DESAIN SISTEM KENDALI LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN (LQG) UNTUK PENGENDALIAN WEB TENSION PADA SISTEM REWINDER ROLL

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 :

DIMAS M. PAMUNGKAS

11655103504

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2023

© 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 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

DESAIN SISTEM KENDALI *LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN* (LQG) UNTUK PENGENDALIAN *WEB TENSION* PADA *SISTEM REWINDER ROLL*

TUGAS AKHIR

oleh:

DIMAS M PAMUNGKAS
11655103504

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 04 Juli 2022

Ketua Program Studi Teknik Elektro	Pembimbing I
	Digitally signed by Halim Mudia Tanggal: 05 Agustus 2022
Dr. Zulfatri Aini, ST, M.T	**Halim Mudia,ST.,M.T**
NIP. 19721021 200604 2 001	**NIK. 130517053**

an 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 PENGESAHAN

DESAIN SISTEM KENDALI *LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN* (LQG) UNTUK PENGENDALIAN *WEB TENSION* PADA SISTEM *REWINDER ROLL*

TUGAS AKHIR

oleh:

DIMAS M PAMUNGKAS
11655103504

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 04 Juli 2022

Pekanbaru, 04 Juli 2022

Mengesahkan,

Dekan	Ketua Program Studi Teknik Elektro
Dr. Drs. Hartono.,M.Pd.	**Dr. Zulfatri Aini, ST, MT**
NIP. 19640301 199203 1 003	**NIP. 19721021 200604 2 001**

DEWAN PENGUJI :

Ketua	**:Dr. Zulfatri Aini, ST., M.T**	
Sekretaris	**:Halim Mudia,ST.,M.T**	Digitally signed by Halim Mudia Tanggal: 05 Agustus 2022
Anggota I	**:Ahmad Faizal,ST.,M.T**	Digitally signed by Ahmad Faizal Tanggal: 2022.08.05 14:03:11 WIB
Anggota II	**:Aulia Ullah,ST.,M.Eng**	Digitally signed by Aulia Ullah Date: 2022.08.05 14:21:31

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

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama	: Dimas M Pamungkas
NIM	: 11655103504
Tempat/ Tgl. Lahir	: Dari/ 20 Desember 1997
Fakultas/Pascasarjana	: Sains dan Teknologi
Prodi	: Teknik Elektro

Judul ~~Disertasi/Thesis/~~Skripsi/~~Proposal/Karya Ilmiah lainnya~~* :

DESAIN SISTEM KENDALI LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN (LQG) UNTUK PENGENDALIAN WEB TENSION PADA SISTEM REWINDER ROLL

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

1. Penulisan ~~Disertasi/Thesis/~~Skripsi/~~Proposal/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 disebarkan sebenarnya.
3. Oleh karena itu ~~Disertasi/Thesis/~~Skripsi/~~Proposal/Karya Ilmiah lainnya~~* saya ini, saya nyatakan bebas dan plagiat.
4. Apa bila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan ~~Disertasi/Thesis/~~Skripsi/~~Proposal/Karya Ilmiah lainnya~~* saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

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

Pekanbaru, 25 Januari 2023
Yang membuat pernyataan

Dimas M Pamungkas
NIM : 11655103504

**Pilih Salah Satu Sesuai Jenis Karya Tulis*

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.
an Syarif Kasim Riau

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

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

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

© Hak cipta 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 PERNYATAAN

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

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

Pekanbaru, 04 Juli 2022

Yang membuat pernyataan,

DIMAS M PAMUNGKAS
NIM. 11655103504

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.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang

Barang siapa Yang 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 dan seluruh keluarga besar teknik elektro UIN SUSKA RIAU 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)

| Dimas M Pamungkas |

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

DESAIN SISTEM KENDALI LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN (LQG) UNTUK PENGENDALIAN WEB TENSION PADA SISTEM REWINDER ROLL

DIMAS M PAMUNGKAS

NIM : 11655103504

Tanggal Sidang : 04 Juli 2022

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

ABSTRAK

Tingginya jumlah permintaan kertas membuat suatu industri kertas harus memperhatikan setiap proses yang terjadi dalam pembuatan kertas karena apabila tidak diperhatikan dengan benar, maka dapat memberikan dampak seperti rusaknya produk sehingga menyebabkan kerugian pada industri tersebut. Salah satu kecacatan produksi kertas yang terjadi yaitu *telescoping* atau gulungan kertas pada sisi sebelah kiri dan kanannya tidak rata yang disebabkan oleh pengendalian *web tension* yang tidak dikontrol dengan baik pada proses produksi yang terjadi di *rewinder roll*. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, pengendalian web tension memiliki masalah lambat dalam mencapai *setpoint*, osilasi dan *overshoot*. Sedangkan performansi pengendalian *web tension* mensyaratkan pengendalian yang *smooth*, respon relatif cepat dan *error steady state* yang kecil serta tahan terhadap gangguan. Oleh karena itu untuk mencapai ketahanan sistem, diperlukan pengendali yang memiliki kemampuan dalam mempercepat respon waktu, meminimalisir *overshoot*, serta dapat meminimalisir gangguan yang terjadi salah satunya yaitu pengendali LQG (*Linear Quadratic Gaussian).* Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Pengendali LQG mampu menghasilkan performansi yang lebih baik dimana didapatkan nilai-nilai parameter adalah Ess=0 N,tr=0.1288 detik, ts=0.1594 detik, td=0.0586 detik, Mp=0.54 %

Kata Kunci : LQG, *Rewinder, Roll, Tension, Web*

Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA 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 UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

DESIGN OF CONTROL SYSTEM LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN (LQG) FOR WEB TENSION CONTROL ON REWINDER ROLL SYSTEM

DIMAS M PAMUNGKAS

Student Number : 11655103504

Date of Final Exam : 04 July 2022

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

ABSTRACT

The high demand for paper makes a paper industry must pay attention to every process that occurs in paper making because if it is not considered properly, it can have an impact such as product damage, causing losses to the industry. One of the paper productions that occur is telescoping or the paper rolls on the left and right sides are uneven due to web tension control that is not properly controlled in the production process that occurs in the roll. Based on several studies that have been conducted, web tension control has slow problems in reaching setpoint, oscillation and overshoot. While the web tension control performance requires smooth control, relatively fast response and small steady state error and resistance to disturbances. Therefore, to overcome the resilience of the system, a controller is needed that has the ability to speed up response time, minimize overshoot, and can minimize disturbances, one of which is the LQG (Linear Quadratic Gaussian) controller. The results of this study indicate that the LQG controller is able to produce better performance where the parameter values obtained are Ess = 0 N, tr = 0.1288 seconds, ts = 0.1594 seconds, td = 0.0586 seconds, Mp = 0, 54%

Key Word : LQG, *Rewinder, Roll, Tension, Web*

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

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**"DESAIN SISTEM KENDALI LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN (LQG) UNTUK PENGENDALIAN WEB TENSION PADA SISTEM REWINDER ROLL".**

Melalui proses bimbingan dan pengarahan yang disumbangkan oleh orang-orang yang berpengetahuan, dorongan, motivasi, dan juga do'a 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. Bapak, ibu, Kakak, Abang dan Adik-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. Khairunnas Firdaus, M.Ag selaku rektor UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
3. Bapak Dr. Drs. Hartono, B.A., 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.
5. Bapak Sutoyo, S.T., M.T selaku sekretaris jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau.
6. Bapak Halim Mudia, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan

penjelasan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis menjadi lebih mengerti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Bapak Aulia Ullah, S.T., M.Eng dan Bapak Ahmad Faizal, S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.
8. Bapak Dr. Alex Wenda, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Akademik selama perkuliahan penulis dari semester 1 hingga akhir semester.
9. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Aulia Rahma Jumardi, S.T, yang telah meluangkan banyak waktunya untuk membantu penulis dalam mengerjakan tugas akhir serta banyak memberi masukan dan motivasi untuk penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Teman SMA yang telah memberikan banyak dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Garundang, Instrumen 2016 serta teman-teman angkatan 2016 lainnya yang juga telah memberikan banyak dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini

Semoga bantuan yang telah diberikan baik moril maupun materil mendapat balasan pahala dari Allah SWT, dan sebuah harapan dari penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca semua pada umumnya.

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, 04 Juli 2022

Penulis,

Dimas M Pamungkas

NIM. 11655103504

© 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.

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PERSETUJUAN ..... Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN ..... **i**
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL ..... **ii**
LEMBAR PERNYATAAN ..... **v**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **vi**
ABSTRAK ..... **vii**
ABSTRACT ..... **viii**
KATA PENGANTAR ..... **ix**
DAFTAR ISI ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**
DAFTAR TABEL ..... **xiv**
DAFTAR RUMUS ..... **xv**
DAFTAR LAMBANG ..... **xvii**
DAFTAR SINGKATAN ..... **xviii**
BAB I PENDAHULUAN **I-1**
1.1. Latar Belakang I-1
1.2. Rumusan Masalah I-4
1.3. Tujuan Penelitian I-5
1.4. Batasan Masalah I-5
1.5. Manfaat Penelitian I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **II-1**
2.1. Penelitian Terkait II-1
2.2. Landasan Teori II-3
2.2.1. *Rewinder Roll* II-3
2.2.2. Permodelan Dinamika *Web Tension* II-5
2.3. Identifikasi Sistem II-9
2.4. Sistem Kendali II-10
2.4.1. Pengendali Optimal *Linear Quadratic Gaussian (LQG)* II-11
2.4.2. Persamaan State Space untuk Linear Quadratic Gaussian (LQG) II-13
2.5. Kriteria Integral Menggunakan Integral of Absolute Error (IAE) II-15
2.6. MATLAB II-15

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 METODE PENELITIAN **III-1**
3.1. Proses Alur Penelitian III-1
3.2. Tahapan Penelitian III-2
3.3. Perubahan Pemodelan Matematis Ke Fungsi Transfer III-3
3.4. Verifikasi Pemodelan Matematis III-3
3.5. Skenario Penelitian III-5
3.6. Perancangan Pengendali *Linear Quadratic Gaussian* III-5
3.6.1. Memasukkan *Transfer Function* ke dalam Pengendali LQG III-6
3.6.2. Perancangan Pengendali LQG dengan Adanya Gangguan III-9
3.7. Hasil Data Penelitian yang Akan Diambil III-9
3.7.1. Grafik dari Setiap Pengujian Sistem III-9
3.7.2. Respon Transient Sistem dari Setiap Pengujian III-11
BAB IV HASIL DAN ANALISA **IV-12**
4.1. Gambaran Umum Pengujian IV-12
4.2. Hasil dan Analisa Simulasi *Web Tension* Secara *Open Loop* IV-12
4.3. Hasil Dan Analisa Simulasi *Web Tension* Menggunakan Pengendali *Linear Quadratic Gaussian* (LQG) IV-15
4.4. Hasil Dan Analisa Simulasi Sistem Rewinder Roll dengan Pengendali LQG Dalam Mengatasi Gangguan IV-21
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN **V-1**
5.1 Kesimpulan V-1
5.2 Saran V-1
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

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**

Gambar 2.1 *Rewinder Roll* II-3
Gambar 2.2 *Telescoping* (a) *Wrinkle* (b) II-3
Gambar 2.3 *Web Tension Converting System* II-4
Gambar 2.4 Skema *Rewinder Roll* II-4
Gambar 2.5 Diagram Blok *Web Tension* II-8
Gambar 2.6 Respon Sistem Orde Dua II-9
Gambar 2.7 Diagram Blok LQG II-12
Gambar 2.8 Ikon Matlab II-16
Gambar 2.9 Tampilan Model Simulink pada Matlab II-16
Gambar 2.10 Kotak Dialog *Simulink Library* II-17
Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian III-1
Gambar 3.2 Diagram blok *open loop Rewinder Roll* III-4
Gambar 3.3 Subsistem blok *Rewinder Roll* III-4
Gambar 3.4 Respon Sistem *Rewinder Roll* secara *Open Loop* III-4
Gambar 3.5 Tampilan Program M-File Sistem *Rewinder Roll* Menggunakan Pengendali LQG III-8
Gambar 3.6 Blok *Simulink* Pengendali LQG III-8
Gambar 3.7 Blok *Simulink* Pengendali LQG dengan adanya gangguan III-9
Gambar 3.8 Contoh Pengujian Secara Simulasi III-10
Gambar 3.9 Contoh Menjalankan Simulasi III-10
Gambar 3.10 Contoh Menampilkan Grafik Keluaran Sistem III-10
Gambar 3.11 Contoh Tampilan Grafik Pada Scope III-11
Gambar 4.1 Respon Simulasi Sistem Secara *Open Loop* IV-13
Gambar 4.2 Grafik Keluaran Sistem *Rewinder Roll* Menggunakan Pengendali LQG IV-19
Gambar 4.3 Grafik Keluaran Sistem *Rewinder Roll* Menggunakan Pengendali LQG dengan Adanya Gangguan IV-21

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
UIN SUSKA RIAU

DAFTAR TABEL

Tabel **Halaman**

Tabel 2.1 Parameter *Web Tension* pada *Rewinder Roll* II-9
Tabel 4.1 Respons Transient *Web Tension* Sistem *Rewinder Roll* Secara *Open Loop* ..IV-14
Tabel 4.2 Percobaan Metode *Trial and Error* dengan Analisa IAE Pengendali LQG...IV-15
Tabel 4.3 Respon Transient Sistem *Rewinder Roll* dengan Pengendali LQG.....IV-20
Tabel 4.4 Respon Transient Sistem *Rewinder Roll* Pengendali LQG dengan Adanya Gangguan.....IV-23

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

2.1 Kepadatan Kertas
2.2 Permodelan Dinamika dari Kertas
2.3 Hukum Elastisitas dan Persamaan Ketegangan pada *Plant*
2.4 *Strain*/Regangan dan Kontinuitas Massa
2.5 Karakteristik Dinamika Tension
2.6 Penurunan Rumus Dinamika Tension
2.7 Persamaan Laplace Dinamika Tension
2.8 Hukum Newton Kedua Persamaan *Rewinder*
2.9 Torsi Gesek Viskos
2.10 Penurunan Rumus Dinamika Torsi
2.11 Hubungan Antara Kecepatan Sudut Putar dan Percepatan Sudut Putar
2.12 Persamaan Torsi Yang Dihasilkan Motor
2.13 Persamaan Laplace Dinamika Torsi
2.14 Fungsi Transfer Orde Kedua Plant
2.15 *Overshoot* Maksimum
2.16 Model *state space*
2.17 Indeks Performansi Variansi
2.18 Harga Penguat Regulator
2.19 Persamaan Ricatti
2.20 Sinyal Kendali (u)
2.21 *Cost Function*
2.22 *Filter Kalman*
2.23 Penguatan Filter Kalman Pada Estimator
2.24 Matrik *P* Diperoleh dari Persamaan *Riccati*
2.25 Fungsi Alih Orde Dua
2.26 Persamaan Differensial Orde Dua
2.27 Bentuk Standard Persamaan Differensial
2.28 Bentuk Standard Persamaan β_n
2.29 Persamaan β
2.30 Bentuk Standard Persamaan x_n

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.

2.31 Persamaan x_1
2.32 Persamaan x_1
2.33 Bentuk Standard Persamaan $\dot{x}_n$
2.34 Persamaan $\dot{x}_1$
2.35 Persamaan $\dot{x}_2$
2.36 Matriks Output (State Space)
2.37 Matriks Output y
2.38 Kriteria IAE
3.1 Fungsi Alih Rewinder Roll
3.2 Transfer Function Rewinder Roll
3.3 Persamaan Differensial Rewinder Roll
3.4 Persamaan x_2 Rewinder Roll
3.5 Persamaan $\dot{x}_2$ Rewinder Roll
3.6 Matriks $\dot{x}_{1,2}$ Rewinder Roll
3.7 Matriks y Rewinder Roll
3.8 Matriks A
3.9 Matriks B
3.10 Matriks C
3.11 Matriks D

© 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.

DAFTAR LAMBANG

ρ : Resistivitas
A : Luas Permukaan pada Lembaran Kertas
L : Panjang Kertas
V : Kecepatan
σ : Tegangan pada *Web tension*
ε : Regangan pada *Web tension*
L : Panjang Antara Lead Roll dan Rewinder Roll
E : Modulus Elastisitas Young pada Kertas
A : Luas Melintang Kertas
V : Kecepatan Kertas pada Rewinder Roll
V1 : Kecepatan Kertas pada Lead Roll
C : Modulus Redaman Kertas
α : Percepatan Rotasi
J : Konstanta Inersia
τ : Momen Putar atau Torsi
ω : Kecepatan Rotasi
B : Koefisien Gesek
τ_b : Momen Putar atau Torsi gesek
D : Diameter Rewinder Roll
GR : Gear Ratio
u : Sinyal Kendali Input
y : Output Proses
w : Gangguan Proses
v : Gangguan Pengukuran (White Noise)
A : Matriks Plant
B : Matriks Kendali Input
C : Matriks Pengukuran
K : penguatan Umpan Balik (Regulator)
K_f : Penguatan Filter Kalman

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

LQG : *Linear Quadratic Gaussian*

MATLAB : Matriks *Laboratory*

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 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
UIN SUSKA RIAU

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri kertas merupakan salah satu sektor unggulan di Indonesia yang terus dipacu pengembangannya karena memiliki ketersediaan bahan baku dan pasar domestik yang cukup besar serta didukung dengan penerapan teknologi canggih [1]. Hal ini juga didukung dengan jumlah kebutuhan akan kertas yang semakin meningkat sehingga menyebabkan pertumbuhan industri kertas mengalami pertumbuhan yang pesat baik di Indonesia maupun di dunia [2].Walaupun pada zaman sekarang ini sudah banyak tersedia media online atau media digital sebagai pengganti kertas untuk media baca namun, pada kenyataannya hal ini tidak menghambat perkembangan industri kertas karena berdasarkan hasil survei membaca buku lebih nyaman dalam bentuk media cetak atau kertas dibandingkan menggunakan smartphone atau media digital lainnya [3]. Dari segi permintaan produksi kertas itu sendiri di Indonesia menempati peringkat kesembilan untuk produsen pulp dengan jumlah 4.55 juta ton dan peringkat keenam untuk produsen kertas dengan jumlah 7.98 juta ton kertas [2]. Dengan demikian hal tersebut membuktikan bahwa hingga saat ini manusia masih banyak membutuhkan kertas dalam berbagai keperluan.

Untuk menunjang tingginya jumlah permintaan kertas tersebut suatu industri kertas harus memperhatikan setiap proses yang terjadi dalam pembuatan kertas karena apabila tidak diperhatikan dengan benar, maka dapat memberikan dampak seperti rusaknya produk atau produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan kebutuhan *costumer*, sehingga menyebabkan kerugian pada industri tersebut. Untuk menghindari hal tersebut maka suatu industri kertas harus memperhatikan setiap proses produksi yang terjadi dengan melakukan pengendalian kualitas, yaitu memastikan setiap proses berjalan denganbenar [4].

Dalam pengendalian kualitas kertas salah satu kecacatan kualitas produk yaitu *telescoping*. *Telescoping* merupakan kecacatan produksi dimana gulungan kertas pada sisi sebelah kiri dan kanannya tidak rata [5]. Jika hal ini tidak dikendalikan dengan benar maka kecacatan ini bisa menyebabkan potongan ukuran kertas menjadi tidak sesuai dengan ukuran yang diinginkan *costumer*. Hal ini tentu dapat memberikan dampak buruk bagi industri tersebut. Kecacatan produksi *Telescoping* ini terjadi karena kurang akuratnya pengendalian *web tension* pada proses penggulungan kertas sistem rewinder roll sehingga menyebabkan hasil gulungan pada sisi sebelah kiri dan kanan kertas menjadi tidak rata [5].

Oleh karena itu, penting untuk memastikan proses yang terjadi pada sistem *rewinder roll* ini berjalan dengan baik.

Rewinder roll merupakan mesin penggulung kertas dimana penggulungan kertas pada sistem ini terjadi ketika gulungan besar (*jumbo roll*) ditarik kembali dan di potong dengan diameter gulungan lebih kecil dan digulung di *rewinder roll*[6]. Pada proses penggulungan kertas di *rewinder roll* inilah yang rentan terjadinya telescoping atau gulungan tidak rata. Beberapa sumber lain juga mengatakan bahwa kecacatan pada proses penggulungan kertas ini juga bisa berupa *wrinkle* atau kertas keriput [7]. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian *web tension* untuk mengatur ketegangan kertas pada proses penggulungan agar permukaan kertas ketika digulung menjadi rata dan hasil gulungan kertas menjadi padat. Kontrol ketegangan yang tepat memungkinan proses berjalan pada kecepatan yang tinggi tanpa harus mengorbankan kualitas produk [8].

Pada zaman dahulu, untuk memperkirakan ketegangan kertas operator menggunakan tangan dan membuat penyesuaian manual untuk proses ketegangan kertas. Proses ini membutuhkan 100% intervensi operator. Karena ini merupakan proses manual maka membutuhkan waktu yang relatif lama dan sebagai hasilnya banyak produk yang diproduksi terbuang serta operator yang berbeda memiliki pendapat yang berbeda pula tentang ketegangan kertas yang terasa sesuai. Hal ini menyebabkan kualitas produk yang tidak sesuai dan tidak konsisten[8].

Seiring perkembangan zaman ditemukan metode yang lebih baik dalam pengendalian *web tension* yaitu dengan menggunakan transduser yang digunakan bersama dengan pengendali dan aktuator untuk secara otomatis mengukur dan menyesuaikan ketegangan kertas. Transduser digunakan untuk mengukur ketegangan kertas dan terhubung ke perangkat yang menampilkan nilai ketegangan kertas dan secara otomatis akan melakukan tindakan korektif terhadap nilai ketegangan kertas untuk memastikan bahwa nilai ketegangan kertas yang diinginkan sesuai [8]. Oleh karena itu, pada pengendalian *web tension* memang diperlukan sebuah pengendali untuk mengendalikan ketegangan kertas agar pada saat proses penggulungan kertas pada sistem *rewinder roll* memiliki nilai ketegangan yang konstan.

Beberapa penelitian mengenai *web tension* telah dilakukan dengan menggunakan berbagai macam pengendali salah satunya yaitu pengendalian *web tension* menggunakan logika *fuzzy*, pada penelitian ini logika *fuzzy* dirancang agar proses pengendalian *web tension* dapat mencapai kendali posisi yang akurat. Berdasarkan hasil penelitian, grafik

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.

karakteristik yang dihasilkan menunjukkan sistem berhasil mencapai *setpoint* yang diberikan tetapi membutuhkan waktu yang cukup lama [9].

Penelitian selajutnya yaitu pengendalian *web tension* menggunakan kendali *neural fuzzy approximator* untuk *gain scheduling* pada sistem kendali *web handling*. Berdasarkan hasil penelitian, sistem dapat mencapai nilai *steady state* dalam waktu sekitar 6 detik pada saat diberikan *setpoint* sebesar 0,1 dan 0,2 pada *gain scheduling* akan tetapi masih terdapat osilasi pada sistem tersebut [10].

Kemudian penelitian *web tension* menggunakan kendali *robust* PID. Penelitian ini melakukan perbandingan antara pengendalian *web tension* menggunakan kendali *robust* PID dengan pengendali konvensional. Hasil penelitian menyatakan bahwa pengendali *robust* PID lebih baik daripada pengendali PID konvensional. Namun, pada pengendali *robust* PID masih terdapat *overshoot* pada sistem [11].

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, pengendalian web tension memiliki masalah lambat dalam mencapai *setpoint*, osilasi dan *overshoot*. Sedangkan performansi pengendalian *web tension* mensyaratkan pengendalian yang *smooth*, respon relatif cepat dan *error steady state* yang kecil [9], serta studi literatur lainnya juga mengatakan bahwa pengendalian *web tension* ini tidaklah mudah karena memiliki variasi model serta rentan terhadap gangguan[12]. Oleh karena itu untuk mencapai ketahanan sistem, diperlukan pengendali yang memiliki kemampuan dalam mempercepat respon waktu, meminimalisir *overshoot*, dapat mempertahankan *setpoint*, serta dapat meminimalisir gangguan yang terjadi secara optimal salah satunya yaitu pengendali LQG (*Linear Quadratic Gaussian).*

LQG merupakan penambahan pengendali LQR (*Linear Quadratic Regulator*) dengan estimator yang optimal berupa suatu filter yang biasa disebut dengan *Kalman Filter*. Fungsi dari Kalman filter sendiri adalah untuk menyaring *noise* atau gangguan dalam bentuk sinyal *Gaussian*. Maka dari itu sejak tahun 1970, konsep pengendali tersebut diberi nama dengan *Linear Quadratic Gaussian* (LQG) artinya pengendali LQG memang dirancang untuk mengatasi gangguan atau *noise* yang terdapat pada sistem, karena dilengkapi dengan filter [13].

Pemilihan pengendali optimal LQG didasari pada kemampuannya yang dapat mempercepat respon waktu, meminimalisir overshoot, dan dapat mempertahankan setpoint, serta dapat mengatasi permasalahan gangguan karena adanya Kalman Filter. Hal ini dibuktikan pada beberapa penelitian yang menggunakan pengendali LQG diantaranya

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.

pengendalian posisi *Magnetic Levitation Ball* menggunakan pengendaliLQG. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai performansi dari *Integral Absolute Error* (IAE) minimum sebesar $4.161e^{-005}$ dan respon waktu menuju daerah stabil tercapai dengan cepat pada detik ke 0.045 dan respon sistem untuk mencapai *setpoint* pada detik 0.033 detik, serta pada saat diberikan gangguan *Gaussian*, nilai tetap stabil walaupun terdapat *Ess* sebesar 0.0222 detik yang terjadi pada detik ke-2. Namun, *Ess* yang terjadi masih dalam batas toleransi [14].

Penelitian lainnya ada juga yang membahas keunggulan dari pengendali LQG. Yaitu penelitian sistem kendali dan navigasi wahana bawah air tanpa awak dimana hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengendali LQG mampu mengurangi overshoot dan mampu memperbaiki *error steady state* serta controller yang di rancang juga mampu mencapai setpoint dalam waktu yang relatif cepat[15]. Penelitian lainnya yang menggunakan pengendali LQG juga menunjukkan hasil keluaran respon sistem yang baik dimana tidak adanya overshoot serta sistem yang tidak terpengaruh karena adanya gangguan dari noise sensor[16]. Selanjutnya penelitian lainnya yang menggunakan pengendali LQG juga menujukan hasil bahwa sistem dengan pengendali LQG dapat mengembalikan hasil keluaran menuju *setpoint* setelah sistem mendapat gangguan. Hal ini terjadi disebabkan karna pengendali LQG memiliki filter kalman yang mampu mengestimasi gangguan proses dan gangguan pengukuran [17].

Berdasarkan uraian diatas dengan keunggulan pengendali LQG yang dapat menjaga kestabilan sistem terhadap gangguan dan menghasilkan nilai keluaran yang optimal, maka pada penelitian ini akan dirancang pengendali LQG untuk pengendalian *web tension* pada sistem *rewinder roll* dengan judul tugas akhir **"Desain Sistem Kendali Menggunakan Pengendali *Linear Quadratic Gaussian* (LQG) Untuk Pengendalian *Web Tension* Pada Sistem *Rewinder Roll*".**

1.2. Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah

1. Apakah pengendali LQG mampu menghasilkan respon sistem yang lebih baik pada pengendalian *web tension* sistem *rewinder roll* dalam mencapai *setpoint* pada saat disimulasikan?
2. Bagaimana performansi pengendalian *web tension* pada sistem *rewinder roll* menggunakan pengendali LQG?

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. Apakah pengendali LQG pada sistem *rewinder roll* mampu menjaga kestabilan sistem ketika diberikan gangguan?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Merancang pengendali LQG agar mampu menghasilkan respon sistem yang lebih baik pada pengendalian *web tension* sistem *rewinder roll* dalam mencapai *setpoint.*
2. Mengetahui performansi pengendalian *web tension* pada sistem *rewinder roll* menggunakan pengendali LQG.
3. Mengetahui ketahanan pengendali LQG pada sistem *rewinder roll* ketika di berikan gangguan.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan dalam penelitian tugas akhir ini agar pembahasan tidak terlalu luas, oleh karena itu peneliti membatasi masalah sebagai berikut :

1. Permodelan sistem pengendalian web tension yang digunakan berdasarkan penelitian sebelumnya [11].
2. Penentuan matriks R,Rf dan Q,Qf menggunakan metode *trial and error*.
3. Mengunakan *software* MATLAB untuk melakukan simulasi.
4. Hanya membahas kualitas produk pada saat proses pengendalian *web tension.*
5. Tidak membahas hardware.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu :

1. Menghasilkan sebuah rancangan sistem kendali yang menggunakan pengendali LQG untuk pengendalian *web tension*.
2. Dapat dijadikan referensi dalam mengaplikasikan sistem kendali di industri, serta dapat memberikan kemudahan dalam penyelesaian permasalahan umum yang terjadi pada proses pengendalian *web tension.*
3. Dapat dijadikan referensi untuk 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 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
UIN SUSKA RIAU

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Pada penelitian Tugas Akhir ini dilakukan studi literatur yang merupakan pencarian teori serta referensi yang relevan dengan masalah yang akan diselesaikan. Beberapa penelitian terkait tersebut adalah sebagai berikut.

Penelitian mengenai *web tension* menggunakan logika *fuzzy*. Pada penelitian ini logika *fuzzy* dirancang agar proses *web tension* dapat mencapai kendali posisi yang akurat. Berdasarkan hasil penelitiandengan nilai setpoint sebesar 5 N, sistem kendali ini dapat mencapai setpoint tersebut dalam waktu 12,255 detik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem berhasil mencapai *setpoint* yang diberikan akan tetapi waktu yang dibutuhkan cukup lama [9].

Penelitian selajutnya yaitu pengendalian *web tension* menggunakan kendali *neural fuzzy approximator* untuk *gain scheduling* pada sistem kendali *web handling.* Berdasarkan hasil penelitian, grafik simulasi menunjukkan bahwa pada saat diberikan *setpoint* sebesar 0,1 dan 0,2 pada *gain scheduling*, sistem dapat mencapai nilai *steady state* dalam waktu sekitar 6 detik. Penelitian ini menunjukkan sistem mencapai setpoint dalam waktu yang lebih cepatdibandingkan dengan penelitian menggunakan pengendali logika *fuzzy* akan tetapi masih terdapat osilasi pada sistem tersebut [10].

Kemudian penelitian pengendalian *web tension* menggunakan kendali *Robust* PID. Penelitian ini membandingkan pengendalian web tension menggunakan kendali *robust* PID dengan pengendali konvensional dimana perbandingan performansi pengendali PID konvensional dengan nilai settling time 0.2 detik, maximum overshoot 27.54%, Ess 0% dan indeks ITAE 0.138 dan pengendalli robust PID dengan nilai settling time 0.2 detik, maximum overshoot 1.744%, Ess 0% dan indeks ITAE 0.084. Hasil perbandingan performansi sistem ini menunjukkan bahwa pengendali robust PID lebih baik daripada pengendali PID konvensional. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa sistem dapat mencapai setpoint dalam waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan penelitian menggunakan pengendali logika *fuzzy* dan kendali *neural fuzzy approximator.* Namun, walaupun demikian pada penelitian ini masih terdapat kekurangan yaitu masih memiliki *overshoot* sebesar 1.744%[11].

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan *web tension* digambarkan bahwa pengendalian web tension membutuhkan sebuah pengendali yang dapat mempercepat respon waktu, meminimalisir *overshoot*, dan dapat mempertahankan *setpoint*. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar diharapkan menghasilkan respon sistem yang lebih baik.

Pada penelitian menggunakan pengendali LQG yaitu pengendalian posisi *Magnetic Levitation Ball* menghasilkan Hasil penelitian dimana nilai performansi dari *Integral Absolute Error* (IAE) minimum sebesar $4.161e^{-005}$ dan respon waktu menuju daerah stabil tercapai dengan cepat pada detik ke 0.045 dan respon sistem untuk mencapai *setpoint* pada detik 0.033 detik. Pada saat diberikan gangguan *Gaussian*, nilai tetap stabil walaupun terdapat *Ess* sebesar 0.0222 detik yang terjadi pada detik ke-2. Namun, *Ess* yang terjadi masih dalam batas toleransi [14].

Penelitian lainnya yang menggunakan pengendali LQG yaitu penelitian sistem kendali dan navigasi wahana bawah air tanpa awak dimana hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengendali LQG mampu mengurangi overshoot dan mampu memperbaiki *error steady state* serta controller yang di rancang juga mampu mencapai setpoint dalam waktu yang relatif cepat[15]. Penelitian lainnya yang menggunakan pengendali LQG juga menunjukkan hasil keluaran respon sistem yang baik dimana tidak adanya overshoot serta sistem yang tidak terpengaruh karena adanya gangguan dari noise sensor[16]. Selanjutnya penelitian lainnya yang menggunakan pengendali LQG juga menujukan hasil bahwa sistem dengan pengendali LQG dapat mengembalikan hasil keluaran menuju *setpoint* setelah sistem mendapat gangguan. Hal ini terjadi disebabkan karna pengendali LQG memiliki filter kalman yang mampu mengestimasi gangguan proses dan gangguan pengukuran [17].

Berdasarkan beberapa penelitian terkait yang telah di lakukan peneliti sebelumnya menunjukkan penelitian pengendalian *web tension* pada sistem *rewinder roll* belum menunjukkan hasil yang maksimal karna masih memiliki osilasi, *overshoot* dan lambat dalam mencapai *setpoint* serta rentannya sistem *rewinder roll* ini terhadap gangguan. Oleh karena itu, dipilih pengendali LQG pada penelitian ini yang mana dilihat dari kelebihan pengendali LQG ketika disimulasikan pada beberapa plant yang berbeda diharapkan pengendali LQG pada pengendalian *web tension* ini dapat menghasilkan respon sistem yang lebih baik dibandingkan penelitian *web tension* sebelumnya.

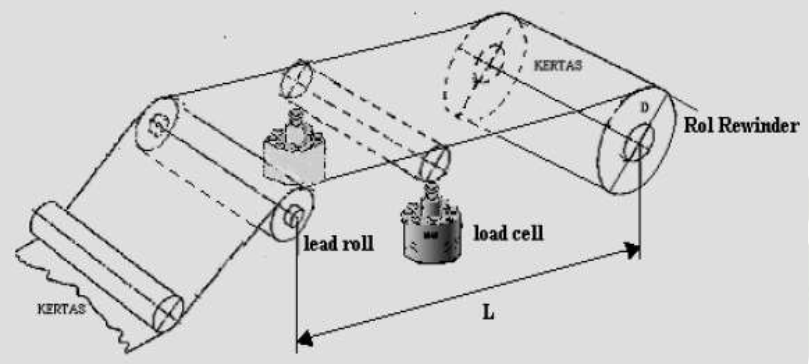
UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan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

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

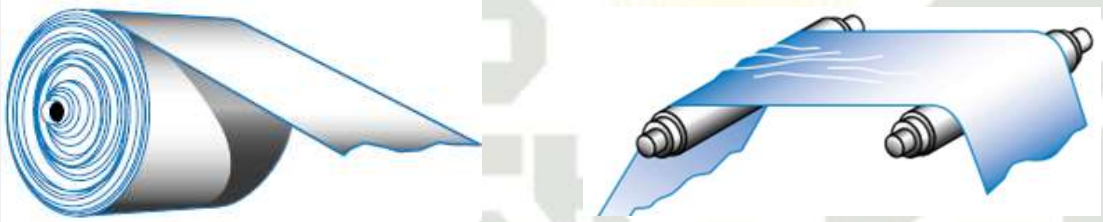
2.2. Landasan Teori

2.2.1. *Rewinder Roll*

Rewinder roll merupakan mesin penggulung kertas dimana penggulungan kertas pada sistem ini terjadi ketika gulungan besar (*jumbo roll*) ditarik kembali dan di potong dengan diameter gulungan lebih kecil dan di gulung di *rewinder roll*[6].



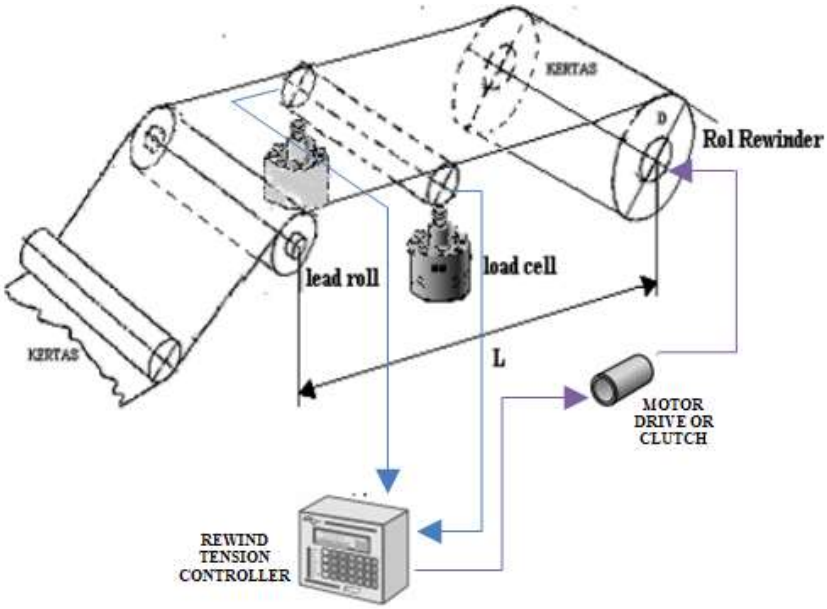
Gambar 2.1 *Rewinder Roll* [11]



(a) (b)

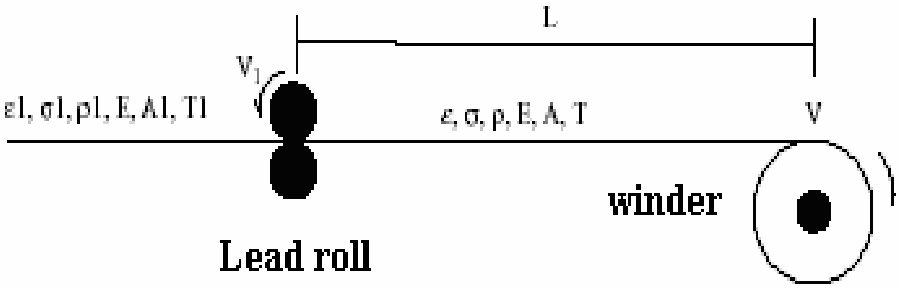
Gambar 2.2 *Telescoping* (a) *Wrinkle* (b) [8]

Pada proses penggulungan kertas di *rewinder roll* inilah yang rentan terjadinya kecacatan produksi kertas seperti telescoping atau gulungan tidak rata. Beberapa sumber lain juga mengatakan kecacatan pada proses penggulungan kertas ini juga bisa berupa wrinkle atau kertas keriput [7]. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian *web tension* untuk mengatur ketegangan kertas pada proses penggulungan agar permukaan kertas ketika digulung menjadi rata dan hasil gulungan kertas menjadi padat. Kontrol ketegangan yang tepat memungkinan proses berjalan pada kecepatan yang tinggi tanpa harus mengorbankan kualitas produk [8].



Gambar 2.3 *Web Tension Converting System*

Proses pengendalian tegangan kertas terjadi ketika *load cell* yang berperan sebagai *transducer* melakukan pengukuran ketegangan kertas berdasarkan beban atau gaya yang dihasilkan dari tegangan kertas dalam proses penggulungan. *Load cell* ini terhubung ke perangkat yang menampilkan nilai ketegangan kertas (*rewind tension controller*) dan secara otomatis mengontrol torsi motor pada *roll rewinder*. Operator menginputkan pengaturan tegangan yang diinginkan (titik pengaturan tegangan) dan tindakan korektif yang tepat dilakukan secara otomatis dengan mengubah torsi motor pada *roll rewinder*. *Rewind tension controller* terus-menerus membandingkan titik pengaturan tegangan dengan tegangan aktual yang diukur oleh *load cell* dan secara otomatis mengambil tindakan korektif untuk memastikan bahwa nilai ketegangan kertas sesuai dengan yang diinginkan [8].



Gambar 2.4 Skema *Rewinder Roll* [11]

© 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.

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
UIN SUSKA RIAU

2.2.2. Permodelan Dinamika *Web Tension*

Pada penelitian ini dinamika sistem dimodelkan dalam bentuk*single output dan single input*dimana, torsi motor sebagai variabel manipulasi (*input*) dan *tension* sebagai variabel proses (*output*). Permodelan dinamika kertas pada penelitian ini mengasumsikan bahwa [11]:

1. Percepatan pada *lead roll* adalah konstan/tetap
2. Lebar melintang kertas adalah seragam
3. *Strain* / ε << 1
4. Kertas elastis
5. Kepadatan kertas tidak ada perubahan yaitu :

$$\rho = \rho_{u+1} \tag{2.1}$$

Permodelan dinamika dari kertas adalah sebagai berikut :

$$\frac{d}{dt}(\rho AL) = \rho_1 A_1 V_1 - \rho AV \tag{2.2}$$

Dimana :

ρ = Resistivitas

A = Luas Permukaan pada Lembaran Kertas

L = Panjang Kertas

V = Kecepatan

Persamaan 2.2 merupakan neraca massa untuk lebar kertas antara *lead roll* dan *rewinder roll*. $\frac{d}{dt}(\rho AL)$ menyatakan sebuah perubahan keseluruhan lembar kertas antara *lead roll* dan *rewinder roll* sedangkan $\rho_1 A_1 V_1 - \rho AV$ menunjukkan neraca material yang masuk ke *lead roll* dan material yang digulung pada *rewinder roll.*

Hukum elastisitas dan persamaan untuk menentukan stress/ketegangan pada *plant* sebagai berikut :

$$\sigma = E\varepsilon + C\frac{d\varepsilon}{dt},\ \sigma = \frac{T}{A} \tag{2.3}$$

Sedangkan untuk menyatakan tentang *strain*/regangan dan kontinuitas massa dinyatakan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{L - L_u}{L_u}, \rho AL = \rho_u A_u L_u \tag{2.4}$$

Untuk menentukan karakteristik dinamika tension di daerah *rewinder* maka dengan menggunakan persamaan 2.3 dan persamaan 2.4 yang di masukkan ke persamaan 2.2, maka dapat disederhanakan menjadi satu persamaan sebagai berikut :

$$L\frac{dT}{dt} = EA(V - V_1) + T_1V_1 - TV + CA\frac{d}{dt}(V - V1) \tag{2.5}$$

Dimana :

σ	=	Tegangan pada *Web Tension*
ε	=	Regangan pada *Web Tension*
L	=	Panjang Antara *Lead Roll* dan *Rewinder Roll*
E	=	Modulus Elastisitas Young pada Kertas
A	=	Luas Melintang Kertas
V	=	Kecepatan Kertas pada *Rewinder Roll*
V1	=	Kecepatan Kertas pada *Lead Roll*
C	=	Modulus Redaman Kertas

Dengan penurunan rumus sebagai berikut :

$$L\frac{dT}{dt} = EA(V - V_1) - TV_1 + CA\frac{d}{dt}(V - V1)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{EA(V - V_1) - TV_1 + CA\frac{d}{dt}(V - V1)}{L}$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{EA(V - V_1) + CA\frac{d}{dt}(V - V1) - TV_1}{L}$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{EA + CA\frac{d}{dt}}{L}(V - V_1) - \frac{TV_1}{L}$$

$$\frac{dT}{dt} + \frac{TV_1}{L} = \frac{EA + CA\frac{d}{dt}}{L}(V - V_1)$$

$$\left(\frac{d}{dt} + \frac{V_1}{L}\right)T = \frac{EA + CA\frac{d}{dt}}{L}(V - V_1) \tag{2.6}$$

Maka dari persamaan 2.6 didapatkan persamaan laplace sebagai berikut :

$$\left(s + \frac{V_1}{L}\right)T = \frac{EA + CAs}{L}(V - V_1)$$

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
UIN SUSKA RIAU

$$\frac{\frac{EA+CAs}{L}}{s+\frac{V_1}{L}} = \frac{T}{(V-V_1)}$$

$$\frac{\frac{EA}{L}+\frac{CA}{L}s}{s+\frac{V_1}{L}} = \frac{T}{(V-V_1)} \tag{2.7}$$

Persamaan 2.7 diatas mencerminkan dinamika yang domain dari daerah *rewinder* untuk disimulasikan serta dianalisa. Bagian yang dimanipulasi meliputi motor, *gearbox*, dan *roll rewinder*. Dengan menggunakan hukum Newton kedua persamaan *rewinder* adalah :

$$\sum \tau(t) = J\alpha(t) \tag{2.8}$$

Dimana :

α = Percepatan Rotasi

J = Konstanta Inersia

τ = Momen Putar atau Torsi

Gaya putar atau torsi masukan $\tau(t)$, yang diterapkan pada massa yang dapat diputar dengan inersia massa J, akan menyebabkan terjadi putaran dengan sudut putar $\theta(t)$, dengan kecepatan dan percepatan sudut putar sebesar $\omega(t)$ dan $\alpha(t)$. Adanya sifat-sifat fisik massa mekanik berputar, dapat menyebabkan timbulnya gaya-gaya putar (torsi) lawan, yaitu masing-masing torsi gesek viskos $\tau_b(t)$, dengan persamaan :

$$\tau_b(t) = B\omega(t) \tag{2.9}$$

Dimana :

ω = Kecepatan Rotasi

B = Koefisien Gesek

τ_b = Momen Putar atau Torsi gesek

Maka persamaan 2.8 dan persamaan 2.9 dapat di jabarkan sebagai berikut :

$$\sum \tau(t) = J\alpha(t)$$

$$\tau(t) - \tau_b(t) = J\alpha(t)$$

$$\tau(t) - B\omega(t) = J\alpha(t)$$

$$\tau(t) = J\alpha(t) + B\omega(t) \tag{2.10}$$

© 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.

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

selain itu hubungan antara kecepatan sudut putar $\omega(t)$ dan percepatan sudut putar $\alpha(t)$, dijabarkan dengan persamaan berikut :

$$\alpha(t) = \frac{d\omega(t)}{dt} \tag{2.11}$$

Maka dari persamaan 2.11 yang di subtitusikan ke persamaan 2.10 maka di dapatkan persamaan torsi yang dihasilkan motor yang kemudian di transfer untuk memutar beban, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\tau(t) = J\alpha(t) + B\omega(t)$$

$$\tau(t) = J\frac{d\omega(t)}{dt} + B\omega(t) \tag{2.12}$$

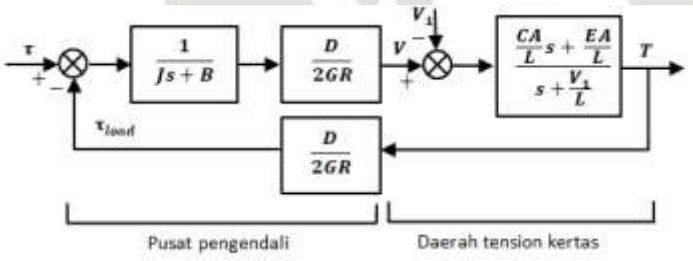
Maka dari persamaan 2.12 didapatkan persamaan laplace sebagai berikut :

$$\tau(t) = Js\omega(t) + B\omega(t)$$

$$\tau(t) = (Js + B)\omega(t)$$

$$\frac{\omega(t)}{\tau(t)} = \frac{1}{(Js+B)} \tag{2.13}$$

Berdasarkan persamaan 2.6 dan 2.13, blok diagram *web tension* dapat dilinierisasikan sebagai berikut :



Gambar 2.5 Diagram Blok*Web Tension*[9]

Berdasarkan blok diagram diatas didapatkan fungsi transfer orde kedua dalam domain-s mulai dari torsi motor sampai *tension* lembar kertas adalah sebagai berikut :

$$\frac{T}{\tau} = \frac{\frac{D}{2GR}\frac{EA}{JL}\left(\frac{C}{E}s+1\right)}{s^2+\left(\frac{B}{J}+\frac{V_1}{L}+\frac{D^2}{4GR^2}\frac{CA}{JL}\right)s+\frac{B}{J}\frac{V_1}{L}+\frac{D^2}{4GR^2}\frac{EA}{JL}} \tag{2.14}$$

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 :

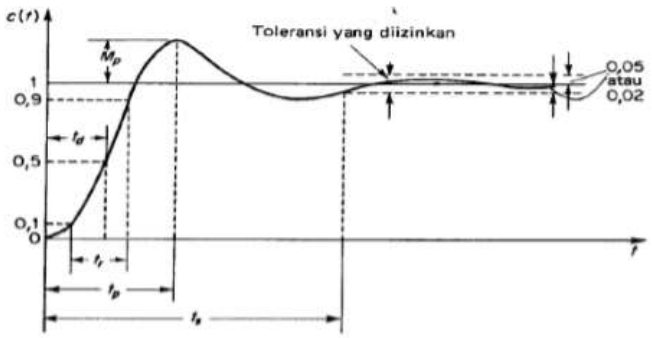
Tabel 2.1 Parameter *Web Tension* pada *Rewinder Roll*

No.	Parameter	Keterangan	Nilai
1.	D	Diameter Rewinder Roll	1.056 m
2.	GR	Gear Ratio	3
3.	E	Modulus Elastisitas Young pada Kertas	1719×10^6 N/m^2
4.	A	Luas Melintang Kertas	1.72×10^{-3}m^2
5.	J	Total Inersia pada Motor	144.967 kgm^2
6.	L	Panjang antara Lead Roll dan Rewinder Roll	5 m
7.	C	Modulus Redaman Kertas	5 N sec/m^2
8.	B	Koefisien Gesek pada Motor Penggerak	2.25×10^{-3}m/rad/sec
9.	V_1	Kecepatan Kertas Pada Lead Roll	152 m/sec

Sumber : [11]

2.3. Identifikasi Sistem

Idenfikasi sistem dilakukan berdasarkan pengamatan hasil respon sistem grafik. Dari hasil respon sistem, dapat diketahui karakteristik domain waktu dari tanggapan hasil respon sistem. Penelitian ini menggunakan identifikasi sistem orde dua yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini [18]:



Gambar 2.6 Respon Sistem Orde Dua [19]

Dengan memperlihatkan tipikal tanggapan sistem kendali maka spesifikasi domain waktu sebagai berikut: [20]

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

1. Waktu tunak atau *settling time* (ts)

   Didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan tanggapan sistem untuk mulai memasuki daerah tunak dengan persentasi tertentu dan tidak keluar lagi dari daerah tersebut. Batas waktu tunak yang biasa digunakan adalah 5% atau 2% dari nilai akhir keadaan tunaknya.

2. Waktu naik atau *rise time* (tr)

   Didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan tanggapan sistem untuk mulai bangkit 10% hingga 90% atau 5% hingga 95% dari nilai akhir keadaan tunaknya.

3. Waktu tunda atau *delay time* (td)

   Didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan hingga tanggapan sistem mencapai 50% dari nilai akhir keadaan tunaknya.

4. *Error Steady State* (Ess)

   Selisih nilai akhir dengan nilai yang diperoleh.

5. *OvershootMaksimum* (M_p)

   Titik transien tertinggi yang melampaui nilai keadaan tunaknya yang muncul dari tanggapan sistem terhadap suatu masukan. Besarnya persen *overshoot Maksimum*dinyatakan sebagai berikut :

$$M_p = \frac{c(t_p)-c(\infty)}{c(\infty)} 100\% \qquad (2.15)$$

2.4. Sistem Kendali

Sistem kendali adalah sistem yang melibatkan minimal sebuah unit pengendali (*controller unit*) yang berfungsi untuk mengatur operasi atau mengendalikan proses kerja sebuah atau lebih peralatan atau kendalian (*plant*) agar peralatan tersebut dapat bekerja sesuai dengan modus kerja yang diharapkan.[18]

Unit pengendali yang digunakan dalam sebuah sistem kendali biasanya merupakan perangkat elektronis yang mengimplementasikan sebuah algoritma kendali (*control algorithm*) atau aturan kendali (*control rule*). Perangkat elektronis tersebut akan menghasilkan sinyal atau isyarat kendali yang dapat mempengaruhi proses kerja dalam peralatan yang dikendalikan.[18]

Istilah Dasar Dalam Sitem Kendali

1. Variabel terkendali (*controlled variable*) merupakan kondisi yang diukur dan dikendalikan.

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. Variabel termanipulasi (*manipulated variable*) merupakan kuantitas atau kondisi yang diubah atau di manipulasi oleh kendali sehingga dapat mempengaruhi nilai variabel terkendali, yang biasanya merupakan keluaran sistem.
3. *Plant* merupakan sebuah peralatan yang akan dikendalikan. *Plant* dapat berupa mesin atau peralatan elektromekanis lain, berupa sebuah proses kerja atau berupa perkakas lain yang memilik fungsi-fungsi tertentu dalam sebuah industri atau peralatan rumah tangga
4. Proses merupakan prosedur atau mekanisme yang dikendalikan pada *plant*.
5. Sensor merupakan piranti yang berfungsi mengubah isyarat dalam bentuk besaran fisik ke dalam bentuk isyarat elektronis atau elektris. Proses konversi ini diperlukan karena unit pengendali yang menerima isyarat pengukuran dari sensor biasanya merupakan piranti elektronis yang hanya mampu mengolah isyarat elektris
6. Sistem merupakan semua komponen yang saling berhubungan dan memiliki tujuan tertentu.
7. *Disturbance* merupakan gangguan yang terjadi pada sistem. Gangguan ini dapat disebabkan oleh gangguan luar sistem (*eksternaldisturbance*) ataupun dari sistem itu sendiri (*internaldisturbance*).
8. Kendali Umpan Balik (*feedback control*) adalah kendali yangmembandingkan output dengan input acuan proses sehingga selisih perbedaan dapat dikendalikan dan dapat di ambil tindakan korektif secara otomatis[19].

2.4.1. Pengendali Optimal *Linear Quadratic Gaussian (LQG)*

Kendali optimal LQG merupakan pengendali modern yang dapat diimplementasikan dalam bentuk ruang dan waktu (*state space*) berfungsi untuk mendesain dinamik optimal regulator. Dimana, pada perjalanan perkembangan konsep, LQG merupakan penambahan dari pengendali LQR (*Linear Quadratic Regulator*) dengan estimator yang optimal berupa suatu filter yang biasa disebut dengan *Kalman Filter* [13].

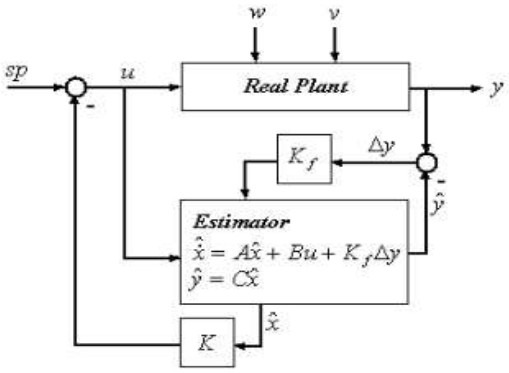
Kalman filter adalah filter untuk mengeleminasi *noise*, *noise* yang terdapat didalam LQG adalah *Gaussian white noise*. *Gaussian white noise* (*noise* yang dibangkitkan dari alam) sangat berpengaruh pada respon sistem [21]. Pada tahun 1970 diperkenalkan suatu konsep pengendali disebut *Linier Quadratic Gaussian* (LQG) dengan menggunakan konsep teori pemisahan *(separation theorem*) atau disebut juga *Certainty Equivalence*

Principle, maka dari hasil tersebut perancangan penguatan umpan balik dan filter dalam LQG dirancang secara terpisah [13].

Model *state space* :

$$\dot{x} = Ax + Bu + v(t) \tag{2.16}$$

$$y = Cx + w(t)$$



Gambar 2.7 Diagram Blok LQG [13]

Keterangan :

u = Sinyal Kendali Input

y = Output Proses

w = Gangguan Proses

v = Gangguan Pengukuran ($White\ Noise$)

A = Matriks $Plant$

B = Matriks Kendali Input

C = Matriks Pengukuran

K = Penguatan Umpan Balik ($Regulator$)

K_f = Penguatan $Filter\ Kalman$

Penerapan umpan balik optimal dapat dinyatakan dalam bentuk blok diagram. Berdasarkan gambar diatas terlihat bahwa untuk mencari sinyal kontrol optimal u diperlukan penguatan kontroler K dan penguat estimator kalman K_f yang optimal untuk menjaga sistem tetap stabil. Menurut teorema pemisahan bahwa harga K dan K_f dapat diperoleh secara terpisah. Pencarian harga K dilakukan seolah olah sistem bersifat *deterministic* yaitu karena metode LQR. Sementara itu, pencarian nilai K_f optimal

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.

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

dilakukan dengan sistem bersifat *stokasti*, yaitu indeks performansi variansi kesalahan minimum atau dituliskan:[13]

$$J(t_0) = \frac{1}{2}S(T)x^2(T) + \frac{1}{2}\int_{t_0}^{T}(Qx^2 + Ru^2) \tag{2.17}$$

Besarnya harga penguat regulator adalah :

$$K = R^{-1}B^T S \tag{2.18}$$

Untuk mencari besarnya S dapat menggunakan persamaan Ricatti:

$$A^T S + SA - SBR_c^{-1}B^T S + Q_c = 0 \tag{2.19}$$

dengan asumsi : $Q_c \geq 0$, $R_c > 0$

Q_c menentukan matrik keadaan dan Rc menentukan matrik kendali. Sehingga sinyal kendali (u) dalam kendali LQR *(state feedback)* adalah:

$$u = -K\dot{x} + Sp \tag{2.20}$$

Kalman filter merupakan estimator optimal yang berfungsi mengestimasi variabel keadaan dan menyaring *noise* (derau). Prinsip kerja estimator berdasarkan sifat *rekursif*, yaitu optimisasi yang dilakukan adalah dengan menekan harga *error* kovarian sekecil mungkin. Maka, indeks performansinya atau *cost function*-nya dapat ditulis:

$$J = E\{[\dot{x} - x]^T[\dot{x}-x]\} \tag{2.21}$$

$\dot{x}$ adalah harga estimasi dari variabel x dalam fungsi waktu. Estimasi variabel keadaan optimal $\dot{x}$ diperoleh dari sistem dinamik *filter kalman* sebagai berikut :

$$\dot{x} = A\dot{x} + Bu + Kf(y-\dot{y}) \tag{2.22}$$

Sedangkan untuk menentukan penguatan filter kalman pada estimator adalah :

$$K_f = PC^T R_f^{-1} \tag{2.23}$$

Matrik *P* diperoleh dari persamaan *Riccati* sebagai berikut :

$$0 = PA^T + AP - PC^T R_f^{-1} CP + GQ_f G^T \tag{2.24}$$

Dengan asumsi-asumsi matrik A dan B terkendali, dan C teramati $Q_f \geq 0$, $R_f > 0$, maka filter kalman dijamin stabil asimtotik. Matrik Q_f dan R_f adalah noise *covariance*, dengan noise proses $w(t) \sim (0, Q_f)$ dan pengukuran $n(t) \sim (0, V^2R_f)$ adalah *white noise*.[22]

2.4.2. Persamaan State Space untuk Linear Quadratic Gaussian (LQG)

Perancangan pengendali LQG dibutuhkan persamaan *state space* dari sistem. Maka pemodelan transfer fungsi akan di ubah ke dalam bentuk persamaan *state space*. Adapun penurunan persamaan *state space* tersebut adalah :

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{bs+k}{ms^2+bs+k} \tag{2.25}$$

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

Dari turunan transfer fungsi pada persamaan isothermal CSTR tersebut kemudian diturunkan dengan menggunakan metode inverse transformasi Laplace balik, sehingga diperoleh persamaan diferensial orde dua[17]:

$$\ddot{y} + \frac{b}{m}\dot{y} + \frac{k}{m}y = \frac{b}{m}\dot{u} + \frac{k}{m}u \tag{2.26}$$

Dengan bentuk standarnya :

$$\ddot{y} + a_1\dot{y} + a_2 y = b_0\ddot{u} + b_1\dot{u} + b_2 u \tag{2.27}$$

Selanjutnya didefinisikan sebagai berikut :

$$a_1 = \frac{b}{m}$$

$$a_2 = \frac{k}{m}$$

$$b_0 = 0$$

$$b_1 = \frac{b}{m}$$

$$b_2 = \frac{k}{m}$$

Kemudian perhatikan kembali persamaan berikut :

$$\beta_0 = b_0$$

$$\beta_1 = b_1 - \alpha_1\beta_0$$

$$\beta_2 = b_2 - \alpha_1\beta_1 - \alpha_2\beta_0$$

$$\beta_3 = b_3 - \alpha_1\beta_2 - \alpha_2\beta_1 - \alpha_3\beta_0$$

$$\beta_n = b_n - \alpha_1\beta_{n-1} - \cdots - \alpha_{n-1}\beta_1 - \alpha_n\beta_0 \tag{2.28}$$

Dan diperoleh persamaan berikut :

$$\beta_0 = b_0 = 0$$

$$\beta_1 = b_1 - \alpha_1\beta_0 = \frac{b}{m}$$

$$\beta_2 = b_2 - \alpha_1\beta_1 - \alpha_2\beta_0 = \frac{k}{m} - \left(\frac{b}{m}\right)^2 \tag{2.29}$$

Dengan merujuk lagi persamaan berikut :

$$x_1 = y - \beta_1 u$$

$$x_2 = \dot{y} - \beta_0\dot{u} - \beta_1 u = \dot{x}_1 - \beta_1 u$$

$$x_3 = \ddot{y} - \beta_0\ddot{u} - \beta_1\dot{u} - \beta_2 u = \dot{x}_2 - \beta_2 u$$

$$x_n = y(n-1) - \beta_0 u(n-1) - \beta_1 u(n-2) - \cdots - \beta_{n-2}\dot{u} - \beta_{n-1}u = \dot{x}_{n-1} - \beta_{n-1}u \tag{2.30}$$

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
UIN SUSKA RIAU

Kemudian didefinisikan sebagai berikut :

$$x_1 = y - \beta_1 u = y \tag{2.31}$$

$$x_2 = \dot{x}_1 - \beta_1 u = \dot{x}_1 - \frac{b}{m} u \tag{2.32}$$

Dari persamaan berikut :

$$\dot{x}_1 = x_2 + \beta_1 u$$

$$\dot{x}_2 = x_3 + \beta_2 u$$

$$\dot{x}_{n-1} = x_n + \beta_{n-1} u$$

$$\dot{x}_n = -a_n x_1 - a_{n-1} x_2 - \cdots - a_1 x_n + \beta_n u \tag{2.33}$$

Dan diperoleh persamaan berikut :

$$\dot{x}_1 = x_2 + \beta_1 u = x_2 - \frac{b}{m} u \tag{2.34}$$

$$\dot{x}_2 = -a_2 x_1 - a_1 x_2 + \beta_2 u = -\frac{k}{m} x_1 - \frac{b}{m} x_2 + \left[\frac{k}{m} - \left(\frac{b}{m}\right)^2\right] u \tag{2.35}$$

Maka didapatkan persamaan output :

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ \frac{k}{m} & -\frac{b}{m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{b}{m} \\ \frac{k}{m} \quad \left(\frac{b}{m}\right)^2 \end{bmatrix} u \tag{2.36}$$

Dan

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \tag{2.37}$$

2.5. Kriteria Integral Menggunakan Integral of Absolute Error (IAE)

Kriteria IAE (*Integral of Absolute Error*) merupakan kriteria integral yang berfungsi untuk memperoleh nilai IAE paling kecil dengan cara pemilihan kriteria tergantung pada karakteristik sistem proses yang dihasilkan dansyarat tambahan yang didapatkan dari tanggapan respon sistem *close loop*. Dikalangan industri kriteria IAE lebih populer karena pemakaiannya yang tergolong mudah serta sangat cocok untuk menekan error yang kecil.

$$IAE = \int_0^\infty |e| \, dt \tag{2.38}$$

2.6. MATLAB

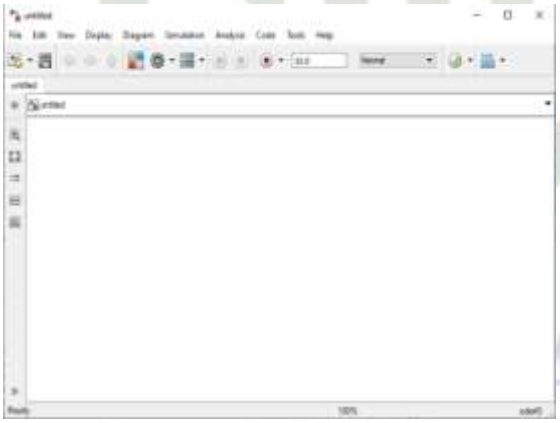
MATLAB (Matrix Laboratory) merupakan bahasa pemrogramman berkinerja tinggi untuk komputasi teknis. Matlab mengintegrasikan komputasi, pemrogramman, dan visualisasi. Selain itu, MATLAB adalah bahasa pemrogramman modern,yang berisi*built-in*

*editing*dan *debugging tools*, dan mendukung pemrogramman berbasis objek. Hal ini menjadikan MATLAB mejadi salah satu aplikasi yang sangat baik untuk pengajaran dan penelitian[23].

Gambar 2.8 Ikon Matlab

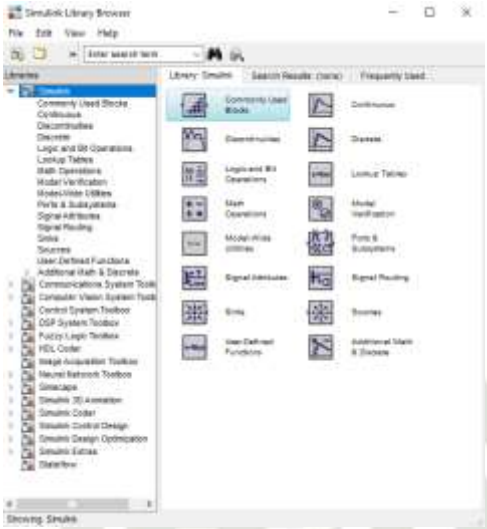
Matlab juga memiliki perintah grafik yang mudah digunakan yang membuat visualisasi. Beberapa fitur matlab dikumpulkan menjadi satu yang disebut *toolbox*. Ada *toolbox* untuk komputasi simbolik, pemrosesan sinyal, teori kontrol, pengoptimalan, simulasi,dan lain-lain[23].

Pada penelitian ini akan dilakukan pemograman modeling dan simulasi untuk mendapatkan grafik hasil penelitian yang diinginkan. Fitur matlab yang digunakan untuk simulasi ini disebut *Simulink.Simulink* merupakan salah satu Matlab program yang digunakan untuk mensimulasi sistem, dalam artian mengamati dan menganalisa perilaku dari sebuah tiruan sistem yang sudah dimodelkan [24]. Berikut contoh bentuk simulink pada matlab :



Gambar 2.9 Tampilan Model Simulink pada Matlab

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 2.10 Kotak Dialog *Simulink Library*

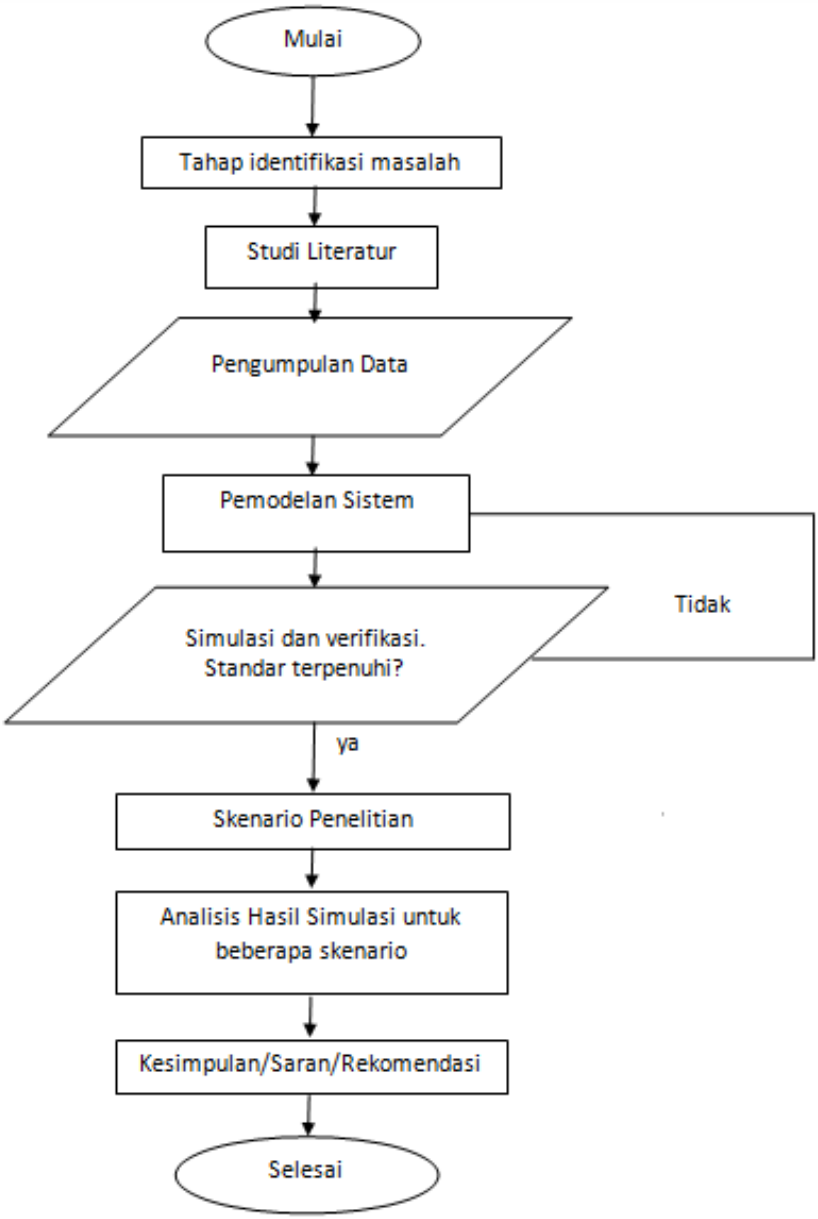
UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian,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

3.1. Proses Alur Penelitian

Terdapat beberapa tahapan dalam tugas akhir ini yang akan peneliti lakukan yaitu penentuan judul, perumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, proses pemodelan matematis sistem, perancangan pengendali hingga mendapatkan hasil akhir dalam penelitian tugas akhir ini. Adapun alur penelitian yang dilakukan dapat digambarkan melalui flowchart sebagai berikut :



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

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

3.2. Tahapan Penelitian

Berdasarkan *Flowchart* penelitian diatas, agar penelitian yang dilakukan dapat mencapai tujuan yang diharapkan, maka beberapa tahapan yang harus dilakukan sebagai berikut :

1. Identifikasi Masalah

   Tahap awal yang harus dilakukan dalam suatu penelitian adalah mengidentifikasi masalah yaitu mencari suatu permasalahan yang dapat diangkat dalam Tugas Akhir. Masalah yang akan diangkat adalah bagaimana memperoleh keluaran yang stabil pada pengendalian web tension pada sistem rewinder roll.

2. Studi Literatur

   Setelah masalah sudah didapatkan untuk diangkat dalam Tugas Akhir, tahapan selanjutnya adalah studi literatur dimana mencarireferensidan mempelajari penelitian terkait dari beberapa referensi yang relevan, baik dari penelitian-penelitian terdahulumaupun dari buku, jurnal, *paper* atau sumber lainnya.

3. Pengumpulan Data

   Setelah mendapatkan beberapa referensi dari penelitian terkait, tahapan selanjutnya yaitu mengumpulkan data yang berhubungan seperti menentukan nilai setpoint yang digunakan yaitu 0.5 N dan model matematis dari *web tension* pada sistem *rewinder roll*.

4. Penentuan Variabel

   Setelah mendapatkan nilai variabel langkah selanjutnya mensubtitusikan data ke dalam model matematis berbentuk persamaan *state space equation* berbentuk :

   $$\dot{x} = Ax + Bu$$

   $$y = Cx + Du$$

5. Validasi Model Matematis

   Langkah selanjutnya validasi model matematis yaitu dengan cara melakukan simulasi secara *open loop* menggunakan Matlab*simulink*. setelah itu menyesuaikan responkeluaran sistem yang dihasilkan dengan respon keluaran sistem yang didapatkan dari penelitian sebelumnya, lalu respon sistem tersebut di analisa.

6. Perancangan Pengendali

   Setelah itu melakukan perancangan pengendali yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yaitu pengendali optimal LQG (*Linear Quadratic Gaussian*).

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
UIN SUSKA RIAU

7. Analisa Hasil

Tahapan selanjutnya yaitu menganalisa hasil dari pengujian apakah sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan atau tidak. Untuk menganalisanya, kita bisa melakukan pencarian dari respon transient sistem yaitu*settling time, rise time,delay time, overshoot*, dan *error steady state*. Penelitian dikatakan berhasil apabila tujuan yang di inginkan dapat dicapai dengan baik, apabila belum memenuhi tujuan, maka perlu dilakukan pemeriksaan kembali padaperancangan pengendalinya.

8. Kesimpulan

Tahapan terakhir yaitu setelah dilakukan analisa hasil dan hasil yang didapatkan sesuai dengan tujuan yang di inginkan maka penelitian yang dilakukan dapat dikatakan berhasil dan dapat ditarik kesimpulan serta dapat memberikan saran-saran yang berguna untuk dijadikan referensi pada penelitian selanjutnya.

3.3. Perubahan Pemodelan Matematis Ke Fungsi Transfer

Berdasarkan persamaan 2.14 model fungsi alih sistem *rewinder roll*, dengan memasukkan nilai-nilai parameter yang terdapat pada tabel 2.1 maka, didapatkan *transfer function* sebagai berikut :

$$\frac{T}{\tau} = \frac{\frac{1.056\,m(1719\times10^{6}N/m^{2})\times(1.72\times10^{-3}m^{2})}{2(3)\quad 144.967\,kgm^{2}\times5\,m}\left(\frac{5\,N\,sec/m^{2}}{1719\times10^{6}N/m^{2}}s+1\right)}{s^{2}+\left(\frac{2.25\times10^{-3}N\,m/rad/sec}{144.967\,kgm^{2}}+\frac{152\,m/sec}{5\,m}+\frac{1.056^{2}}{4(3)^{2}}\times\frac{5\,N\,sec/m^{2}\times1.72\times10^{-3}m^{2}}{144.967\,kgm^{2}\times5\,m}\right)s+\frac{2.25\times10^{-3}N\,m/rad/sec}{144.967\,kgm^{2}}\times\frac{152\,m/sec}{5\,m}+\frac{1.056^{2}}{4(3)^{2}}\times\frac{1719\times10^{6}N/m^{2}\times1.72\times10^{-3}m^{2}}{144.967\,kgm^{2}\times5\,m}}$$

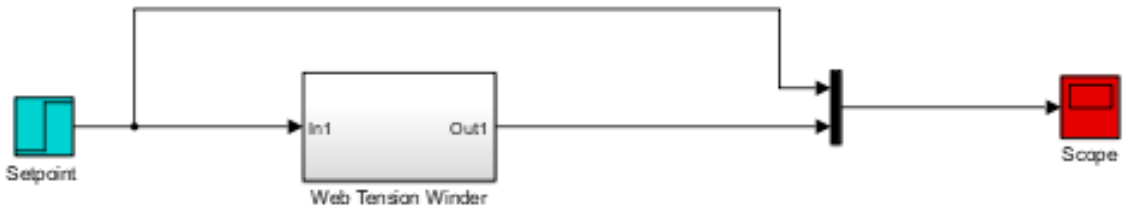
$$\frac{T}{\tau} = \frac{2.088\times10^{-6}s+717.922}{s^{2}+31.9885s+173.535237} \tag{3.1}$$

3.4. Verifikasi Pemodelan Matematis

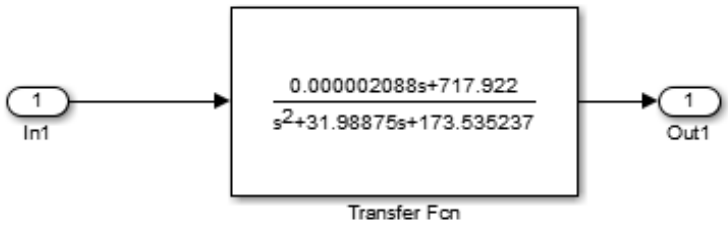
Verifikasi pemodelan matematis yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *softwareSimulink Matlab* dimana sistem disimulasikan secara *open loop* dengan menggunakan nilai *transfer function* yang telah didapatkan dari persamaan 3.4 sebelumnya.

Pada blok diagram simulasi dinamika sistem pada penelitian ini dimodelkandalam bentuk *single output* dan *single input*dimana, torsi motor sebagai variabel

manipulasi(*input*) dan *tension* sebagai variabel proses (*output*). Seperti yang terlihat pada gambar berikut ini :

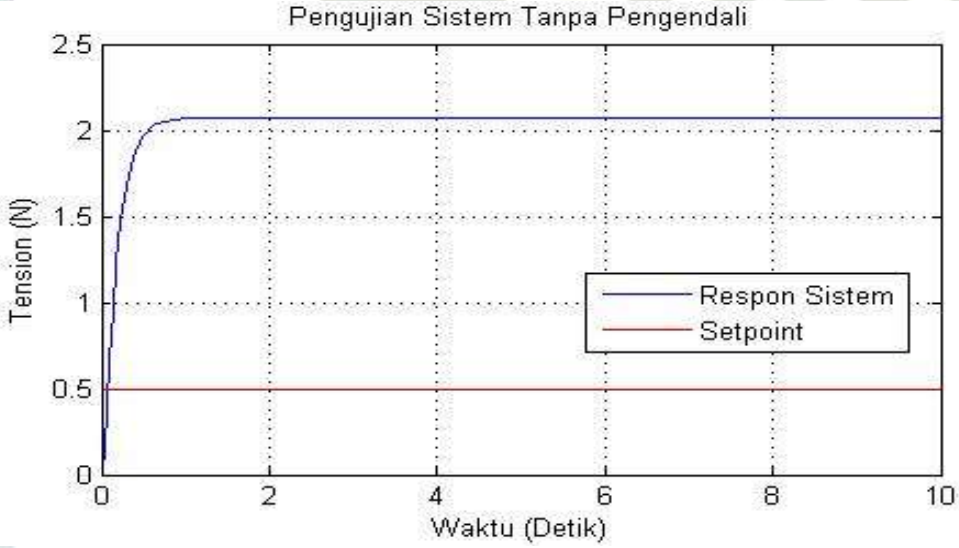


Gambar 3.2 Diagram blok *open loop Rewinder Roll*



Gambar 3.3 Subsistem blok *Rewinder Roll*

Setelah dirancang diagram blok *Simulink* sistem *rewinder roll*secara *open loop*, maka sistem disimulasikan dan grafik respon keluaran sistem dalam dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.4 Respon Sistem *Rewinder Roll*secara *Open Loop*

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

Hasil respons simulasi *web tension* pada sistem *rewinder roll* secara *open loop* ditunjukkan pada gambar 3.4 diatas, dimana hasil keluaran responsistem menunjukkansistem yang stabil namun memiliki error yang cukup besar dimana sistem menghasilkan keluaran yang melebihi 2 N dengan nilai setpoint 0.5 N dalam waktu kurang dari 1 detik untuk mencapai keadaan *steady state.Error* yang dihasilkan yakni sebesar 1.5685 N dari *setpoint*.

3.5. Skenario Penelitian

Pada skenario penelitian ini model sistem disimulasikan dengan beberapa skenario yang mana skenario tersebut menghasilkan minimal satu grafik. Penelitian ini menggunakan pengendali LQG dengan memasukkan data-data yang telah didapat pada pemodelan matematis sebelumnya ke dalam program Matlab, berdasarkan parameter penelitian terkait dengan nilai setpoint 0.5 N. Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian dengan melihat hasil grafik pada simulasi, data yang diambil yaitu respon transient dari pengujian tersebut. Adapun pengujian yang akan dilakukan, yaitu:

1. Simulasi pengujian pengendalian web tension menggunakan pengendali LQG.
2. Simulasi pengujian pengendalian web tension pengendali LQG dengan adanya gangguan.

3.6. Perancangan Pengendali *Linear Quadratic Gaussian*

Perancangan sistem pengendalian *web tension* sistem *rewinder roll* menggunakan pengedali *Linear quadratic gaussian* (LQG) setelah dilakukan pemodelan sistem mengikuti beberapa tahapan sebagai berikut :

a. Perancangan Regulator

Menentukan matriks estimator dan meletakkan pada blok diagram seperti pada gambar 2.7, menentukan matriks Q dan R untuk mendapatkan indeks performansi yang minimum (J) dari persamaan 2.17:

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

Kemudian nilai Q digunakan dalam persamaan Ricatti berikut ini untuk mendapatkan matriks S berdasarkan persamaan 2.19 :

$$A^T S + SA - SBR_c^{-1}B^T S + Q_c = 0$$

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
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
UIN SUSKA RIAU

Matriks S digunakan untuk mendapatkan nilai *gain regulator* berdasarkan persamaan 2.18 :

$$K = -R_c^{-1} B^T S$$

b. Perancangan Kalman Filter

Mengestimasi variabel keadaan optimal $\dot{x}$ diperoleh dari persamaan dinamik *filter kalman* (*estimator*) berdasarkan persamaan 2.22 sebagai berikut:

$$\dot{x} = A\dot{x} + Bu + Kf(y-\dot{y})$$

Kenudian mendapatkan penguatan *kalman filter:*

$$K_f = PC^T R_f^{-1}$$

Sedangkan matriks P diperoleh dari persamaan *Ricatti*:

$$0 = PA^T + AP - PC^T R_f^{-1} CP + GQ_f G^T$$

Dimana, penentuan matriks pembobot Q dan R berpedoman pada :

a. Semakin besar harga matriks Q, makaakan memperbesar hargaelemen matriks gain kendali dan mempercepat sistem mencapai *steady state.*
b. Semakin besar harga matriks R, maka akan memperkecil harga elemen matriks gain kendali dan memperlambat sistem mencapai *steady state.*

3.6.1. Memasukkan *Transfer Function* ke dalam Pengendali LQG

Persamaan transfer fungsi *web tension* pada sistem *rewinder roll*akan diubah dalam bentuk *state space* karena pada perancangan pengendali LQG membutuhkan pemodelan *state space* dari sistem. Adapun pemodelan *state space* persamaan transfer fungsi *web tension* pada sistem *rewinder roll* adalah sebagai berikut:

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{2.088 \times 10^{-6}s + 717.922}{s^2 + 31.9885s + 173.535237} \tag{3.2}$$

Mendapatkan bentuk persamaan differensial sebagai berikut:

$$s^2Y(s) + 31.9885sY(s) + 173.535237Y(s) = 2.088 \times 10^{-6}sU(s) + 717.922U(s)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 31.9885\frac{dy}{dt} + 173.535237y = 2.088 \times 10^{-6}\frac{du}{dt} + 717.922u$$

$$\ddot{y} + 31.9885\dot{y} + 173.535237y = 2.088 \times 10^{-6}\dot{u} + 717.922u$$

$$\ddot{y} = -31.9885\dot{y} - 173.535237y + 2.088 \times 10^{-6}\dot{u} + 717.922u \tag{3.3}$$

Definisikan variable state :

$$x_1 = y \rightarrow \dot{x}_1 = \dot{y} = x_2$$

$$x_2 = \dot{y} \rightarrow \dot{x}_2 = \ddot{y} = -31.9885\dot{y} - 173.535237y + 2.088 \times 10^{-6}\dot{u} + 717.922u \tag{3.4}$$

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

Jabarkan state yang diperoleh sebagai berikut :

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

$$\dot{x}_2 = -31.9885x_2 - 173.535237x_1 + 2.088 \times 10^{-6}\dot{u} + 717.922u \quad (3.5)$$

Maka membentuk matriks $\dot{x} = Ax + Bu$ dan $y = Cx + Du$ sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix}\dot{x}_1\\ \dot{x}_2\end{bmatrix} \begin{bmatrix}0 & 1\\ -173.535237 & -31.9885\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}0\\ 717.922\end{bmatrix}u + \begin{bmatrix}0\\ 2.088 \times 10^{-6}\end{bmatrix}\dot{u} \quad (3.6)$$

$$y = \begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix} + [0]u \quad (3.7)$$

Didapat persamaan keadaan matriks $\dot{x} = Ax + Bu$ sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix}\dot{x}_1\\ \dot{x}_2\end{bmatrix} \begin{bmatrix}0 & 1\\ -173.535237 & -31.9885\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}0\\ 717.922\end{bmatrix}u + \begin{bmatrix}0\\ 2.088 \times 10^{-6}\end{bmatrix}\dot{u}$$

Dengan persamaan keluaran matriks $y = Cx + Du$ sebagai berikut:

$$y = \begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix} + [0]u$$

Dari persamaan keadaan (3.15) dan persamaan keluaran (3.16), dapat ditentukan matriks *State Space* A, B, C dan D seperti berikut :

$$A = \begin{bmatrix}0 & 1\\ -173.535237 & -31.9885\end{bmatrix} \quad (3.8)$$

$$B = \begin{bmatrix}0\\ 717.922\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}0\\ 2.088 \times 10^{-6}\end{bmatrix} \quad (3.9)$$

$$C = \begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix} \quad (3.10)$$

$$D = [0] \quad (3.11)$$

Dimana :

A : Matriks *state*

B : Matriks *input*

C : Matriks *output*

D : Matriks transmisi langsung

Setelah mendapatkan nilai matriks *state space* pengendali LQG dari setiap fungsi alih yang berbeda, maka nilai matriks tersebut dapat diinputkan kedalam program M-file pengendali LQG sebagai berikut :

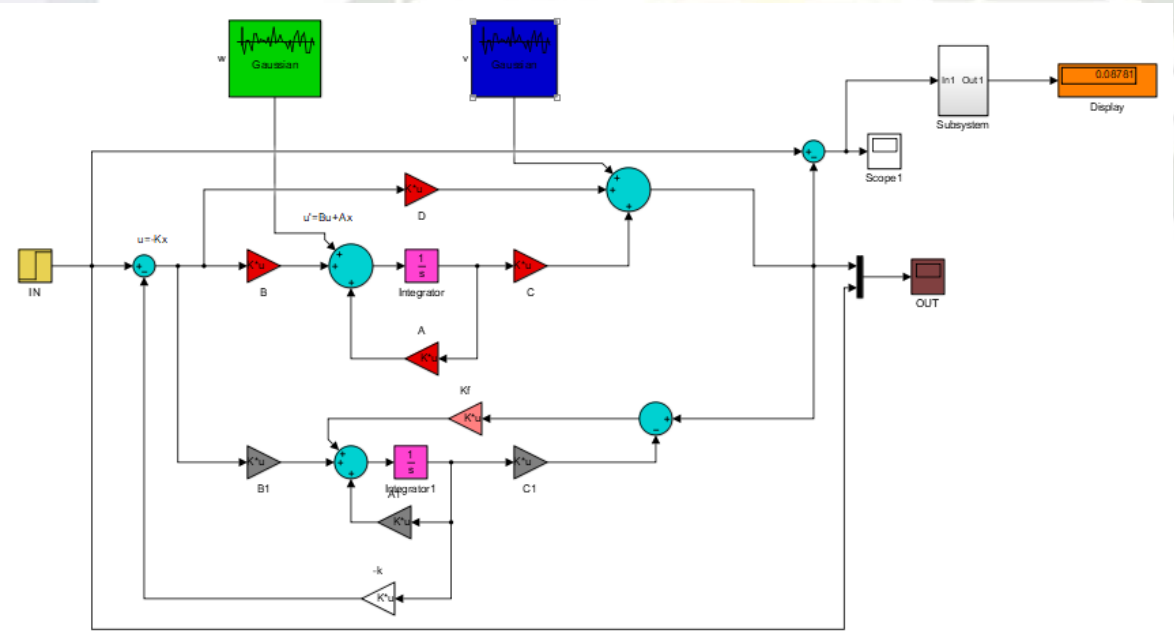
Editor - F:\DIMAS M PAMUNGKAS\File Tugas Akhir\SyntaxLQGfix.m

SyntaxLQGfix.m

```
A = [0 1 ;-173.535237 -31.9885]
B = [0 ; 717.922] + [0 ; 0.000002088]
C = [1 0]
D = [0]
R = [1];
Q = [0.95 0; 0 0];
sys=ss(A,B,C,D);
[K,S,e]=lqr(sys,Q,R);
Rf=[1];
Qf=[1];
[kest,L,P]=kalman(sys,Qf,Rf)
```

Gambar 3.5 Tampilan Program M-File Sistem *Rewinder Roll* Menggunakan Pengendali LQG

serta merancang blok simulink pengendali LQG untuk pengendalian *web tension* pada sistem *rewinder roll* seperti gambar dibawah ini :



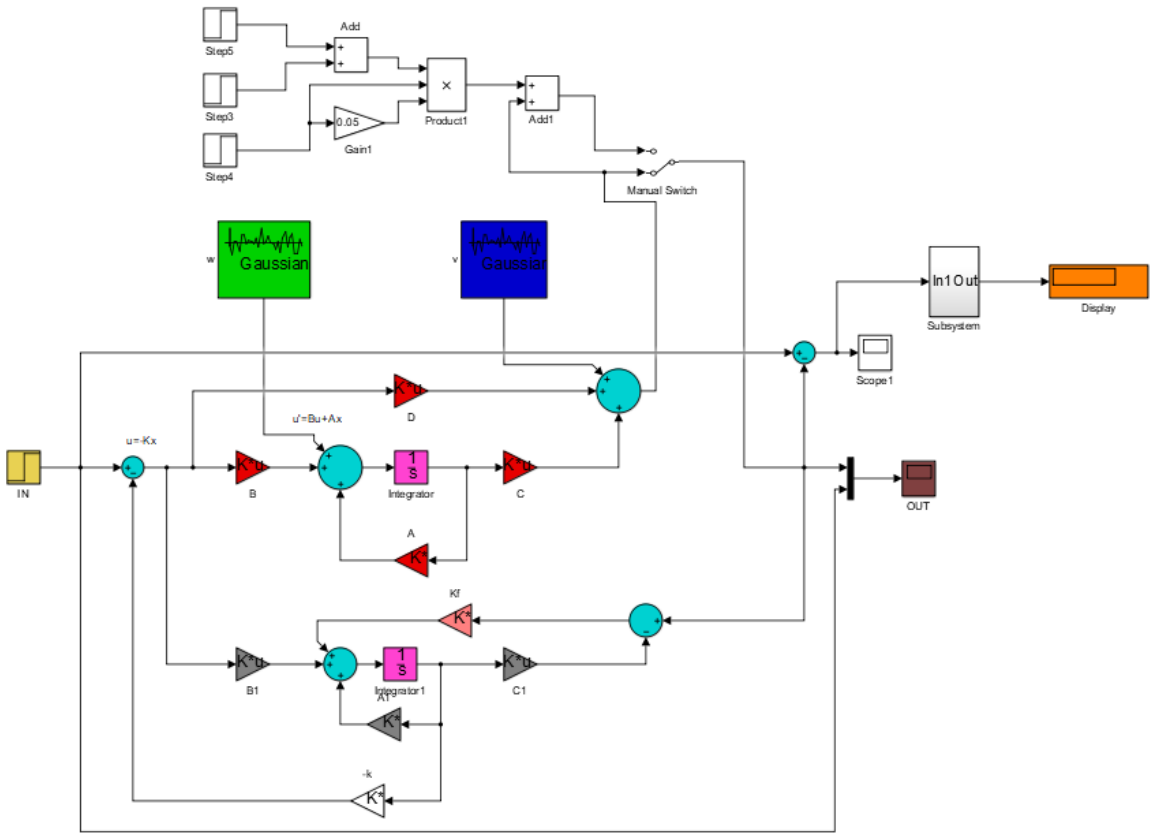
Gambar 3.6 Blok *Simulink* Pengendali LQG

Simulasi menggunakan pengendali LQG yang dilakukan membutuhkan matriks Q dan R yang optimal. Untuk mendapatkan nilai matriks Q dan R yang optimal dapat dilakukan dengan menggunakan metode *trial and error* dengan pola percobaan dari nilai terendah naik secara konstan dengan analisa IAE untuk menentukan nilai P pada matrix Q dengan panduan nilai $Q = \begin{bmatrix} P & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$.

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
UIN SUSKA RIAU

3.6.2. Perancangan Pengendali LQG dengan Adanya Gangguan

Setelah mendapatkan hasil grafik keluaran sistem *rewinder roll* dengan menambahkan pengendali LQG selanjutnya akan diuji dengan menambahkan gangguan pada sistem seperti gambar berikut :



Gambar 3.7 Blok *Simulink* Pengendali LQG dengan adanya gangguan

Pada pengujian rancangan sistem ini pengendali LQG akan diberikan gangguan sebesar 5% dari setpoint dimana gangguan ini diberikan untuk melihat apakah pengendali LQG dapat mempertahankan kestabilan keluaran sistemnya atau tidak.

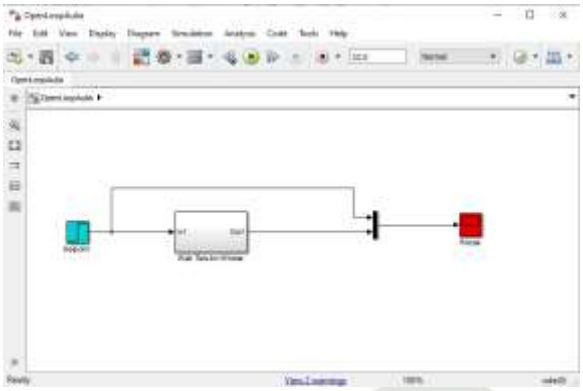
3.7. Hasil Data Penelitian yang Akan Diambil

3.7.1. Grafik dari Setiap Pengujian Sistem

Grafik yang akan di ambil yaitu berdasarkan simulasi sistem secara open loop, dan simulasi menggunakan pengendali LQG. Berikut tahapan yang akan di lakukan:

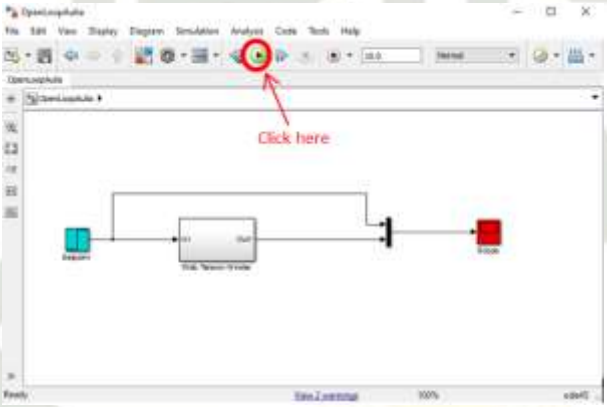
1. Akan dilakukan pengujian pada setiap pengendali yang sudah di rancang secara simulasi, contoh seperti gambar di bawah ini :

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



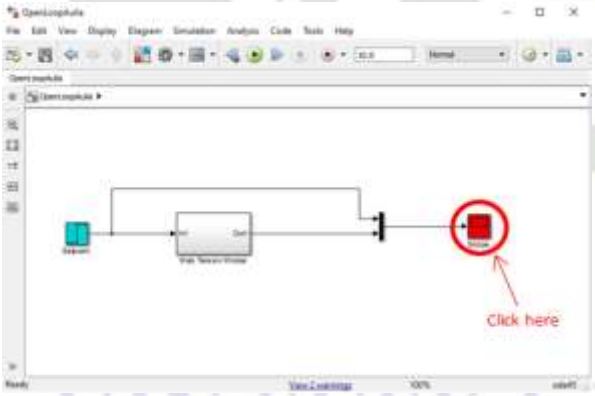
Gambar 3.8 Contoh Pengujian Secara Simulasi

2. Kemudian rancangan simulasi di run



Gambar 3.9 Contoh Menjalankan Simulasi

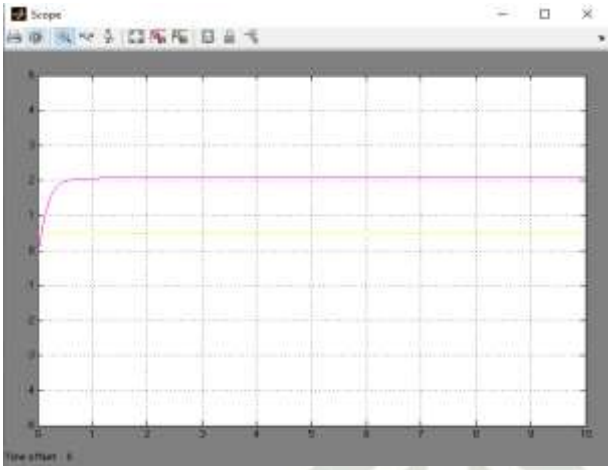
3. Untuk melihat hasil simulasi double klik pada blok scope



Gambar 3.10 Contoh Menampilkan Grafik Keluaran Sistem

4. kemudian akan timbul grafik keluaran respon sistem dari rancangan simulasi seperti gambar berikut :

© 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.



Gambar 3.11 Contoh Tampilan Grafik Pada Scope

5. Hasil dari grafik tersebut akan di analisa respon sistemnya.

3.7.2. Respon Transient Sistem dari Setiap Pengujian

Pada penelitian ini akan di ambil data respon transient dari setiap pengujian meliputi :

1. *Rise Time*/ Waktu Tunak (tr)

   Pada penelitian ini waktu naik yang digunakan yaitu 5% sampai 95%, dimana waktu ini diperoleh dengan mencari selisih waktu dari kondisi respon saat 95% dengan kondisi respon saat 5% dari *setpoint*.

2. *Time settling*/ Waktu Tunak (ts)

   Pada penelitian ini ukuran waktu yang digunakan yaitu waktu yang menyatakan respon telah masuk ±2 % dan menetap pada daerah tersebut dari keadaan *steady state*.

3. Waktu tunda / *Delay time* (t_d)

   Ukuran waktu yang menyatakan faktor keterlambatan respon output terhadap input, diukur mulai dari t=0 sampai dengan respon 50% dari respon *steady state*

4. *Maksimum Overshoot* (M_P)

   Nilai puncak kurva tanggapan diukur dari satuan dengan batas toleransi yaitu 2%-5%

5. *Error Steady State*(Ess)

   selisih nilai yang terukur dengan nilai yang sebenarnya dengan batas toleransi Ess yaitu 2% dari setpoint.

© 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.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Penambahan pengendali LQG pada pengendalian web tension sistem rewinder roll dalam menghasilkan respon sistem yang lebih baik dapat di katakan berhasil karena pada penelitian ini sistem tidak terdapat *error steady state* serta respon sistem lebih cepat dalam mencapai *setpoint* serta *overshoot* yang dihasilkan juga lebih kecil dibandingkan penelitian sebelumnya yaitu sebesar 0.54% tetapi overshoot yang dihasilkan masih dalam batas toleransi.
2. pengendali LQG mampu menghasilkan performansi yang lebih baik dimana didapatkan nilai-nilai parameter adalah Ess=0 N, tr=0.1288 detik, ts=0.1594 detik, td=0.0586 detik, Mp=0.54 %
3. Pengendali LQG pada saat ditambahkan gangguan sebesar 5% dari *setpoint* menunjukkan hasil keluaran sistem yang stabil walaupun ketika terjadi gangguan menghasilkan overshoot sebesar 2.5%, sistem dengan cepat langsung berusaha kembali mengikuti setpoint yang diberikan walaupun terjadi error sebesar 0.0061 N namun, error yang terjadi masih dalam batas toleransi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, untuk penelitian selanjutnya bisa digunakan dengan pengendali yang berbedaatau kombinasi beberapa pengendali yang sudah pernah dilakukan sebelumnya, terutama dalam mengatasi gangguan agar sistem yang dihasilkan dapat mengatasi gangguan dengan baik tanpa adanya error pada sistem.

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] Kemenperin. “Potensi Industri Pulp dan Paper” tentang potensi Indonesia. 19 Oktober 2016. <https://kemenperin.go.id/artikel/16331/Industri-Pulp-dan-Kertas-Berpotensi-Tumbuh-Signifikan--> [diakses pada tanggal : 13 Januari 2020]

[2] Kemenperin. “Produsen Kertas” tentang kebutuhan akan kertas. 17 November 2016. <https://www.kemenperin.go.id/artikel/16596/2017,-RI-Produsen-Kertas-Nomor-6-Terbesar-Dunia> [diakses pada tanggal : 13 Januari 2020]

[3] Munif, Ahmad. “Perilaku Membaca Digital Hypertext Di Kalangan Remaja Surabaya”. Universitas Airlangga Surabaya, 2017.

[4] Parlaungan. “Quality Control Untuk Produksi Kertas PT X Paper Products Menggunakan Metode Six Sigma”, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, 2011.

[5] Suparto, dkk. “Analisa Kualitas Produk di PT. Surabaya Meka Box Ltd Dengan Metode Six Sigma dan FMEA” Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, 2018

[6] Izzah, Nailul. “Prose Produksi Pulp dan Kertas” tentang Pulp dan Kertas. 21 Februari 2018. <https://warstek.com/2018/02/21/pulp/> [diakses pada tanggal : 14 Januari 2020]

[7] Yudianto, dkk. “Penerapan Metode Statistical Process Control Dalam Mengendalikan Kualitas Kertas Bobbin (Studi Kasus : PT. Pusaka Prima Mandiri)”. Universitas Islam Sumatera Utara, 2018.

[8] Handbook. “*How to Size and Select Load Cells for Web Process Productivity*”. *Web tension* Division, Cleveland Motion Controls, Cleveland. 2002.

[9] Ganeshthangaraj, Ponniah. “Fuzzy logic based control design for active dancer closed loop web tension control”, International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), ISSN: 2248-9622. Vol. 2, Issue 3, May-Jun 2012

[10] Andrew, Kadik, “Adaptive Force Control of in *Web* Handling Systems”, Intelligent Control and Automation, 2012

[11] Biyanto, Totok R. “Sistem Pengendalian Web tension Menggunakan Kontroler *Robust* PID”, Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra, 2005

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

[12] Hwang, Hyeongjin, dkk. “Kalman-Filter-Based Tension Control Design for Industrial Roll-to-Roll System” Graduate School of Mechanical Engineering, Yeungnam University Korea, 2019

[13] Lewis, Frank L. *“Applied Optimal Kendali & Estimation (Digital Design & Implementation)”. Prentice Hall International Inc, 1992.*

[14] Ahusda, Prayunanta dan katherin Indriawati. *“*Penerapan Kontrol Optimal LQG Pada Sistem Kontrol Cascade PI&P Untuk Pengendalian Temperatur Steam Di superheater.*”* Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya

[15] Dwi S, Annisa. “Sistem Kendali dan Navigasi Wahana Bawah Air Tanpa Awak Untuk Menunjang Pertahanan dan Keamanan Negara”. Institut Teknologi Surabaya, 2012.

[16] D. Pg, K. Agung, and M. Jawa, “Aplikasi Kontrol Optimal LQG Untuk Pengendalian Water Level Steam Drum Boiler Di Pg. Kebon Agung Malang Jawa Timur 1,” pp. 1–8.

[17] Tadeus, Dista Yoel. “Simulasi Kendali Daya Reaktor Nuklir Dengan Teknik Kontrol Optimal”. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, 2012.

[18] Siswoyo, ”*Teknik Listrik Industri Jilid 2*”. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Jakarta, 2008

[19] Ogata, K. “*Teknik Kontrol Automatik”*, Jilid 1, Erlangga , Jakarta, 1995

[20] Ogata, K. “*Modern Control Engineering*”, 5th ed. New Jersey : Prentice Hall, 2010.

[21] Qomarudin, M Nur. “*Cerita singkat tentang Linear Quadratic Gaussian Regulator*”. 2016

[22] Wahjono, Endro,dkk. “Pengaturan Kecapatan Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Metoda Direct Torque Control Menggunakan Fuzzy Logic Controller”. Jurusan Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya,2009.

[23] Houcque, David. “Introduction To Matlab For Engineering Students”. Northwestern University, 2005.

[24] Kadaffi, Muhamar. “Penerapan Simulink Untuk Simulasi” Fakultas Teknik Industri Universitas Mercu Buana Jakarta, 2011.

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

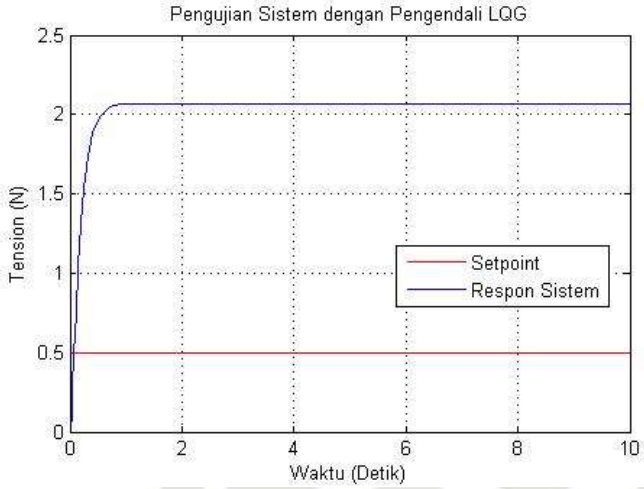
© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

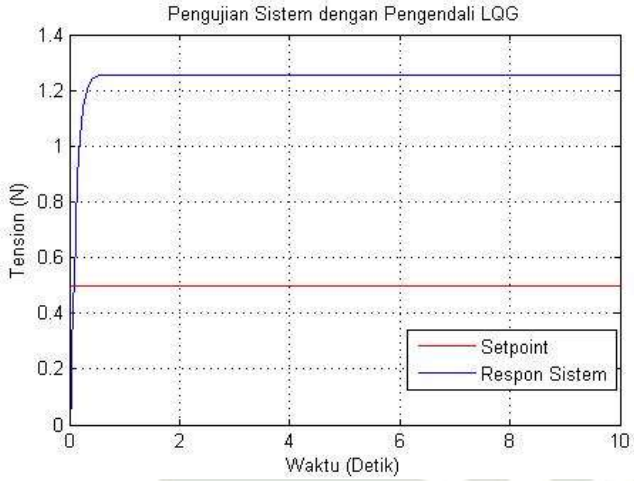
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan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

LAMPIRAN

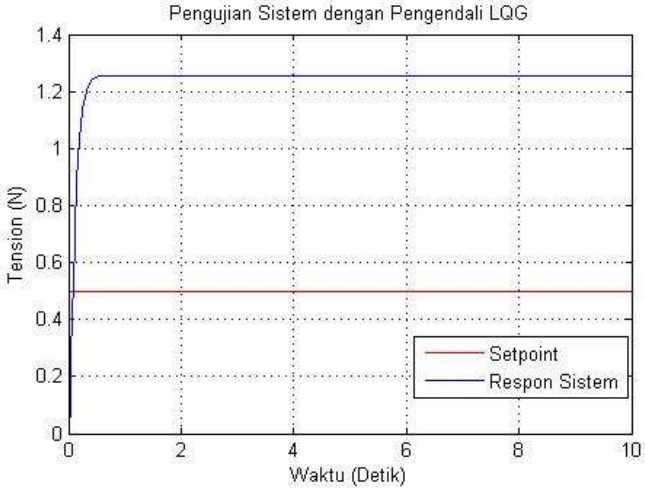
Percobaan No. 1 Tabel 4.2



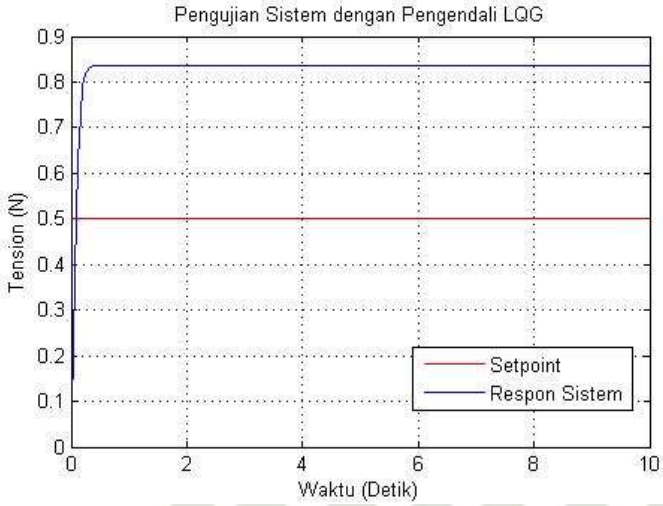
Percobaan No. 2 Tabel 4.2



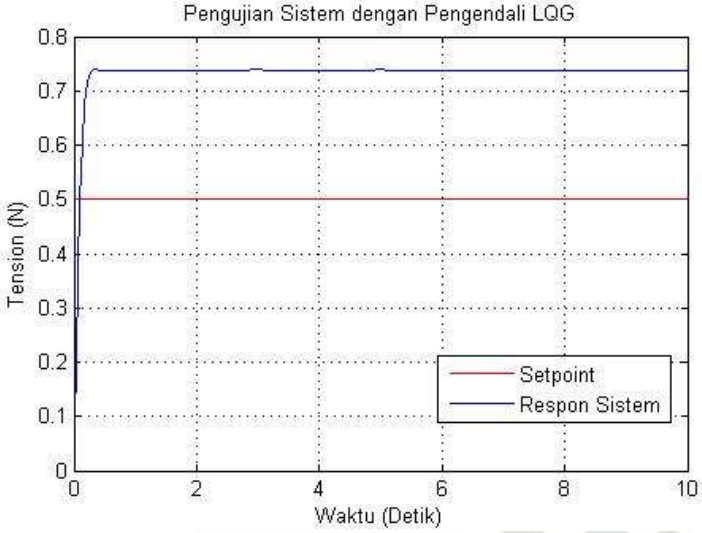
Percobaan No. 3 Tabel 4.2



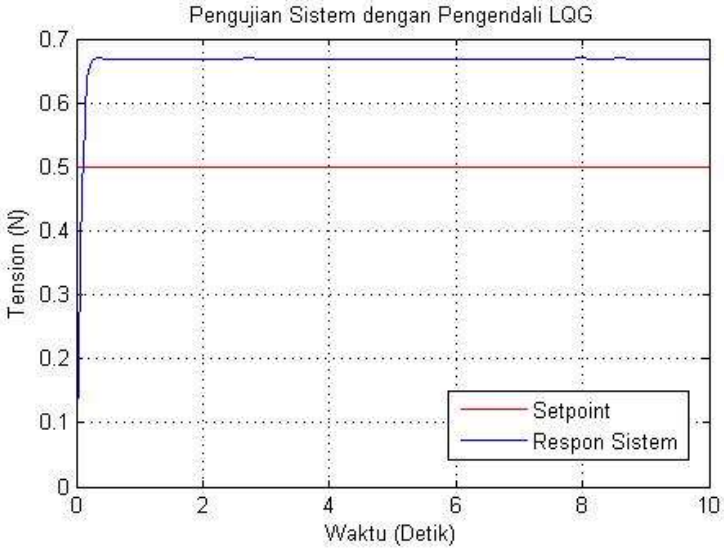
Percobaan No. 4 Tabel 4.2



Percobaan No. 5 Tabel 4.2

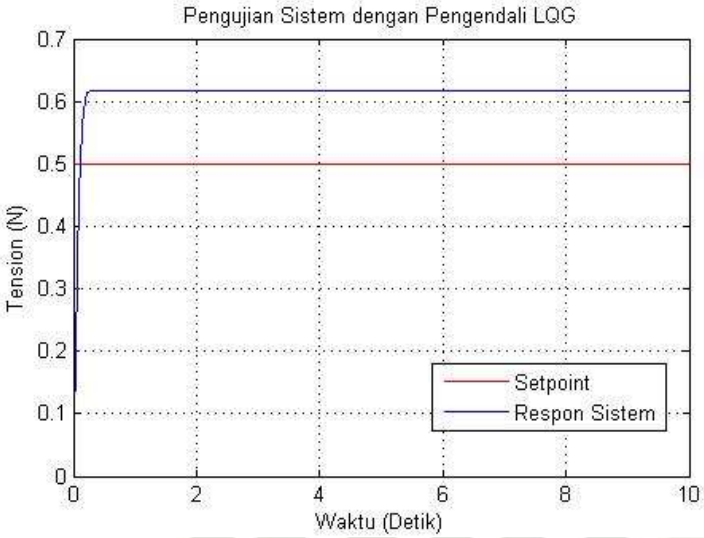


Percobaan No. 6 Tabel 4.2

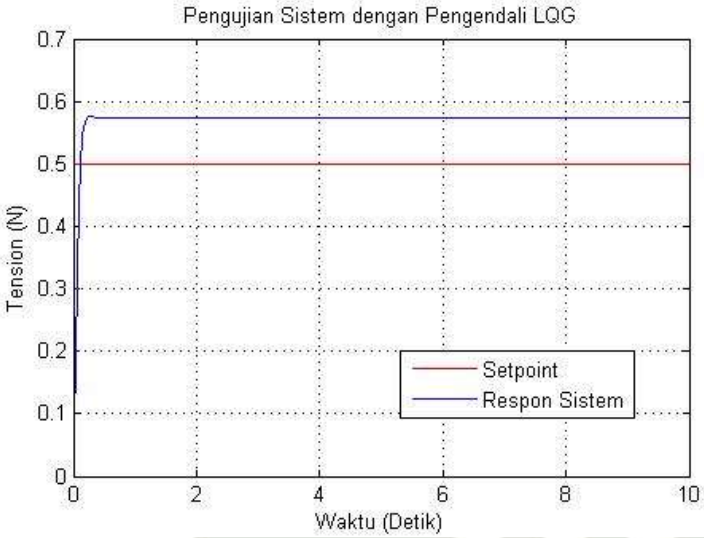


© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya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

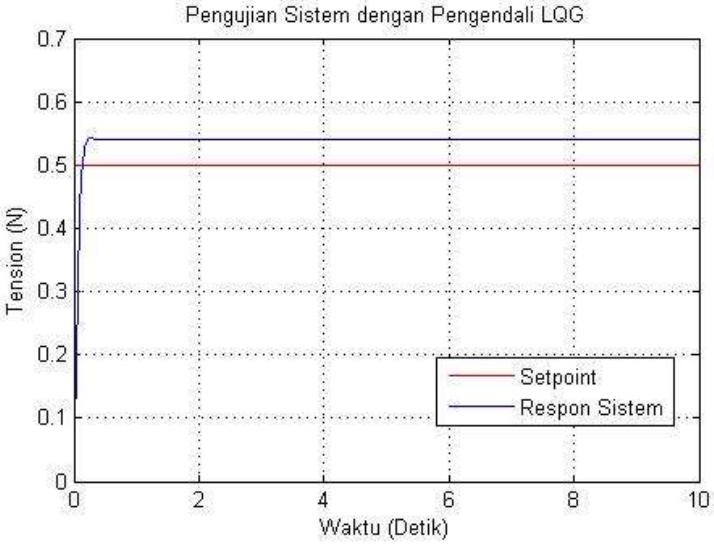
Percobaan No. 7 Tabel 4.2



Percobaan No. 8 Tabel 4.2

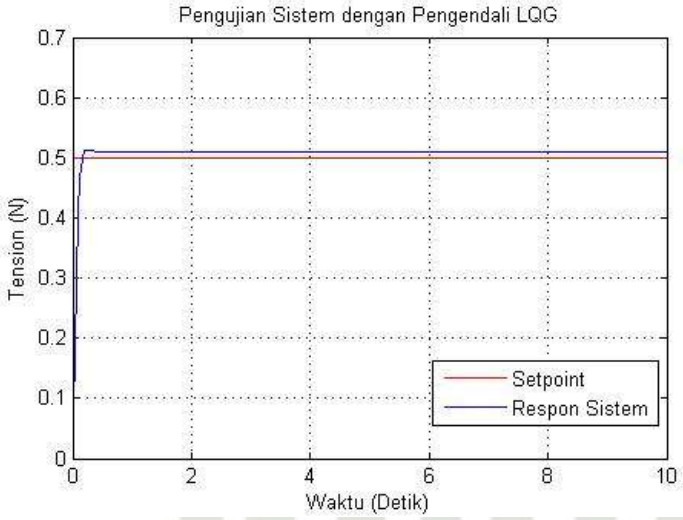


Percobaan No. 9 Tabel 4.2

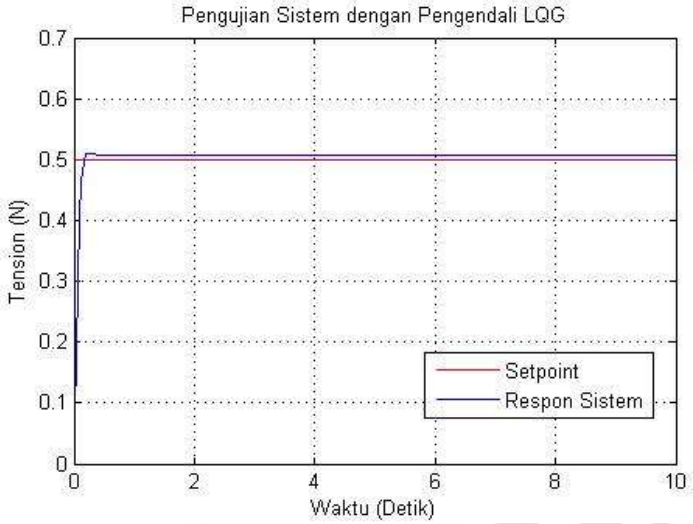


© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya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

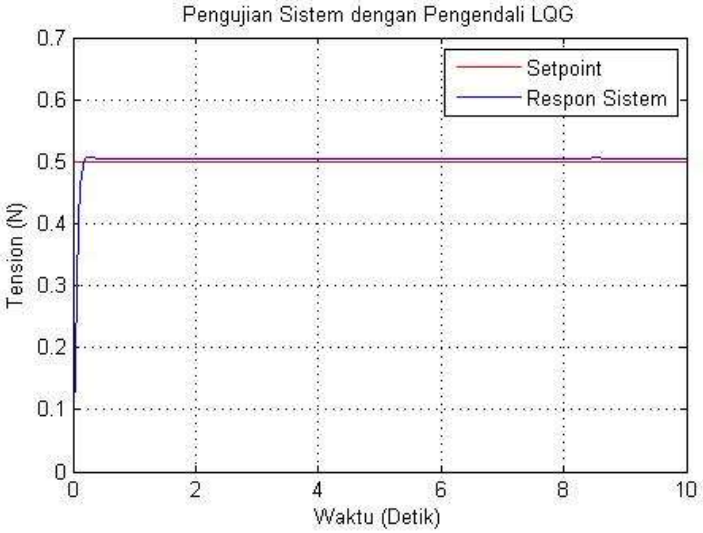
Percobaan No. 10 Tabel 4.2



Percobaan No. 11 Tabel 4.2

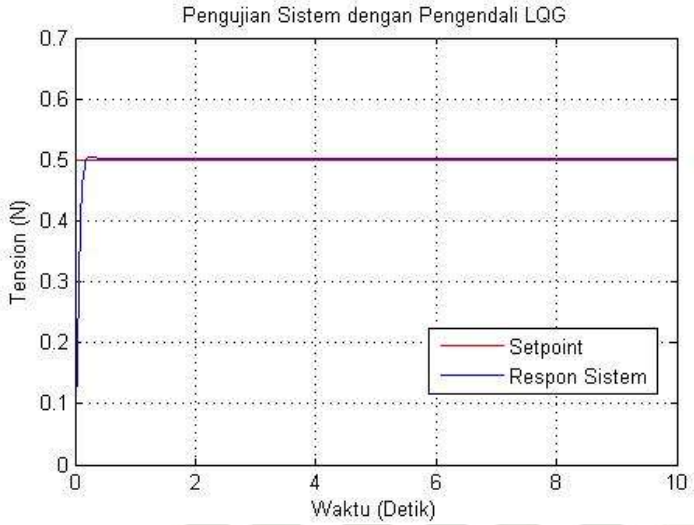


Percobaan No. 12 Tabel 4.2

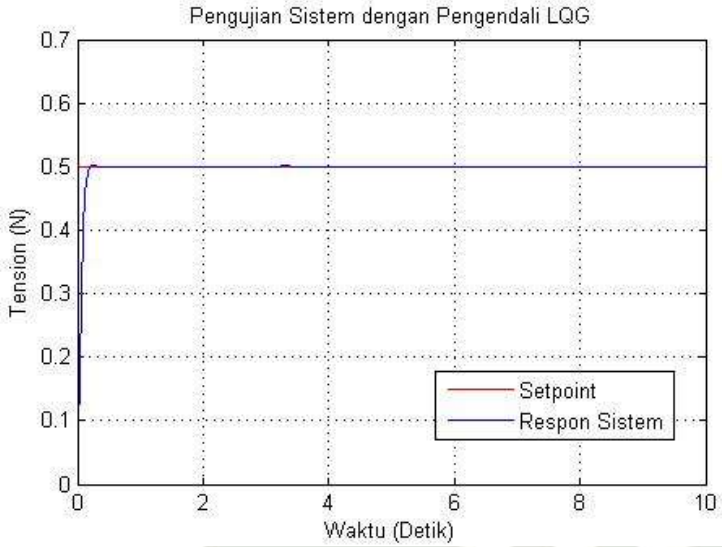


© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya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

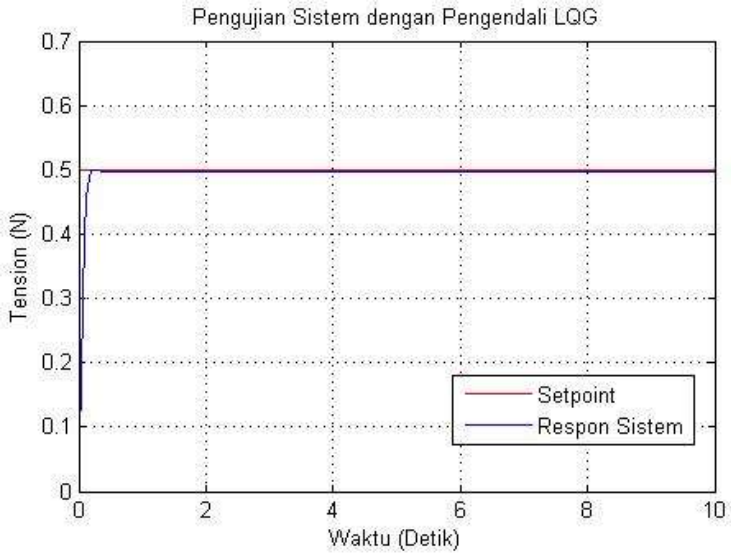
Percobaan No. 13 Tabel 4.2



Percobaan No. 14 Tabel 4.2

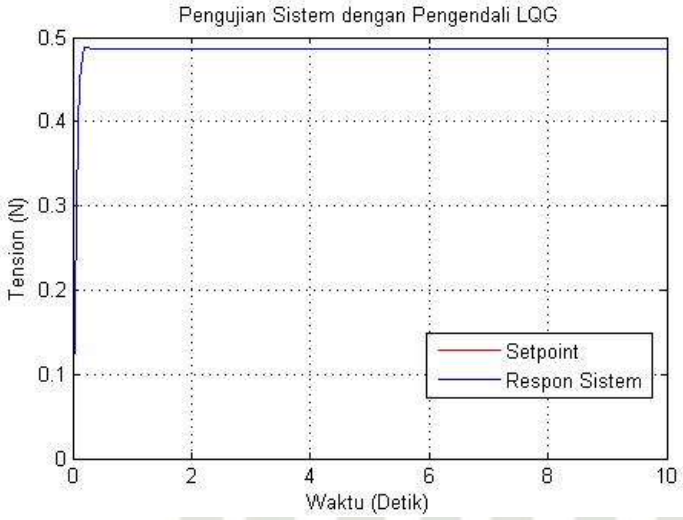


Percobaan No. 15 Tabel 4.2

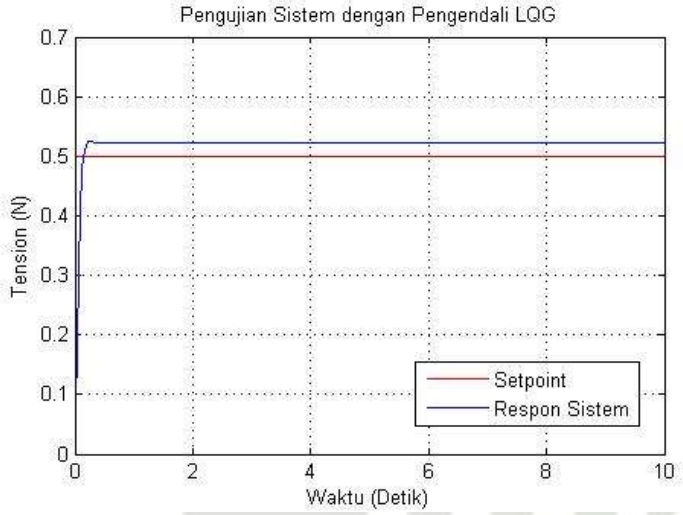


UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan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

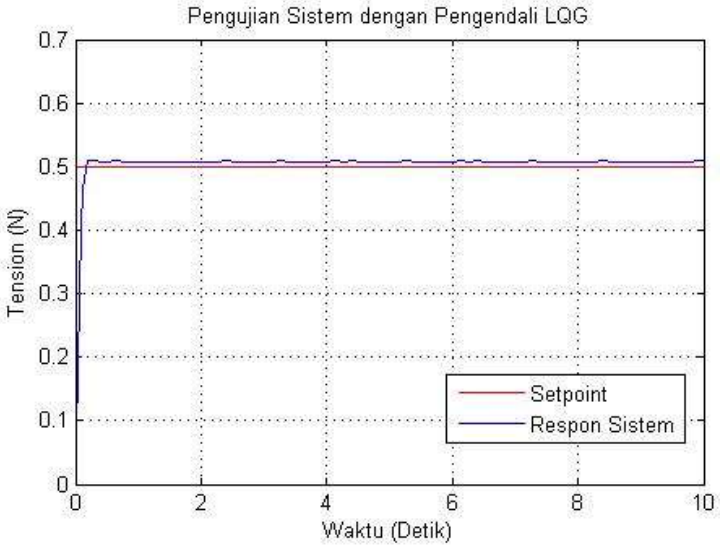
Percobaan No. 16 Tabel 4.2



Percobaan No. 17 Tabel 4.2

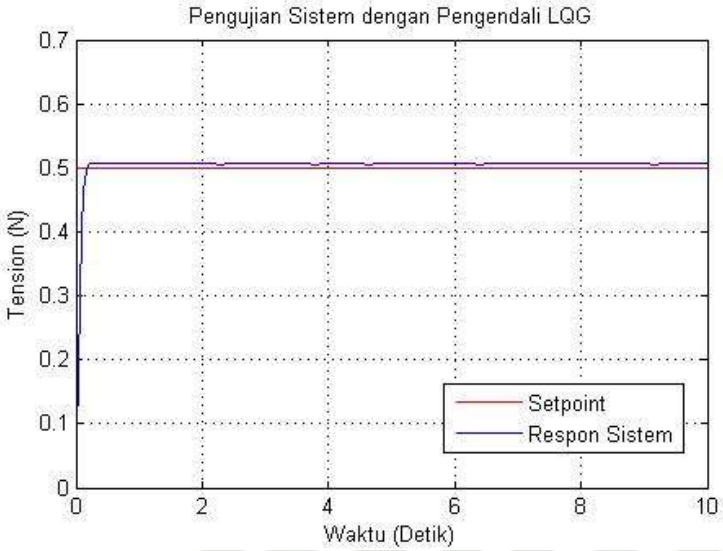


Percobaan No. 18 Tabel 4.2

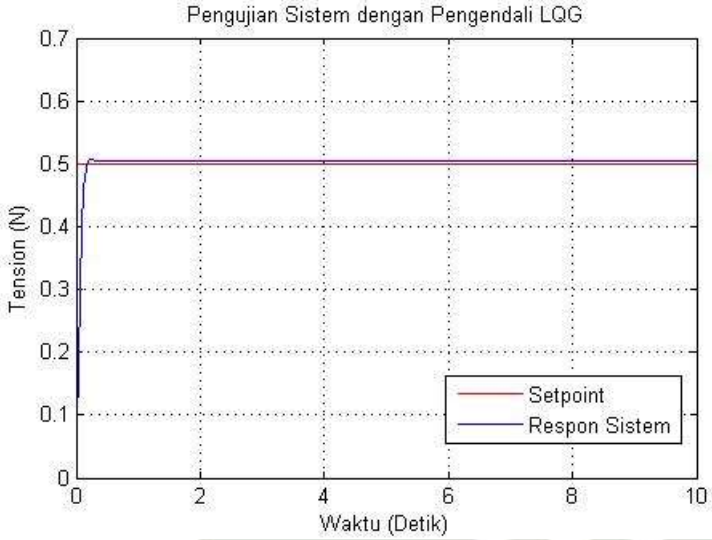


UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan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

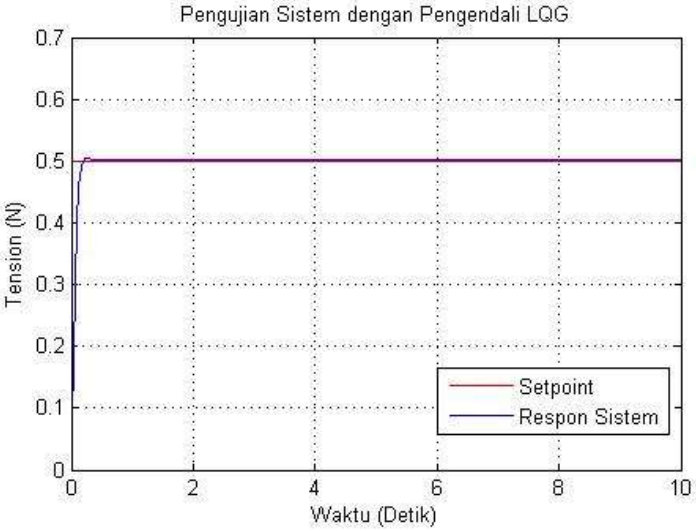
Percobaan No. 19 Tabel 4.2



Percobaan No. 20 Tabel 4.2

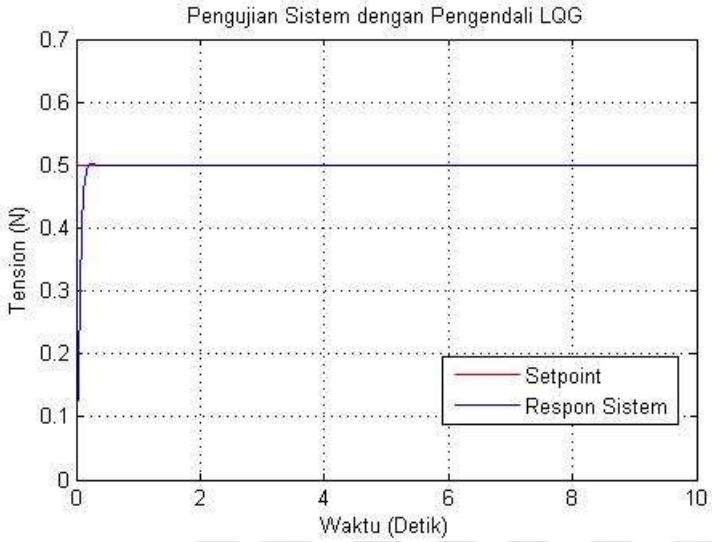


Percobaan No. 21 Tabel 4.2

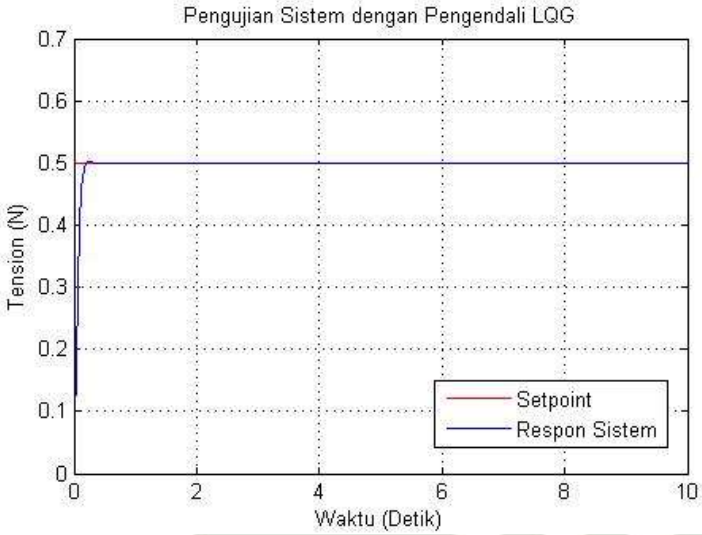


UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan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

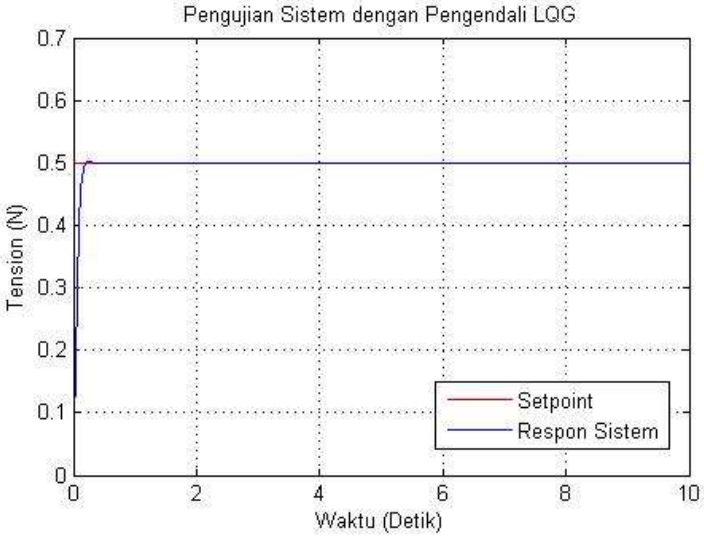
Percobaan No. 22 Tabel 4.2



Percobaan No. 23 Tabel 4.2

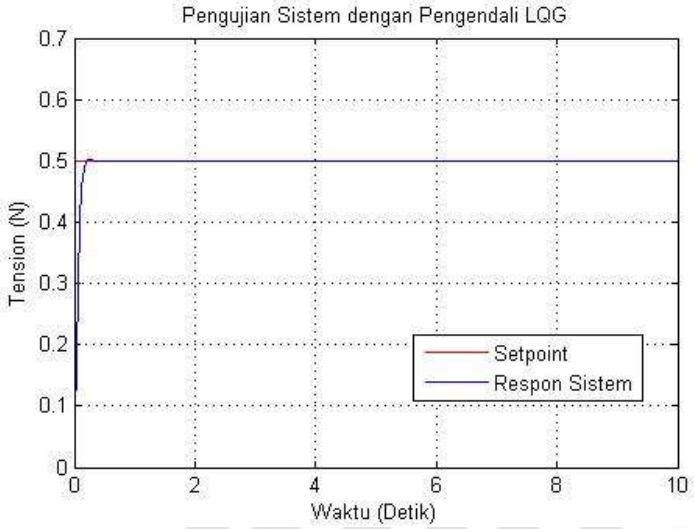


Percobaan No. 24 Tabel 4.2

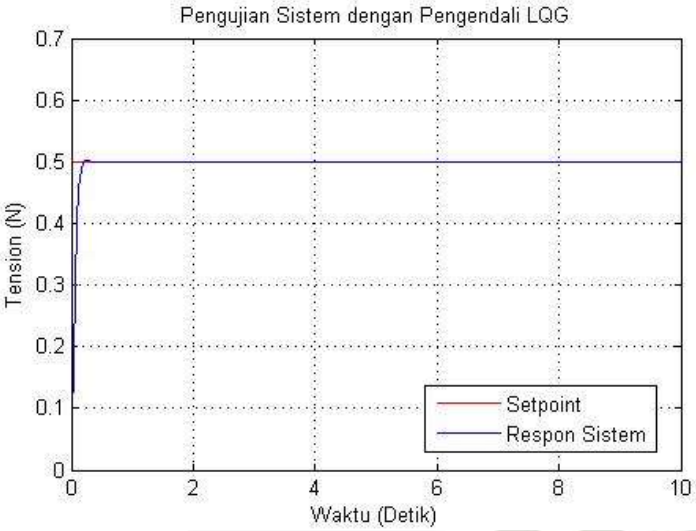


© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya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

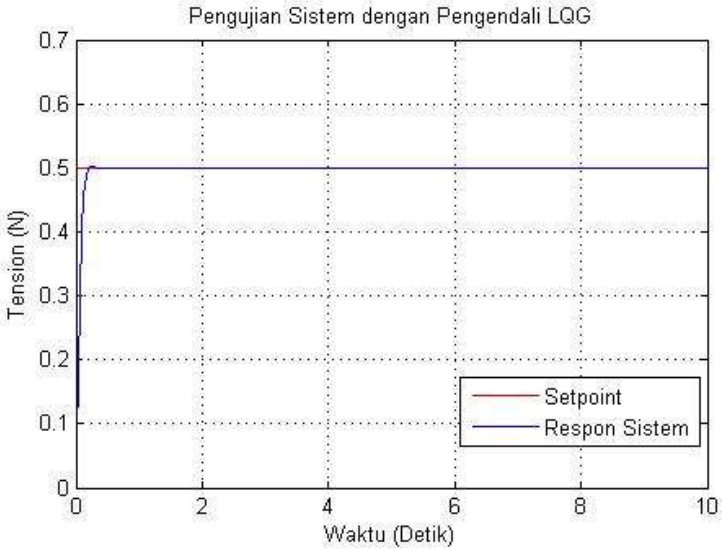
Percobaan No. 25 Tabel 4.2



Percobaan No. 26 Tabel 4.2

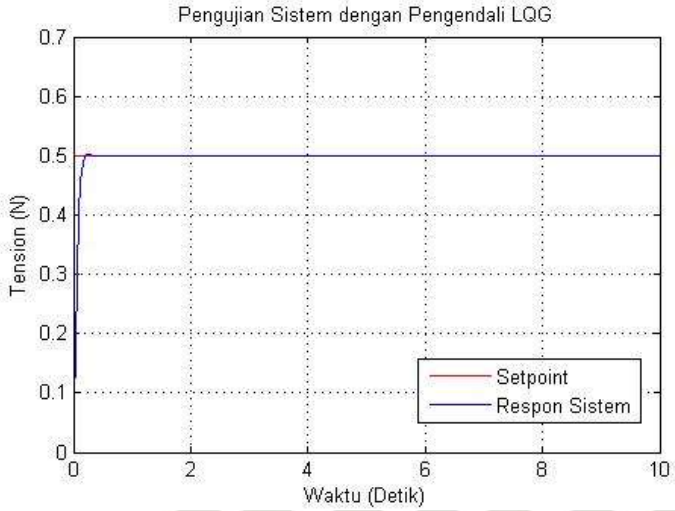


Percobaan No. 27 Tabel 4.2

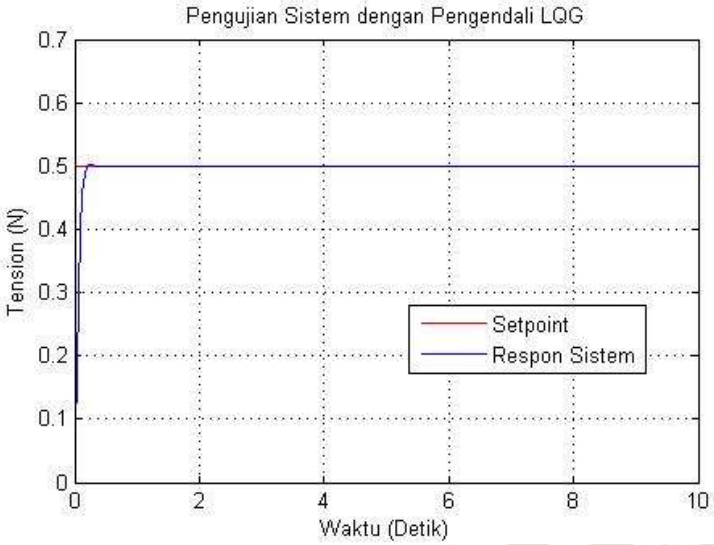


© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya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

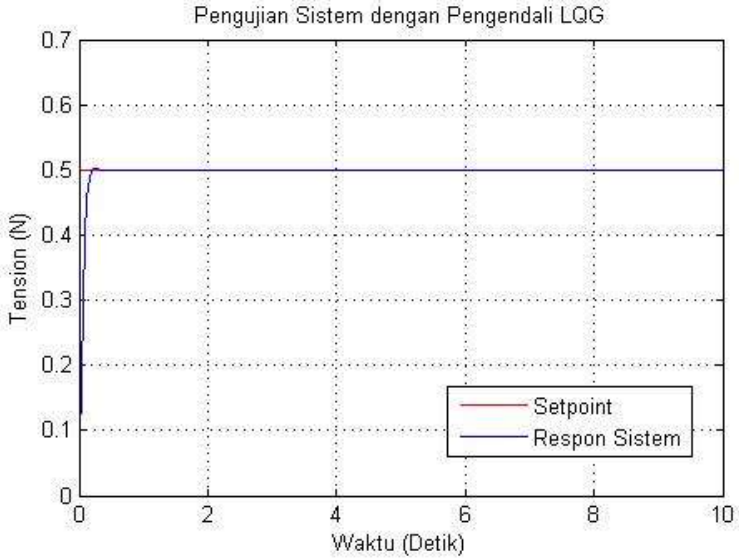
Percobaan No. 28 Tabel 4.2



Percobaan No. 29 Tabel 4.2

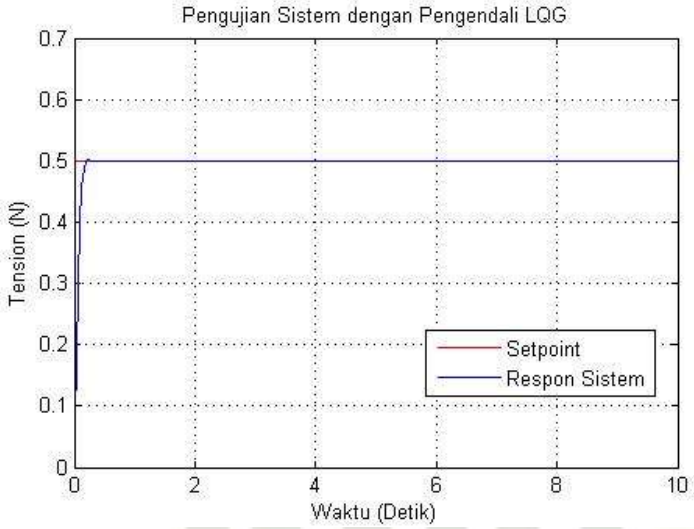


Percobaan No. 30 Tabel 4.2

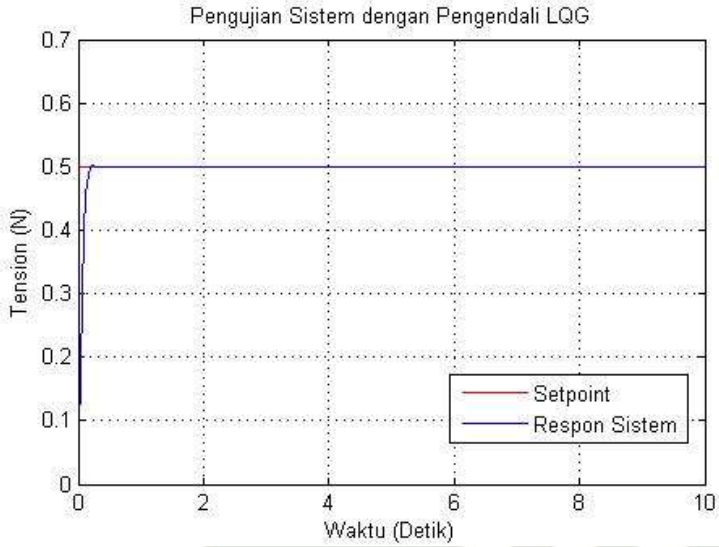


UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan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

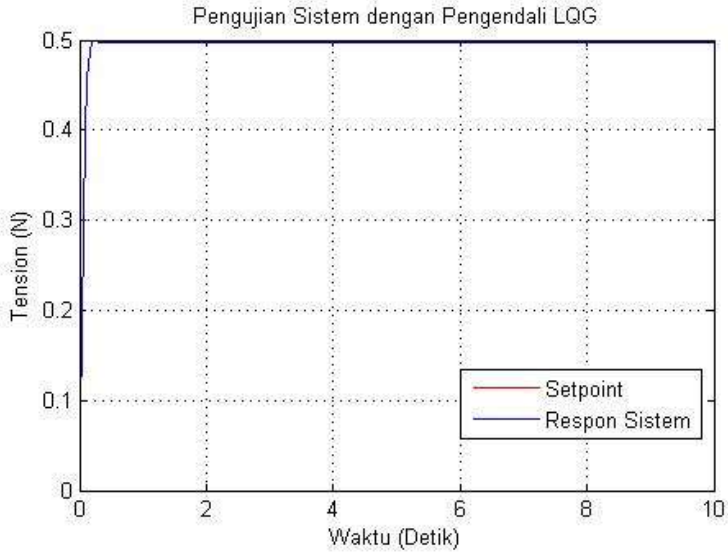
Percobaan No. 31 Tabel 4.2



Percobaan No. 32 Tabel 4.2

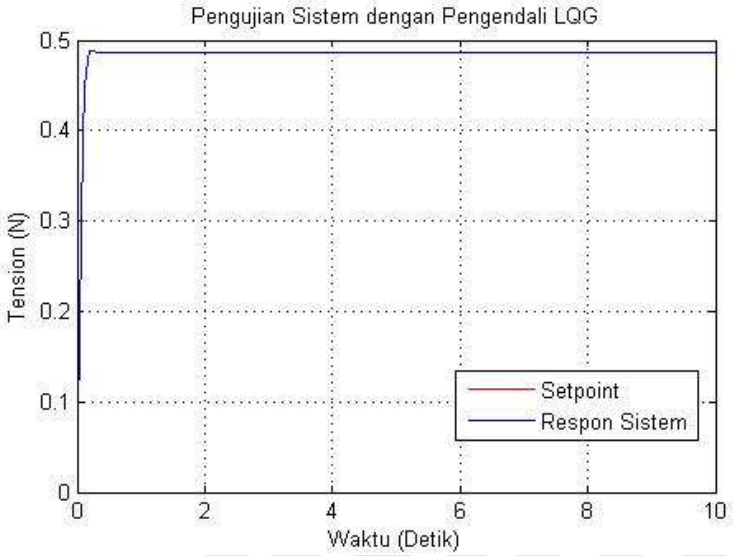


Percobaan No. 33 Tabel 4.2



© 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.

Percobaan No. 34 Tabel 4.2



© 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.

DESAIN SISTEM KENDALI LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN (LQG) UNTUK PENGENDALIAN WEB TENSION PADA SISTEM REWINDER ROLL

Dimas M Pamungkas, Halim Mudia ST., MT
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. H.R. Soebrantas Km. 15 Panam, Pekanbaru

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.

ABSTRAK

Tingginya jumlah permintaan kertas membuat suatu industri kertas harus memperhatikan setiap proses yang terjadi dalam pembuatan kertas karena apabila tidak diperhatikan dengan baik maka dapat memberikan dampak seperti rusaknya produk sehingga menyebabkan kerugian pada industri tersebut. Salah satu kecacatan produksi kertas yang terjadi yaitu *wrinkle* yang atau lipatan kertas pada sisi sebelah kiri dan kanannya tidak rata yang disebabkan oleh pengendalian *web tension* yang tidak dikontrol dengan baik pada proses produksi yang terjadi di *rewinder roll*. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, pengendalian web tension memiliki masalah lambat dalam mencapai *setpoint*, osilasi dan *overshoot*. Sedangkan untuk performansi pengendalian *web tension* mensyaratkan pengendalian yang *smooth*, respon relatif cepat dan *error steady state* yang kecil serta tahan terhadap gangguan. Oleh karena itu untuk mencapai ketahanan dan kestabilan sistem, diperlukan pengendali yang memiliki kemampuan dalam mempercepat respon waktu, meminimalisir *overshoot*, serta dapat meminimalisir gangguan yang terjadi salah satunya yaitu pengendali LQG (*Linear Quadratic Gaussian*). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Pengendali LQG mampu menghasilkan performansi yang lebih baik dimana didapatkan nilai-nilai parameter adalah Ess=0 N,tr=0.1288 detik, ts=0.1594 detik, td=0.0586 detik, Mp=0.54 %

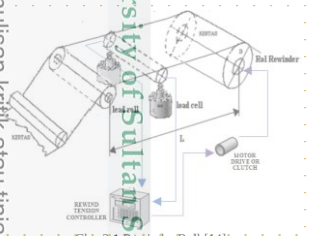
Kata Kunci: *Web Tension, Rewinder Roll*, Pengendali LQG

I. PENDAHULUAN

Kertas mempunyai berbagai manfaat sebagai media dalam menulis, mencetak, menggambar dan banyak kegunaan lainnya [1]. Penting bagi suatu industri kertas memperhatikan kualitas produk yang dihasilkan. Apabila kualitas produksi yang dimiliki suatu produk tersebut rendah maka akan berdampak pada kuantitas cacat produk yang tinggi [5]. Penyebab terjadinya kecacatan produksi kertas yang paling dominan yaitu *wrinkle* atau kertas keriput [5]. Kecacatan produksi ini terjadi karena pengendalian ketegangan kertas yang tidak sesuai pada proses yang terjadi di *web tension*. *Web tension* merupakan sebuah metode yang di gunakan untuk mengontrol ketegangan kertas agar perukukaan kertas menjadi rata dan hasil gulungan kertas menjadi padat karena jika kurangnya keakuratan dalam pengukuran ketegangan tarikan kertas maka dapat menyebabkan kertas putus akibat tarikan terlalu besar atau menyebabkan gulungan kertas menjadi kurang padat (*wrinkle*) akibat tarikan yang terlalu rendah [11]. Oleh karena itu untuk menjaga agar kualitas kertas yang di produksi maka di perlukan sebuah pengendali untuk memastikan keakuratan dalam pengukuran ketegangan kertas [9].

II. DASAR TEORI

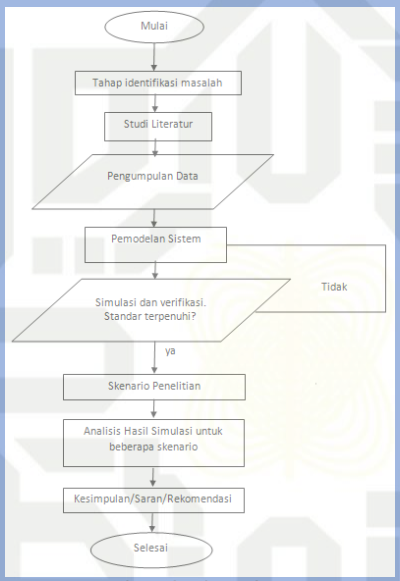
Rewinder roll merupakan mesin penggulung kertas dimana penggulungan kertas pada sistem ini terjadi ketika gulungan besar (*jumbo roll*) ditarik kembali dan di potong dengan diameter gulungan lebih kecil dan di gulung di *rewinder roll*[6].



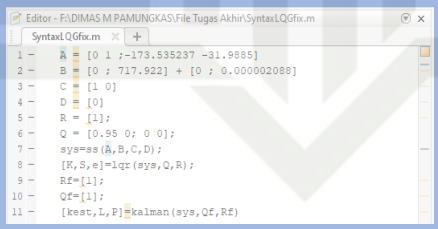
Gbr. 2.1 Rewinder Roll [14]

Proses pengendalian tegangan kertas terjadi ketika *load cell* yang berperan sebagai *transducer* melakukan pengukuran ketegangan kertas berdasarkan beban yang dihasilkan dari tegangan kertas dalam proses penggulungan. *Load cell* ini terhubung ke perangkat yang menampilkan nilai ketegangan kertas (*rewind tension controller*) dan secara otomatis mengontrol torsi motor pada *roll rewinder*. Operator menginputkan pengaturan tegangan yang diinginkan dan tindakan korektif yang tepat dilakukan secara otomatis dengan mengubah torsi motor pada *roll rewinder*. Hal ini terus menerus terjadi untuk memastikan bahwa nilai ketegangan kertas sesuai dengan yang diinginkan.

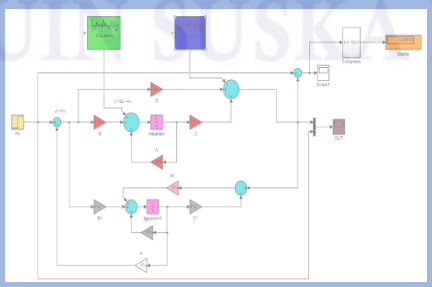
IV. METODE PENELITIAN



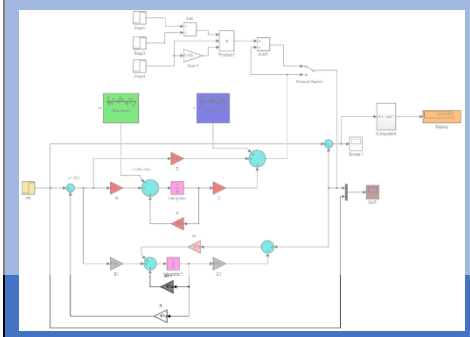
Gbr. 3.1 *Flow Chart* Penelitian



Gbr. 3.2 Tampilan M-File Sistem Rewinder Roll dengan Pengendali LQG

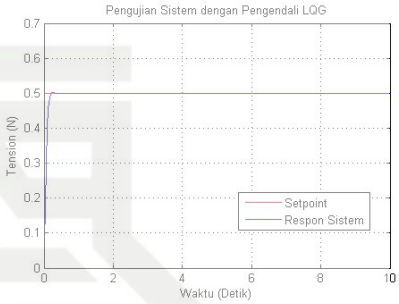


Gbr 3.3 Rangkaian Simulink LQG

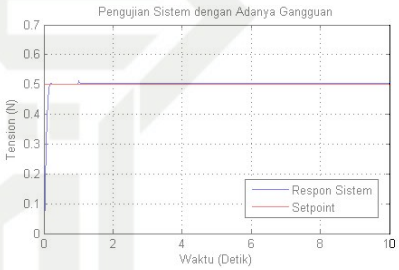


Gbr 3.4 Rangkaian Pengendali LQG dengan Penambahan Gangguan

IV. ANALISA DAN HASIL



Gbr 4.1 Grafik Respon Sistem Pengendali LQG



Gbr 4.4 Grafik Respon Sistem Pengendali LQG dengan Gangguan

Tabel 4.1 Hasil Respon Transient Pengujian

Analisa Respon	Hasil Pengendali LQG	Dengan Gangguan
Rise time	0.1288 detik	0.1288 detik
Time Settling	0.1594 detik	0.1594 detik
Delay Time	0.0586 detik	0.0586 detik
Mp	0.54 %	2.5 %
Ess	0 N	0.0061 N

V. PENUTUP

Penambahan pengendali LQG pada pengendalian web tension sistem rewinder roll menghasilkan respon sistem yang lebih baik karena pada penelitian ini sistem tidak terdapat *error steady state* serta respon sistem lebih cepat dalam mencapai *setpoint*. namun, sistem tetap memiliki overshoot sebesar 0.54% tetapi overshoot yang dihasilkan masih dalam batas toleransi serta ketika sistem diberikan gangguan sistem tetap dapat mempertahankan kestabilan sistem walaupun terdapat error namun error yang dihasilkan masih dalam batas toleransi

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
كلية العلوم و التكنولوجيا
FACULTY OF SCIENCES AND TECHNOLOGY
Jl. HR. Soebrantas KM. 18 No. 155 Tuahmadani Tampan - Pekanbaru 28129 Po. Box. 1004 Telp. (0761) 589026 - 589027
Fax. (0761) 589 025 Web. www.uin-suska.ac.id E-mail : faste@uin-suska.ac.id

Nomor : B. 9123/F.V/PP.00.9/2020 Pekanbaru, 28 Desember 2020
Sifat : Penting
Hal : Penunjukan Pembimbing TA

Kepada Yth,
Halim Mudia, ST, MT (Pembimbing I)
Pekanbaru

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini disampaikan bahwa Bapak/Ibu diminta untuk membimbing mahasiswa yang namanya tercantum di bawah ini dalam Tugas Akhir, yaitu :

Nama	:	Dimas M. Pamungkas
NIM	:	11655103504
Prodi	:	Teknik Elektro
Judul	:	DESAIN SISTEM KENDALI MENGGUNAKAN PENGENDALI LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN (LQG) UNTUK PENGENDALIAN WEB TENSION PADA SISTEM REWINDER ROLL

Mengenai jadwal pelaksanaan bimbingan dan penyempurnaan judul, kami serahkan sepenuhnya kepada Pembimbing.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalam,
a.n.Dekan,
Wakil Dekan I

Dr. Harris Simaremare, ST, MT
NIP. 19830625 200801 1 008

Tembusan :
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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.

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
كلية العلوم و التكنولوجيا
FACULTY OF SCIENCES AND TECHNOLOGY
Jl. HR. Soebrantas KM. 18 No. 155 Tuahmadani Tampan - Pekanbaru 28129 Po. Box. 1004 Telp. (0761) 589026 - 589027
Fax. (0761) 589 025 Web. www.uin-suska.ac.id E-mail : faste@uin-suska.ac.id

Nomor : B. 3077/F.V/PP.00.9/2021 Pekanbaru, 18 Maret 2021
Sifat : Penting
Hal : Penunjukan Penguji TA

Kepada Yth,

1. Ahmad Faizal, ST, MT (Penguji I)
2. Aulia Ullah, M.Eng (Penguji II)

Pekanbaru

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini disampaikan bahwa Bapak/Ibu diminta untuk menguji mahasiswa yang namanya tercantum di bawah ini dalam Tugas Akhir, yaitu :

Nama	:	Dimas M. Pamungkas
NIM	:	11655103504
Prodi	:	Teknik Elektro
Judul	:	DESAIN SISTEM KENDALI MENGGUNAKAN PENGENDALI LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN (LQG) UNTUK PENGENDALIAN WEB TENSION PADA SISTEM REWINDER ROLL

Mengenai jadwal pelaksanaan pengujian akan diberitahu melalui undangan resmi.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalam,
a.n.Dekan,
Wakil Dekan I

Dr. Harris Simaremare, ST, MT
NIP. 19830625 200801 1 008

Tembusan :
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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 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

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Jl. H.R. Soebrantas Km. 15 Panam Pekanbaru PO Box 1004 Telp. 0761-8355997 Fax. 0761-855475
Website

UIN SUSKA RIAU

REKAPITULASI NILAI TUGAS AKHIR

Dewan Penguji Tugas Akhir dengan ini menyatakan Bahwa :

Nama : Dimas M. Pamungkas
NIM : 11655103504
Program Studi : Teknik Elektro
Judul TA : Desain Sistem Kendali *Linear Quadratic Gaussian* (LQG) Untuk Pengendalian Web Tension Pada Sistem Rewinder Roll

TAHAPAN PENILAIAN	NILAI		
	SKOR	BOBOT	NILAI AKHIR
1. Ketua Sidang	73,5	15 %	11,025
2. Pembimbing	85	35 %	29,75
3. Penguji 1	72,75	25 %	18,1875
4. Penguji 2	75,75	25 %	18,9375
TOTAL NILAI		100 %	

Dengan Nilai :

Nilai Angka (NA)	Nilai Huruf (NH)
≥85	A
80 – 84	A-
75 – 79	B+
70 – 74	B
65 – 69	B-
60 – 64	C+
55 – 59	C
50 – 54	D
≤50	E

Ketua Sidang : Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.

Penguji I : Ahmad Faizal, S.T., M.T

Penguji II : Aulia Ullah, S.T., M.Eng

Pembimbing : Halim Mudia S.T., M.T

Nilai : 77,91 (Tujuh puluh Tujuh koma sembilan)

Dinyatakan : LULUS / ~~LULUS BERSYARAT / TIDAK LULUS*~~ dengan nilai huruf : (~~A / A-~~ / B+ / ~~B / B- / C+ / C~~)

Dipindai dengan CamScanner

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
كلية العلوم و التكنولوجيا
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Jl. H.R. Soebrantas Km. 15 Panam Pekanbaru PO. Box. 1004 Telp. 0761-8359937, Fax. 0761-859428
Website: www.uin-suska.ac.id

From TA 20

REKOMENDASI PENERBITAN SURAT KETERANGAN LULUS
MAHASISWA PRODI TEKNIK ELEKTRO

Ketua Prodi Teknik Elektro selaku Koordinator Tugas Akhir dengan ini menyatakan bahwa:

Nama	: Dimas M Pamungkas
Nim	: 11655103504
Prodi	: Teknik Elektro
Judul TA	: DESAIN SISTEM KENDALI LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN (LQG) UNTUK PENGENDALIAN WEB TENSION PADA SISTEM REWINDER ROLL

telah melaksanakan Sidang Tugas Akhir (*munaqasah*) pada:

Hari / Tanggal	: Selasa/ 04 Juli 2022	
Dihadiri Oleh	: Ketua Sidang	: Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T
	Pembimbing 1	: Halim Mudia, S.T., M.T
	Penguji 1	: Ahmad Faizal, S.T., M.T
	Penguji 2	: Aulia Ullah, S.T., M.Eng

B+

Hasil Sidang TA adalah mahasiswa di atas dinyatakan **LULUS** dengan Nilai _____
Dengan demikian, mahasiswa tersebut dapat dibuatkan **Surat Keterangan Lulus (SKL)** sesuai tanggal Lulus Sidang TA di Atas.

Pekanbaru, 19 Januari 2023
Ketua Program Studi Teknik Elektro

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

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

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
كلية العلوم و التكنولوجيا
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Jl. H.R. Soebrantas Km. 15 Panam Pekanbaru PO. Box. 1004 Telp. 0761-8359937, Fax. 0761-859428
Website: www.uin-suska.ac.id

UIN SUSKA RIAU

From TA 14

BUKTI MENYERAHKAN
LAPORAN TUGAS AKHIR (TA)

NAMA	Dimas M Pamungkas
NIM	11655103504
PROGRAM STUDI	Teknik Elektro
IPK	2.95

JUDUL TUGAS AKHIR :

DESAIN SISTEM KENDALI LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN (LQG) UNTUK PENGENDALIAN WEB TENSION PADA SISTEM REWINDER ROLL

Ketua Program Studi Teknik Elektro
MENERANGKAN BAHWA MAHASISWA YANG TERSEBUT, TELAH MENYERAHKAN LAPORAN TA DAN DISETUJUI PADA :

HARI : Kamis
TANGGAL : 19 Januari 2023

Pekanbaru, 19 Januari 2023
Ketua Program Studi Teknik Elektro

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

KETERANGAN :

**) Coret yang tidak perlu*

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

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
كلية العلوم و التكنولوجيا
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Jl. H.R. Soebrantas Km. 15 Panam Pekanbaru PO. Box. 1004 Telp. 0761-8359937, Fax. 0761-859428
Website: www.uin-suska.ac.id

From TA 21

BUKTI SELESAI TUGAS AKHIR DAN REKAP NILAI

Mahasiswa yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dimas M Pamungkas
Nim : 11655103504
Prodi : Teknik Elektro
Kosentrasi : instrumentasi
Semester : XII (Tiga belas)
Email : Dimasmhd5@gmail. com

Telah mengambil semua Proses Tugas Akhir :

Judul TA : DESAIN SISTEM KENDALI LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN (LQG) UNTUK PENGENDALIAN WEB TENSION PADA SISTEM REWINDER ROLL

Dosen Pembimbing 1 : Halim Mudia, S. T., M. T

Nilai : B+ diisi Oleh Koordinator TA

Demikianlah pernyataan ini dibuat digunakan sebagai bahan input nilai dan persyaratan lainnya .

Pekanbaru, 19 Januari 2023
Ketua Program Studi Teknik Elektro

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

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.

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Jl. H.R. Soebrantas Km. 15 Panam Pekanbaru PO. Box 1004 Telp. 0761-8355937 Fax. 0761-855426
Website

UIN SUSKA RIAU

FORM PENILAIAN
KETUA SIDANG TUGAS AKHIR

NAMA	Dimas M. Pamungkas
NIM	11655103504
PROGRAM STUDI	Teknik Elektro
JUDUL TA	Desain Sistem Kendali *Linear Quadratic Gaussian* (LQG) Untuk Pengendalian Web Tension Pada Sistem Rewinder Roll

KRETERIA PENILAIAN	Nilai		
	Skor	Bobot	Nilai Akhir
1	2	3	4
I. Sikap & Kemampuan Presentasi	0-100	30 %	2x3
a. Penampilan dalam berbusana	80	5 %	4
b. Etika dalam menjawab pertanyaan	80	5 %	4
c. Kesiapan dan Kelengkapan bahan presentasi	80	5 %	4
d. Sikap dalam menerima kritikan dan saran	80	3 %	2,4
e. Kecakapan dalam presentasi dan menjawab pertanyaan	80	5 %	4
f. Persiapan teknis penunjang (ruang, proyektor, dll)	80	2 %	1,6
g. Kecakapan menggunakan alat bantu presentasi	80	3 %	2,4
h. Ketepatan waktu menyerahkan Laporan dan undangan	80	2 %	1,6
Jumlah			24
II. Penguasaan Materi Basic Keislaman	0-100	50 %	2x3
a. Wawasan dasar keislaman (rukun iman, rukun islam dll)	70	10 %	7
b. Pengetahuan terhadap sejarah Islam	70	5 %	3,5
c. Hafalan juz 30 (Jus amma) min 1 surat panjang	70	15 %	10,5
d. Penguasaan terhadap doa-doa harian	70	5 %	3,5
e. KemampuanMempraktekkan ibadah (sholat jenazah, Khutbah jum'at, dll)	70	15 %	10,5
Jumlah			35
Penulisan Laporan TA	0-100	20 %	2x3
a. Kesesuaian Laporan TA dengan Format Penulisan TA FST	75	7 %	5,25
b. Kesesuaian penulisan dengan tata bahasa EYD	75	3 %	2,25
c. Kelengkapan Laporan TA (Cover s/d lampiran)	70	5 %	3,5
d. Pengutipan referensi sesuai buku pedoman TA	70	2 %	1,4
e. Kesesuaian Abstrak dengan Isi laporan TA	70	3 %	2,1
Jumlah			14,5
Jumlah Akhir			

Nilai Akhir 73,5 (tujuh puluh tiga koma lima)

Pekanbaru, 04 Juli 2022
Ketua Sidang

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

Keterangan :
*) Isi pada salah satu kolom.
1. Skor (0 – 100); Nilai Akhir = Bobot x Skor
2. Rekomendasi hasil Seminar : "Tidak diterima" untuk nilai <55, "Diterima" untuk nilai >= 55.
3. Tuliskan catatan penilaian di belakang kertas ini jika catatan yang diberikan tidak mencukupi pada bagian di bawah ini

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
Dipindai dengan CamScanner

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
كلية العلوم و التكنولوجيا
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Jl. H.R. Soebrantas Km. 15 Panam Pekanbaru PO. Box. 1004 Telp. 0761-8359937, Fax. 0761-858428
Website: www.uin-suska.ac.id

UIN SUSKA RIAU

From TA 05

Formulir Pengajuan Seminar/Sidang TA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Dimas M Pamungkas
Nim	: 11655103504
Jurusan	: Teknik Elektro
Rencana Judul Tugas Akhir	: Desain Sistem Kendai *Linear Quadratic Gaussian* (LQG) Untuk Pengendalian Web Tension Pada Sistem Rewinder Roll
Pembimbing I	: Halim Mudia,ST.,MT
Penguji I	: Ahmad Faisal,ST.,MT
Penguji II	: Aulia Ullah ST.,M.Eng

Dengan ini mengajukan untuk pelaksanaan Seminar Proposal / Sidang Tugas Akhir.

Demikian dan terima kasih.

Pekanbaru, 10 Januari 2022
Mahasiswa

Dimas M Pamungkas

Menyetujui
Pembimbing I

Halim Mudia,ST.MT

Keterangan :
*) Coret yang tidak perlu
Penguji sudah mengetahui dan menerima Laporan TA tiga hari sebelum seminar/sidang TA dilaksanakan jika tidak Penguji/Pembimbing berhak membatalkan pengajuan ini.Waktu dan tempat disepakati pembimbing dan penguji

© 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.

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
كلية العلوم و التكنولوجيا
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Jl. H.R. Soebrantas Km. 15 Panam Pekanbaru PO Box 1004 Telp. 0761-8359937 Fax 0761-859428
Website

From B0

NAMA	Dimas M Pamungkas
NIM	11655103504
JURUSAN	Teknik elektro

TELAH MENGHADIRI **SEMINAR PROPOSAL** TUGAS AKHIR MAHASISWA,

NO	NAMA	NIM	JURUSAN	NAMA PEMBIMBING	PARAF
1	Eddy Darmawan	11655103399	Teknik Elektro	Ahmad Faizal, ST.MT	
	JUDUL TA : Perancangan Sistem Kendali Hybrid PID dan ~~Kendali~~ fuzzy logic pada pengendalian kecepatan motor DC menggunakan metode Quarter Decay				
2	Shandy Rezavan	11655103653	Teknik Elektro	Aulia Ulhaq M.Eng	
	JUDUL TA : Modifikasi Interleaved Boost Converter dengan switching adaptif untuk meningkatkan ~~efisiensi~~ efisiensi converter pada pembangkit listrik				
3	Aulia Rahma Juwadi	11655201550	Teknik Elektro	Ahmad Faizal, ST.MT	
	JUDUL TA : Pengaruh penambahan pengendali PD pada pengendali MRAC untuk mengatasi osilasi pada sistem Rewinder Pou				

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