PERANCANGAN LQR-PID UNTUK MENGENDALIKAN LEVEL SISTEM *KNOCK OUT GAS DRUM* PADA PENGOLAHAN *LIQUEFIED NATURAL GAS*

TUGAS AKHIR

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

UIN SUSKA RIAU

Oleh :

AHMAD RIFAI HASIBUAN
11555100756

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2022

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
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.

LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN LQR-PID UNTUK MENGENDALIKAN LEVEL SISTEM *KNOCK OUT GAS DRUM* PADA PENGOLAHAN *LIQUEFIED NATURAL GAS*

TUGAS AKHIR

Oleh:

AHMAD RIFAI HASIBUAN
11555100756

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 21 Juli 2022

Ketua Program Studi	Pembimbing
Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T	Aulia Ullah, S.T., M.Eng
NIP. 19721021 200604 2 001	NIP. 19850618 201503 1 003

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.

Kasim Riau

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.

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN LQR-PID UNTUK MENGENDALIKAN LEVEL SISTEM *KNOCK OUT GAS DRUM* PADA PENGOLAHAN *LIQUEFIED NATURAL GAS*

TUGAS AKHIR

Oleh:

AHMAD RIFAI HASIBUAN
11555100756

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 21 Juli 2022

Pekanbaru, 21 Juli 2022

Mengesahkan,

Dekan	Ketua Program Studi
Dr. Drs. Hartono, B.A., M.Pd	**Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T**
NIP. 19640301 199203 1 003	**NIP. 19721021 200604 2 001**

DEWAN PENGUJI :

Ketua	**: Sutoyo, S.T., M.T**
Sekretaris	**: Aulia Ullah, S.T., M.Eng**
Anggota I	**: Ahmad Faizal, S.T., M.T**
Anggota II	**: Halim Mudia, S.T., M.T**

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.

Lampiran Surat :
Nomor : Nomor 25/2021
Tanggal : 10 September 2021

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Rifai Hasibuan
NIM : 11555100756
Tempat/Tgl. Lahir : Cinonoan / 20 Juli 1997
Fakultas/Pascasarjana : Sains dan Teknologi
Prodi : Teknik Elektro
Judul Disertasi/~~Thesis~~/Skripsi/~~Karya Ilmiah lainnya~~*:
Perancangan LQR-PID untuk Mengendalikan Level Sistem Knock Out Gas Drum pada Pengolahan Liquefied Natural Gas

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

1. Penulisan Disertasi/~~Thesis~~/Skripsi/~~Karya Ilmiah lainnya~~* dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu Disertasi/~~Thesis~~/Skripsi/~~Karya Ilmiah lainnya~~* saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apa bila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Disertasi/~~Thesis~~/Skripsi/~~Karya Ilmiah lainnya~~* saya tersebut, maka saya besedia menerima sanksi sesua peraturan perundang-undangan.

Demikianlah Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 28 Juli 2022
Membuat pernyataan

METERAI TEMPEL
10000
816AJX926751077

Ahmad Rifai Hasibuan
NIM : 11555100756

*pilih salah satu sasuai jenis karya tulis

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

UIN SUSKA RIAU

LEMBAR HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL

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

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

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
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.

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.

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 yang saya ketahui, saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang telah dilampirkan dalam referensi dan dalam daftar pustaka.

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

Pekanbaru, 21 Juli 2022

Yang membuat pernyataan,

AHMAD RIFAI HASIBUAN
NIM. 111555100756

UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang

Barang siapaYang menghendaki kehidupan dunia, maka wajib baginya berilmu, dan barangsiapa 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 zat yang Maha membolak-balikkan hati, teguhkanlah hati ini di atas agama-Mu ya Allah. Lantunan sholawat beriring salam penggugah hati dan jiwa, menjadi persembahan penuh kerinduan pada sosok panutan umat, pembangun peradaban manusia yang beradab Nabi Besar Muhammad SAW.

Niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat.

(QS : Al-Mujadilah 11)

Ku persembahkan karya ini untuk Ayahanda tercinta, sosok pejuang dalam hidupku yang tak pernah mengenal kata lelah apalagi mengeluh serta Ibunda tersayang, malaikat tanpa sayap dalam hidupku yang tak kenal waktu siang dan malam selalu menjaga dan melindungi hingga aku bisa sampai seperti sekarang ini, Adik-adik tercinta, seluruh keluarga serta sahabat yang doanya senantiasa mengiringi setiap derap langkahku dalam meniti kesuksesan.

Dan katakanlah:"Ya Tuhan-ku, masukkan aku ketempat masuk yang benar dan keluarkanlah (pula) aku ketempat keluar yang benar dan berilah aku disisi-Mu kekuasaan yang dapat menolongku."

(QS: Al-Isra 80)

| Ahmad Rifai Hasibuan |

| 2022 |

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.

PERANCANGAN LQR-PID UNTUK MENGENDALIKAN LEVEL SISTEM *KNOCK OUT GAS DRUM* PADA PENGOLAHAN *LIQUEFIED NATURAL GAS*

AHMAD RIFAI HASIBUAN

NIM : 11555100756

Tanggal Sidang : 21 Juli 2022

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Gas alam yang akan diolah menjadi LNG memiliki kandungan H_2S dan CO_2 yang dapat mengakibatkan korosi pada peralatan natural gas sehingga dibutuhkan Sistem *knock out gas drum* untuk mengatasinya. Dalam sistem *knock out gas drum* level pada liquid tank harus tetap berada pada *setpoint* yaitu 0.21 meter. Dari hasil kajian literatur hasil simulasi secara *open loop* menunjukkan bahwa sistem masih belum mampu mencapai *setpoint*. Penulis ingin mengajukan Pengendali LQR-PID mengatasi permasalahan respon sistem dalam mencapai *setpoint* dengan *settling time* yang cepat dan *ESS* yang *kecil*. Berdasarkan hasil simulasi pengendali LQR-PID sistem berhasil mencapai setpoint yang diinginkan. Dimana nilai-nilai parameternya adalah t_s = 0.3015, t_r = 0.1649, t_d = 0.0613, *Mp* = 0 %, dan *ESS* = 0 meter, dan waktu *recovery* saat mendapat gangguan pada detik ke 2 sebesar 5% = 0.166 detik. Berdasarkan hasil respon tersebut dapat ambil kesimpulan bahwa Pengendali LQR-PID berhasil mengatasi permasalahan sistem *knock out gas drum* dalam mencapai *setpoint* dengan respon sistem yang cepat dan berhasil kembali ke *setpoint* saat mendapat gangguan.

Kata Kunci : LQR-PID, LNG, dan Sistem *Knock Out Gas Drum*

UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

DESIGN OF LQR-PID METHOD FOR CONTROL LEVEL KNOCK OUT GAS DRUM SYSTEM ON LIQUEFIED NATURAL GAS

AHMAD RIFAI HASIBUAN

NIM : 11555100756

Date of Final Exam : 21 Juli 2022

Department of Electrical Engineering
Faculty of Science of Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas St. Number. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

Natural gas that will be processed into LNG contains H2S and CO2 which can cause corrosion of natural gas equipment so a gas drum knock out system is needed to overcome this. In the knock out system, the gas drum level in the liquid tank must remain at the set point of 0.21 meters. From the results of the literature review, the simulation results in an open loop show that the system is still not able to reach the setpoint. The author would like to propose an LQR-PID controller to overcome the problem of system response in reaching the setpoint with fast settling time and small ESS. Based on the simulation results of the LQR-PID controller the system has succeeded in achieving the desired setpoint. Where the parameter values are ts = 0.3015, tr = 0.1649, td = 0.0613, Mp = 0 %, and ESS = 0 meters, and the recovery time when experiencing a disturbance in the second second is 5% = 0.166 seconds. Based on the results of these responses, it can be concluded that the LQR-PID controller has succeeded in overcoming the problems of the knock out gas drum system in achieving setpoint with a fast system response and successfully returning to the setpoint when it gets disturbed.

Key Word: *LQR-PID, LNG, and Knock Out Gas Drum System*

UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam juga penulis haturkan kepada baginda Rasulullah SAW, sebagai seorang sosok pemimpin dan suri tauladan bagi seluruh umat di dunia yang patut di contoh dan di teladani bagi kita semua. Atas ridho Allah SWT penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul "Perancangan LQR-PID untuk Mengendalikan Level Sistem *Knock Out Gas Drum* pada Pengolahan *Liquefied Natural Gas*".

Melalui proses bimbingan dan pengarahan yang disumbangkan oleh orang-orang yang berpengetahuan, dorongan, motivasi, dan juga doa orang-orang yang ada disekeliling penulis sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Sudah menjadi ketentuan bagi setiap Mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada perguruan tinggi UIN SUSKA Riau harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir guna mencapai gelar sarjana.

Oleh sebab itu sudah sewajarnya penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Ayah, Ibu, Adik tercinta yang telah memberikan semangat, dukungan moril maupun materil dan doa kepada penulis serta keluarga besar penulis yang selalu mendoakan penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Hairunnas, M.Ag Rektor UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
3. Bapak Dr. Hartono, M.Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan jajarannya.
4. Ibu Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau sekaligus dosen penguji satu tugas akhir ini.
5. Bapak Sutoyo, S.T., M.T selaku sekretaris Podi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau.
6. Bapak Aulia Ullah, ST., M.Eng selaku dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan

penjelasan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis bisa lebih mengerti dalam menyelesaikan Tugas akhir ini.

7. Bapak Putut Son Maria, S.ST., M.T dan Bapak Ahmad Faizal, S.T., M.T selaku dosen pengampu mata kuliah Tugas Akhir I dan Tugas Akhir II yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.
8. Bapak Ahmad Faizal, S.T., M.T dan Bapak Halim Mudia, S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.
9. Bapak Mulyono, ST., MT selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan masukan perihal perkuliahan dari awal masuk hingga saat ini.
10. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Keluarga Angkatan 2015 seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini dan telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Sahabat-sahabat yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT. hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat positif dan membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, 21 Juli 2022
Penulis,

Ahmad Rifai Hasibuan
NIM. 11555100756

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.

DAFTAR ISI

Halaman

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

1.1 Latar Belakang I-1

1.2 Rumusan Masalah I-4

1.3 Tujuan Penelitian I-4

1.4 Batasan Masalah I-4

1.5 Manfaat Penelitian I-5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait II-1

2.2 Landasan Teori II-2

2.2.1 Sistem *Knock Out Gas Drum* II-2

2.2.2 Pemodelan Sistem *Knock Out Gas Drum* II-5

2.3 Identifikasi Sistem II-7

2.4 Pengendali Linear Quadratic Regulator II-8

2.5 Sistem Kendali PID II-12

2.6 Kriteria Integral Menggunaan *Integral of Absolute Error* (IAE) II-13

2.7 Metode *Heuristic* II-13

2.8 MATLAB II-14

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Proses Alur Penelitian III-1

3.2 Tahap Penelitian III-2

3.3 Pemodelan Sistem III-3

3.4 Simulasi dan Verifikasi III-3

3.5 Skenario Penelitian III-5

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.

3.5.1 Perancangan Pengendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR).. III-5
3.5.2 Perancangan Pengendali Proporsional Integral Derivatif (PID) III-8
3.5.3 Perancangan Pengendali LQR-PID..... III-9
3.5.4 Perancangan LQR-PID Dengan Menambahkan Gangguan..... III-10
3.6 Analisa Hasil Simulasi Yang Akan Dilakukan..... III-10
3.7 Kesimpulan Yang Akan Dilakukan..... III-11

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Hasil dan Analisa Simulasi Sistem *Knock Out Gas Drum* secara ..... *Openloop*..... IV-1
4.2 Hasil dan Analisa Simulasi Sistem *Knock Out Gas Drum* ..... menggunakan Pengendali LQR IV-4
4.3 Hasil dan Analisa Simulasi Sistem *Knock Out Gas Drum* ..... menggunakan Pengendali LQR-PID..... IV-9
4.4 Hasil dan Analisa Simulasi Sistem *Knock Out Gas Drum* ..... Pengendali LQR-PID dengan Menambahkan Gangguan IV-12

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan V-1
5.2 Saran V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

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.

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

2.1 Sistem *Knock Out Gas Drum* II-2
2.2 Diagram Block Sistem *Knock Out Gas Drum* II-3
2.3 Globe Valve II-3
2.4 Proses AGRU II-4
2.5 Skema DP Level Pada Tank II-4
2.6 Diagram Block Level Control 111-LCV-0031 ..... II-5
2.7 Diagram Block AGRU II-5
2.8 Diagram Block LIT 111-LIT-0031 ..... II-6
2.9 Karakteristik Respon Sistem Orde 2 ..... II-7
2.10 Sistem Kendali dengan Skema Kendali LQR II-11
2.11 Block Diagram PID II-12
2.12 Ikon MATLAB II-14
3.1 *Flow Chart* Penelitian III-1
3.2 Diagram Block Sistem Knock Out Gas Drum III-3
3.3 Block Simulink Sistem *Knock Out Gas Drum* Secara *Open Loop* III-4
3.4 Grafik Keluaran *Open Loop* Sistem *Knock Out Gas Drum* III-4
3.5 Diagram Block Pengendali LQR III-6
3.6 Diagram Block Simulink Pengendali LQR III-7
3.7 Tampilan Program M-File Sistem *Knock Out Gas Drum* III-7
3.8 Block Diagram Pengendali PID III-8
3.9 Block Simulink Pengendali PID Sistem *Knock Out Gas Drum* III-8
3.10 Block Simulink LQR-PID Sistem *Knock Out Gas Drum* III-9
3.11 Tampilan Program M-File Sistem *Knock Out Gas Drum* III-9
3.12 Block Simulink LQR-PID Sistem *Knock Out Gas Drum* Dengan Gangguan III-10
4.1 Hasil Respon *Open Loop* Pada Sistem *Knock Out Gas Drum* IV-1
4.2 Hasil Respon Pengendali LQR Pada Sistem *Knock Out Gas Drum* IV-6
4.3 Hasil Respon Pengendali LQR-PID Pada Sistem *Knock Out Gas Drum* IV-9
4.4 Hasil Respon Pengendali LQR-PID Dengan Gangguan IV-13

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.

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

2.1 Parameter *Sistem Knock Out Gas Drum* II-7
2.2 Pengaruh Tuning Parameter PID II-13
4.1 Respon Waktu Sistem *Knock Out Gas Drum* Secara *Open Loop* IV-3
4.2 Matriks R konstan dengan analisa IAE IV-4
4.3 Respon Waktu Sistem *Knock Out Gas Drum* Menggunakan Pengendali LQR . IV-8
4.4 Respon Waktu Sistem *Knock Out Gas Drum* Menggunakan Pengendali ..... LQR-PID IV-12
4.4 Respon Waktu Sistem *Knock Out Gas Drum* Menggunakan Pengendali ..... LQR-PID Dengan Menambahkan Gangguan IV-16

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.

DAFTAR RUMUS

Rumus Halaman

2.1 Persamaan *Transder Function Sistem Knock Out Gas Drum* II-6

2.2 *Maximum Overshoot* II-8

2.3 Pengendali LQR II-9

2.4 Kriteria *Integral Absolute Error* (IAE) II-13

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.

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.

DAFTAR SINGKATAN

LNG	: *Liquefied Natural Gas*
AGRU	: *Acid Gas Removal Unit*
ESS	: *Error Steady State*
LCV	: *Level Control Valve*
DP	: *Differential Preasure*
LIT	: *Level Indicating Transmitter*
LQR	: *Linear Quadratic Regulator*
AVR	: *Automatic Voltage Regulator*
t_d	: *Delay Time*
t_p	: *Peak Time*
tr	: *Rise Time*
t_s	: *Settling Time*
Mp	: *Maximum Overshoot*
ARE	: *Algerraic Riccati Equetion*
IAE	: *Integral Absolute Error*
P	: *Propotional*
I	: *Integrative*
D	: *Derevativ*
MATLAB	: *Matrix Labaratory*

UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada saat ini telah berkembang begitu cepat dan memperpermudah kehidupan sehari – hari, dunia industri dan transportasi yaitu dalam hal bahan bakar. Bahan bakar merupakan kebutuhan sekunder yang tidak kalah penting bagi kehidupan sehari – hari terutama dalam dunia industri. Hal ini bisa dilihat jika bahan bakar mengalami kelangkaan maka akan sangat mempengaruhi kehidupan masyarakat terutama dunia industri dikarenakan 93.7% masyarakat dan industri menggunakan bahan bakar. Bahan bakar terbagi menjadi beberapa jenis diantaranya adalah minyak bumi dan gas alam [1] Pada dunia industri sebagian besar menggunakan bahan bakar berupa gas alam.

Gas alam merupakan sumber daya alam dengan kapasitas terbesar ketiga setelah batubara dan minyak bumi. Gas alam adalah campuran hidrokarbon yang terbentuk secara alami dan beberapa senyawa non hidrokarbon yang komponen terpentingnya adalah gas alam yang tersusun atas metana 80%, etana 5-10% dan sedikit alkane yang lebih tinggi. Produksi gas alam biasanya diolah menjadi 4 jenis yaitu, LPG, LNG, CNG, CMB. Pada penelitian ini saya mengambil tema tentang LNG dikarenakan sebagian besar industri menggunakan LNG sebagai bahan bakar. LNG (*Liquefied Natural Gas)* merupakan gas alam yang didinginkan lalu dikondensasi menjadi *liquid* [2] [3]. LNG didapatkan dari dalam bumi dengan cara pengeboran.

Dalam suatu pengeboran gas alam sangat sering didapat isi material yang tidak sesuai dengan investigasi awal. Banyak hal yang menjadi penyebabnya biasanya dari properti lubang sumur dan lamanya proses pengeboran yang mengakibatkan terjadi beberapa kendala dalam hal eksternal maupun internal proses. Dalam sumur gas biasanya terdapat CH_4 (Methane) sebagai senyawa mayoritas dan juga terdapat C_2H_6 (Ethane), C_3H_6 (Propane) sebagai senyawa minoritas[4]. Namun pada gas alam yang akan diolah menjadi LNG terdapat juga kandungan yang tidak diinginkan yaitu H_2S (*Hydrogen Sulfide)* dan CO_2 (*Carbon Dioxide*). Kandungan H_2S dan CO_2 didalam natural gas harus diminimalkan salah satu alasannya karena akan menimbulkan potensi korosi yang bisa saja terjadi baik pada pipa transportasi maupun peralatan proses terkait peralatan natural gas. Alasan lainnya adalah senyawa sulfur merupakan racun bagi manusia untuk kadar tertentu. Maka dari itu dibutuhkan suatu sistem yang dapat meminimalkan kandungan H_2S dan CO_2[5].

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
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.

Sistem *Knock Out Gas Drum* adalah sistem yang berfungsi sebagai pemisah antara fase cair dan gas yang mengalir secara bersamaan [6]. Pada Sistem *knock out gas drum* terdapat 3 plant yaitu. Level Control Valve sebagai katup pembuka dan penutup yang berfungsi sebagai pengatur laju aliran untuk mengatur level pada liquid tank. AGRU sebagai pemisah H_2S dan CO_2 yang tercampur didalam gas. Differential Pressure Level sebagai pengukur fluida yang berada didalam tanki. Terdapat beberapa parameter pada sistem *knock out gas drum* diantaranya adalah level, laju aliran, tekanan, dan suhu. Dalam sistem *knock out gas drum* level pada liquid tank harus tetap berada pada *setpoint* yaitu 0.21 meter [7] [4]. Dari hasil kajian literatur hasil simulasi secara *open loop* menunjukkan bahwa sistem *knock out gas drum* masih belum mampu mencapai *setpoint* [4]. Sehingga perlu ditambahkan pengendali level untuk bisa mencapai *setpoint* yang diinginkan dengan *settling time* yang cepat, *ESS* yang kecil, dan mampu mengatasi gangguan pada sistem *knock out gas drum*.

Beberapa penelitian telah membahas terkait sistem *knock out gas drum* yaitu sistem pengendalian level pada sistem *knock out gas drum* menggunakan pengendali PID. Dimana metode yang digunakan metode Ziegler – Nichols dan metode Tyreus–Luyben. Pada metode Ziegler – Nichols ini masih memiliki *maximum overshoot* sebesar 49.5% dan *settling time* sebesar 7.72 detik sedangkan pada metode Tyreus–Luyben ini masih memiliki *maximum overshoot* sebesar 9.45% dan *settling time* sebesar 5.54 detik [4]. Pada penelitian ini, ke-2 metode yang digunakan untuk penalaan pengendali PID masih menghasilkan *overshoot* yang besar dan *settling time* yang lambat. Sehingga dibutuhkan metode penalaan lain pada Pengendali PID. Salah satu metode penalaan yang sering digunakan pada pengendali PID adalah Metode Heuristic. Atau bisa juga menggunakan pengendali lain misalnya Pengendali LQR.

Beberapa penelitian lain telah membahas terkait dengan pengendali LQR yaitu pengendali LQR pada sistem AVR (*Automatic Voltage Regulator*). Setelah dilakukan simulasi secara *open loop* maka didapat hasil respon sistem yaitu dengan *settling time* 19.00812 detik dan *overshoot* sebesar 82.7892%. Setelah ditambahkan pengendali LQR respon sistem menjadi lebih cepat dengan *settling time* 0.88666 detik dan *overshoot* 0%. [9]. Dari penelitian tersebut dapat dilihat bahwa Pengendali LQR bisa mengatasi masalah pada *setlling time* yang lambat biarpun belum terlalu cepat dan mengurangi *overshoot* seperti masalah yang ada pada *sistem knock out gas drum*. Sehingga dapat dilihat bahwa

Pengendali LQR bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada *sistem knock out gas drum*.

Beberapa penelitian lain telah membahas terkait dengan pengendali PID yaitu menggunakan Metode Heuristic untuk pengendalian kecepatan putaran motor DC dengan beban. Pada metode Heuristic ini telah mampu memberikan respon yang cukup baik dengan *settling time* 3.72 detik, *rise time* 2 detik, *ESS* 0.99% dan saat diberi gangguan mampu mengikuti *setpoint* sampai detik 100 [8]. Pada penelitiian ini *ESS* yang dihasilkan sudah sangat kecil namun *settling time* masih kurang cepat mencapai *setpoint* dan mampu mengatasi gangguan sampai 100 detik. Sehingga dapat dilihat bahwa menggunakan metode Heuristic lebih baik jika dibandingkan dengan menggunakan metode Ziegler – Nichols dan metode Tyreus – Luyben untuk mengatasi permasalahan pada *settling time* yang lambat dan *ESS* yang besar. Seperti yang ada pada sistem *knock out gas drum.* Dan untuk medapatkan hasil yang lebih optimal dengan kata lain sistem bisa mencapai *setpoint* dengan *settling time* yang cepat dan *ESS* yang kecil maka dibutuhkan pengendali kombinasi LQR-PID.

Beberapa penelitian lain telah membahas terkait dengan pegendali kombinasi LQR-PID. Pengendali LQR-PID untuk mengendalikan Sistem Suspensi Seperempat Kendaraan. Dimana setelah disimulasikan menggunakan pengendali LQR respon sistem berhasil mencapai *setpoint* dengan *settling time* 0.34 detik namun masih mengalami *overshot* 11.6% dan terdapat *error steady state.* Maka dari itu dikombinasikan dengan pengendali PID menjadi LQR-PID. Dari hasil pengujian respon sistem pengendali LQR-PID mampu menghilangkan *overshoot* menjadi 0%, *error steady state* sebesar 0 dan osilasi dengan *settling time* 0.39 detik [10]. Pada penelitian ini dapat kita lihat bahwa pengendali kombinasi LQR-PID lebih baik dalam mempercepat *settling time*, memperkecil *overshoot* dan *ESS* daripada hanya menggunakan pengendali LQR saja. Dari permasalahan yang diselesaikan di atas dapat dilihat bahwa Pengendali LQR-PID lebih optimal digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada *sistem knock out gas drum*.

Dari beberapa kajian di atas dapat dilihat bahwa permasalahan pada sistem *knock out gas drum* masih belum bisa mencapai *setpoint* yang diinginkan saat disimulasikan secara *openloop*. Saat ditambahkan pengendali PID dengan menggunaan metode Ziegler-Nichols dan metode Tyreus – Luyben masih menghasilkan *overshoot* yang besar dan *settling time* yang lambat. Maka dibutuhkan pengendali lain yang lebih optimal dalam arti sistem dapat mencapai *setpoint* dengan *settling time* yang cepat *overshoot* dan *ESS* yang

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.

kecil. Dari beberapa kajian di atas dapat dilihat bahwa pengendali kombinasi LQR-PID mampu menghasilkan respon sistem yang lebih optimal jika dibandingkan hanya menggunakan pengendali LQR atau PID saja. Maka dari itu penulis ingin melakukan penelitian tugas akhir dengan judul "**PERANCANGAN LQR-PID UNTUK MENGENDALIKAN LEVEL PADA SISTEM *KNOCK OUT GAS DRUM* PADA LNG**".

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah dengan menggunakan pengendali LQR-PID sistem *Knock Out Gas Drum* mampu mencapai *setpoint* dengan *Settling Time yang* cepat dan *Error Steady State* yang kecil ?
2. Bagaimana performansi pengendali LQR-PID dalam mengatasi gangguan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan respon keluaran yang lebih optimal dalam artian sistem dapat mencapai *setpoint* dengan *Settling Time* yang cepat dan *Error Steady State* yang kecil atau 0 dengan menggunakan pengendali kombinasi LQR-PID.
2. Menghasilkan respon keluaran yang optimal dalam artian saat sistem mendapat gangguan sistem bisa kembali mencapai *setpoint* dengan waktu *recovery* yang cepat dengan menggunakan pengendali kombinasi LQR-PID.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pemodelan Sistem *Knock Out Gas Drum* yang digunakan berdasarkan penelitian [4].
2. Penelitian ini hanya membahas tentang simulasi pengendalian ketinggian level pada Sistem *Knock Out Gas Drum* dengan mengatur laju aliran.
3. Menggunakan *software* MATLAB R2014a untuk melakukan simulasi.
4. Tidak ada pembahasan mendalam tentang *hardware.*

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.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan sebuah rancangan sistem kendali menggunakan pengendali LQR-PID untuk pengendalian Sistem *Knock Out Gas Drum*.
2. Dapat dijadikan referensi untuk penerapan pengendali dalam industri gas alam.
3. Dapat dijadikan sebagai referensi pada penelitian selanjutnya.

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.

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN 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 II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Pada penelitian Tugas Akhir ini dilakukan study literatur untuk mendapatkan referensi dan teori yang berkaitan dengan masalah yang akan diselesaikan. Berikut merupakan beberapa penelitian yang terkait :

Beberapa penelitian telah membahas terkait sistem *knock out gas drum* yaitu sistem pengendalian level pada sistem *knock out gas drum* menggunakan pengendali PID. Dimana metode yang digunakan metode Ziegler – Nichols dan metode Tyreus – Luyben. Pada metode Ziegler – Nichols ini masih memiliki *maximum overshoot* sebesar 49.5% dan *settling time* sebesar 7.72 detik sedangkan pada metode Tyreus – Luyben ini masih memiliki *maximum overshoot* sebesar 9.45% dan *settling time* sebesar 5.54 detik [4]. Dari penelitian ini bisa dilihat bahwa kedua metode yang digunakan masih menghasilkan *settling time* yang lama dan memiliki *overshoot* sehingga diperlukan metode penalaan lain pada pengendali PID atau dengan menggunakan pengendali lain.

Beberapa penelitian lain telah membahas terkait dengan pegendali LQR yaitu pengendali LQR pada sistem AVR (*Automatic Voltage Regulator*). Setelah dilakukan simulasi secara *open loop* maka didapat hasil respon sistem yaitu dengan *time settling* 19.00812 detik dan *overshoot* sebesar 82.7892%, setelah ditambahkan pengendali LQR respon sistem menjadi lebih cepat dengan *time settling* 0.88666 detik dan *overshoot* 0%. [9]. Dari penelitian ini Pengendali LQR bisa mengatasi *settling time* yang lambat dan mengurangi *overshoot* dan untuk mendapatkan respon yang lebih cepat maka diperlukan pengendali kombinasi LQR-PID.

Beberapa penelitian lain telah membahas terkait dengan pegendali PID yaitu menggunakan Metode Heuristic untuk pengendalian kecepatan putaran motor DC dengan beban. Pada metode Heuristic ini telah mampu memberikan respon yang cukup baik dengan *ESS* 0.99% dan *rise time* 2 detik, *settling time* 3.72 detik dan saat diberi gangguan mampu mengikuti *setpoint* sampai detik 100 [8]. Dari penelitian ini penalaan Pengendali PID menggunakan Metode Heuristic sudah bisa menghasilkan *settling time* yang cepat dan mengurangi *overshoot* serta mengatasi gangguan sampai detik 100. untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal dengan kata lain sistem bisa mencapai *setpoint* dengan *settling time* yang cepat dan *ESS* yang kecil maka dibutuhkan pengendali kombinasi LQR-PID.

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim 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.

Beberapa penelitian lain telah membahas terkait dengan pegendali kombinasi LQR-PID. Pengendali LQR-PID untuk mengendalikan Sistem Suspensi Seperempat Kendaraan. Dimana setelah disimulasikan menggunakan pengendali LQR respon sistem berhasil mencapai *setpoint* dengan *settling time* 0.34 detik namun masih mengalami *overshot* 11.6% dan terdapat *error steady state*. Maka dari itu dikombinasikan dengan pengendali PID menjadi LQR-PID. Dari hasil pengujian respon sistem pengendali LQR PID mampu menghilangkan *overshoot* menjadi 0%, *error steady state* sebesar 0 dan osilasi dengan *settling time* 0.39 detik [10]. Pada penelitian ini dapat kita lihat bahwa pengendali kombinasi LQR-PID lebih baik dalam mempercepat *settling time*, memperkecil *overshoot* dan *ESS* daripada hanya menggunakan pengendali LQR saja.

Berdasarkan beberapa penelitian terkait di atas yang dilakukan peneliti sebelumnya, maka penulis ingin untuk menggunakan pengendali kombinasi LQR-PID untuk mengatasi permasalahan pada sistem *Knock Out Gas Drum*. Pengendali LQR-PID dari penelitian sebelumnya terbukti bisa untuk mempercepat *settling time* dalam mencapai *setpoint* dan mengurangi *Error Steady State*.

2.2 Landasan Teori

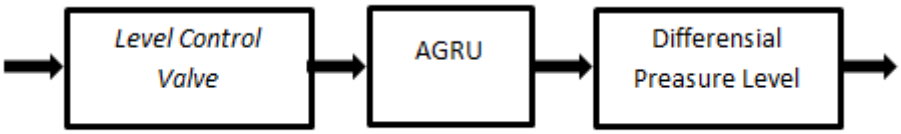
2.2.1 Sistem *Knock Out Gas Drum*

Sistem *Knock Out Gas Drum* adalah sistem yang berfungsi sebagai pemisah antara fase cair dan gas yang mengalir secara bersamaan [6]. Ada 3 plant yang terdapat pada Sistem *Knock Out Gas Drum* yaitu *Level Control Valve*, AGRU, *Differensial Preasure Level*. Prinsip kerjanya adalah gas alam dengan berbagai kandungan dari sumur menuju *Level Control Valve* untuk bisa diatur laju alirannya agar tetap berada pada *setpoint*. Selanjutnya kandungan H_2S dan CO_2 dihilangkan melalui AGRU. Setelah H_2S dan CO_2 sudah hilang baru dialirkan ke Differensial Preasure Level dengan *setpoint* yang diinginkan. Berikut merupakan Gambar Sistem *Knock Out Gas Drum :*

Gambar 2.1 *Knock Out Gas Drum* [4]

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.

Berikut merupakan Diagram Block Sistem *Knock Out Gas Drum*



Gambar 2.2 Diagram Block Sistem *Knock Out Gas Drum* [4]

1. *Level Control Valve*

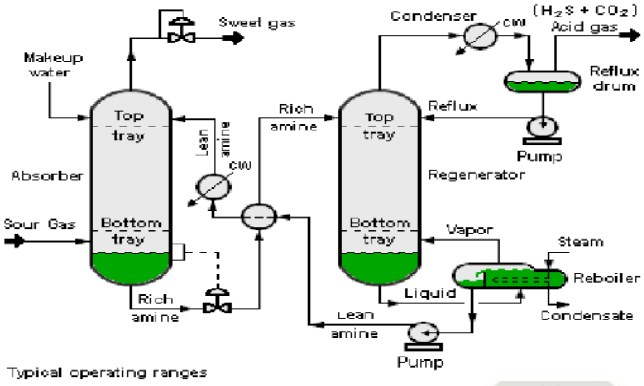
Level Control Valve merupakan suatu alat yang berfungsi sebagai pengatur laju aliran masuk pada *liquid tank* agar berada pada *setpoint* yang diinginkan dengan membuka, menutup atau menutup sebagian dari laju aliran yang masuk pada *liquid tank*. Adapun *level control valve* yang digunakan adalah Glove Valve 45". Tipe Globe Valve yang digunakan adalah 111-LCV-0031 [11] [4] [19].

Gambar 2.3 Globe Valve [4]

2. AGRU (*Acid Gas Removal Unit*)

AGRU merupakan suatu unit yang berfungsi sebagai pemisah CO_2 (*Carbon Dioxide*) dan H_2S (*Hydrogen Sulfide*) yang terdapat dalam gas melalui proses absorsi.

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.

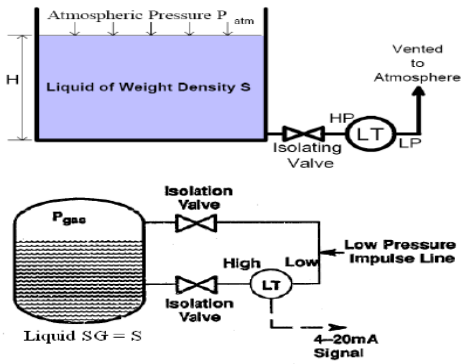


Gambar 2.4 Proses AGRU [4]

Prinsip Kerja AGRU yaitu *natural* gas dengan kandungan H_2S dan CO_2 yang tinggi akan memasuki bagian bawah dari *Amine Contactor* untuk berkontak dengan Amine, kemudian keluar dari bagian atas *amine contaktor* tersebut untuk menjadi *sweet gas* atau kandungan dengan kontak H_2S dan CO_2 yang rendah. Sedangkan *amine* yang keluar dari bawah kontaktor merupakan *rich amine* atau mengandung impiuritis yang tinggi. Amine tersebut akan diolah di *amine regenerator* untuk meminimalkan impiuritis dan kemudian keluaran dari regenerator amine tersebut akan digunakan di *amine contactor* [4] [20].

3. *Differential Preasure Level*

Differential Preasure Level biasa digunakan sebagai pengukur ketinggian level liquid pada tangki, untuk mengukur level pada tank tapping point yang bertekanan tinggi dihubungkan pada transmitter. Berikut merupakan illustrasinya :



Gambar 2.5 Skema DP Level Pada Tank [4]

Dalam mengukur level pada tank maka digunakan sensor *Level Indicating Transmitter* dengan tipe (111-LIT-0031) dengan sinyal elektrik sebesar 4-20mA [4].

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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

2.2.2 Pemodelan Sistem *Knock Out Gas Drum*

Dalam proses sistem *knock out gas drum* ada 3 model matematis yang diperlukan diantaranya [4] [12]:

1. Level Control Valve

Level control valve memiliki output berupa laju aliran Q_{Out} dan input dari control valve adalah 4-20 mA.

Gambar 2.6 Diagram Block Level Control 111-LCV-0031

Maka Gain dari LCV bisa didapat dengan rumus :

$$G_{LCV} = \frac{Q_{out}}{V} \tag{2.1}$$

Dimana :

G_{LCV} = Penguatan *(Gain) Level Control Valve* (m^3/mA)

Q_{out} = Laju Aliran (m^3/s)

V = Keluaran dari Sensor (mA)

Level Control Valve 111-LCV-0031 memiliki nilai time constan rCV = 0.748s.

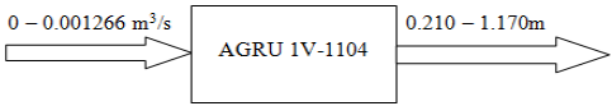
Dari persamaan di atas maka didapat Transfer Function orde 1 dengan nilai *time constant* 0.748 detik yaitu sebagai berikut :

$$G_s = \frac{G_{LCV}}{rCv + 1} \tag{2.2}$$

Selanjutnya persamaan (2.2) dimasukkan kedalam persamaan (2.6).

2. AGRU

AGRU memiliki laju aliran berupa Q_{Out} dan tinggi *head tank* berupa H maka kita bisa mencari resistansi dengan (Perubahan yang diperlukan dalam satu satuan dalam laju aliran).



Gambar 2.7 Diagram Block AGRU

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.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Maka untuk mendapatkan R menggunakan rumus :

$$R = \frac{H}{Q_{out}} \tag{2.3}$$

Dimana :

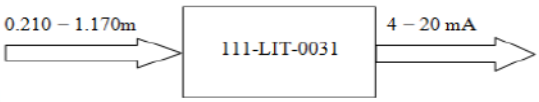
R = *Resistansi* (s/m^2)

H = Tinggi *Head Tank* (m)

Q_{out} = Laju Aliran (m^3/s)

3. *Differential Preasure Level*

Level Indicating Transmitter merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur ketinggian dalam sebuah tank yang berupa V. Dan maksimal ketinggian transmitter pada liquid tank berupa h.



Gambar 2.8 Diagram Block LIT 111-LIT-0031

Maka kita dapat mencari *Gain* dari level sensor dengan rumus :

$$G_{LIT} = \frac{V}{h} \tag{2.4}$$

Dimana :

G_{LIT} = Penguatan *(Gain) Level* Sensor (mA/m)

V = Keluaran Dari Sensor (mA)

h = Input Sensor Berupa Ketinggian Level (m)

Level Indicating Transmitter 111-LIT-0031 memiliki nilai *time constan* rLT = 0.76s. Dari persamaan (2.4) maka didapat Transfer Function orde 1 dengan nilai *time constant* 0.748 detik yaitu sebagai berikut :

$$G_s = \frac{G_{LIT}}{rLT + 1} \tag{2.5}$$

Selanjutnya persamaan (2.5) dimasukkan kedalam persamaan (2.6).

Berdasarkan ketiga persamaan di atas maka didapatkan *transder function* orde 2 sebagai berikut :

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{G_{LCV}}{rcV+1} \times \frac{R}{1} \times \frac{G_{LIT}}{rLT+1}$$

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{G_{LCV} \times R \times G_{LIT}}{(rCV+1)(rLT+1)} \tag{2.6}$$

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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

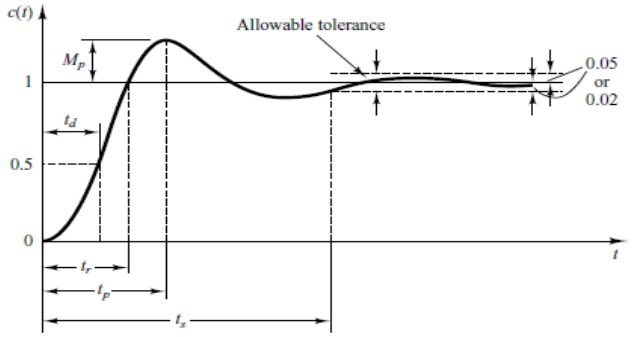
Dengan parameter yang digunakan :

Tabel 2.1 Parameter *Sistem Knock Out Gas Drum* [4][12].

No	Parameter	Keterangan	Nilai
1	R	*Resistansi*	545 s/m^2
2	H	Tinggi *Head Tank*	0.68997 m
3	Q_{out}	Laju Aliran	0.001266 m^3/s
4	G_{LIT}	Penguatan *(Gain) Level* Sensor	16.667 mA/m
5	V	Keluaran Dari Sensor	4-20 mA
6	h	Input Sensor Berupa Ketinggian Level Air Yang Terukur	0.96 m
7	rLT	*Time Constan Level Transmitter*	0.76s
8	G_{LCV}	Penguatan *(Gain) Level Control Valve*	0.000079125 m^3/mA
9	rCV	*Time Constan Control Valve*	0.748s

2.3 Identifikasi Sistem

Metode indentifikasi yang dilakukan melalui pendekatan grafis. Dimana simulasi secara *open loop* dilakukan agar dapat mengetahui respon dari suatu sistem dan karakteristik suatu sistem (*Underdamped, Criticallydamped atau Overdamped*). Sistem *knock out gas drum* menggunakan identifikasi sistem orde 2 yang ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.9 Karakteristik Respon Sistem Orde 2 [13].

Berikut merupakan karakteristik dalam indentifikasi respon sistem orde 2 [13]:

1. Waku Tunda / *Delay Time* (t_d)

Waktu yang dibutuhkan respon sistem untuk mencapai 50% atau setengah dari *steady state* untuk pertama kali.

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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

2. Waktu Naik / *Rise Time* (t_r)

Waktu yang dibutuhkan respon sistem untuk naik dari 10% sampai 90%, 5% sampai 95% atau 0% sampai 100% dalam mecapai *steady state.*Untuk sistem orde 2 jika respon sistem *underdamped* biasanya digunakan 0% sampai 100% dan untuk respon sistem *overdamped* biasanya digunakan 10% sampai 90%.

3. Waktu Puncak/ *Peak Time* (t_p)

Waktu yang dibutukan repon sistem dalam mencapai puncak saat pertama kali.

4. *Maximum Overshoot MP*

Maximum Overshoot adalah nilai puncak kurva respon diukur dari satuan. Apabila nilai akhir keadaan tunak jauh dari 1, maka bisa digunakan persen *overshoot* maksimum, dan dapat didefenisikan sebagai berikut :

$$M_p = \frac{c\,(t_p) - c\,(\infty)}{c\,(\infty)} \times 100\% \qquad (2.7)$$

5. Waktu Tunak/ *Settling Time* (t_s)

Waktu yang diperlukan respon sistem untuk mencapai keadaan stabil dengan toleransi yang biasanya 2% atau 5%.

6. Kesalahan Tunak/ *Error Steady State (ESS)*

Kesalahan yang merupakan selisih antara keluaran yang sebenarnya dengan keluaran yang diharapkan.

$E_{ss} = R_{ss} - C_{ss}$

Dimana :

E_{ss} = *Error Steady State*

R_{ss} = Masukan sistem pada *steady state*

C_{ss} = Keluaran sistem pada *steady state*

2.4 Pengendali Linear Quadratic Regulator (LQR)

Sistem kendali merupakan suatu sistem yang bekerja sama mengendalikan, mengatur dan memerintah untuk mencapai tujuan tertentu. LQR adalah suatu sistem kendali dengan kriteria *quadratic* untuk menyelesaikan pada *regulator*. Dikatakan linear karena bentuk kendali dan modelnya berupa sistem linear. Dikatakan *quadratic* kerena memiliki *cost function* yaitu kuadrat. Dan dikatakan *regulator* karena referensi sistem merupakan bukan fungsi waktu [15]. Dari linearisasi didapat suatu *plant linear* dalam bentuk sebagai berikut :

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.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

$$\dot{x} = A_x + B_u \tag{2.8}$$
$$y = C_x + D_u$$

Dimana :

A : Matriks sistem

B : Matriks *input*

C : Matriks *output*

$\dot{x}$: *State* sistem

u : *State input*

y : *State output*

Dalam merancang pengendali maksimal LQR, pertama memastikan matriks Q serta R digunakan dalam menentukan indeks performansi suatu sistem, nilai matriks Q serta R ditentukan berdasarkan kriteria yang diinginkan yaitu menggunakan indeks performansi [15].

$$J\,(t_0) = \frac{1}{2}\,S(T)x^2\,(T) + \frac{1}{2}\int_{t_0}^{T}(Qx^2 + Ru^2) \tag{2.9}$$

Dengan syarat :

S $(T) \geq 0$, Q ≥ 0, R > 0

Dimana :

t_0 : Waktu awal

T : Waktu akhir

x : Matriks *state* akhir

Q : Matriks semi definit positif

R : Matriks definit positif

S : Matrik semi definit positif

Sehingga didapatkan persamaan Hamilton

$$H\,(x,u,\lambda,t) = L\,(x,u,t) + \lambda^T f\,(x,u,t)$$

$$H\,(x,u,\lambda,t) = \frac{1}{2}\,(x^T, Qx + u^T Ru) + \lambda^T\,(Ax + Bu) \tag{2.10}$$

Dari persamaan Hamilton tersebut maka diperoleh syarat perlu dan juga syarat batas sebagai berikut :

1. Syarat Perlu
   a. Persamaan State

$$\dot{x} = \left(\frac{\partial x}{\partial x}\right)^T Qx + \left(\frac{\partial Qx}{\partial x}\right)^T u = Ax + Bu \tag{2.11}$$

   b. Persamaan Costate

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.

$$-\lambda = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial x}{\partial x}\right)^T Qx + \left(\frac{\partial Qx}{\partial x}\right)^T x + \left(\frac{\partial x}{\partial x}\right)^T Ru + \left(\frac{\partial Ru}{\partial x}\right)^T u\right] + \left(\frac{\partial x}{\partial x}\right)^T (Ax + Bu) + \left(\frac{\partial (Ax+Bu)}{\partial x}\right)^T \lambda$$

$$-\lambda = Qx + A^T \lambda$$

c. Kondisi Stasioner

$$\frac{\partial H}{\partial u} = 0$$

$$\frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial x}{\partial x}\right)^T Qx + \left(\frac{\partial Qx}{\partial x}\right)^T x + \left(\frac{\partial x}{\partial x}\right)^T Ru + \left(\frac{\partial Ru}{\partial x}\right)^T u\right] + \left(\frac{\partial x}{\partial x}\right)^T (Ax + Bu) + \left(\frac{\partial (Ax + Bu}{\partial x}\right)^T \lambda = 0 \quad (2.12)$$

$$Ru + B^T\lambda = 0$$

$$u = -R^{-1} B^T \lambda$$

2. Syarat Batas

a. Batas Awal

t = 0 x(0) = 0

b. Batas Akhir

$$(\phi_x + \Psi^T x^V - \lambda)^T dx[_T + (\phi_x + \Psi^T t^v - H)\, dt]_{t=T} = 0$$

Karena $\Psi = 0$ dan

$$\phi(T) = \frac{1}{2} x^T (T) S(T) x(T)$$

$$\phi_x = \frac{\partial \phi}{\partial x} = S(T)\, x(T)$$

Sehingga persamaan diperoleh:

$$(S(T)x(T) + V.0 - \lambda)^T dt|_{t=T} = 0$$

$$S(t)x(t) = \lambda(t) \quad (2.13)$$

Dari persamaan constate dan persamaan Hamilton keduanya menggunakan variabel λ. Bila kedua persamaan tesebut disubtitusikan maka akan didapatkan persamaan :

$$S(t)x(t) = \lambda(t)$$

$$\lambda(t) = \dot{S}(t)x(t) + S(t)\dot{X}(t)$$

$$\lambda(t) = -Qx - A^T\lambda$$

$$\dot{S}(t)x(t) + S(t)\dot{X}(t) = -Qx - A^T\lambda$$

$$\dot{S}(t)x(t) + S(t)\{Ax + Bu\} = -Qx - A^T\lambda$$

$$\dot{S}(t)x(t) + S(t)\{Ax + B(-R^{-1}B^T\lambda)\} = -Qx - A^T\lambda$$

$$-\dot{S}x = (A^T S + SA - SBR^{-1}B^T S + Q)x$$

$$-\dot{S} = A^T S + SA - SBR^{-1} B^T S + Q \quad (2.14)$$

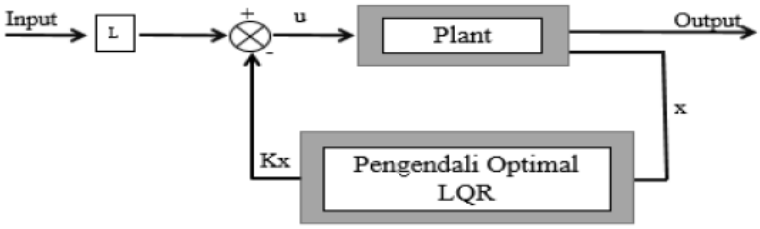
Persamaan 2.13 disebut persamaan differensial Riccati. Dimana $\dot{S} = 0$ persamaannya di atas dinamakan *Algerraic Riccati Equetion* (ARE) [15]. Setelah didapatkan matriks S dari persamaan ARE. Maka persamaan kendali bisa dihitung :

$$u = -R^{-1} B^T \lambda = -R^{-1} B^T Sx = -Kx \quad (2.15)$$

Maka konstanta umpan balik keadaan K bisa dicari sebelum menghasilkan sinyal kendali pada persamaan 2.15 [15].

$$K = -R^{-1} B^T S \quad (2.16)$$

Karena nilai S ialah unik, pemecahan semi definit positif buat persamaan ARE harus dapat memenuhi ketentuan persamaan 2.9. Berikutnya pada perancangan metode kendali optimal LQR dengan mengetahui nilai S. Berikutnya nilai S tersebut disubtitusikan kedalam persamaan (2.11). Maka didapatkan nilai matriks maksimal K, dengan K ialah *Gain State Feedback*, sehingga sistem kendali optimal LQR hasil desain diperlihatkan pada gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.10 Sistem Kendali dengan Skema Kendali LQR [15]

Berdasarkan uraian diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa tahapan dalam merancang pengendali LQR yaitu :

1. Apabila persamaan matematis masih berupa *transfer function*, maka ganti wujud *transfer function nonlinear* ubah menjadi bentuk *state space.*
2. Setelah *transfer function* didapatkan maka ubah dalam bentuk transformasi *laplace*.
3. Kemudian persamaan diturunkan menggunakan metode *inverse* balik transformasi *laplace* balik sehingga diperoleh persamaan state space dalam bentuk vector.
4. Dari persamaan state space dalam bentuk vector maka dapat ditentukan matriks state space A,B,C dan D.
5. Tentukan matriks pembobot Q dan R, dimana nilai matriks Q dan R memiliki sifat yang berbeda yaitu :

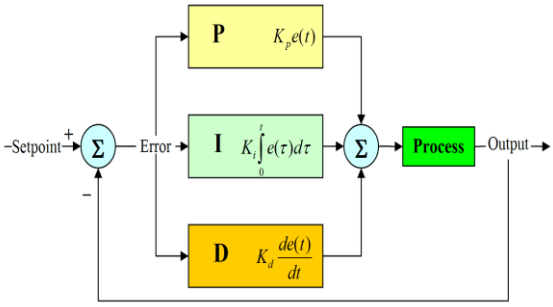
UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan 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.

a. Apabila nilai matriks Q semakin besar, maka nilai element matriks *gain* yang dihasilkan akan membesarkan kendali dan mempercepat respon untuk mencapai *steady state.*
b. Apabila nilai matriks R semakin besar, maka nilai element matriks *gain* yang dihasilkan akan memperkecil dan memperlambat respon untuk mencapai *steady state.*

2.5 Sistem Kendali PID

Sistem kendali PID merupakan pengendali yang paling sering digunakan didalam dunia industri. Sistem kendali PID hampir ada disebagian besar industri yang bergerak dibidang proses. Berdasarkan survey disebutkan bahwa 97% sistem kendali PID digunakan sebagai pengontrol didalam dunia industri yang bergerak dibidang tersebut [14]. Ini disebabkan karena algoritma dari pengendali PID sangat sederhana sehingga mudah digunakan dan diimplementasikan pada alat industri.

Sistem kendali PID adalah pengendali yang digunakan dalam menentukan presisi disuatu sistem pengukuran melalui prinsip umpan balik *setpoint* . Terdapat 3 komponen utama dalam pengendali PID yaitu : *Proportional* (P), *Integral* (I), dan *Derivative* (D) yang mempunyai kelebihan dan kekurangan masing – masing dan bisa saling bekerja sama dalam mengendalikan suatu sistem.



Gambar 2.11 Block Diagram PID

Pengendali *Proportional* (P) berfungsi untuk mempercepat respon sistem, pengendali *Integral* (I) berfungsi dalam mengurangi *error steady state* pada respon sistem, dan pengendali *Derivative* (D) berfungsi dalam meredam osilasi. Sehingga jika pengendali *Proportional, Integral, dan Derivative* tersebut dikombinasikan akan mendapatkan respon keluaran sistem yang bagus.

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.

Tuning pada parameter P,I dan D sangat diperlukan pada pengendali PID untuk menghasilkan respon sistem yang diinginkan. Adapun pengaruh tuning pada salah satu parameter kendali PID untuk respon sistem dapat ditunjukkan pada tabel berikut [14] :

Tabel 2.2 Pengaruh Tuning Parameter PID [14]

Tuning	Waktu Naik	Overshoot	Wakktu Turun	Kestabilan
Penambahan K_p	Berkurang	Bertambah	Sedikit Bertambah	Menurun
Penambahan K_i	Sedikit Berkurang	Bertambah	Bertambah	Menurun
Penambahan K_d	Sedikit Berkurang	Berkurang	Berkurang	Meningkat

2.6 Kriteria Integral Menggunaan *Integral of Absolute Error* (IAE)

Kriteria integral membutuhkan suatu data tanggapan mulai dari t = 0 sampai mencapai keadaan tunak atau stabil. Kriteria ini berdasarkan seluruh tanggapan dari proses yang saling bersangkutan. Kriteria integral yang digunakan untuk penelitian ini adalah kriteria *Integral Absolute Error* (IAE). Dengan tujuan untuk mendapatkan nilai IAE sekecil mungkin dengan pemilihan kriteria tergantung pada karakteristik sistem proses dan beberapa syarat tambahan yang diperoleh dari tanggapan *close loop*. Kriteria IAE sangat populer dikalangan praktisi dunia industri dikarenakan pemakaiannya yang mudah dan sangat cocok dalam menekan atau mengurangi *error* [16].

$$IAE = \int_0^\infty |e| dt \qquad (2.17)$$

2.7 Metode *Heuristic*

Metode Heuristic adalah suatu metode penyelesaiaan masalah yang digunakan dengan cara coba – coba atau penalaan. Rancangan pada metode ini didapatkan dengan mengubah nilai parameter dan disesuaikan dengan kinerja plant yang mau dikendalikan. Pada perancangan Sistem Kendali PID dilakukan dengan mencari nilai besarnya kp, ki, dan kd. Selanjutnya pengujian dilakukan melalui beberapa tahap, pertama hanya menggunakan pengendali *Proportional* (P), berikutnya ditambahkan pengendali *Integral* (I), dan terakhir baru ditambahkan pengendali *Derivative* (D). Pemberian atau penentuan nilai parameter disesuaikan dengan karakteristik respon sistem yang diperoleh [13].

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.

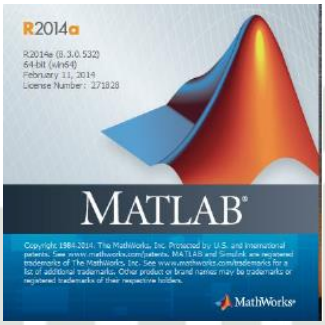
UIN SUSKA RIAU

© 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.

2.8 MATLAB

MATLAB (*Matrix Laboratory*) merupakan suatu program yang digunakan untuk analisis serta komputasi numerik atau suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibangun atas dasar pemikiran dengan memakai sifat dan bentuk matriks [17].



Gambar 2.12 Ikon MATLAB

MATLAB merupakan *software* yang dikembangkan Mathworks.Inc dimana software ini menggunakan bahasa pemrograman tingkat tinggi berbasis pada matriks dan sering dipakai dalam teknik komputasi numerik, dalam menyelesaikan masalah-masalah yang terkait dengan operasi matematika, matrik, elemen, optimasi, aproksimasi dan lain-lain. Sehingga Matlab banyak sekali digunakan pada matematika dan komputansi, algoritma dan pengembangan, pemrograman modeling, pembuatan prototype dan simulasi, analisa data, visualisasi dan eksplorasi, pengembangan aplikasi teknik, dan analisis numerik dan statistic.

Pada perangkat lunak Matlab terdapat beberapa bagian penting yang digunakan waktu menjalankan program, yaitu sebagi berikut :

1. *Comand window* berfungsi untuk mengetik fungsi yang diinginkan.
2. *Current Directory* berfungsi dalam menampilkan isi dari directori kerja waktu menggunakan aplikasi matlab.
3. *Command history* berfungsi untuk menyimpan *history* atau perintah sebelumnya sehingga jika ingin menggunakan perintah yang sama maka kita dapat melihat perintah tersebut dalam *command history*.
4. *Workspace* digunakan untuk menampilkan semua variabel-variabel yang sedang aktif saat menggunakan matlab. Apabila variabel berupa data matriks berukuran besar maka kita bisa melihat data secara keseluruhan dengan double klik pada

variabel, maka secara otomatis akan menampilkan window “array editor” yang berisikan data variable yang diinginkan.

Pada penelitian ini dilakukan pemograman modeling dan simulasi untuk mendapatkan hasil penelitian yang diinginkan. Fitur matlab yang digunakan untuk simulasi ini disebut *Simulink. Simulink* adalah salah satu bagian dari program yang ada pada matlab dimana *simulink* dapat digunakan untuk melakukan simulasi pada suatu sistem, dengan artian mengamati dan menganalisa perilaku dari suatu sistem yang sudah dimodelkan dalam model matematik yang merupakan representasif dari model fisik yang sebenarnya. Model matematik sistem diharapkan memiliki perilaku yang sama atau mirip dengan sistem fisik yang sebenarnya. Bila digunakan dengan benar maka simulasi dapat membantu proses analisis dan desain pada suatu sistem [18].

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.

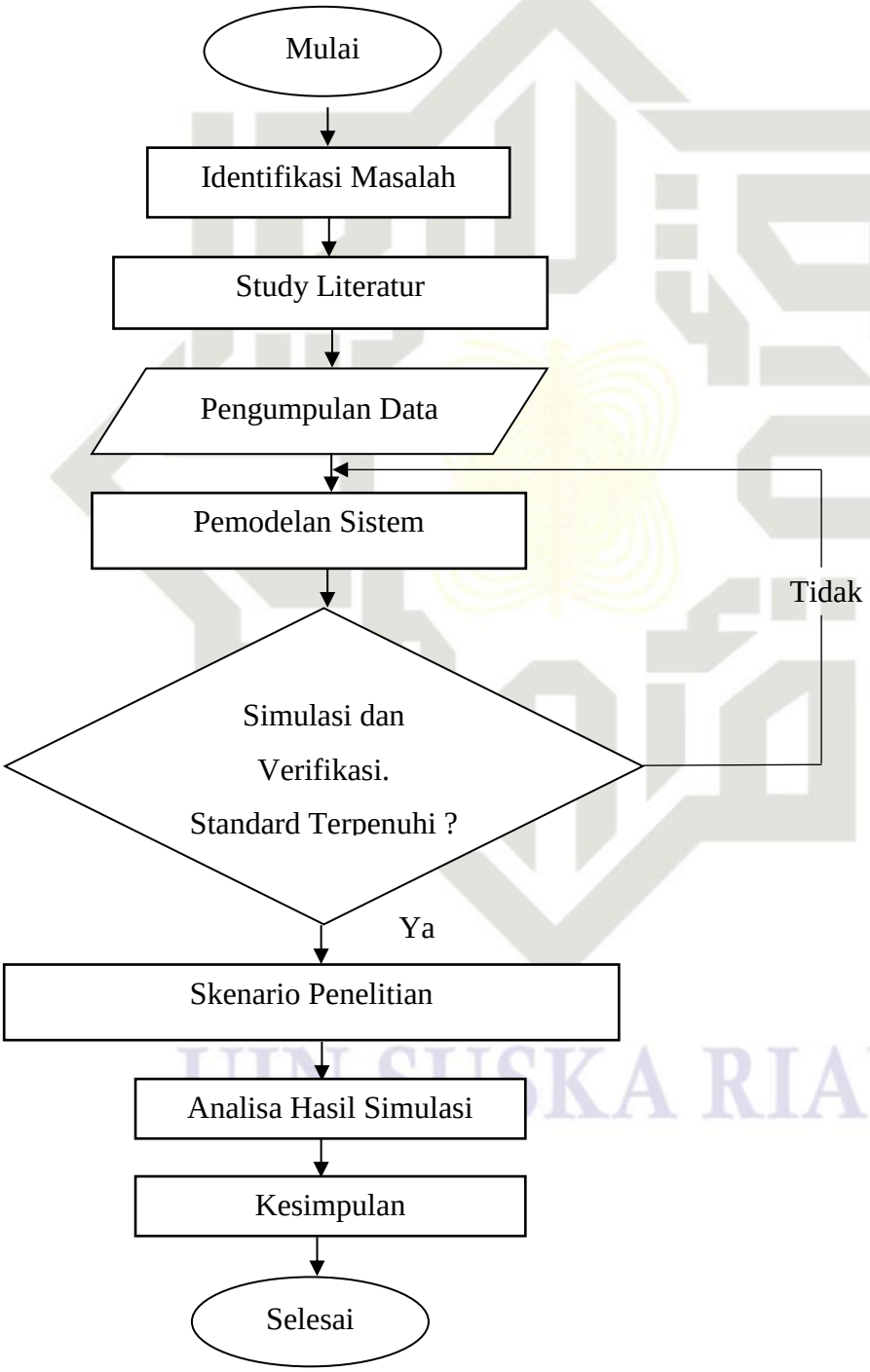
UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan 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 III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Proses Alur Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapan tahapan yang dilakukan penulis. Mulai dari study literatur sampai hasil akhir dalam penelitian tugas akhir ini. Adapun beberapa tahapan yang dilakukan penulis sebagai berikut :



Gambar 3.1. *Flow Chart* Penelitian

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.

3.2 Tahap Penelitian

Berdasarkan *flow chart* di atas ada beberapa tahapan yang dilakukan agar mencapai tujuan yang diharapkan, untuk penjelasannya sebagai berikut :

1. Indentifikasi Masalah

   Adapun masalah yang diangkat pada penelitian tugas akhir ini adalah bagaimana mengoptimalkan kinerja LQR-PID untuk mengendalikan sistem *knock out gas drum* dengan fokus utama sistem dapat mencapai *setpoint* dengan *time settling, rise time, delay time* yang cepat, dan juga *error steady state* dan *overshoot* yang kecil.

2. Study Literatur

   Mencari dan mempelajari berbagai referensi yang terkait dengan tema yang dibahas pada penelitian tugas akhir ini. Dengan cara melakukan review dari beberapa penelitian mengenai *knock out gas drum* dan pengendali LQR-PID.

3. Pengumpulan Data

   Pada tahap ini pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari sistem yang akan diteliti. Meliputi data *setpoint* sebesar 0.21 meter dan ketetapan *transfer function* yang akan diuji yaitu *sistem knock out gas drum.*

   $$TF = \frac{G_{LCV} \times R \times G_{LIT}}{(rCV + 1)(rLT + 1)}$$

4. Pemodelan Sistem

   Setelah didapatkan nilai-nilai tiap variabel pada tahap pengumpulan data, maka selanjutnya variabel tersebut dibuat dalam model matematis bentuk persamaan *transfer function* orde 2.

5. Simulasi dan Verifikasi Standard Terpenuhi ?

   Verifikasi model matematis adalah tahap pengujian model matematis dalam bentuk *transfer function* dari *sistem knock out gas drum* yang dimasukkan ke dalam bahasa pemrograman *Matlab Simulink* untuk dilakukan verifikasi respon keluarannya apakah sudah sesuai dengan rujukan.

6. Skenario Penelitian

   Penelitian ini memakai pengendali LQR yang dikombinasikan dengan pengendali PID. Pertama penulis merancang pengendali LQR terlebih dahulu dan mendapatkan penurunan matematis pengendali LQR yaitu matriks A,B,C, dan D selanjutnya

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.

merancang pengendali PID. Setelah itu baru mengkombinasikan pengendali LQR dan pengendali PID.

7. Analisa Hasil

Pada tahap ini analisa hasil bertujuan untuk melihat respon keluaran sistem *knock out gas drum*. Dan melakukan analisa pada sistem tersebut apakah hasil respon sudah sesuai dengan yang diharapkan.

8. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa hasil dan sudah sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Maka dapat di tarik kesimpulan dari penelitian.

3.3 Pemodelan Sistem

Berdasarkan persamaan model fungsi alih sistem *knock out gas drum*, dengan memasukkan nilai-nilai parameter yang terdapat pada tabel (2.1) ke dalam persamaan 2.6 maka, didapatkan *transfer function* sebagai berikut :

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{G_{LCV} \times R \times G_{LIT}}{(rCV+1)(rLT+1)}$$

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{(0.000079125\ m^3/mA) \times (545\ s/m^2) \times (16.667\ mA/m)}{(0.748s\ +1)\qquad(0.76s+1)}$$

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{0.7187331244\ \mathrm{s}}{0.568s^2+0.748s+0.76s+1}$$

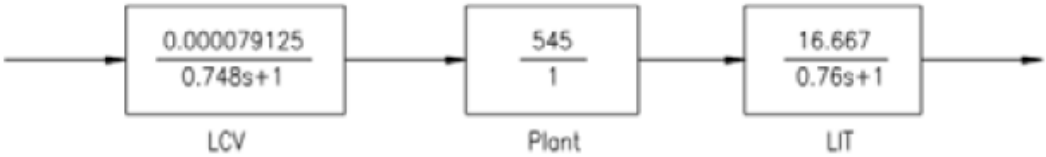
$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{0.7187331244\ \mathrm{s}}{0.568s^2+1.508s+1} \tag{3.1}$$

3.4 Simulasi dan Verifikasi

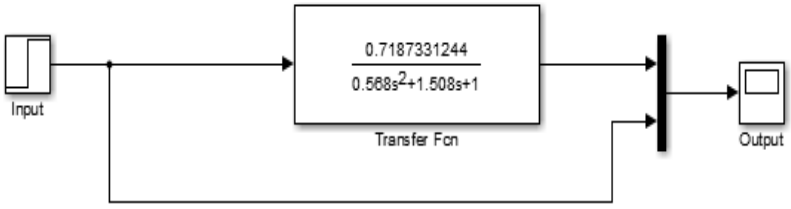
Verifikasi model sistem mengacu pada standard minimum sistem yang dirancang atau dimodelkan dengan menyebutkan sumber acuan. Jika model sistem memenuhi standar minimum maka dapat dilanjutkan ke tahap berikut, jika tidak memenuhi maka kembali ke tahap pemodelan. Verifikasi pemodelan matematis untuk sistem *knock out gas drum* dengan menggunakan perangkat lunak *Simulink Matlab* R2014a dimana sistem disimulasikan secara *open loop* dengan memasukkan nilai yang telah didapatkan dari persamaan dan melihat apakah respon sistem sudah sesuai rujukan.

Berikut merupakan Block Diagram Sistem *Knock Out Gas Drum* :

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.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

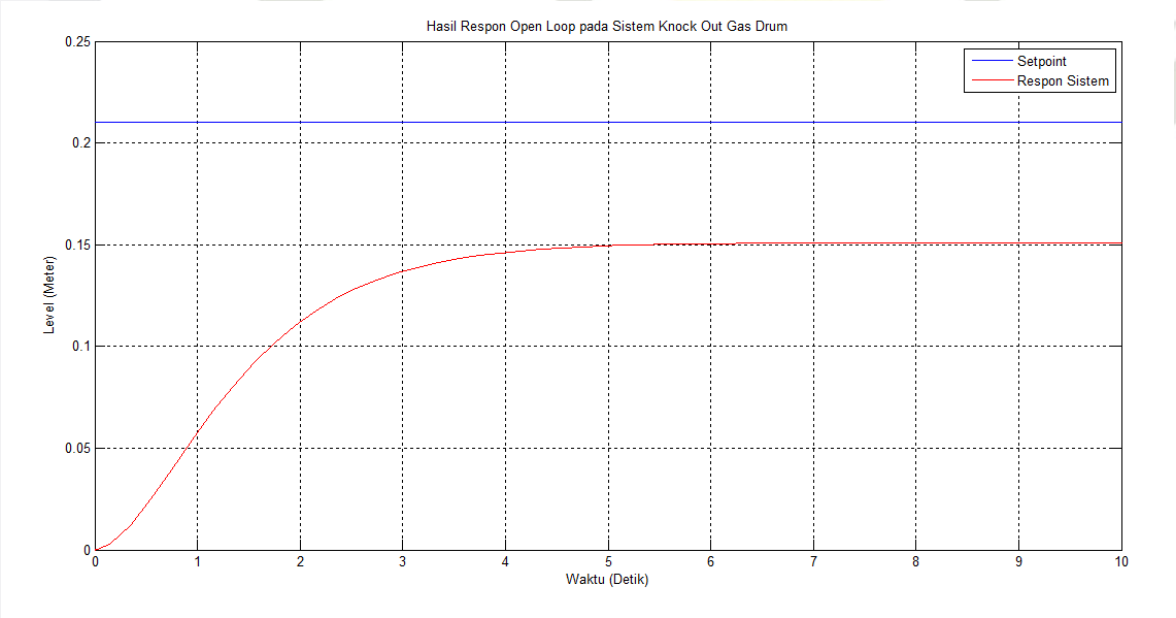


Gambar 3.2 Diagram Block Sistem Knock Out Gas Drum



Gambar 3.3 Block Simulink Sistem *Knock Out Gas Drum* Secara *Open Loop*

Setelah merancang block *Simulink* secara *open loop* maka akan menghasilkan data berupa grafik yang menyatakan respon keluaran sistem *knock out gas drum* secara *open loop*. Grafik respon keluaran sistem dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 3.4 Grafik Keluaran *Open Loop* Sistem *Knock Out Gas Drum*

Berdasarkan Gambar 3.4 hasil grafik pengujian sistem tanpa pengendali terlihat bahwa respon keluaran sistem tidak sanggup mencapai *setpoint* yang diharapkan sebesar 0.21 meter (*overdamped*). Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa sistem memerlukan pengendali.

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.

3.5 Skenario Penelitian

Pada skenario penelitian ini terdapat beberapa skenario yang harus dilakukan. Setiap skenario tersebut akan menghasilkan satu grafik dengan *setpoint* 0.21 meter. Berikut beberapa skenario penelitian yang dilakukan.

3.5.1 Perancangan Pengendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR)

Untuk keperluan perancangan kendali optimal LQR, *transfer function* diubah dalam bentuk *state space* sebagai berikut :

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{0.7187331244}{0.568s^2 + 1.508s + 1}$$

Setelah *transfer function* didapatkan maka diubah dalam bentuk transformasi *laplace* sebagai berikut :

$0.568s^2Y(s) + 1.508s\,Y(s) + Y(s) = 0.7187331244\,U(s)$

Dari turunan *transfer function* pada persamaan sistem *knock out gas drum*, kemudian diturunkan dengan menggunakan metode *inverse* transformasi *laplace* balik sehingga diperoleh persamaan differensial orde dua sebagai berikut :

$$m\frac{d^2y}{dt^2} + b\frac{dy}{dt} + ky = u$$

$$0.568\frac{d^2y}{dt^2} + 1.508\frac{dy}{dt} + y = 0.7187331244\,U$$

$$0.568\ddot{y} + 1.508\dot{y} + y = 0.7187331244\,U$$

$$0.568\ddot{y} + 1.508\dot{y} + y = 0.7187331244\,U$$

$$0.568\ddot{y} = -1.508\dot{y} - y + 0.7187331244\,U$$

$$\ddot{y} = \frac{-1.508\dot{y} - y + 0.7187331244\,U}{0.568}$$

$$\ddot{y} = -2.6549295775\dot{y} - 1.7605633803y + 1.2654\,U$$

Di Defenisikan variable state :

$x_1 = y$

$x_2 = \dot{y}$

$\dot{x}_1 = \dot{y} = x_2$

$\dot{x}_2 = \ddot{y} = -2.6549295775x_2 - 1.7605633803x_1 + 1.2654\,U$

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik 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.

Sehingga diperoleh persamaan state space dalam bentuk vector sebagai berikut :

$$\begin{vmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ -1.7605633803 & -2.6549295775 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 \\ x_2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 0 \\ 1.2654 \end{vmatrix} U \tag{3.2}$$

Dan persamaan output :

$$Y = \begin{vmatrix} 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 \\ x_2 \end{vmatrix} \tag{3.3}$$

Dari persamaan di atas dapat ditentukan matriks state space A,B,C dan D sebagai berikut :

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1.7605633803 & -2.6549295775 \end{bmatrix}$$

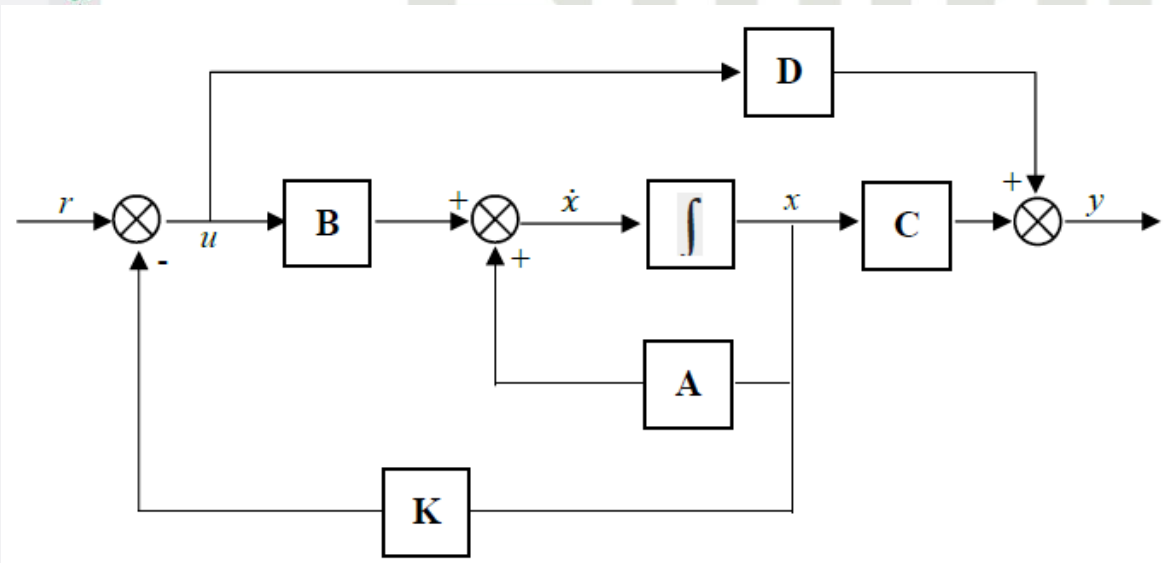
$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1.2654 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$D = [0]$$

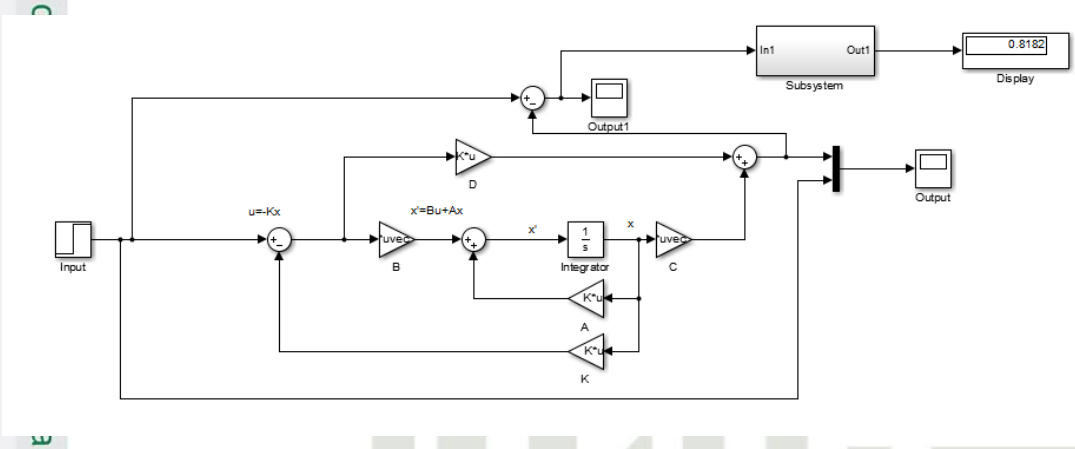
Setelah didapatkan matriks A,B,C dan D maka nilai matriks tersebut bisa dimasukkan ke dalam program M-File Sistem *Knock Out Gas Drum* untuk disimulasikan menggunakan pengendali LQR.

Berikut merupakan Block Diagram Pengendali LQR pada Sistem *Knock Out Gas Drum* :



Gambar 3.5 Diagram Block Pengendali LQR

Adapun Diagram Block Simulink Pengendali LQR sebagai berikut :



Gambar 3.6 Diagram Block Simulink Pengendali LQR

Adapun program M-filenya seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini :

```
mfile.m*
A=[0 1 ; -1.7605633803 -2.6549295775];
B=[0 ; 1.2654];
C=[1 0];
D=[0];
R=[1];
Q=[0.00001 0;0 0];
N=[0];
sys=ss(A,B,C,D);
[K,S,e]=lqr(sys,Q,R,N);
```

Gambar 3.7 Tampilan Program M-File Sistem *Knock Out Gas Drum*

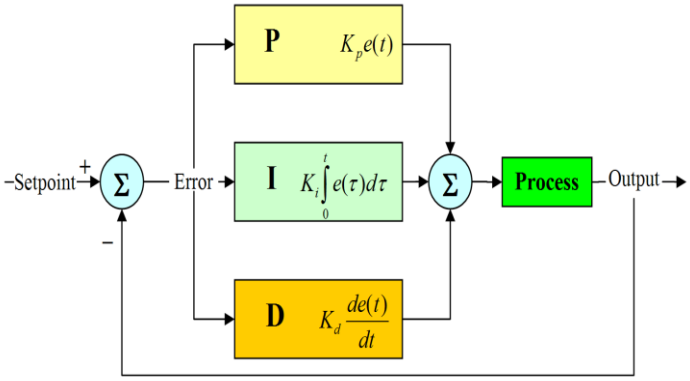
Setelah didapatkan Block Diagram Simulink Pengendali LQR dan program M-File Sistem *Knock Out Gas Drum* yang sudah dimasukkan nilai matriks A,B,C, dan D maka kita dapat melakukan simulasi dengan bantuan *software* MATLAB. Dalam melakukan simulasi menggunakan pengendali LQR maka dibutuhkan nilai matriks Q dan R yang sesuai. Nilai matrix Q dan R harus berupa definit positif. Proses mendapatkan matriks Q dan R dilakukan dengan menetapkan matriks R bernilai konstan yaitu 1 untuk mempermudah proses penalaan, sehingga dilakukan simulasi menggunakan metode *trial and error* dengan analisa IAE untuk mendapatkan nilai matriks Q yang sesuai.

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.
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

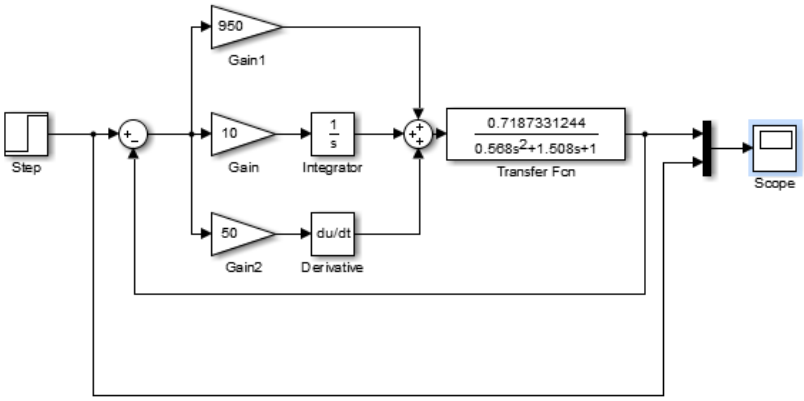
3.5.2 Perancangan Pengendali Proporsional Integral Derivatif (PID)

Berdasarkan *study literature* yang telah ditentukan maka desain pengendali PID dapat dibuat dalam bentuk *Simulink*. Dengan memasukkan nilai *transfer function* dalam bentuk *state space* dengan *setpoint* 0.21 meter yang telah dimasukkan ke dalam pengendali PID. Penentuan nilai Kp, Ki, dan Kd diperoleh dengan memakai metode *heuristic*. Untuk memperoleh nilai parameternya dimana, metode ini dilakukan secara penalaan yang disesuaikan dengan kinerja plant yang dihasilkan. Berikut block diagram pengendali PID :



Gambar 3.8 Block Diagram Pengendali PID

Adapun Diagram Block Simulink Pengendali PID sebagai berikut :



Gambar 3.9 Block Simulink Pengendali PID Sistem *Knock Out Gas Drum*

Setelah didapatkan Block Diagram Simulink Pengendali PID maka selanjutnya kita dapat melakukan penalaan Pengendali PID dengan menggunakan Metode Heuristic.

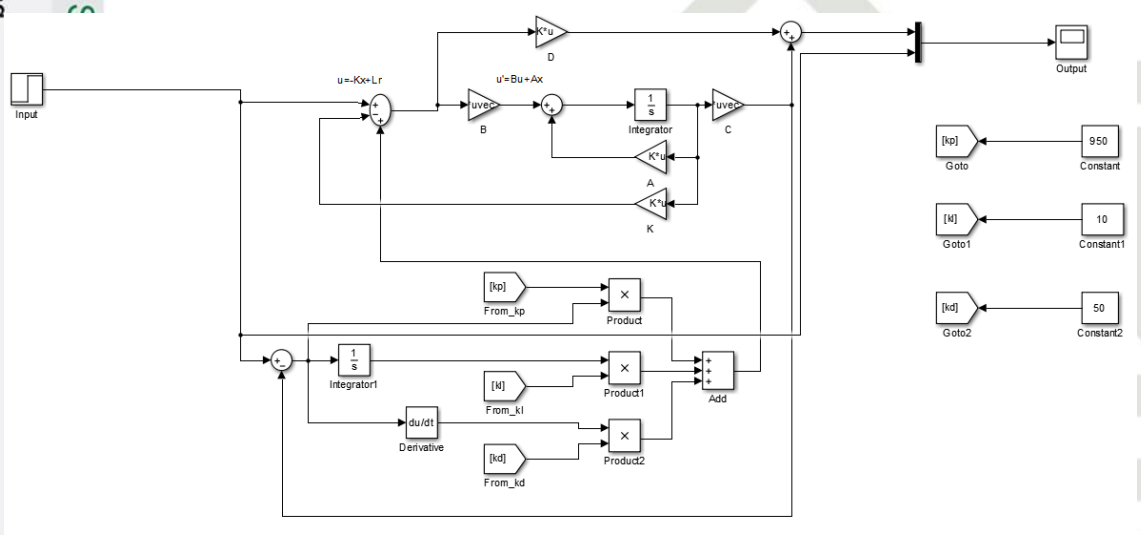
UIN SUSKA RIAU

© 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.

3.5.3 Perancangan Pengendali LQR-PID

Setelah mendapatkan dan mempelajari desain pengendali LQR dan pengendali PID maka selanjutnya kita dapat mengkombinasikan pengendali LQR dengan pengendali PID agar kinerja dari pengendali LQR menjadi lebih baik dan optimal. Optimal dengan kata lain adalah respon bisa mencapai *setpoint* dengan waktu yang cepat tanpa ada osilasi dan mampu menghilangkan atau memperkecil *error steady state*. Berikut merupakan block Simulink pengendali LQR-PID pada sistem *knock out gas drum*.



Gambar 3.10 Block Simulink LQR-PID Sistem *Knock Out Gas Drum*

Adapun M-file seperti yang ditunjukkan gambar di bawah ini :

```
mfile.m*
A=[0 1 ; -1.7605633803 -2.6549295775];
B=[0 ; 1.2654];
C=[1 0];
D=[0];
R=[1];
Q=[0.00001 0;0 0];
N=[0];
sys=ss(A,B,C,D);
[K,S,e]=lqr(sys,Q,R,N);
```

Gambar 3.11 Tampilan Program M-File Sistem *Knock Out Gas Drum*

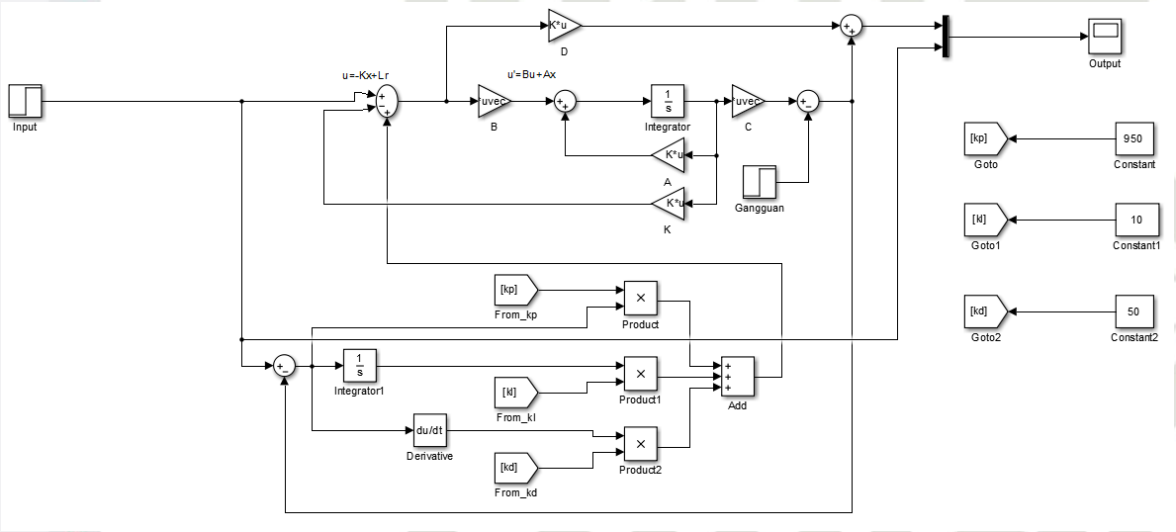
UIN SUSKA RIAU

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.

© Hak cipta milik UIN Suska State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

3.5.4 Perancangan Pengendali LQR-PID Dengan Menambahkan Gangguan

Setelah mendapatkan dan mempelajari desain pengendali LQR-PID maka selanjutnya kita dapat menambahkan gangguan. Gangguan disini berupa kebocoran pada Tangki dan kerusakan pada Level Control Valve. Penambahkan gangguan bertujuan untuk melihat seberapa optimal pengendali LQR-PID dalam mengatasi gangguan pada sistem *knock out gas drum.* Penambahkan gangguan dilakukan pada detik ke 5 sebesar 5% untuk melihat apakah sistem masih mampu kembali ke *setpoint* setelah menerima gangguan pada detik ke 5 tersebut. Berikut block diagram Simulink LQR-PID pada sistem *knock out gas drum* dengan menambahkan gangguan.



Gambar 3.12 Block Simulink LQR-PID Sistem Knock Out Gas Drum dengan Gangguan

3.6 Analisa Hasil Simulasi Yang Akan Dilakukan

Setelah dilakukan perancangan Pengendali LQR dan LQR-PID maka selanjutnya kita dapat melakukan simulasi menggunakan software MATLAB. Setelah dilakukan simulasi data yang akan diamati berupa *Settling Time, Rise Time, Delay Time, Error Steady State,* dan *Maximum Overshoot.* Setelah data tersebut didapatkan baru bisa dilakukan analisa atau perbandingan respon sistem secara *Open Loop,* menggunakan pengendali LQR, menggunakan pengendali LQR-PID dan menggunakan pengendali LQR-PID dengan menambahkan gangguan.

3.7 Kesimpulan Yang Akan Dilakukan

Setelah didapatkan data hasil simulasi dan sudah dilakukan perhitungan Respon Sistem (*Settling Time, Rise Time, Delay Time, Error Steady State,* dan *Maximum Overshoot).* Maka kita dapat menarik kesimpulan seberapa optimal Pengendali LQR-PID dalam mencapai *setpoint* , mengatasi *settling time* yang lambat, dan mengurangi *overshoot, ESS,* dan seberapa cepat sistem kembali stabil saat mendapatkan gangguan.

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.

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 V
KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Pengendali LQR-PID untuk mengendalikan level pada sistem *knock out gas drum* dapat dikatakan berhasil karena pada penelitian menggunakan pengendali LQR-PID sistem *knock out gas drum* berhasil mencapai *setpoint* dengan *settling time* yang cepat, tidak memiliki *overhoot*, tidak memiliki *error steady state.*
2. Pengendali LQR-PID saat diberikan gangguan pada detik 5 sebesar 5% pada sistem *knock out gas drum* berhasil kembali ke *setpoint* dengan waktu yang cepat.

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian ini, untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan dengan pengendali yang berbeda. Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai Q dan R untuk pengendali LQR yaitu metode *trial and error* dengan analisa IAE dan meode yang digunakan untuk mendapatkan nilai PID yaitu metode *heuristic*. Sehingga dalam proses *tuning* membutuhkan waktu yang sangat lama sehingga pada penelitian selanjutnya dapat disarankan menggunakan pengendali MPC agar proses mendapatkan respon sistem yang lebih optimal lebih cepat.

UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. P. Sari, C. Sa'roni, "Dampak Kenaikan Harga gas LPG terhadap Kemampuan Rumah Tangga Miskin Dalam Pemenuhan Kebutuhan Hidup di Kelurahan Alalak Utara Kecamatan Banjar Masin Utara", vol. 3, no. 2, pp. 516–530, 2020.

[2] M.H. Syukur, "Produksi Gas" , Forum Teknlogi, vol. 06, no. 1, 2015.

[3] I. Nasriyan, "Penegakan Hukum Terhadap Pelanggaran Penambangan Ilegal Gas Bumi : Studi di Sumatera Selatan", vol. 09, pp. 91–95, 2018.

[4] P. T. Aripin, Dkk, "Rancang Bangun Sistem Pengendalian Level pada Knock Out Gas Drum Menggunakan Pengendali PID di Plant LNG" Jurnal Ilmiah Giga, vol. 20, no. 1, pp. 1–9, 2017.

[5] M.Fahmi, M.Fauzi *and* G.Wibawa, "Studi Awal Desain LNG (Liquefied Natural", Jurnal Teknik POMITS, vol. 2, no. 2, 2013.

[6] F. Ridha, "Analisa Stiffener Ring dan Konstruksi Vessel Hp Flare KO Drum Pada Proyek Pupuk Kaltim-5 Menggunakan Software Compress 6258" vol. 04, no. 1, pp. 9–13, 2015.

[7] N.Z*A*, Azhari, R.Dewi "Aplikasi Level Kontrol Pada Separator Pada Gas Receiving PT Perta Arun Gas"Jurnal Teknologi Kimia Unimal vol. 2, no. November, pp. 23–34, 2020.

[8] Waluyo, A. Fitriansyah *and* Syahrial "Analisis Penalaan Kontrol PID pada Simulasi Kendali Kecepatan Putaran Motor DC Berbeban menggunakan Metode Heuristik" vol. 1, no. 2, pp. 79–92, 2013.

[9] O. Fernaza, "Studi Metoda Kendali Linear Quadratic Regulator (LQR) dan Aplikasinya pada Sistem Automatic Voltage Regulator (AVR)."

[10] A. Faizal, D. Mursyitah, E. Ismaredah, and A. Kautsar, "Desain Pengendali LQR-PID Untuk Mengendalikan Getaran Pada Sistem Suspensi Seperempat Kendaraan (Quarter Car)" no. November, pp. 518–525, 2019.

[11] H. L. Gratianus, P. Pangaribuan, and J. Halomoan, "Perancangan Kendali Valve Dan Pemantauan Pendistribusian Cairan Pada Tangki Design Valve Control and Monitoring Distribution of Liquid at Tank" pp. 1–13.

UIN SUSKA RIAU

[12] I. Nurkarima, H. Priyatman, and B. Kurniawan, “Pemodelan Sistem Level Air Head Tank Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro Merasap” pp. 1–8.

[13] K. Ogata, "*Modern Control Engineriing* F. Edition", Prentice Hall, 2010 H.170.

[14] I. Setiawan and U. Diponegoro, "*Kontrol PID untuk Proses Industri"*, no. March. 2008.

[15] F. L. Lewis, V.L. Syrmos, "*Optimal Control*", 3nd edition, USA. :Wiley-Interscience, 1995.

[16] K. Ogata, " Teknik Kontrol Automatic Edisi 2 Jilid1", Jakarta: Prentice Hall, 1970

[17] B. Cahyono, “Penggunaan *Software Matrix Laboratory* (Matlab) Dalam Pembelajaran Aljabar Linier”, *Phenom. J. Pendidik. MIPA*, vol. 3, no. 1, pp. 45–62, 2016, doi: 10.21580/phen.2013.3.1.174.

[18] Kadaffi, "Penerapan Simulink Untuk Simulasi" Fakultas Teknik Industri Universitas Mercu Buana Jakarta, 2011.

[19] Emerson., "*Control valve Handbook*" *Four Edition* 2005.

[20] K.Arnold, M.Steward, "*Surface Production Operation"* , Design of Gas-Handling Systems and Facilities, vol.2, Chapter 7, 1999

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.

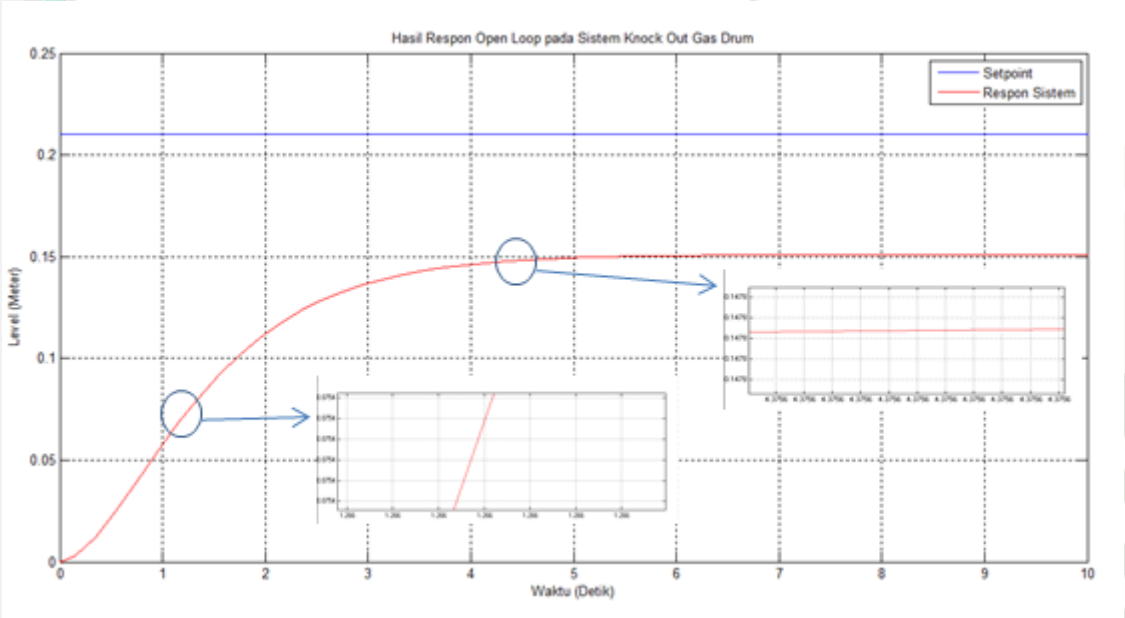
UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan 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.

LAMPIRAN A

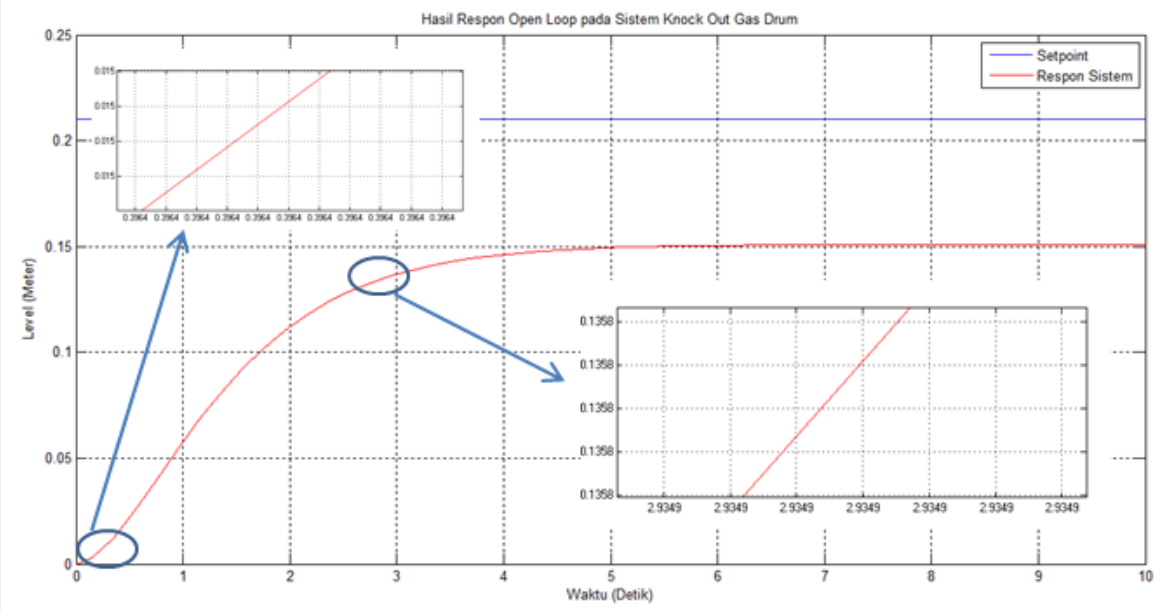
HASIL *ZOOM SETTLING TIME, RISE TIME, DELAY TIME* PADA SISTEM *KNOCK OUT GAS DRUM*

A.1 Hasil *Zoom Settling Time, Rise Time, Delay Time* Secara *Open Loop*

1. Hasil Zoom Settling *Time* dan *Delay Time* Secara *Open Loop*

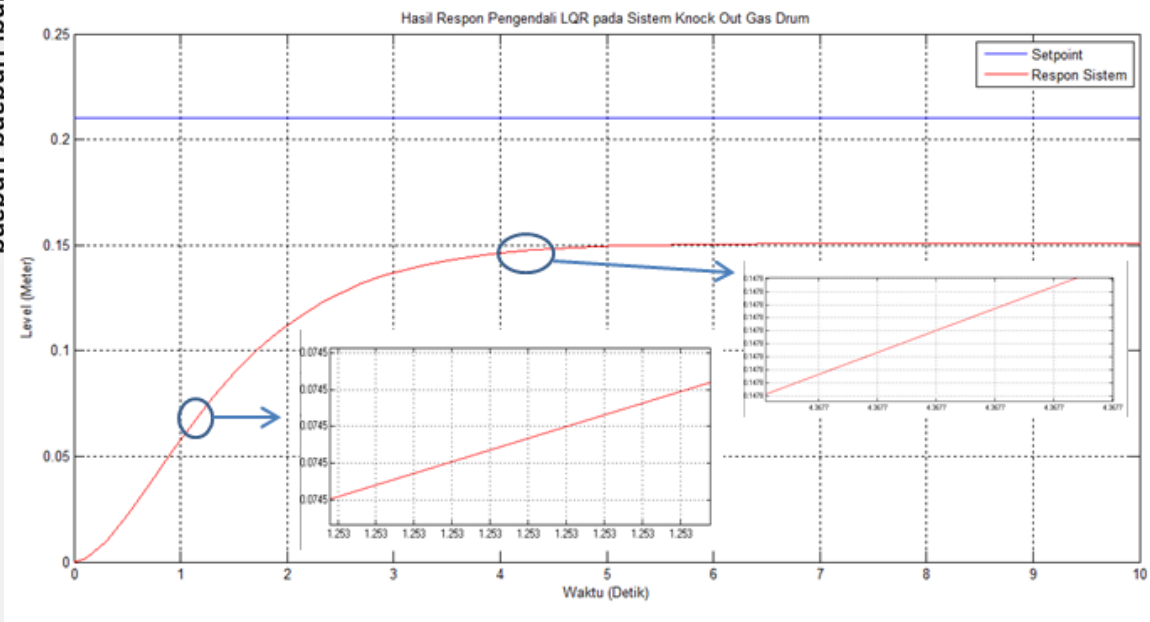


2. Hasil *Zoom* $y_{10\%}$ dan $y_{90\%}$ Secara *Open Loop*

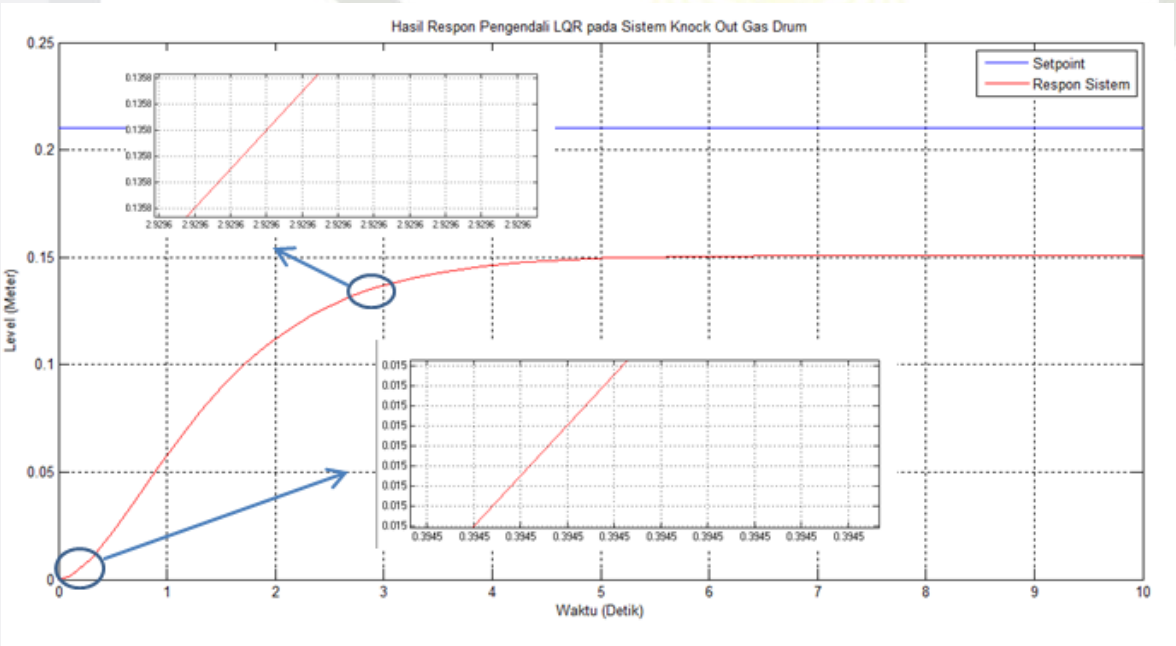


A.2 Hasil *Zoom Settling Time*, *Rise Time*, *Delay Time* pengendali LQR

1. Hasil Zoom Settling *Time* dan *Delay Time* Pengendali LQR



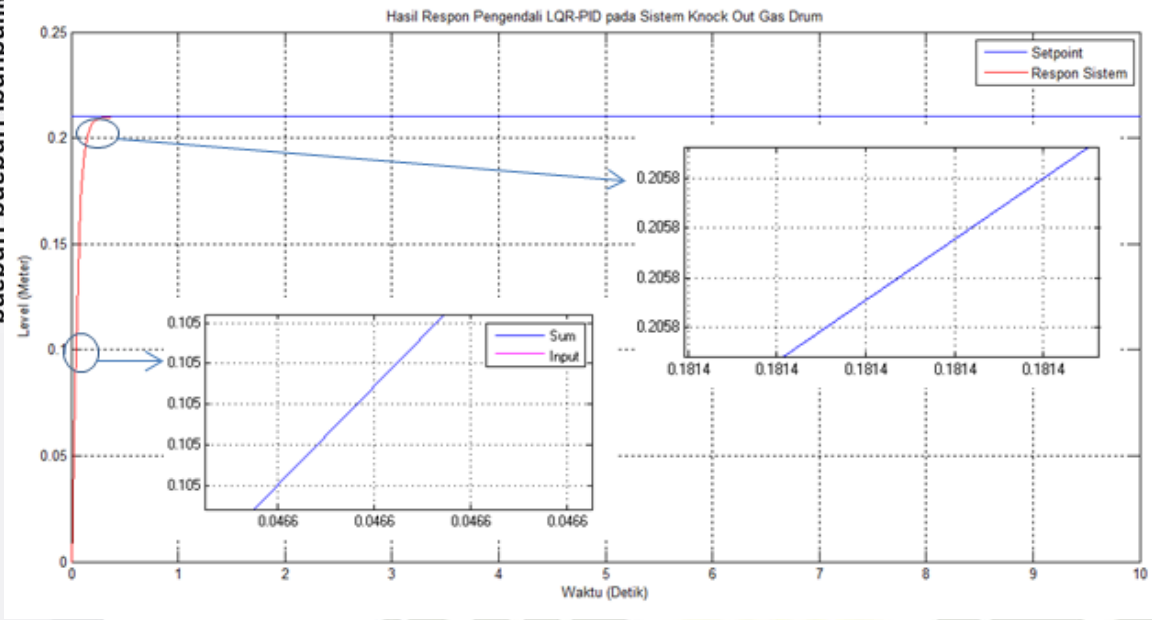
2. Hasil *Zoom* $y_{10\%}$ dan $y_{90\%}$ Pengendali LQR



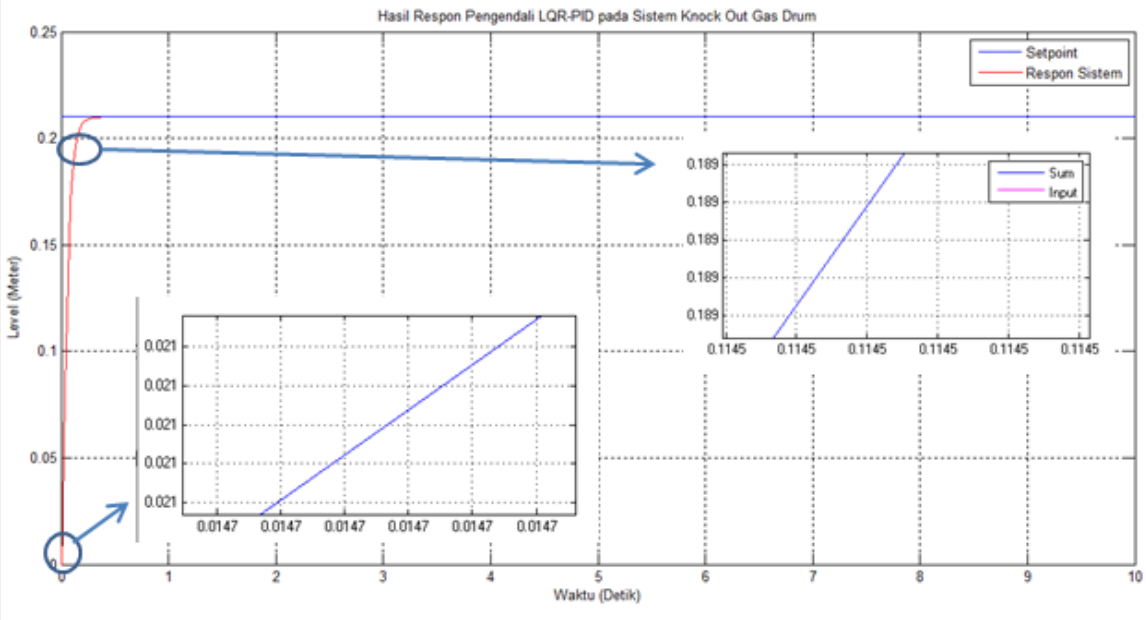
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan 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.

A.3 Hasil *Zoom Settling Time*, *Rise Time*, *Delay Time* Pengendali LQR-PID

1. Hasil Zoom Settling *Time* dan *Delay Time* Pengendali LQR-PID



2. Hasil *Zoom* $y_{10\%}$ dan $y_{90\%}$ Pengendali LQR-PID



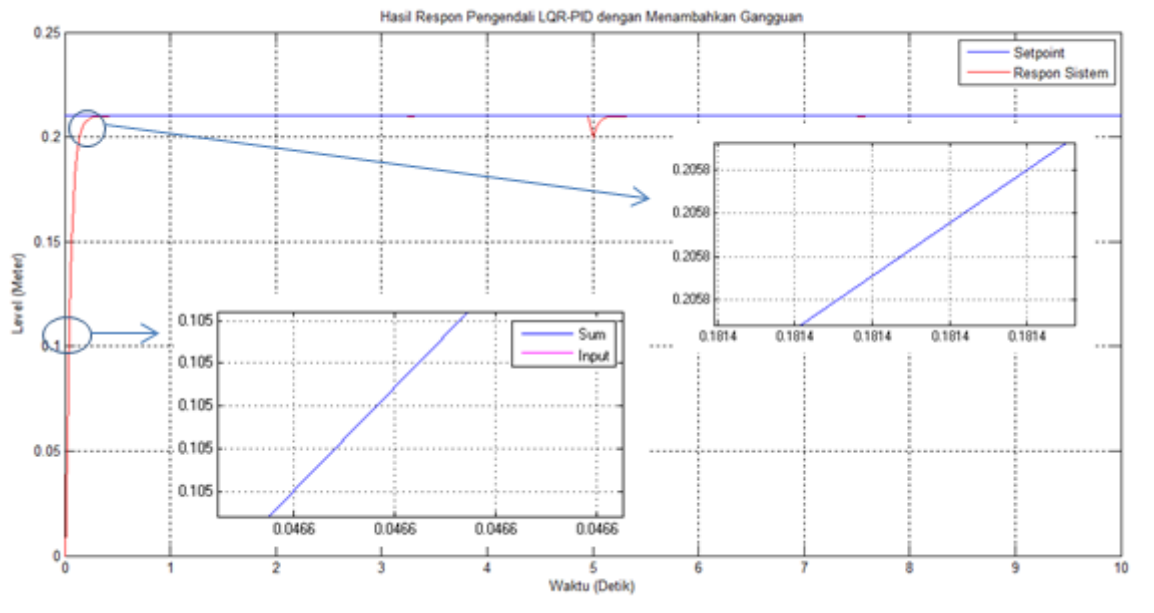
UIN SUSKA RIAU
© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
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.
ty of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

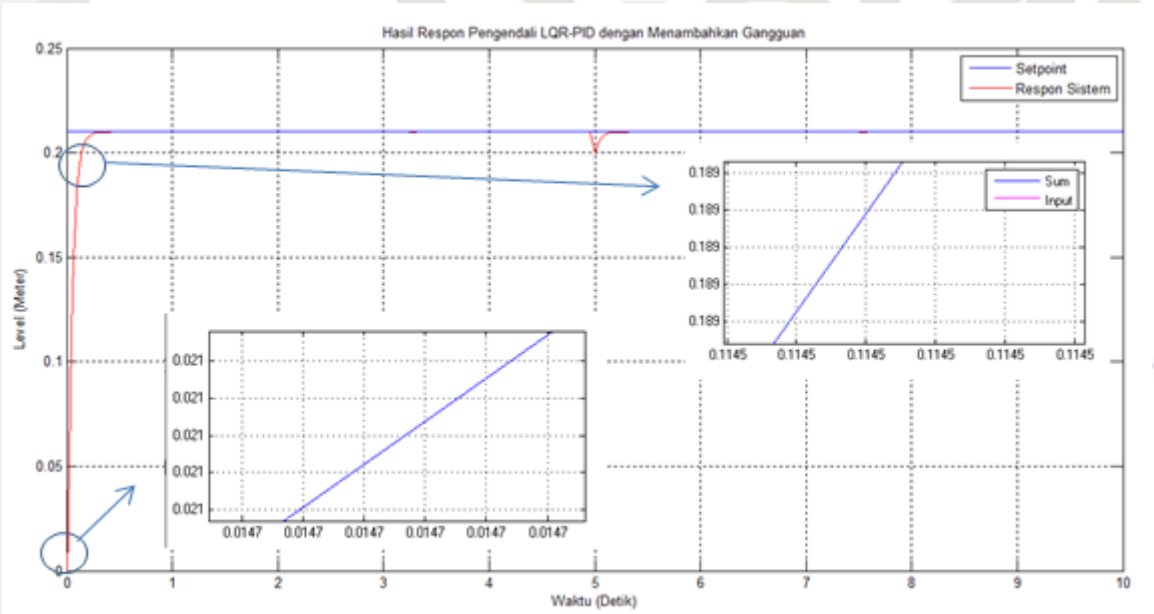
© Hak cipta milik Syarif Kasim Riau

A.4 Hasil *Zoom Settling Time*, *Rise Time*, *Delay Time* pengendali LQR-PID Dengan Menambahkan Gangguan

1. Hasil Zoom Settling *Time* dan *Delay Time* Pengendali LQR-PID dengan Menambahkan Gangguan

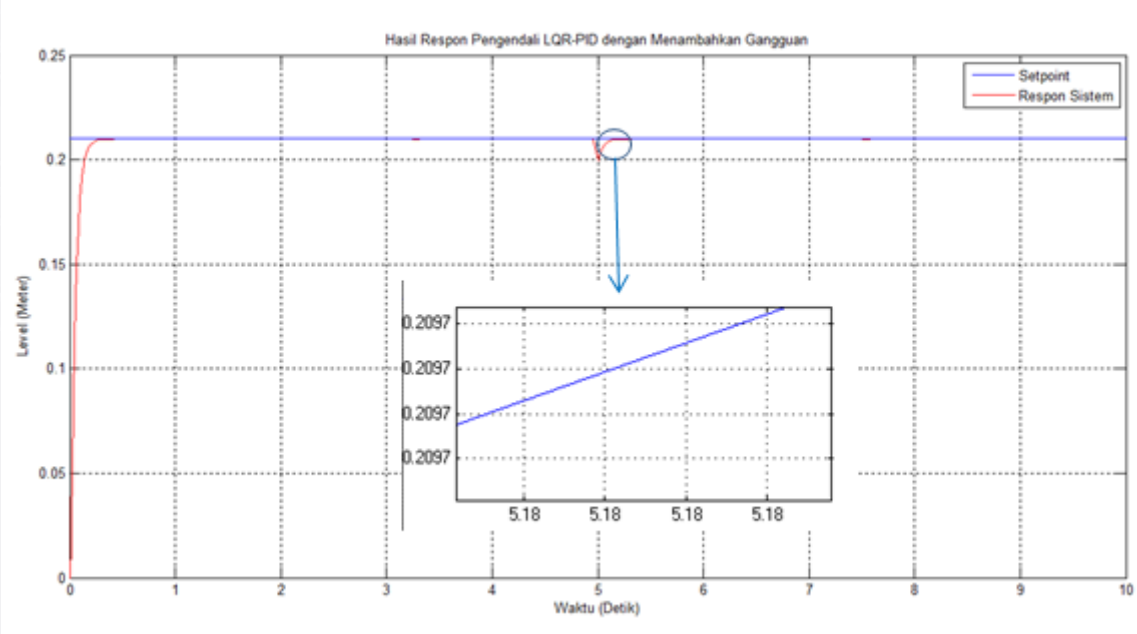


2. Hasil *Zoom* $y_{10\%}$ dan $y_{90\%}$ Pengendali LQR dengan Menambahkan Gangguan



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

3. Hasil Zoom Waktu Recovery Terhadap Gangguan



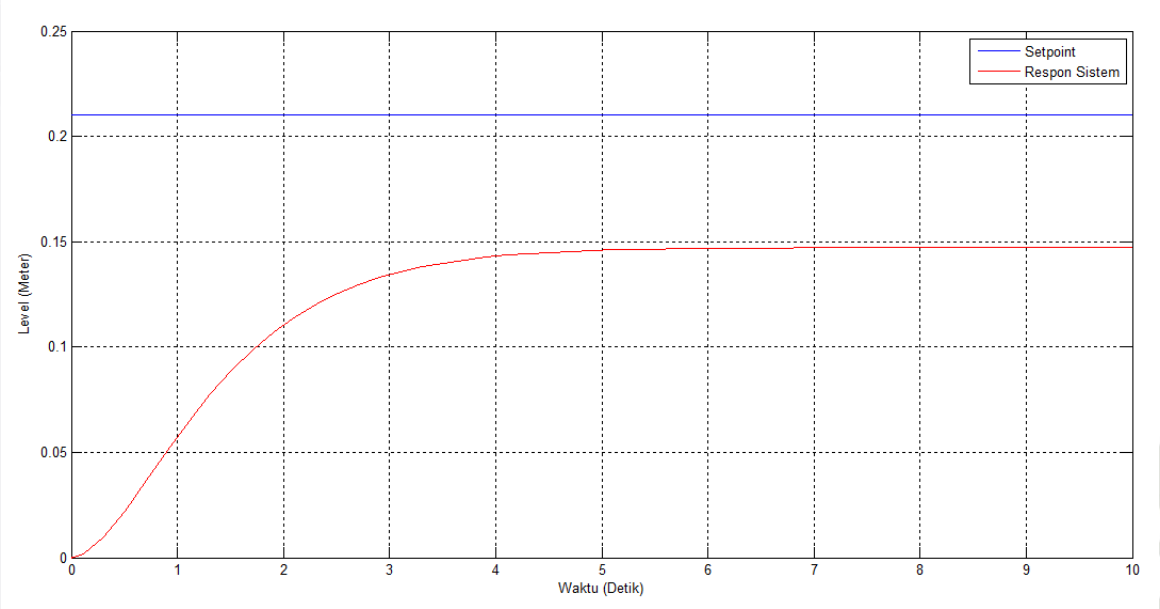
© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan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

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik Universitas Islam Negeri 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.

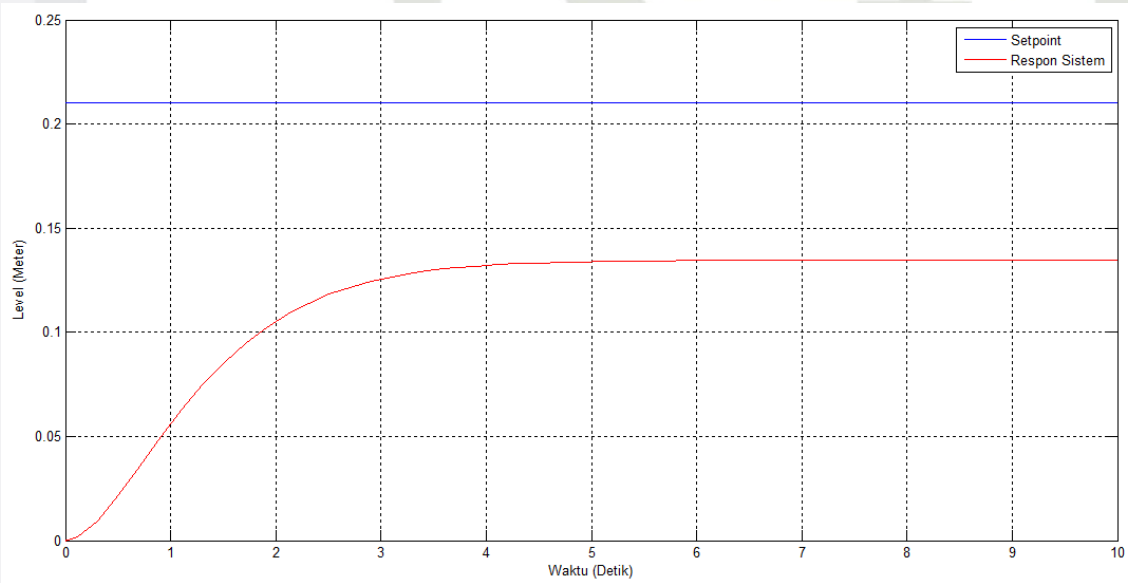
LAMPIRAN B

PROSES PENALAAN MATRIKS Q DAN R PENGENDALI LQR PADA SISTEM *KNOCK OUT GAS DRUM*

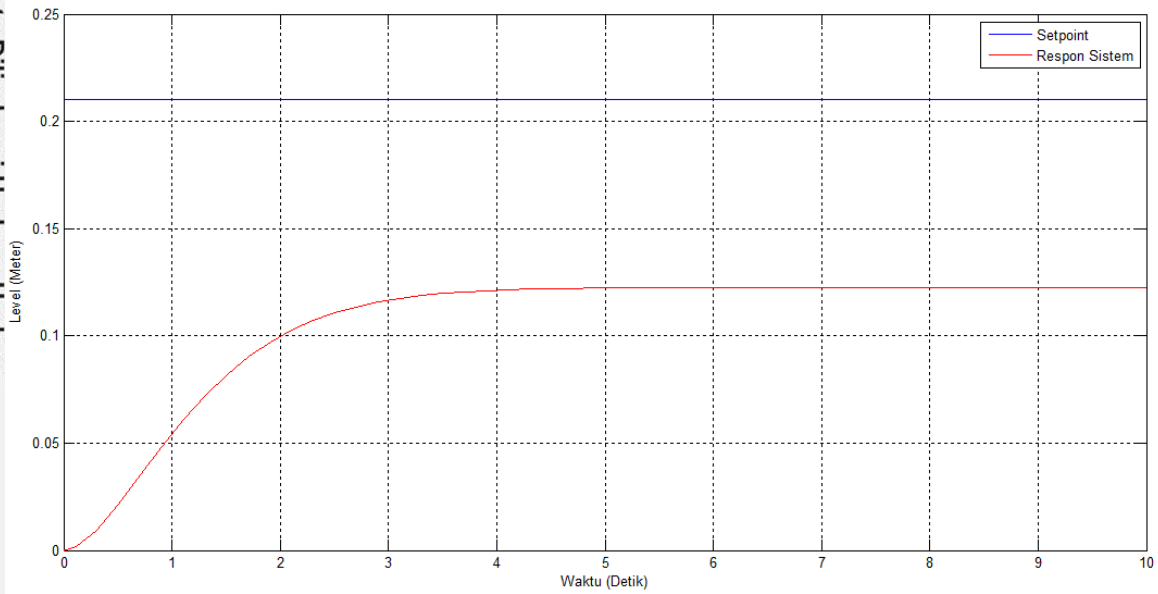
1. Hasil Simulasi LQR dengan Matriks Q=0.1, R=1 pada Sistem *Knock Out Gas Drum*



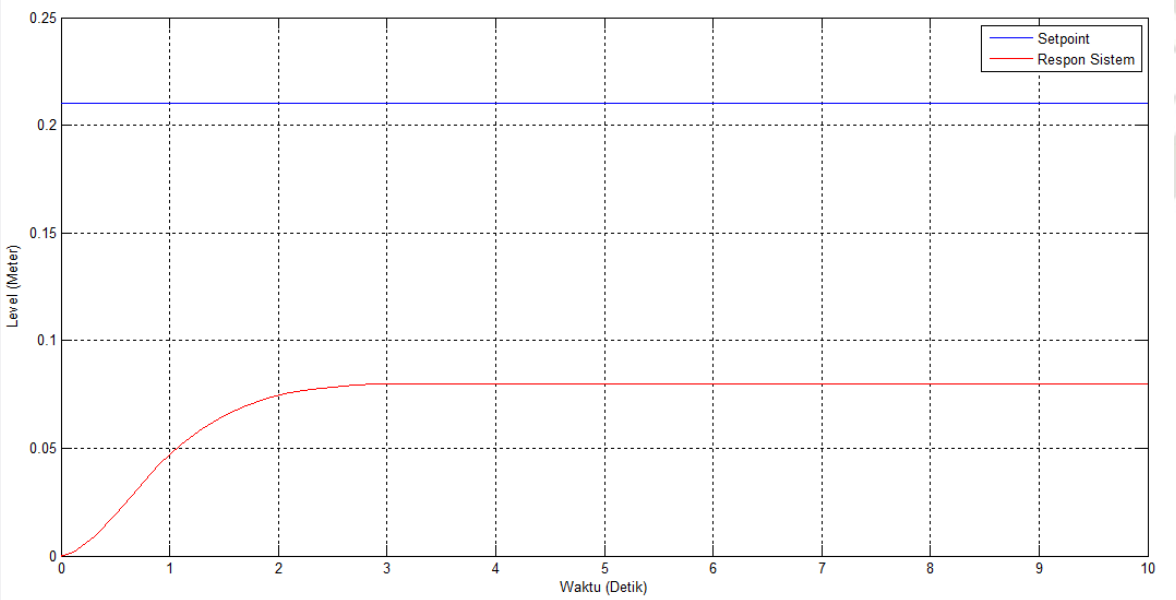
2. Hasil Simulasi LQR dengan Matriks Q=0.5, R=1 pada Sistem *Knock Out Gas Drum*



3. Hasil Simulasi LQR dengan Matriks Q=1, R=1 pada Sistem *Knock Out Gas Drum*



4. Hasil Simulasi LQR dengan Matriks Q=5, R=1 pada Sistem *Knock Out Gas Drum*

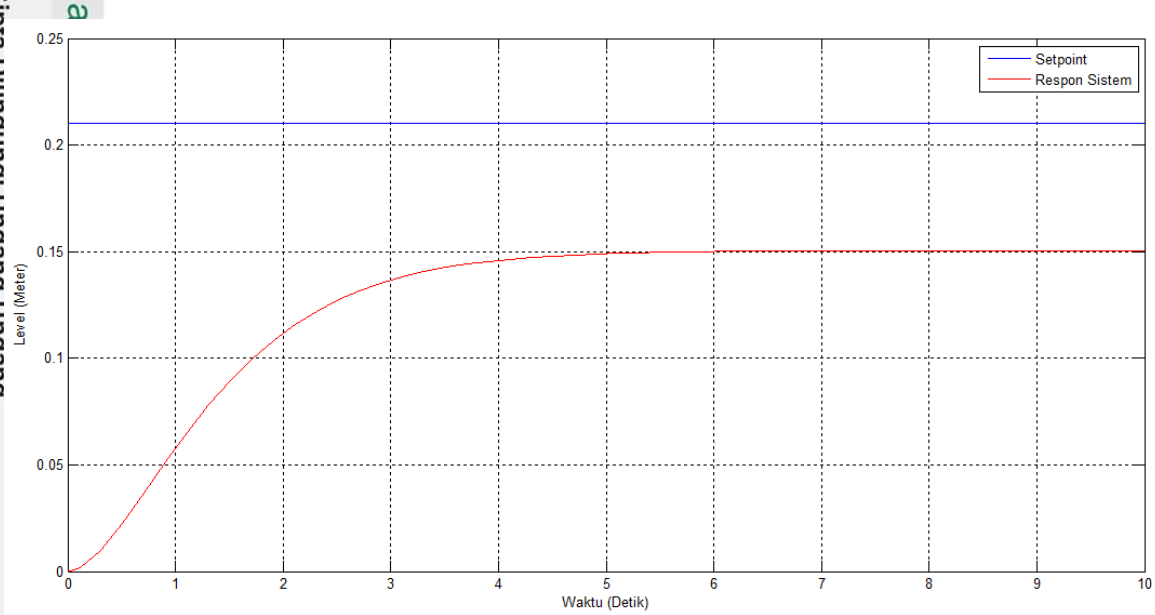


UIN SUSKA RIAU

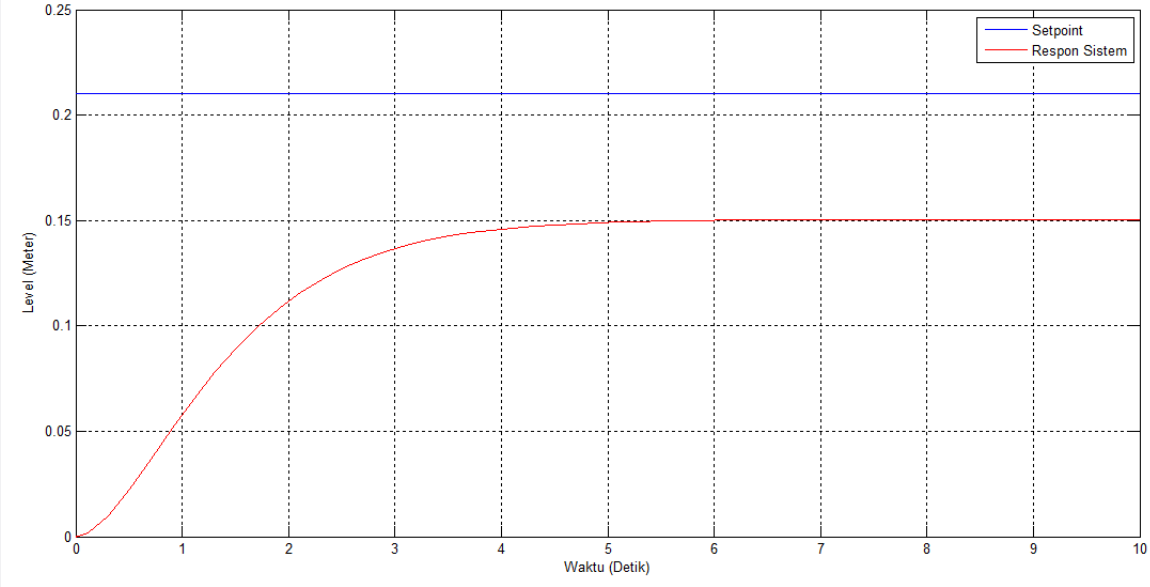
© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan 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.

iversity of Sultan Syarif Kasim Riau

5. Hasil Simulasi LQR dengan Matriks Q=0.01, R=1 pada Sistem *Knock Out Gas Drum*

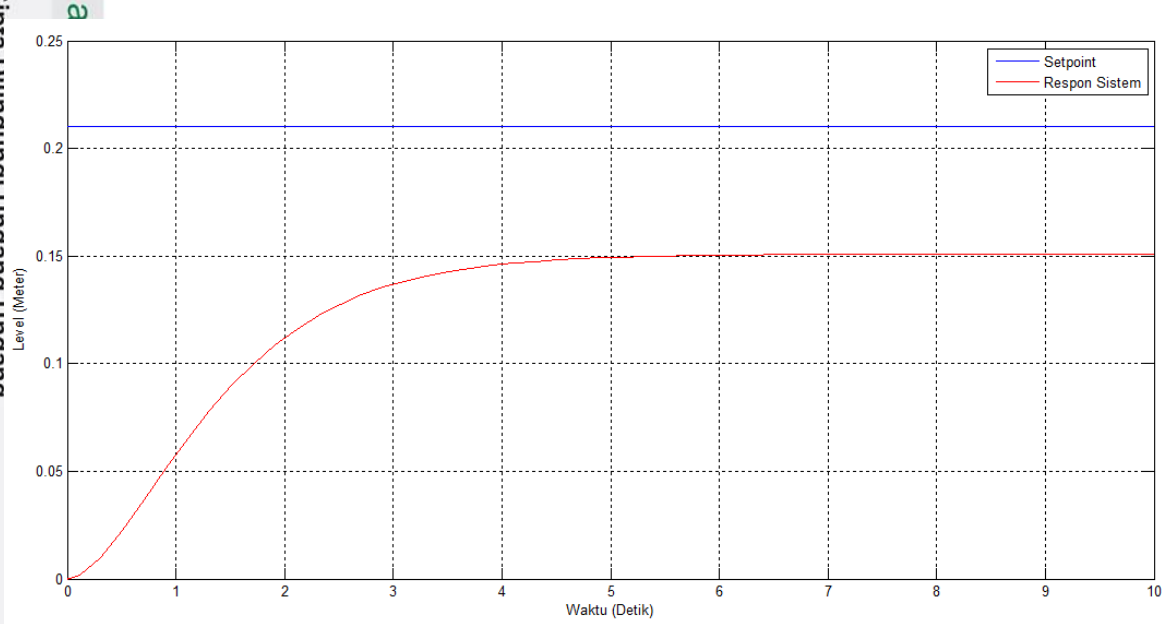


6. Hasil Simulasi LQR dengan Matriks Q=0.05, R=1 pada Sistem *Knock Out Gas Drum*

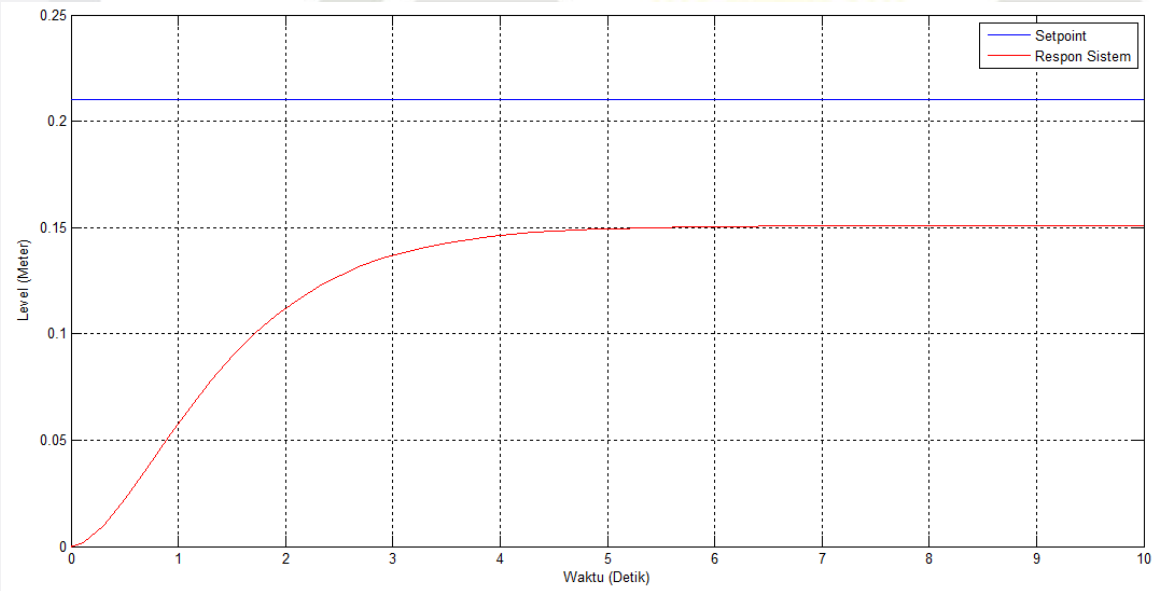


UIN SUSKA RIAU
© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
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.
iversity of Sultan Syarif Kasim Riau

7. Hasil Simulasi LQR dengan Matriks Q=0.001, R=1 pada Sistem *Knock Out Gas Drum*



8. Hasil Simulasi LQR dengan Matriks Q=0.00005, R=1 pada Sistem *Knock Out Gas Drum*



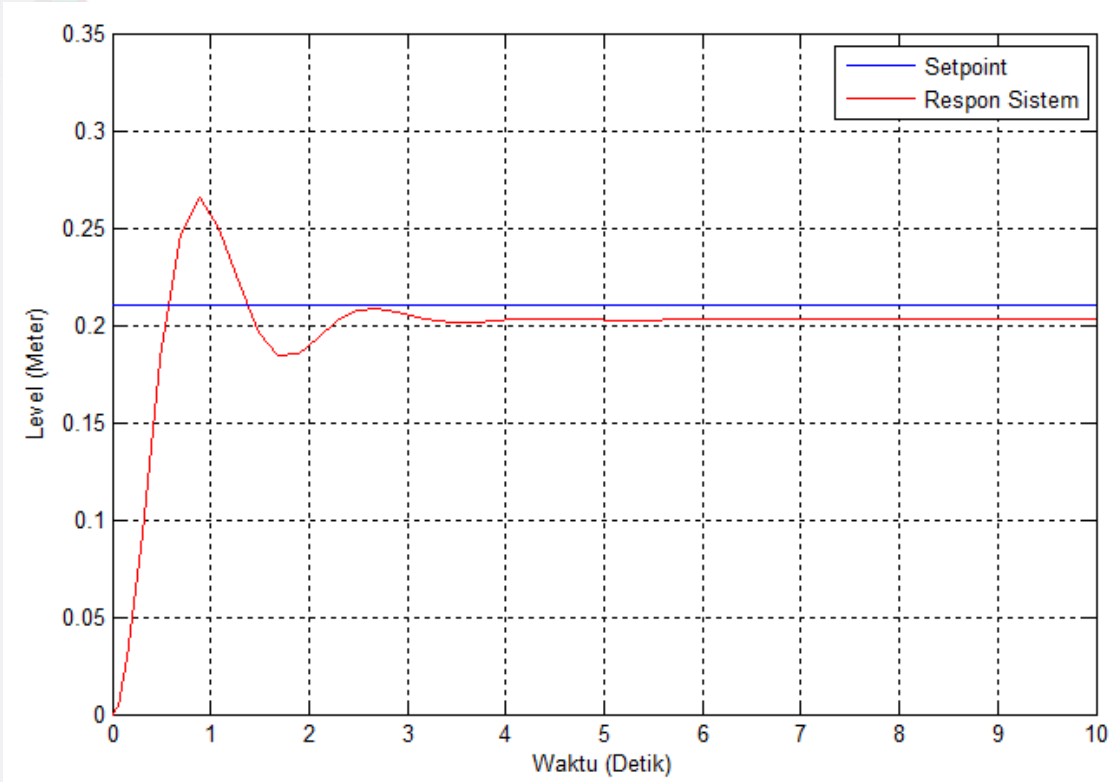
UIN SUSKA RIAU
© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
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.
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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.
© Hak cipta milik
Syarif Kasim Riau

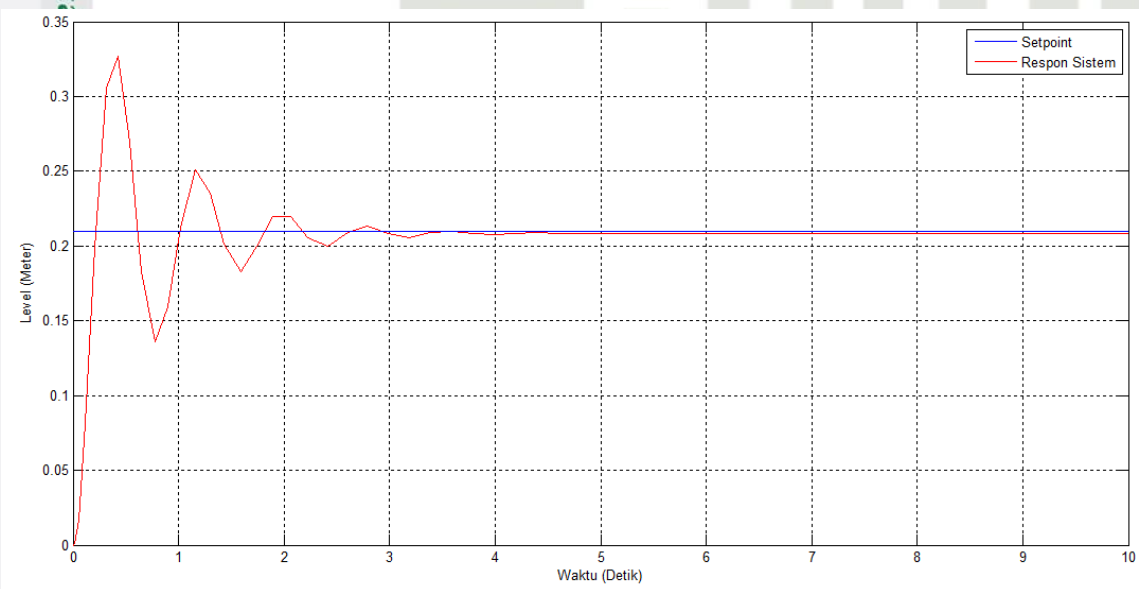
LAMPIRAN C

PROSES PENALAAN PARAMETER KP, KI, DAN KD PENGENDALI LQR-PID DENGAN METODE *HEURISTIC* PADA SISTEM *KNOCK OUT GAS DRUM*

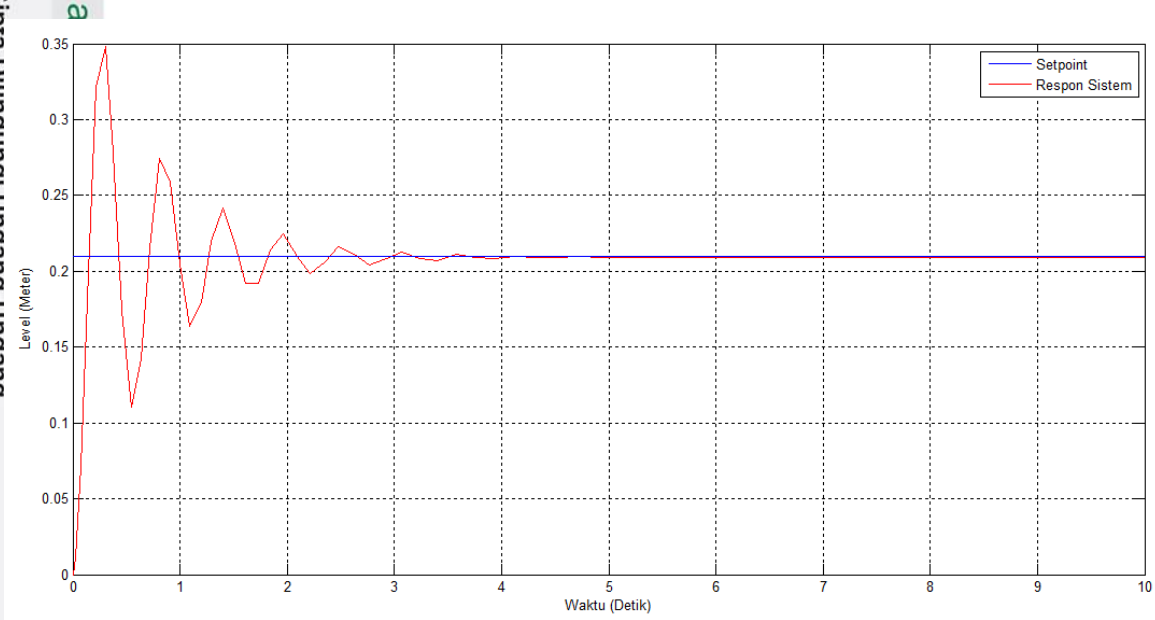
1. Hasil Simulasi LQR-PID pada Sistem Knock Out Gas Drum dengan nilai Kp = 10



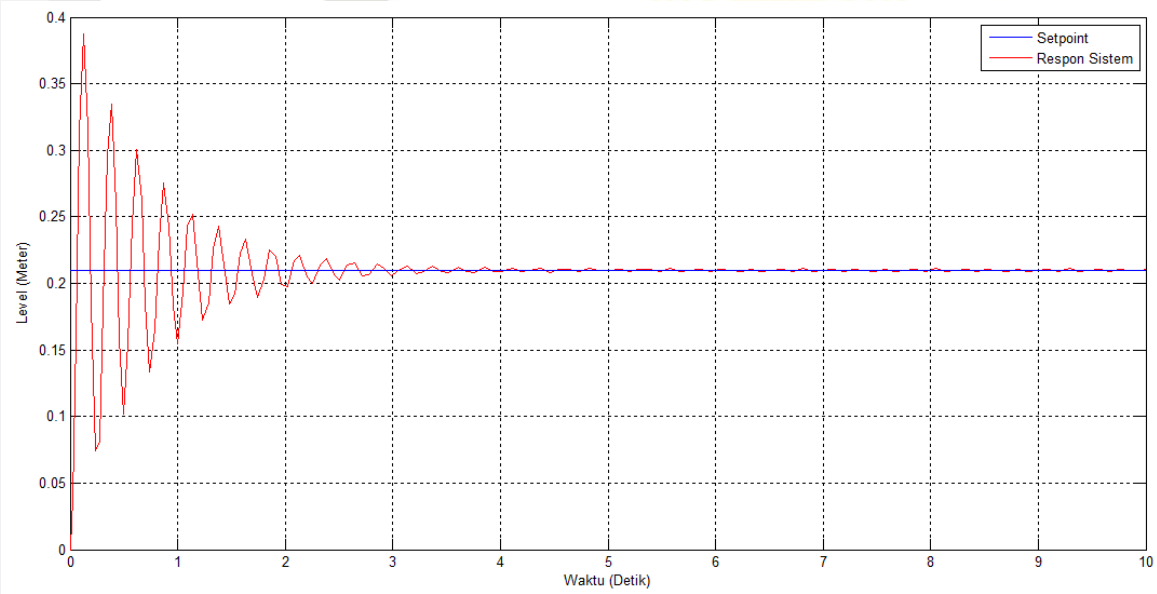
2. Hasil Simulasi LQR-PID pada Sistem Knock Out Gas Drum dengan nilai Kp = 50



3. Hasil Simulasi LQR-PID pada Sistem Knock Out Gas Drum dengan nilai Kp = 100



4. Hasil Simulasi LQR-PID pada Sistem Knock Out Gas Drum dengan nilai Kp = 500

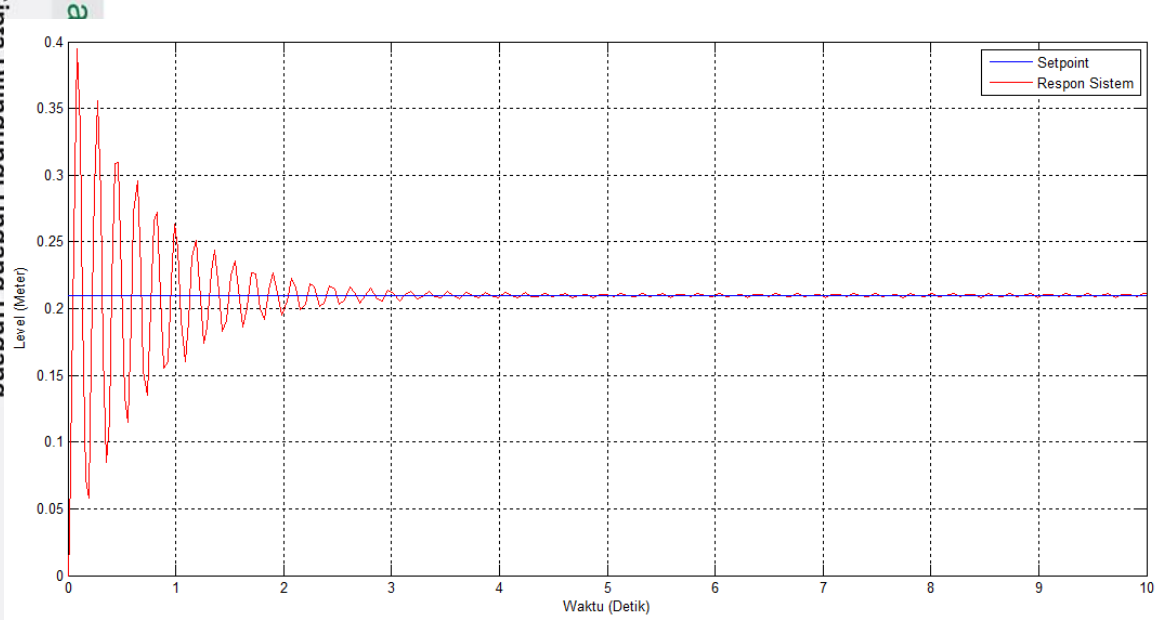


UIN SUSKA RIAU

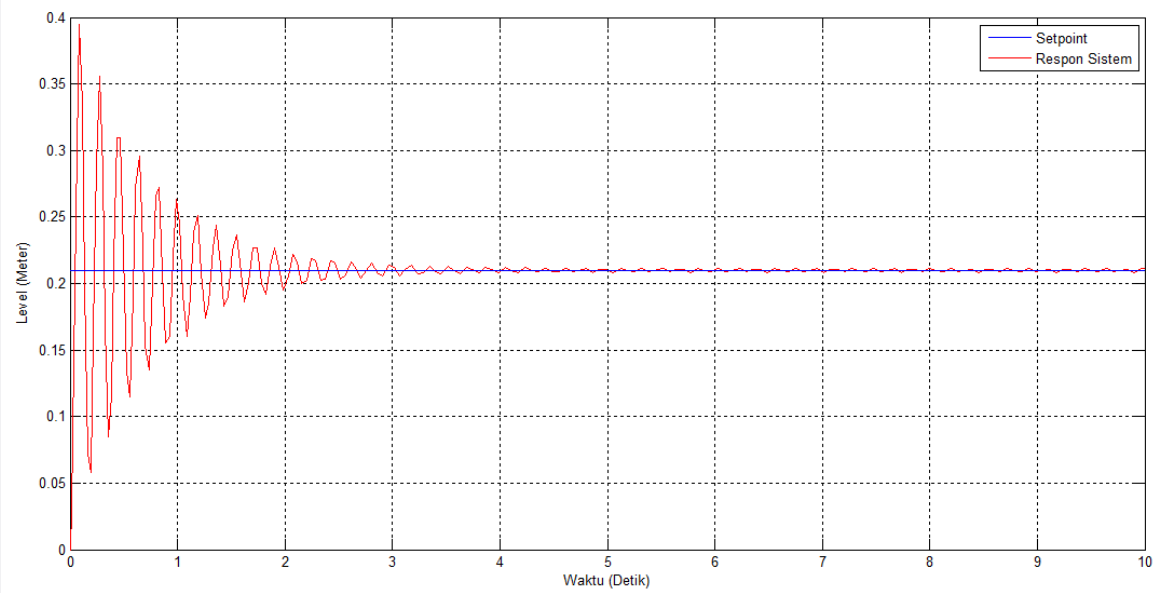
© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan 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.

iversity of Sultan Syarif Kasim Riau

5. Hasil Simulasi LQR-PID pada Sistem Knock Out Gas Drum dengan nilai Kp = 950

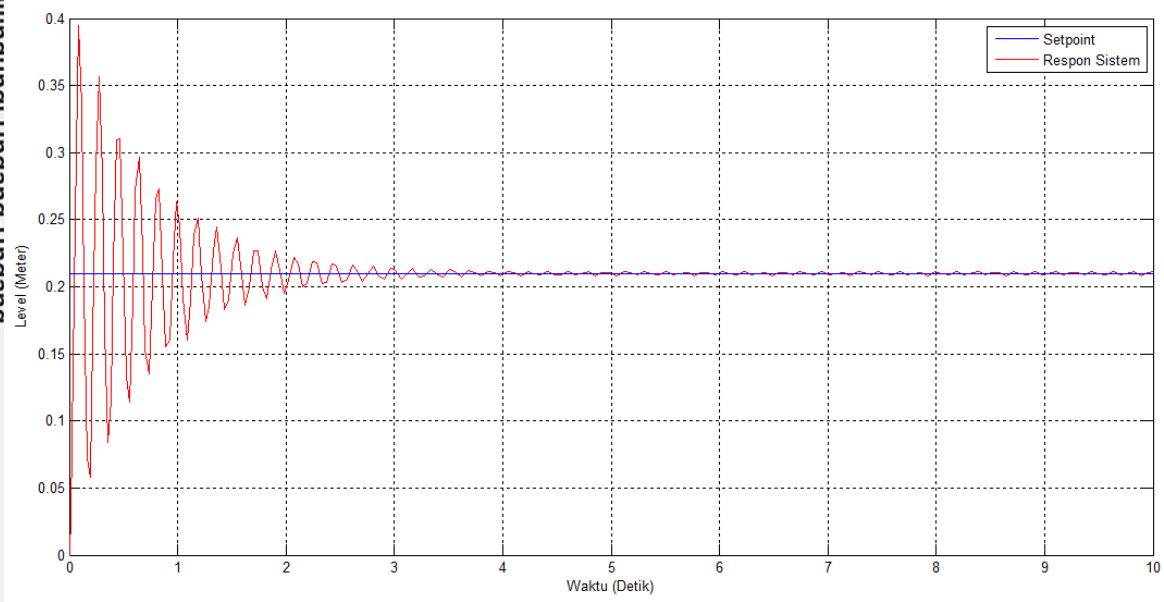


6. Hasil Simulasi LQR-PID pada Sistem Knock Out Gas Drum dengan nilai Kp = 950, dan Ki = 5

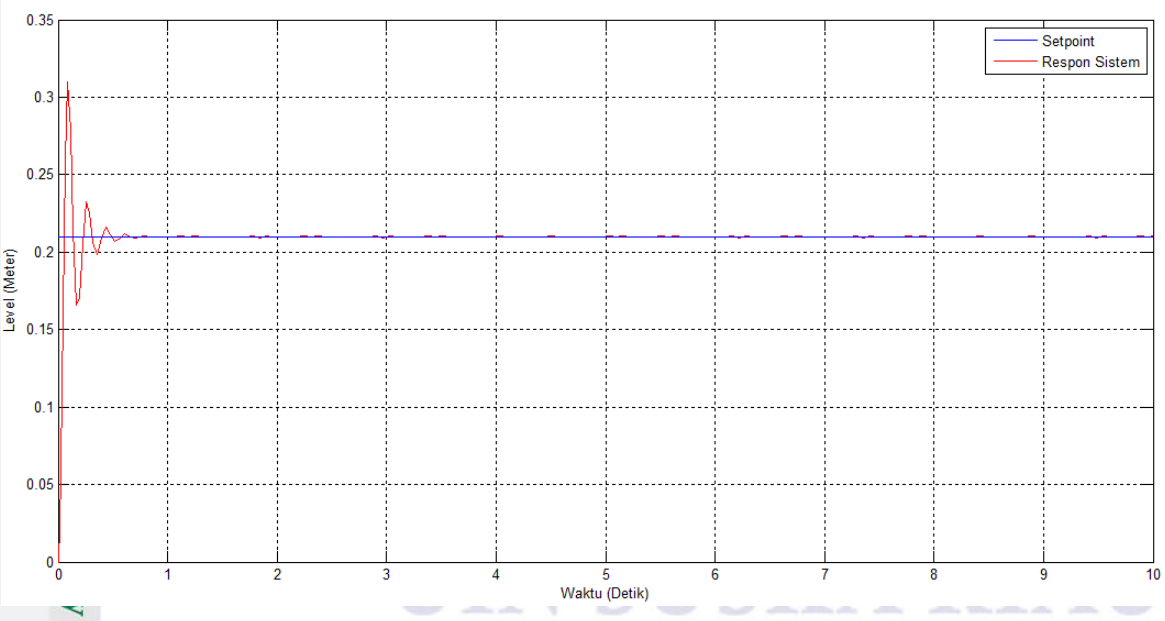


UIN SUSKA RIAU
© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
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.
rsity of Sultan Syarif Kasim Riau

7. Hasil Simulasi LQR-PID pada Sistem Knock Out Gas Drum dengan nilai Kp = 950, dan Ki = 10

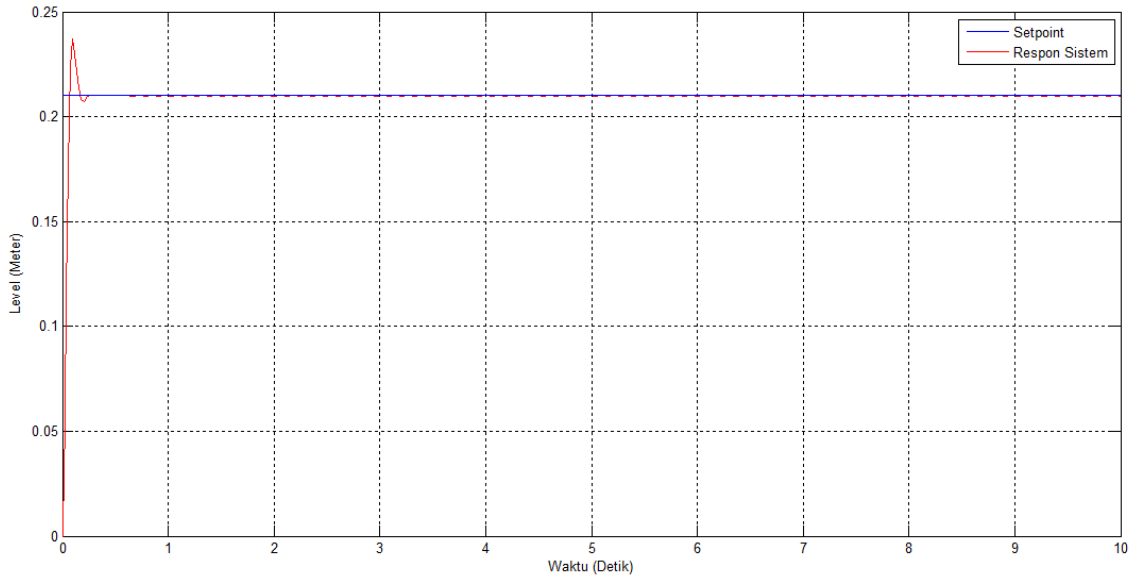


8. Hasil Simulasi LQR-PID pada Sistem Knock Out Gas Drum dengan nilai Kp = 950, Ki = 10 dan Kd = 10

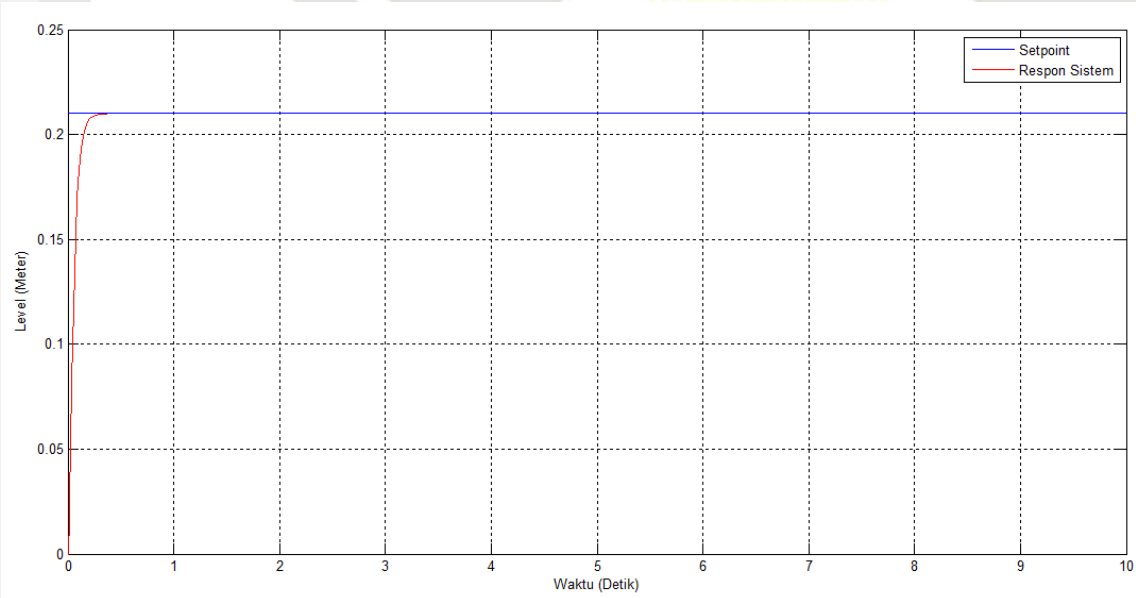


UIN SUSKA RIAU
© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
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.
of Sultan Syarif Kasim Riau

9. Hasil Simulasi LQR-PID pada Sistem Knock Out Gas Drum dengan nilai Kp = 950, Ki = 10 dan Kd = 25



10. Hasil Simulasi LQR-PID pada Sistem Knock Out Gas Drum dengan nilai Kp = 950, Ki = 10 dan Kd = 50



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.
y of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Ahmad Rifai Hasibuan lahir pada tanggal 20 Juli 1997 merupakan anak pertama dari Suaib Hasibuan dan Tumini,S.Pd yang beralamat di Desa Sinonoan, Kecamatan Siabu, Kabupaten Mandailing Natal, Provinsi Sumatera Utara. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SD Negeri 142556 Siabu pada tahun 2003-2009 dan melanjutkan pendidikan di MTS Negeri 1 Siabu pada tahun 2009-2012. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMK Negeri 3 Panyabungan pada tahun 2012-2015. Kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dengan mengambil Program Studi Teknik Elektro konsentrasi Elektronika Instrumentasi dengan penelitian Tugas Akhir yang berjudul **" Perancangan LQR-PID untuk Mengendalikan Level Sistem Knock Out Gas Drum pada Pengolahan Liqufied Natural Gas"**

No HP : 0822-7453-7780

E-Mail : ahd.rifai21@gmail.com

© 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.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU