

DESAIN KENDALI ADAPTIF STR-PID UNTUK PENGENDALIAN TEGANGAN KELUARAN *BOOST CONVERTER*

LAPORAN TUGAS AKHIR

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



UIN SUSKA RIAU

Oleh :

YOGY DWI PRANATA
11755101930

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2022

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

- a. 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 KENDALI STR-PID UNTUK PENGENDALIAN TEGANGAN KELUARAN BOOST CONVERTER

TUGAS AKHIR

Oleh:

YOGY DWI PRANATA
11755101930

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, Pada tanggal 20 Mei 2022

Ketua Program Studi
Teknik Elektro


Digitally
signed by
Zulfatri Aini
Tanggal:
2022.07.2
9 17:42:11
WIB

Dr. Zulfatri Aini, ST., MT.
NIP. 19721021 200604 2 001

Pembimbing



Halim Mudia, ST., MT.
NIK. 130 517 053

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

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN KENDALI STR-PID UNTUK PENGENDALIAN TEGANGAN KELUARAN BOOST CONVERTER

TUGAS AKHIR

Oleh:

YOGY DWI PRANATA
11755101930

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 20 Mei 2022

Pekanbaru, 20 Mei 2022

Mengesahkan,

~~Dekan Fakultas Sains dan teknologi~~



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

~~Ketua Program Studi Teknik Elektro~~



Digitally signed by
Zulfatri Aini
Tanggal:
2022.07.29
17:42:36 WIB

Dr. Zulfatri Aini, ST., MT.
NIP. 19721021 200604 2 001

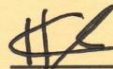
DEWAN PENGUJI :

Ketua : Sutoyo, ST., MT.

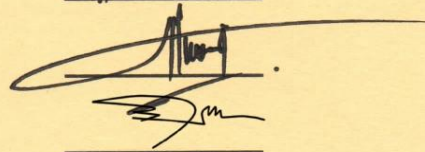


Digitally signed by
Sutoyo
Tanggal:
2022.07.29
17:01:44 WIB

Sekretaris : Halim Mudia, ST., MT.



Anggota I : Ahmad Faizal, ST., MT.



Anggota II : Putut Son Maria S.ST., MT.

- 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.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Yogy Dwi Pranata
 NIM : 11755101930
 Tempat, Tgl. Lahir : Pekanbaru, 30 Oktober 1998
 Fakultas/Pascasarjana : Sains dan Teknologi
 Prodi : Teknik Elektro
 Judul Tugas Akhir :

DESAIN KENDALI ADAPTIF STR-PID UNTUK PENGENDALIAN TEGANGAN
 KELUARAN BOOST CONVERTER

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulisan tugas akhir dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu tugas akhir saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan tugas akhir 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, 1 Agustus 2022
 Yang membuat pernyataan



Yogy Dwi Pranata
 NIM. 11755101930

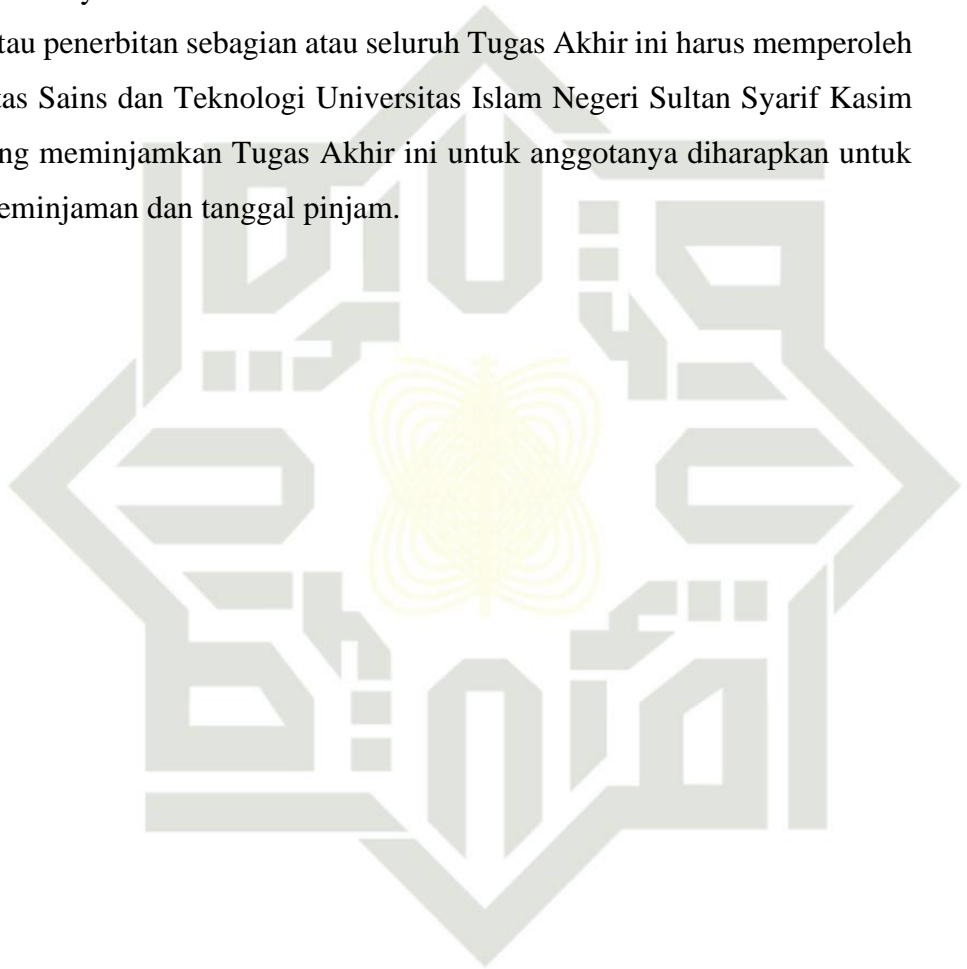
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN

Tugas akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan di perkenankan 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 Ditindungi Undang-Undang

1. Dilarang menyalin 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 yang disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

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

Pekanbaru, 21 April 2022

Yang membuat pernyataan,



YOGY DWI PRANATA

NIM. 11755101930



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang

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

(HR. Tirmidzi)

Terima Kasih Ya Allah...

Sembah sujud serta syukurku kepada-Mu ya Allah, zat yang Maha Pengasih namun tak pernah pilih kasih dan Maha Penyayang yang kasih sayang-Nya tak terbilang. Engkau zat yang Maha membolak-balikkan hati, teguhkanlah hati ini di atas agama-Mu ya Allah. Lantunan solawat 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)

/ YOGY DWI PTRANATA |

| 18 November 2021 |



DESAIN KENDALI STR-PID UNTUK PENGENDALIAN TEGANGAN KELUARAN BOOST CONVERTER

YOGY DWI PRANATA

NIM. 11755 101930

Tanggal Sidang : 20 Mei 2022

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. HR. Soebrantas, Km 15 No. 155 Panam, Pekanbaru

ABSTRAK

Boost Converter merupakan converter yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih besar dari tegangan masukannya, pada penelitian ini tegangan *input* dari *boost converter* adalah tegangan *output* dari sel surya 10V dan tegangan keluarannya 15V yang akan diteruskan ke baterai. Masalah yang terdapat pada *boost converter* apabila disimulasikan secara *Openloop* yaitu terdapat *Maximum overshoot* 42.08%, *error steady state* 7.99V, dan adanya gangguan yang dapat menyebabkan tegangan *output* yang dihasilkan tidak sesuai dengan tegangan baterai yang menyebabkan singkatnya umur baterai. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan tegangan keluaran yang stabil dan tahan terhadap gangguan, dalam hal ini kendali yang digunakan adalah STR-PID. Dari hasil penelitian ini, terlihat STR-PID mampu mencapai *setpoint* 15V dengan, *Rise time* 0.05197 detik, *Overshoot* 0%, dan mampu mengatasi gangguan.

Kata Kunci : *Boost Converter, STR-PID, Extended least squares (ELS)*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

STR-PID CONTROL DESIGN FOR BOOST CONVERTER OUTPUT

VOLTAGE CONTROL

YOGY DWI PRANATA

NIM. 11755101930

Session Date : Mai 20th, 2022

Electrical Engineering Study Program

Faculty of Science and Technology

Sultan Syarif Kasim State Islamic University Riau

Jl. HR. Soebrantas, Km 15 No. 155 Panam, Pekanbaru

ABSTRACT

Boost Converter is a converter that functions to produce an output voltage that is greater than the input voltage, in this study the input voltage of the boost converter is the output voltage of the solar cell 10V and the output voltage is 15V which will be passed to the battery. The problem that exists in the boost converter when simulated by Openloop is that there is a Maximum overshoot of 42.08%, a steady state error of 7.29V, and a disturbance that can cause the output voltage produced to not match the battery voltage which causes a short battery life. The purpose of this study is to obtain a stable output voltage and resistant to interference, in this case the control used is STR-PID. From the results of this study, it was seen that STR-PID was able to reach a setpoint of 15V with Rise time 0.05197 seconds, Overshoot 0%, and was able to overcome disturbance.

Keywords: PLTS (Solar Power Plant), Boost Converter, STR-PID



KATA PENGANTAR

Bismillah, alhamdulillah, Waalaikumsalamu 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 Kendali Adaptif STR-PID Untuk Pengendalian Tegangan Keluaran Pada *Boost Converter*”.

Melalui proses bimbingan dan pengarahan yang disumbangkan oleh orang-orang yang berpengetahuan, dorongan, motivasi, dan juga doa orang-orang yang ada di sekeliling 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. Ibu, Bapak, dan Abang 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, M.Ag selaku Rektor UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
3. Bapak Dr. Hartono, M.Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan jajarannya.
4. Ibu Dr. Zulfatri Aini, ST., MT selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau.
5. Bapak Sutoyo, S.T, M.T selaku sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau dan juga Sebagai Ketua Sidang.
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 Putut Son Maria, S.ST., MT selaku dosen pengampu mata kuliah Tugas Akhir 1 yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.

Bapak Teddy Purnamirza, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Akademik selama perkuliahan penulis dari semester 1 hingga semester 9 ini.

Bapak Ahmad Faizal ST., MT dan Bapak Putut Son Maria S.ST., MT selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan segala masukan terhadap laporan skripsi saya.

Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.

11. Teman-teman Go to Jannah selaku teman seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini dan telah banyak membantu penulis dalam berbagai hal dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

12. Sahabat yang telah memberikan dukungan, dorongan, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

13. Swastika Pusparani dan Erryni Chantika Permata, ST yang telah meluangkan waktunya untuk banyak membantu penulis dalam berbagai hal 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.

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, 13 Januari 2022
Penulis

Yogy Dwi Pranata
11755101930

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

| | | |
|--|---|-------|
| | LEMBAR PERSETUJUAN..... | i |
| | LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| | SURAT PERNYATAAN | iii |
| | LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN..... | iv |
| | ABSTRAK | vii |
| | ABSTRACT | viii |
| | KATA PENGANTAR..... | ix |
| | DAFTAR ISI..... | xi |
| | DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| | DAFTAR TABEL | xiv |
| | DAFTAR RUMUS | xv |
| | BAB I PENDAHULUAN | |
| | 1.1 Latar Belakang | I-1 |
| | 1.2 Rumusan Masalah..... | I-4 |
| | 1.3 Tujuan Penelitian | I-4 |
| | 1.4 Batasan Penelitian..... | I-5 |
| | 1.5 Manfaat Penelitian | I-5 |
| | BAB II LANDASAN TEORI | |
| | 2.1 Penelitian Terkait..... | II-2 |
| | 2.2 Boost Converter | II-3 |
| | 2.2.1 Model Matematis <i>Boost Converter</i> | II-4 |
| | 2.3 Sistem Kendali..... | II-9 |
| | 2.3.1 Sistem Orde 2 | II-11 |
| | 2.3.2 Sistem Kendali STR-PID..... | II-13 |
| | 2.3.3 Kendali PID Diskrit | II-17 |
| | 2.4 MATLAB | II-21 |
| | BAB III METODE PENELITIAN | |
| | 3.1 Proses Alur Penelitian..... | III-1 |
| | 3.2 Tahapan Penelitian..... | III-2 |
| | 3.3 Permodelan Matematis <i>Boost Converter</i> | III-3 |
| | 3.4 Verifikasi dan Simulasi Boost Converter | III-4 |
| | 3.5 Skenario Penelitian | III-5 |



| | | |
|-----|---|-------|
| 3.6 | Perancangan Pengendali STR-PID | III-5 |
| 3 | Perancangan Blok Simulink STR-PID | III-8 |
| 3 | Data Penelitian yang Akan Dianalisa | III-9 |

BAB IV HASIL DAN ANALISA

| | | |
|-------|--|------|
| 4 | Gambaran Umum Analisa Sistem | IV-2 |
| 4 | Hasil Pengujian Sistem <i>Boost Converter</i> Secara <i>Open Loop</i> | IV-2 |
| 4.2.1 | Analisa Pengujian Sistem <i>Boost Converter</i> secara <i>Open Loop</i> | IV-4 |
| 4 | Hasil Pengendali STR-PID dalam Mencapai <i>Set Point</i> pada <i>Boost Converter</i> | IV-4 |
| 4.3.1 | Analisa Pengendali STR-PID dalam Pencapaian <i>Setpoint</i> pada <i>Boost Converter</i> | IV-7 |
| 4.4 | Hasil dan Pembahasan Pengendali STR-PID dalam Mengatasi Gangguan Eksternal pada <i>Boost Converter</i> | IV-7 |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

| | | |
|-----|------------------|-----|
| 5.1 | Kesimpulan | V-2 |
| 5.2 | Saran | V-2 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

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

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--|--|-------|
| | 1 Rangkaian <i>Boost Converter</i> [16]..... | II-3 |
| | 2 Rangkaian <i>Boost Converter</i> saat kondisi Sakelar <i>ON</i> | II-3 |
| | 3 Rangkaian <i>Boost Converter</i> saat kondisi Sakelar <i>OFF</i> | II-4 |
| | 4 Rangkaian <i>Boost Converter</i> pada Saat Kondisi <i>State Close</i> [16] | II-4 |
| | 5 Rangkaian <i>Boost Converter</i> Pada Saat Kondisi <i>State Open</i> [16]..... | II-6 |
| | 6 Diagram alur sistem kendali <i>Open Loop</i> | II-10 |
| | 7 Diagram alur sistem kendali <i>Closed Loop</i> [18] | II-10 |
| | 8 Respon Transien Sistem Orde 2[21]. | II-12 |
| | 9 Diagram Blok <i>Self Tunning Regulator</i> (STR)..... | II-14 |
| | 10 Diagram Blok <i>Plant</i> dengan Kendali PID Diskrit | II-19 |
| | 11 Diagram Blok Perhitungan Parameter | II-20 |
| | 12 Tampilan Awal Matlab | II-21 |
| | 3. 1 Diagram Alir Penelitian | III-1 |
| | 3. 2 Hasil Simulasi Rangkaian <i>Open loop Boost Converter</i> pada Rujukan..... | III-4 |
| | 3. 3 Blok <i>Simulink</i> Diagram <i>Open Loop Boost Converter</i> | III-5 |
| | 3. 4 Diagram Blok Kendali STR-PID | III-8 |
| | 4. 1 Blok <i>Simulink</i> Diagram <i>Open Loop Boost Converter</i> | IV-2 |
| | 4. 2 Hasil Simulasi Rangkaian <i>Open loop Boost Converter</i> pada Rujukan..... | IV-2 |
| | 4. 3 Blok <i>Simulink</i> STR-PID pada <i>Boost Converter</i> dalam pencapaian <i>Setpoint</i> | IV-5 |
| | 4. 4 Subsistem Blok Diagram <i>Boost Converter</i> Tanpa Gangguan..... | IV-5 |
| | 4. 5 Hasil Respon STR-PID pada <i>Boost Converter</i> dalam pencapaian <i>setpoint</i> | IV-5 |
| | 4. 6 Blok <i>Simulink</i> STR-PID pada <i>Boost Converter</i> dalam Menangani Gangguan Perubahan Nilai Duty Cycle 0.13 | IV-7 |
| | 4. 7 Hasil Respons Pengendali STR-PID pada <i>Boost Converter</i> dalam Mengatasi Gangguan pada Perubahan Nilai <i>Duty Cycle</i> | IV-8 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|---|---|-------|
| 1 | Pengaruh salah satu parameter PID | II-17 |
| 1 | Nilai-Nilai Parameter dari <i>Boost Converter</i> | III-3 |
| 1 | Respon Sistem Tanpa Pngendali pada <i>Boost Converter</i> | IV-4 |
| 2 | Respon Waktu Sistem Menggunakan Pengendali STR-PID | IV-7 |



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

DAFTAR RUMUS

1. Rumusan Arus Capacitor *State Close Boost Converter*
2. Rumusan Tegangan Induktor *State Close Boost Converter*
3. Persamaan Ruang Keadaan *State Close Boost Converter*
4. Persamaan Tegangan keluaran *State Close Boost Converter*
5. Persamaan Tegangan keluaran *State Open Boost Converter*
6. Rumusan Tegangan Induktor *State Open Boost Converter*
7. Persamaan Ruang Keadaan *State Open Boost Converter*
8. Persamaan Tegangan keluaran *State Open Boost Converter*
9. Fungsi alih persamaan Masukan
10. Fungsi alih persamaan Keluaran
11. Fungsi alih dari persamaan ruang keadaan rata-rata
12. Fungsi Alih *Boost Converter*
13. Persamaan Sistem Orde 2
14. Rumus *Rise Time*
15. Rumus *Settling Time*
16. Rumus *Delay Time*
17. Rumus *Overshoot*
18. Rumus *Error steady state*
19. Persamaan ARMA Orde 2
20. Rumus Transformasi Z
21. Persamaan Transformasi Z
22. *Plant* Orde 2 Transformasi Z
23. *Plant* Orde 2 Transformasi Z
24. Transformasi Bilinier
25. Rumus Umum Model dari Sebuah Proses ELS
26. Rumus Pengestimasian Nilai Parameter
27. Rumus Vektor Regresi
28. Rumus Metode RLS
29. Rumus Metode ELS
30. Rumus Kendali PID
31. Rumus Kendali PID Diskrit
32. Rumus Kendali PID Diskrit dalam Bentuk Transformasi Z
33. Rumus Sinyal Kendali yang Akan Diumpankan ke *Plant*

© Hak cipta dan hak 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 mengutip sumbernya dengan cara yang benar. 2. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penerbitan, atau keperluan lainnya. 3. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 4. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 5. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 6. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 7. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 8. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 9. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 10. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 11. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 12. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 13. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 14. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 15. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 16. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 17. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 18. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 19. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 20. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 21. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 22. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 23. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 24. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 25. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 26. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 27. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 28. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 29. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 30. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 31. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 32. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi. 33. Dilarang mengutip karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk keuntungan pribadi.

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan energi yang saat ini sangat dibutuhkan di Indonesia, energi listrik saat ini menjadi kebutuhan primer atau kebutuhan pokok. Konsumsi listrik terus meningkat seiring dengan meningkatnya akses/elektrifikasi dan pertumbuhan ekonomi[1]. Elektrifikasi di Indonesia mengalami peningkatan selama 6 tahun sebesar 14,85%, dari tahun 2014 sebesar 84,35% menjadi 99,20% ditahun 2020[2]. Di Indonesia sendiri banyak terdapat jenis pembangkit listrik seperti pembangkit listrik tenaga air, banyu/angin, uap dll. Sebagian besar pembangkit listrik yang ada di Indonesia diproduksi oleh PLN yaitu sebesar 43,2 GW (67%) dan *Independent Power Producer (IPP)* sebesar 14,9 GW (23%), sedangkan pembangkit listrik yang dibangkitkan oleh *Private Power Utility (PPU)* dan izin operasi (IO) non BBM masing-masing sebesar 2,4 GW (4%) dan 1,5 GW (6%). Pada tahun 2018, produksi pembangkit listrik mencapai 283,8 TWh yang sebagian besar di produksi oleh pembangkit listrik berbahan bakar batu bara sebesar 56.4%, pembangkit listrik berbahan bakar gas mencapai 20,2% dan BBM hanya 6,3% dan dari EBT mencapai 17,1%[3]. Ketimpangan akses listrik dipulau Jawa dan diluar pulau Jawa memang cukup tinggi, dimana rasio elektrifikasi DKI Jakarta sudah mencapai 99%, sedangkan provinsi-provinsi diluar Jawa, khususnya Indonesia bagian timur, misalnya Nusa Tenggara Timur yang elektrifikasinya masih 88% dan Papua 94%[2]. Ini menandakan pemasokan energi di Indonesia masih belum merata[4].

Energi baru dan Terbarukan (EBT) adalah energi yang berasal dari proses alam yang dapat diisi kembali secara terus menerus dan secara berkelanjutan dapat terus di produksi tanpa harus menunggu jutaan tahun lamanya seperti energi berbasis fosil. Ada beberapa jenis sumber energi terbarukan yang ada di Indonesia meliputi sumber energi surya, sumber energi air dan mikrohidro, sumber energi angin, sumber energi panas bumi, sumber energi gelombang laut, dan sumber energi biomassa[4]. Wilayah NTT elektrifikasinya masih di angka 88%[2], sedangkan di NTT sendiri memiliki potensi tinggi untuk pembangkit listrik tenaga surya, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Arifi Tsarif mengatakan salah satu wilayah yang memiliki potensi energi surya tinggi adalah Nusa Tenggara Timur. Secara teoritis, potensi energi surya di NTT mencapai 6,205 MW dan potensi teknis mencapai 9,931 MW[5].

Sel surya adalah seperangkat alat atau modul yang berfungsi untuk mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik. Photovoltaic biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul sel surya menghasilkan tegangan DC sekitar 10VDC dalam kondisi penyinaran standar, dikarenakan peralatan elektronik dirumah memiliki input tegangan AC maka dibutuhkan inverter untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Namun ada kekurangan dari sel surya, terkadang untuk tegangan yang di hasilkan sel surya lebih rendah dari tegangan yang di butuhkan baterai[6], sehingga dibutuhkan sebuah alat yang mampu menyesuaikan tegangan adalah DC-DC Converter.

DC-DC Converter adalah suatu alat yang menerima tegangan input DC dan mengeluarkan tegangan DC, Tegangan output bisa lebih besar atau sebaliknya[7]. DC-DC converter memiliki 4 kategori dan fungsi yang berbeda-beda, pertama *Buck Converter* untuk menurunkan nilai tegangan output, kedua *Boost Converter* yang berfungsi untuk menaikkan nilai tegangan output, ketiga *Buck Boost Converter* berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan nilai tegangan output pada tegangan sumber yang diberikan, Ke empat *Cuk Converter* berfungsi nilai tegangan yang dihasilkan lebih besar atau lebih kecil dari nilai tegangan input[7]. *Boost Converter* merupakan alat yang berfungsi untuk menaikkan tegangan PLTS sesuai dengan tegangan baterai. Masalah *boost converter* apabila disimulasikan secara *Open Loop* yaitu terdapat *overshoot* dan *error steady state* yang dapat menyebabkan singkatnya umur baterai[8].

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Madhumati N. Narule dan Prof. MC Butale, penelitian ini menyajikan desain simulasi dan implementasi *Boost Converter* yang memanipulasi pengontrol IMC (*Internal Mode Control*) yang berguna untuk mengurangi *overshoot* dan *error steady state*[9]. Namun pada pengendali IMC masih terdapat osilasi sehingga perlu dicari pengendali lain yang mampu menghasilkan tegangan yang stabil dengan *overshoot*, *error steady state*, dan osilasi yang sedikit sehingga efisiensi *Boost Converter* meningkat dan baterai dapat menyimpan energi dengan maksimal.

Untuk mengatasi masalah *overshoot* yang tinggi pada *boost Converter* yang menyebabkan efisiensi berkurang untuk tegangan outputnya, telah dilakukan percobaan pada penelitian sebelumnya dengan menambahkan pengendali pada *boost converter* untuk mengurangi *overshoot* dan *error steady state* sehingga dapat mengoptimalkan hasil tegangan output yang di inginkan. Pengendali yang telah di uji coba atau dipasangkan kepada *boost converter* yaitu pengendali *Proportional Integral Derivative (PID)*. Metode yang dilakukan pada penelitian ini dengan cara

membandingkan Tiga cara mentuning pengendali PID sehingga mendapatkan metode tuning yang untuk boost converter, tiga metode tuning yang dibandingkan adalah Ziegler-Nichols, Damped Oscillation, dan good gain. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil pengontrol PID Ziegler-Nichol memiliki waktu naik yang lebih cepat dan waktu penyelesaian 1,5ms diikuti oleh Damped Oscillation dengan 2ms. Diamati bahwa ketiga pengontrol tidak memiliki overshoot saat set point berubah menjadi 10V, Ziegler-Nichol memiliki overshoot tertinggi 65,5% dan Damped Oscillation memiliki overshoot terendah sebesar 58%. Set point lainnya ditingkatkan menjadi 15V, Ziegler-Nichol memiliki overshoot tertinggi sebesar 70,7% dan Damped Oscillation masih memiliki overshoot terendah sebesar 34%. Juga diamati bahwa metode Good Gain juga memiliki overshoot yang cukup rendah dibandingkan dengan Ziegler-Nichol. Di antara ketiga metode tersebut, metode osilasi yang dibasahi menunjukkan waktu naik yang cukup cepat dengan nilai overshoot yang lebih rendah untuk mengatur set point[10].

Pada penelitian lain yang telah di uji coba yaitu pengontrol tegangan PID berbasis Linear Quadratic Regulator (LQR) untuk photovoltaic sistem, pengontrol yang digunakan untuk secara efisien menyesuaikan titik operasi yang ditentukan oleh algoritma Maximum Power Point Tracking (MPPT) untuk menyesuaikan titik operasi modul PV agar sesuai dengan titik daya maksimum, MPPT mencakup dalam efisiensi, kinerja dinamis, dan kecepatan pelacakan. MPPT menyesuaikan titik operasi sistem melalui kontrol langsung siklus kerja konverter DC atau dengan menggunakan pengontrol PID yang disetel Linear Quadratik Regulator (LQR) yang dihubungkan dengan boost converter. Pengontrolan meningkatkan efisiensi MPPT dengan mengurangi waktu elektifikasi dan menghindari overshoot dan error steady state. Dari hasil yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya masih terdapat error steady state yang cukup tinggi dan set point yang ditetapkan masih bergantung pada aksi MPPT[11]. Belum bisa digunakan untuk penyimpanan pada baterai karena baterai memiliki nilai yang konstan.

Pada penelitian lain yang berjudul “Adaptif Self Tuning Regulator-Prportional Integral Derivative (STR-PID) Pengendalian Temperatur Pada Annealing Lehr” menceritakan tentang permasalahan dalam proses pembuatan kaca, yang sering terjadi kegagalan dan tidak lulus uji kualifikasi yang disebabkan oleh tidak padat, retak, bergelembung. Hal ini dikarenakan tidak akuratnya pengendalian tempratur saat proses pemanasan (heating) maupun ketika dalam pendinginan (cooling), yang menyebabkan perubahan nilai parameter yang tidak sebanding

bahan kaca. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan pengendali STR-PID untuk mengendalikan perubahan suhu, agar kaca dapat terbentuk dengan sempurna dan kualitas yang diinginkan. STR memakai metode *Extended Least Square* ELS merupakan modifikasi dari *Recursive Least Squares* (RLS). RLS adalah algoritma dengan kecepatan konvergensi yang lebih cepat dan tingkat kesalahan yang lebih rendah, tetapi algoritma RLS ini memiliki waktu yang terbatas saat proses penyetelan, jadi selama catu daya masih valid, proses penyetelan dapat diselesaikan dalam waktu yang tidak terbatas, dan kemudian dimodifikasi. algoritma perkiraan. *Extended least squares* (ELS), dari hasil penelitian ini, STR-PID tampaknya mampu mencapai nilai set yang dibutuhkan $error\ steady\ state = 0, overshoot = 0\%$ [12].

Dari hasil literatur review yang telah dibaca, pengendali STR-PID cukup handal dalam mengurangi respon transien, dan juga mampu mengendalikan sistem Nonlinier, dan juga mampu menuning secara otomatis nilai parameter PID ketika terjadi masalah pada sistem, oleh sebab itu penulis ingin menggunakan pengendali STR-PID untuk mengendalikan tegangan keluaran pada *Boost converter* dalam mengurangi *error steady state* yang dihasilkan oleh sistem *open loop*.

Rumusan Masalah

Untuk memperjelas arah dari penelitian ini maka disusunlah permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang kendali STR-PID untuk pengendalian tegangan keluaran pada *Boost Converter* yang terdapat *error steady state*?
2. Bagaimana merancang kendali STR-PID untuk pengendalian tegangan keluaran pada *Boost Converter* yang terdapat *Overshoot*?
3. Bagaimana cara menjaga tegangan keluaran yang diinginkan agar tetap stabil apabila terjadi perubahan *duty cycle* yang disebabkan oleh perubahan *duty cycle* yang berasal dari PV?

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan skema pengendali STR-PID yang dapat meminimalisir adanya *error steady state, overshoot*, dan mendapatkan sistem *Boost Converter* yang mampu mempertahankan *setpoint* ketika sistem diberikan gangguan.
2. Menganalisis kinerja dan keandalan hasil desain berdasarkan parameter respons waktu dan kestabilan.

Batasan Penelitian

Agar membahas terhadap penelitian ini tidak melebar, penulis membatasi penelitian ini sebagai berikut :

1.4.1. Ditarangin model *plant* pengontrolan *boost converter* berdasarkan model matematis dari artikel [9].

1.4.2. Ditarangin pengontrolan atau pengendali yang digunakan yaitu STR-PID dengan pendekatan struktur model ARMA orde 2.

1.4.3. Ditarangin algoritma waktu pada STR yang digunakan adalah ELS.

1.4.4. Ditarangin aplikasi/software yang digunakan yaitu Matlab R2010a.

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1.5.1. Sebagai sumber referensi maupun informasi bagi pembaca maupun sebagai penelitian berikutnya.

1.5.2. Sebagai referensi untuk penerapan alat elektronik lainnya.

1.5.3. Menyajikan sketsa dan informasi mengenai desain pengendali STR-PID.

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

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terkait

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Madhumati N. Narule dan Prof. MC Butale, penelitian ini menyajikan desain simulasi dan implementasi *Boost Converter* yang memanipulasi pengendali IMC (*Internal Mode Control*) yang berguna untuk mengurangi *overshoot* dan *error steady state*[9]. Namun pada pengendali IMC masih terdapat osilasi sehingga perlu dicari pengendali lain yang mampu menghasilkan tegangan yang stabil dengan *overshoot*, *error steady state*, dan osilasi yang sedikit sehingga efisiensi *Boost Converter* meningkat dan baterai dapat menyimpan energi dengan maksimal.

Untuk mengatasi masalah *overshoot* yang tinggi pada *boost Converter* yang menyebabkan efisiensi berkurang untuk tegangan outputnya, telah dilakukan percobaan pada penelitian sebelumnya dengan menambahkan pengendali pada *boost converter* untuk mengurangi *overshoot* dan *error steady state* sehingga dapat mengoptimalkan hasil tegangan output yang diinginkan. Pengendali yang telah di uji coba atau dipasangkan kepada *boost converter* yaitu pengendali *Proportional Integral Derivative* (PID). Metode yang dilakukan pada penelitian ini dengan cara membandingkan Tiga cara mentuning pengendali PID sehingga mendapatkan metode tuning yang baik untuk *boost converter*, tiga metode tuning yang dibandingkan adalah Ziegler-Nichols, *Damped Oscillation*, dan *good gain*. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil pengontrol PID Ziegler-Nichol memiliki waktu naik yang lebih cepat dan waktu penyelesaian 1,5ms diikuti oleh *Damped Oscillation* dengan 2ms. Diamati bahwa ketiga pengontrol tidak memiliki overshoot saat *step up* tetapi ketika *set point* berubah menjadi 10V, Ziegler-Nichol memiliki overshoot tertinggi sebesar 65,5% dan *Damped Oscillation* memiliki overshoot terendah sebesar 58%. Set point selanjutnya ditingkatkan menjadi 15V, Ziegler-Nichol memiliki overshoot tertinggi sebesar 70,7% dan *Damped Oscillation* masih memiliki overshoot terendah sebesar 34%. Juga diamati bahwa metode *Good Gain* juga memiliki overshoot yang cukup rendah dibandingkan dengan Ziegler-Nichol. Di antara ketiga metode tersebut, metode osilasi yang dibasahi menunjukkan waktu naik dan menetap yang cukup cepat dengan nilai overshoot yang lebih rendah untuk mengatur perubahan *set point*[10].

Pada penelitian lain yang telah di uji coba yaitu pengontrol tegangan PID berbasis LQR untuk photovoltaic sistem, pengontrol yang digunakan untuk secara efisien menyesuaikan titik

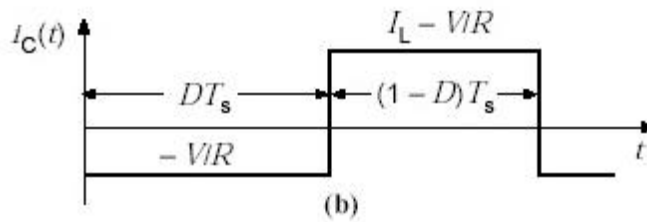
yang ditentukan oleh algoritma *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) untuk menyesuaikan titik operasi modul PV agar sesuai dengan titik daya maksimum, MPPT mencakup efisiensi, kinerja dinamis, dan kecepatan pelacakan. MPPT menyesuaikan titik operasi melalui kontrol langsung siklus kerja konverter DC atau dengan menggunakan pengontrol yang disetel *Linear Kuadrat Regulator* (LQR) yang dihubungkan dengan *boost converter*. Hal ini meningkatkan efisiensi MPPT dengan mengurangi waktu pelacakan dan meminimalkan *overshoot* dan *error steady state*. Dari hasil yang telah dilakukan oleh peneliti yang didapatkan masih bergantung pada aksi MPPT[11]. Belum bisa digunakan untuk menyimpan pada baterai, karena baterai memiliki nilai yang konstan.

Pada penelitian lain yang berjudul “Adaptif STR-PID Pengendalian Temperatur Pada *Annealing Rehr*” menceritakan tentang permasalahan dalam proses pembuatan kaca, yang sering terjadi kegagalan dan tidak lulus uji kualifikasi yang disebabkan oleh tidak padat, retak, dan melembung. Hal ini dikarenakan tidak akuratnya pengendalian temperatur saat proses pemanasan (*heating*) maupun ketika dalam pendinginan (*cooling*), yang menyebabkan perubahan nilai parameter yang tidak sebanding dengan bahan kaca. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan pengendali STR-PID untuk mengendalikan perubahan suhu, agar kaca dapat terbentuk dengan sempurna dan kualitas yang diinginkan. STR memakai metode *Extended Least Square* ELS merupakan modifikasi dari *Recursive Least Squares* (RLS). RLS adalah algoritma dengan kecepatan konvergensi yang lebih cepat dan tingkat kesalahan yang lebih rendah, tetapi algoritma ini memiliki waktu yang terbatas saat memproses penyetelan, jadi selama catu daya masih valid, proses penyetelan dapat diselesaikan dalam waktu yang tidak terbatas, dan kemudian dimodifikasi algoritma perkiraan. *Extended least squares* (ELS), dari hasil penelitian ini, STR-PID tampaknya mampu mencapai nilai set yang dibutuhkan, $steady\ state\ error = 0$, $overshoot = 0\%$ [12]

Pada penelitian lain yang telah dilakukan oleh Halim Mudia, Ir. Rusdiyanto Effendie, dan Ika Iskandar yang berjudul *Perancangan dan Implementasi Kontroler PID Adaptif pada Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa*. Motor Induksi merupakan motor penggerak yang paling banyak digunakan dibidang industri. Dengan kemajuan dan perkembangan dibidang mikrokontroler, mikrokomputer, dan teori kontrol yang mempermudah operasi dan kinerja dari motor induksi sehingga dapat menggantikan peran motor DC sebagai penggerak elektrik. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan pengendali STR-PID untuk pengaturan kecepatan motor

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

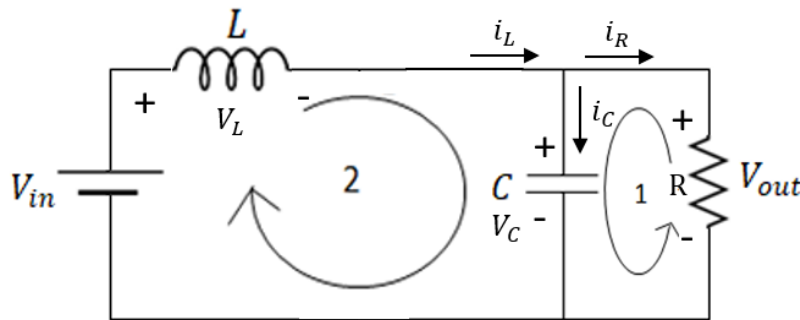
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Tidak diperjualbelikan atau digunakan untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan disertasi, atau untuk keperluan lain.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 3 Rangkaian *Boost Converter* saat kondisi Sakelar *OFF*

Model Matematis *Boost Converter*

Boost Converter berkerja dalam dua cara, yaitu ketika berada dalam kondisi *State close* dan *state Open*. Saat *State Open*, *switch* berada dalam kondisi keadaan terbuka, sehingga arus yang disimpan didalam induktor (*L*), disalurkan menuju ke beban lalu ke dioda sehingga dioda terhubung karena dalam keadaan kondisi *forward bias*.



Gambar 2. 4 Rangkaian *Boost Converter* pada Saat Kondisi *State Open*[7]

Pada gambar 2.4 Rangkaian *Boost Converter* pada Saat Kondisi *State Open* berlaku *Kirchoff's Voltage Law* yang berbunyi, "Dalam setiap loop tertutup dalam rangkaian, jumlah aljabar dari tegangan (yaitu produk arus dan resistansi) yang diambil di sekitar loop sama dengan resultan gg yang bertindak dalam lingkaran itu", sehingga persamaanya sebagai berikut.

$$I_R R - I_C R_C - V_C = 0$$

$$\Delta V_C = I_R R - I_C R_C$$

$$R(i_L - i_C) - i_C R_C - V_C = 0$$

$$Ri_L - Ri_C - i_C R_C - V_C = 0$$

$$Ri_L - i_C(R + R_C) - V_C = 0$$

$$i_C(R + R_C) = Ri_L - V_C$$

$$i_C = \frac{Ri_L - V_C}{R + R_C}$$

$$i_C = C \frac{dV_C}{dt} = \frac{Ri_L - V_C}{R + R_C}$$

$$\frac{dV_C}{dt} = \frac{Ri_L - V_C}{(R + R_C)C} \quad (2.1)$$

$$\begin{aligned} V_{in} &= i_L R_L + V_L + i_C R_C + V_C \\ V_m &= i_L R_L + L \frac{di_L}{dt} + i_C R_C + V_C \\ L \frac{di_L}{dt} &= V_{in} - i_L R_L - i_C R_C - V_C \\ L \frac{di_L}{dt} &= V_{in} - i_L R_L - \left(\frac{Ri_L - V_C}{R + R_C} \right) R_C - V_C \\ L \frac{di_L}{dt} &= V_{in} - i_L R_L - \frac{R_C Ri_L}{R + R_C} + \frac{V_C R_C}{R + R_C} - V_C \\ L \frac{di_L}{dt} &= V_{in} - i_L \left(R_L + \frac{R_C R}{R + R_C} \right) + \left(\frac{R_C}{R + R_C} - 1 \right) V_C \\ \frac{di_L}{dt} &= \frac{V_{in}}{L} - \frac{i_L}{L} \left(R_L + \frac{R_C R}{R + R_C} \right) + \frac{1}{L} \left(\frac{R_C}{R + R_C} - \frac{R + R_C}{R + R_C} \right) V_C \\ \frac{di_L}{dt} &= \frac{V_m}{L} - \frac{1}{L} \left(R_L + \frac{R_C R}{R + R_C} \right) i_L - \frac{1}{L} \left(\frac{R}{R + R_C} \right) V_C \end{aligned} \quad (2.2)$$

Dari persamaan 2.1 dan 2.2 maka persamaan ruang keadaannya, sebagai berikut.

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_L \\ V_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} - \left(\frac{R_L}{L} + \frac{R R_C}{(R + R_C) L} \right) & - \frac{R}{(R + R_C) L} \\ \frac{R}{(R + R_C) C} & - \frac{1}{(R + R_C) C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ V_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{in} \\ V_D \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Pada persamaan tegangan keluaran V pada kondisi open didapat dari.

$$\begin{aligned} V &= i_R R \\ V &= (i_L - i_C) R \\ V &= \left(i_L - \frac{Ri_L - V_C}{R + R_C} \right) R \\ V &= \left(i_L \frac{R + R_C}{R + R_C} - \frac{Ri_L - V_C}{R + R_C} \right) R \\ V &= \frac{R R_C}{R + R_C} i_L + \frac{R}{R + R_C} V_C \end{aligned} \quad (2.4)$$

sehingga persamaan ruang keadaannya sebagai berikut.

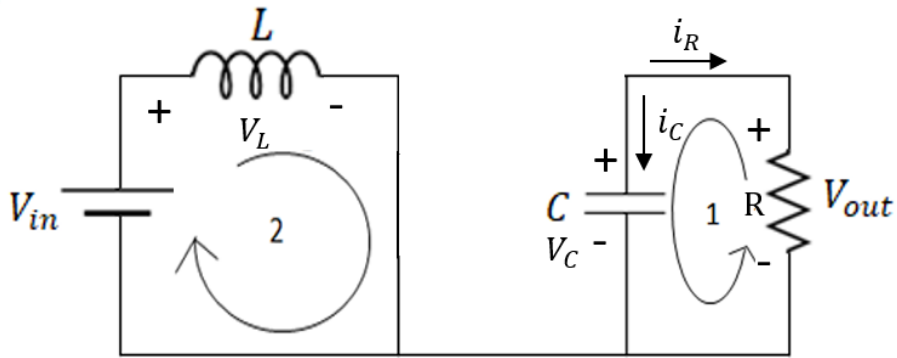
$$V = \begin{bmatrix} \frac{R R_C}{R + R_C} & \frac{R}{R + R_C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ V_C \end{bmatrix}$$

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



Gambar 2. 5 Rangkaian *Boost Converter* Pada Saat Kondisi *Close*[7]

Pada gambar 2.5 rangkaian *boost converter* pada saat kondisi *close*, MOSFET dalam kondisi *ON* dioda menjadi *reverse bias* sehingga arus induktor dalam kondisi *charging*. Pada kondisi ini induktor akan menyimpan energi listrik[14].

Berdasarkan *kirchoff Voltage Law* maka persamaanya menjadi,

$$V_L = V_{in} - I_L R_L$$

$$\text{Jika : } V_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L}{dt} = - \left[\frac{R_L}{L} \right] i_L + \frac{V_{in}}{L} \quad (2.5)$$

$$V_O = -V_C - i_c R_c$$

$$i_c R = -V_C - i_c R_c$$

$$i_c (R + R_c) = -V_C$$

$$i_c = - \frac{V_C}{R + R_c}$$

$$C \frac{dV_C}{dt} = \frac{-V_C}{R + R_c}$$

$$\frac{dV_C}{dt} = \frac{-V_C}{(R + R_c)C} \quad (2.6)$$

Dari persamaan (2.1) dan (2.2) persamaan ruang keadaannya, sebagai berikut.

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_L \\ V_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_L}{L} & 0 \\ 0 & \frac{-1}{(R + R_c)C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ V_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{in} \\ V_D \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Persamaan tegangan keluaran V pada saat kondisi terhubung didapat dari.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
 HAK Cipta Diindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 3. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Di larang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 2. Di larang mengutip hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 3. Di larang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Persamaan tegangan keluaran V pada kondisi *close* didapat dari.

$$\begin{aligned}
 V &= i_R R \\
 V &= (i_L - i_C) R \\
 V &= \left(i_L - \frac{R i_L - V_C}{R + R_C} \right) R \\
 V &= \left(i_L \frac{R + R_C}{R + R_C} - \frac{R i_L - V_C}{R + R_C} \right) R
 \end{aligned}$$

pada saat kondisi *close* arus induktor bernilai nol karena dioda tidak terhubung sehingga persamaan tegangan keluarannya menjadi.

$$V = \frac{R}{R + R_C} V_C \tag{2.8}$$

Sehingga persamaan ruang keadaannya sebagai berikut.

$$V = \begin{bmatrix} 0 & \frac{R}{R + R_C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ V_C \end{bmatrix}$$

Persamaan matriks ruang keadaan rata-rata (*state space averaged equation*) Boost converter dari Dua kondisi yaitu kondisi *ON* dan *OFF* dapat ditulis dengan.

$$\begin{aligned}
 \dot{x} &= Ax + Bu \\
 y &= C^T x
 \end{aligned}$$

di mana,

$$\begin{aligned}
 & DA_1 + (1 - D)A_2 \\
 & \begin{bmatrix} \frac{-DR_L}{L} & 0 \\ 0 & -D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ V_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\left(\frac{R_L}{L} + \frac{RR_C}{(R + R_C)L}\right)(1 - D) & -\frac{R(1 - D)}{(R + R_C)L} \\ \frac{R(1 - D)}{(R + R_C)C} & -\frac{(1 - D)}{(R + R_C)C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} \\
 & = \begin{bmatrix} \frac{-DR_L}{L} & 0 \\ 0 & -D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\left(\frac{R_L}{L} + \frac{RR_C}{(R + R_C)L}\right) + \left(\frac{R_L D}{L} - \frac{RR_C D}{(R + R_C)L}\right) & -\frac{R + DR}{(R + R_C)L} \\ \frac{R - RD}{(R + R_C)C} & \frac{-1 + D}{(R + R_C)C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} \\
 & = \begin{bmatrix} \frac{-R_L}{L} & \frac{RR_C}{(R + R_C)L} \\ \frac{R(1 - D)}{(R + R_C)C} & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} \\
 & = DB_1 + (1 - D)B_2
 \end{aligned}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.
 2. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.
 2. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\begin{bmatrix} 1-D \\ L \\ 0 \end{bmatrix} V_{in} = \begin{bmatrix} I \\ L \\ 0 \end{bmatrix} V_{in}$$

$$\begin{bmatrix} D \\ R+R_c \\ R_c(1-D) \\ R+R_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} RR_c(1-D) \\ R+R_c \\ R \\ R+R_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix}$$

alihkan dari persamaan ruang keadaan rata-rata *Boost Converter* Jika persamaan ini diubah dalam bentuk *laplace* akan menjadi.

$$X = AX + BU$$

$$sX(s) = AX(s) + BU(s)$$

$$X(s)[SI - A] = BU(s)$$

$$X(s) = [SI - A]^{-1}BU(s) \tag{2.9}$$

posisi Alih Persamaan Keluarannya.

$$y = C^T x$$

$$Y(s) = C^T X(s) \tag{2.10}$$

pada *Boost converter* disubstitusikan dengan persamaan (2.5) dan (2.6) didapatkan.

$$Y(s) = C^T [SI - A]^{-1}BU(s) \tag{2.11}$$

ada sistem *Boost Converter* persamaannya..

$$A]^{-1} \begin{bmatrix} s & 0 \\ 0 & s \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -R_L & RR_c(1-D) & -R(1-D) \\ L & (R+R_c)L & (R+R_c)L \\ R(1-D) & -1 & \\ (R+R_c)C & (R+R_c)C \end{bmatrix}^{-1}$$

$$SI - A]^{-1} \begin{bmatrix} S + \frac{R_L}{L} + \frac{RR_c(1-d)}{(R+R_c)L} & \frac{R(1-D)}{(R+R_c)L} \\ -\frac{R(1-D)}{(R+R_c)C} & S + \frac{1}{(R+R_c)C} \end{bmatrix}^{-1}$$

$$SI - A]^{-1} \begin{bmatrix} \frac{S(R+R_c)L + R_L(R+R_c) + RR_c(1-d)}{(R+R_c)L} & \frac{R(1-D)}{(R+R_c)L} \\ -\frac{R(1-D)}{(R+R_c)C} & \frac{S(R+R_c)C + 1}{(R+R_c)C} \end{bmatrix}^{-1}$$

$$SI - A]^{-1} \frac{1}{\left(\frac{S(R+R_c)L + R_L(R+R_c) + RR_c(1-d)}{(R+R_c)L} \right) \left(\frac{S(R+R_c)C + 1}{(R+R_c)C} \right) - \left(\frac{-R(1-D)}{LC(R+R_c)^2} \right)^1}$$

$$\begin{aligned}
 & \left[\frac{S(R+R_C)C+1}{(R+R_C)C} \quad \frac{R(1-D)}{(R+R_C)L} \right] \\
 & \left[\frac{R(1-D)}{(R+R_C)C} \quad \frac{S(R+R_C)L+R_L(R+R_C)+RR_C(1-D)}{(R+R_C)L} \right] \\
 & \frac{LC(R+R_C)^2}{(R+R_C)^2LC+S(R+R_C)(L+R_LC(R+R_C)+CRR_C(1-D))+R_L(R+R_C)+RR_C(1-D)+(R(1-D))^2} \\
 & \left[\frac{S(R+R_C)C+1}{(R+R_C)C} \quad \frac{R(1-D)}{(R+R_C)L} \right] \\
 & \left[\frac{R(1-D)}{(R+R_C)C} \quad \frac{S(R+R_C)L+R_L(R+R_C)+RR_C(1-D)}{(R+R_C)L} \right] \\
 & A]^{-1} \left[\frac{(R+R_C)}{P(s)} \left[\begin{array}{cc} LC_S(R+R_C)+L & -RC(1-D) \\ LR(1-D) & LC_S(R+R_C)+R_LC(R+R_C)+CRR_C(1-D) \end{array} \right] \right] \\
 & \frac{V_{in}}{(R+R_C)} [RR_C(1-D)R] \frac{R+R_C}{P(s)} \left[\begin{array}{cc} LC_S(R+R_C)+L & -CR(1-D) \\ LR(1-D) & LC_S(R+R_C)+R_LC(R+R_C)+CRR_C(1-D) \end{array} \right] \begin{bmatrix} 1 \\ L \\ 0 \end{bmatrix} \\
 & = \frac{V_{in}}{P(s)} [RR_C(1-D) \quad R] \begin{bmatrix} C_S(R+R_C)+1 \\ R(1-D) \end{bmatrix} \\
 & = \frac{(V_{in})RR_C(1-D)(C_S(R+R_C)+1)+R^2(1-D)}{P(s)} \\
 & = \frac{R(1-D)(R_C C_S(R+R_C)+(R_C+R))}{P(s)} \\
 & \frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{R(1-D)(R_C C_S(R+R_C)+(R_C+R))}{LC(R+R_C)^2 s^2 + s(R+R_C)(C(R_L+RR_C(1-D))+L)+R_L(R+R_C)+R(1-D)(R_C+R(1-D))} \quad (2.12)
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan perubahan *duty cycle* yang disebabkan oleh perubahan tegangan input dapat dicari dengan persamaan berikut[7].

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1-D} \quad (2.13)$$

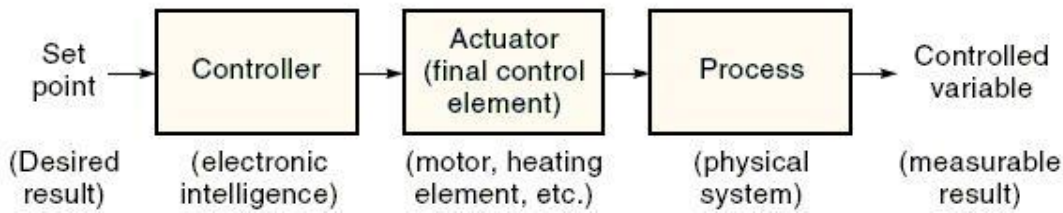
3 Sistem Kendali

Sistem kendali adalah proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (*Variabel*) atau parameter sehingga berada pada suatu harga atau *range* tertentu. Contoh

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengizinkan dan menggunakan gambar atau sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

parameter fisik, adalah tekanan (*pressure*), aliran (*flow*), suhu (*temperature*), tekanan (*level*), pH, kepadatan (*Viscosity*), kecepatan (*velocity*), dan lain-lain[15].

Dalam pengendaliannya, sistem kendali mempunyai tujuan khusus untuk mengendalikan variabel proses. Singkatnya, alur kerja sistem kontrol dimulai dengan memberikan titik setel ke sistem sebagai sinyal input, yang berasal dari pembacaan sensor atau perintah langsung dari operator. Kemudian kontroler memproses sinyal input untuk mendapatkan sinyal kontrol. Kemudian sinyal kontrol diteruskan ke aktuator untuk memanipulasi variabel proses untuk mendapatkan dengan variabel yang dibutuhkan. Sederhananya, diagram alir sistem kontrol dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut[16].

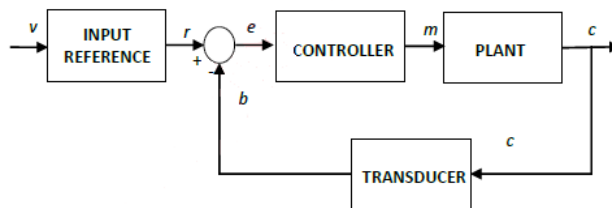


Gambar 2. 6 Diagram alur sistem kendali *Open Loop*

Dari gambar Diagram alur sistem kendali *open loop* diatas merupakan sistem kendali *Open Loop* memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Tidak terdapat proses pengukuran
2. Variabel yang dikontrol tidak mempengaruhi aksi pengontrolan
3. Banyak didasari oleh waktu atau urutan proses
4. Kurang akurat, lebih stabil, murah[15].

Ada juga sistem kendali *closed loop* yang dikenal umpan balik seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2. 7 Diagram alur sistem kendali *Closed Loop*[15]

Dari gambar 2.7 Diagram alur sistem kendali *Closed Loop Control System* mempunyai karakteristik sebagai berikut:

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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Jilid yang melanggar ketentuan di atas sebagaimana disebutkan dalam peraturan perundang-undangan di bidang hak cipta akan dikenakan sanksi pidana penjara dan denda.
 2. Penyalinan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

terdapat proses pengukuran.

variabel yang dikontrol mempengaruhi aksi pengontrolan (feed back).

lebih akurat, dapat terjadi ketidakstabilan.

Mahaf [15].

Bah-istilah yang sering dipakai dalam sistem kendali :

Sistem (system) adalah gabungan dari beberapa komponen yang bekerja secara bersama-sama untuk membentuk suatu obyek tertentu.

Variabel terkontrol (controlled variable) adalah suatu besaran (quantity) atau kondisi (*condition*) yang terukur dan terkontrol. Pada keadaan normal merupakan keluaran dari sistem. d. Kontrol (control) – mengatur, artinya mengukur nilai dari variabel terkontrol dari sistem dan mengaplikasikan variabel termanipulasi pada sistem untuk mengoreksi atau mengurangi deviasi yang terjadi terhadap nilai keluaran yang dituju.

Plant (*Plant*) adalah sesuatu obyek fisik yang dikontrol.

Proses (*process*) adalah sesuatu operasi yang dikontrol. Contoh: proses kimia, proses ekonomi, proses biologi, dll.

Gangguan (*disturbance*) adalah sinyal yang mempengaruhi terhadap nilai keluaran sistem.

Kontrol umpan balik (feedback control) adalah operasi untuk mengurangi perbedaan antara keluaran sistem dengan referensi masukan.

Kontroler (*controller*) adalah suatu alat atau cara untuk modifikasi sehingga karakteristik sistem dinamik (*dynamic system*) yang dihasilkan sesuai dengan yang kita kehendaki.

Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk mengukur keluaran sistem dan menyatakannya dengan sinyal masukan sehingga bisa dilakukan suatu operasi hitung antara keluaran dan masukan.

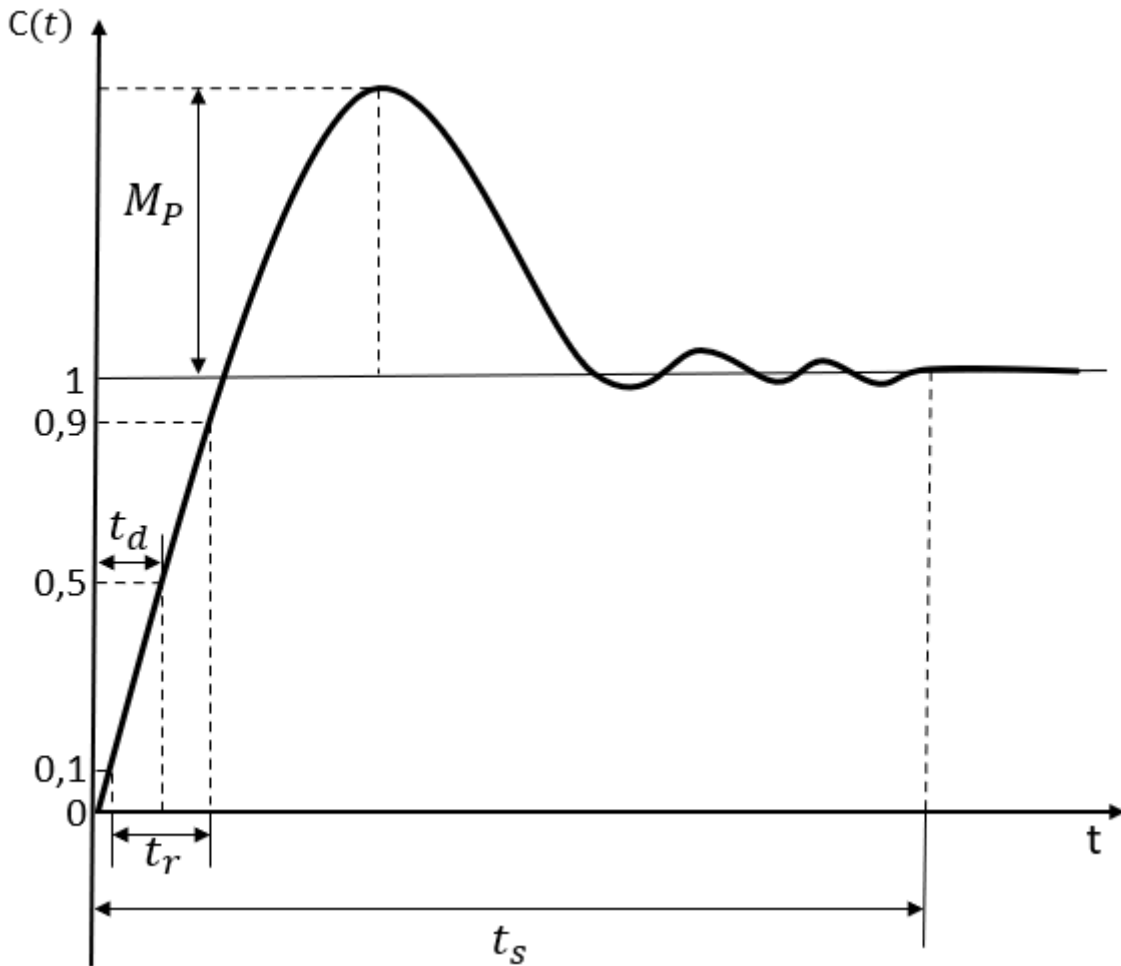
9. Aksi kontrol (control action) adalah besaran atau nilai yang dihasilkan oleh perhitungan kontroler untuk diberikan pada plant (pada kondisi normal merupakan variabel termanipulasi)[17].

3.1 Sistem Orde 2

Sistem orde 2 umumnya digambarkan dalam bentuk persamaan berikut.

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{K}{\omega_n^2 s^2 + \frac{2\zeta\omega_n}{\omega_n} s + 1} \quad (2.14)$$

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



Gambar 2. 8 Respon Transien Sistem Orde 2[17].

Dari gambar 2.8 Respon transien sistem orde 2 tolak ukur dari dan tanggapan orde 2 antara lain.

1. Rise time (t_r):

Waktu yang diperlukan sistem dari 5-95% keadaan *steady state*.

$$t_r = (10\% - 90\%) \times \text{steadystate} \tag{2.15}$$

2. Settling Time (t_s):

Waktu yang diperlukan sistem untuk naik dan menetap di sekitar keadaan *steady state*.

Biasanya ditentukan harga 5% atau 2% dari respon *steady state*.

t_s (2%) mendekati *set point* untuk mencapai konstan. (2.16)

3. *Delay Time* (t_d):

Waktu yang diperlukan sistem dari keadaan awal hingga 50% dari keadaan *steady state*

$$t_d = 50\% \times \text{steady state} \quad (2.17)$$

4. *Overshoot* (M_p):

Nilai relatif yang menyatakan perbandingan harga maksimum respon yang melampaui harga *steady state* dibanding dengan nilai *steady state*.

$$\%M_p = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)} \times 100\% \quad (2.18)$$

5. *Error steady state*

Selisih nilai akhir dengan *set point*[17].

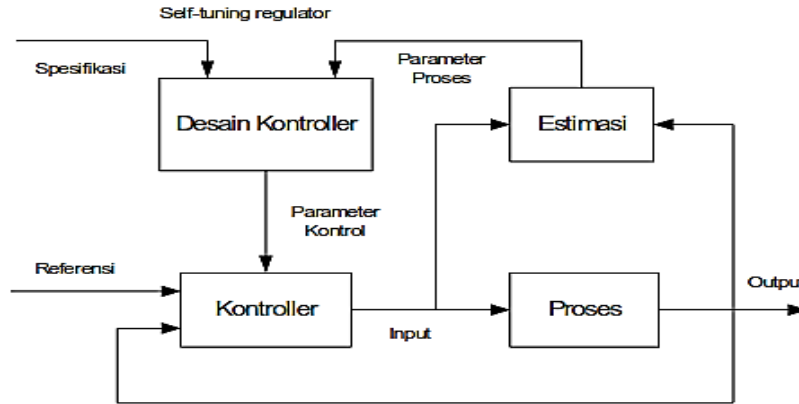
$$e_{ss} = R_{ss} - C_{ss} \quad (2.19)$$

3.2 Sistem Kendali STR-PID

Self Tuning Regulator (STR) merupakan kontrol adaptif, dimana adaptasi itu sendiri adalah pengaturan, memiliki algoritma untuk mengubah nilai parameter atau struktur kontrol, algoritma ini mengikuti perubahan parameter rencana, sehingga sistem yang dikendalikan Tetap dalam keadaan yang diinginkan[18].

STR terdiri atas beberapa bagian, yaitu: Blok *Estimator* yang berfungsi mempresentasikan proses estimasi parameter secara langsung dengan menggunakan metode *Extended Least Square*. Blok *Controller Design* yang berfungsi mempresentasikan penyelesaian langsung untuk desain blok kendali terbaru sesuai kondisi saat itu atau *real time*. Terakhir pada blok *controller* berfungsi untuk menghitung aksi kendali yang akan diberikan kepada objek dengan parameter kendali yang telah dihitung pada blok sebelumnya. Sehingga sistem dapat disebut sebagai otomasi proses *modeling* (*estimation*) dan *design*. Yang mana model dari proses dan desain kendali diperbarui setiap saat atau *real time*.

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



Gambar 2. 9 Diagram Blok *Self Tunning Regulator* (STR)[18].

Blok diagram yang ditunjukkan pada gambar 2.9 Diagram blok *self tuning regulator* mempunyai banyak pilihan yang dapat digunakan untuk model dan struktur dari sistem kendali adaptif. Pada Tugas Akhir ini, struktur model plant akan menggunakan ARMA orde 2 dengan proses diestimasi menggunakan algoritma ELS.

a) ARMA (Auto Regressive Moving Average)

ARMA (*Auto Regressive Moving Average*) merupakan sebuah pendekatan struktur orde dua [16] yang mengubah *plant* yang memiliki sistem *continue* (s) menjadi diskrit (z) [17]. Dimana modelan diskrit harus memenuhi ketentuan sesuai aturan yang berlaku pada ARMA orde dua, yaitu:

$$y(k) = -a_1y(k-1) - a_2y(k-2) \dots - a_ny(k-n_a) + b_0x(k-d) + \dots + b_{n_b}x(k-d-n_b) \quad (2.20)$$

dengan transformasi Z diperoleh:

$$(a_0 + a_1z^{-1} + a_{n_A}z^{-n_A})y(z) = (b_0z^{-d} + \dots b_{n_B}z^{-d-n_B})x(z) \quad (2.21)$$

Maka Persamaan transform Z:

$$\frac{y(z)}{X(z)} = \frac{z^{-d}(b_0 + \dots + b_{n_B}z^{-n_B})}{a_0 + a_1z^{-1} + a_a z^{-n_A}} \quad (2.22)$$

sedangkan untuk *plant* orde 2 menjadi:

$$\frac{y(z)}{x(z)} = \frac{z^{-1}(b_0 + b_1z^{-1})}{a_0 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2}} \quad (2.23)$$

$$\frac{y(z)}{x(z)} = \frac{b_0z^{-1} + b_1z^{-2}}{1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2}} \quad (2.24)$$

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

Untuk mengubah nilai *Transfer Function plant* ke persamaan transformasi Z menggunakan transformasi bilinear berikut:

$$\frac{2}{T_s} \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \quad (2.25)$$

Untuk penentuan nilai T_s (*time sampling*) pada transformasi bilinear harus mengikuti Teorema berikut, berikut : $\frac{t_r}{10} \leq T_s \leq \frac{t_r}{2}$ dan $T_s < t_d$.

b) ELS (Extended Least Square)

Dalam kontrol STR, diperlukan proses identifikasi sistem, dan identifikasi sistem adalah proses identifikasi yang menentukan pemodelan matematis sistem. Algoritma *Recursive Least Squares* (RLS) digunakan untuk mengidentifikasi kontrol STR. RLS merupakan metode estimasi untuk identifikasi parameter, yang membuat sistem menjadi adaptif. Estimasi akan diproses secara *real time*, dan input dan output dari pabrik akan digunakan untuk algoritma estimasi [18]. Algoritma RLS memiliki kecepatan konvergensi yang lebih cepat dan kesalahan yang lebih sedikit. Pada prinsipnya metode ini menghitung parameter yang tidak diketahui dari model matematika, dan memilih parameter dengan meminimalkan kuadrat antara nilai pengamatan yang sebenarnya dan keluaran yang diestimasi dan menentukan nilai bobot tingkat akurasi dari parameter yang akan diestimasi. Kriteria dari RLS berbentuk kuadratik, sehingga solusi analitik dari masalah RLS akan diperoleh sepanjang parameter yang diukur adalah linear. Pada sistem kendali adaptif pengamatan data diproses secara *real time*, oleh sebab itu sangat tepat untuk estimasi parameter secara *real time*.

Secara umum model dari sebuah proses dapat ditulis sebagai berikut:

$$G_p(z^{-1}) = \frac{z^{-d} N(z^{-1})}{D(z^{-1})} \quad (2.26)$$

Dimana d adalah *time delay* $n \geq m + d$

$$G_p(z^{-1}) = \frac{z^{-d} N(z^{-1})}{D(z^{-1})}$$

$$N(z^{-1}) = \beta_0 + \beta_1 z^{-1} + \dots + \beta_m z^{-m} a$$

$$D(z^{-1}) = \alpha_0 + \alpha_1 z^{-1} + \dots + \alpha_m z^{-m}$$

Dalam persamaan 2.18 dalam bentuk vector $y(k) = \varphi^T(k) \theta$ dimana:

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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Tidak Boleh Digunakan untuk Menjual atau Seluruh Karya Tulis ini Tanpa Memerintahkan dan Menyebutkan Sumber.
 2. Pengujiannya hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

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

UIN SUSKA RIAU

$$\begin{bmatrix} a_1 & a_2 & b_0 & b_1 \end{bmatrix} \quad (2.27)$$

$$\varphi^T(k) = [-y(k-1), -y(k-2), \dots, -y(k-n_A), u(k-d), u(k-d-n_B)]^T \quad (2.28)$$

Maka metode RLS estimator dapat diberikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{\theta}(k) &= \hat{\theta}[(k-1) + F(k)[y(k) - \varphi^T(k), \varphi^T(k-1)]] \\ F(k) &= F(k-1) - \frac{F(k-1)\varphi^T(k-1)F(k-1)}{1 + \varphi^T(k-1)F(k-1)\varphi(k-1)} \end{aligned} \quad (2.29)$$

Dalam memperoleh pengestimasi nilai parameter $\hat{\theta}(k)$ dengan menambahkan bobot $F(k)$ prediksi nilai $y(k) - \varphi^T(k)\hat{\theta}(k-1)$ untuk nilai estimasi $\hat{\theta}(k-1)$ sebelumnya. Nilai $F(k)$ adalah matrik gain estimasi (*weighting factors*) yang memperlihatkan bagaimana nilai koreksi dan nilai estimasi parameter sebelumnya harus digabungkan. Metode ini disebut dengan *Standart Least Square*, dimana metode ini cukup baik untuk mengestimasi nilai parameter secara *offline* atau dengan jumlah iterasi data yang terbatas. Namun untuk estimasi secara *online* untuk jumlah iterasi yang tak terhingga, maka dari persamaan (2.24), matrik gain estimasi dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah iterasi, maka nilai matrik gain estimasi $F(k)$ akan semakin mengecil dan akhirnya menuju nol atau dapat juga disebut *decreasing gain*. [18]. Apabila hal tersebut terjadi maka metode *Standart Least Square* akan kehilangan kemampuan untuk mengestimasi parameter. Untuk mengatasinya dikembangkan sebuah metode untuk memodifikasi nilai matrik *gain* estimasi agar tetap konstan dan tidak mengecil. Modifikasi nilai matrik *gain* estimasi dilakukan dengan cara memilih *gain* adaptasinya. [19]

Untuk itu formulasi dari $F(k)$ dimodifikasi menjadi:

$$F(k) = \frac{1}{\lambda_1(k)} F(k-1) - \frac{F(k-1)\varphi^T(k-1)F(k-1)}{\lambda_2(k) + \varphi^T(k-1)F(k-1)\varphi(k-1)} \quad (2.30)$$

Hasil modifikasi diatas disebut *Extended Least Square* (ELS) dengan menggunakan *constant forgetting factor* agar estimasi yang dilakukan secara terus menerus tanpa batasan waktu, dengan nilai λ_1, λ_2 sebagai berikut:

- 1) Dipilih nilai $0 < \lambda_1 < 1$ dan $\lambda_2 = 1$
- 2) Atau dipilih $\lambda_1 = 1$ dan $\lambda_2 > 1$

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

Kendali PID Diskrit

Kontroler PID terdiri dari kombinasi dasar dari beberapa aksi kontrol yaitu proporsional, integral dan turunan. PID merupakan kontroler yang sering digunakan dalam sistem kontrol. Kontroler ini dapat digunakan sendiri atau dikombinasikan dengan ketiganya.

Kontrol proporsional (P) dapat digunakan untuk mempercepat respon sistem, kontrol integral dapat digunakan untuk mengurangi kesalahan kondisi tunak dari keluaran sistem, dan kontrol turunan (D) dapat digunakan untuk menekan *error steady state*. Dengan cara ini, jika ketiga kontrol digabungkan, maka akan menghasilkan respons yang baik. Tuning atau parameter tuning dan D merupakan isi penting dalam desain kontroler PID. Untuk alasan ini, perlu untuk menyesuaikan atau menyesuaikan parameter ini.

Pengaruh *tuning* salah satu parameter PID terhadap unjuk kerja proses ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2. 1 Pengaruh salah satu parameter PID

| Respon loop tertutup | Waktu naik | Overshoot | Waktu Turun | Kestabilan |
|----------------------|-------------------|-----------|-------------------|------------|
| Pembesaran k_p | Berkurang | Bertambah | Sedikit bertambah | Menurun |
| Pembesaran k_i | Sedikit berkurang | Bertambah | Bertambah | Menurun |
| Pembesaran k_d | Sedikit berkurang | Berkurang | Berkurang | Meningkat |

Kendali PID kontinyu secara umum ditulis sebagai berikut:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = H_{PID}(s) = K \left[1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d s}{1 + \frac{T_d s}{N}} \right] \quad (2.31)$$

Dimana:

K Propotional Gain

T_i Aksi Integral

T_d Aksi Derivative

T_d/N Filtering dari Aksi Derivative

Beberapa metode untuk mendiskritkan persamaan kontinyu, Tetapi secara umum bentuk diskrit akan sama. Untuk kasus ini menggunakan metode *Backward Difference Approximation* di

2. Dilarang mengunumkan 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 mengemukakan sumber. 2. Dilarang memperbanyak atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber. 3. Dilarang memperbanyak atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber. 4. Dilarang memperbanyak atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber. 5. Dilarang memperbanyak atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber. 6. Dilarang memperbanyak atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber. 7. Dilarang memperbanyak atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber. 8. Dilarang memperbanyak atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber. 9. Dilarang memperbanyak atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber. 10. Dilarang memperbanyak atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.
 2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 3. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

(*derivative*) akan didekati dengan pendekatan $\frac{1-q^{-1}}{Ts}$, dan $1/s$ (integral) akan didekati $\frac{Ts}{1-q^{-1}}$. Dari persamaan (2.23), akan didapatkan *transfer function*:

$$K \left[\frac{Ts}{1-q^{-1}} + \frac{1}{T_i (1-q^{-1})} + \frac{\frac{NT_d}{T_d + NTs} (1-q^{-1})}{1 - \frac{T_d}{T_d + NTs} q^{-1}} \right]$$

Dengan menyelesaikan Persamaan (2.20), akan didapatkan bentuk perbandingan *polynomial* $R(q^{-1})$ dan $S(q^{-1})$ menjadi Persamaan (2.21), dan Persamaan (2.22):

$$R(q^{-1}) = k_1 + k_2 q^{-1} + k_3 q^{-2}$$

$$S(q^{-1}) = (1 - q^{-1})(1 + k_0 q^{-1})$$

Sehingga:

$$H_{PID}(q^{-1}) = \frac{R(q^{-1})}{S(q^{-1})}$$

di mana:

$$k_0 = \frac{T_d}{T_d + NTs}$$

$$k_1 = K \left[1 + \frac{T_s}{T_i} - Nk_0 \right]$$

$$k_2 = K \left[k_0 \left(1 + \frac{T_s}{T_i} + 2N \right) - 1 \right]$$

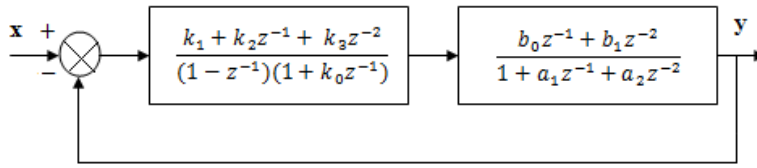
$$k_3 = -K k_0 (1+N)$$

Seperti kendali PID kontinyu, PID diskrit juga memiliki 4 parameter (k_0, k_1, k_2, k_3). Karena dalam desain kendali PID pada Tugas Akhir ini parameter dari PID diskrit akan dipilih sebagai fungsi dari parameter *plant* yakni k_0, k_1, k_2 dan k_3 yang akan menggantikan seluruh parameter konstanta dari PID diskrit. Maka bentuk *transfer function* dari PID diskrit yang akan digunakan akan menjadi:

$$\frac{u(q^{-1})}{e(q^{-1})} = \frac{k_1 + k_2 q^{-1} + k_3 q^{-2}}{(1 - q^{-1})(1 + k_0 q^{-1})} \tag{2.32}$$

atau dalam bentuk transformasi z:

$$\frac{k_1 + k_2 z^{-1} + k_3 z^{-2}}{(1 - z^{-1})(1 + k_0 z^{-1})} \quad (2.33)$$



Gambar 2. 10 Diagram Blok *Plant* dengan Kendali PID Diskrit

Dari gambar 2.10 diagram *plant* dengan kendali PID Diskrit diatas adalah:

$$Y(z) = \frac{\left(\frac{k_1 + k_2 z^{-1} + k_3 z^{-2}}{(1 - z^{-1})(1 + k_0 z^{-1})} \right) \left(\frac{b_0 z^{-1} + b_1 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \right)}{1 + \left[\left(\frac{k_1 + k_2 z^{-1} + k_3 z^{-2}}{(1 - z^{-1})(1 + k_0 z^{-1})} \right) \left(\frac{b_0 z^{-1} + b_1 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \right) \right]} X(z)$$

Jika dipilih $a_1 = \frac{k_2}{k_1}$, $a_2 = \frac{k_3}{k_1}$ dan $k_0 = \frac{b_1}{b_0}$ akan didapatkan persamaan:

$$\frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\frac{k_1 b_0 z^{-1}}{(1 - z^{-1})}}{1 + \frac{k_1 b_0 z^{-1}}{(1 - z^{-1})}}$$

Dan bentuk fungsi alih CLTF akhir adalah seperti di bawah:

$$\frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{k_1 b_0 z^{-1}}{1 + (k_1 b_0 - 1) z^{-1}}$$

Perhatikan persamaan CLTF *plant* dengan *time constan* nilai parameter $k_1 \times b_0$

$$\frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{K \frac{T_s}{2\tau + T_s} z^{-1}}{1 + \frac{T_s - 2\tau}{T_s + 2\tau} z^{-1}}$$

Dengan:

$$k_1 = \frac{1}{b_0} \frac{k T_s}{T_s + 2\tau}$$

Maka akan didapatkan nilai *Gain overall* (K) *plant* dan parameter-parameter k_0 , k_1 , k_2 dan k_3

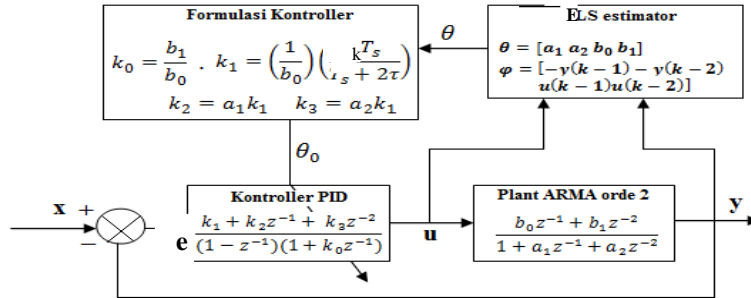
sebagai berikut:

$$k_0 = \frac{1}{b_0}$$

$$k_1 = \frac{1}{b_0} \left(\frac{k T_s}{T_s + 2\tau} \right)$$

$$k_2 = \frac{1}{b_0} k_1$$

parameter kontroler PID telah ditemukan dalam bentuk parameter *plant* dan dalam bentuk *plant* orde 2, bentuk lengkap diagram blok STR dengan PID adaptif pada Gambar 2.11 berikut.



Gambar 2. 11 Diagram Blok Perhitungan Parameter

Inilah bentuk diagram blok perhitungan parameter dari *plant boost converter* dimana menggunakan metode ARMA orde 2. Sinyal kendali yang akan diumpankan ke *plant* dalam bentuk persamaan yaitu sebagai berikut:

$$u = \frac{k_1 + k_2 z^{-1} + k_3 z^{-2}}{(1 - z^{-1})(1 + k_0 z^{-1})} e$$

$$u(1 - z^{-1})(1 + k_0 z^{-1}) = e(k_1 + k_2 z^{-1} + k_3 z^{-2})$$

$$u(1 + k_0 z^{-1} - z^{-1} - k_0 z^{-2}) = e(k_1 + k_2 z^{-1} + k_3 z^{-2})$$

$$u(1 + (k_0 - 1)z^{-1} - k_0 z^{-2}) = k_1 e + k_2 e z^{-1} + k_3 e z^{-2}$$

$$u + (k_0 - 1)u z^{-1} - k_0 u z^{-2} = k_1 e + k_2 e z^{-1} + k_3 e z^{-2}$$

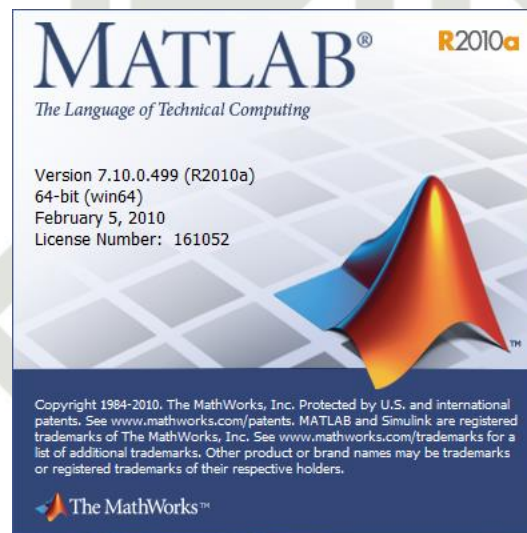
$$u(k) + (k_0 - 1)u(k - 1) - k_0 u(k - 2) = k_1 e + k_2 e(k - 1) + k_3 e(k - 2)$$

$$u(k) = -(k_0 - 1)u(k - 1) + k_0 u(k - 2) + k_1 e(k) + k_2 e(k - 1) + k_3 e(k - 2) \quad (2.34)$$

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

MATLAB

Matlab (*Matrix Laboratory*) adalah program untuk analisis dan perhitungan numerik. Matlab merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dikembangkan oleh The Mathwork Inc, berdasarkan premis dan sifat matriks. Matlab awalnya digunakan untuk analisis numerik, aljabar matriks, dan teori matriks. Saat ini, Matlab telah berkembang menjadi sistem yang lebih interaktif dan bahasa pemrograman tingkat tinggi untuk penelitian ilmiah, perhitungan teknis, dan analisis data. Matlab menyediakan sistem interaktif yang menggunakan konsep array/matriks variabel elemennya tanpa perlu deklarasi *array* saat membuka aplikasi Matlab maka tampilan awal dapat dilihat seperti gambar 2.12 berikut[19].



Gambar 2. 12 Tampilan Awal Matlab

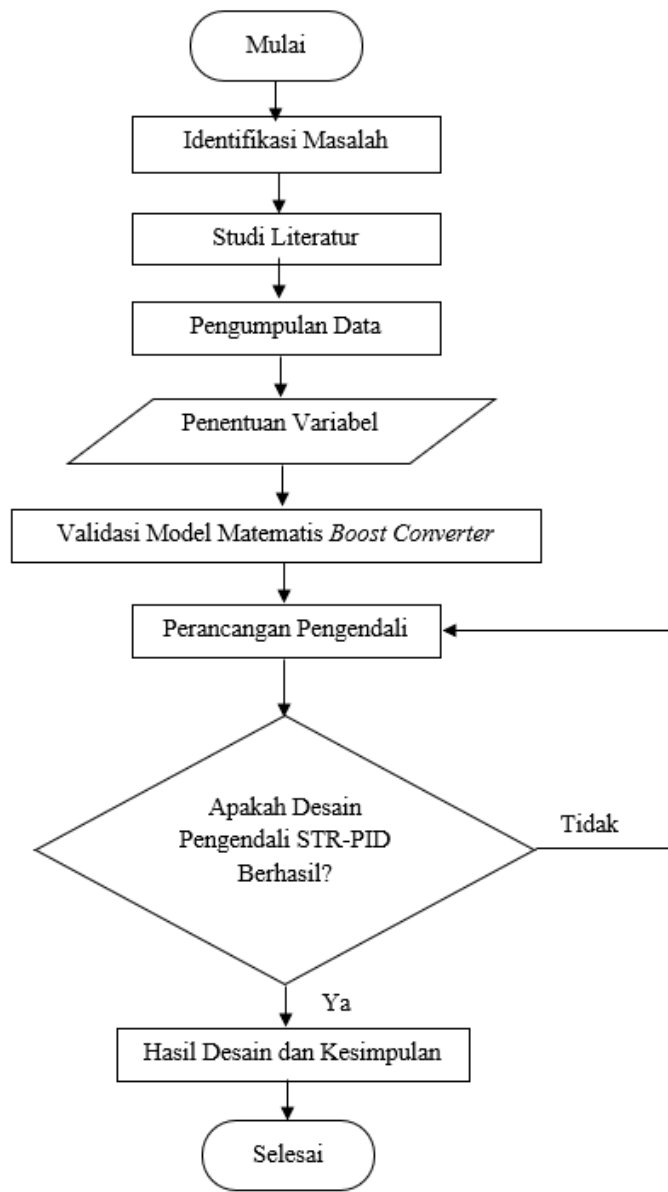
Dalam penelitian ini, Matlab digunakan sebagai media untuk menghitung dan menganalisis program dan merancang program, karena Matlab dapat menampilkan hasil perhitungan dalam bentuk grafik. Pada *software* Matlab terdapat beberapa bagian penting yang digunakan untuk menjalankan program, antara lain :

1. *Command window* berfungsi untuk menulis program yang diinginkan.
2. *Command history* berfungsi agar dapat menggunakan fungsi terakhir saat perancangan program.
3. *Workspace* digunakan untuk membuat variabel yang ada dalam Matlab, dan lain -lainnya.

BAB III METODE PENELITIAN

Proses Alur Penelitian

Proses penelitian tugas akhir ini langkah-langkah yang akan peneliti lakukan yaitu mulai dari perencanaan dan penentuan judul, perumusan masalah, tujuan yang di inginkan dari penelitian yang dilakukan ini, proses pemodelan matematis sistem, perancangan pengendalian sampai mendapatkan hasil akhir dalam penelitian tugas akhir ini, adapun proses atau langkah-langkah yang dilakukan dapat digambarkan melalui *flowchart* dibawah ini:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

Tahapan Penelitian

Merencanakan *flowchart* penelitian ini, supaya tujuan supaya penelitian ini dapat terwujud baik, ada beberapa langkah dalam penelitian ini yang harus dilakukan adalah sebagai

1. Identifikasi Masalah

Adapun masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah pengontrolan tegangan keluaran dari *Boost Converter* menggunakan rancangan dari pengendali STR-PID untuk menghilangkan *error steady state*, *overshoot*, dan *error steady state* yang terdapat pada *boost converter* dan juga mampu mempertahankan nilai parameter yang ditentukan ketika sistem dikasih gangguan dengan pengendalian yang stabil.

2. Studi Literatur

Langkah pertama adalah studi literatur dengan mempelajari penelitian yang terkait sebelumnya, dari beberapa sumber seperti buku, artikel, jurnal dan sumber lainnya yang ada mengenai pembahasan *Boost Converter*, pengendali PID dan STR.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan guna mendapatkan informasi mengenai *palnt* yang akan diteliti dan mengetahui pemodelan matematis dari *boost converter*.

4. Penentuan Variabel

Data yang telah didapatkan dibuat dalam persamaan *transfer function*

$$\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{R(1-D)(R+R_C)(R_C C_S + 1)}{LC(R+R_C)^2 s^2 + s(R+R_C)(C(R_L + RR_C(1-D)) + L) + R_L(R+R_C) + R(1-D)(R_C + R(1-D))}$$

Dengan memasukan nilai dari parameter dari tabel 2.1 maka diperoleh *transfer function boost converter*.

$$\frac{Vo(s)}{Vi(s)} = \frac{0.67(3.424 \times 10^{-4}s + 2.2179)}{1.3345 \times 10^{-5}s^2 + 1.8847 \times 10^{-3}s + 1} \quad (3.1)$$

5. Validasi model matematis sistem *boost converter*

Validasi model matematis sistem adalah langkah awal pengujian model matematis dalam bentuk *state space* dari sistem yang sudah diubah kedalam bentuk bahasa pemrograman Matlab *Simulink* guna verifikasi data tersebut adalah bentuk *output* sistem sudah sama dengan hasil *output* rujukan.

6. Perancangan Pengendali STR-PID

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

Pada tahap ini peneliti merancang pengendali STR-PID agar respon *output* sistem mengikuti nilai *setpoint* yang diberikan yang ada pada jurnal rujukan sistem mampu menjaga *setpoint* ketika sistem dikasih gangguan.

Analisa hasil pengujian

Ditahap ini peneliti menganalisa *output* sistem sebelum dan sesudah dipasangkan pengendali. Ketika sudah terlaksana dan terpenuhi yang dilakukan berhasil, dan saat sebaliknya maka perlu ditinjau lebih dalam.

Kesimpulan

Setelah melakukan analisa hasil percobaan dan ketika sudah memenuhi dengan hasil yang diinginkan maka bisa ambil kesimpulan, juga memberikan saran untuk dijadikan referensi penelitian selanjutnya.

3.3. Pemodelan Matematis *Boost Converter*

Berdasarkan referensi persamaan 2.12 model dari fungsi alih sistem *Boost Converter*, selanjutnya parameter yang digunakan untuk penelitian ini di dapat dari parameter yang digunakan disesuaikan dengan spesifikasi *Boost Converter* pada rujukan[9], sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Nilai-Nilai Parameter dari *Boost Converter*

| | Parameter | Keterangan | Nilai |
|----|-----------|------------------------------------|--------------------|
| 1 | C | Kapasitansi | 1930 μF |
| 2 | R_c | Tahanan pada Kapasitor | 0.08 Ω |
| 3 | L | Induktansi | 3.1 mH |
| 4 | RL | Induktor ESR | 0.3 Ω |
| 5 | Fs | <i>Switching Frequency</i> | 25 kHz |
| 6 | R | Beban Resistansi (Beban Nominal) | 90 Ω |
| 7 | R/2 | Beban Resistansi (Change 50%) | 45 Ω |
| 8 | Vo | Keluaran Tegangan | 15 V |
| 9 | D | Duty Cycle | 0.33 |
| 10 | R_{ef} | Rata-rata Persamaan Tegangan Input | 0.36 |

Dengan memasukkan nilai-nilai parameter yang sudah ada dalam tabel 3.1 maka didapatkan nilai *transfer function* sebagai berikut:

$$\frac{(1 + 1930 \times 10^{-6} \times 0.08)(1 - 0.33)90(90 + 0.08)}{(0.00193F)(0.0031H)(90 + 0.08)^2\Omega^2s^2 + (90 + 0.08)\Omega((0.00193F(90)(0.08)\Omega(0.67) + (90 + 0.08)\Omega) + 0.0031F)s + 90\Omega(0.67)(90\Omega(0.67) + 0.08\Omega) + 0.3\Omega(90 + 0.08)\Omega}$$

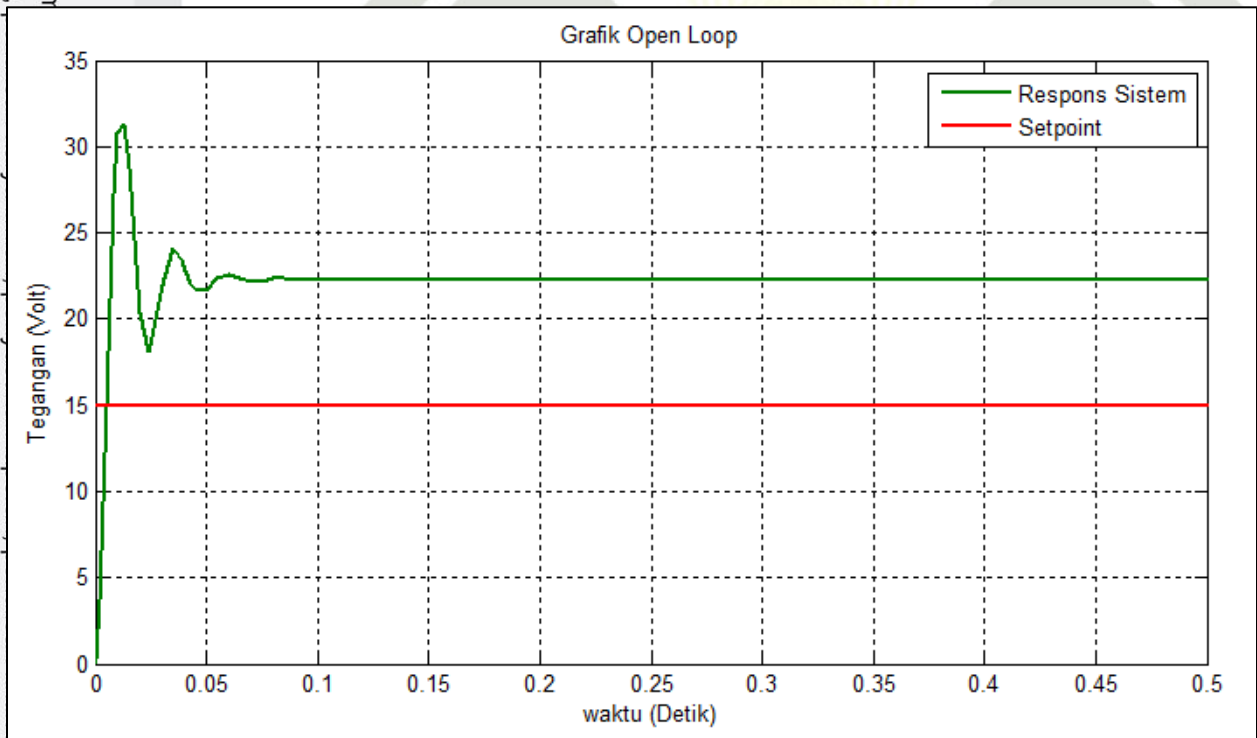
$$= \frac{(0.67)(1.25176s + 8107.2)}{0.04878s^2 + 6.8892s + 3655.3224} ; \frac{3655.3324}{3655.3324}$$

Maka didapatkan fungsi alih sistem sebagai berikut:

$$= \frac{(0.67)(0.0003424s + 2.2179)}{0.00013345s^2 + 0.0018847s + 1}$$

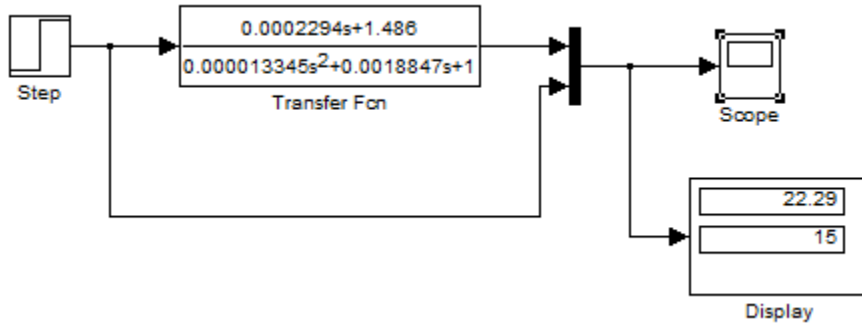
4. Verifikasi dan Simulasi Boost Converter

Validasi pemodelan matematis untuk proses dilakukan secara *open loop* menggunakan *simulink* Matlab R2010 dimana pemodelan matematis ini sudah sama dengan jurnal yang menjadi acuan untuk pengaturan tegangan keluaran *boost converter* yang ditunjukkan pada gambar 3.2 dibawah ini:



Gambar 3. 2 Hasil Simulasi Rangkaian *Open loop Boost Converter* pada Rujukan.

Hak Cipta Dituntut dan dilindungi undang-undang. Tidak diperbolehkan untuk seluruh karya tulis ini tanpa izin. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, dan penulisan karya tulis. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 3 Blok Simulink Diagram *Open Loop Boost Converter*

5. Skenario Penelitian

Pada penelitian ini memakai pengendali STR-PID dengan memasukkan data-data yang telah di dapatkan pada pemodelan matematis sebelumnya kedalam program Matlab, berdasarkan parameter yang terkait dengan nilai *set point* sebesar 15V. Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian dengan melihat hasil grafik pada simulasi, dapat yang diambil yaitu respon *transien* dari pengujian yang dilakukan, adapun beberapa pengujian yang dilakukan adalah :

1. Simulasi sistem secara *Open Loop*.
2. Pengujian pengendali STR-PID *Boost Converter*.
3. Pengujian STR-PID *Boost Converter* menggunakan gangguan pada *duty cycle*.

6. Perancangan Pengendali STR-PID

Perancangan design pengendali STR-PID berguna untuk mengontrol tegangan keluaran dari *boost converter* supaya sesuai dengan tegangan yang diinginkan. Dalam *plant boost converter* ini dibutuhkan respon yang stabil dimana tegangan yang dikeluarkan untuk sumber tegangan ke beban sesuai dengan *set point* yang diinginkan , mengurangi *error steady state*, sehingga sistem mampu menjadi stabil.

Hal pertama kali yang harus dilakukan yaitu menentukan model matematis dari *plant* lalu mengubah *transfer fucntion boost converter* menjadi persamaan diskrit. Dalam penelitian ini menggunakan model ARMA untuk mengubah bentuk transformasi *Laplace* menjadi transformasi *z* untuk menentukan nilai ARMA orde 2 kita harus mencari terdahulu nilai T_r dengan menggunakan metode *zoom* dan T_s menggunakan Theorema Shanon.

2. Diketahui nilai t_r selanjutnya kita mencari nilai t_d atau waktu yang diperlukan sistem
 b. Diarangi mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

menentukan tabel 3.1 nilai respons ketika 22.29V maka t_d pada saat *open loop* sebesar 0.0040014,
 mendapatkan nilai t_d dan t_r menurut theorema Shannon yaitu,

$$t_{r,5\%} = 22.29 \times 5\% = 1.1145 \text{ detik}$$

$$t_{r,95\%} = 22.29 \times 95\% = 21.1755 \text{ detik}$$

$$t_d = t_{r,95\%} - t_{r,5\%}$$

$$t_d = 21.1755 - 1.1145 = 20.061 \text{ detik}$$

$$0.0063475 \leq T_s \leq 0.00317375 \text{ dan } T_s < 0.0040014$$

0.0063475 ≤ Ts ≤ 0.00317375 dan Ts < 0.0040014, maka penulis mengambil nilai Ts =
 0.003
 telah mendapatkan nilai Ts, menggunakan transformasi bilinear menggunakan persamaan (2.24)
 untuk mengubah persamaan fungsi alih ke bentuk persamaan ARMA orde 2.

$$\frac{2}{0.003} \times \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}$$

$$= \frac{0.0002294 \left(\frac{2}{0.003} \times \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right) + 1.486}{(1.3345 \times 10^{-5}) \left(\frac{2}{0.003} \times \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right)^2 + (1.8847 \times 10^{-3}) \left(\frac{2}{0.003} \times \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right) + 1}$$

$$= \frac{0.0002294 \left(666.6 \times \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right) + 1.486}{(1.3345 \times 10^{-5}) \left(666.6 \times \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right)^2 + (1.8847 \times 10^{-3}) \left(666.6 \times \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right) + 1}$$

$$= \frac{0.15291804 \times \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} + 1.486}{5.92992495 \left(\frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right)^2 + 1.25634102 \left(\frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right) + 1} \times \frac{(1 + z^{-1})^2}{(1 + z^{-1})^2}$$

$$= \frac{0.15291804(1 - z^{-1})(1 + z^{-1}) + 1.486(1 + z^{-1})^2}{5.92992495(1 - z^{-1})^2 + 1.25634102(1 - z^{-1})(1 + z^{-1}) + (1 + z^{-1})^2}$$

Dengan mengubah persamaan berikut :

$$(1 + z^{-1})^2 = 1 + 2z^{-1} + z^{-2}$$

$$(1 - z^{-1})^2 = 1 - 2z^{-1} + z^{-2}$$

$$(1 - z^{-1})(1 + z^{-1}) = 1 - z^{-2}$$

$$\frac{0.15291804(1 - z^{-2}) + 1.486(1 + 2z^{-1} + z^{-2})^2}{5.92992495(1 - 2z^{-1} + z^{-2}) + 1.25634102(1 - z^{-2}) + (1 + 2z^{-1} + z^{-2})^2} = \frac{(0.15291804 + 1.486) + 2.972z^{-1} + ((-0.15291804) + 1.486)z^{-2}}{(5.92992495 + 1.25634102 + 1) + ((-11.8598499) + 2)z^{-1} + (5.92992495 - 1.25634102 + 1)z^{-2}}$$

$$\frac{1.638918 + 2.972z^{-1} + 1.33308196z^{-2}}{8.18626597 - 9.8598499z^{-1} + 5.67358393z^{-2}}$$

$$8.18626597Y(z) - 9.8598499Y(z^{-1}) + 5.67358393Y(z^{-2}) = 1.638918X(z) + 2.972X(z^{-1}) + 1.33308196X(z^{-2}) - 1.20443801Y(z^{-1}) - 0.693061275Y(z^{-2})$$

$$= 0.363047085X(z^{-1}) + 0.162843715X(z^{-2})$$

Maka jika di substitusikan persamaan (2.19) menjadi,

$$-1.20443801Y(k-1) - 0.69306127Y(k-2) = 0.363047085X(k-1) + 0.162843715X(k-2)$$

Maka didapat nilai,

$$a_1 = -1.20443801$$

$$a_2 = -0.693061275$$

$$b_0 = 0.363047085$$

$$b_1 = 0.162843715$$

$$t_d = 0.0040014$$

Persamaan di atas terlihat ada parameter yang harus dicari nilainya (diestimasi) agar persamaan tersebut memberikan respons yang sama dengan respon *plant*. Dari model pendekatan ARMA akan dipilih Algoritma ELS dengan nilai Vektor parameter (θ) sebagai parameter estimasi, menurut persamaan (2.30) nilai θ menjadi:

$$\theta = [-1.20443801 \quad -0.693061275 \quad 0.363047085 \quad 0.162843715]$$

Sebelum desain kendali PID diskrit maka ditentukan dulu nilai $K=1$ dan $\tau=1$ detik agar respon output pengendali sesuai yang diinginkan maka ditentukan terlebih dahulu spesifikasi desain agar respon sistem atau *plant* sesuai dengan yang diinginkan.

Dalam mendesain blok kontroler untuk kendali PID diskrit parameter-parameter yang digunakan adalah k_0, k_1, k_2 dan k_3 dengan penentuan nilai tiap parameter sebagai berikut:

$$k_0 =$$

Hak cipta Diindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip, sebagian atau seluruhnya tulisan ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumbernya.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak cipta Diindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip, sebagian atau seluruhnya tulisan ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumbernya.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak cipta Diindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip, sebagian atau seluruhnya tulisan ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumbernya.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Diarangi mengutip atau mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumbernya.
 2. Diarangi mengutip atau mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak cipta dilindungi undang-undang. Tidak diperdipakai untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, atau untuk keperluan lain.

$$= \left(\frac{1}{b_0} \right) \left(\frac{kT_s}{T_s + 2\tau} \right)$$

$$= a_1 k_1$$

$$= a_2 k_1$$

Parameter kontroler PID telah ditemukan dalam bentuk parameter *plant* dan dalam sinyal yang akan diumpangkan ke *plant* dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$\frac{k_1 + k_2 z^{-1} + k_3 z^{-2}}{(1 - z^{-1})(1 + k_0 z^{-1})} u(k) = e(k_1 + k_2 z^{-1} + k_3 z^{-2})$$

$$= e(k_1 + k_2 z^{-1} + k_3 z^{-2})$$

$$= k_1 e + k_2 e z^{-1} + k_3 e z^{-2}$$

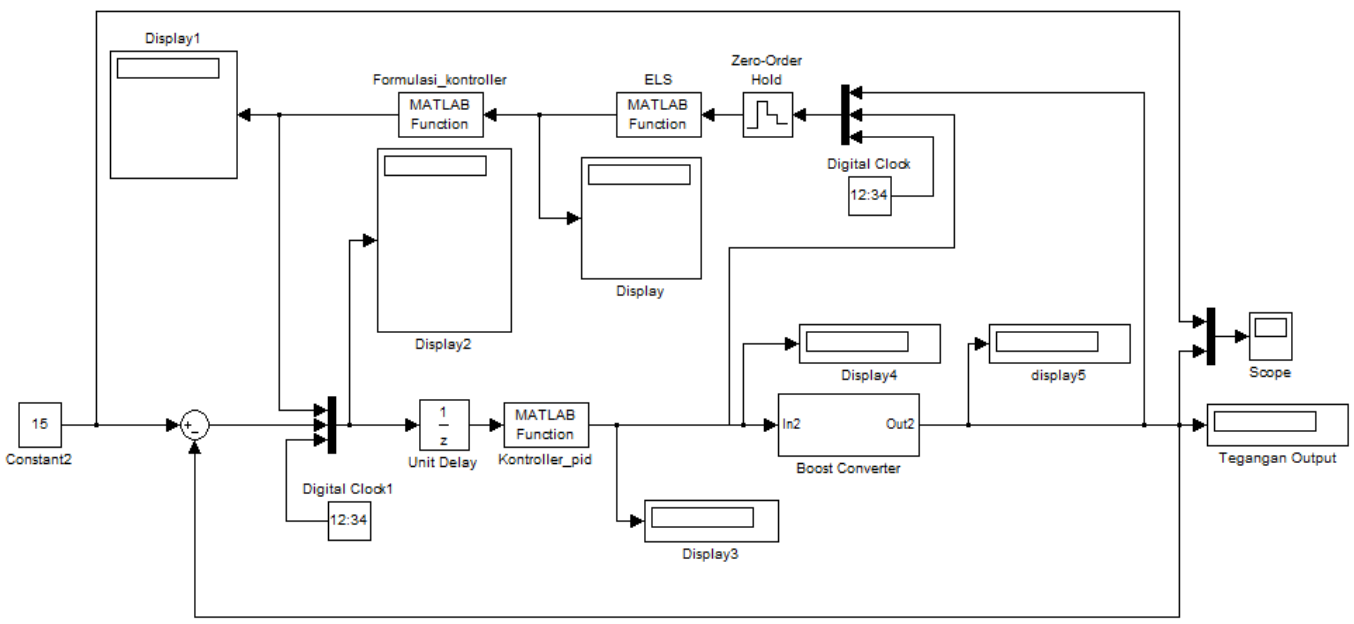
$$= k_1 e + k_2 e z^{-1} + k_3 e z^{-2}$$

$$+ (k_0 - 1)u(k - 1) - k_0 u(k - 2) = k_1 e + k_2 e(k - 1) + k_3 e(k - 2)$$

$$= -(k_0 - 1)u(k - 1) + k_0 u(k - 2) + k_1 e(k) + k_2 e(k - 1) + k_3 e(k - 2)$$

7 Perancangan Blok Simulink STR-PID

Rangkaian STR-PID pada *boost converter* akan dirancang menggunakan *simulink* pada aplikasi Matlab seperti gambar 3.4 berikut.



Gambar 3. 4 Diagram Blok Kendali STR-PID

Data Penelitian yang Akan Dianalisa

Pengujian sistem ada 3 yaitu *openloop*, menggunakan pengendali STR-PID, menggunakan pengendali TR-PID dengan gangguan. Data respon *transient* yang akan diambil yaitu:

Waktu tunda (*delay time* (t_d)) yaitu waktu yang diperlukan respon untuk mencapai 50% dari harga akhir puncak lewatan lebih yang pertama.

Lewatan puncak (*peak overshoot* (M_p)) yaitu harga lewatan puncak atau lewatan maksimum dari kurva respon yang diukur dari harga satu (100%).

Kesalahan tunak (*error steady state* (e_{ss})) yaitu kesalahan yang merupakan selisih antara keluaran yang sebenarnya dengan keluaran yang diharapkan.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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

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

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

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Boost Converter merupakan converter yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih besar dari tegangan masukannya, pada penelitian ini tegangan *input* dari *boost converter* adalah tegangan *output* dari sel surya 10V dan tegangan keluarannya 15V yang akan digunakan untuk baterai. Masalah yang terdapat pada *boost converter* apabila disimulasikan secara *open loop* yaitu terdapat *maximum overshoot* 42.08%, *error steady state* 7.29V, dan adanya gangguan yang dapat menyebabkan tegangan *output* yang dihasilkan tidak sesuai dengan tegangan baterai yang menyebabkan singkatnya umur baterai. Berdasarkan hasil simulasi dan analisa dapat disimpulkan bahwa pengendalian STR-PID pada *boost converter* mampu mengeliminasi *overshoot*, *error steady state*, dan mempertahankan *setpoint* ketika terjadi gangguan, dengan waktu *settling time* selama 0.1272 detik, waktu naik selama 0.05197 detik, dan mampu kembali ke kondisi stabil saat diberikan gangguan perubahan nilai *duty cycle* sebesar 0.2 dengan *recovery time* sebesar 0.5 detik.

2. Saran

Penelitian ini masih sebatas simulasi, sehingga pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian berupa perancangan *hardware* dari *boost converter* menggunakan pengendali STR-PID sehingga bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian ESDM, “Capaian Kinerja 2019 dan Program 2020,” *Kementerian ESDM*, 2020. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-capaian-kinerja-2019-dan-program-2020.pdf> (accessed Aug. 14, 2021).
- Kementerian ESDM, “Capaian Kinerja 2020 dan Program 2021,” *Kementerian ESDM*, 2021. www.esdm.go.id (accessed Aug. 14, 2021).
- Suharyati, S. H. Pambudi, J. L. Wibowo, and N. I. Pratiwi, *Indonesia Energy Outlook 2019*. Jakarta: Dewan Energi Nasional - Sekretariat Jendral, 2019.
- A. Haryanto, “Energi Terbarukan: Energi untuk Kini dan Nanti,” *Institute for Essential Services Reform*, Jakarta, p. 468, 2017.
- Anisaatul Umaah, “Ini Daerah di RI yang ‘Simpan’ Harta Karun Energi Terbesar,” *CNBC Indonesia*, Jakarta, pp. 1–4, Mar. 2021.
- N. Safitri, T. Rihayat, and S. Riskina, *Teknologi Photovoltaic*, 1st ed. Banda Aceh: Yayasan Puga Aceh Riset, 2019.
- M. K. Kazimierczuk, *Pulse-Width Modulated DC–DC Power Converters*, 2nd ed. USA: Wiley, 2016.
- S. Yarlagadda, T. T. Hartley, and I. Husain, “A battery management system using an active charge equalization technique based on a dc/dc converter topology,” *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 49, no. 6, pp. 2720–2729, 2013, doi: 10.1109/TIA.2013.2264794.
- M. N. Narule and P. M. C. Butale, “Design and Implementation of Closed Loop Boost Converter with IMC Controller,” *Irjet*, vol. 6, no. 9, pp. 762–770, 2019.
- O. Ibrahim, N. Z. Yahaya, and N. Saad, “Comparative studies of PID controller tuning methods on a DC-DC boost converter,” *IEEE*, vol. 16, pp. 1–5, 2017, doi: 10.1109/ICIAS.2016.7824044.
- M. K. Al-smadi, Y. Hu, and Y. Mahmoud, “LQR-based PID Voltage Controller for Photovoltaic Systems,” *IEEE*, vol. 1, pp. 1854–1859, 2018.
- H. Mudia, R. Ramadani, M. N. Faizi, and H. Amri, “Adaptif STR-PID Untuk Pengendalian Temperatur Pada Annealing Lehr,” *INOVTEK*, vol. 2, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.35314/ise.v2i1.1248.
- H. Mudia, R. Effendie, and E. Iskandar, “Perancangan dan Implementasi Kontroler PID Adaptif pada Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa,” in *Sentia*, 2015, vol. 7, pp.

R. P. Severns and G. E. Bloom, *Modern DC-to-DC Switchmode Power Converter Circuits*. USA: e/j Bloom Associates inc, 1985.

N. Atlu and A. Toding, *Sistem Kendali (Teori dan Contoh Soal Dilengkapi dengan Penyelesaian Menggunakan Matlab)*, 1st ed. Yogyakarta: Deepublish, 2018.

Anindita Putri, "Sistem Kontrol/Sistem Kendali," www.diptakencana.co.id, 2016.
<http://www.diptakencana.co.id/pengertian-sistem-kontrol-sistem-kendali/> (accessed Jun. 22, 2021).

K. Ogata, *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Jakarta: Erlangga, 1995.

K. J. Astrom and B. Wittenmark, "Adaptive Control systems." Dover Publications INC., New York, 2008.

A. Tewari, *Modern Control Design With MATLAB and SIMULINK*. Kanpur: John Wiley & Sons LTD, 2002.

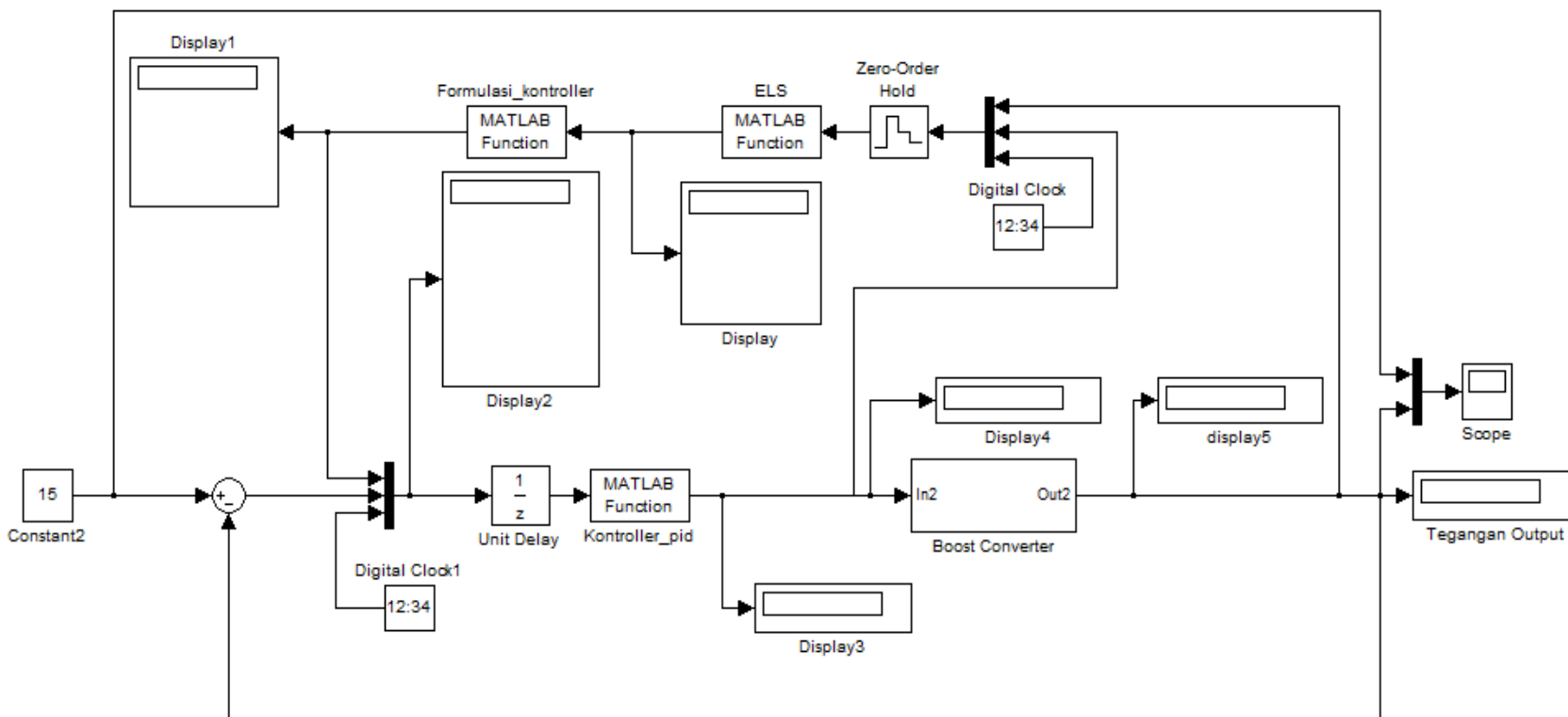
M. A. Assyidiq, B. Winardi, T. Andromeda, "Perancangan Boost Converter Menggunakan Voltage Feedback pada Panel Surya," *Transient*, vol. 6, no. 3, 2017.

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

LAMPIRAN

LAMPIRAN A-1

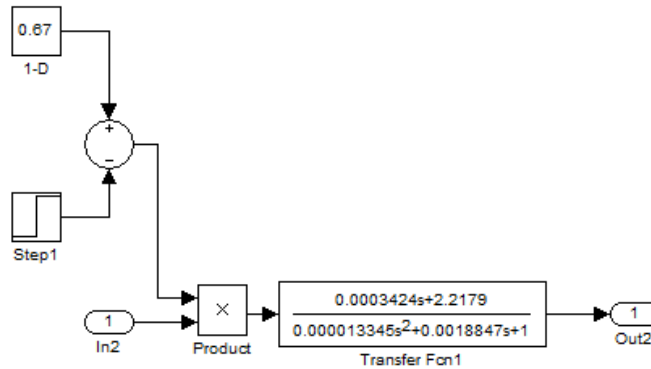
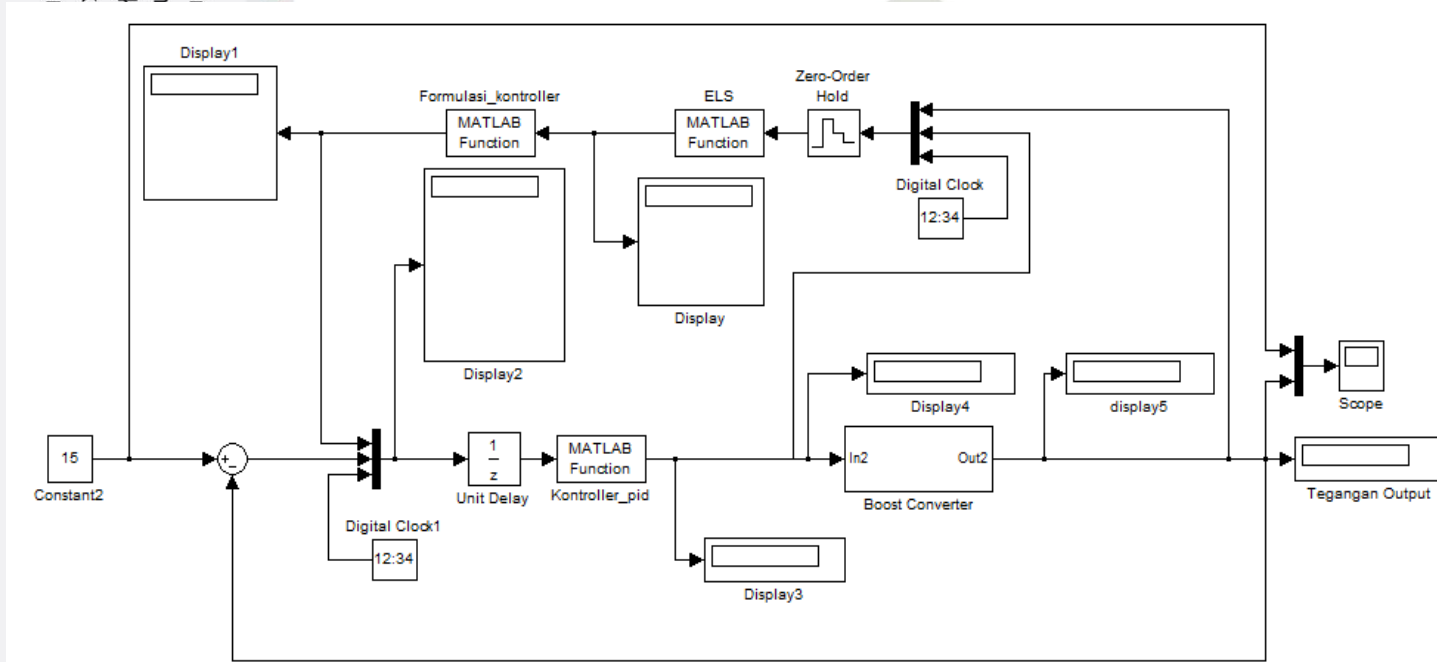
Blok Simulink STR-PID ketika mencapai *set point* 15V pada *Boost Converter*



UIN SUSKA RIAU

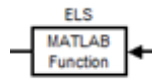
LAMPIRAN A-2

Blok Simulasi PID ketika diberi gangguan perubahan tegangan input berupa penurunan sebesar 1.2V dan kenaikan tegangan sebesar 0.7V



LAMPIRAN B-1

Program M-File pada blok ELS



```

output=DBismillah1(Ddata)
teta_p=[0;0;0;0];
vip=[0;0;0;0];
lamda_p=0.0002*eye(4,4);
xk=[0;0;0;0];
yk=[0;0;0;0];

for i=1:4
    k=1;
    while abs(yk(i)-vip(i))>1e-6
        vip(i)=yk(i);
        k=k+1;
        yk(i)=teta_p(i);
        teta_p=teta_p+lamda_p*(yk(1)-vip'*teta_p)*vip;
    end
end

output(1)=teta_p(1);
output(2)=teta_p(2);
output(3)=teta_p(3);
output(4)=teta_p(4);
    
```

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

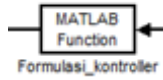
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang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

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

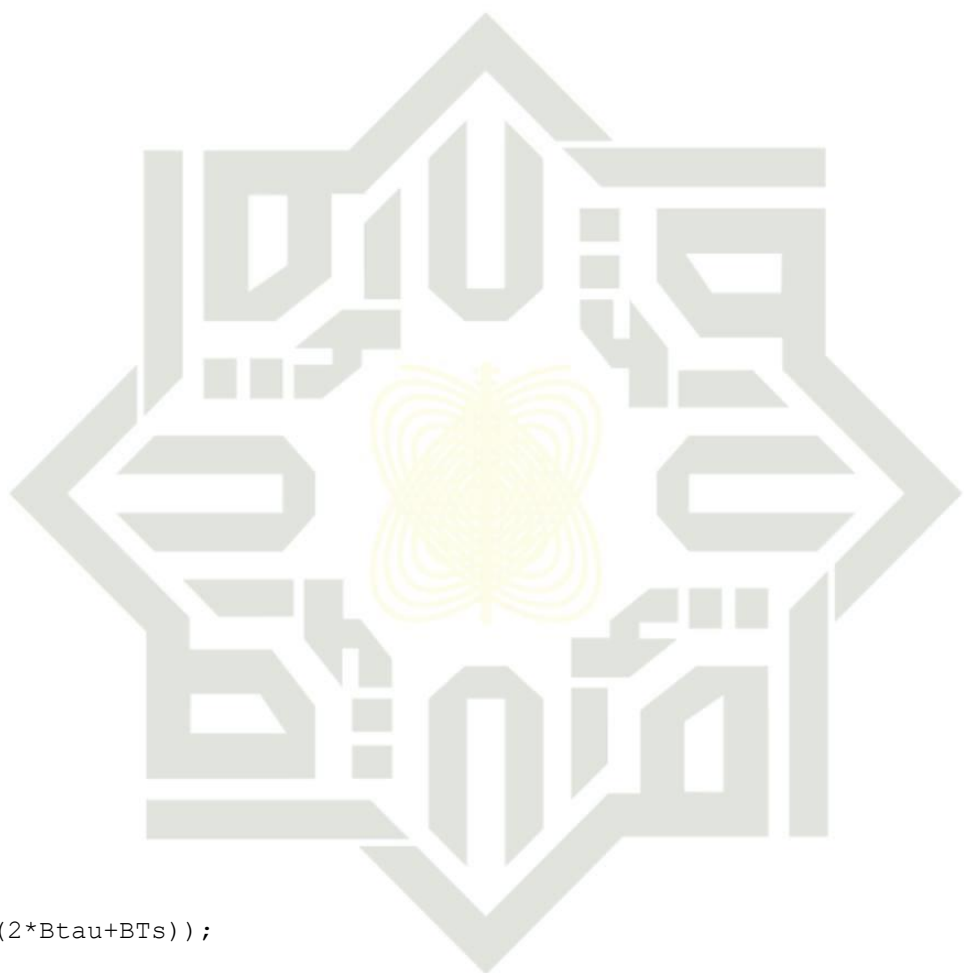
UIN SUSKA RIAU

LAMPIRAN B-2

Program M-File pada Blok Formulasi Kontroller



```
function k_all=Bformulasi_kontroller(Bdata)
    Ba1= Bdata(1);
    Ba2= Bdata(2);
    Bb0= Bdata(3);
    Bb1= Bdata(4);
    BT= 0.003;
    Btau=1;
    Bb0==0;
    Bb1=0.01;
    Bb1==0;
    Bb1=0.01;
    Ba1==0;
    Ba1=0.01;
    a2==0;
    Ba2=0.01;
    k1= Bb1/Bb0;
    k1= (1/Bb0) * (1*BTs/(2*Btau+BTs));
    k2=Ba1*Bb1;
    k3=Ba2*Bb1;
    k_all(1) Bk0;
    k_all(2) Bk1;
    k_all(3) Bk2;
    k_all(4) Bk3;
```



UIN SUSKA RIAU

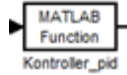
© Hak cipta milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

LAMPIRAN B-3

Program M-File pada Blok Kontroller PID



```

function ukk=Ckontroller_pid(Cdata)
%te Cekm2 Cek Cekm1 Cuk Cukm1 Cukm2 Ck0 Ck1 Ck2 Ck3
%e Cdata(1);
%e Cdata(2);
%e Cdata(3);
%e Cdata(4);
%e Cdata(5);
%e m2=Cekm1;
%e m1=Cekm2;
%u m2=Cukm1;
%u m1=Cukm2;
%u k=-(Ck0*(1-Cukm1+Ck0*Cukm2+Ck1*Cek+Ck2*Cekm1+Ck3*Cekm2);
%u kk=Cuk;
    
```

© 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 RIWAYAT HIDUP

Yogy Dwi Pranata, lahir di Pekanbaru 30 Oktober 1998 merupakan anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan Herman dan Siti Rohana yang beralamat di Jalan Cipta Karya Gg. Limbat Ujung No. 114 Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru.

Email : 117553101930@students.uin-suska.ac.id

yogi.dwipranata98@gmail.com

HP : +6285274958695

Pengalaman pendidikan yang dilalui dari SD Negeri 030 Kecamatan Tampan tahun 2005-2011, kemudian melanjutkan di SMP Negeri 21 Pekanbaru pada tahun 2011-2014, Setelah itu dilanjutkan dengan pendidikan SMK KANSAI Pekanbaru pada tahun 2014-2017. Setelah lulus SMA penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, dengan mengambil bidang kajian Elektronika dan Instrumentasi pada tahun 2017. Penulis menyelesaikan masa studi selama 5 tahun dan lulus pada tahun 2022 dengan penelitian Tugas Akhir berjudul “**Desain Kendali STR-PID Untuk Pengendalian Tegangan Keluaran Boost Converter**”