 V

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



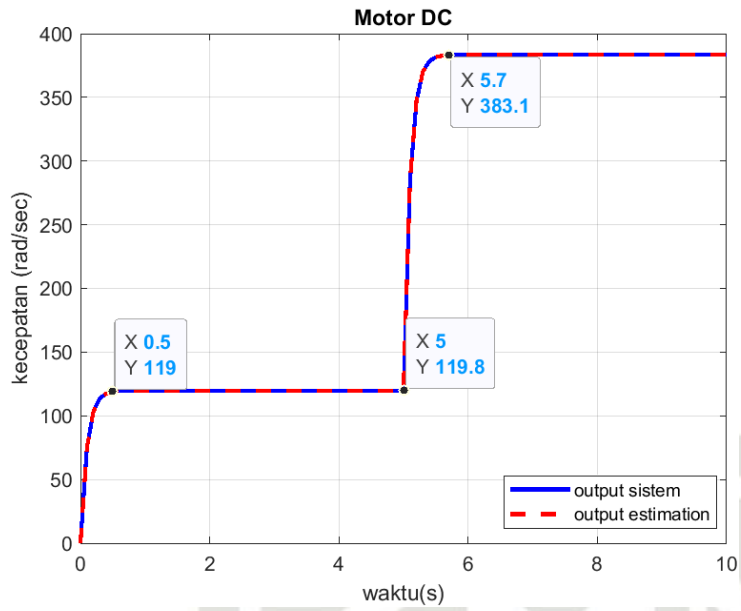
Gambar A3 Estimasi terhadap perubahan *input* 65 V



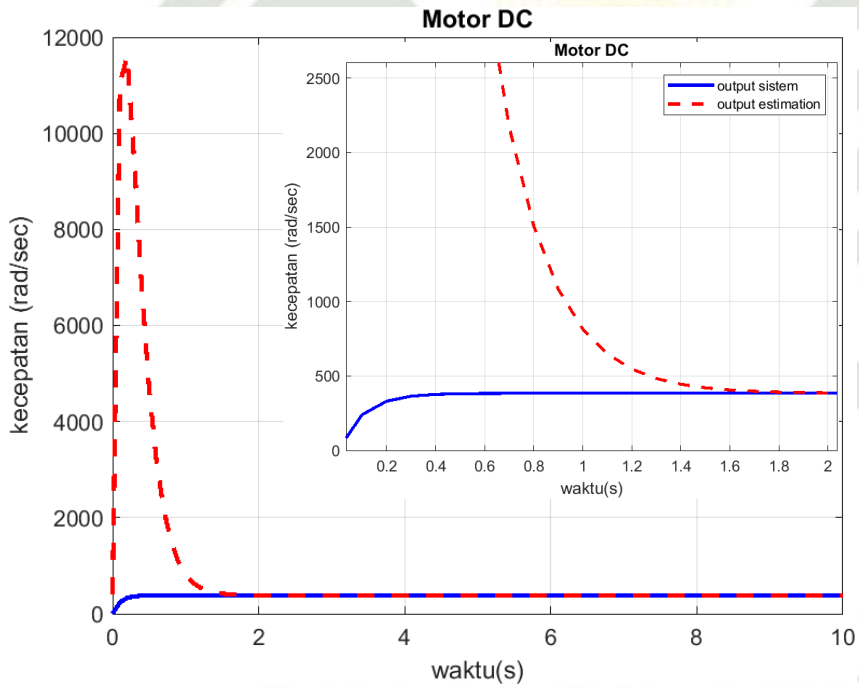
Gambar A4 perubahan *input* 75 V

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



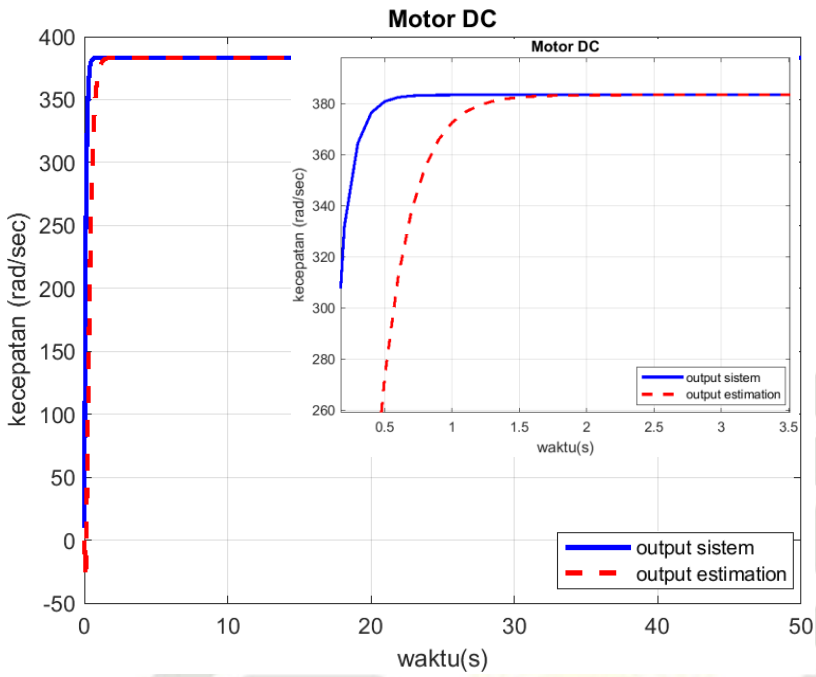
Gambar A5 Estimasi terhadap perubahan *input* 75 V



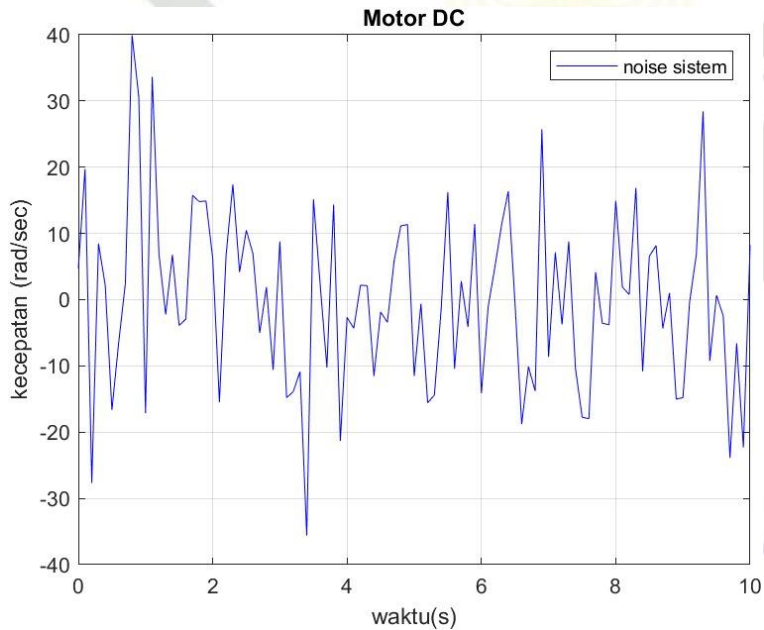
Gambar A6 Perubahan kondisi awal *observer*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



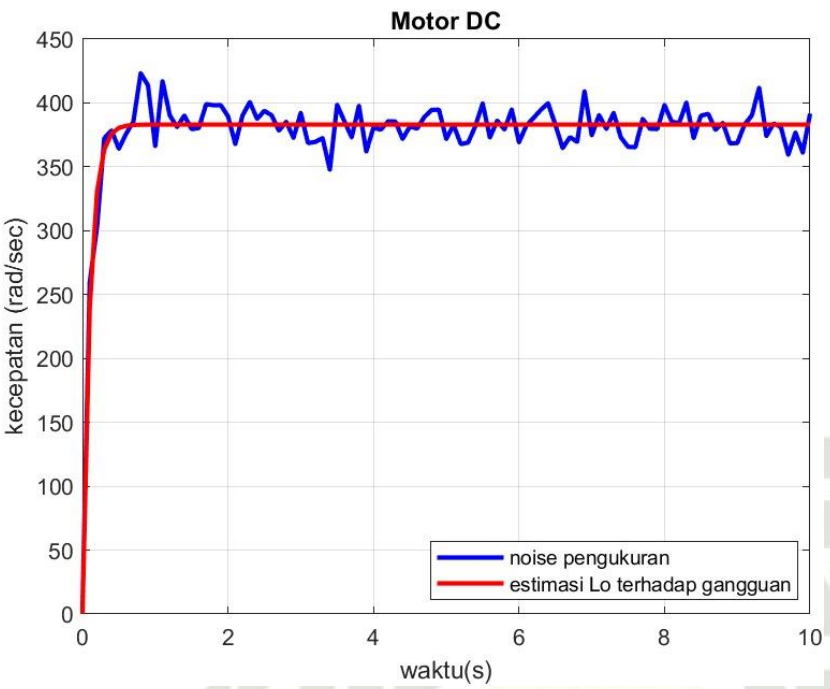
Gambar A7 Perubahan kondisi awal sistem



Gambar A8 Noise pengukuran 3,5%

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar A9 Estimasi terhadap penambahan *noise* 3,5%



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Kurnia Apriyanti lahir di Pulau Burung pada tanggal 15 Januari 2002 sebagai anak pertama anak dari bapak Junaidi dan Ibu Kasminar dengan jumlah saudara sebanyak 2 orang. Bertempat tinggal di PT.RSUP PKB Wilayah 1 km 03, Kecamatan Pulau Burung, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau. Penulis menempuh pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) Al-Hidayah Desa Hibrida Mulya UPT 1 GHS 2 lulus pada tahun 2008 kemudian melanjutkan ke Sekolah Dasar di SD Negeri 001 Tembilahan hulu dan lulus pada tahun 2014, kemudian di tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan Sekolah menengah pertama di SMP Negeri 2 Tembilahan Hulu dan lulus pada tahun 2017, Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan ke Sekolah menengah Kejuruan di SMK Negeri 2 Tembilahan dengan jurusan Teknik Audio Video dan lulus pada Tahun 2020. Setelah lulus SMK pada tahun 2020 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dengan mengambil program studi Teknik Elektro. Pada semester 3 penulis mengambil konsentrasi Elektronika Instrumentasi dan lulus pada tahun 2024.

Dengan karunia Allah SWT, ketekunan serta rasa motivasi yang tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir ini mampu memberikan manfaat dan kontribusi untuk siapa saja yang membutuhkannya.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas terselesaikannya tugas akhir yang berjudul **“Performansi Estimasi Kecepatan Sistem Motor Direct Current Menggunakan Luenberger Observer”**

No HP : 0822-8445-7074

Email : kurniaapriyanti151@gmail.com