

**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

Oleh :

YUDHI FARIZTIAN**12050513126****PERFORMANSI LUENBERGER OBSERVER DALAM
MENGESTIMASI KONSENTRASI PADA *CONTINUOUS*
STIRRED TANK REACTOR (CSTR)****TUGAS AKHIR**

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

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI****UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU****PEKANBARU****2024**

LEMBAR PERSETUJUAN

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

TUGAS AKHIR

oleh:

YUDHI FARIZTIAN
12050513126

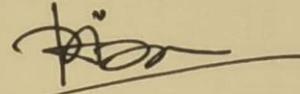
Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Juni 2024

Ketua Prodi Teknik Elektro



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

Pembimbing



Dian Mursyitah, S.T., M.T
NIP. 19870906 2015032 006

LEMBAR PENGESAHAN

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

TUGAS AKHIR

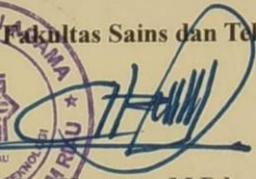
oleh :

YUDHI FARIZTIAN
12050513126

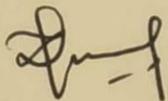
Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, Pada tanggal 13 Juni 2024

Pekanbaru, 13 Juni 2024

Mengesahkan,

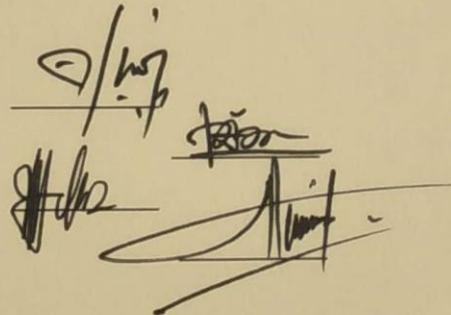

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Dr. Hartono, M.Pd.
NIP. 19640301 199203 1 003

Ketua Prodi Teknik Elektro


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

DEWAN PENGUJI:

Ketua : Arif Marsal, Lc., M.A.
Sekretaris : Dian Mursyitah, S.T., M.T.
Anggota 1 : Hilman Zarory, 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 berada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau penggunaan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

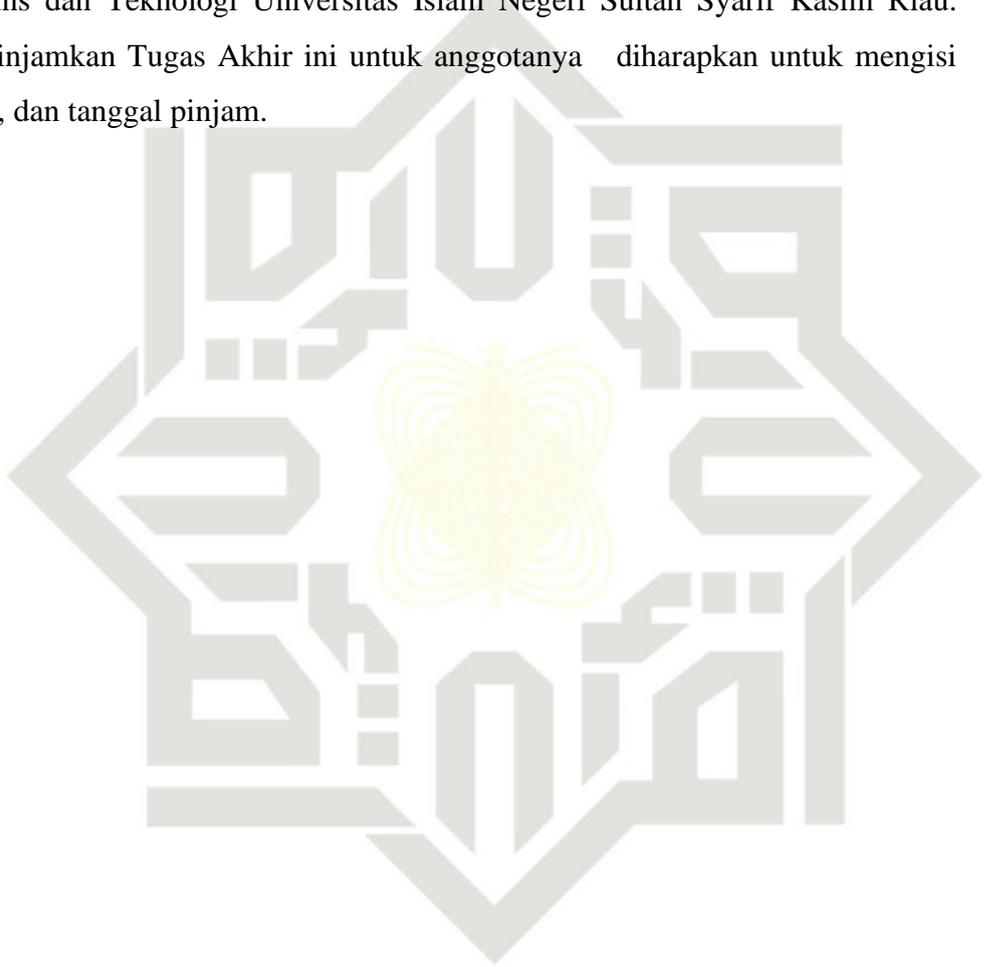
Penggunaan atau penerbitan Sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi formulir ini, tanda peminjaman, dan tanggal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

© Hak Cipta dimiliki 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,



Yudhi Fariztian
NIM. 12050513126

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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...

Sembah 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 Menolak-balikkan hati, teguhkanlah hati ini di atas agama-Mu ya Allah. Lantunan shalawat yang menggugah hati dan jiwa, menjadi persembahan penuh kerinduan pada sosok pembangun 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, menghormati, dan mencintai kesuksesan jalan hidup anak nya. Karya ini disusun dengan semaksimal mungkin untuk dapat memberikan penghargaan kepada orang tua bahwa anak yang mereka 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 kusedari, 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 ibu karena telah membantu dalam proses penyusunan dan pengerjaan Tugas Akhir selama ini, sudah dipasehati, sudah diajari dan mengarahkan saya sampai skripsi ini selesai.

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

YUDHI FARIZTIAN
NIM. 12050513126

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

Continuous Stirred Tank Reactor berfungsi untuk mencampurkan dua fluida atau lebih menjadi suatu produk. Pencampuran fluida ini, tentu saja berkaitan dengan konsentrasi, konsentrasi harus diobservasi agar konsentrasi yang diinginkan tercapai. Dalam Tugas Akhir ini observasi konsentrasi dilakukan dengan LO. Luenberger observer digunakan untuk mengestimasi konsentrasi pada sistem CSTR. Performansi LO dalam estimasi akan diuji secara simulasi dengan dua indikator yaitu sensitivitas dan kekokohan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LO dapat memberikan hasil estimasi konsentrasi yang baik. Pengujian sensitivitas terhadap perubahan *input* dari detik 0 ke detik 10 dan *observer* mampu mengestimasi sistem. Pengujian sensitivitas terhadap perubahan kondisi awal pada sistem konvergen dalam waktu singkat. Selain itu LO juga memiliki kekokohan yang baik dalam menanggapi gangguan meskipun diberikan gangguan sebesar 0,25%.

Kata kunci: CSTR, Konsentrasi, Luenberger observer

PERFORMANCE OF LUENBERGER OBSERVER IN ESTIMATING CONCENTRATION IN CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR (CSTR)

YUDHI FARIZTIAN
NIM. 12050513126

Date of Final Exam : 13th of Jun, 2024

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

ABSTRACT

Continuous Stirred Tank Reactor serves to mix two or more fluids into one. This fluid mixing, of course product, is related to concentration, the concentration must be observed so that the desired concentration is achieved. In this Final Project, concentration observation is carried out with LO. Luenberger observer is used to estimate the concentration in CSTR system. The performance of LO in estimation will be tested in simulation with two indicators, namely sensitivity and robustness. The results show that LO can provide good concentration estimation results. Sensitivity testing of input changes from second 0 to second 10 and the observer is able to estimate the system. Sensitivity testing of changes in initial conditions on the system converges in a short time. In addition, LO also has good robustness in handling disturbances even though it is given a disturbance of 0.25%. Translated with DeepL.com (free version)

Key Word : CSTR, concentration, Luenberger observer



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Penulis 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 baginda Nabi Muhammad SAW. Semoga kita mendapatkan syafa'at di yaumul mahsyar nantinya. Aamiin Ya Allah.

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

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala Tuhan yang Maha Esa.
2. Ayah dan Ibu tercinta, Heristian dan Yusufadewi, S.Sos, dua orang yang sangat berjasa dalam hidup penulis. Terimakasih atas doa, cinta, kepercayaan dan segala bentuk yang telah diberikan, sehingga penulis merasa terdukung di segala pilihan dan keputusan yang diambil oleh penulis, serta tanpa lelah mendengar keluh kesah penulis hingga di titik ini. Semoga Allah SWT memberikan keberkahan di dunia serta tempat terbaik di akhirat, karena telah menjadi figur orangtua terbaik bagi penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Khairunnas, 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 Arif Marsal, Lc., M.A, selaku Ketua Sidang Tugas Akhir yang telah bersedia memberikan waktu serta memberikan kritik dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Bapak Hilman Zarory, S.T., M.Eng, selaku Dosen Penguji I Tugas Akhir yang telah memberikan kritik dan saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Bapak Ahmad Faizal, S.T., M.T. selaku Dosen Pengampu dan Dosen Penguji II Tugas Akhir yang telah memberikan kritik dan saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8. 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.

11. Ibu Rika Susanti, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Akademik selama perkuliahan penulis dari awal semester hingga akhir semester

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

13. Kepada pemilik NIM 12070127674 terimakasih banyak selalu memberikan dukungan, doa, motivasi, pengertian serta semangat kepada penulis dan selalu ada dalam kondisi apapun.

14. 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.

15. Dari 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



Yudhi Fariztian
12050513126

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
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	
2.1 Penelitian Terkait	II-1
2.2 Landasan Teori.....	II-2
2.3 Estimasi.....	II-9
2.5 Analisis Sensitivitas dan Kekokohan.....	II-12
BAB III METODELOGI PENELITIAN	
3.1 Alur Metode Penelitian	III-1
3.2 Tahapan Penelitian	III-2
3.3 Skenario Penelitian	III-11
BAB IV HASIL DAN ANALISA	
4.1 Hasil dan Analisa Konsentrasi Sistem CSTR	IV-1
4.2 Pengujian keakuratan observer dalam mengestimasi sistem CSTR	IV-2



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

© Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
 UIN Suska Riau
 Site: www.uin-suska-riau.ac.id
 Email: info@uin-suska-riau.ac.id
 UIN Suska Riau

4.3	Analisa Sensitivitas Luenberger Observer Estimasi Konsentrasi Pada CSTR	IV-3
	Perubahan Kondisi Awal	IV-3
	Perubahan <i>Input</i>	IV-4

V PENUTUP

	Kesimpulan.....	V-1
	Saran.....	V-1

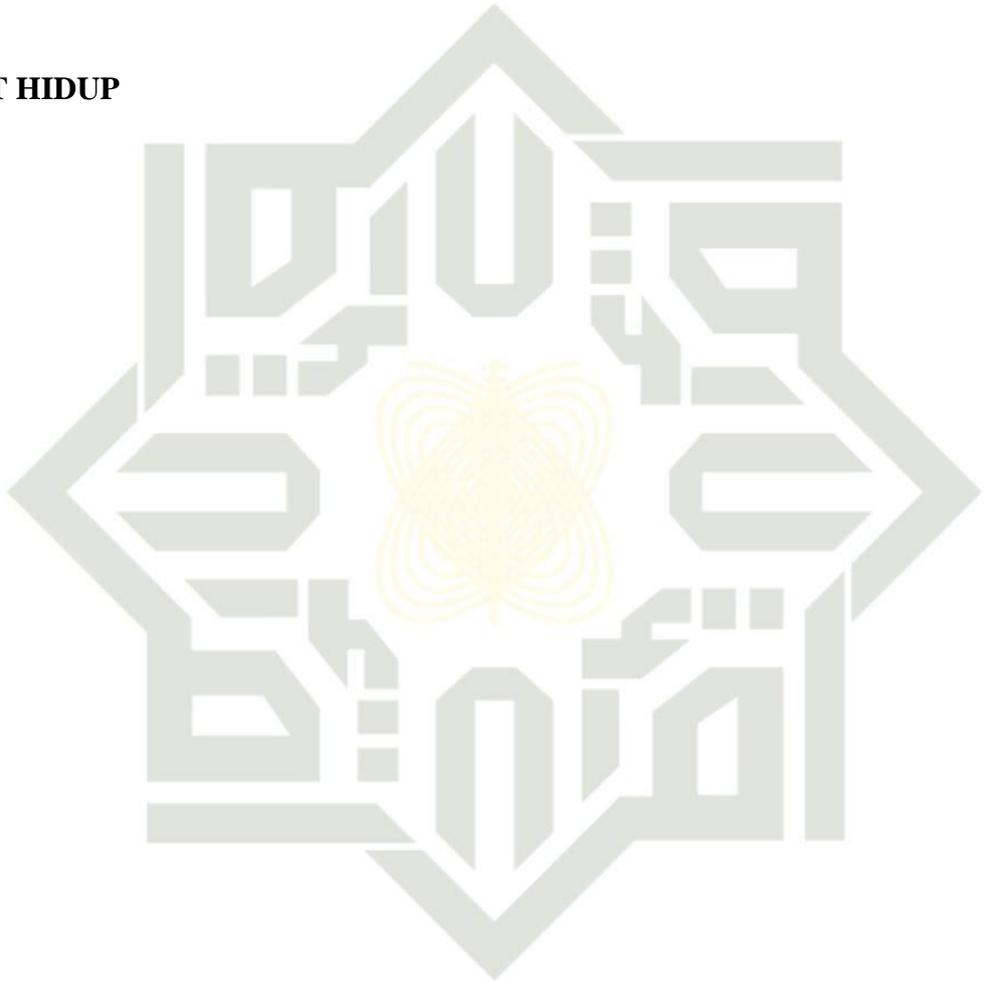
DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

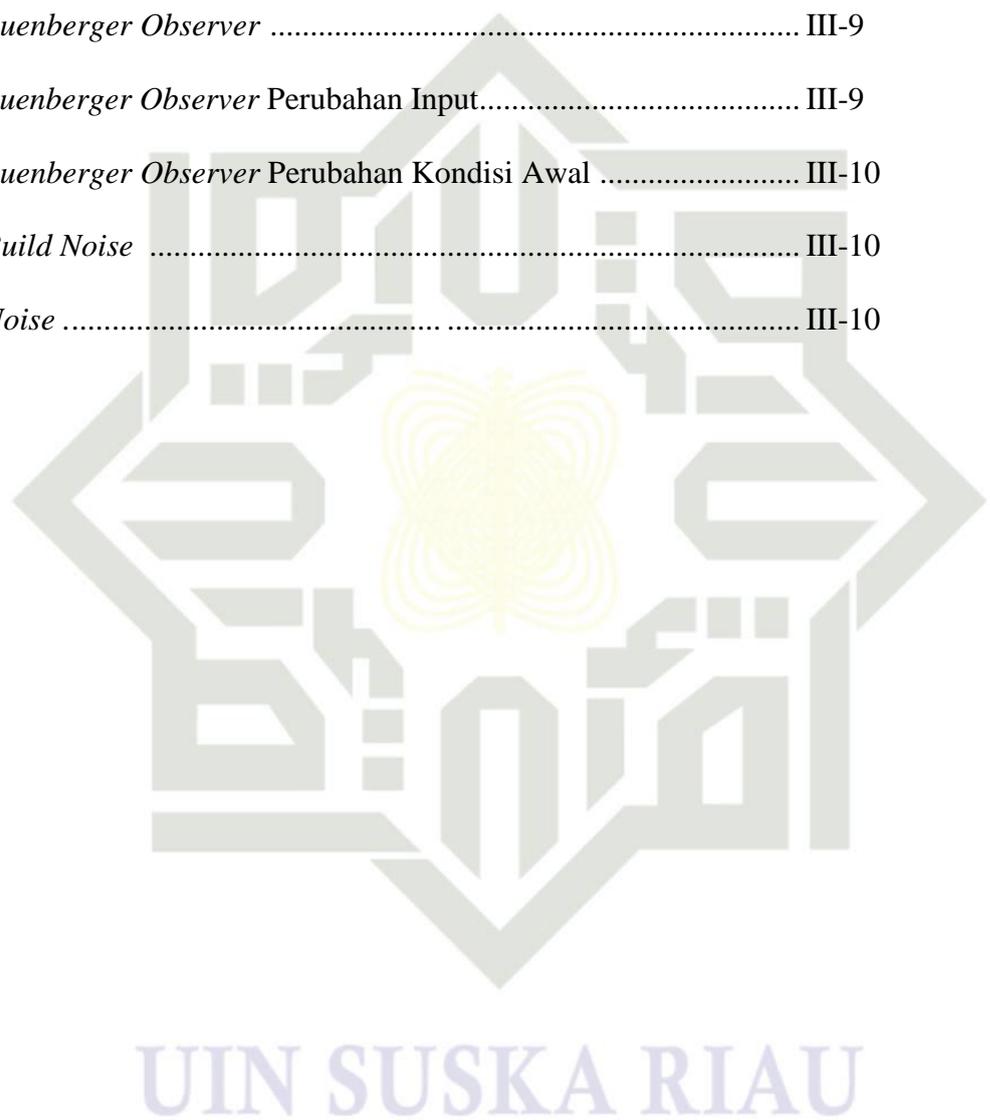


UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta dan Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip, menyalin, atau menjiplak seluruh atau sebagian dari seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 2. Pengutipan hanya untuk kepentingan 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.

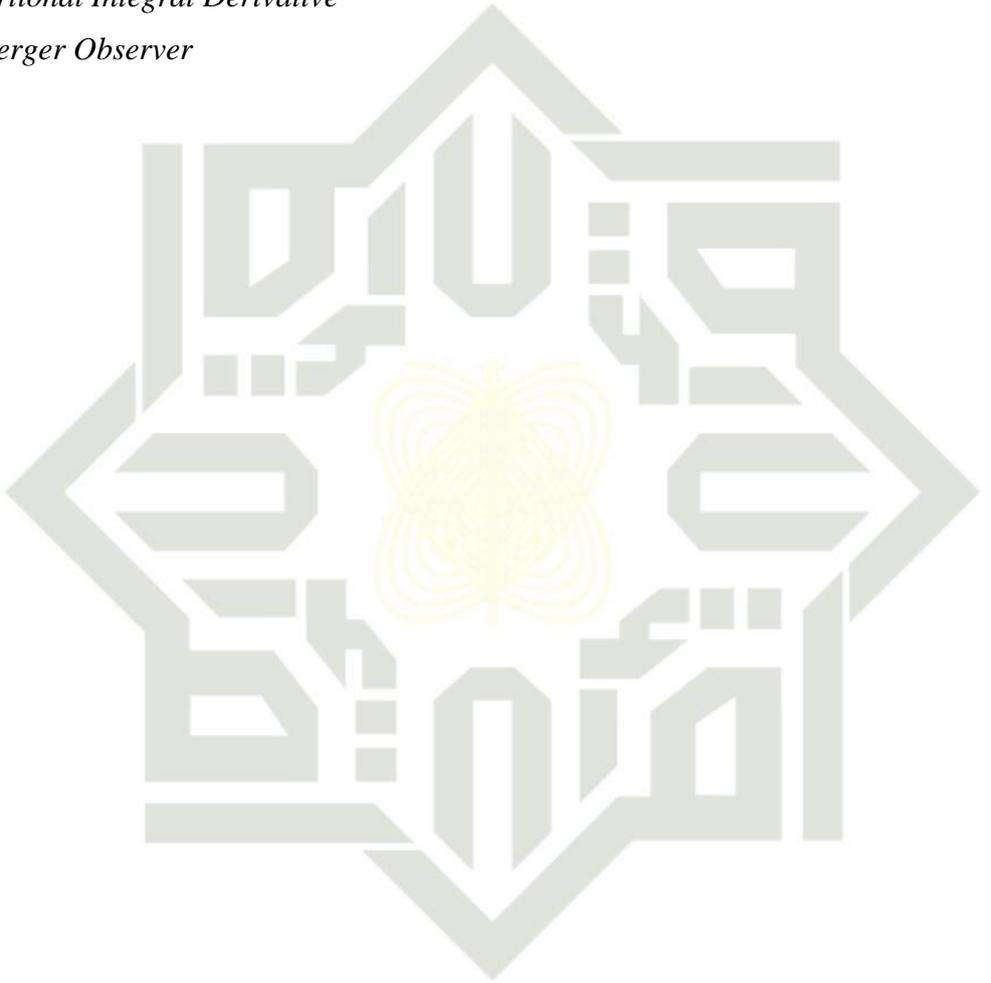
DAFTAR TABEL

© 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.		
Tabel 2.1	Parameter CSTR.....	II-4
Tabel 3.1	Blok <i>Simulink Matlab</i>	III-5
Tabel 3.2	Algoritma <i>Open Loop</i> sistem CSTR.....	III-6
Tabel 3.3	Algoritma <i>Luenberger Observer</i>	III-9
Tabel 3.4	Algoritma <i>Luenberger Observer</i> Perubahan Input.....	III-9
Tabel 3.5	Algoritma <i>Luenberger Observer</i> Perubahan Kondisi Awal	III-10
Tabel 3.6	Algoritma <i>Build Noise</i>	III-10
Tabel 3.6	Algoritma <i>Noise</i>	III-10



DAFTAR SINGKATAN

- : *Continuous Stirred Tank Reactor*
- : *Terminal Sliding Mode Control*
- : *Proportional*
- : *Proportional Integral*
- : *Proportional Integral Derivative*
- : *Luenberger Observer*



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

Latar Belakang

Kehidupan manusia dipengaruhi oleh perkembangan dunia industri. Sebagian besar kebutuhan masyarakat tidak dapat terpenuhi tanpa industri makanan dan minuman. Dalam industri ini, terjadi Proses kimia industri seperti pencampuran dilakukan dalam tangki dan menggabungkan dua atau lebih bahan untuk menghasilkan produk yang menguntungkan. *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) adalah salah satu sistem pencampuran yang digunakan di industri.

Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) merupakan sebuah tangki pengaduk yang berfungsi untuk mencampurkan fluida ataupun bahan padat yang berbeda menjadi sebuah produk yang berguna dan memiliki nilai tambah seperti industri makanan dan minuman, industri parfum, industri semen, industri tekstil, dan lain sebagainya [1]. Namun, ketika jumlah bahan yang perlu dicampurkan semakin banyak, waktu yang diperlukan pun menjadi semakin lama. Sehingga hasil terkadang tidak memuaskan seperti yang diharapkan [2].

CSTR merupakan sistem *multivariabel* yang bersifat *non-linier*, terlihat dari jumlah parameter yang dapat diatur seperti konsentrasi, *level*, laju aliran, dan sebagainya. Proses di dalam CSTR dianggap non-linier karena terus berubah seiring berjalannya waktu dan bersifat tidak stabil. Pada CSTR semua variabel penting untuk diketahui, namun berdasarkan prinsip terjadinya yaitu pencampuran dua bahan yang berbeda, mengetahui konsentrasi masing-masing bahan dan konsentrasi akhir dari hasil pencampuran menjadi lebih penting. Dengan demikian kualitas produk dapat disesuaikan dengan standar yang ditetapkan. Seperti misalnya pada industri parfum [5].

CSTR digunakan untuk mencapai kualitas aroma yang memenuhi standar yang telah ditetapkan. Kualitas aroma dalam CSTR sangat dipengaruhi oleh konsentrasi masing-masing fluida yang dicampur. Jika konsentrasi pada fluida tidak diatur dengan baik, dapat berdampak negatif pada sistem dan produk akhir. Salah satu dampaknya adalah merusak kualitas produk yang dihasilkan, yang pada akhirnya dapat menimbulkan kerugian signifikan bagi industri tersebut. Sejalan ini konsentrasi pada CSTR diatur oleh suatu sistem pengendali [4].

nilai variabel keadaan suatu sistem berdasarkan data pengukuran keluaran sistem dan model matematis sistem. *Luenberger Observer* dirancang untuk mengatasi situasi di mana tidak semua variabel keadaan sistem dapat diukur secara langsung. Dengan menggunakan informasi dari keluaran yang tersedia dan model matematis sistem, observer ini mencoba untuk memberikan estimasi yang akurat terhadap nilai variabel keadaan yang tidak diukur [16].

Luenberger Observer menghasilkan estimasi variabel keadaan yang tidak diukur berdasarkan perbandingan antara keluaran aktual sistem dan keluaran yang diestimasi oleh observer. Penggunaan *Luenberger Observer* dapat memberikan keuntungan, terutama dalam implementasi praktis di dunia nyata di mana tidak semua variabel keadaan dapat diukur langsung. Ini memungkinkan pengendali untuk mengoperasikan sistem secara lebih efisien dengan mengandalkan estimasi variabel keadaan yang diberikan oleh observer [16]. Maka dari itu penulis mengangkat judul sebagai tugas akhir “**PERFORMANSI LUENBERGER OBSERVER DALAM MENGESTIMASI KONSENTRASI PADA CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR (CSTR)**”. Penelitian ini diharapkan mampu mengatasi permasalahan yang ada pada sistem CSTR.

2 Rumusan Masalah

Bagaimana performansi *Luenberger Observer* dalam mengestimasi konsentrasi pada sistem CSTR. Performansi akan diujikan dengan melihat keakuratan estimasi berdasarkan 2 indikator pengujian yaitu : pengujian sensitivitas dan pengujian kekokohan.

3 Tujuan Penelitian

Mendapatkan performansi *Luenberger Observer* yang baik dalam mengestimasi konsentrasi pada sistem CSTR berdasarkan 2 indikator pengujian yaitu : pengujian sensitivitas dan pengujian kekokohan.

1.4 Batasan Masalah

1. Pemodelan konsentrasi pada sistem CSTR berdasarkan dari penelitian sebelumnya [8]
2. Jenis observer yang digunakan adalah *Luenberger observer*
3. Variabel yang diestimasi adalah konsentrasi
4. Pengujian kinerja desain kendali dikerjakan dengan cara simulasi matlab 2022a

1.5 Manfaat Penelitian

Mendapatkan wawasan tentang *Luenberger Observer*.

Sebagai referensi tambahan untuk penelitian berikutnya.

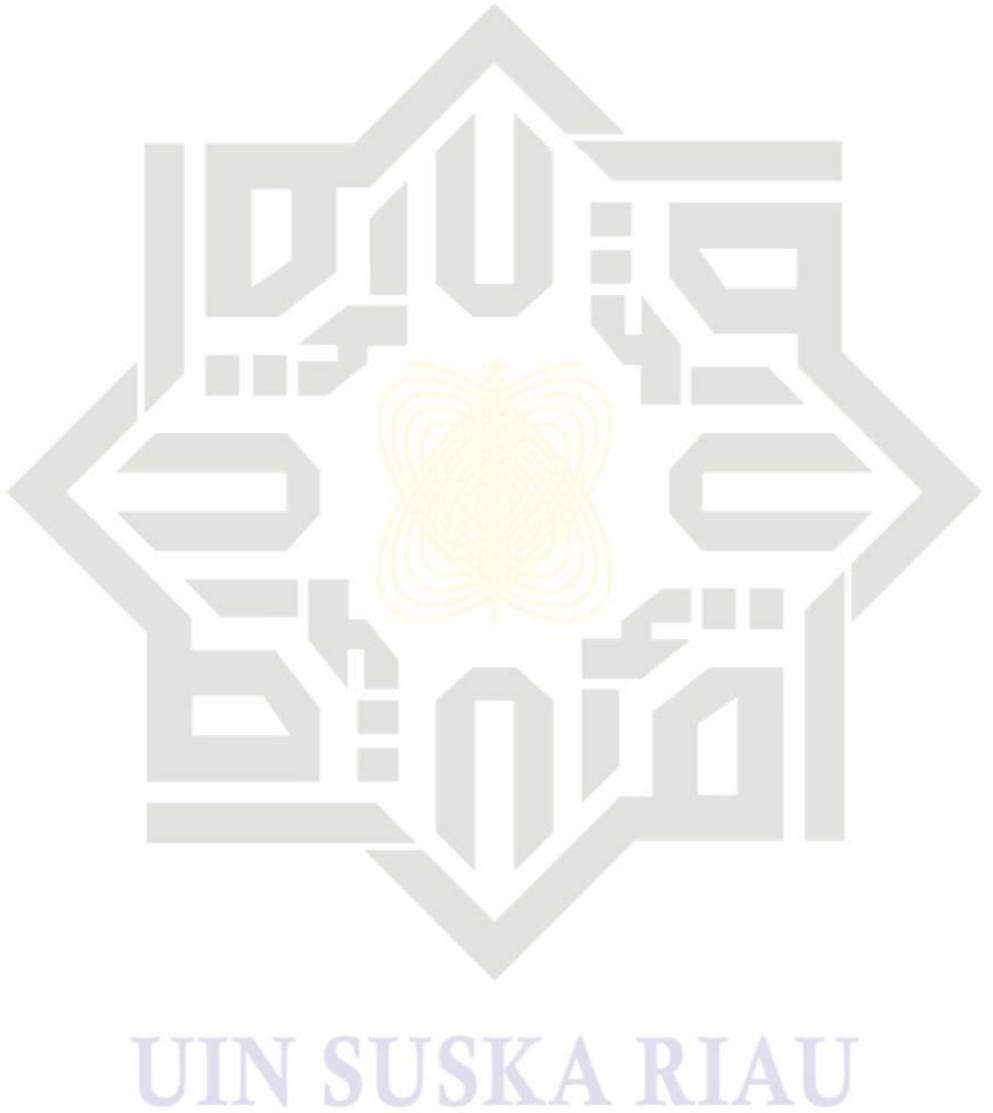
Dapat digunakan untuk sebagai panduan untuk menerapkan sistem pengendali dalam proses industri.

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 II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Terkait

Dalam penelitian Tugas Akhir ini, penulis melakukan tinjauan literatur yang melibatkan pencarian teori melalui referensi yang relevan dengan kasus dan permasalahan yang akan diteliti. Tinjauan literatur ini bermanfaat untuk menemukan referensi dan teori yang sesuai masalah yang akan diselesaikan. Referensi yang terkait dengan "Performansi *Queberger Observer* dalam Mengestimasi Konsentrasi Pada *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR)"

Ada beberapa penelitian terkait tentang sistem CSTR, salah satunya Penelitian yang pernah dilakukan tentang pengendali *Terminal Sliding Mode Control* (TSMC). Dalam penelitian ini, CSTR digunakan sebagai contoh peralatan industri kimia yang memiliki sifat *non-linier*. Perancangan algoritma kontrol untuk sistem CSTR dianggap sangat mudah. Terdapat dua masalah utama dalam kontrol CSTR, yaitu gangguan eksternal dan estimasi tempat. Dalam penelitian ini, pendekatan TSMC diterapkan untuk sistem CSTR dengan pengendalian konsentrasi dan suhu. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini lebih tahan terhadap gangguan eksternal [6].

Penelitian lain tentang sistem *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR), sistem ini gagal mencapai *setpoint* yang diinginkan, sehingga diperlukan pengendali untuk mengurangi *error steady state*. Salah satu contoh pengendali yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Proportional* (P), *Proportional Integral* (PI), *Proportional Integral Derivative* (PID), dan *Fuzzy Logic* [7]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendali *Proportional Integral Derivative* (PID) dapat menghasilkan respon keluaran konsentrasi *substrate*. Namun, PID memiliki beberapa kekurangan dan dianggap belum cukup baik karena terdapat ketidakstabilan. Dibandingkan dengan pengendali *Fuzzy Logic*, yang menghasilkan nilai konsentrasi *substrate* pada respon keluarannya, pengendali *Fuzzy Logic* lebih baik karena mereka dapat menghilangkan penundaan waktu dan *inverse response* [7].

Penelitian lain yang membahas Pengendali *Hybrid Sliding Mode* dan *Sliding Mode* gabungan untuk kedua pengendali. Untuk melakukan analisis, perbandingan kedua pengendali pada sistem CSTR dapat dilakukan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pengendali *hybrid* dapat mencapai *setpoint* [8].

Pada penelitian lain juga membahas pengendali *Hybrid Sliding Mode Control* dan PID. Kesimpulan dari penelitian ini adalah pada sistem isothermal CSTR, nilai *setpoint* yang diinginkan adalah 1 g.mol/litter. Untuk mengurangi nilai *error steady state*, pengendali *Hybrid Sliding Mode Control* dan PID yang diidentifikasi melalui metode FOPDT digunakan. Hasilnya menunjukkan bahwa pengendali ini gagal mencapai nilai *setpoint* [9].

Penelitian lain yang menerapkan pendekatan dengan menggunakan dua pengendali, yakni PID dan *Fuzzy Logic Controller*, yang diintegrasikan secara *hybrid* untuk meningkatkan kinerja. Namun, temuan penelitian menunjukkan bahwa masih terdapat *overshoot* pada hasil yang diperoleh. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa keluaran yang diperoleh belum mencapai hasil maksimal, sehingga diperlukan pengendali tambahan untuk mencapai *setpoint* yang diinginkan [11].

Adapun penelitian lain yang membahas desain pengamat *Luenberger Observer* untuk sistem *non-linier* dengan gangguan eksternal dan penundaan waktu. Terdapat beberapa permasalahan dari penelitian ini yaitu gangguan *non linier* yang tidak diketahui, penundaan waktu, *noise*, dan kesalahan sensor. Temuan hasil simulasi yang diperoleh menunjukkan bahwa semua permasalahan keadaan sistem memperoleh hasil yang stabil dan memperoleh kinerja yang baik [21].

Penelitian lain juga membahas tentang pengaruh *Luenberger Observer* terhadap pengendali berorientasi fluks stator tanpa menggunakan sensor kecepatan pada motor induksi. Dari hasil penelitian ini metode *luenberger observer* mampu mengestimasi kecepatan dengan baik dapat terlihat dari indikator bahwasanya kinerja dari motor tidak terdapat penundaan [6].

Berdasarkan studi literatur dan hasil penelitian, maka akan dirancang sistem estimasi konsentrasi pada *Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)* dengan menggunakan *Luenberger Observer* untuk memperbaiki kekurangan respon pada penelitian sebelumnya.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 *Continuous Sttired Tank Reactor (CSTR)*

CSTR adalah reaktor kimia berbentuk tangki berpengaduk, biasanya digunakan untuk mencampurkan dua cairan atau lebih. Aplikasi CSTR sering digunakan pada industri makanan, industri minuman, bioteknologi, atau industri yang memerlukan proses pencampuran cairan. CSTR merupakan sistem *nonlinier multivariabel* yang diwakili oleh banyak variabel yang dapat dikontrol seperti konsentrasi, *level*, suhu, tekanan, dan laju aliran. Salah satu variabel CSTR

yang perlu dikendalikan adalah konsentrasi. Konsentrasi harus dikontrol untuk menghindari produk yang tidak diinginkan [5].

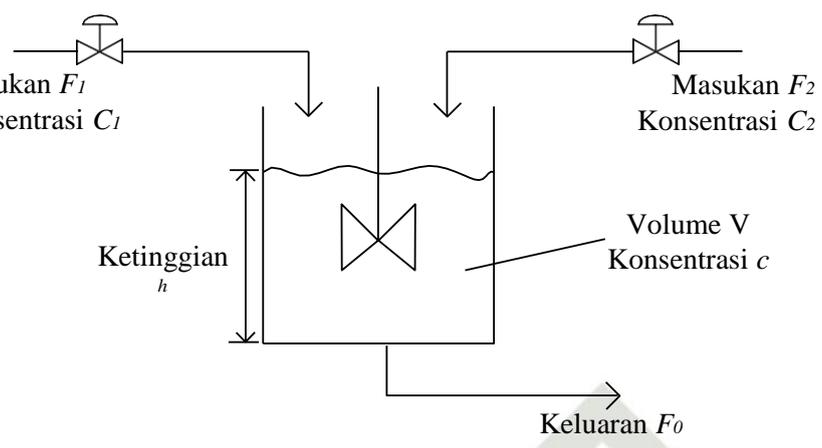
Dalam industri, kegiatan produksi memiliki peran krusial, dan ketersediaan bahan sangat terkait dengan jumlah yang dibutuhkan. Pentingnya ketersediaan bahan baku dalam konteks industri mempengaruhi kelancaran proses produksi. Untuk menghindari kelebihan atau kekurangan bahan baku, perhitungan jumlahnya harus akurat. Kualitas rasa dalam CSTR dipengaruhi oleh konsentrasi masing-masing fluida yang dicampur, dan hal ini berdampak pada kualitas produk akhir. Konsentrasi bahan-bahan yang tercampur memainkan peran penting dalam menentukan kualitas produk, dengan salah satu risikonya adalah dapat menyebabkan kerugian dalam industri tersebut [12]. Karakteristik reaktor adalah dapat bekerja dalam keadaan *steady state*, dengan aliran reaktan dan produk yang terus menerus.



Gambar 2.1 *Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)* [13]

Pencampuran merupakan suatu kejadian yang mengakibatkan bahan tersebar secara acak, di mana satu bahan berdifusi ke bahan lainnya, dan sebaliknya, sehingga bahan-bahan yang sebelumnya terpisah menjadi dua fase atau lebih. Istilah pencampuran diterapkan dalam berbagai operasi di mana homogenitas campuran bahan memiliki variasi yang signifikan. Tujuan dari pengadukan adalah untuk menanggukahkan partikel padat, menggabungkan cairan yang dapat bercampur, dan menyebarkan gas ke dalam cairan dalam bentuk gelembung-gelembung kecil [14].

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



Gambar 2.2 Sistem *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) [8]

Sistem CSTR yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 memiliki dua *input* laju aliran (F_1) dengan konsentrasi konstan (C_1) dan laju aliran (F_2) dengan konsentrasi bervariasi (C_2). *Output* adalah laju aliran F_0 yang mempengaruhi *level* di dalam tangki. Dengan asumsi bahwa cairan dalam tangki diaduk sepenuhnya, konsentrasi C_0 dalam aliran cairan keluaran akan sama dengan konsentrasi di dalam tangki.

Tabel 2.1 Parameter CSTR [8]

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Laju Aliran 1	F_1	0.15	m^3/s
Laju Aliran 2	F_2	0.6	m^3/s
Konsentrasi 1 (Konstan)	C_1	1	$kmol / s$
Konsentrasi 2 (Bervariasi)	C_2	1.2 – 1.4	$kmol / s$
Volume	V	1	m^3
Luas Permukaan Tanki	A	1	m^3
Konstanta Pengaduk	K_p	1	-

Modelan sistem berdasarkan kesetaraan dengan asumsi tidak ada material yang keluar dalam bentuk uap. Maka dapat ditulis :

Volume masuk – *volume* keluar = perubahan *volume* didalam tangki

$$F_1\Delta t + F_2\Delta t - F_0\Delta t = \Delta V \tag{2.1}$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = F_1 + F_2 - F_0 \quad (2.2)$$

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 2.3 Pipa Keluaran CSTR [1].

Berdasarkan ilustrasi gambar 2.2 dapat ditulis :

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

Dimana $P \gg P_2$

ρ = Tekanan $\left(\frac{Kg}{m^3} \right)$

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

D = Diameter Pipa (m)

l = Panjang Saluran Keluar (m)

F = Panjang Pipa (m)

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 :

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

$$F_o = \frac{D}{p\ell} \sqrt{\rho gh} \quad (2.8)$$

$$F_o = \frac{D}{p\ell} \sqrt{\rho g} \sqrt{h} \quad (2.9)$$

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 :

$$\frac{D}{p\ell} \sqrt{\rho g} = K_c \quad (2.10)$$

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-linier*

Berdasarkan kesetaraan massa dapat diformulasikan pemodelan konsentrasi dalam

sebagai berikut :

$$\frac{dC_0V}{dt} = C_1F_1 + C_2F_2 - C_0F_0 \quad (2.14)$$

$$V \frac{dC_0}{dt} + C_0 \frac{du}{dt} = C_1F_1 + C_2F_2 - C_0F_0 \quad (2.15)$$

$$V \frac{dC_0}{dt} + [C_0(F_1 + F_2 - F_0)] = C_1F_1 + C_2F_2 - C_0F_0 \quad (2.16)$$

$$V \frac{dC_0}{dt} = (C_1 - C_0)F_1 + (C_2 - C_0)F_2 \quad (2.17)$$

$$\frac{dC_0}{dt} = \frac{(C_1 - C_0)F_1 + (C_2 - C_0)F_2}{Ah} \quad (2.18)$$

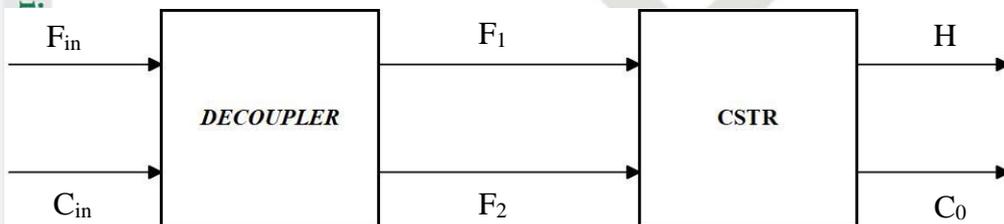
Sehingga, diperoleh pemodelan matematis untuk pengendalian konsentrasi dengan konstanta pengaduk K_p :

$$\frac{dC_0}{dt} = \frac{K_p}{Ah} \{ (C_1 - C_0)F_1 + (C_2 - C_0)F_2 \} \quad (2.19)$$

Besarnya nilai konsentrasi yang tercapai bergantung pada nilai konstanta pengaduk, semakin besar nilai konstanta pengaduk, maka waktu pengadukan juga akan semakin lama.

2.2 Perancangan Decoupler

Decouple dilakukan dengan merancang suatu sistem baru yang membuat seolah-olah masukan sistem adalah F_{in} dan C_{in} . Desain sistem baru ini selanjutnya disebut dengan *decoupler*. Ilustrasi sistem dengan decoupler dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.4 Desain *Decoupler*[1]

Bentuk matematis dari *decoupler* :

$$F_{in} = F_1 + F_2 \quad (2.9)$$

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.

$$C_{in} = \frac{C_1 F_1 + C_2 F_2}{F_1 + F_2} = (C_{in} F_{in} = C_1 F_1 + C_2 F_2) \quad (2.20)$$

Dari persamaan (2.19), untuk konsentrasi C_1 dari persamaan $F_1 + F_2$, karena flow 1 dan flow 2 punya masing-masing konsentrasi C_1 dan C_2 , maka flow dikalikan konsentrasinya. Untuk mencari konsentrasi C_1 , maka :

$$F_1 + F_2 \rightarrow C_1 F_1 + C_1 F_2 \quad (2.21)$$

$$C_1 [F_1 + F_2] = C_1 F_{in} \quad (2.22)$$

Dari persamaan (2.10), diperoleh $C_{in} F_{in} = C_1 F_1 + C_2 F_2$, maka :

$$\begin{aligned} C_{in} F_1 + C_1 F_2 &= C_1 F_{in} \\ \frac{C_{in} F_1 + C_2 F_2 = C_{in} F_{in}}{C_1 F_2 + C_2 F_2 = C_1 F_{in} - C_{in} F_{in}} & \quad (2.23) \end{aligned}$$

$$F_2 (C_1 + C_2) = C_1 F_{in} - C_{in} F_{in} \quad (2.24)$$

$$F_2 = \frac{C_1 F_{in} - C_{in} F_{in}}{C_1 + C_2} \quad (2.25)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.20) ke persamaan (2.19), sehingga pemodelan matematis untuk konsentrasi menjadi :

$$\frac{dC_0}{dt} = \frac{K_p}{Ah} \{ (C_1 - C_0) F_1 + (C_2 - C_0) F_2 \} \quad (2.26)$$

$$\frac{dC_0}{dt} = \frac{K_p}{Ah} ((C_1 F_1 - C_0 F_1) + (C_2 F_2 - C_0 F_2)) \quad (2.27)$$

$$\frac{dC_0}{dt} = \frac{K_p}{Ah} ((C_1 F_1 - C_2 F_2) - (C_0 F_1 - C_0 F_2)) \quad (2.28)$$

$$\frac{dC_0}{dt} = \frac{K_p}{Ah} ((C_{in} F_{in} - C_0) (F_1 - F_2)) \quad (2.29)$$

$$\frac{dC_0}{dt} = \frac{K_p}{Ah} (C_{in} F_{in} - C_0 F_{in}) \quad (2.30)$$

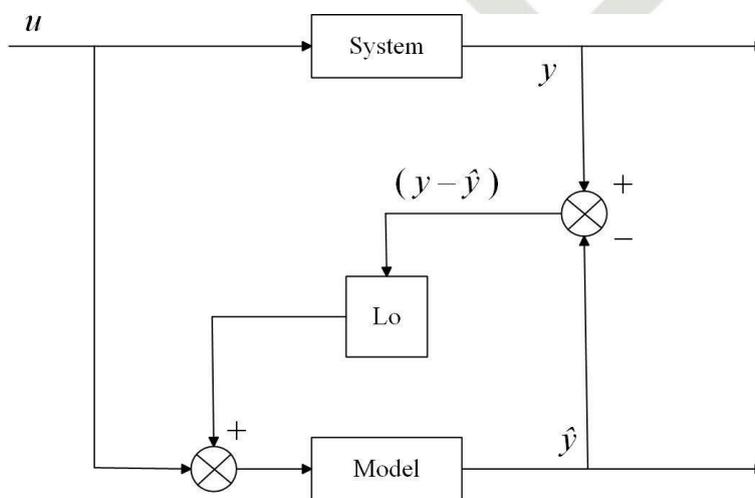
2.3 Estimasi

Estimasi adalah proses perkiraan atau perhitungan nilai atau parameter berdasarkan informasi yang tersedia. Estimasi pada sistem CSTR merupakan bagian penting dari pendanaan proses kimia. Hal ini melibatkan pembentukan model matematika untuk menggambarkan sistem CSTR. Ini akan mencakup persamaan diferensial untuk menggambarkan keseimbangan massa dan energi dalam tangki. Untuk menghitung nilai variabel model setiap saat berdasarkan data yang diukur, estimasi state juga diperlukan. Estimasi gangguan juga penting karena dapat meningkatkan kinerja pengendalian dengan memperkirakan dan mengkompensasi gangguan yang mungkin terjadi pada sistem CSTR. Metode seperti *observer* dan filter digunakan untuk memperkirakan gangguan [20].

Observer

4.1 Luenberger Observer

Luenberger observer merupakan suatu metode dalam teori kendali yang digunakan untuk mengamati atau memperkirakan nilai variabel yang sulit atau mahal untuk diukur secara langsung dalam suatu sistem dinamis. Metode ini mengaplikasikan persamaan *observer* yang berdasarkan model matematis sistem, bertujuan mereplikasi perilaku variabel yang diamati tanpa memerlukan pengukuran langsung variabel tersebut. Umumnya, *Luenberger observer* diintegrasikan kembali ke dalam sistem sebagai umpan balik (*feedback*). Informasi yang diperoleh dari *observer* kemudian digunakan untuk melakukan penyesuaian pada masukan atau kondisi operasional sistem. Keunggulan khusus Luenberger observer terletak pada kemampuannya untuk mengestimasi variabel yang sulit atau bahkan tidak bisa diukur secara langsung termasuk variabel yang mungkin berada dalam proses atau sulit diakses [16].



Gambar 2.5 Blok Diagram *Luenberger Observer*

Dari tampilan Gambar 2.3 merupakan blok diagram Luenberger Observer yang dimana kerjanya *input u* akan dikirim ke *system* dan mengeluarkan *output y*. Sistem tersebut memiliki persamaan matriks yang mengarah ke persamaan (2.21) dan (2.22). *input u* akan dikirimkan ke model dan menghasilkan *output \hat{y}* . Model tersebut memiliki persamaan matriks yang merujuk ke persamaan (2.23). dari kedua matriks tersebut *output y* dan \hat{y} digabungkan menjadi $(y - \hat{y})$ dan dikirimkan ke blok *K* sehingga *output* nya akan menjadi $K(y - \hat{y})$ dan dikirimkan ke blok sum dimana akan menjadi persamaan Luenberger observer.

Berdasarkan blok diagram di atas, Luenberger observer memungkinkan sistem untuk memperkirakan atau mengamati state internal yang sebenarnya tidak dapat diukur secara langsung. Maka dari itu, Luenberger Observer adalah bagian yang sangat penting dari sistem kendali.

2.4.2 Prinsip Kerja Luenberger Observer

Prinsip kerja *Luenberger observer* mencakup proses estimasi atau pengamatan variabel-variabel dalam sistem dinamis yang tidak dapat diukur secara langsung. Berikut ini adalah beberapa prinsipnya :

1. Sistem Pemodelan Matematis Sistem

Untuk *Luenberger observer*, model matematis sistem yang memadai diperlukan. Ini dapat berupa model diferensial biasa yang menjelaskan hubungan antara variabel-variabel sistem.

2. Dinamika Sistem dan Kesalahan

Model matematis sistem digunakan untuk mengidentifikasi dinamika sistem dan variabel yang ingin diamati. Kesalahan yang terjadi antara nilai yang diukur dan nilai yang diestimasi adalah masalah utama.

3. Observer State Variables

Observer mengestimasi variabel keadaan (*state variabel*) sistem yang sulit atau mahal untuk diukur secara langsung. *Observer* berusaha membuat perkiraan nilai berdasarkan model matematis dan informasi dari pengukuran yang tersedia.

4. Dinamika Observer

Untuk memastikan bahwa kesalahan estimasi tidak terus meningkat, pertimbangan ini sangat penting. Stabilitas ini terkait dengan pemilihan parameter untuk desain pengamat. Pengamat Luenberger menyediakan solusi untuk masalah pengamatan dalam sistem yang dinamis dan dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti mengontrol dan memantau proses industri [18].

Oleh karena itu, Luenberger adalah pengamat yang signifikan tidak hanya dalam sistem kendali tetapi juga dalam prinsip kerjanya. Selanjutnya, menggunakan persamaan ruang keadaan untuk desain observer, yang ditunjukkan pada gambar 2.3

2.3 Desain Luenberger Observer

Observer adalah suatu algoritma yang mengintegrasikan informasi yang diperoleh dari sistem kendali, dengan tujuan menghasilkan perkiraan kondisi internal sistem berdasarkan pengukuran keluaran. Prinsip kerja observer melibatkan kombinasi sinyal umpan balik yang diukur dengan pengetahuan tentang komponen sistem kendali. Fungsinya adalah untuk memperkirakan keadaan yang tidak diketahui dan meningkatkan kinerja sistem [16]. Representasi sistem CSTR dalam bentuk persamaan ruang keadaan (*state space equation*) adalah:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \quad (2.31)$$

$$y(t) = Cx(t) + Du(t) \quad (2.32)$$

Dapat dilihat berdasarkan persamaan diatas bahwasanya $x(t) \in \mathbb{R}^n$ merupakan *state system*, $u(t) \in \mathbb{R}^q$ adalah *input system*, dan $y(t) \in \mathbb{R}^p$ adalah *output system*. $A \in \mathbb{R}^{n \times n}$, $B \in \mathbb{R}^{n \times q}$, $C \in \mathbb{R}^{p \times n}$, $D \in \mathbb{R}^{p \times q}$ merupakan matriks dalam *state observer*, $v(t)$ merupakan *noise* pada *output*. Algoritma *Luenberger Observer* dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\dot{\hat{x}}(t) = A\hat{x}(t) + Bu(t) + K(t)(y(t) - \hat{y}) \quad (2.33)$$

Berdasarkan persamaan (2.33), Algoritma Luenberger observer memungkinkan untuk estimasi variabel state yang tidak dapat diukur secara langsung sebelum perancangan dilakukan pada sub bab berikutnya

2.4.4 Pole Placement

Dalam teori kontrol, *pole placement* adalah teknik yang digunakan untuk membangun pengontrol untuk sebuah sistem dinamis dengan menempatkan akar karakteristik fungsi transfer sistem. *Pole Placement* mengacu pada akar persamaan karakteristik sistem, yang merupakan akar dari polinomial karakteristik atau denominator dari fungsi transfer sistem. Beberapa fungsi utama *pole placement* pada sistem adalah untuk merancang pengontrol, biasanya pengendali umpan balik, untuk mengatur respons sistem sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan [23].

1. Stabilitas Sistem

Menempatkan *pole* sistem di dalam daerah stabilitas (biasanya di sebelah kiri bidang kompleks pada domain *Laplace*) memastikan bahwa sistem tidak mengalami osilasi yang tak terdampirkan atau kegagalan stabilitas. Ini adalah tujuan utama dari penempatan pole untuk memastikan stabilitas sistem.

Penempatan *Pole* untuk Respon yang diinginkan

Pole placement memungkinkan penempatan *pole* sistem secara spesifik sesuai dengan respons yang diinginkan. Dengan menempatkan pole pada lokasi yang tepat dalam domain *Laplace*, pengendali dapat mengatur karakteristik respons sistem seperti waktu respon, *overshoot*, dan redaman sesuai dengan kebutuhan aplikasi.

Peningkatan Kinerja

Dengan merancang pengendali menggunakan *pole placement*, kinerja sistem dapat ditingkatkan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Misalnya, sistem dapat merespons lebih cepat, lebih stabil, atau dengan mengurangi *overshoot*, tergantung pada tujuan spesifik yang ditetapkan.

Kontrol Kestabilan

Pole placement memungkinkan pengaturan karakteristik redaman sistem. Redaman adalah kemampuan sistem untuk kembali ke titik setimbangnya tanpa osilasi yang diperpanjang setelah terjadi gangguan. Dengan merancang pengontrol yang tepat, redaman sistem dapat dioptimalkan untuk memastikan kinerja yang baik.

Adaptasi dan Penyesuaian

Pole placement juga memungkinkan untuk penyesuaian dan adaptasi respons sistem terhadap perubahan lingkungan atau keadaan kerja. Dengan menyesuaikan posisi *pole*, pengendali dapat diatur ulang untuk menyesuaikan respons sistem sesuai dengan perubahan yang terjadi.

2.5 Analisis Sensitivitas dan Kekokohan

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

1. Analisis Sensitivitas

Sensitivitas menggambarkan seberapa besar perubahan dalam output sistem sebagai respon terhadap perubahan dalam parameter atau kondisi input tertentu. Analisis sensitivitas digunakan untuk mengidentifikasi parameter dalam sistem yang perlu diatur dengan hati-hati

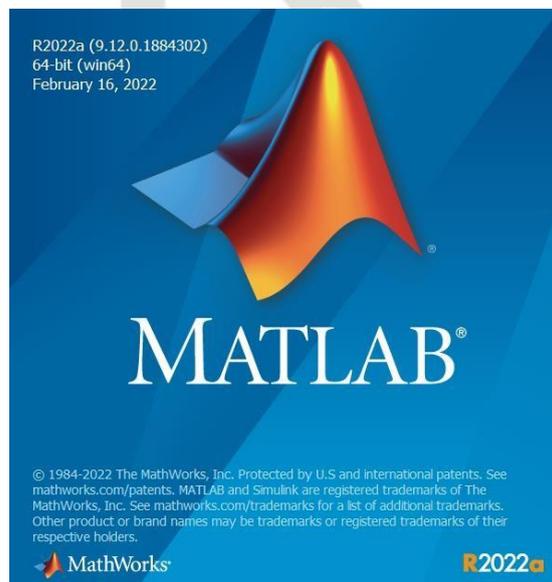
untuk mencapai kinerja yang diinginkan dan membantu dalam memahami seberapa stabil sistem terhadap variasi parameter. Pengujian sensitivitas dapat dilakukan dengan perubahan *input* pada sistem dan perubahan kondisi awal pada sistem tersebut [24].

Analisis Kekokohan

Kekokohan merujuk pada kemampuan sistem untuk menjaga kinerja yang baik meskipun adanya gangguan eksternal. Analisis kekokohan melibatkan menguji respon sistem terhadap gangguan menggunakan simulasi. Sistem dikatakan kokoh jika kinerjanya tetap stabil sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan meskipun terjadi gangguan. Sebaliknya, jika sistem tersebut menyebabkan perubahan yang signifikan dalam kinerja sistem, maka sistem tersebut dianggap tidak kokoh. Analisis kekokohan membantu dalam merancang sistem yang dapat berfungsi secara efektif dibawah sebagai kondisi operasional dan mengurangi resiko kegagalan sistem karena gangguan [25].

Matlab

MATLAB, yang disebut juga sebagai (*Matrix Laboratory*), adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis dan menghitung data numerik. Selain itu, **MATLAB** juga berfungsi sebagai bahasa pemrograman matematika tingkat lanjut, dibangun dengan dasar konsep yang menggunakan sifat dan struktur matriks [17].



Gambar 2.6 Matlab R2022a

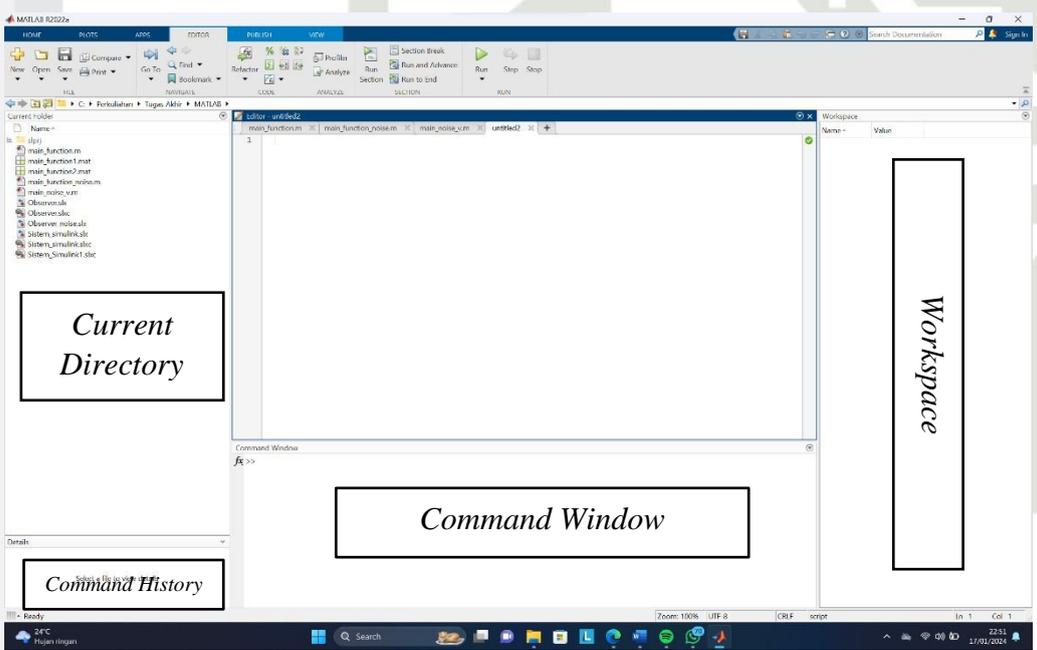
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip 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 pendidikan yang wajar UIN Suska Riau.

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

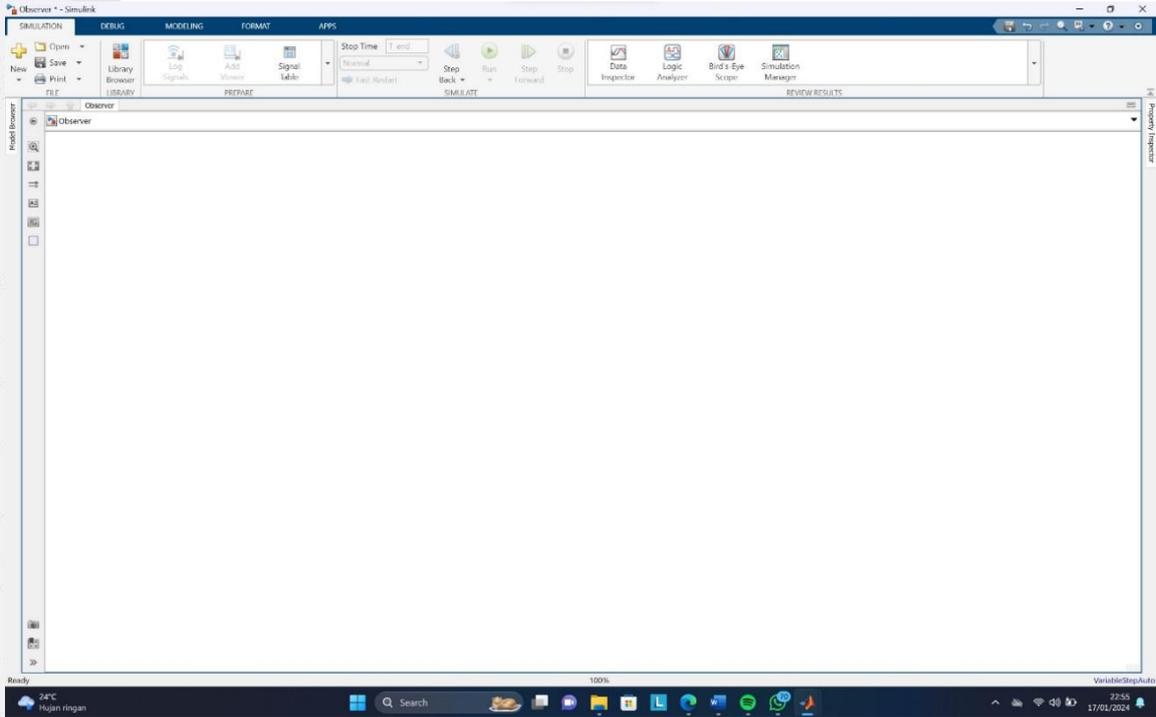
Bahasa pemrograman yang dikeluarkan oleh *MathWorks Inc* memungkinkan penggabungan antara proses pemrograman, komputasi, dan visualisasi melalui lingkup kerja yang sederhana. Di dalam konteks pendidikan, MATLAB dapat diaplikasikan sebagai alat pembelajaran untuk pemrograman matematika, teknik, dan sains pada tingkat menengah lanjutan. Sementara itu, di dalam industri, MATLAB dipilih sebagai platform yang efektif untuk melakukan penelitian, pengembangan, dan analisis produk industri [17]. Pada Matlab sendiri terdapat beberapa bagian penting yang digunakan dalam menjalankan program,

- *Command window* digunakan untuk mengetik fungsi yang diinginkan.
- *Command history* berfungsi yang telas digunakan sebelumnya dapat kembali.
- *Workspace* digunakan untuk membuat variable yang ada dalam Matlab

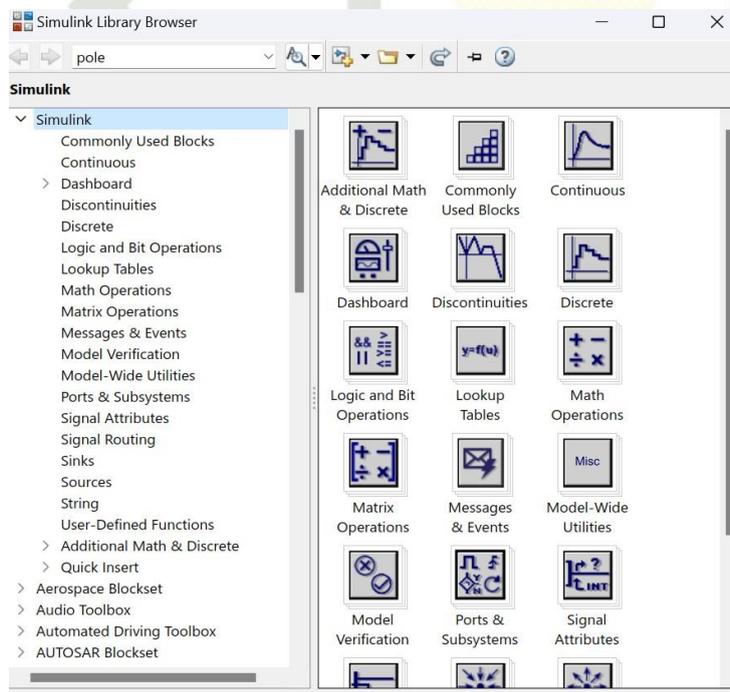


Gambar 2.7 Bagian Window Matlab

Simulink merupakan serangkaian aplikasi dalam Matlab yang digunakan untuk melakukan pemodelan, simulasi, dan analisis dinamis pada suatu sistem. Penggunaan program *Simulink* memudahkan pengguna dalam membuat simulasi yang lebih interaktif. Dalam konteks aplikasi Matlab, *Simulink* mampu menggambarkan performansi sistem dalam format dua atau tiga dimensi. Desain juga menjadi lebih sederhana bagi pengguna karena tersedia blok-blok diagram yang dapat dengan mudah diatur sesuai dengan model matematis dari sistem atau *plant* yang akan dikendalikan.



Gambar 2.8 Bagian Window Simulink Matlab



Gambar 2.9 Simulink library Matlab

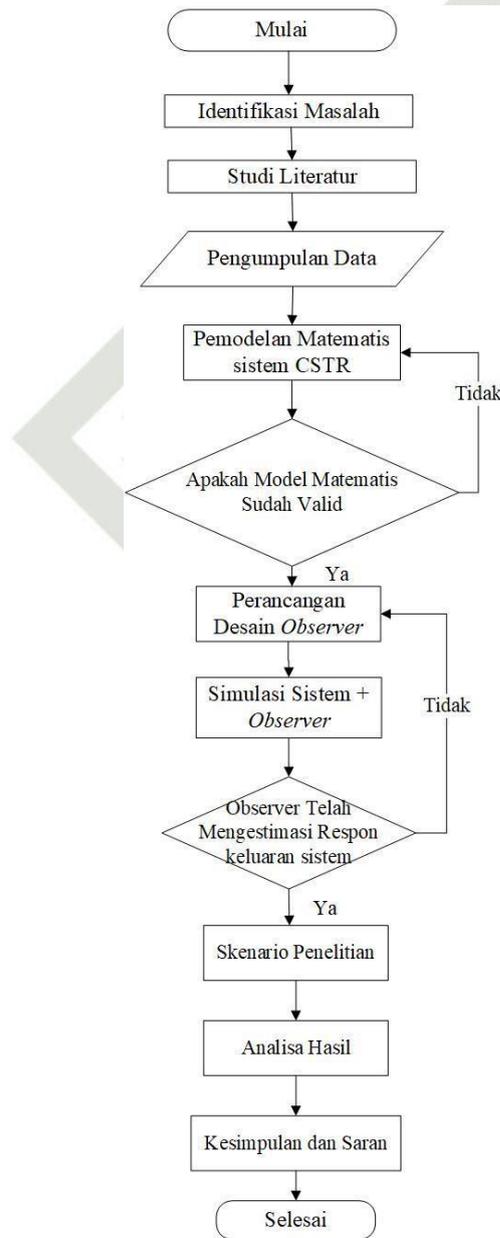
1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Alur Metode Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa tahap atau langkah-langkah yang penulis lakukan, mulai dari studi literatur hingga hasil akhir dalam penelitian tugas akhir ini. Adapun tahap yang dilakukan sebagai berikut :



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang pengutipan 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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



3.2 Tahapan Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, dibutuhkan sebuah perancangan agar penelitian ini dapat dikerjakan sesuai dengan yang diharapkan. Perancangan dalam penelitian ini meliputi penentuan pengujian plant, penentuan judul sampai dengan tujuan yang diinginkan dari suatu penelitian sehingga terdapat beberapa tahap perencanaan yang harus dilakukan yaitu :

Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah, pada tahapan ini hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan topik permasalahan yang diangkat pada tugas akhir ini, dimana masalah yang dihasilkan adalah mengatasi ketidakstabilan yang terjadi pada konsentrasi pada sistem CSTR.

Studi Literatur

Melakukan tela'ah beberapa peneletian terkait, baik dari artikel penelitian yang telah dipublikasikan maupun buku yang diterbitkan mengenai pemodelan matematis *continuous stirred tank reactor* dan penggunaan *Luenberger Observer* pada sistem CSTR

Pemodelan Matematis Sistem CSTR

Melakukan pemodelan matematis sistem CSTR dengan menggunakan variabel-variabel yang telah ditentukan untuk dilakukan pengujian pada software yang telah digunakan. Dimulai dari Persamaan (2.14) sampai (2.30), pada kesetaraan massa dapat diformulasikan pemodelan konsentrasi yang merujuk pada persamaan (2.14) yang diturunkan dapat menghasilkan persamaan (2.18). sehingga, pemodelan matematis pengendali konsentrasi dengan konstanta K_p seperti persamaan (2.18). berdasarkan penelitian [19], persamaan (2.19) dan persamaan (2.20) dilakukan rancangan *decoupler*. Dengan mensubstitusikan persamaan (2.20) ke persamaan (2.18), sehingga pemdelan matematis untuk konsentrasi merujuk pada persamaan (2.30).

Berdasarkan persamaan (2.30) dilakukan linierisasi untuk mendapatkan persamaan fungsi alih dari sistem :

$$\frac{dC_0}{dt} = \frac{K_p}{Ah} (C_{in}F_{in} - C_0F_{in}) \tag{3.1}$$

$$\frac{dC_0}{dt} = \frac{K_p}{Ah} C_{in}F_{in} - \frac{K_p}{Ah} C_0F_{in} \tag{3.2}$$

$$\frac{dC_0}{dt} = \frac{K_p}{Ah} C_{in}F_{in} = \frac{K_p}{Ah} C_{in}F_{in} \tag{3.3}$$

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 mengumumkannya 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.

$$sC_0 + \frac{K_p}{Ah(s)} C_0(s) F_{in} = \frac{K_p}{Ah(s)} C_{in}(s) F_{in} \quad (3.4)$$

$$sC_0 + \frac{K_p}{Ah(s)} F_{in} C_0(s) = \frac{K_p}{Ah(s)} C_{in} F_{in}(s) \quad (3.5)$$

$$\frac{C_0(s)}{C_{in}(s)} = \frac{K_p/AH F_{in}(s)}{s + K_p/AH F_{in}(s)} \quad (3.6)$$

Berdasarkan persamaan (3.6) model matematis fungsi alih dilakukan dengan memasukan nilai K_p nilai F_{in} , A yang sesuai dengan parameter sistem CSTR pada Tabel 2.1. linierisasi dilakukan pada titik $h=1$, yaitu :

$$\frac{C_0(s)}{C_{in}(s)} = \frac{K_p/AH F_{in}(s)}{s + K_p/AH F_{in}(s)} \quad (3.7)$$

$$\frac{C_0(s)}{C_{in}(s)} = \frac{0,2/1 \cdot 0,75}{s + 0,2/1 \cdot 0,75} \quad (3.8)$$

$$\frac{C_0(s)}{C_{in}(s)} = \frac{0,15}{s + 0,15} \quad (3.9)$$

$$sC_0(s) + 0,15C_0(s) = 0,15C_{in}(s) \quad (3.10)$$

$$\frac{dC_0(t)}{dt} + 0,15C_0(s) = 0,15C_{in}(t) \quad (3.11)$$

$$\frac{dC_0(t)}{dt} = -0,15C_0(s) + 0,15C_{in}(t) \quad (3.12)$$

$$\dot{C}_0(t) + 0,15C_0(t) = 0,15C_{in} \quad (3.13)$$

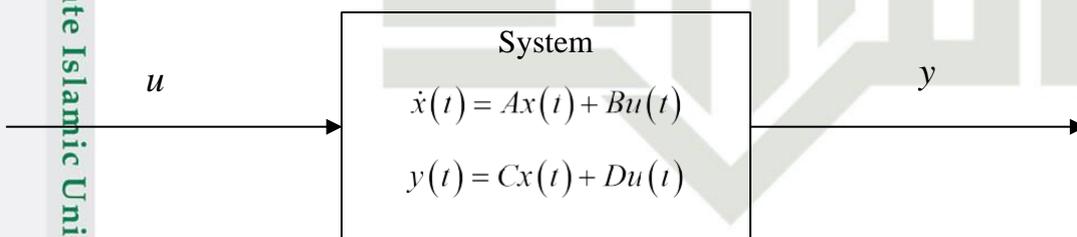
$$\dot{C}_0 = -0,15C_0(t) + 0,15C_{in} \quad (3.14)$$

Persamaan (3.14) mendapatkan hasil persamaan *state space equation* yang merujuk ke persamaan (2.21) da (2.22) sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,5 & 0 \\ 0,1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

Pengujian Sistem CSTR

Perancangan Sistem CSTR yang digunakan dengan menentukan bentuk *state space* dari sistem CSTR. Dan dilanjutkan untuk menentukan pole untuk melihat apakah sistem CSTR berjalan dengan baik. Sehingga, Persamaan (2.21) dan persamaan (2.22) merupakan sebagai representasi sistem CSTR. Pengujian sistem CSTR dilakukan dengan menggunakan software simulink MATLAB R2020a dengan *time sampling* yang digunakan selama 0,1 detik, blok diagram untuk pengujian sistem ini dilakukan secara *open loop* yang dapat digambarkan dengan gambar dibawah.



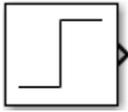
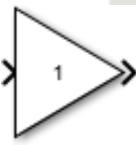
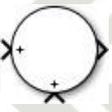
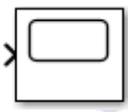
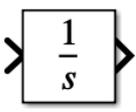
Gambar 3.2 Blok Diagram *Open Loop* Sistem CSTR

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan apakah hasil keluaran sudah sesuai. Pengujian yang 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 :

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

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

Tabel 3.1 Blok *Simulink Matlab*

Nama	Blok Simulink	Keterangan
<p><i>Step</i></p>		<p>Blok Step adalah salah satu jenis blok sinyal yang digunakan untuk menyediakan sinyal tangga atau langkah ke dalam model Simulink. menghasilkan sinyal yang berubah dari nilai awal ke nilai yang ditentukan pada waktu tertentu, dan tetap pada nilai tersebut setelahnya</p>
<p><i>Gain</i></p>		<p>Blok yang digunakan untuk menerapkan faktor penguatan (atau gain) pada sinyal input yang melewatinya. Fungsi utamanya adalah untuk mengalikan sinyal input dengan faktor skalar tertentu sebelum mengirimkannya ke blok selanjutnya dalam model Simulink.</p>
<p><i>Sum</i></p>		<p>Sebagai elemen untuk menambahkan atau mengurangi.</p>
<p><i>To Workspace</i></p>		<p>Digunakan untuk menyimpan hasil simulasi ataupun analisis sistem kedalam <i>workspace</i> matlab yang berupa variabel, struktur data atau respon sisyem yang akan digunakan untuk analisis lebih lanjut.</p>
<p><i>Scope</i></p>		<p>Digunakan untuk tampilan sinyal <i>input</i> sehubungan dengan waktu simulasi yang dilakukan</p>
<p><i>Integrator</i></p>		<p>Integrator pada simulink matlab berfungsi untuk melakukan operasi numerik terhadap sinyal input</p>

2. Dilarang mengumumkan 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.

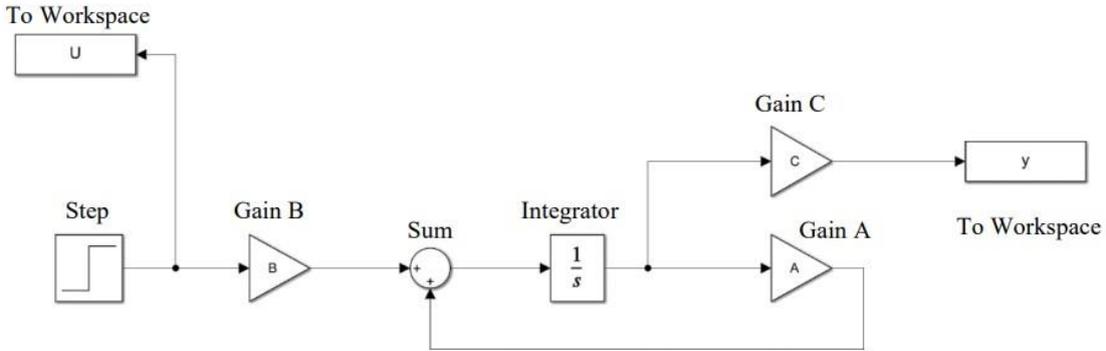
Dilindungi Undang-Undang

ciptanya UIN Suska Riau

To Workspace

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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



Gambar 3.3 Blok *Simulink Open Loop* Sistem CSTR

Sistem CSTR secara *open loop* akan dijalankan dengan menggunakan Algoritma Pemograman 1 seperti dibawah ini :

Tabel 3.2 Algoritma *open loop* sistem CSTR

Algoritma Pemograman 1 *Open Loop* Sistem CSTR

inisialisasi :

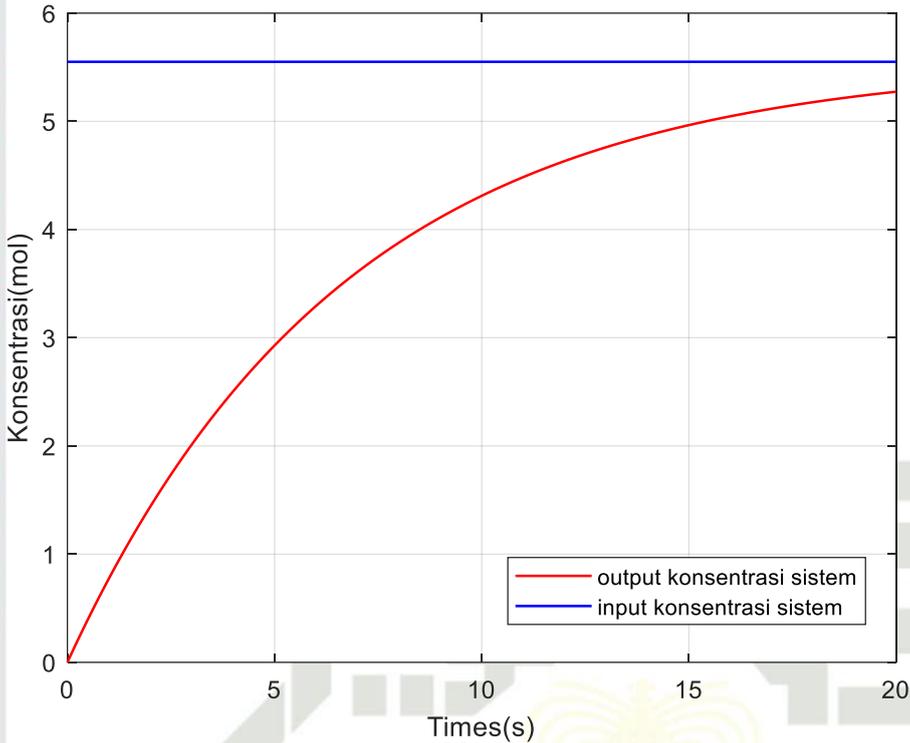
1. Mendefinisikan waktu : waktu mulai (0), waktu sampling (0.01), dan waktu akhir (20).
2. Mendefinisikan parameter sistem CSTR berdasarkan Tabel 2.1
3. Mendefinisikan *matrix system* berdasarkan persamaan (3.1)
4. Mendefinisikan kondisi awal sistem yang dimulai dari 0
5. Memanggil program simulink matlab “Sistem_simulink”
6. Menyimpan data *open loop* sistem CSTR dengan nama “data_yz”
7. Plot untuk menampilkan grafik

end

Hak Cipta © Hal 100
 1. Di larang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan nama penulis dan sumber.
 2. Di larang 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.

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 3.4 Respon *Output Open Loop* Sistem CSTR

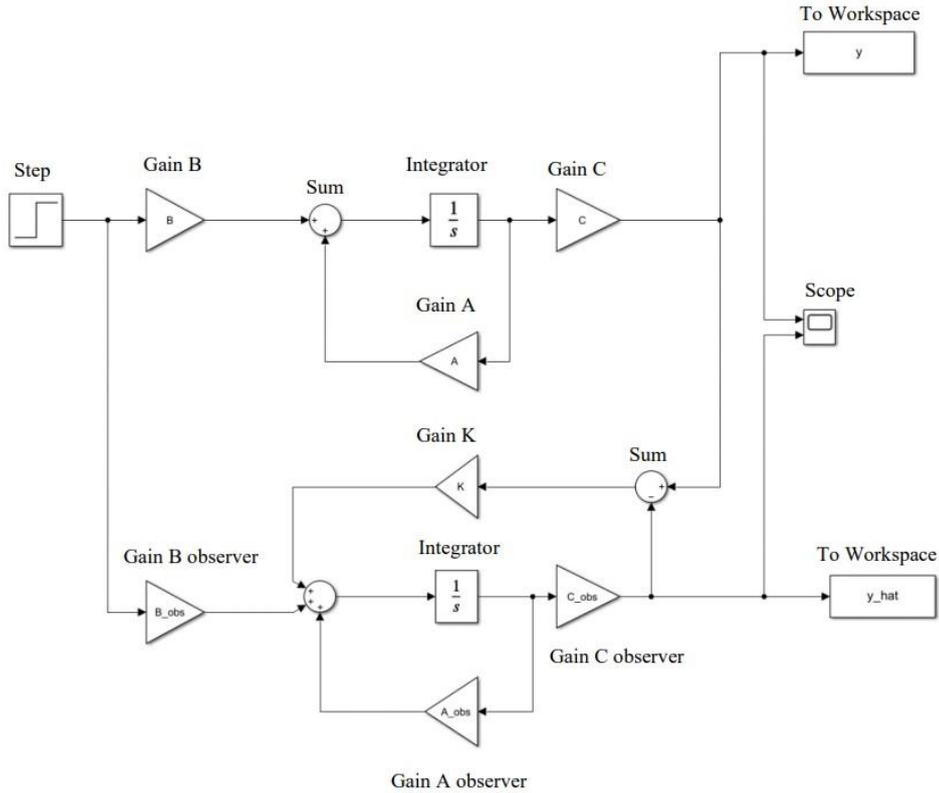
Berdasarkan fungsi alih yang telah diperoleh pada persamaan (3.1) kemudian dilakukan pengujian untuk memvalidasi model matematis pada Sistem CSTR. Dari respon *output open loop* Sistem CSTR yang didapat pada Gambar 3.3 dapat lihat bahwa grafik *output* dari konsentrasi sistem bahwasanya hasil dari pengujian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya.

Design Observer

Design Observer yang digunakan dengan menentukan bentuk *state space* dari sistem CSTR. Dan dilanjutkan untuk menentukan *pole* untuk melihat apakah sistem CSTR berjalan dengan baik dengan menggunakan *observer*. Sehingga, Persamaan (2.21) dan persamaan (2.22) merupakan sebagai representasi sistem CSTR. Dari persamaan (2.23) tersebut dapat dibangun blok diagram *Simulink* berdasarkan blok *simulink* pada Tabel 3.1. Sehingga *design* tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

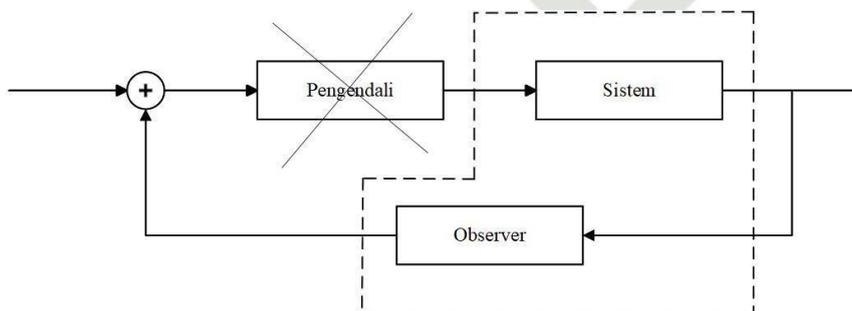
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



Gambar 3.5 Design Simulink Luenberger Observer

Sehingga didapatkan hasil dengan menggunakan *Luenberger observer* seperti persamaan

- 23). Berdasarkan pemodelan desain *observer* dalam sistem CSTR yang merujuk persamaan
- 23) dapat menunjukkan hasil blok diagram seperti Gambar 2.3.



Gambar 3.6 Blok Diagram *Open Loop* Sistem CSTR

Blok diagram pada Gambar 3.6 merupakan blok diagram *open loop* pada sistem CSTR, alasannya perancangan pada penelitian tugas akhir ini dalam bentuk *open loop*. Dari blok diagram sistem CSTR secara *open loop* pada Gambar 2.4, dapat digambarkan blok desain berdasarkan blok diagram pada Gambar 3.5.

Tabel 3.3 Algoritma Luenberger Observer

Algoritma Pemrograman 2 *Luenberger Observer*

Inisialisasi :

- Mendefinisikan Waktu : Waktu mulai (0), waktu sampling (0.01), dan waktu akhir (20).
- Mendefinisikan Parameter Sistem CSTR berdasarkan Tabel 2.1
- Mendefinisikan Matrik Sistem berdasarkan persamaan (3.1)
- Desain Luenberger Observer
- Simulasikan Observer : input (Cin), init_cond=[0]
- Memanggil program simulink matlab “Observer”
- Menyimpan data open loop sistem CSTR dengan nama “data_yz”
- Plot untuk menampilkan grafik

Simulasi Sistem

Berdasarkan Gambar 3.5, pemodelan matematis dan *state space* sistem CSTR pada persamaan (3.1). Akan dilakukan beberapa tahap pengujian : pengujian sensitivitas yaitu perubahan kondisi awal, pengujian perubahan *input* dan pengujian kekokohan dengan memberikan *noise*. Simulasi sistem *Luenberger observer* dan pengujian ini dilakukan berdasarkan persamaan model matematis fungsi alih pada persamaan (3.1) dan dengan persamaan *luenberger observer* pada persamaan (2.23). Simulasi dan pengujian ini dilakukan terhadap *Luenberger Observer* dalam perubahan *input*, perubahan kondisi awal, dan penambahan *noise*.

Tabel 3.4 Algoritma Luenberger Observer Perubahan *Input*

Algoritma Pemrograman 3 *Luenberger Observer* : Perubahan *input*

Inisialisasi :

- 1. Mendefinisikan Waktu : Waktu mulai (0), waktu sampling (0.01), dan waktu akhir (20).
- 2. Mendefinisikan Parameter Sistem CSTR berdasarkan Tabel 2.1

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

3. Mendefinisikan Matrix System berdasarkan persamaan (3.1)

4. Desain Luenberger Observer

Step time = 10

Simulasikan Observer : input (Cin), init_cond=[0]

Memanggil program simulink matlab “Observer”

Menyimpan data open loop sistem CSTR dengan nama “data_ym”

Plot untuk menampilkan grafik

Tabel 3.5 Algoritma Luenberger Observer Perubahan Kondisi Awal

Algoritma Pemograman 4 *Luenberger Observer* : Perubahan Kondisi Awal

Inisialisasi :

1. Mendefinisikan Waktu : Waktu mulai (0), waktu sampling (0.01), dan waktu akhir (20).

2. Mendefinisikan Parameter Sistem CSTR berdasarkan Tabel 2.1

3. Mendefinisikan Matrix System berdasarkan persamaan (3.1)

4. Desain Luenberger Observer

5. Simulasikan Observer : input (Cin), init_cond=[0.8]

6. Memanggil program simulink matlab “Observer”

7. Menyimpan data open loop sistem CSTR dengan nama “data_ym”

8. Plot untuk menampilkan grafik

Tabel 3.6 Algoritma *Build Noise*

Algoritma Pemograman 5 *Build Noise*

Inisialisasi :

1. Menyimpan data sistem CSTR dengan nama “data_ym”

2. Mendefinisikan *Noise*

3. Menormalisasikan sinyal agar memiliki rata-rata 0 dan varian unit 1

4. Menyimpan data build noise dengan nama “data_noise”

end

Tabel 3.7 Algoritma Luenberger Observer Pemberian *Noise*

Algoritma Pemograman 6 *Luenberger Observer* : Pengujian Pemberian *Noise*

Inisialisasi :

1. Mendefinisikan Waktu : Waktu mulai (0), waktu sampling (0.01), dan waktu akhir (20).

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

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

2. Mendefinisikan Parameter Sistem CSTR berdasarkan Tabel 2.1

1. Mendefinisikan Matrix System berdasarkan persamaan (3.1)

1. Diarahkan, mengutip, selanjutnya atau seluruhnya

a. Menyimpan data noise “data_noise”

b. Desain Luenberger Observer

c. Plot untuk menampilkan grafik

Analisa Hasil

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

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.

Skenario Penelitian

Penelitian ini menggunakan *Luenberger Observer* sebagai *state estimator* untuk konsentrasi pada sistem CSTR dengan memasukan nilai yang sudah dapat dari model matematis dalam program matlab. Ada beberapa percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini dengan memeriksa output dari grafik yang dihasilkan oleh sistem selama simulasi. Adapun pengujian yang dilakukan yaitu :

1. Simulasi sistem CSTR secara *open loop*

2. Pengujian sistem CSTR dengan menambahkan luenberger observer sebagai *state estimator*

3. Pengujian sensitivitas *observer* pada konsentrasi sistem CSTR yang meliputi perubahan kondisi awal dan perubahan *input*

4. Pengujian kekokohan *observer* dengan memberikan noise/gangguan pada konsentrasi sistem CSTR

BAB V

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan

sebagai:

Pengujian sistem CSTR dengan penambahan luenberger observer menunjukkan respon keluaran yang sudah baik. Observer mampu mengestimasi hasil keluaran konsentrasi sistem secara baik sesuai *input* yang diberikan sebesar 5,5 mol dengan waktu simulasi yang sebesar 20 detik.

Pengujian Sensitivitas bertujuan untuk melihat kesensitivitasan observer terhadap beberapa pengujian sensitivitas, yaitu : Pengujian perbahan awal dan pengujian perubahan *input*

- a. Pengujian perubahan kondisi awal, hasil ditunjukan bahwa dengan mengubah kondisi awal sistem dapat diestimasi oleh observer dengan baik, kedua kondisi tersebut dapat konvergen pada waktu ke 0,92 detik
- b. Pengujian perubahan input, hasil dapat menunjukkan bahwa observer mampu mengestimasi sistem ketika nilai input mengalami perubahan dari detik ke 0 ke detik ke 10 dengan waktu simulasi sebesar 20 detik.

Hasil sama sama menunjukkan observer mampu membantu memperkirakan keadaan yang sebenarnya dari sistem meskipun terdapat gangguan sebesar 0,25% dengan waktu simulasi 20 detik, dengan Luenberger Observer ini hasil yang diberikan mampu menyesuaikan dengan cepat terhadap *noise*.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti melakukan penalaan pada estimasi konsentrasi pada CSTR menggunakan Luenberger Observer, kemudian dilakukan beberapa pengujian yaitu : pengujian estimasi pada sistem, pengujian sensitivitas, dan pengujian kekokohan dengan penambahan *noise*. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan beberapa sistem pengendali untuk mendapatkan hasil keluaran yang lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

- © Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
- [1] Mursyitah, Dian. “*Decouple sliding mode dengan Permukaan Luncur Proposional dan Integral pada Sistem Non Linier Multi Variabel Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)*”. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Thesis. 2013
 - [2] M. Miar dan K. R. Batubara, “*Analisa Konsentrasi Rasio Industri Besar dan Sedang di Indonesia (Studi Empiris Pada Perusahaan Manufaktur Subsektor Makanan Dan Minuman Yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia Periode 2013-2017)*,”. Jurnal Ilmiah Management vol. 16, no.2, pp. 121-132, 2020.
 - [3] I. Y. Damanik, N. Za, and M. Muhammad, “Optimasi Aplikasi Kontrol PI pada Tekanan di Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) menggunakan Response Surface Methodology (RSM),” Jurnal Teknologi Kimia Unimal/Jurnal Teknologi Kimia UNIMAL, vol. 8, no. 2, p. 15, Jul. 2020, doi: 10.29103/jtku.v8i2.2679.
 - [4] D. Zhao, Q. Zhu, and J. Dubbeldam, “*Terminal sliding mode control for continuous stirred tank reactor,*” *Process Safety and Environmental Protection/Transactions of the Institution of Chemical Engineers. Part B, Process Safety and Environmental Protection/Chemical Engineering Research and Design/Chemical Engineering Research & Design*, vol. 94, pp. 266–274, Feb. 2015, doi: 10.1016/j.cherd.2014.08.005.
 - [5] Farhad Aslan dan Gagandeep Kaur. “*Comparative Analysis of Conventional, P, PI, PID and Fuzzy Logic Controllers for the Efficient Control of Concentration in CSTR*”. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 17–No.6, March 2011.
 - [6] D. Mursyitah, A. Faizal, E. Ismaredah, and D. M. Putri, “Analisa Performansi Pengendali *Hybrid Sliding Mode dan Sliding Mode* dengan Permukaan Luncur PID Pada Proses CSTR,” Jurnal SNTIKI, No.6. November, pp. 575–581, 201
 - [7] Ahmad Faizal, Dian Mursyitah, Ewi Ismaredah, Muhammad Ikhsyan. 2018. “*Analisa Pengendali Hybrid Sliding Mode Control Dan PID Untuk Mengendalikan Concentration Pada Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)*.” Jurlan Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Powe Engineering/Jurnal Ecitipe, vol.5, no.1, pp. 1-7, Apr.2018, doi: 10.33019/ecotipe.v5il.29.

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



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.

Vishal Vishnoi, Subhransu Padhee, Gagandeep Kaur. 2012. *Controller Performance Evaluation for Concentration Control of Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor*. *International journal of Scientific and Research Publications*. Volume 2, Issue 6, 2012.

D. Metode, F. Inference, and S. Tsukamoto, "Penentuan Persediaan Bahan Baku Dan Membantu Target Marketing Industri Target Marketing Industri Dengan Metode Fuzzy," *International Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 2, Issue 6, June 2012 I1SSN 2250-3153

B. Platzer, *Chemical Reactor, Design and Control*, *Journal of Chemical*, vol. 82, no. 8. 2010.

G. Ellis, "Introduction to observers in control Systems," in *Elsevier eBooks*, 2012, pp. 185–212. doi: 10.1016/b978-0-12-385920-4.00010-2.

Z. Horváth and G. Molnárka, "Design Luenberger Observer for an Electromechanical Actuator," *Acta Tech. Jaurinensis*, vol. 7, no. 4, pp. 328–351, 2014, doi: 10.14513/actatechjaur.v7.n4.313.

A. T. MSc, Pengantar pemrograman matlab. Elex Media Komputindo, 2017.

S. Herdjunto, "Unknown Input Observer untuk Robust Detection Sinyal Kesalahan terhadap Disturbance Menggunakan LMI," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 7, no. 2, 2018

Dila Marta Putri, "Perancangan Hybrid Pengendali *Dynamic Sliding Mode* dan Pengendali *Sliding Mode* dengan Permukaan Luncur PID untuk Mengendalikan Level dan Konsentrasi pada Sistem CSTR" Skripsi, 2017.

J. B. Rawlings, D. Q. Mayne, and M. Diehl, *Model Predictive control: Theory, Computation, and Design*. 2017.

Karami, Phi Nguyen, Hamid, Mobayen, Farhad Bayat, Pawe Skruch, Fatemeh Mostafavi "LMI-based Luenberger Observer Design for uncertain nonlinear systems with external disturbances and time-delays", 2023, *IEEE Access*, 11, pp. 71823–71839. doi:10.1109/access.2023.3293493.

Y. Jiang, S. Yin, J. Dong and O. Kaynak, "A Review on Soft Sensors for Monitoring,

1. Diarangi 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. Diarangi 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.

Control, and Optimization of Industrial Processes," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 21, no. 11, pp. 12868-12881, 1 June 1, 2021, doi: 10.1109/JSEN.2020.3033153.

M. Y. Fadliansyah, E. Susanto, and M. R. Rosa, "Online Monitoring Dan Kontrol Besaran Pressure Dan Flow Pada Prototipe Perpipaan Minyak Dengan Menggunakan Pole Placement Pada Networked Control System," *e-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 6, pp. 11398–11406, 2021.

F.-I. Chou, "Optimal design of Luenberger reduced-order observer with low sensitivity for linear multivariable systems," *Measurement and Control*, Jan. 2024, doi: 10.1177/00202940231222182.

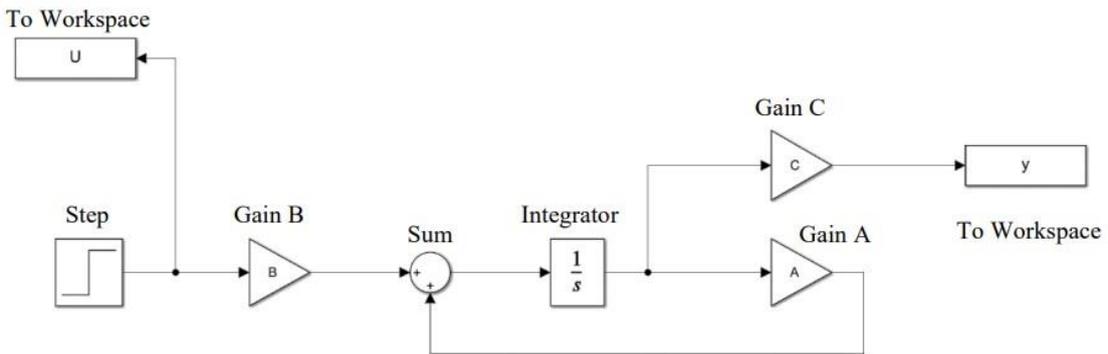
E. Hildebrandt, J. Kersten, A. Rauh, and H. Aschemann, "Robust Interval Observer Design for Fractional-Order Models with Applications to State Estimation of Batteries," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 53, no. 2, pp. 3683–3688, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.ifacol.2020.12.2052.

T. -s. Kwon, M. -h. Shin, and D. -s. Hyun, "Speed Sensorless Stator Flux-Oriented control of induction motor in the field weakening region using Luenberger Observer," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 20, no. 4, pp. 864–869, Jul. 2005, doi: 10.1109/tpel.2005.850939.

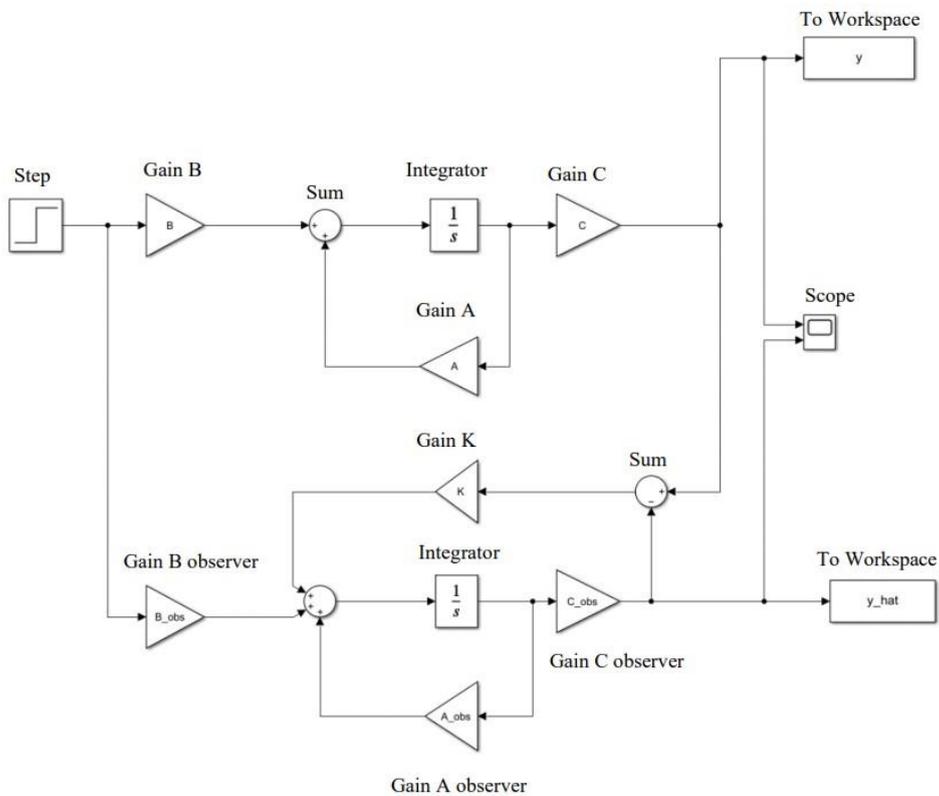
LAMPIRAN A

BLOK DIAGRAM *SIMULINK*

Blok diagram *simulink open loop* Sistem CSTR



Blok diagram *simulink* Luenberger Observer



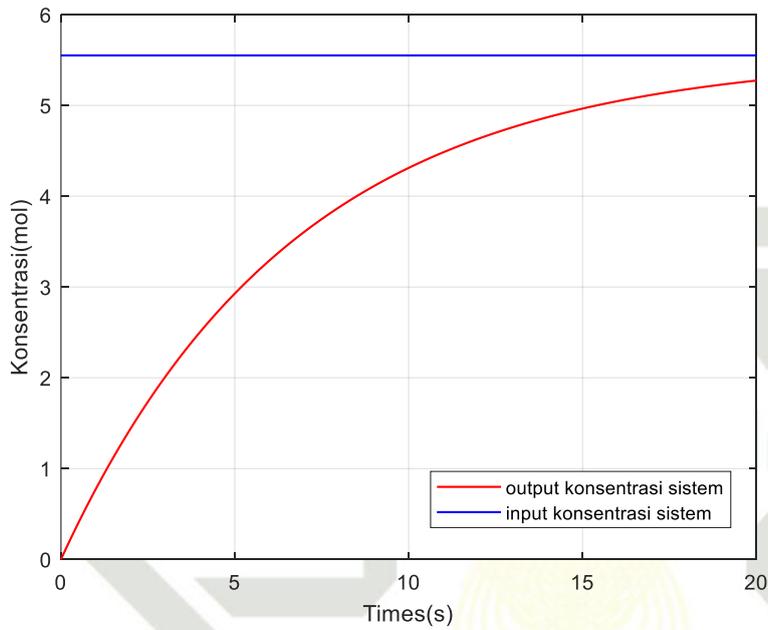
Hak Cipta Dilindungi |

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

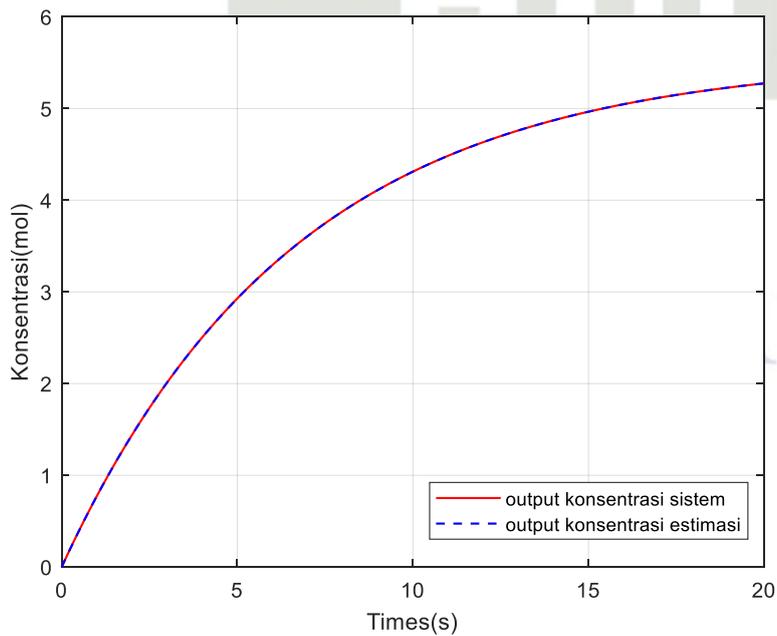
LAMPIRAN B

HASIL ESTIMASI OBSERVER PADA SISTEM CSTR

Respon Keluaran *Open Loop* Sistem CSTR



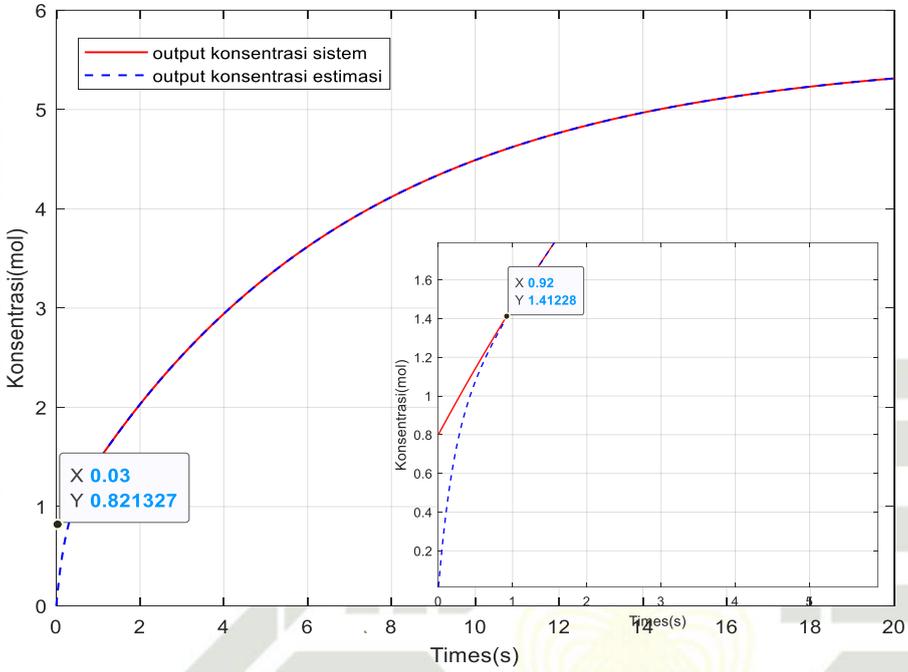
Hasil Estimasi Konsentrasi Sistem CSTR



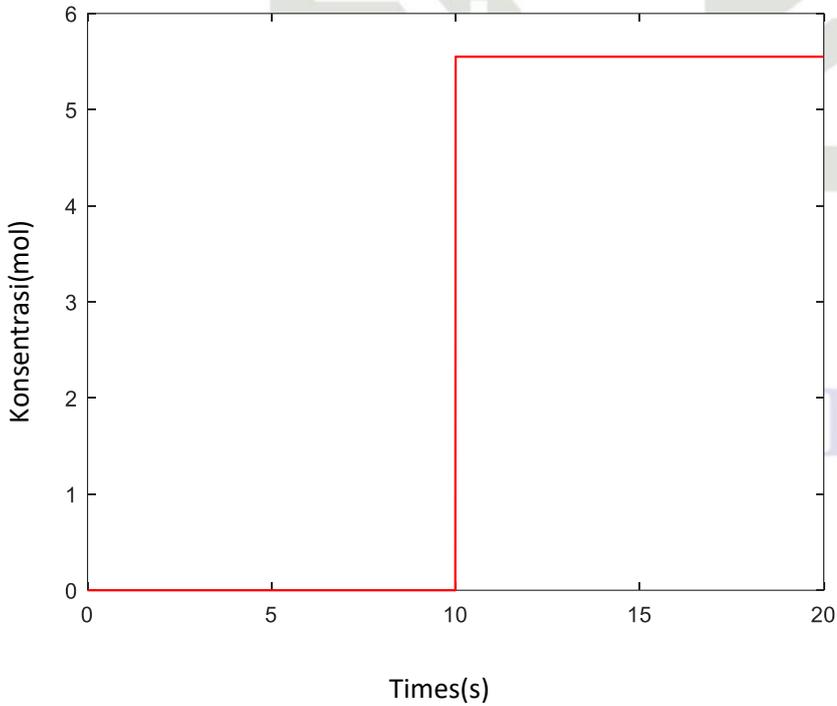
1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

3. Hasil Estimasi Pengujian Sensitivitas Konsentras pada Sistem CSTR

Ⓜ Hak cipta milik UIN Suska Riau Pengujian Perubahan Kondisi Awal dengan *initial condition* = [0,8]



b. Pengujian Perubahan Input dengan *Input* = 10 detik



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

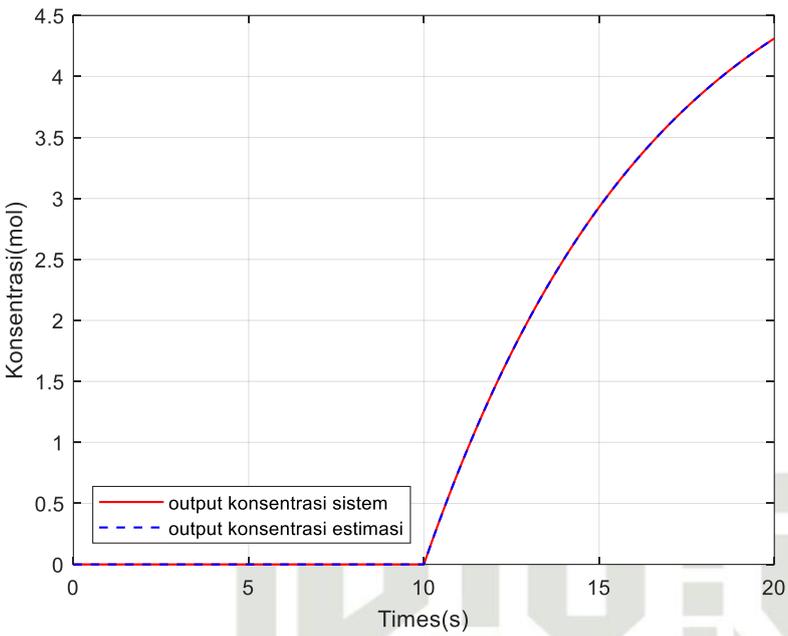
Ⓜ Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

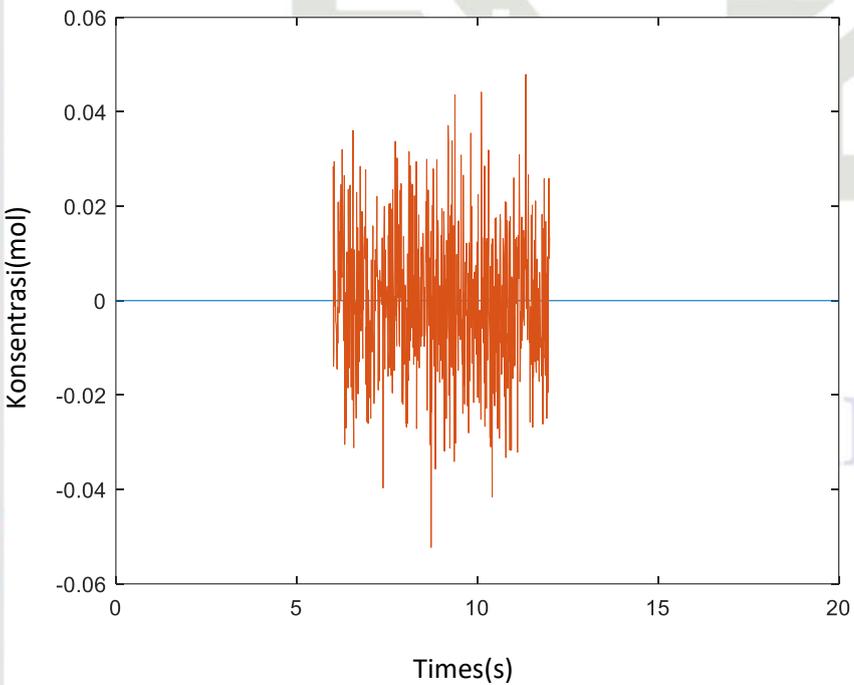
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



Hasil Estimasi Pengujian Kekokohan Konsentrasi pada Sistem CSTR dengan

Noise = 0,25%





DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Yudhi Fariztian lahir pada tanggal 8 April 2002 di Kota Dumai Provinsi Riau, sebagai anak tunggal dari pasang Heristian dan Yusfadewi, S.Sos. Beralamat di Jalan Sidomulyo, Tegalega Kel. Ratu Sima Kec. Dumai Selatan Kota Dumai Provinsi Riau. Pengalaman pendidikan yang dilalui dari SD Negeri 004 Bukit Datuk Lama dan lulus tahun 2014, kemudian melanjutkan di SMP IT Plus Bazma Brilliant dan lulus pada tahun 2017, setelah itu dilanjutkan dengan pendidikan SMK Negeri 2 Kota Dumai dengan Jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik dan lulus pada tahun 2020.

Setelah lulus SMK pada tahun 2020 penulis melanjutkan pendidikan di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif, dengan mengambil konsentrasi Elektronika Instrumentasi dan menyelesaikan masa studi pada tahun 2024

Selama Perkuliahan Penulis aktif dalam kegiatan Akademik dan aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATE) sebagai Mentri di Kementerian Komunikasi dan Informasi (KOMINFO). Dengan ketekunan dan motivasi yang tinggi dan terus berusaha belajar, Penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini dan mampu memberikan manfaat dan kontribusi untuk masyarakat yang membutuhkan.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas terselesaikannya Tugas Akhir ini yang berjudul **“Performansi Luenberger Observer Dalam Mengestimasi Konsentrasi Pada *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR)”**

Email : 12050513126@students.uin-suska.ac.id

yudhif408@gmail.com

No. Hp : 089668703209