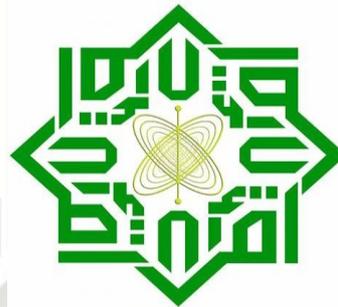


**PERFORMANSI LUENBERGER OBSERVER DALAM
MENGESTIMASI *LEVEL* PADA *CONTINUOUS*
*STIRRED TANK REACTOR (CSTR)***

TUGAS AKHIR

Dijadikan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi
Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



UIN SUSKA RIAU

Oleh :

FITO ALFARIDO

12050516235

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2024

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 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 LUENBERGER OBSERVER DALAM MENGESTIMASI *LEVEL* PADA *CONTINUOUS* *STIRRED TANK REACTOR (CSTR)*

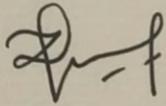
TUGAS AKHIR

oleh:

FITO ALFARIDO
12050516235

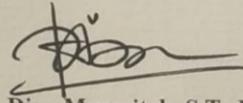
Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Juni 2024

Ketua Prodi Teknik Elektro



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

Pembimbing



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

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 PENGESAHAN

PERFORMANSI LUENBERGER OBSERVER DALAM MENGESTIMASI *LEVEL* PADA *CONTINUOUS* *STIRRED TANK REACTOR (CSTR)*

TUGAS AKHIR

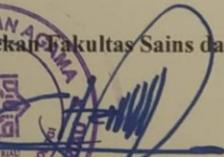
oleh :

FITO ALFARIDO
12050516235

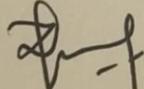
Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Juni 2024

Pekanbaru, 13 Juni 2024

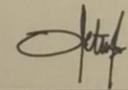
Mengesahkan,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Hasto, M.Pd
NIP. 19640301 199203 1 003

Ketua Prodi Teknik Elektro


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

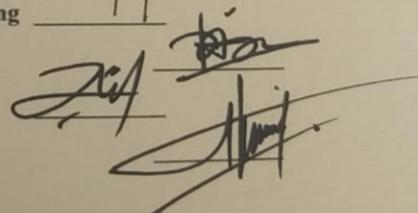
DEWAN PENGUJI:

Ketua : Ir. Oktaf B. Kharisma, ST., MT., IPM., APEC Eng 

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

Anggota 1: Aulia Ullah, S.T., M.Eng

Anggota 2: Ahmad Faizal, S.T., M.T



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

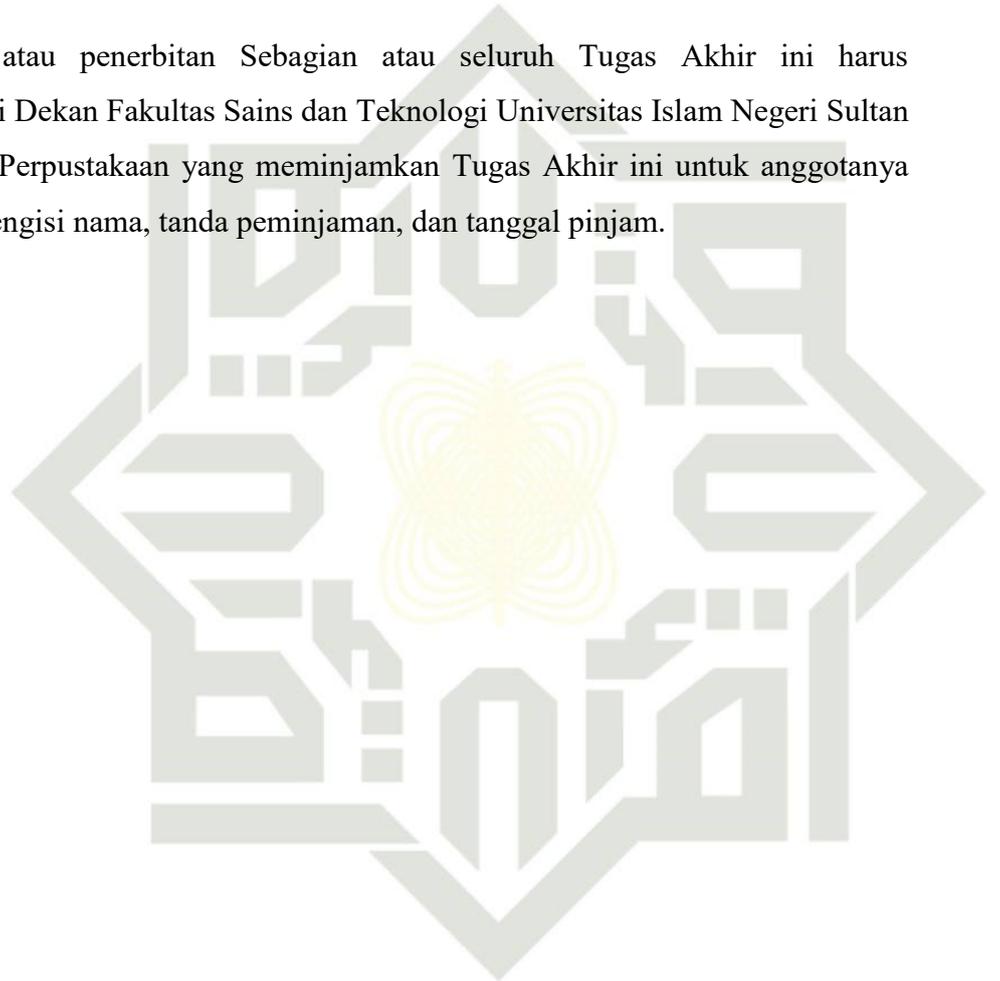
Penggandaan atau penerbitan Sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman, dan tanggal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

© Hak Cipta 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.



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 membuat 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
Yang membuat pernyataan,



Fito Alfarido
NIM. 12050516235

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

LEMBAR PESEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang

Barang siapa yang menghendaki kehidupan dunia, maka wajib baginya berilmu, dan barang siapa yang menghendaki kehidupan akhirat, maka wajib baginya berilmu, dan barang siapa yang menghendaki keduanya, maka wajib baginya berilmu.

(HR Tirmidzi)

Terima kasih Ya Allah...

Persembahkan sujud serta syukurku kepada-Mu ya Allah, zat yang maha pengasih namun tak pernah pilih kasih dan maha penyayang yang kasih sayang-Nya tak terbilang. Engkau dzat yang Maha membolak-balikkan hati, teguhkanlah hati ini di atas agama-Mu ya Allah. Lantunan shalawat beriring salam penggugah hati dan jiwa, menjadi persembahan penuh kerinduan pada sosok panutan umat, pembangun peradaban manusia yang beradab Nabi Besar Muhammad SAW.

Orang Tua Tercinta

Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa Terima Kasih yang tiada hentinya dalam mendukung, meridhoi, dan mencintai kesuksesan jalan hidup anak nya. Karya ini disusun dengan maksimal mungkin untuk dapat memberikan penghargaan kepada orang tua bahwa anak yang merek jaga dan sayangi telah tumbuh dan berkembang sebagai sosok yang membanggakan dan berbakti kepada orang tuanya. Tiada mungkin yang dapat kubalas hanya dengan selembar kertas bertuliskan kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah selanjutnya untuk membuat orang tua bahagia karena kusadari, selama ini belum bias berbuat lebih. Untuk orang tua yang selalu membuat saya termotivasi dan selalu melakukan hal yang lebih baik, Terima Kasih orang tuaku.

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Ibu Dian Mursyitah, S.T., M.T selaku dosen pembimbing Skripsi saya, Terima Kasih banyak kepada ibuk karena telah membantu dalam proses penyusunan dan pengerjaan Tugas Akhir selama ini, sudah dinasehati, sudah diajari dan mengarahkan saya sampai skripsi ini selesai.

PERFORMANSI LUENBERGER OBSERVER DALAM MENGESTIMASI *LEVEL* PADA *CONTINUOUS* *STIRRED TANK REACTOR (CSTR)*

FITO ALFARIDO
NIM : 12050516235

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

Dalam industri kimia CSTR digunakan secara luas untuk proses pencampuran. Pentingnya mengendalikan dan mengestimasi tinggi fluida dalam CSTR adalah untuk memastikan kinerja yang stabil dan efisien dari sistem. Penelitian ini membahas penggunaan Luenberger Observer (LO) untuk mengestimasi *level* dalam CSTR. Performansi LO dalam mengestimasi diuji dengan dua indikator yaitu sensitivitas dan kekokohan dalam menghadapi *noise*. Analisa sensitivitas dilakukan dengan mengubah input dan kondisi awal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa LO memberikan estimasi level yang akurat. LO juga sensitif terhadap perubahan input, terbukti ketika input diubah dari detik 0 ke detik 25 hasil estimasi masih mengikuti sistem sebenarnya. Perubahan kondisi awal juga teratasi dengan baik, terbukti dengan waktu konvergensi yang cepat pada detik 0,7. Selain itu LO juga memiliki ketahanan yang baik dalam menanggapi *noise* meskipun diberikan gangguan sebesar 0,25 %.

Kata kunci : CSTR, *level*, Luenberger Observer

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

LUENBERGER OBSERVER PERFORMANCE IN ESTIMATING LEVELS IN THE CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR (CSTR)

FITO ALFARIDO

NIM : 12050516235

Date of Final Exam : 13 June 2024

*Electrical Engineering Study Program
Faculty of Science and Technology
Sultan Syarif Kasim State Islamic University Riau
Soebrantas street No. 155 Pekanbaru*

ABSTRACT

In the chemical industry CSTR is widely used for mixing processes. The importance of controlling and estimating the fluid height in the CSTR is to ensure the stable and efficient performance of the system. This study discusses the use of Luenberger Observer (LO) to estimate levels in CSTR. The LO performance in estimating was tested with two indicators, namely sensitivity and robustness in the face of noise. Sensitivity analysis is performed by changing the input and initial conditions. The results of this study show that LO provides an accurate level estimate. LO is also sensitive to changes in inputs, as evidenced when the input is changed from 0 seconds to 25 seconds, the estimated results still follow the actual system. The change in initial conditions was also well resolved, as evidenced by a fast convergence time of 0.7 seconds. In addition, the LO also has good resistance in handling noise even though it is given a disturbance of 0.25%.

Keywords : CSTR, Level, Luenberger Observer



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada Penulis, sehingga Tugas Akhir dan Laporan Tugas Akhir dapat berjalan dengan lancar. Shalawat dan beriringkan salam mari kita hadiahkan kepada para hamba Nabi Muhammad SAW. Semoga kita mendapatkan syafa'at di yaumul makhsyar hatinya. Aamiin Ya Rabbal Alamin.

Atas bantuan dan bimbingan dari semua pihak sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan judul "Performansi Luenberger *Observer* dalam Mengestimasi *Level* pada *Continuious Stirred Tank Reactor (CSTR)*". Untuk itu, Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang ikut membantu dan membimbing dalam penyelesaian laporan ini, terutama kepada :

1. Allah SWT Subhanallahu WaTa'ala Tuhan yang Maha Esa.
2. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan semangat, moril maupun materil Serta do'a yang tiada hentinya kepada Penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Hairunas, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Dr. Hartono, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Ibu Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Bapak Sutoyo, S.T, M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
7. Bapak Ahmad Faizal, S.T., M.T. selaku Koodinator Tugas Akhir dan Dosen Penguji II Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
8. Bapak Aulia Ullah, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji I Tugas Akhir yang telah memberikan kritik dan saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Ibu Dian Mursyitah, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan banyak waktu, kritik, saran, dan pemikirannya sehingga Tugas Akhir dapat diselesaikan dengan baik dan maksimal.

10. Bapak/Ibu dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

11. Teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Elektro yang selalu membantu dan memberikan dukungannya kepada Penulis.

12. Dan seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dari awal melaksanakan Tugas Akhir yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sadar bahwa laporan ini masih banyak terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan baik itu dalam penyusunan dan pemilihan kosa kata. Oleh karena itu Penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun dari semua pihak yang ada agar laporan ini dapat lebih baik kedepannya.

Pekanbaru, 13 Juni 2024

Fito Alfarido
12050516235

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PESEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR RUMUS	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-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Penelitian Terkait.....	II-1
2.2 Landasan Teori	II-2
2.2.1 <i>Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>	II-2
2.2.2 Model Matematis Sistem CSTR.....	II-3
2.2.3 Dasar – Dasar Estimasi <i>State</i>	II-7
2.2.4 Analisis Sensitivitas dan Kekokohan	II-8
2.3 Luenberger <i>Observer</i>	II-8
2.3.1 Metode Luenberger <i>Observer</i>	II-8
2.3.2 Desain <i>Observer</i>	II-9
2.4 MATLAB.....	II-12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
3.1 Proses Alur Penelitian.....	III-1

© Hak Cipta ini 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.

3.2	Tahapan Penelitian.....	III-2
<p>1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:</p> <p>a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.</p> <p>b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.</p> <p>2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.</p>		
<p>© Hak cipta milik UIN Suska Riau</p>		
BAB IV	HASIL DAN ANALISA.....	IV-1
4.1	Gambaran Hasil Pengujian	IV-1
4.2	Analisa Hasil Simulasi <i>Level</i> Sistem CSTR	IV-1
4.3	Analisa Performansi Luenberger <i>Observer</i> dalam Mengestimasi <i>Level</i> pada sistem CSTR.....	IV-2
4.4	Analisa Sensitivitas Luenberger <i>Observer</i>	IV-3
4.5	Analisa Kekokohan Luenberger <i>Observer</i> Terhadap <i>Noise</i>	IV-6
BAB V	PENUTUP	V-1
5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran	V-1
<p>DAFTAR PUSTAKA</p> <p>LAMPIRAN A BLOK DIAGRAM <i>SIMULINK</i></p> <p>LAMPIRAN B HASIL ESTIMASI OBSERVER PADA SISTEM CSTR</p> <p>DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS</p>		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sistem CSTR	II-3
Gambar 2.2 Pipa Keluaran CSTR.....	II-4
Gambar 2.3 Tampilan MATLAB	II-10
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i>	III-1
Gambar 3.2 Blok Diagram CSTR	III-2
Gambar 3.3 <i>Simulink</i> sistem CSTR	III-4
Gambar 3.4 Blok Diagram LO	III-5
Gambar 3.5 <i>Simulink</i> LO	III-5
Gambar 4.1 Nilai <i>Input</i> pada Sistem CSTR	IV-1
Gambar 4.2 Hasil Keluaran Sistem CSTR	IV-2
Gambar 4.3 Hasil Keluaran dengan Menggunakan LO	IV-3
Gambar 4.4 Perubahan <i>Input</i>	IV-4
Gambar 4.5 Hasil Keluaran Menggunakan LO dengan Perubahan <i>Input</i>	IV-4
Gambar 4.6 Hasil Keluaran Menggunakan LO dengan Perubahan Kondisi Awal pada <i>Level</i> Estimasi.....	IV-5
Gambar 4.7 Hasil Keluaran Menggunakan LO dengan Perubahan Kondisi Awal pada <i>Level</i> Sistem	IV-6
Gambar 4.8 <i>Noise</i>	IV-6
Gambar 4.9 Hasil Keluaran Menggunakan LO saat diberikan <i>Noise</i> sebesar 2,5 %	IV-7
Gambar 4.10 Hasil Keluaran Menggunakan LO saat diberikan <i>Noise</i> sebesar 0,25 % ...	IV-7

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2 Parameter Sistem CSTR.....	II-6
Tabel 3 Jenis – Jenis blok <i>Simulink</i>	III-3
Tabel 3 Algoritma <i>Open Loop</i> Sistem CSTR.....	III-5
Tabel 3 Algoritma LO	III-6
Tabel 3 Algoritma LO dengan perubahan <i>input</i>	III-7
Tabel 3 Algoritma LO dengan perubahan kondisi awal.....	III-8
Tabel 3 Algoritma LO saat diberikan <i>noise</i>	III-8

© Hak Cipta dan Hak Milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta dan Hak Milik UIN 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.

DAFTAR RUMUS

	Halaman
Rumus Hukum Kestaraan <i>Volume</i>	II-3
Rumus Perubahan <i>Volume</i> pada tangki	II-3
Rumus Persamaan Kecepatan Aliran Keluaran	II-4
Rumus Persamaan Tekanan Hidrostatik	II-5
Rumus Deret <i>Taylor</i>	II-5
Persamaan <i>Transfer Function</i>	II-7
Persamaan Ruang Keadaan	II-9
Persamaan Keluaran Ruang Keadaan	II-9
Algoritma LO	II-9

© Hak cipta dimiliki UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

UIN 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.



DAFTAR SINGKATAN

© 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.

- CTR = *Continuous Stirred Tank Reactor*
- MRAC = *Model Reference Adaptive Control*
- SMC = *Sliding Mode Controller*
- MATLAB = *Matrix Laboratory*
- FOPDT = *First Orde Plus Dead Time*
- LQR = *Linier Quadratic Regulator*
- PID = *Propotional Integral Derivative*
- BLDC = *BrushLess Direct Current*
- AKF = *Augmented Kalman Filter*
- VS = *Virtual Sensing*
- Kc = *Konstanta Celah*



UIN SUSKA RIAU

BAB I

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan dunia industri mempengaruhi kehidupan manusia. Tanpa industri, kebutuhan masyarakat tidak dapat terpenuhi sebagian besar kebutuhan masyarakat berasal dari produk industri makanan dan minuman. Dalam industri makanan dan minuman, terjadi proses kimia industri seperti proses pencampuran. Proses pencampuran ini berlangsung dalam tangki pencampur dan menggabungkan dua atau lebih bahan mentah yang menjadi suatu produk bermanfaat dan bernilai tambah. Salah satu sistem pencampuran yang digunakan dalam industri adalah *Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)* [1].

CSTR adalah tangki berpengaduk dengan dinding yang terbuat dari bahan yang tahan terhadap reaksi kimia yang terjadi di dalamnya. CSTR memiliki kemampuan untuk menghasilkan produk secara konsisten dalam jumlah besar yang dimana cara kerjanya memasukkan fluida ke dalam tangki secara kontinu dan mengalirkannya melalui tangki dengan laju aliran. Sistem CSTR biasanya digunakan untuk mencampur dua cairan atau lebih umumnya ditemukan pada industri makanan, minuman dan berbagai industri lainnya. Pada sistem CSTR terdapat beberapa variabel yang dapat dikendalikan antara lain konsentrasi, *level*, temperature, tekanan, laju aliran dan lain sebagainya. Oleh karena itu, sistem CSTR termasuk dalam sistem CSTR *non-linier multivariable* [1].

Pada tugas akhir ini, fokus penelitian adalah parameter *level*. Pengukuran *level* yang tidak akurat dapat menyebabkan gangguan dalam proses produksi, seperti fluida tumpah atau tangki yang kosong. Oleh karena itu, *level* penting diobservasi untuk menjaga proses agar mencegah terjadinya kondisi banjir dan kekeringan di dalam tangki. Jika fluida yang masuk melebihi fluida yang keluar, *level* cenderung meningkat atau sebaliknya. Maka pengetahuan akan *level* dalam CSTR menjadi penting. Selain itu, *level* dapat berdampak pada produksi fluida yang memiliki konsentrasi berbeda, karena dengan *level* tertentu, konsentrasi fluida dapat berubah [2]. Sejauh ini, penelitian tentang sistem CSTR berfokus hanya pada pengendalian *level*.

Beberapa penelitian tentang pengendalian *level* telah banyak dilakukan seperti penggunaan kendali MRAC-PD [1], Fuzzy [2], LQR-PD [3], Hybrid SMC – PID [4], FOPDT [5]. Sejumlah penelitian pengendalian *level* menunjukkan performansi yang baik. Namun disebutkan masih terdapat beberapa kekurangan. Seperti waktu yang lama dalam



capaian *setpoint* [3], masih terdapat *error* atau tidak tercapainya *setpoint* [5]. Kemudian, pengendalian *level* pada CSTR seperti yang telah disebutkan di atas menggunakan kombinasi matematis dua pengendali yang di mana secara matematis memiliki model matematis yang kompleks. Kompleksnya model matematis juga berakibat pada masalah numerik saat membuat algoritma pemrograman. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang lebih sederhana, namun dapat mendukung kinerja pengendali, bahkan pengendali yang sederhana sekalipun.

Selain itu, suatu pengendalian membutuhkan sensor untuk pengukuran variabel yang akan dikendalikan. *Feedback* dari sensor berfungsi untuk memberikan informasi terkait posisi, kecepatan, suhu, tekanan, *level* yang akan diberikan kepada pengendali. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sensor memiliki beberapa kelemahan seperti ketidakpastian dalam pengukuran, dan tidak semua dapat diukur menggunakan sensor. Lebih lanjut, biaya dan kompleksitas yang tinggi [6]. Kelemahan – kelemahan ini perlu dipertimbangkan dengan serius. Untuk itu, diajukan penggunaan *observer* sebagai pengganti sensor. *Observer* digunakan untuk mengestimasi keluaran/*output* dari sistem untuk selanjutnya dilaporkan kepada pengendali. *Observer* memiliki beberapa jenis seperti Luenberger [7], *Extended Kalman Filter* [8], *High Gain Observer*[9], *Kalman Filter* [10] dan lain sebagainya. Sejumlah jenis *observer* dapat memperkirakan pengukuran yang tidak dapat diukur secara langsung. Beberapa *observer* yang telah disebutkan metode LO untuk sistem linier dan memiliki keunggulan dalam kestabilan. Selain itu, dengan penggunaan LO memungkinkan linierisasi dilakukan pada sistem. Sehingga sistem yang tadinya kompleks karena *non-linier* menjadi lebih sederhana.

Observer bekerja dengan mengakomodir *state* yang tidak didapatkan dari keluaran sehingga dapat dibuat estimasi *state* yang mengikuti dinamika sistem yang ada, hal ini dikemukakan oleh Luenberger. LO memperoleh informasi yang akurat tentang *state* variabel sistem untuk mengoptimalkan kinerja dan mengatasi ketidakpastian. Namun, dalam banyak kasus, *state* variabel tidak dapat diukur secara langsung, sehingga dibutuhkan sebuah metode untuk mengestimasi *state* tersebut. Sistem yang dirancang untuk membuat estimasi *state* berdasarkan model matematis sistem dan informasi yang diukur [11] LO bekerja dengan memanfaatkan model matematis sistem untuk membuat estimasi *state* yang mengikuti dinamika sistem yang sebenarnya. *Observer* ini menerima masukan dari pengukuran yang tersedia dan menggunakan model sistem untuk memprediksi *state* variabel yang tidak dapat

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

diukur secara langsung. Dengan cara ini, LO memberikan estimasi yang akurat tentang keadaan sistem, bahkan ketika tidak semua *state* variabel dapat diukur secara langsung [12].

Berdasarkan pengetahuan penulis, belum ada penelitian lebih lanjut mengenai observer khususnya dalam estimasi *level* pada CSTR. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk mengestimasi *level* pada CSTR dan menguji kekokohnya terhadap gangguan. Pengujian kekokohan terhadap metode LO dilakukan berdasarkan simulasi dan analisis. Berdasarkan uraian di atas “**PERFORMANSI LUENBERGER OBSERVER DALAM MENGESTIMASI LEVEL PADA CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR (CSTR)**” menjadi Tugas Akhir yang diajukan.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana performansi LO dalam mengestimasi *level* pada sistem CSTR. Performansi estimasi nantinya akan diujikan melalui pengujian kekokohan dan sensitivitas

1.3 Tujuan Penelitian

Menghasilkan performansi yang baik dalam mengestimasi *level* pada sistem CSTR. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, yaitu pengujian kekokohan dan sensitivitas.

1.4 Batasan Masalah

1. Pemodelan sistem CSTR berdasarkan penelitian sebelumnya [2].
2. Variabel yang dikendalikan adalah estimasi *level* pada CSTR
3. Pengujian kinerja desain kendali dikerjakan dengan cara simulasi MATLAB 2018a.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mendapatkan wawasan tentang Luenberger Observer.
2. Sebagai referensi tambahan untuk penelitian berikutnya.
3. Dapat digunakan untuk sebagai panduan dalam menerapkan sistem kendali pada proses industri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2. Penelitian Terkait

Penulis melakukan studi pustaka dalam penelitian Tugas Akhir ini untuk menentukan sumber-sumber yang sesuai untuk studi kasus yang akan diselesaikan. Referensi yang terkait dengan “Performansi Luenberger Observer dalam Mengestimasi *Level* Pada *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR)” dapat dilihat dari beberapa berbagai sumber yang terkait sebagai berikut:

Penelitian penggunaan kendali MRAC-PD [1], Fuzzy [2], LQR-PD [3], Hybrid SMC – PD dan FOPDT [5]. Sejumlah penelitian pengendalian *level* menunjukkan performansi yang baik. Namun, disebutkan masih terdapat beberapa kekurangan. Seperti waktu yang lama dalam pencapaian *setpoint* [3], masih terdapat *error* atau tidak tercapainya *setpoint* [5].

Penelitian *Real Time Simulation and Experimental Implementation of Luenberger Observer-Based Speed Sensor Fault Detection of BLDC motors* diajukan sebagai penelitian kedua. Dari penelitian tersebut menyatakan bahwa LO diimplementasikan secara praktis dan dievaluasi secara eksperimental dalam aplikasi waktu nyata. Ini menunjukkan kemampuan LO untuk beroperasi dengan respons yang cepat dan akurat dalam lingkungan yang dinamis seperti operasi motor BLDC [7]. Penelitian ketiga dengan *Compensation of Current Sensor Faults in Vector-Controlled Induction Motor Drive Using Extended Kalman Filters*. Dari penelitian ini menyatakan bahwa EKF digunakan untuk memulihkan estimasi arus stator dalam kejadian kegagalan sensor arus (CS) karena kemampuannya untuk memberikan estimasi yang akurat bahkan dalam situasi ketidakpastian atau gangguan seperti kegagalan peralatan pengukuran [8].

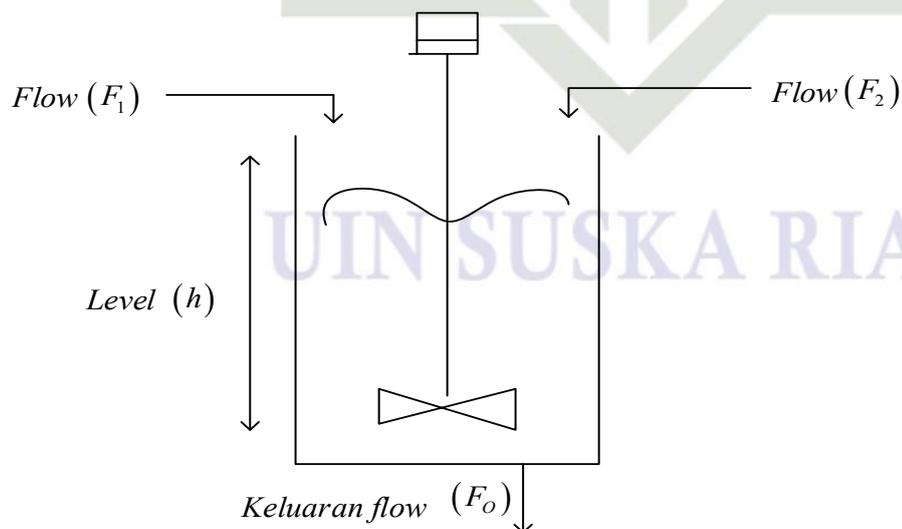
Penelitian *coupled tank state estimation using a high-gain like observer* dapat diajukan sebagai penelitian keempat. Dari penelitian tersebut menyatakan bahwa *high gain observer* diusulkan untuk mengestimasi tingkat air dalam tangki, yang merupakan variabel penting dalam sistem tangki terhubung. Kemampuan untuk melakukan estimasi yang akurat dari tingkat air adalah kunci untuk mengendalikan sistem secara efektif [9]. Penelitian kelima dengan *An adaptive-noise Augmented Kalman filter approach for input-state estimation in structural dynamics*. Dari penelitian tersebut menyatakan bahwa *Augmented Kalman Filter* (AKF), digunakan untuk memprediksi respons lapangan penuh dan *input* yang tidak dapat diukur secara simultan. Hal ini penting dalam mengatasi tantangan *Virtual Sensing* (VS) untuk memulihkan secara operasional penuh dari sistem yang hanya diukur pada posisi terbatas [10].

Dari hasil studi pustaka, metode *observer* telah banyak dilakukan. Pada penelitian [8], [9], [10] observer dapat memperkirakan keadaan sistem yang tidak dapat diukur secara langsung berdasarkan informasi yang diukur. Selain itu, penelitian [7] *Observer* dapat menghasilkan perkiraan yang sama pada sistem yang sebenarnya. Oleh sebab itu, pada Tugas Akhir ini penulis menggunakan LO untuk mengestimasi *level* pada sistem. Berdasarkan penjabaran di atas “**PERFORMANSI LUENBERGER OBSERVER DALAM MENGESTIMASI LEVEL PADA CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR (CSTR)**” menjadi Tugas Akhir yang diajukan.

2. Landasan Teori

2.1 Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)

CSTR adalah tangki pengaduk yang umumnya digunakan pada industri-industri kimia yang memerlukan pencampuran dua atau lebih fluida. Aplikasi CSTR banyak digunakan di industri makanan, minuman, dan bioteknologi atau pada industri yang memerlukan proses pencampuran fluida [13]. CSTR merupakan sistem *non-linier multivariabel*, hal ini ditunjukkan oleh banyaknya variabel yang dapat dikendalikan diantaranya yaitu tekanan (*pressure*), suhu (*temperature*), laju aliran (*flow*), ketinggian (*level*), konsentrasi (*concentration*) [14]. Sistem CSTR harus memompakan dan menyimpannya dalam tangki penyimpanan karena *level* cairan merupakan variabel yang harus dikendalikan. Hal ini karena ketika *level* cairan turun, proses lainnya terhenti dan menurunkan kualitas produk yang dibutuhkan dan menimbulkan kerugian besar bagi industri [15]. Sistem CSTR dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Sistem CSTR [2].

Dengan demikian, gambar 2.1 dapat ditampilkan bahwa sistem CSTR menimbulkan kerugian besar bagi industri. Hal ini karena *level* cairan turun, proses lainnya terhenti dan menurunkan kualitas produk yang dibutuhkan. Maka dari itu sistem CSTR memerlukan pemodelan matematis untuk mengestimasi *level* dengan baik. Dapat dilihat blok diagram CSTR sebagai berikut:

2.2 Model Matematis Sistem CSTR

Berdasarkan hukum kesetaraan volume tangki dengan asumsi tidak adanya material yang keluar dalam bentuk uap, maka pemodelan matematis sistem dapat ditulis sebagai berikut :

$$\sum V = 0 \quad (2.1)$$

$$F_{in} - F_{out} = \frac{dV}{dt} \quad (2.2)$$

Volume dalam tangki merupakan hasil perkalian dari luas permukaan tangki (A) dengan perubahan *level* (h) dalam tangki, sehingga dapat ditulis :

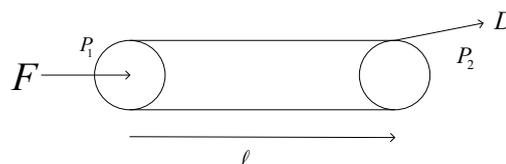
$$dV = Adh \quad (2.3)$$

Lalu disubstitusikan persamaan (2.2) ke persamaan (2.3) sehingga persamaan menjadi seperti di bawah ini :

$$\frac{Adh}{dt} = F_{in} - F_o \quad (2.4)$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{A} F_{in} - \frac{1}{A} F_o \quad (2.5)$$

Kecepatan aliran keluaran (F_o) tergantung dari ketinggian (h) permukaan dalam tangki, dan luas diameter pipa (D). Nilai konstanta celah (K_C) didapat dari ilustrasi gambar 2.2



Gambar 2.2 Pipa Keluaran CSTR [1].

Berdasarkan ilustrasi gambar 2.2 dapat ditulis :

$$F_o = \frac{D}{pl} \sqrt{h} \quad (2.6)$$

Dimana $P_1 > P_2$

tekanan $\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$

Laju Aliran $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

D = Diameter Pipa (m)

l = Panjang Saluran Keluar (m)

P = Panjang Pipa (m)

h = Laju Aliran Keluar pada Tangki $\left(\frac{m^3}{h}\right)$

Berdasarkan persamaan (2.6) dapat disubstitusikan dengan rumus tekanan hidrostatik [16] dapat ditulis sebagai berikut :

$$P = \rho gh \quad (2.7)$$

$$F_o = \frac{D}{pl} \sqrt{\frac{h}{K_c}} \quad (2.8)$$

$$F_o = \frac{D}{pl} \sqrt{\frac{h}{K_c}} \quad (2.9)$$

Dengan demikian, Kecepatan Aliran Keluaran (F_o) ditentukan oleh ketinggian (h) permukaan dalam tangki, Luas Diameter Pipa (D), dan konstanta celah (K_c) sebagai berikut :

$$\frac{D}{pl} \sqrt{\frac{h}{K_c}} \quad (2.10)$$

Sehingga persamaan (2.9) menjadi seperti di bawah ini :

$$F_o = K_c \sqrt{h} \quad (2.11)$$

Kemudian *input* (F_{in}) dari sistem CSTR, yang berisi dua *input* dengan variabel konsentrasi

bernilai konstan adalah :

$$F_{in} = F_1 + F_2 \quad (2.12)$$

Nilai F_1 dan F_2 ditunjukkan tabel 2.1 maka disubstitusikan persamaan (2.11) dan (2.12) ke persamaan (2.5) sehingga didapat persamaan matematis untuk pengendalian *level* sebagai berikut

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{A}(F_1 + F_2) - \frac{K_C}{A}\sqrt{h} \quad (2.13)$$

Berdasarkan persamaan (2.13) model matematika dari sistem *level* pada CSTR adalah *non-linear*, untuk kepastian desain LO yang membutuhkan model matematis sistem *linier* maka perlu dilakukan linearisasi. Linearisasi dapat dilakukan menggunakan deret *taylor* [17]. Sebagai berikut :

$$f(x) = f(x_0) + \frac{f'(x_0)}{1!}(x-x_0) + \frac{f''(x_0)}{2!}(x-x_0)^2 + \dots + \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}(x-x_0)^n \quad (2.14)$$

Setelah mendapatkan teori deret *taylor*, linearisasi dapat menggunakan *first orde* (orde pertama) dari rumus deret *taylor*. Persamaan (2.13) dapat mempertimbangkan fungsi $f(\sqrt{h}, F_{in})$ dari variabel h dan F_{in} yaitu :

$$f(x) = f(h, F_{in}) + \left(\frac{df(x)}{dh} \right)_{(\sqrt{h}=\sqrt{h_0})} (\sqrt{h} - \sqrt{h_0}) + \left(\frac{df(x)}{dF_{in}} \right)_{F_{in}=F_{in0}} (F_{in} - F_{in0}) \quad (2.15)$$

$$= \frac{1}{A}F_{in0} - \frac{K_C}{A}\sqrt{h_0} + \left(-\frac{K_C}{A} \right) (\sqrt{h} - \sqrt{h_0}) + \frac{1}{A}(F_{in} - F_{in0}) \quad (2.16)$$

$$= \frac{1}{A}F_{in} - \frac{K_C}{2A\sqrt{h}} \quad (2.17)$$

dengan persamaan (2.17) dapat dilihat bahwa fungsi CSTR adalah *non-linier*.

Tabel 2.1 Parameter Sistem CSTR

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Aliran 1	F_1	0.15	$\frac{m^3}{s}$
Aliran 2	F_2	0.6	$\frac{m^3}{s}$
Volume	V	1	m^3
Luas Permukaan Tangki	A	1	m^2
Konstanta Celah	K_C	0.5-1	SI

Berdasarkan persamaan (2.16) linierisasi dilakukan dengan memasukkan nilai K_C dan A yang sesuai dengan nilai parameter sistem CSTR pada Tabel 2.1. Linierisasi dilakukan pada titik $h = 0$ yaitu :

$$\frac{dh}{dt} = F_{in} - \frac{0.5}{1.4142} \quad (2.18)$$

$$\frac{dh}{dt} = F_{in} - 0.3535 \quad (2.19)$$

Selanjutnya hasil dari persamaan (2.19) akan diubah ke fungsi alih (*transfer function*) sebagai berikut :

$$\frac{H(s)}{F_{in}(s)} = \frac{1}{s + 0.3535} \quad (2.20)$$

$$H(s)(s + 0.3535) = F_{in}(s) \quad (2.21)$$

$$sH(s) + 0.3535H(s) = F_{in}(s) \quad (2.22)$$

$$i \dots 3535(t) + F_{in}(t) \quad (2.23)$$

Selanjutnya persamaan (2.23) mendapatkan hasil persamaan ruang keadaan (*state space equation*) sebagai berikut :

2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak 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.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 © Hak Cipta milik UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Saif Kasim Riau



$$A = [-0.3535]$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip, sebagian atau seluruhnya karya ini tanpa menyebutkan sumber; 2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah. 3. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau. 4. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.3 Dasar – Dasar Estimasi State

Dasar – dasar estimasi *state* melibatkan prinsip matematika yang digunakan untuk memperkirakan nilai dari *state* variabel suatu sistem berdasarkan data yang diukur. Prinsip tersebut untuk mengatasi keterbatasan dalam pengukuran langsung. Beberapa prinsip dasar estimasi sebagai berikut :

Model Sistem :

Estimasi *state* biasanya didasarkan pada model matematis sistem yang menjelaskan hubungan antara *state* variabel, masukan, dan keluaran sistem. Model ini bisa berupa model fisika berdasarkan hukum fisika yang mengatur sistem, atau model statistik berdasarkan data yang diamati.

Pengamatan :

Data yang diamati dari sistem digunakan sebagai masukan ke dalam proses estimasi. Pengamatan ini mungkin tidak langsung menggambarkan *state* variabel yang ingin diestimasi, dan bisa menjadi mengandung noise atau ketidakpastian.

3. Prediksi :

Estimasi *state* diperbarui secara berulang menggunakan pendekatan prediksi – koreksi. Pada tahap prediksi, estimasi *state* berikutnya diperkirakan berdasarkan model sistem dan estimasi sebelumnya.

4. Koreksi :

Pada tahap koreksi, estimasi yang diprediksi diperbarui berdasarkan data yang diamati. Ini dilakukan dengan memperhitungkan perbedaan antara pengamatan aktual dan prediksi yang diberikan oleh model [18].



2.2.4 Analisis Sensitivitas dan Kekokohan

Merupakan bagian penting dari pengendalian proses industri, karena memungkinkan kita untuk memahami bagaimana sistem merespons terhadap variasi parameter dan gangguan eksternal. Adapun konsep dari kedua analisis sebagai berikut :

1. Analisis Sensitivitas

Sensitivitas menggambarkan seberapa besar perubahan dalam *output* sistem sebagai respons terhadap perubahan dalam parameter atau kondisi *input* tertentu. Analisis sensitivitas digunakan untuk mengidentifikasi parameter kunci dalam sistem yang perlu diatur dengan hati-hati untuk mencapai kinerja yang diinginkan dan membantu dalam memahami seberapa stabil sistem terhadap variasi parameter, pengujian sensitivitas dapat dilakukan adanya perubahan *input* dan perubahan kondisi awal pada sistem.

2. Analisis kekokohan

Kekokohan merujuk pada kemampuan sistem untuk menjaga kinerja yang baik meskipun adanya gangguan eksternal. Analisis kekokohan melibatkan menguji respons sistem terhadap gangguan menggunakan teknik simulasi atau eksperimen. Sistem dikatakan kokoh jika kinerjanya tetap stabil atau sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan meskipun terjadi gangguan. Sebaliknya, jika gangguan tersebut menyebabkan perubahan yang signifikan dalam kinerja sistem, maka sistem tersebut dianggap tidak kokoh. Analisis kekokohan membantu dalam merancang sistem kendali yang dapat berfungsi secara efektif di bawah berbagai kondisi operasional dan mengurangi risiko kegagalan sistem karena gangguan.

Berdasarkan kedua analisis tersebut penting untuk memastikan bahwa *observer* dapat menanggapi perubahan parameter atau gangguan dengan baik tanpa mengganggu kinerja atau kestabilan sistem. Analisis sensitivitas dan kekokohan yang akan dilakukan untuk memastikan performansi *observer* bekerja dengan baik dan akurat [19].

2.3 Luenberger Observer

2.3.1 Metode Luenberger Observer

LO adalah suatu metode dalam teori kendali yang digunakan untuk mengamati atau memperkirakan nilai variabel yang sulit atau mahal untuk diukur secara langsung menggunakan sensor. LO dibangun menggunakan model matematis sistem. Persamaan ini mencoba mereplikasi perilaku variabel yang diamati tanpa memerlukan pengukuran langsung variabel [12].

Dalam teori kendali, setiap sistem dinamis dapat diwakili oleh model matematis. LO memanfaatkan model ini untuk membangun persamaan *observer* yang mencerminkan dinamika sistem. LO biasanya diintegrasikan kembali ke sistem sebagai umpan balik (*feedback*). Informasi dari *observer* digunakan untuk membuat penyesuaian pada masukan atau kondisi operasional sistem. LO secara khusus dirancang untuk mengestimasi variabel yang tidak dapat diukur atau sulit diukur secara langsung. Hal ini termasuk variabel yang mungkin terletak di dalam proses atau tidak dapat diakses dengan mudah [11].

2.2.2 Desain Observer

Representasi sistem CSTR dalam bentuk persamaan ruang keadaan (*state space equation*) adalah :

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \quad (2.24)$$

$$y(t) = Cx(t) + Du(t) \quad (2.25)$$

Dimana $x(t) \in R^n$ merupakan *state* sistem, $u(t) \in R^q$ merupakan *input* sistem, dan $y(t) \in R^p$ merupakan *output* sistem $A \in R^{n \times n}$, $B \in R^{q \times n}$, $C \in R^{p \times n}$ adalah matriks dalam *state observer*. Merupakan gangguan pada *output*. Algoritma LO dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\dot{\hat{x}}(t) = A\hat{x}(t) + Bu(t) + K(t)(y(t) - \hat{y}) \quad (2.26)$$

Berdasarkan persamaan (2.26). Algoritma LO memungkinkan untuk mengestimasi variabel *state* yang tidak dapat diukur secara langsung sebelum perancangan dilakukan pada sub bab selanjutnya.

2.4 Pole Placement

Pole placement adalah teknik dalam teori kendali yang digunakan untuk menempatkan letak *pole* dari sistem kendali tertutup sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Ini biasanya dilakukan dengan memilih pengendali atau *observer* yang sesuai, seperti pengendali *state-feedback* atau *observer state-feedback*. Teknik ini sangat berguna untuk mencapai karakteristik dinamis tertentu seperti kecepatan respons, stabilitas, dan peredaman. berikut adalah berbagai kondisi yang berkaitan dengan letak *pole*:



1. Stabil

Sistem bisa dikatakan jika semua *pole* berada di sebelah kiri sumbu imajiner di bidang kompleks ($\text{Re}(s) < 0$). Sistem yang stabil akan kembali ke keadaan setimbang setelah mengalami gangguan. Contoh :

$$\begin{aligned} x^2 + 4x + 4 &= 0 \\ (x + 2)(x + 2) & \\ x_1 &= -2 \\ x_2 &= -2 \end{aligned}$$

2. Tidak Stabil (*Unstable*)

Sistem dikatakan tidak stabil jika ada satu atau lebih *pole* yang berada di sebelah kanan sumbu imajiner di bidang kompleks ($\text{Re}(s) > 0$). Sistem yang tidak stabil akan divergen atau bergerak menjauh dari keadaan setimbang setelah mengalami gangguan. Contoh :

$$\begin{aligned} x^2 - 4x - 4 &= 0 \\ (x - 2)(x - 2) & \\ x_1 &= 2 \\ x_2 &= 2 \end{aligned}$$

3. Titik Pelana (*Saddle Point*)

Sistem memiliki titik pelana jika ada *pole* dengan bagian nyata positif dan *pole* lainnya dengan bagian nyata negatif. Sistem ini bersifat tidak stabil karena keberadaan *pole* di sebelah kanan sumbu imajiner. Contoh:

$$\begin{aligned} x^2 + 4x - 12 &= 0 \\ (x - 2)(x + 6) & \\ x_1 &= 2 \\ x_2 &= -6 \end{aligned}$$

4. Fokus Stabil (*Stable Focus*)

Fokus stabil terjadi ketika *pole* kompleks konjugat dengan bagian nyata negatif. Sistem yang memiliki fokus stabil akan menunjukkan osilasi yang teredam menuju keadaan setimbang. Contoh :

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.

$$x^2 + 2x - 2 = 0$$

$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\frac{-2 \pm \sqrt{(2)^2 - 4.1.(-2)}}{2.1}$$

$$-2 \pm \sqrt{3}$$

$$x_1 = -2 + \sqrt{3}$$

$$x_2 = -2 - \sqrt{3}$$

5. Fokus Tidak Stabil (*Unstable Focus*)

Fokus tidak stabil terjadi ketika *pole* kompleks konjugat dengan bagian nyata positif. Sistem yang memiliki fokus tidak stabil akan menunjukkan osilasi yang divergen menjauh dari keadaan setimbang. Contoh :

$$x^2 - 2x - 2 = 0$$

$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\frac{-(-2) \pm \sqrt{(2)^2 - 4.1.(-2)}}{2.1}$$

$$2 \pm \sqrt{3}$$

$$x_1 = 2 + \sqrt{3}$$

$$x_2 = 2 - \sqrt{3}$$

6. *Marginally Stable*

Sistem dikatakan *marginally stable* jika semua *pole* berada di sebelah kiri atau pada sumbu imajiner, dan tidak ada *pole* dengan bagian nyata positif. Sistem ini bersifat stabil jika tidak ada *pole* dengan bagian nyata nol yang merupakan bagian dari *pole* kompleks konjugat. Sistem yang *marginally stable* dengan *pole* pada sumbu imajiner akan terus ber osilasi tanpa meredam atau divergen [20] [21]. Contoh:

$$x(x - 1) = 0$$

$$x_1 = 0$$

$$x_2 = 1$$



2.5 MATLAB

Merupakan perangkat lunak (*software*) yang umumnya digunakan untuk pemrograman, analisis, serta komputasi teknis dan matematis berbasis matriks. Matlab adalah singkatan dari *Matrix Laboratory* karena mampu menyelesaikan masalah perhitungan atau analisis komputasi berdasarkan sifat dan bentuk matriks [22]. Bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh *Mathworks* inc ini menggabungkan proses pemrograman, komputasi, dan visualisasi dalam lingkungan yang ramah pengguna bahasa pemrograman ini menawarkan banyak manfaat, antara lain analisis dan eksplorasi data, pengembangan algoritma, pemodelan dan simulasi, visualisasi plot dalam 2D dan 3D, serta pembuatan aplikasi antarmuka grafis [23].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Universitas Sultan Syarif Kasim Riau

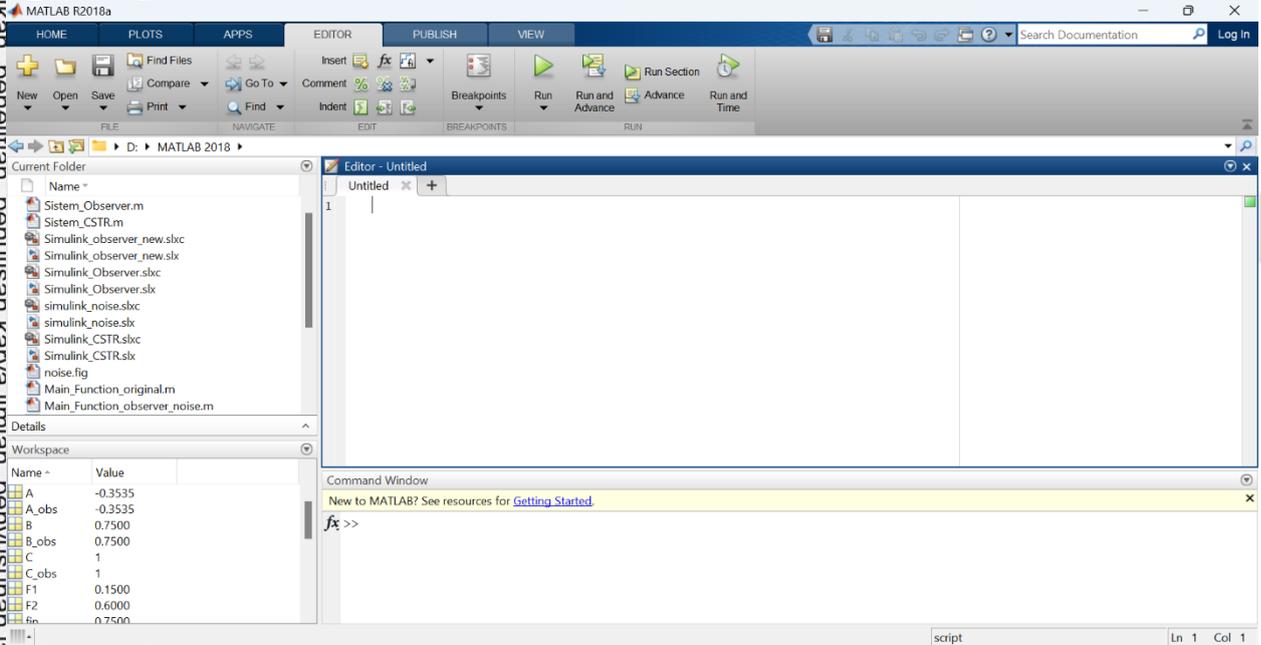
ber:

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

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

a. Pengutipan harus menyebutkan sumbernya dan memperhatikan kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

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



Gambar 2.3 Tampilan MATLAB.

Berdasarkan Gambar 2.3 ada beberapa bagian yang penting dalam MATLAB :

1. *Toolstrip*

Merupakan tombol-tombol yang digunakan untuk perintah.

2. *Workspace*

Adalah area di mana variabel dan nilai-nilai yang dihasilkan selama sesi MATLAB disimpan

dan ditampilkan.

Command Window

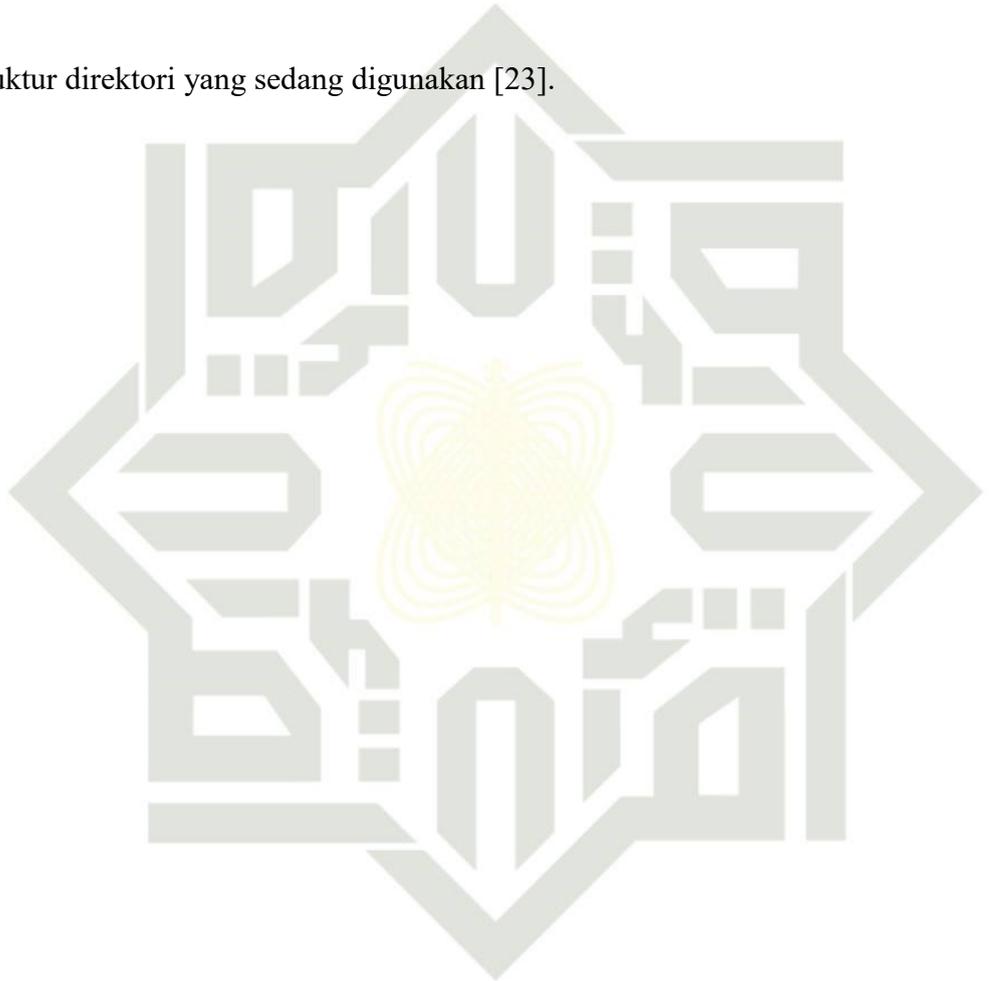
Adalah bagian tempat untuk memasukkan perintah MATLAB dan didapatkan hasilnya.

Command History

Menunjukkan daftar perintah yang telah dijalankan selama sesi MATLAB.

Current Folder

Menampilkan struktur direktori yang sedang digunakan [23].



UIN SUSKA RIAU

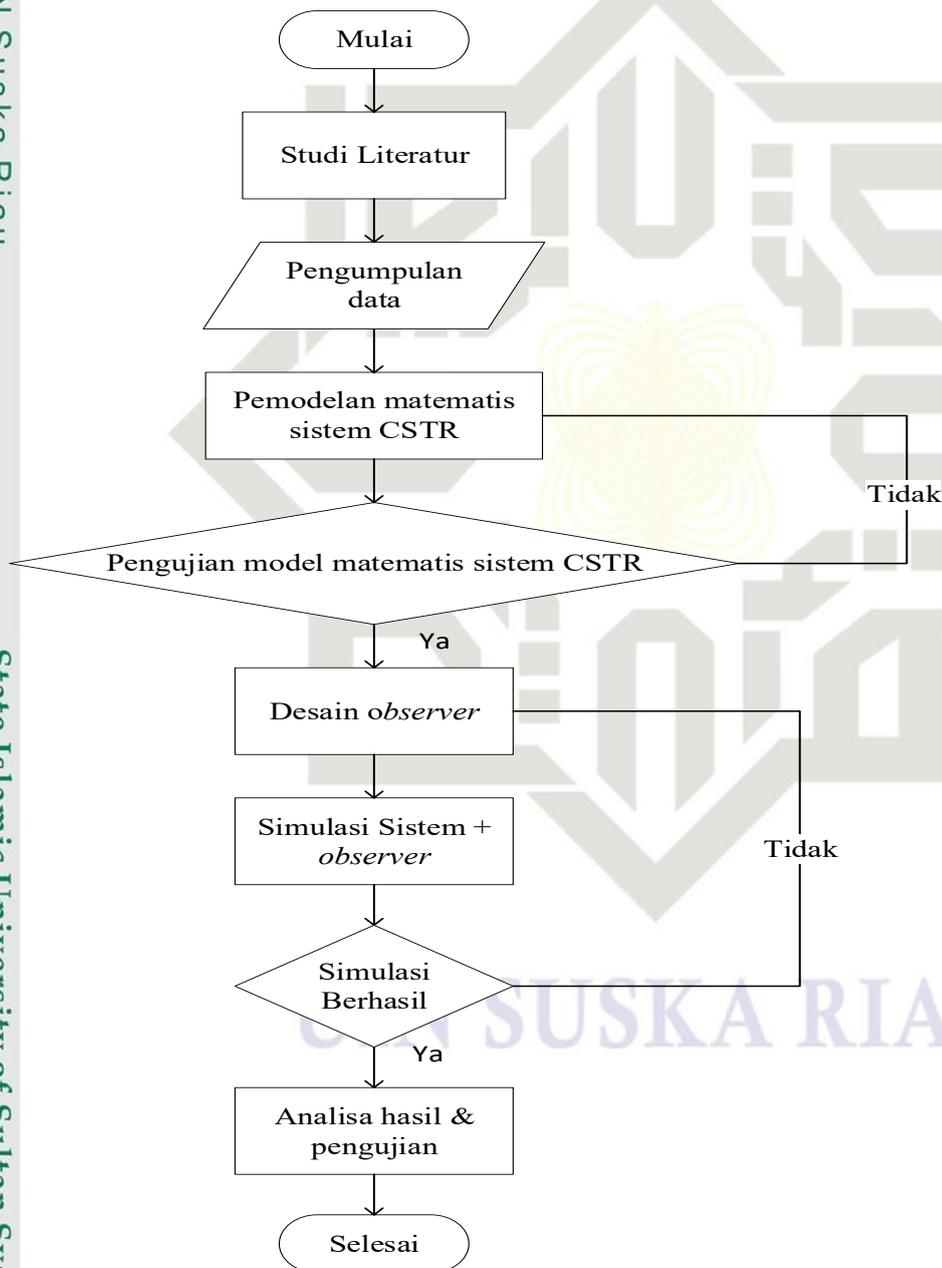
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Proses Alur Penelitian

Pada BAB ini akan menjabarkan tentang alur dan tahap penelitian. Alur penelitian dimulai dengan studi literatur sampai selesai. Sebuah simulasi digunakan dalam jenis penelitian ini. Alur penelitian digambarkan dalam bentuk *flowchart* sebagai berikut:



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

- 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.

3.2 Tahapan Penelitian

Berdasarkan *flowchart* penelitian tersebut dapat memenuhi tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi masalah pada sistem CSTR dan mengajukan metode *observer* sebagai estimasi *level* sistem

2. Studi Literatur

Melakukan studi literatur untuk memahami penelitian sebelumnya terkait teori tentang Kalman Observer, sistem CSTR dan aplikasi sejenis. Informasi diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, jurnal dan sumber lainnya.

3. Pengumpulan Data

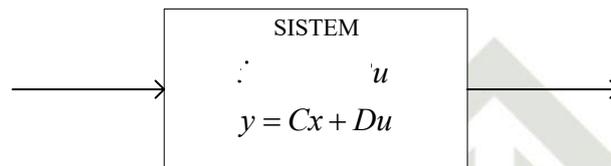
Pada penelitian ini penulis mengumpulkan data dari jurnal rujukan dan penelitian sebelumnya yang meliputi pemodelan matematis dari sistem CSTR yang merujuk pada tabel 1.

4. Pemodelan Matematis Sistem CSTR

Melakukan pemodelan matematis sistem CSTR dengan menggunakan variabel-variabel yang telah dikumpulkan pada tahap pengumpulan data untuk dilakukan pengujian pada *software* yang telah digunakan. Dimulai dari persamaan (2.1) sampai dengan persamaan (2.16). Persamaan (2.7) melibatkan persamaan tekanan hidrostatik untuk mendapatkan keluaran laju aliran seperti persamaan (2.11). Berdasarkan penelitian [24], *decoupler* perlu dilakukan, perancangan *decoupler* dimulai dari persamaan hingga persamaan (2.13). Persamaan (2.13) menunjukkan sistem *non-linear* maka perlu dilinearisasi dengan menggunakan teori *deret taylor* orde pertama yang merujuk pada persamaan (2.14). Hasil linearisasi ditunjukkan oleh model persamaan (2.19). Pada persamaan (2.19) akan dibentuk ke *transfer function* yang merujuk pada persamaan. Maka persamaan (2.23) akan mendapatkan hasil *state space equation* yang merujuk pada matriks A,B,C dan D.

5. Pengujian Sistem CSTR

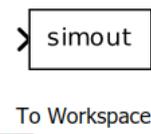
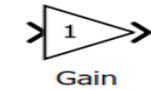
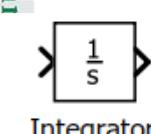
Perancangan pengujian sistem CSTR yang digunakan pada persamaan (2.24) dan (2.25) sebagai representasi sistem CSTR dilakukan dengan menggunakan *software Simulink* MATLAB R2018a dengan *time sampling* yang digunakan 0,1 detik, blok diagram untuk pengujian sistem ini dilakukan secara *open loop* sebagai berikut :



Gambar 3.2 Blok Diagram CSTR

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan apakah hasil keluaran sudah sesuai. Pengujian dilakukan berdasarkan fungsi alih yang telah dimasukkan nilai parameter pada tabel 2.1. yang dimana pengujian dilakukan dengan menggunakan *Simulink* MATLAB secara *open loop*. Simulasi sistem CSTR secara *open loop* dapat dibuat diagram *Simulink* berdasarkan blok dari tabel berikut ini :

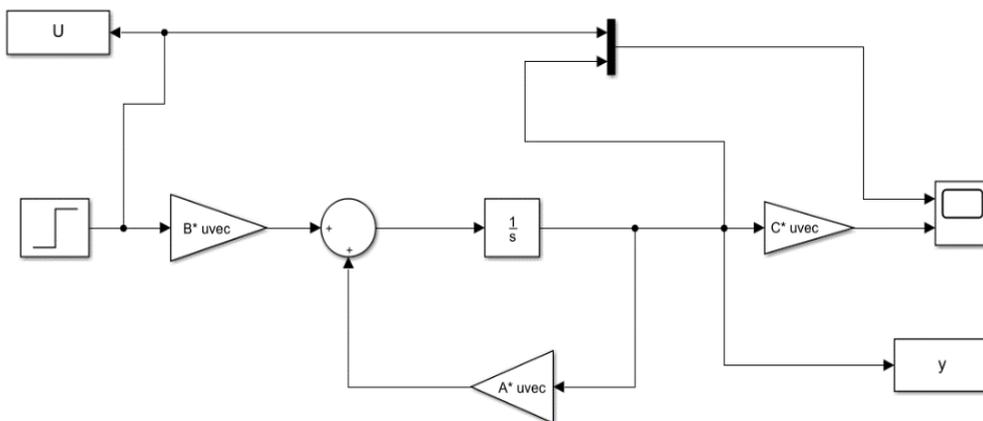
Tabel 3.1 Jenis- jenis blok *Simulink* :

No	Blok Simulink	Keterangan
1		Digunakan untuk menyimpan hasil simulasi ataupun analisis sistem ke dalam <i>workspace</i> matlab yang berupa variabel, struktur data atau respon sistem yang akan digunakan untuk analisis lebih lanjut.
2		<i>Gain</i> digunakan untuk menerapkan faktor penguatan (atau gain) pada sinyal <i>input</i> yang melewatinya. Fungsi utamanya adalah untuk mengalikan sinyal input dengan faktor skalar tertentu sebelum mengirimkannya ke blok selanjutnya dalam model <i>simulink</i> .
3		<i>Integrator</i> adalah Sebuah blok dalam <i>simulink</i> yang mewakili operasi integrasi matematis. Ini menghasilkan keluaran yang merupakan <i>integral</i> dari masukan

2. Dilarang mengemukakan 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 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.

<p>© Hak cipta milik UIN Suska Riau</p>	 <p>Mux</p>	<p>terhadap waktu. <i>Integrator</i> sering digunakan dalam pemodelan sistem dinamis untuk merepresentasikan elemen integratif dalam sistem.</p>
	 <p>Sum</p>	<p><i>Mux</i> digunakan untuk menggabungkan beberapa sinyal <i>input</i> menjadi satu sinyal <i>output</i></p>
	 <p>Scope</p>	<p>Sebuah elemen untuk menambahkan atau mengurangi</p>
<p>Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang</p> <p>1. Dilarang menyalin atau menjiplak 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.</p> <p>2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.</p>	 <p>Step</p>	<p><i>Scope</i> digunakan untuk menampilkan sinyal <i>input</i> sehubungan dengan waktu simulasi yang dilakukan.</p> <p>Blok <i>step</i> adalah salah satu jenis blok sinyal yang digunakan untuk menyediakan sinyal tangga atau langkah ke dalam model <i>simulink</i>. Menghasilkan sinyal yang berubah dari nilai awal ke nilai yang ditentukan pada waktu tertentu, dan tetap pada nilai tersebut setelahnya</p>

Berdasarkan Gambar 3.2 dapat dibuat rangkaian *simulink* sistem CSTR secara *open loop* yang merujuk pada Tabel 3.1 diatas dengan menggunakan blok *simulink* pada matlab dibawah ini:



Gambar 3.3 *Simulink* sistem CSTR

Setelah merancang blok *Simulink*, matriks diperlukan di dalam matlab. Untuk lebih jelas mengenai pemrograman ini ditunjukkan pada algoritma 1 sebagai berikut :

3.2 Algoritma *open loop* sistem CSTR

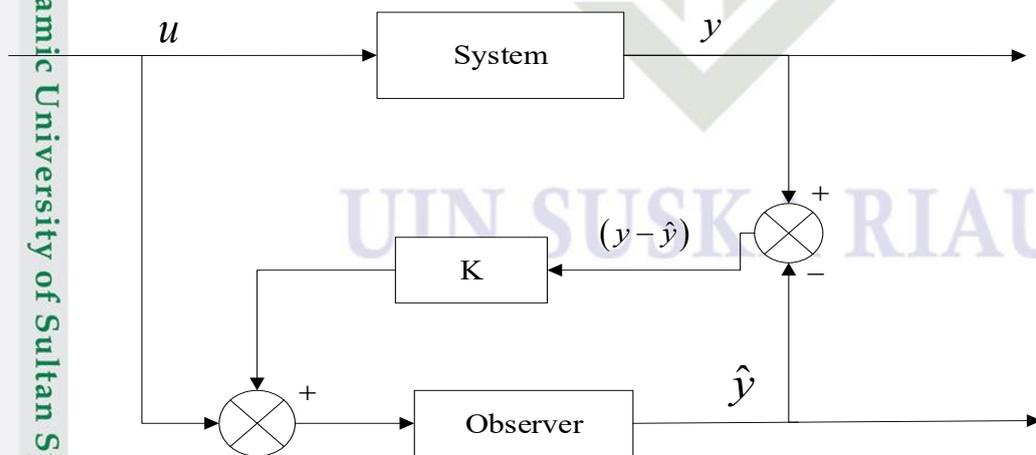
Algoritma 1:

1. Definisi waktu sistem: mengatur waktu untuk memulai awal dalam simulasi = 0 dengan waktu sampling = 0,1 dan berakhir dengan waktu 50 detik.
2. Parameter sistem CSTR: membuat parameter sistem CSTR merujuk pada Tabel
3. Definisi matriks sistem: menginisialisasi matriks sistem yang merujuk persamaan A, B, C, dan D.
4. Menjalankan *Simulink* yang telah dibuat “Simulink_Sistem” pada gambar 3.3
5. Menyimpan data *open loop* sistem CSTR dengan nama “data_yc”
6. End

Setelah berhasil melakukan perancangan pengujian sistem CSTR dan membuat pemrograman pada algoritma 1. Dilanjutkan dengan melakukan perancangan desain *observer*.

Desain *observer*

Perancangan *observer* dapat dimulai dari persamaan (2.24) dan (2.25) hingga ke persamaan (2.26). LO yang telah dilinearisasi berdasarkan persamaan (2.26) dapat dibentuk blok diagram seperti gambar di bawah ini :



Gambar 3.4 Blok Diagram Luenberger *observer*

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak 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.

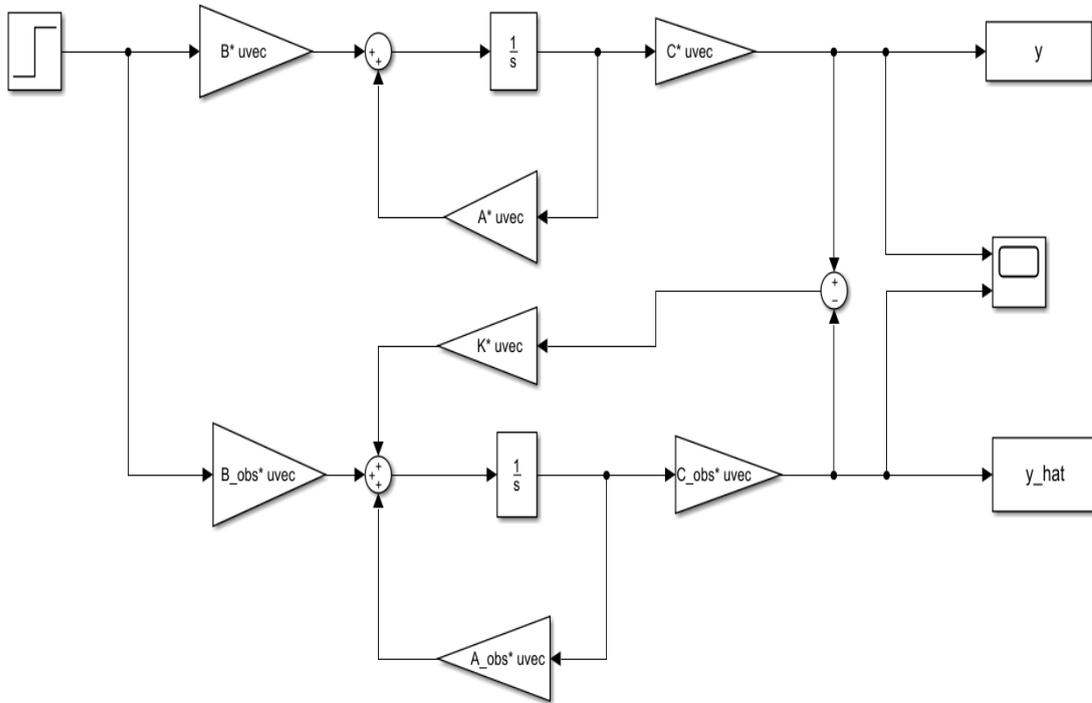
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

UIN SUSKA RIAU

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Setelah dibentuk blok diagram pada gambar 3.4, dapat melanjutkan dengan membuat perancangan *Simulink* sesuai dengan tabel 3.1. dapat dilihat perancangan *Simulink* sebagai berikut:

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



Gambar 3.5 *Simulink* Luenberger Observer

Setelah merancang blok *Simulink* Luenberger observer. Matriks diperlukan di dalam matlab. Untuk lebih jelas mengenai pemrograman ini ditunjukkan pada algoritma 2 sebagai berikut :

Tabel 3.3 Algoritma LO

Algoritma 2:

1. Ambil data: Mengambil data *open loop* sistem CSTR yang telah disimpan dengan nama *data_yc* pada algoritma 1
2. Desain Luenberger observer: Mendesain LO dengan menginisialisasi variabel *pole* dengan angka minus dan menempatkan *pole* sistem tertutup pada posisi yang diinginkan dengan $K = \text{place}(A, C, \text{pole})$
3. Simulasi sistem:

- Menjalankan program *Simulink* yang telah dibuat “*Simulink_Observer*” pada gambar 3.5

Plot untuk menampilkan grafik

End

Setelah berhasil melakukan perancangan LO dapat disimulasikan dengan beberapa pengujian yaitu perubahan *input* dan perubahan kondisi awal

Simulasikan sistem

Berdasarkan gambar 3.5 *Simulink* LO dan desain *observer* pada persamaan (2.26) akan dilakukan beberapa tahap pengujian yaitu perubahan *input* dan perubahan kondisi awal. Untuk lebih jelasnya mengenai pemrograman ini ditunjukkan pada algoritma 2 sebagai berikut :

Tabel 3.4 Algoritma LO dengan Perubahan *Input*

Algoritma 3:

1. Ambil data : Mengambil data *open loop* sistem CSTR yang telah disimpan dengan nama *save data_yc*.
2. *Design* LO : Mendesign LO dengan menginisialisasi variabel *pole* dengan angka minus dan menempatkan *pole* sistem tertutup pada posisi yang diinginkan dengan $K=place(A,C,Pole)$
3. Simulasi sistem :
 - menjalankan program *simulink* yang telah dibuat “*Simulink_observer*” pada gambar 3.5
 - mengubah nilai *step time* pada *bloks parameter step* pada “*Simulink_observer*”
4. Plot untuk menampilkan grafik
5. End

Dari algoritma 3 yang telah dilakukan, LO dapat membuat algoritma selanjutnya dengan perubahan kondisi awal sebagai berikut :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 Setelah berhasil melakukan perancangan LO dapat disimulasikan dengan beberapa pengujian yaitu perubahan *input* dan perubahan kondisi awal
 Simulasikan sistem
 Berdasarkan gambar 3.5 *Simulink* LO dan desain *observer* pada persamaan (2.26) akan dilakukan beberapa tahap pengujian yaitu perubahan *input* dan perubahan kondisi awal. Untuk lebih jelasnya mengenai pemrograman ini ditunjukkan pada algoritma 2 sebagai berikut :
 Tabel 3.4 Algoritma LO dengan Perubahan *Input*
 Algoritma 3:
 1. Ambil data : Mengambil data *open loop* sistem CSTR yang telah disimpan dengan nama *save data_yc*.
 2. *Design* LO : Mendesign LO dengan menginisialisasi variabel *pole* dengan angka minus dan menempatkan *pole* sistem tertutup pada posisi yang diinginkan dengan $K=place(A,C,Pole)$
 3. Simulasi sistem :
 - menjalankan program *simulink* yang telah dibuat “*Simulink_observer*” pada gambar 3.5
 - mengubah nilai *step time* pada *bloks parameter step* pada “*Simulink_observer*”
 4. Plot untuk menampilkan grafik
 5. End
 Dari algoritma 3 yang telah dilakukan, LO dapat membuat algoritma selanjutnya dengan perubahan kondisi awal sebagai berikut :
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 3.5 Algoritma LO dengan Perubahan Kondisi Awal

Algoritma 4:

1. Ambil data : Mengambil data *open loop* sistem CSTR yang telah disimpan dengan nama data_yc.
2. Design LO : Mendesign LO dengan menginisialisasi variabel *pole* dengan angka minus dan menempatkan *pole* sistem tertutup pada posisi yang diinginkan dengan $K=place(A,C,Pole)$
3. Simulasi sistem :
 - menjalankan program *simulink* yang telah dipasangkan "*Simulink_observer*" pada gambar 3.5.
 - mengubah nilai *init_cond*
4. Plot untuk menampilkan grafik
5. End

Berdasarkan kedua algoritma yang telah dibuat maka dapat dilakukan analisa hasil dari pengujian yang telah dilakukan yang dimana hasil dari pengujian dapat ditampilkan pada sub bab hasil sementara. Selanjutnya membuat algoritma untuk mengetahui apakah LO kokoh saat diberikan gangguan atau *noise*. Untuk lebih jelas mengenai pemrograman ini dapat ditunjukkan pada algoritma 5 sebagai berikut :

Tabel 3.6 Algoritma LO Saat Diberikan *Noise*

Algoritma 5:

1. Ambil data : mengambil data *open loop* sistem CSTR yang telah disimpan dengan data yc
2. Definisikan simulasi terhadap *measurement noise*, menentukan kebisingan yang akan diukur, dan menormalkan sinyal ke *mean* dan satuan *variant*
3. Point 1 dan 2 disimpan dengan nama "*data noise v*"
4. Mendefinisikan design Luenberger *observer*
5. Plot untuk menampilkan hasil keluaran pada *noise*
8. Analisa Hasil dari Pengujian

Setelah perancangan dan simulasi yang dilakukan, tahap ini menganalisis hasil pengujian dan membandingkan hasilnya dengan tujuan yang diharapkan.

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

8. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumber: penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.



Kesimpulan

Setelah seluruh tahapan dilakukan dan hasil evaluasi menunjukkan bahwa penelitian dengan menggunakan *observer* sebagai *state estimator*, maka dapat ditarik kesimpulan untuk menguatkan gagasan dan dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya.

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 V PENUTUP

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

Pengujian sistem CSTR dengan menggunakan LO menunjukkan hasil respon yang baik. *Observer* mampu mengestimasi *level* yang akurat ketika diberikan *input* sebesar 0,75 m yang menghasilkan keluaran sebesar 1,6 m dengan waktu 10 detik untuk mencapai kestabilan dan waktu simulasi yang digunakan sebesar 50 detik.

Pengujian Sensitivitas bertujuan untuk melihat kesensitivitas *observer* terhadap perubahan yang terjadi yaitu : perubahan *input* dan perubahan kondisi awal

- a. Pengujian perubahan *input* menunjukkan bahwa *observer* mampu mengestimasi sistem ketika nilai *input* mengalami perubahan dari detik ke 0 ke detik 25 dengan waktu simulasi 50 detik.
- b. Pengujian perubahan kondisi awal menunjukkan bahwa dengan mengubah kondisi awal sistem dapat diestimasi oleh *observer* dengan baik, kedua kondisi tersebut dapat konvergen pada waktu ke 0,7 detik.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian sistem CSTR bahwasannya melakukan validasi eksperimental terhadap estimasi *level* pada CSTR dengan menggunakan LO memiliki performansi yang baik dengan beberapa pengujian yaitu perubahan *input*, perubahan kondisi awal, dan penambahan *noise*. Untuk penelitian selanjutnya ditindaklanjuti dengan menggunakan beberapa sistem pengendali seperti Fuzzy Logic, SMC, PID, dan lainnya untuk mendapatkan hasil keluaran yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- © Hak cipta ini dilindungi undang-undang. Sifat ini adalah untuk pribadi dan tidak boleh disebarluaskan. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi bagian administrasi di bagian ini.
1. S. Jakfar, “Desain Kendali MRAC-PD Pada Pengendalian Level Untuk Sistem Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR),” 2020.
 2. F. A. Putra, “Desain Kendali Fuzzy Sugeno Tuning Kp Ki Untuk Pengendalian Level Pada Sistem Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR),” 2022.
 3. G. Iranda, “Perancangan Pengendali Level Pada Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) Menggunakan LQR-PD,” 2021.
 4. D. Mursyitah, A. Faizal, E. Ismaredah, dan D. M. Putri, “Analisa Performansi Pengendali Hybrid Sliding Mode (DSM) dan Sliding Mode dengan Permukaan Luncur PID Pada Proses CSTR,” *Jurnal SNTIKI*, no. November, hlm. 575–581, 2019.
 5. A. Faizal, D. Mursyitah, E. Imaredah, dan M. Ikhsyan, “Analisa Pengendali Hybrid Sliding Mode Control Dan PID Untuk Mengendalikan Concentration Pada Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR),” *Jurnal ECOTIPE*, vol. 5, no. 1, hlm. 1–7, 2018, doi: 10.33019/ecotipe.v5i1.29.
 6. C. C. Kang, J. D. Tan, M. Ariannejad, M. A. S. Bhuiyana, Z. N. Ng, dan S. C. H. Yong, “Smart sensor controller for HVAC system,” *Energy Reports*, vol. 9, no. S12, hlm. 60–63, 2023, doi: 10.1016/j.egy.2023.09.113.
 7. Y. Al-Mutayeb, M. Almobaied, dan M. Ouda, “Real-Time Simulation and Experimental Implementation of Luenberger Observer-Based Speed Sensor Fault Detection of Bldc Motors,” *Acta Mechanica et Automatica*, vol. 18, no. 1, hlm. 144–157, 2024, doi: 10.2478/ama-2024-0019.
 8. T. Orłowska-Kowalska, M. Miniach, dan M. Adamczyk, “Compensation of Current Sensor Faults in Vector-Controlled Induction Motor Drive Using Extended Kalman Filters,” *Electronics (Switzerland)*, vol. 13, no. 3, 2024, doi: 10.3390/electronics13030641.
 9. A. Adil, I. N’Doye, A. Zemouche, A. Hamaz, dan T. M. Laleg-Kirati, “Coupled tanks state estimation using a high-gain like observer,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 54, no. 14, hlm. 96–101, 2021, doi: 10.1016/j.ifacol.2021.10.335.
 - [10] S. Vettori, E. Di Lorenzo, B. Peeters, M. M. Luczak, dan E. Chatzi, “An adaptive-noise Augmented Kalman Filter approach for input-state estimation in structural dynamics,” *Mech Syst Signal Process*, vol. 184, no. July 2022, hlm. 109654, 2023, doi: 10.1016/j.ymssp.2022.109654.
 - [11] Z. Horváth dan Gy. Molnárka, “Design Luenberger Observer for an Electromechanical Actuator,” *Acta Technica Jaurinensis*, vol. 7, no. 4, hlm. 328–351, 2014, doi: 10.14513/actatechjaur.v7.n4.313.
 - [12] M. Zoni dan A. Arzul, “Perancangan Full Order Observer Pada Sistem Sliding Mode Control Untuk Mengatasi Anti-Windup Berbasis LMI,” *SENTER 2017: Seminar Nasional Teknik Elektro 2017*, hlm. 1–12, 2017.

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.



- 13] A. S. Afifah, I. Wayan, K. Suryawan, K. Kunci, P. Biologis, dan L. C. Tahu, “Efektifitas Penambahan Substrat Pada Pengolahan Biologis Limbah Cair Tahu Menggunakan Sistem Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR),” *Anshah Silmi Afifah*, vol. 1, no. 2, hlm. 46, 2018.
- 14] Y. Damanik, N. ZA, dan M. Muhammad, “Optimasi Aplikasi Kontrol PI pada Tekanan di Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) menggunakan Response Surface Methodology (RSM),” *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 8, no. 2, hlm. 15, 2020, doi: 10.29103/jtku.v8i2.2679.
- 15] N. Hidayah, “Implementasi Metode Tuning Maximum Peak-Gain Margin (MP-GM) Pada Simulasi Pengendalian Suhu Reaktor CSTR,” vol. 07, no. April, hlm. 24–31, 2019.
- 16] P. Ongga *dkk.*, “Konsep Mahasiswa Tentang Tekanan Hidrostatik,” hlm. 181–185, 2009.
- 17] S. I. Goenawan, “Deret Umum Taylor,” *Jurnal Mat Stat*, vol. 11, no. 2, hlm. 92–103, 2011.
- 18] A. N. Montanari, C. Duan, L. A. Aguirre, dan A. E. Motter, “Functional observability and target state estimation in large-scale networks,” *Proc Natl Acad Sci U S A*, vol. 119, no. 1, 2022, doi: 10.1073/pnas.2113750119.
- 19] N. S. Nise, “Control Systems Engineering Seventh Edition. Pomona: John Wiley & Sons,” 2015.
- 20] A. Faizal, “Teknik Kendali Adaptive Pole Placement Pada Proses Non Linear Multi Variable,” *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 11, no. 2, hlm. 290–296, 2014.
- 21] M. Y. Fadliansyah, E. Susanto, dan M. R. Rosa, “Online Monitoring Dan Kontrol Besaran Pressure Dan Flow Pada Prototipe Perpipaian Minyak Dengan Menggunakan Pole Placement Pada Networked Control System,” *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 6, hlm. 11398–11406, 2021.
- 22] I. Parinduri dan S. Nurhabibah Hutagalung, “Perangkaian Gerbang Logika Dengan Menggunakan Matlab (Simulink),” *JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)*, vol. 5, no. 1, hlm. 63–70, 2019.
- [23] M. Sc. Amir Tjolleng, “Pengantar Pemrograman Matlab - Amir Tjolleng, M.Sc. - Google Buku.” 2020.
- [24] K. M. Pangloli, S. Thaha, dan H. A. Gaffar, “Analisis Aliran Daya Menggunakan Metode Fast Decoupled Pada Sisi Tegangan 6.3 KV PT. Semen Tonasa V,” *Publikasi Ilmiah*, hlm. 8–14, 2020.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

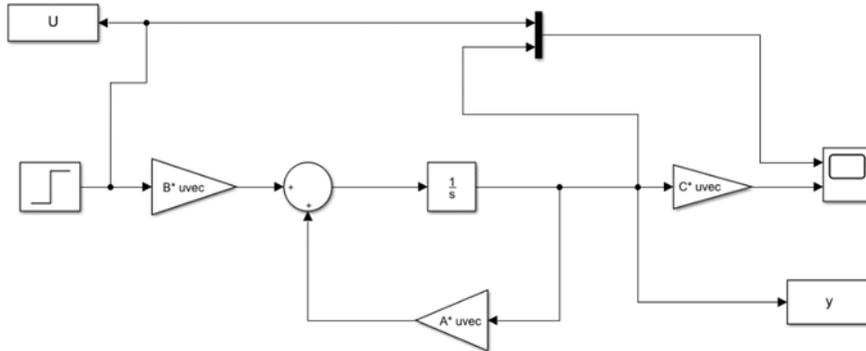
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

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

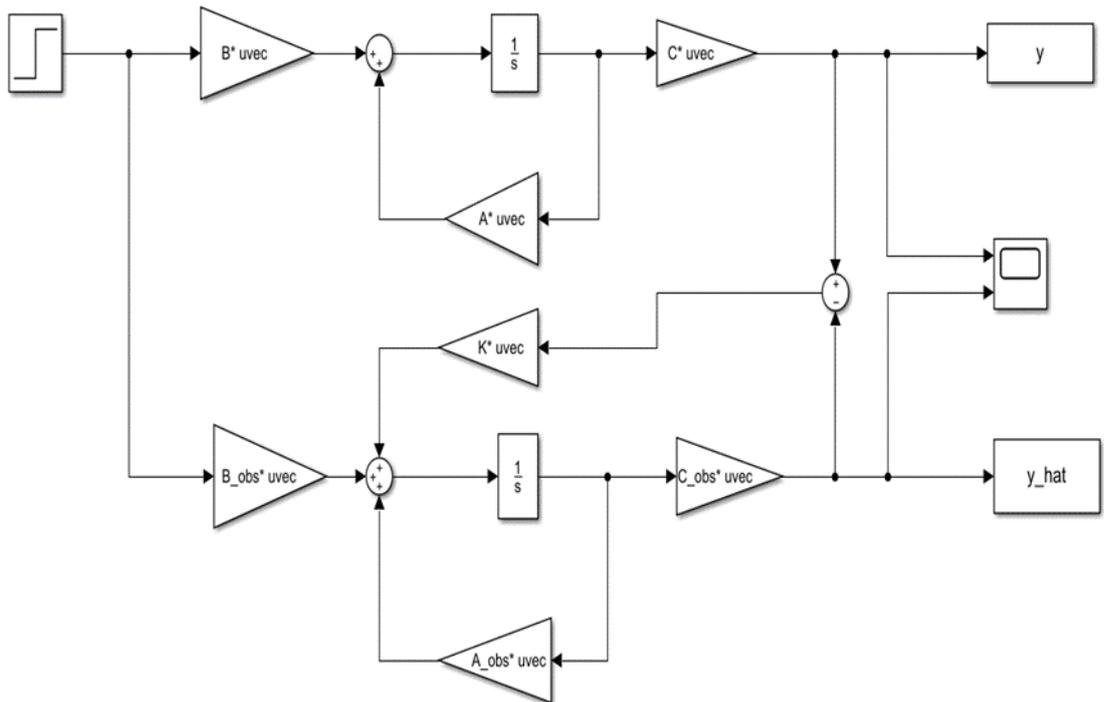
LAMPIRAN A

BLOK DIAGRAM *SIMULINK*

Blok diagram *Simulink* sistem CSTR



Blok diagram *Simulink* Lue



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

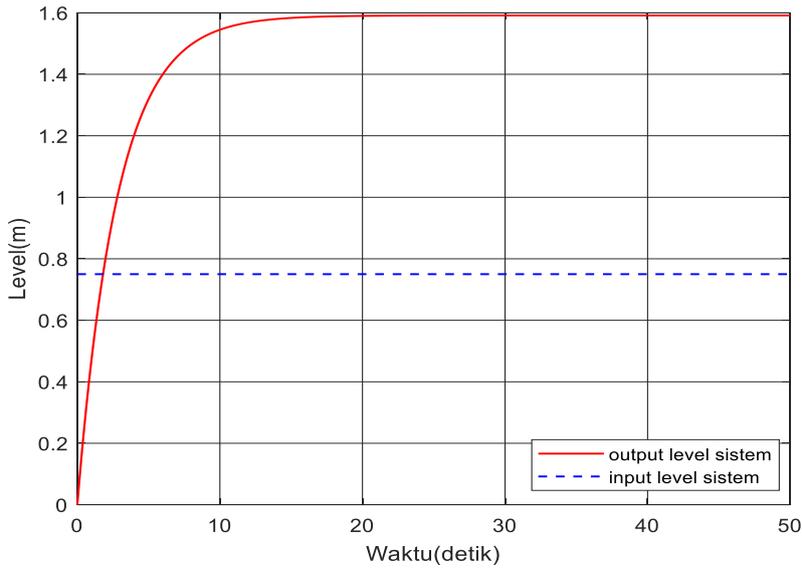
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

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

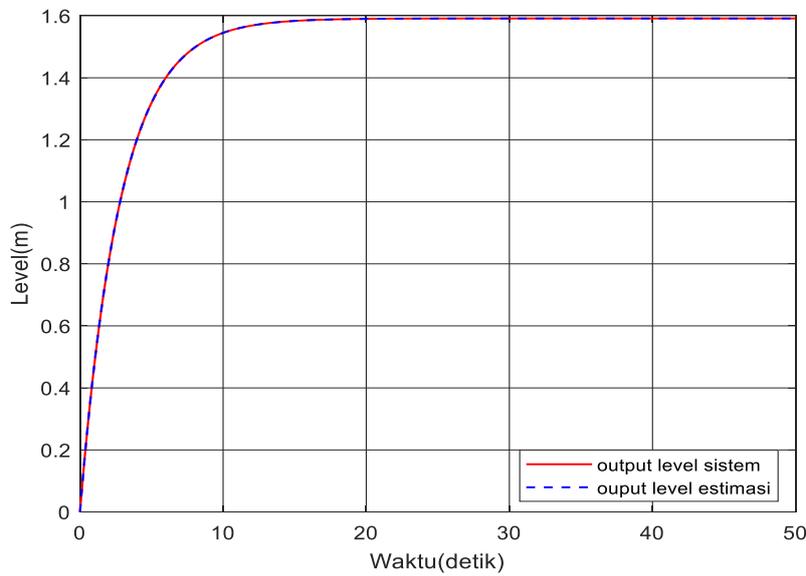
LAMPIRAN B

HASIL ESTIMASI OBSERVER PADA SISTEM CSTR

Respon Keluaran sistem CSTR



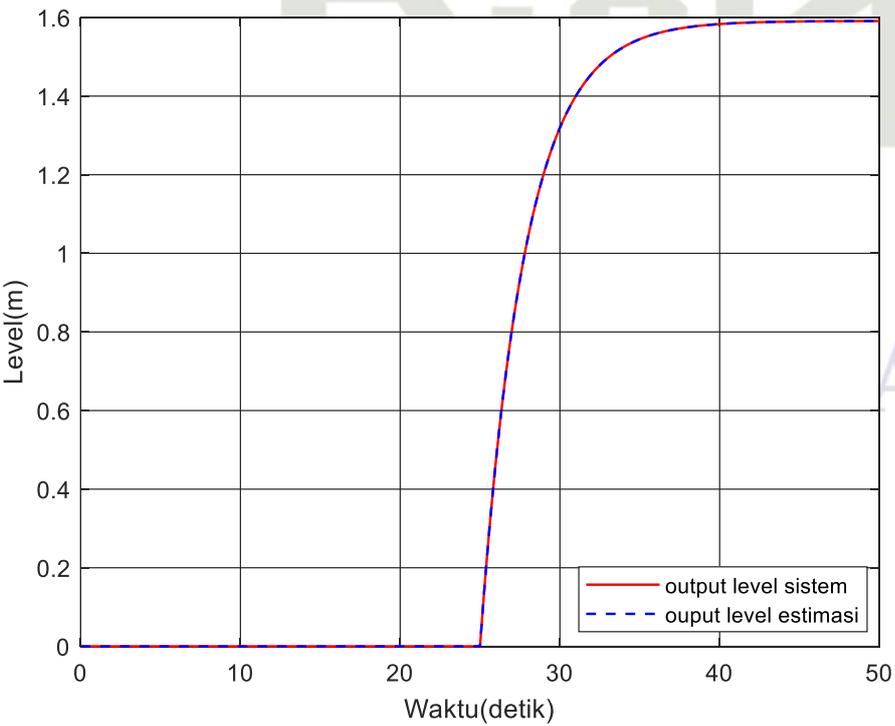
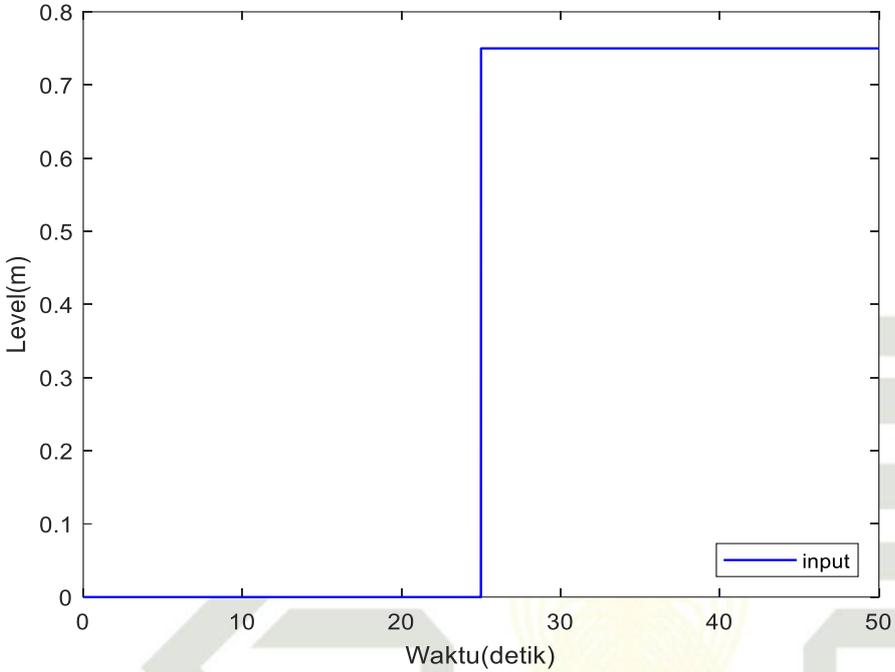
Hasil Estimasi Level Sistem CSTR



- 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.

Hasil Estimasi Pengujian Sensitivitas *Level* pada Sistem CSTR

Pengujian Perubahan *Input* pada detik ke 25



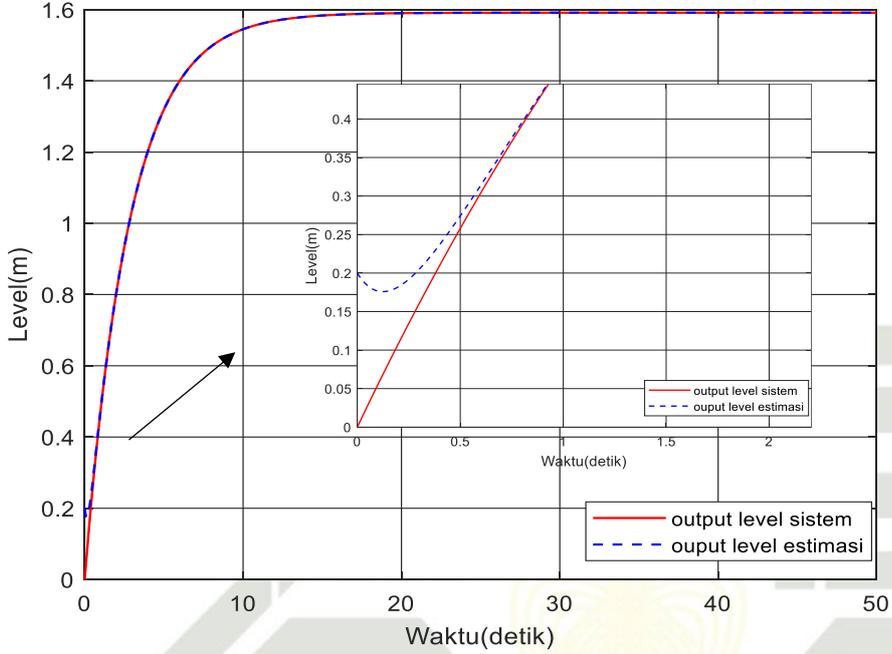
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

3.
 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.

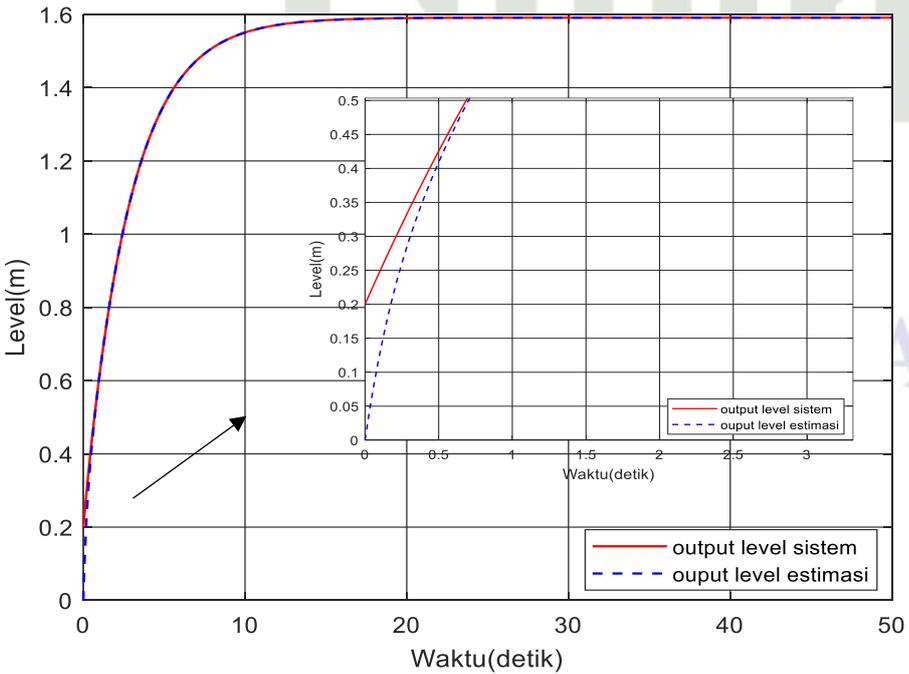
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.

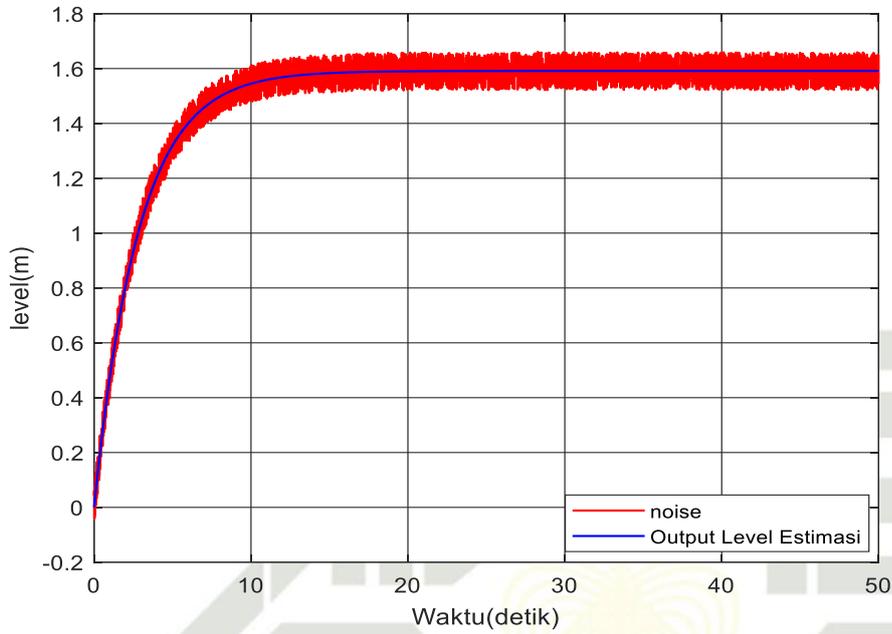
Pengujian Perubahan Kondisi Awal pada *Level* Estimasi dengan *initial condition* = [0,2]



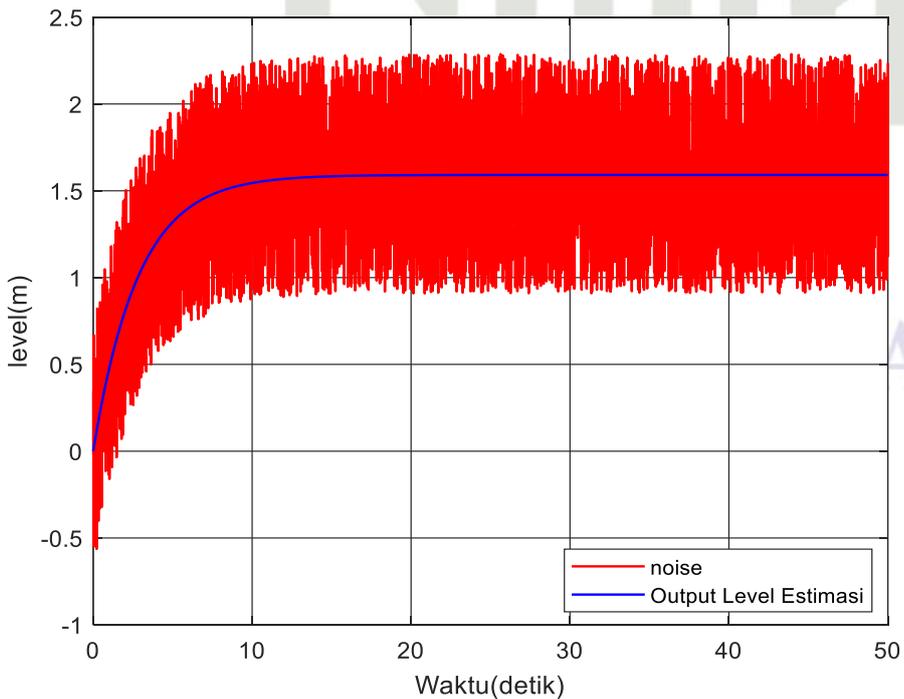
c. Pegujian Peurbaha Kondisi Awal pada *Level* Sistem dengan *Initial Condition* = [0,2]



4. Hasil Estimasi Pengujian Kekokohan *Level* pada Sistem CSTR dengan *noise* = 0,025 atau 2,5 %



5. Hasil Estimasi Pengujian Kekokohan *Level* pada Sistem CSTR dengan *noise* = 0,25 atau 25%



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 RIWAYAT HIDUP PENULIS

FITO ALFARIDO, Lahir di kota Duri, Provinsi Riau pada tanggal 20 Mei 2022. Anak tunggal, dari pasangan ayahanda Idris Nazaruddin dan ibunda Meri Seprianti. Pendidikan formal penulis awali dari TK Aisyah 1 dan selesai pada Tahun 2007, lanjut pada tahun 2008 pendidikan SDS IT AL-kautsar dan selesai pada tahun 2014, lanjut SMPS IT Al-kautsar lulus pada tahun 2017, kemudian penulis melanjutkan Pendidikan ke SMAN 2 Mandau, dengan pilihan jurusan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) lulus pada tahun 2020. Kemudian penulis melanjutkan studi perkuliahan di kampus Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru, dengan Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Elektronika Instrumentasi. Penulis melakukan penelitian Tugas Akhir pada bulan Maret 2024 dengan judul “Performansi Luenberger Observer Dalam Mengestimasi *Level* Pada *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR)”. Alhamdulillah bersyukur kepada Allah penulis lulus bergelarkan Sarjana Teknik (S.T) pada Sidang Tugas Akhir 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.