



**RANCANG BANGUN *BOOST CONVERTER* MENGGUNAKAN
SISTEM KONTROL PID PADA ROBOT KRAI 2017**

SKRIPSI

Oleh
Devry Berta Irawan
NIM. 131910201021

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**RANCANG BANGUN *BOOST CONVERTER* MENGGUNAKAN
SISTEM KONTROL PID PADA ROBOT KRAI 2017**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

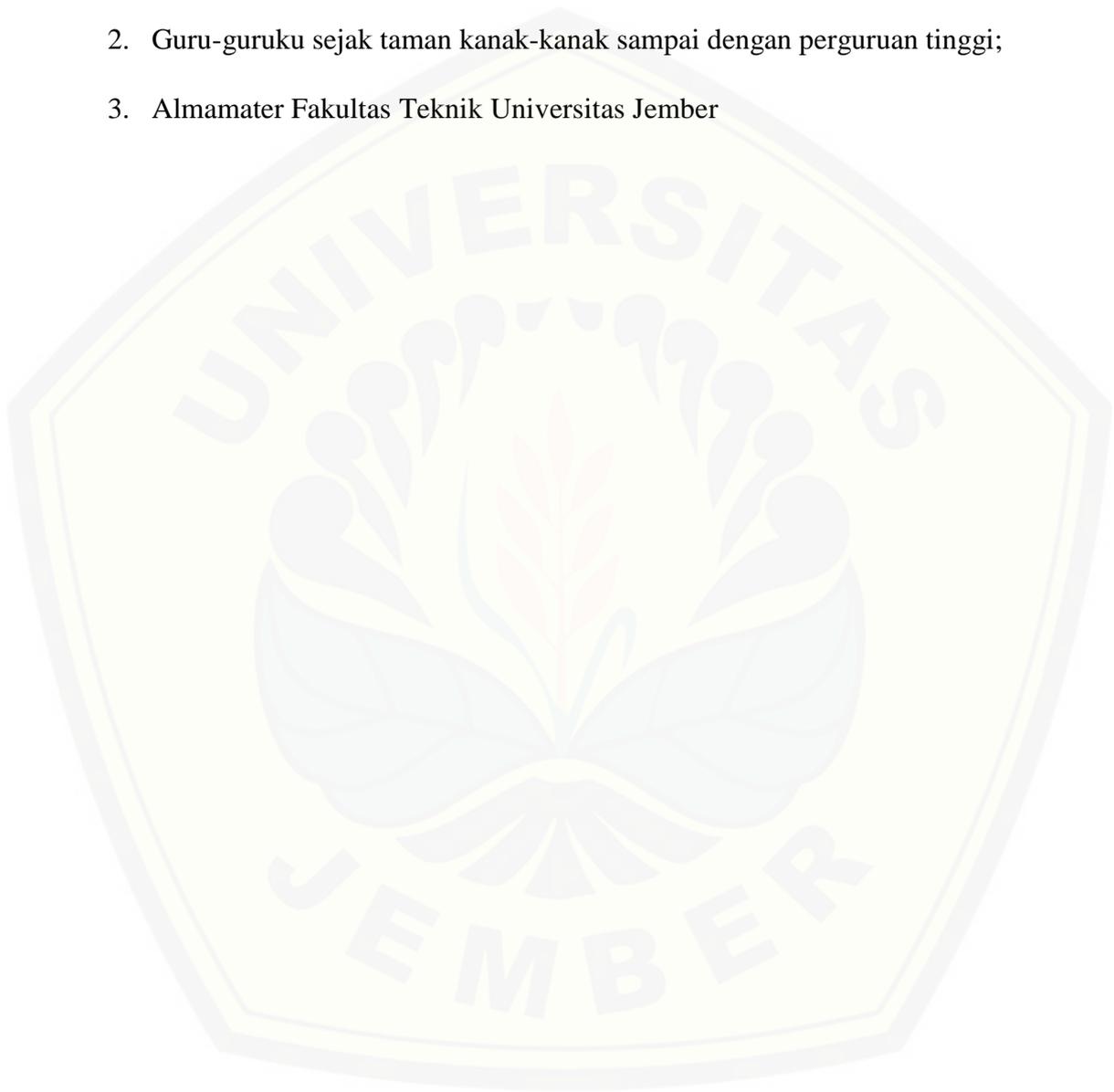
**Devry Berta Irawan
NIM. 131910201021**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Karyawati dan ayahanda Abdus Syafi yang tercinta;
2. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember



MOTTO

“Sesungguhnya Allah membenci orang yang pandai dalam urusan dunia namun bodoh dalam urusan akhirat”

(HR. Al-Hakim)

“Hidup cuma satu kali, berbuat baiklah sekarang. janganlah berbuat baik setelah mati, tidak ada guna”

(Novel Baswedan)

“Termasuk mengagungkan Allah ialah (memuliakan) ilmu, para ulama, orang tua yang muslim dan para pengemban Al-Quran dan ahlinya, serta penguasa yang adil”

(HR. Abu Daud dan Athuthusi)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Devry Berta Irawan

NIM : 131910201021

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Rancang Bangun *Boost Converter* menggunakan Sistem Kontrol PID Pada Robot KRAI 2017” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2017

Yang menyatakan,

Devry Berta Irawan
NIM 131910201021

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN *BOOST CONVERTER* MENGGUNAKAN
SISTEM KONTROL PID PADA ROBOT KRAI 2017**

Oleh

Devry Berta Irawan
NIM 131910201021

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Samsul Bahri Masmachofari, S.T., MM.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Widyono Hadi, M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Rancang Bangun *Boost Converter* menggunakan Sistem Kontrol PID Pada Robot KRAI 2017” karya Chyntia Raziqin Silmi telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 25 2017

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Dedy Kurnia Setiawan, S.T.,M.T.
NIP 198006102005011003

Anggota II,

Supriyadi Prasetyono, M.T.
NIP 197004041996011001

Anggota I,

Dr. Triwahju Hardianto, S.T.,M.T.
NIP 197008261997021001

Anggota III,

Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.
NIP 196312011994021002

Mengesahkan
Dekan,

Dr.Ir. Entin Hidayah, M.U.M
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Rancang Bangun *Boost Converter* Dengan Sistem Kontrol PID Pada Robot KRAI 2017 ; Devry Berta Irawan,131910201021; 2017; 54 halaman: Jurusan Teknik Elektro Fakultas teknik Universitas Jember.

Pada zaman sekarang ini, manusia cenderung menggunakan robot untuk membantu pekerjaannya. Robot biasanya digunakan untuk tugas yang berat, berbahaya, pekerjaan yang berulang dan kotor. Robot dibuat untuk melakukan pekerjaan yang bersifat berulang (repetitif), membosankan, kotor, berbahaya dan memerlukan ketekunan yang tinggi. Dalam perkembangannya, robot dewasa ini bukan hanya mesin yang melakukan gerakan berulang tetapi telah melibatkan kecerdasan dan keluwesan.

Akan tetapi, robot yang digunakan manusia tidak luput dari masalah, yakni apabila terjadi turun tegangan pada catu daya akan mengakibatkan perbedaan dari logika yang sudah ditanam dalam pemrograman robot tersebut. Akibatnya robot tersebut akan mengalami kegagalan dalam menjalankan operasi yang seharusnya

Dari permasalahan yang tersebut maka dapat dirancang suatu alat yang dapat mempermudah mengatasi kegagalan sistem dari robot. Untuk itu pada penelitian ini memberikan kestabilan tegangan keluaran pada *boost converter* tetap pada keadaan stabil di *setpoint* yang ditentukan saat dilakukan pengujian pemberian beban. Respon dari kontrol PID lebih baik dari pada tanpa menggunakan PID pada saat *drop voltage*.

SUMMARY

Architecture Boost Converter With PID control system On Robot KRAI 2017
; Devry Berta Irawan, 131910201021; 2017; 54 pages; Departement of Electrical Engineering , Faculty of Engineering, Jember University.

In this day, people tend to use a robot to help with them work. Robots are typically used for the task is heavy, repetitive work that is dangerous, and dirty. Robots are made to do work that is repetitive (repetitive), boring, dirty, dangerous and require a high persistence. In the process, the robot is not only the engine that performs repetitive movements but has involved the intelligence and flexibility.

However, robots that humans use did not escape from the problem, that is, if the voltage on the power supply down would result in a difference of logic which is already planted in the programming of the robot. As a result the robot will experience failure in running the operation that should.

The problems that can be designed a tool that can make it easier to cope with failure of the system from the robot. For it was in this study provide the stability of the output voltage on the boost converter remains on a stable State in the specified setpoint when done testing the awarding of the load. The response of the PID control is better than without the use of the PID at time of voltage drop.

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim,

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Rancang Bangun Boost Converter menggunakan Sistem Kontrol PID Pada Robot KRAI 2017**”. Skripsi ini disusun guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak akan bisa selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis sampaikan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki, rahmat, karunia serta kasih sayang- Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T.,M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
5. Bapak Samsul Bahri M, S.T.,MM.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang bersedia meluangkan waktu dan pikirannya dalam membimbing dan memberikan motivasi.
6. Bapak Dedy Kurnia S, S.T. M.T., selaku Penguji 1 dan Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., selaku Penguji 2 yang telah memberikan saran dan arahan kepada penulis.
7. Ibunda Karyawati dan Ayahanda Abdus Syafi yang tiada henti-hentinya mengirimkan doa, memberikan dukungan baik moril maupun materiil dan senantiasa mencurahkan kasih sayang luar biasa kepadaku.

8. Adikku Lutfiana Rahmawati yang mendukung dan selalu membantuku dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
9. Teman-teman tim robotika yang bersedia bertukar pikiran dan saling mendukung satu sama lain.
10. Sahabatku Chyntia Raziqin Silmi yang selalu mendukungku.
11. Keluarga besar INTEL'UJ 2013, terimakasih telah memberikan arti kekeluargaan yang luar biasa.
12. Keluarga besar Civitas Akademia Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember yang memberikan bantuan dalam urusan administrasi dan segala pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, terimakasih banyak.
13. Serta seluruh pihak yang tidak tertulis dalam lembar ini, kusampaikan terimakasih banyak atas segalanya.

Semoga skripsi ini dapat memberikan informasi, dan manfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk dapat menyempurnakan skripsi ini.

Jember, 31 Mei 2017

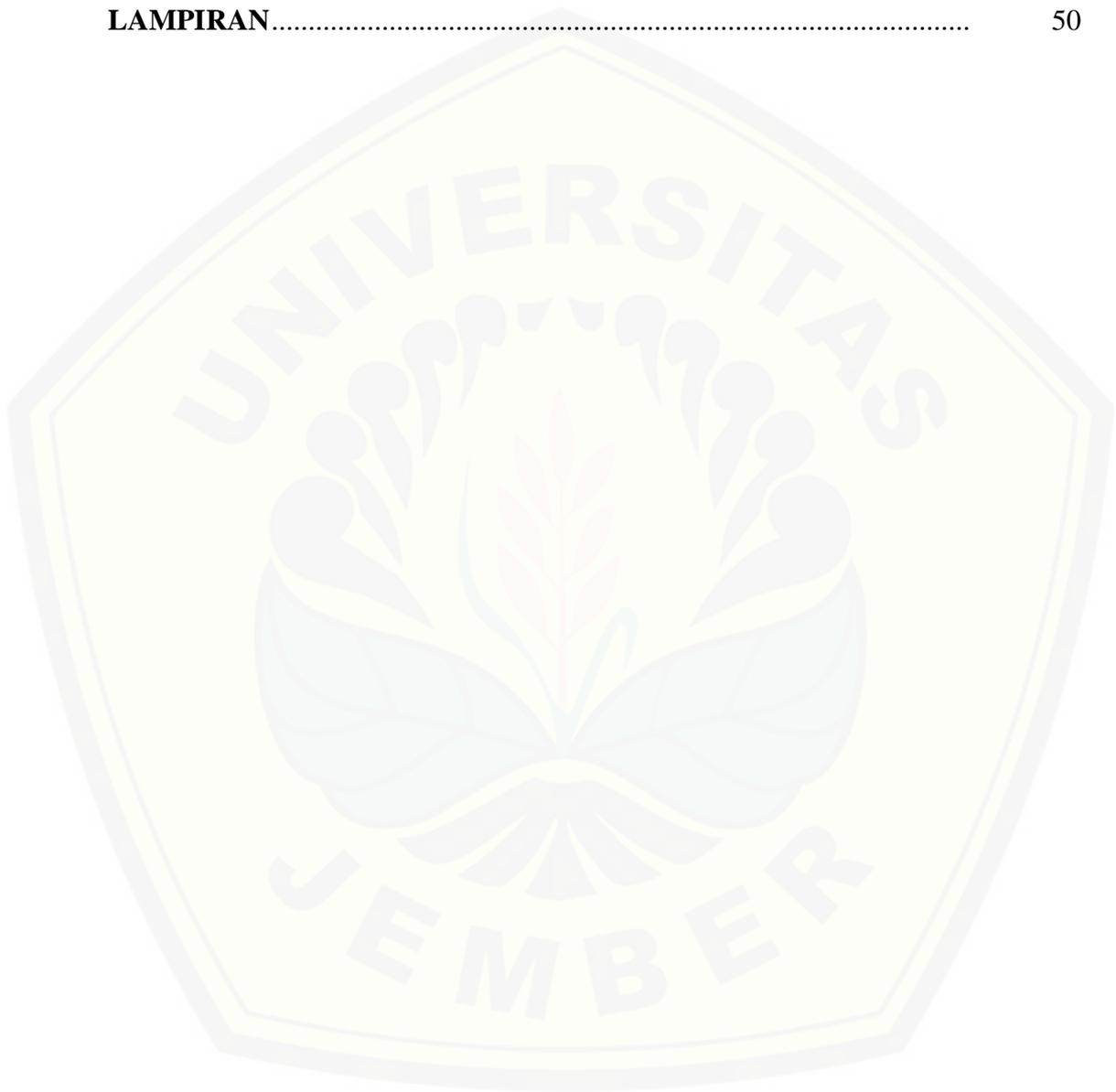
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kontes Robot ABU Indonesia (KRAI)	4
2.1.1 Robot.....	4
2.2 Kontrol PID	4
2.2.1 Sistem Kontrol PID	4
2.3 Komponen Pengendali	9
2.3.1 Sensor Tegangan	9
2.3.2 Boost Converter.....	9

2.3.2.1 Prinsip Kerja DC <i>boost converter</i>	10
2.3.2.2 Parameter Perancangan Boost Converter.....	12
2.3.3 Arduino uno R3	16
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.1.1 Tempat Penelitian.....	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Tahapan Penelitian	19
3.4 Perancangan Hardware	22
3.4.1 Perancangan <i>Boost Converter</i>	22
3.4.2 Sensor Tegangan	24
3.5 Blok Diagram dan Perancangan Sistem	26
3.5.1 Perancangan Sistem	27
3.5.2 Kontrol PID pada ARDUINO UNO R3	27
3.5.3 Metode Manual Tuning	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Pengujian Sensor Tegangan	30
4.2 Implementasi dan Pengujian <i>Boost Converter</i>	31
4.2.1 Implementasi <i>Boost Converter</i>	31
4.2.2 Pengujian <i>Boost Converter</i> Tanpa Beban.....	31
4.2.3 Pengujian <i>Boost Converter dengan Beban</i>	33
4.3 Pengujian Beban Resistif dan Robot dengan Kontrol <i>PID</i>	40
4.3.1 Penentuan Nilai Parameter PID dengan metode tuning manual.....	40
4.3.2 Pengujian Pembebanan.....	41
4.3.2.1 Pengujian terhadap beban Resistif	42
4.3.2.2 Pengujian pada Motor PG45	44
4.3.2.3 Pengujian pada Robot.....	45
4.3.3.4 Perbandingan Robot dengan konverter dan tanpa konverter	46

4.4 Perbandingan Performa robot dengan Konverter dan tanpa konverter.....	46
BAB 5. PENUTUP.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN.....	50



DAFTAR TABEL

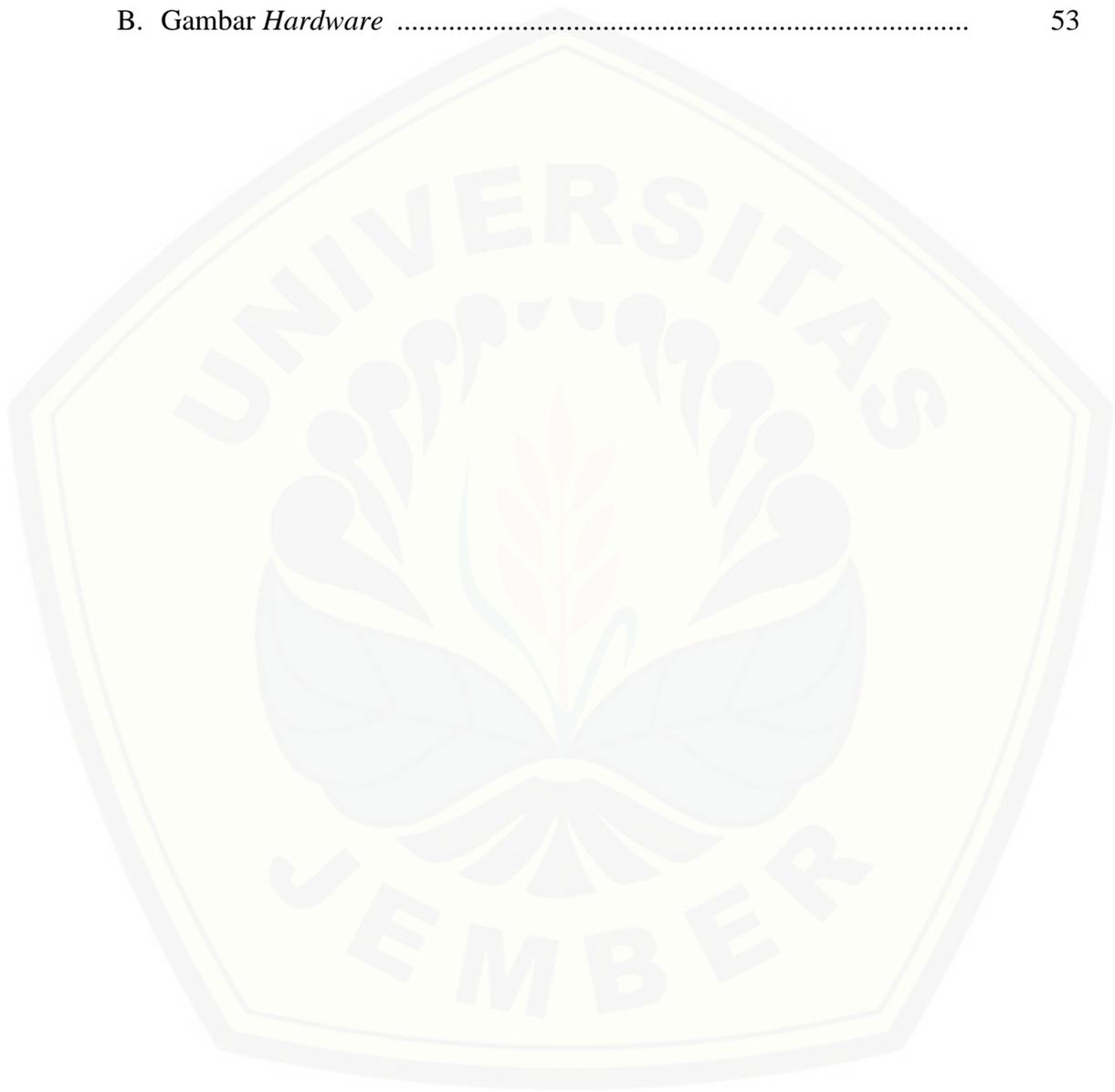
	Halaman
2.1 Formula ziegler nichols 1	8
2.2 Formula ziegler nichols 2	8
2.3 Spesifikasi Arduino UNO.....	18
3.1 Parameter DC/DC <i>Boost converter</i>	22
4.1 Pengujian Sensor tegangan	30
4.2 Komponen yang digunakan dalam pembuatan <i>boost converter</i>	31
4.3 Pengujian <i>Boost Converter</i> tanpa beban.....	32
4.4 Pengujian <i>Boost Converter</i> berbeban	34
4.5 Data Resistansi Internal (R_{in}) komponen <i>boost converter</i>	35
4.6 Analisa <i>power losses boost converter</i> pada tegangan 12V beban 100	38
4.7 Analisa <i>power losses</i> pada komponen <i>boost converter</i> dengan 47 ohm dan 100 ohm pada <i>duty cycle</i> 20%.	39
4.8 <i>Tunning Manual</i> Parameter <i>PID</i>	41
4.9 Perbandingan menggunakan Konverter dan tanpa Konverter	46
4.10 Perbandingan Open Loop dengan Close Loop <i>PID</i>	47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Model Parallel PID	7
2.2 Kurva S Analisa Grafis <i>Ziegler Nichols 1</i>	7
2.3 Osilasi Sistem pada Metode Ziegler-Nichols 2	8
2.4 Sensor Tegangan DCT-Elektronik	9
2.5 Skema Boost Converter	10
2.6 Skema <i>Boost Converter</i> Beserta Keluarannya.....	11
2.7 MOSFET <i>Boost Converter</i> ON	11
2.8 MOSFET <i>Boost Converter</i> OFF.....	12
2.9 Rangkaian ekuivalen <i>boost converter</i> dengan tahanan parasit	15
2.10 Modul Kontroler Arduino UNO-R3	17
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	20
3.2 Desain <i>Boost Converter</i>	22
3.3 Skematik Sensor Tegangan	25
3.4 Blok Diagram Sistem.....	26
3.5 Perancangan <i>boost Converter</i>	27
3.6 Diagram Kontrol PID	28
4.1 Grafik Perbandingan dengan Perbedaan Tegangan.....	33
4.2 Pengujian Konverter Berbeban.....	35
4.3 Pengujian PID dan Open Loop pada beban 47 Ohm.....	42
4.4 Pengujian PID dan Open Loop pada beban 100 Ohm.....	43
4.5 Pengujian PID dan Open Loop pada beban motor PG45	44
4.6 Pengujian PID dan Open Loop pada beban Robot	45
4.7 Perbandingan Robot dengan Konverter dan tanpa Konverter	46

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Listing Program Arduino Uno R3	50
B. Gambar <i>Hardware</i>	53



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Robot adalah seperangkat alat mekanik yang bisa melakukan tugas fisik, baik dengan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu (kecerdasan buatan). Istilah robot berawal bahasa Ceko “robot” yang berarti pekerja atau kuli yang tidak mengenal lelah atau bosan. Robot biasanya digunakan untuk tugas yang berat, berbahaya, pekerjaan yang berulang dan kotor. Robot dibuat untuk melakukan pekerjaan yang bersifat berulang (repetitif), membosankan, kotor, berbahaya dan memerlukan ketekunan yang tinggi. Dalam perkembangannya, robot dewasa ini bukan hanya mesin yang melakukan gerakan berulang tetapi telah melibatkan kecerdasan dan keluwesan (Gunawan Wibisono, 2011).

Robocon adalah sebuah pertandingan robot yang diselenggarakan tiap tahun, yang diikuti mahasiswa se-Asia-Pasifik. Pertandingan ini dimulai untuk pertama kalinya pada tahun 1993 dan diselenggarakan oleh Asia-Pacific Broadcasting Union. Pada kompetisi ini robot bersaing untuk melaksanakan tugas sesuai dengan tema yang ada pada setiap tahunnya. Pada tahun 2017 tema ABU Robocon adalah “*The Landing Disc*”. Filosofi dari Robocon ini adalah permainan tradisional Jepang yang disebut *Tosenkyo*.

Robot memiliki catu daya DC (*Direct Current*) yang beroperasi pada tegangan 12 V. Untuk menentukan tegangan yang digunakan pada catu daya dipengaruhi oleh komponen lain yang digunakan dalam penyusunan robot. Dalam kenyataannya, tegangan pada catu daya tersebut tidak selalu memiliki angka konstan sesuai dengan perencanaan. Ada kalanya terjadi peristiwa turun tegangan dari perencanaan. Apabila terjadi turun tegangan pada catu daya akan mengakibatkan perbedaan dari logika yang sudah ditanam dalam pemrograman robot tersebut. Akibatnya robot tersebut akan mengalami kegagalan dalam menjalankan operasi yang seharusnya.

Boost converter merupakan salah satu peralatan elektronika DC-DC *converter* yang dapat menaikkan tegangan DC dengan cara merubah nilai *duty*

cycle-nya. Dalam kenyataannya, tegangan DC yang masuk pada *converter* fluktuatif, oleh karena itu tegangan keluaran rata-rata harus dikontrol agar sama dengan nilai yang diinginkan (Khalid H. Mohamed, 2013). Kontrol PID dapat mengatur suatu *plan* agar mendapatkan nilai *output* yang diinginkan dengan mendapatkan nilai *feedback* dari nilai *output* pada *plan* dan stabil. Oleh karena itu kontrol PID ini dapat diimplementasikan untuk mengontrol tegangan input pada boost *converter* bila terjadi penurunan tegangan *output* karena meningkatnya arus beban, dengan *feedback* tegangan *output boost converter* .

Implementasi kontrol PID ini akan diterapkan pada robot KRAI. Karena *planning* robot bergantung pada tegangan, maka diterapkanlah kontrol *boost converter*. Diharapkan dengan diterapkannya kontrol PID pada sistem robot KRAI, *plan* pada robot tetap stabil. Seiring dengan berkembangnya waktu sistem PID dapat direalisasikan pada *embedded system* seperti arduino uno R3, sistem ini akan lebih sederhana dari pada sistem elektronika analog, mekanis atau pneumatis murni. Diharapkan juga sistem akan jauh lebih sederhana dengan *embedded system*

Berdasarkan penelitian dan kenyataan yang berada di lapangan, dibuat penelitian perancangan *boost converter* pada catu daya 12 VDC yang akan diaplikasikan pada Robot Abu Robocon yang bertema “*The Landing Disc*”. Dengan membuat perancangan *boost converter* tersebut maka robot bisa menjalankan operasi sesuai dengan perencanaan awal karena tidak akan terjadi turun tegangan yang mengakibatkan robot mengalami kegagalan logika program.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang *boost converter* pada Robot Abu Robocon 2017.
2. Bagaimana penerapan kontrol PID pada *boost converter*.
3. Bagaimana performa Robot Abu Robocon dengan *boost converter* dan tanpa *bost converter*.

1.3 Batasan Masalah

Untuk memperjelas dan menghindari meluasnya masalah, maka dibuat batasan masalah. Ada beberapa batasan masalah yaitu sebagai berikut:

1. Pengendalian dilakukan pada rangkaian kontrol motor robot.
2. Motor yang digunakan adalah motor PG45.
3. Jenis DC/DC *converter* yang dibahas hanya *boost converter*
4. Tegangan catu daya sebesar 12 VDC.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang *boost converter* pada Robot Abu Robocon 2017.
2. Membuat kontrol PID pada *boost converter* pada robot KRAI
3. Mengetahui performa Robot Abu Robocon dengan *boost converter* dan tanpa *boost converter*.

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu dapat mengetahui perancangan *boost converter* dengan kontrol PID yang optimal untuk Robot Abu Robocon 2017.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kontes Robot ABU Indonesia (KRAI)

Kontes Robot Indonesia (KRI) adalah kegiatan kontes bidang robotika yang dapat diikuti tim mahasiswa dari institusi atau Perguruan Tinggi Negeri dan Swasta yang terdaftar di Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi. Pada KRI terdapat berbagai divisi yang terus berkembang sesuai dengan perkembangan teknologi terkini dan tujuan kontes, yaitu: Kontes Robot ABU Indonesia (KRAI), Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) tipe beroda, Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) tipe berkaki, Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI), dan Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI). Masing – masing divisi memiliki aturan, tugas dan arena yang berbeda. Pada Kontes Robot Abu Indonesia (KRAI) peraturan yang digunakan selalu berubah-ubah tiap tahun bergantung pada tuan rumah ABU ROBOCON diadakan. (DIKTI, 2017)

Tema dan aturan KRAI 2017 mengacu pada ABU Asia-Pacific Robot Contest 2017 Tokyo. Tema KRAI 2017 adalah "Lempar Cakram", selaras dengan tema ABU Robocon 2017, yaitu "The Landing Disc". Pada kontes ini robot melempar cakram (disc) menuju tempat pendaratan (spot). Pada arena terdapat 7 spot dengan berbagai ketinggian dan luas. Pemenangnya adalah tim yang dapat mencapai "APPARE!". (DIKTI, 2017)

2.1.1 Robot

Robot bergerak dengan sistem semi otomatis maupun *full* otomatis. Robot bertugas untuk melemparkan cakram dengan tujuan tempat pendaratan (spot). (DIKTI, 2017)

2.2 Kontrol PID

2.2.1 Sistem Kontrol PID

Kontroler PID kontroler mekanisme umpan balik yang biasanya dipakai pada sistem kontrol industri. Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah cara

pengaturan yaitu kontrol P (*Proportional*), D (*Derivative*) dan I (*Integral*), dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan. (Muhammad Ali, 2004)

1. Komponen Proportional

Komponen P (Proporsional) mengeluarkan sinyal kontrol yang besarnya proporsional atau sebanding terhadap besarnya error. Secara matematis, pengontrol P dapat dinyatakan sebagai berikut

$$u(t) = K_p \cdot e(t) \quad (2.1)$$

K_p merupakan suatu bilangan yang menyatakan penguatan proporsional dari pengontrol P. Sedangkan $e(t)$ merupakan besarnya kesalahan yang terjadi pada waktu t . Sinyal kesalahan tersebut diakibatkan oleh selisih antara setpoint (besaran yang diinginkan) dengan keluaran aktual proses. Sinyal kesalahan tersebut akan mempengaruhi aksi pengontrol dalam mengeluarkan sinyal kontrol untuk menggerakkan aktuator. Pengaruh komponen K_p adalah memperkecil konstanta waktu sehingga sistem menjadi lebih sensitif dan mempunyai respons yang lebih cepat. Dengan mengubah-ubah besaran K_p , maka akan mempengaruhi offset atau steady state error. Harga K_p yang besar akan menyebabkan offset semakin kecil. Akan tetapi disisi lain, pengontrol P tidak akan melakukan aksi kontrolnya apabila tidak ada sinyal kesalahan $e(t)$. Hal ini dapat terlihat dari persamaan, yang menunjukkan bahwa pengontrol P akan selalu memerlukan sinyal kesalahan untuk menghasilkan sinyal kontrol $u(t)$.

2. Komponen Integral

Komponen integral berfungsi untuk menghilangkan offset untuk kondisi beban atau gangguan yang berubah. Aksi integral lazim juga disebut automatic reset (automatic bias setting). Seperti telah dibahas sebelumnya bahwa pengontrol P akan memberikan aksi kontrolnya apabila ada masukan sinyal kesalahan. Aksi integral akan menyebabkan akan menyebabkan pengontrol untuk mengeluarkan

sinyal kontrol yang sebanding dengan besarnya error. Pengontrol akan terus mengeluarkan sinyal, walaupun error telah mencapai nol.

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \quad (2.2)$$

3. Komponen Derivatif

Pada dasarnya, pengontrol PI saja tidaklah cukup untuk menghasilkan respons pengontrol yang lebih cepat. Oleh karena itu, masih diperlukan skema pengontrolan yang dapat memberikan respons pengontrol yang lebih cepat. Pengontrol PI lebih lambat karena komponen I harus menunggu dalam selang waktu tertentu agar dapat mengeluarkan output.. Komponen D tidak dapat berdiri sendiri, karena komponen D memerlukan input agar dapat mengeluarkan output. Untuk itu komponen D biasanya dikombinasikan dengan P dan PI.

$$u(t) = K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2.3)$$

Gabungan dari tiap komponen kontrol PID dapat dirumuskan menjadi sebagai berikut :

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2.4)$$

Dengan :

$u(t)$ = sinyal *output* pengendali PID

K_p = konstanta proporsional

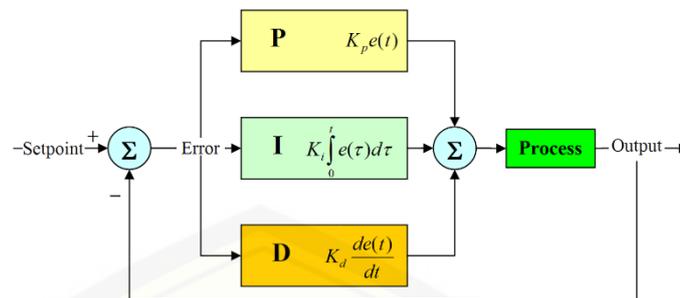
K_i = konstanta integral

K_d = konstanta derivatif

$e(t)$ = sinyal *error*

Semua persamaan PID diatas merupakan persamaan dalam waktu *continuous*, sedangkan untuk dapat dimasukkan kedalam *embedded system* (mikroprosesor atau mikrokontroler) harus dirubah menjadi bahasa pemrograman sehingga persamaan tersebut harus didiskritisasi terlebih dahulu (kawasan digital). Sehingga persamaannya menjadi sebagai berikut :

$$u(k) = K_p e(t) + K_i T_c [e(k-1) + e(t)] + K_D \frac{e(k) - e(k-1)}{T_c} \quad (2.5)$$

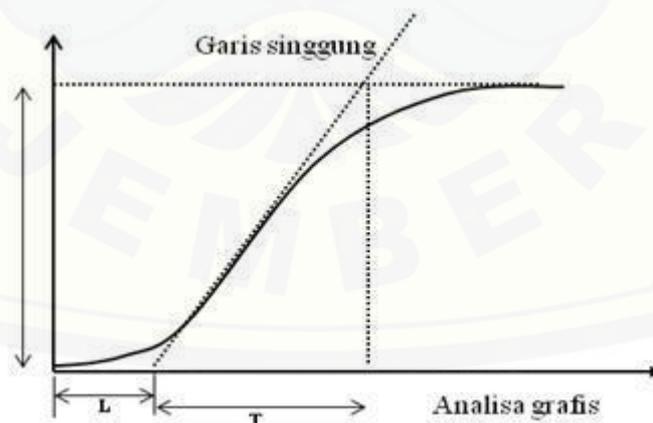


Gambar 2.1 Model Parallel PID

(Sumber: Ahmad Yusuf Yusron, 2015)

Aspek selanjutnya adalah menentukan nilai K_p , K_i , dan K_d pada sistem close loop, atau biasa disebut tuning PID. Tuning PID dilakukan dengan perhitungan matematik pada plant/system. Akan tetapi jika tidak diketahui, kita bisa melakukan eksperimen pada sistem. Metode tuning PID yang terkenal adalah metode Ziegler-Nichols metode 1 dan 2, metode tuning Ziegler-Nichols dilakukan dengan eksperimen (asumsi model belum diketahui) Metode ini bertujuan untuk pencapaian maximum overshoot (MO) : 25 % terhadap masukan *step*.

Metode Ziegler-Nichols 1 dilakukan berdasar eksperimen, dengan memberikan *input step* pada sistem, dan mengamati hasilnya sistem harus mempunyai *step response* (responsterhadap*step*) berbentukkurva S,



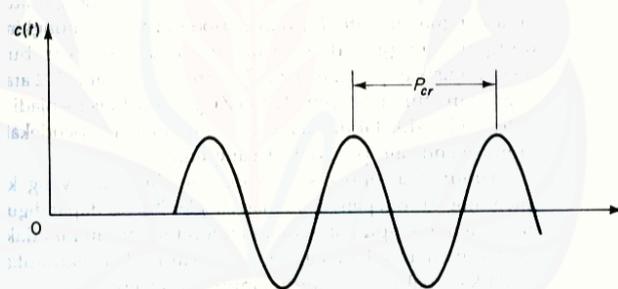
Gambar 2.2. Kurva S Analisa Grafis Ziegler Nichols 1

Aturan perpotongan garis lurus terjadi pada kondisi linier dari kurva S respon sistem. Ketepatan dalam pengambilan perpotongan ini sangatlah penting karena menentukan parameter T dan L yang menjadi acuan dari kontroler.

Tabel 2.1 Formula ziegler nichols 1

Tipe Pengendali	Kp	Ti	Td
P	T/L	∞	0
PI	0.9T/L	L/0.3	0
PID	1.2T/L	2L	0.5L

Metode ziegler-nichols 2 berguna untuk sistem yang mungkin mempunyai *step response* berosilasi terus menerus dengan teratur metode dilakukan dengan eksperimen dengan memberikan kontroler P pada suatu sistem close loop dengan *plant* terpasang Lalu nilai Kp ditambahkan sampai system berosilasi terus menerus dengan teratur, nilai Kp saat itu disebut penguatan kritis (K_{cr}) Periode saat itu disebut periode kritis (P_{cr})



Gambar 2.3. Osilasi Sistem pada Metode Ziegler-Nichols 2

Tabel 2.2. Formula ziegler Nichols 2

Tipe Pengendali	Kp	Ti	Td
P	$0.5K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45K_{cr}$	$1/1.2P_{cr}$	0
PID	$0.6K_{cr}$	$0.5P_{cr}$	$0.125P_{cr}$

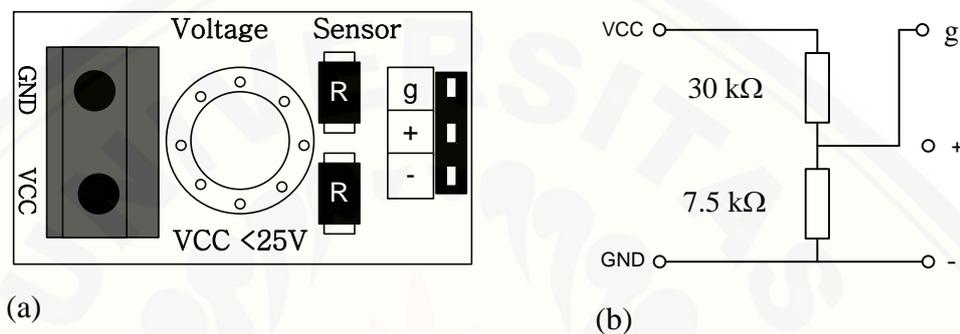
2.3 Komponen Pengendali

Pada penelitian yang akan dilakukan terdapat komponen pengendali, yang berfungsi sebagai pengolah hasil pembacaan sensor tegangan, tempat proses

kontrol PID dan pengontrol keluaran sesuai masukkan sensor. Diantara komponen pengendali tersebut adalah:

2.3.1 Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah modul pembagi tegangan yang digunakan untuk mengubah tegangan yang akan diukur untuk dapat diumpankan ke pin kontroler yang sudah memiliki konverter analog ke digital (ADC).



Gambar 2.4 Sensor Tegangan DCT-Elektronik

(Sumber; AutoDesk, 2015)

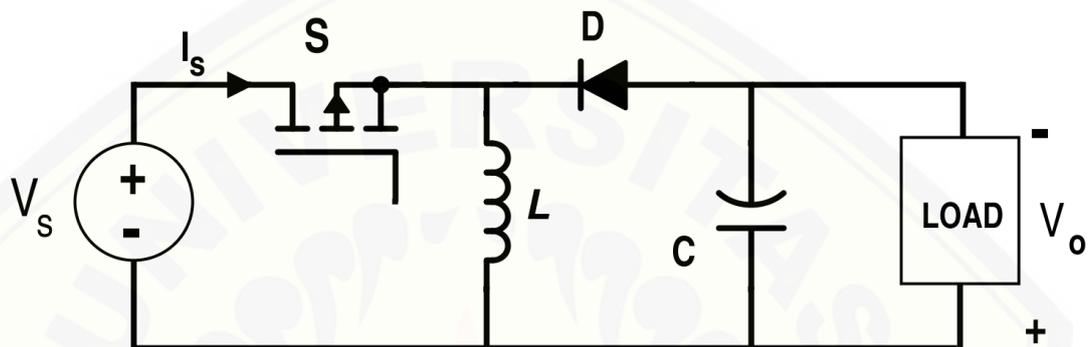
Gambar 2.4(a) adalah modul sensor pembagi tegangan, sedangkan Gambar 2.4(b) adalah diagram skematik dari sensor tersebut. Kaki VCC dan GND adalah kaki-kaki untuk menempatkan terminal tegangan yang akan diukur sedangkan pin g, + dan – adalah pin untuk dihubungkan dengan kaki ADC kontroler.

2.3.2 Boost Converter

Boost converter adalah salah satu DC-DC *converter* yang dapat menaikkan tegangan DC berdasarkan *Duty-Cycle* mosfet pada rangkaian *boostconverter*. Konverter *boost* berfungsi untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dibanding tegangan masukannya, atau biasa disebut dengan konverter penaik tegangan. Konverter ini banyak dimanfaatkan untuk aplikasi pembangkit listrik tenaga surya dan turbin angin.

Skema konverter jenis ini dapat dilihat pada gambar 2.5, dimana komponen utamanya terdiri atas MOSFET, dioda, induktor, dan kapasitor. Jika saklar MOSFET pada kondisi tertutup, arus akan mengalir ke induktor sehingga menyebabkan energi yang tersimpan di induktor naik. Saat saklar MOSFET

terbuka, arus induktor ini akan mengalir menuju beban melewati dioda sehingga energi yang tersimpan di induktor akan turun. Rasio antara tegangan keluaran dan tegangan masukan konverter sebanding dengan rasio antara periode penyaklaran dan waktu pembukaan saklar. Keunggulan dari konverter *boost* adalah mampu menghasilkan arus masukan yang kontinu.

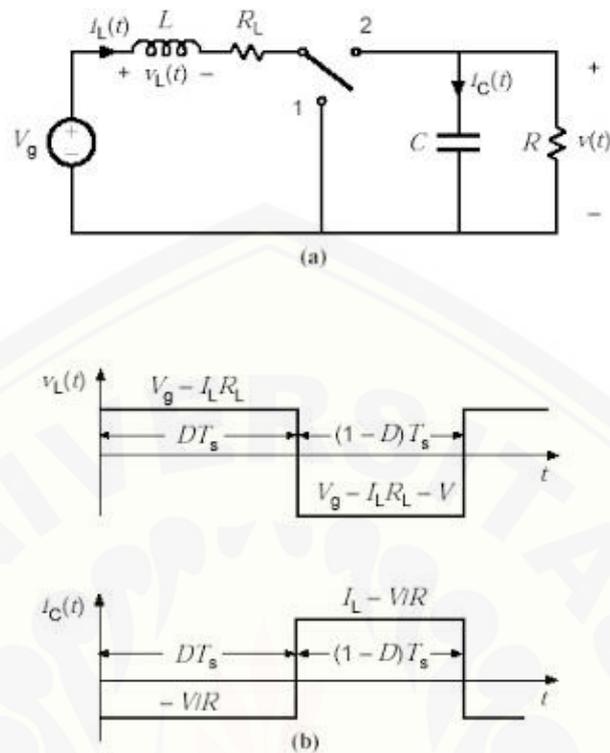


Gambar 2.5 Skema Boost Converter

(Sumber: Pramudya Nur Perdana, 2014)

2.3.2.1 Prinsip Kerja DC *Boost Converter*

MOSFET yang digunakan pada rangkaian DC Chopper Tipe Boost adalah bertindak sebagai saklar yang dapat membuka atau menutup rangkaian sehingga arus dapat dikendalikan sesuai dengan *duty cycle* yang diinginkan. Berikut adalah skema secara umum dari DC Chopper Tipe *Boost*.

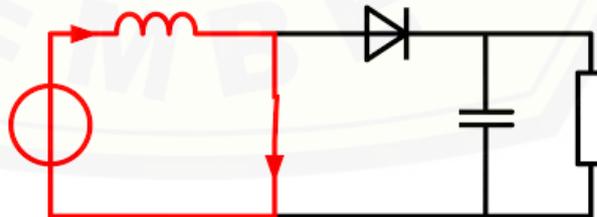


Gambar 2.6 Skema *Boost Converter* Beserta Keluarannya

(Sumber: Pramudya Nur Perdana, 2014)

Kinerja dari *boost converter* dapat dibagi menjadi 2 kerja utama, yaitu :

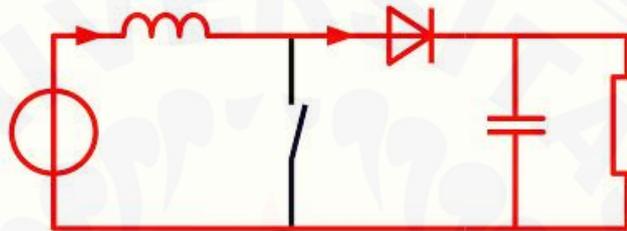
1. Ketika MOSFET on (tertutup) dan dioda *off*, arus mengalir searah jarum jam dari sumber menuju ke induktor (terjadi pengisian arus pada induktor). Polaritas induktor pada sisi kiri lebih positif dibandingkan sisi kanannya.



Gambar 2.7 MOSFET *Boost Converter* ON

(Sumber: Pramudya Nur Perdana, 2014)

2. Ketika MOSFET off (terbuka) dan dioda *on*, arus yang disimpan di induktor akan berkurang karena impedansi yang lebih tinggi. Berkurangnya arus pada induktor menyebabkan induktor tersebut melawannya dengan membalik polaritasnya (lebih negatif pada sisi kiri). Sehingga, arus yang mengalir pada dioda dan pada beban adalah penjumlahan antara arus pada sumber dan arus pada induktor (seri). Disaat yang bersamaan kapasitor juga akan melakukan penyimpanan energi dalam bentuk tegangan. Itulah sebabnya *boost converter* memiliki keluaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan masukannya.



Gambar 2.8 MOSFET *Boost Converter* OFF

(Sumber: Pramudya Nur Perdana, 2014)

2.3.2.2 Parameter Perancangan Boost Converter

Berikut empat parameter yang diperlukan untuk menghitung daya:

1. Rentang Tegangan Input: $V_{in(min)}$ dan $V_{in(max)}$
2. Nominal Tegangan Output: V_{out}
3. Output Arus Max : I_{outmax}
4. Rangkaian yang terintegrasi yang digunakan untuk membangun *boost converter*. Hal ini diperlukan, karena beberapa parameter untuk perhitungan harus diambil dari data sheet dari komponen yang digunakan dalam perancangan.

Langkah-langkah Perancangan *Boost Converter* (Marian K Kazemirczuk, 2008)

a. Penentuan *Duty Cycle*

Langkah pertama dalam perancangan *boost converter* adalah menentukan besarnya *duty cycle* minimum dan *duty cycle* maksimum

$$D_{min} = 1 - \frac{V_{I_{max}}}{V_o} \quad (2.6)$$

$$D_{max} = 1 - \frac{V_{min}}{V_o} \quad (2.7)$$

Keterangan :

- D : *Duty Cycle*
 $V_{in(min)}$: Tegangan masukan minimum
 V_{out} : Tegangan keluaran
 $V_{in(max)}$: Tegangan masukan maksimum

- b. Menentukan besarnya resistansi yang digunakan sebagai beban

Resistansi dalam perhitungan digunakan resistansi maksimum dan minimum yang akan digunakan sebagai beban dari *boost converter*, beban dapat ditentukan dengan menggunakan parameter tegangan *output* dan juga arus yang akan ada dalam perancangan *boost converter*

$$R_{Lmin} = \frac{V_o}{I_{Omax}} \quad (2.8)$$

$$R_{Lmax} = \frac{V_o}{I_{Omin}} \quad (2.9)$$

Keterangan :

- R_{Lmin} : Resistansi minimum
 R_{Lmax} : Resistansi maksimum

- c. Menghitung arus *ripple* dan rms induktor

Setelah menentukan besarnya resistansi, langkah selanjutnya adalah menentukan besarnya arus *ripple* maksimum dan arus rms yang ada pada induktor dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\Delta i_{Lmax} = \frac{V_o D_{min}(1-D_{min})^2}{f_s L} \quad (2.10)$$

$$I_{Lrms} \approx I_{Imax} = \frac{I_{Omax}}{1-D_{max}} \quad (2.11)$$

Keterangan :

- f_s : Frekuensi *switching*
 Δi_{Lmax} : arus *ripple* maksimum induktor
 I_{Lrms} : arus rms induktor

- d. Menentukan besar induktansi minimum

Komponen yang selanjutnya harus ditentukan nilainya adalah induktor, induktor yang akan dirancang dapat menggunakan persamaan

$$L_{min} = \frac{R_{Lmax} D_{min}(1-D_{min})^2}{2f_s} \quad (2.12)$$

Keterangan :

L_{min} : Induktansi minimum

e. Menghitung nilai dari arus maksimum dan arus rms MOSFET

$$I_{SMmax} = I_{DMmax} = \frac{I_{Omax}}{1-D_{min}} + \frac{V_O D_{max}(1-D_{min})}{2f_s L} \quad (2.13)$$

$$I_{Srms} = \frac{\sqrt{D_{max}} I_{Omax}}{1-D_{max}} \quad (2.14)$$

Keterangan :

I_{SMmax} : *current stresses* mosfet

I_{DMmax} : *current stresses* diode

I_{Srms} : arus rms mosfet

f. Menentukan besarnya kapasitansi

Sebelum menentukan besarnya kapasitansi yang digunakan untuk perancangan boost converter, terlebih dahulu menentukan tegangan *ripple* kapasitor yang akan digunakan dengan menggunakan persamaan 2.13

$$V_r = 0.01 \cdot V_O \quad (2.15)$$

Setelah nilai dari tegangan ripple kapasitor ditemukan, langkah selanjutnya menentukan ESR (*equivalent series resistance*) dari kapasitor

$$V_{rcpp} = V_{C_{pp}} = \frac{V_r}{2}$$

(2.14)

$$r_{Cmax} = \frac{V_{rcpp}}{I_{DMmax}} \quad (2.16)$$

Maka besarnya kapasitansi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini

$$C_{min} = \frac{D_{max} V_O}{f_s R_{Lmin} V_{C_{pp}}} \quad (2.17)$$

Keterangan :

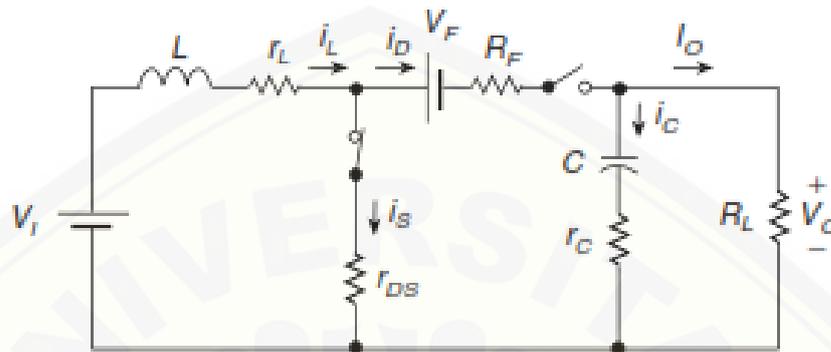
V_r : tegangan ripple kapasitor

r_{Cmax} : *Equivalent Series Resistance* (ESR)

C_{min} : kapasitansi minimum

Dalam sebuah perancangan konverter tentunya harus ditentukan *losses* daya yang kemungkinan akan terjadi karena setiap komponen elektronika

mempunyai tahanan dalam yang akan menyebabkan *losses* daya konverter, selain tahanan dalam penyebab konverter mengalami *losses* daya dikarenakan mosfet yang ada dalam konverter perancangan mengalami proses pensaklaran sehingga menghasilkan rugi-rugi daya



Gambar 2.9 Rangkaian ekuivalen *boost converter* dengan tahanan parasit

(Sumber; Hoby Fauzi, 2006)

Rangkaian diatas merupakan rangkaian ekuivalen *boost converter* dengan setiap komponene terdapat tahanan parasit yang akan mengakibatkan timbulnya rugi daya ketika *boost converter* tersebut beroperasi.. *Power losses* (PLS) digunakan untuk memperkerikan besar rugi daya akibat komponen konverter yang akan digunakan untuk mengetahui efisiensi dari konverter yang telah dibuat. Sehingga dapat menjadi acuan komponen yang tepat untuk *boost converter* yang dipakai. PLS adalah total rugi daya pada keseluruhan komponen konverter yaitu $PLS = P_{rDS} + P_{sw} + P_D + P_{cp} + P_{rL} + P_r$ (Marian K Kazemirczuk, 2008). Untuk menghitung efisiensi dari rangkaian yang telah dibuat yaitu

$$\eta = \frac{P_o}{P_o + PLS} 100\% \quad (2.17)$$

Untuk mengetahui besar nilai rugi yang dihasilkan oleh komponen aktif MOSFET yaitu dengan cara persamaan berikut ini (P_{rDS} merupakan besar daya yang dihasilkan oleh hambatan dalam MOSFET)

$$P_{rDS} = r_{DS} I_{srms}^2 \quad (2.18)$$

Untuk menghitung rugi-rugi switching, dapat diperoleh dari persamaan berikut, (C_o adalah linier)

$$P_{sw} = f_s C_o C_{SM}^2 \quad (2.19)$$

Dengan persamaan tersebut, maka didapat total daya disipasi pada mosfet sebagai berikut,

$$P_{FET} = P_{rDS} + \frac{P_{sw}}{2} \quad (2.20)$$

Kemudian, untuk rugi pada dioda didapat dari persamaan berikut, (R_f merupakan hambatan dalam dioda saat bias maju)

$$P_D = P_{RF} + P_{VF} \quad (2.21)$$

$$P_{RF} = R_f I_{Drms}^2 \quad (2.22)$$

$$P_{VF} = V_F I_{Omax} \quad (2.23)$$

Rugi-rugi pada induktor dapat diperoleh dari persamaan berikut, (r_L merupakan hambatan dalam induktor)

$$P_{rL} = r_L I_{Lrms}^2 \quad (2.24)$$

Apabila menggunakan Cout maka daya *losses* sebagai berikut, (r_{Lc} merupakan tahanan dalam kapasitor *output*)

$$P_{rC} = r_C I_{Crms}^2 \quad (2.25)$$

Dari beberapa persamaan tersebut maka didapat nilai daya *losses* total yaitu

$$P_{LS} = P_{rDS} + P_{sw} + P_D + P_{rL} + P_{rC} \quad (2.26)$$

Besar daya komponen sangat dipengaruhi oleh komponen yang digunakan. sehingga pemilihan besar komponen sangat mempengaruhi besar daya *losses* yang dihasilkan komponen tersebut.

2.3.3 Arduino Uno R3

Arduino Uno adalah modul mikrokontroler berbasis ATmega 328. Modul ini memiliki empat belas pin *input-output* (14 I/O) di mana enam diantaranya dapat digunakan sebagai *output pulse width modulation* (PWM), enam *input* analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, tombol *reset* dan koneksi ke catu daya. Kontroler ini semua yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler.

“Uno” berarti satu dalam bahasa Itali dan hal ini untuk menandai versi pertama (Arduino 1.0) yang akan menjadi versi acuan bagi Arduino berikutnya. Uno adalah seri terakhir dari seri papan atau modul USB Arduino. Uno tidak lagi

menggunakan *chip* FTDI USB-to-serial tetapi menggunakan Atmega 8U2 sebagai konverter USB ke serial. Gambar 2.6 (a) adalah modul Arduino UNO-R3 sedangkan Gambar 2.6 (b) menunjukkan skema dari modul Arduino UNO-R3 yang merupakan penyederhanaan dari gambar modul aslinya (Arduino UNO 2015).



(a)



(b)

Gambar 2.10 Modul Kontroler Arduino UNO-R3

Masing-masing pin I/O dapat digunakan sebagai *input* maupun *output* dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Masing-masing pin ini beroperasi pada tegangan 5 volt dan dapat menerima arus 40 mA serta sudah memiliki *pull-up* resistor 20-50 k Ω yang secara *default* tidak tersambung (*disconnected*).

Berikut ini adalah tabel spesifikasi dari Arduino Uno R3 dapat kita lihat pada Tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino UNO-R3

Microcontroller	ATmega328
Tegangan Operasi	5 V
Tegangan Input	7-12 V
Tegangan Input (Batas)	60-20 V
I/O Digital	14 (6 buah menyediakan PWM output)
Input Analog	6 buah
Arus DC per I/O pin	40 Ma
Arus DC untuk pin 3.3	50 Ma
Flash Memory	Bootloader
SRAM	2 Kb
EEPROM	1 Kb
Kecepatan Klok	16 MHz

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian yang dilakukan ini, untuk memperoleh data dan hasil dari penelitian yang sesuai dengan tujuan, maka dilakukan beberapa tahapan-tahapan pada proses penelitian ini. Kegiatan penelitian sebagaimana dapat dijelaskan dalam susunan seperti berikut.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat : Laboratorium Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas Jember

Alamat : Jl. Slamet Riyadi No. 62, Patrang, Kabupaten Jember

Waktu : Januari 2017 – April 2017

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Alat

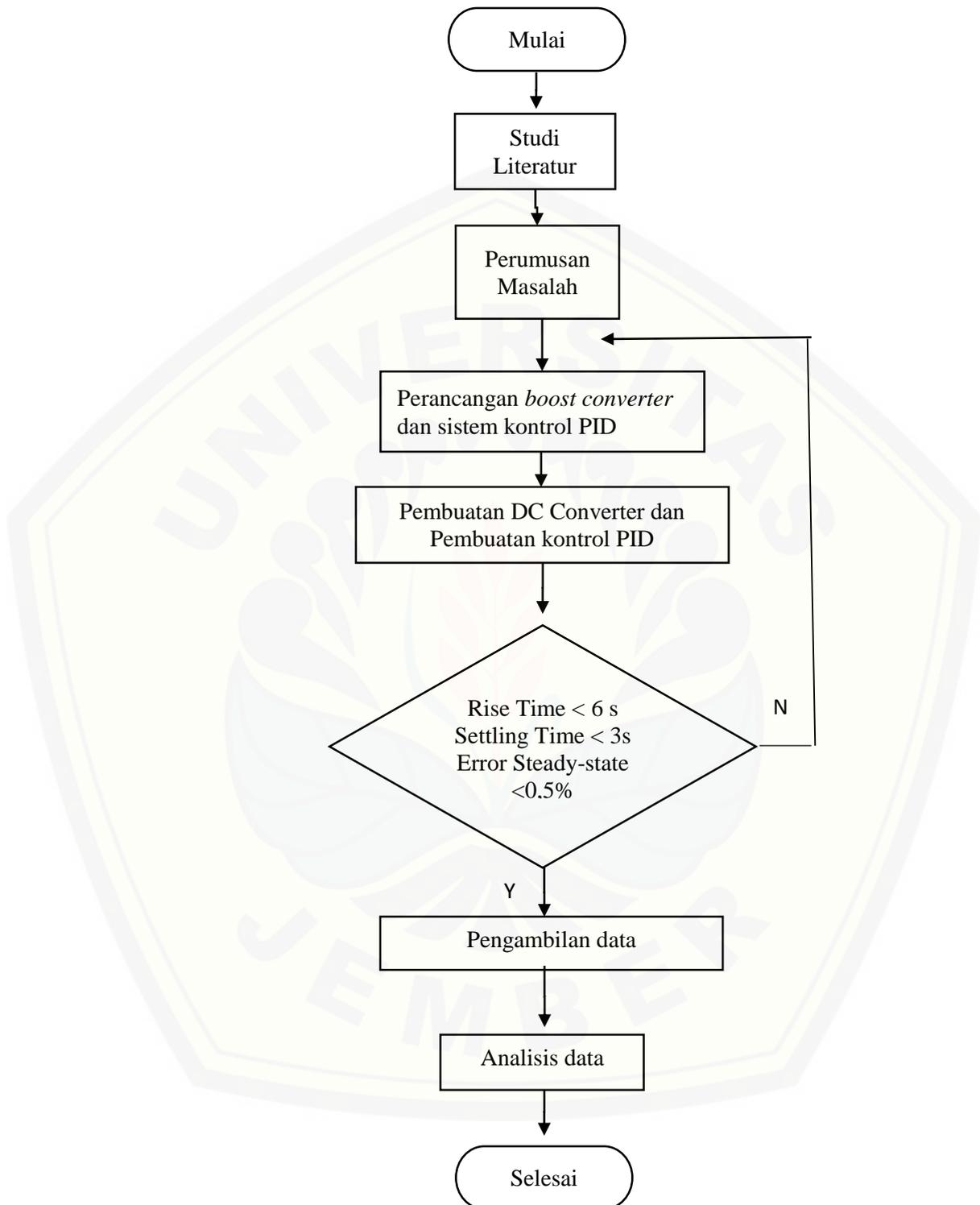
- a. Multimeter
- b. Timer
- c. Data *logger*
- d. *Electrical Tool set*

Bahan

- a. Robot KRAI 2017
- b. Arduino uno R3
- c. Sensor tegangan
- d. *Boost Converter*

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan mengikuti alur penelitian sesuai dengan gambar *flowchart* penelitian yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian sistem kontrol boost converter pada robot KRAI 2017 berbasis PID adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur

Tahap pertama memulai penelitian ini dilakukan tahapan mencari literatur yang berkaitan dengan penelitian ini, dengan harapan perancangan dan pelaksanaan penelitian dapat sesuai dengan yang diharapkan.

2. Perumusan Masalah

Tahapan kedua adalah melakukan perumusan masalah tentang apa saja masalah yang ada ketika Robot turun tegangan.

3. Perancangan *boost control* dan sistem kontrol PID

Tahap ketiga adalah proses perancangan *boost converter* dan sistem kontrol PID menggunakan tegangan input boost converter yang terdiri dari sensor tegangan, kapasitor, MOSFET, dioda, program dan arduino uno R3.

4. Pembuatan DC converter dan kontrol PID

Tahap keempat adalah pembuatan DC konverter dan program kontrol PID untuk di *upload* ke dalam arduino, Pada proses ini merubah persamaan PID dari domain waktu *continuous* ke domain waktu *diskret*.

5. Pengujian Sistem

Tahap kelima adalah pegujian sistem yang dilanjutkan ke tahap selanjutnya apabila boost converter dan kontrol PID nya sesuai, apabila tidak sesuai kembali ke langkah perancangan *boost converter* dan kontrol PID. Pada pengujian sistem ditentukan *rise time* sebesar 6s, *settling time* 3s, dan *error steady state* sebesar $<0,5\%$ untuk mencapai *set point* yang telah ditentukan sebesar 12,5V.

6. Pengambilan data

Tahap keenam adalah pengujian dan pengambilan data dari sitem kontrol boost converter pada robot KRAI 2017 yang digunakan untuk mengatasi drop tegangan pada kontrol sitem dan motor penggeraknya

7. Analisa data

Tahap ketujuh adalah melakukan analisa pada data yang diperoleh dari tahap sebelumnya.

8. Penarikan Kesimpulan

Tahap kedelapan adalah tahap terakhir pada penelitian ini yaitu memberikan kesimpulan dari pengujian dan analisa data yang diperoleh.

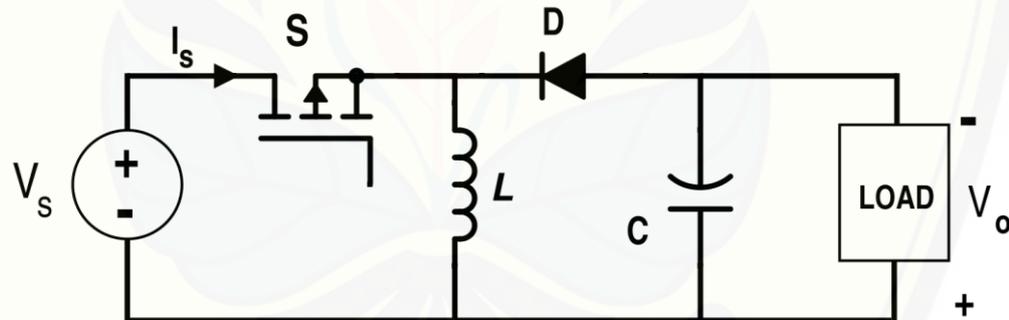
3.4 Perancangan Hardware

3.4.1 Perancangan Boost Converter

Dalam pendesainan *boost converter* dibutuhkan perhitungan untuk mencari nilai dari baik itu *duty cycle*, *filter*, maupun bebannya. Untuk menentukan nilai-nilai tersebut digunakan langkah-langkah seperti yang tertera dibawah ini :

Tabel 3.1 Parameter DC/DC *Boost Converter*

Tegangan Masukan	11,1V - 12 V
Tegangan Keluaran	12.5 V
Arus Keluaran	0.6 – 2A
Frekuensi	200 kHz



Gambar 3.2 Desain *Boost Converter*

Dalam pendesainan *boost converter* dibutuhkan perhitungan untuk mencari nilai dari baik itu *duty cycle*, *filter*, maupun bebannya. Untuk menentukan nilai-nilai tersebut digunakan persamaan dari bab sebelumnya yang dimulai dari persamaan 2.5 sampai 2.15. Berikut adalah pehitungannya :

1. Perhitungan *duty cycle*

$$D_{min} = 1 - \frac{V_{I_{max}}}{V_o} = 1 - \frac{12}{12.5} = 4 \%$$

$$D_{max} = 1 - \frac{V_{min}}{V_o} = 1 - \frac{11.1}{12.5} = 11.2 \%$$

2. Perhitungan Resistansi

Menentukan besarnya resistansi yang digunakan sebagai beban yang akan terhubung dengan konverter

$$R_{Lmin} = \frac{V_o}{I_{Omax}} = \frac{12.5}{2} = 6.25 \Omega$$

$$R_{Lmax} = \frac{V_o}{I_{Omin}} = \frac{12.5}{0.1} = 125 \Omega$$

3. Perhitungan Induktor

Setelah *duty cycle* ditemukan selanjutnya mencari besarnya induktansi, besarnya induktansi dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan dibawah

Arus ripple

$$\Delta i_{Lmax} = \frac{V_o D_{min} (1 - D_{min})^2}{f_s L} = \frac{12.5 * 0.4 (1 - 0.4)^2}{200000 * 0.0000547} = 0.148 A$$

Arus rms

$$I_{Lrms} \approx I_{Lmax} = \frac{I_{Omax}}{1 - D_{max}} = \frac{1}{1 - 0.112} = 2,252 A$$

Induktansi minimum

$$L_{min} = \frac{R_{Lmax} D_{min} (1 - D_{min})^2}{2 f_s} = \frac{125 * 0.4 (1 - 0.4)^2}{2 * 200000} = 0.00001152 H$$

Setelah nilai dari induktansi, arus ripple dan arus maksimum yang ada pada induktor telah ditemukan, langkah selanjutnya yaitu menghitung jumlah lilitan, pada penelitian ini jenis induktor yang digunakan digunakan yaitu torroidal core inductor atau inti yang berbentuk O Ring (bentuk donat) dengan tipe T-184-1 buatan micromental dengan nilai $AL = 500 \mu H / 100 \text{ turn}$. Untuk ukuran enamel yang digunakan dalam penelitian sebesar 10 AWG atau sebesar 2,5882 mm (berdasarkan datasheet).

$$N = 100 \sqrt{\frac{\text{Nilai } L (\mu H)}{AL (\frac{\mu H}{100 \text{ turn}})}}$$

$$N = 100 \sqrt{\frac{54.7}{500}}$$

$$N = 33 \text{ lilitan}$$

4. Pemilihan MOSFET

Arus *switching* MOSFET

$$I_{SMmax} = I_{DMmax} = \frac{I_{Omax}}{1 - D_{min}} + \frac{V_O D_{max}(1 - D_{min})}{2f_s L}$$

$$= \frac{1}{1-0.4} + \frac{7.4*0.112(1-0.4)}{2*200000L*0.00001152} = 2,52 \text{ A}$$

Arus rms

$$I_{Srms} = \frac{\sqrt{D_{max}} I_{Omax}}{1 - D_{max}} = \frac{\sqrt{0.112} * 2}{1 - 0.112} = 1.92 \text{ A}$$

Dengan data seperti yang ditunjukkan dalam perhitungan yang tertera diatas maka digunakan MOSFET tipe IRF540

5. Perhitungan Kapasitor

Tegangan *ripple*

$$V_r = 0.01 \cdot V_O = 0.01 * 7.4 = 0.074 \text{ V}$$

ESR maksimum

$$V_{rcpp} = V_{Ccpp} = \frac{V_r}{2} = \frac{0.074}{2} = 0.037 \text{ V}$$

$$r_{Cmax} = \frac{V_{rcpp}}{I_{DMmax}} = \frac{0.037}{2.54} = 0.014 \Omega$$

Sehingga didapatkan nilai dari kapasitor minimum yang akan digunakan pada *boost converter*

$$C_{min} = \frac{D_{max} V_O}{f_s R_{Lmin} V_{Ccpp}} = \frac{0.59 * 7.4}{200000 * 7.4 * 0.037} = 0.0000809 \text{ F}$$

3.4.2 Sensor tegangan

Sensor tegangan yang akan digunakan adalah rangkaian pembagi tegangan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Perancangan dilakukan dengan melakukan perhitungan nilai resistor yang akan digunakan yang ditunjukkan pada persamaan 3.1. Sehingga didapatkan rangkaian pembagi tegangan ini menggunakan resistor 300 k Ω dan resistor 4k7 Ω yang dirangkai secara seri, agar dapat membaca tegangan 0 – 324.15 V dan perbandingan tegangan untuk diberikan ke arduino uno R3 0 – 5 V. Karena resistor 300 k Ω sukar ditemukan, maka dapat diganti dengan 3

buah resistor 100 k Ω yang dirangkai secara seri. Rangkaian sensor tegangan ditunjukkan pada gambar 3.3.

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times R_2}{(R_1 + R_2)} \quad (3.1)$$

dimana, $V_{out} = 5$; $V_{in} = 324.15$; $R_1 = 300 \text{ k}\Omega$

$$5 = \frac{324.15 \times R_2}{(300k + R_2)}$$

$$5 \times (300k + R_2)$$

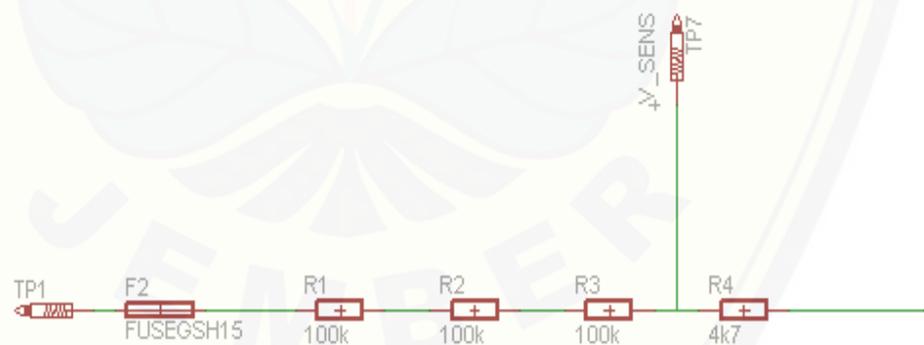
$$= 324.15$$

$$\times R_2$$

$$1500k + 5R_2 = 324.15R_2$$

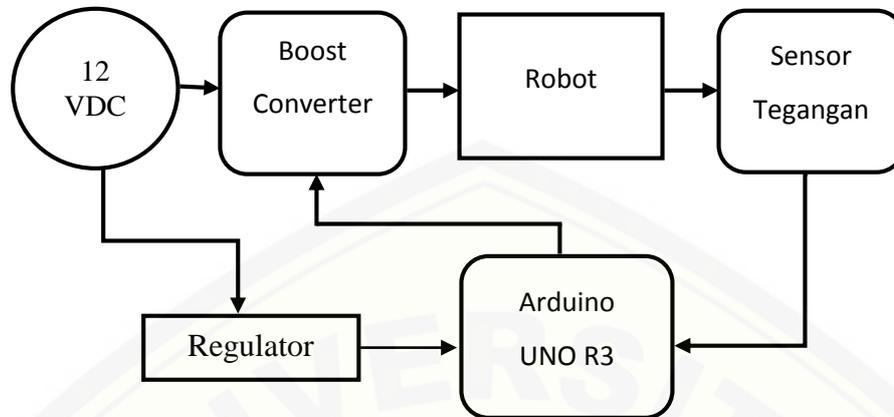
$$R_2 = \frac{1500k}{319.15}$$

$$R_2 = 4k7 \Omega$$



Gambar 3.3 Skematik Sensor Tegangan

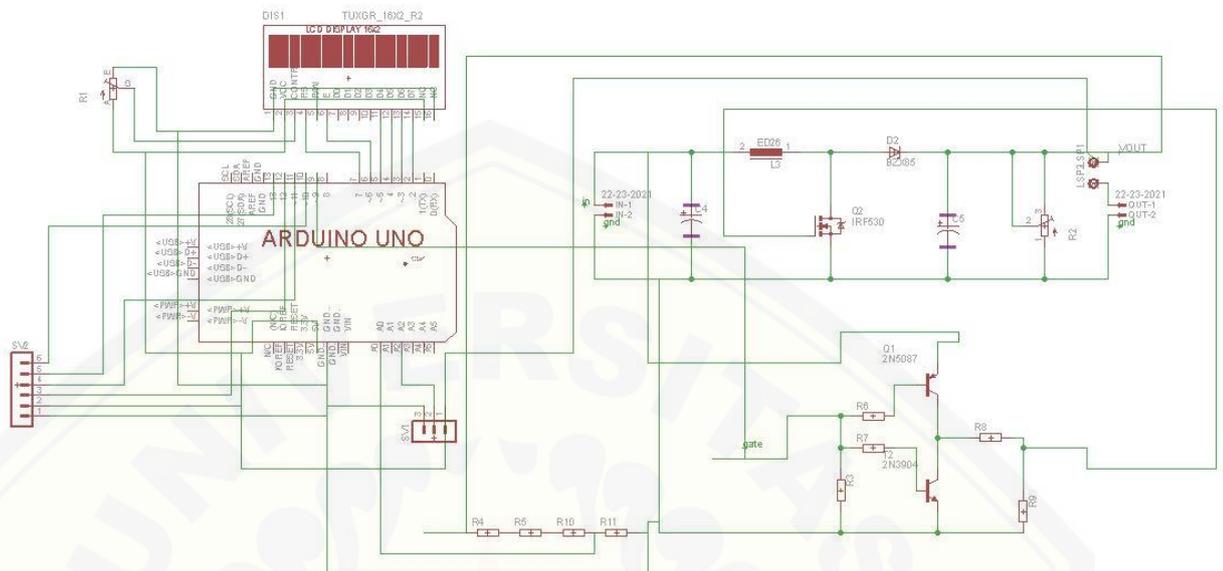
3.5 Blok Diagram dan Perancangan Sistem



Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem

Prinsip kerja dari penelitian ini dapat digambarkan pada blok diagram diatas. *Boost converter* dikontrol oleh PID sehingga rangkaian kontrol robot dan supply dari motor penggerak robot akan terkendali. Ketika supply 24VDC menghidupkan rangkaian kontrol dan dibutuhkan tegangan tertentu untuk tetap stabil agar plan pada robot tetap berjalan sesuai keinginan yang ditentukan sebagai setpoint PID dengan sensor tegangan yang memberikan nilai feedback ke arduino dan diolah dalam perhitungan PID di dalam arduino yang mengontrol Boost Converter memberikan nilai tegangan yang dibutuhkan agar tetap stabil yang sesuai sehingga tegangan keluaran sesuai setpoint yang diinginkan, ketika robot sudah berjalan sesuai plan maka otomatis supply dari baterai akan berkurang sesuai daya yang dibutuhkan dan terminal output pada menjadi drop, namun karena adanya kontrol PID yang sudah diterapkan, I_f akan menyesuaikan kembali sehingga tegangan output sesuai kembali dengan setpoint.

3.5.1 Perancangan Sistem



Gambar 3.5 Perancangan *Boost Converter*

Pada sistem ini *boost converter* dihubungkan pada Arduino Uno R3 dan di dalamnya sudah tertanam kontrol PID untuk mengatur V_{out} dari konverter agar sesuai set poin. Sensor tegangan yang terhubung pada pin A0 Arduino akan menerima feedback dari robot yang berupa tegangan dan akan disesuaikan pada setpoin sebesar 12,5 V.

3.5.2 Kontrol PID pada ARDUINO UNO R3

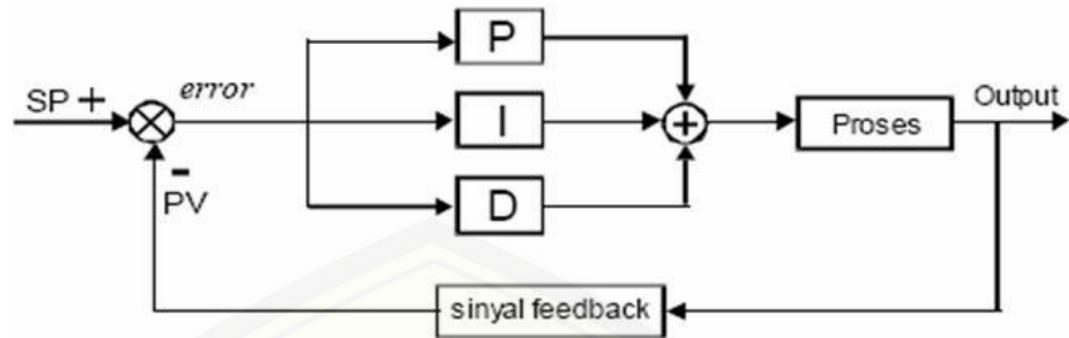
Kontrol PID yang diimplementasikan akan digunakan dalam kawasan waktu diskret agar dapat direalisasikan dalam bentuk pemrograman kontrol PID kawasan waktu kontinu :

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (3.1)$$

kontrol PID dalam kawasan waktu diskret :

$$u(k) = K_p e(t) + K_i T_c [e(k-1) + e(t)] + K_D \frac{e(k) - e(k-1)}{T_c} \quad (3.2)$$

Dari persamaan diatas, dapat dibentuk blok diagram seperti berikut :



Gambar 3.6 Diagram Kontrol PID

Dari diagram diatas set point ditentukan sesuai dengan tegangan kebutuhan robot untuk menjalankan misinya, lalu ada Rumus K_p , K_i , K_d yang akan memproses berapa pwm yang dibutuhkan agar *boost converter* bekerja sesuai dengan output yang diharapkan. Feedback sistem didapat dari keluaran K_p , K_i , dan K_d yang disusun secara paralel dan akan masuk pada *boost converter*. PID ini ada dalam Arduino Uno R3, untuk menentukan nilai K_p , K_i dan K_d dilakukan dengan manual tuning dan ziegler nichols. Aspek yang sangat penting dalam desain kontroler PID ialah penentuan parameter kontroler PID supaya sistem *close loop* memenuhi kriteria performansi yang diinginkan. Hal ini disebut juga dengan *tuning* kontroler.

3.5.3 Metode *Manual tuning*

Metode *manual tuning* adalah metode untuk mencari nilai parameter *PID* dengan cara *trial and error* dengan mengacu pada karakteristik dari setiap parameter yang dicari seperti yang dijelaskan pada BAB sebelumnya. Pada penelitian ini dilakukan *manual tuning* parameter dengan langkah sebagai berikut.

1. Memberikan *gain* parameter *proportional* sehingga *plan* memberikan nilai *output* yang mencapai *setpoint*. Namun dengan memberikan parameter ini akan meningkatkan *overshoot* pada *output* dari *plan* dan *error steady-state* masih tinggi.
2. Memberikan nilai parameter *integral* sehingga nilai *error steady-state* dapat dikurangi. Namun pemberian parameter ini akan meningkatkan *overshoot* dan *settling time* meningkat.

3. Memberikan nilai parameter *derivative* sehingga nilai *overshoot* dan *settling time* dapat dikurangi. Namun untuk memberikan nilai parameter ini tidak diperbolehkan terlalu tinggi karena akan membuat sistem lebih tidak stabil.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan data pengujian sensor tegangan nilai persentase *error* tertinggi terjadi ketika pengujian pada sekitar tegangan 1.24 volt yaitu 1.048 %, sedangkan persentase *error* terkecil terjadi ketika pengujian pada sekitar tegangan 4.47 volt yaitu 0.223%.
2. Pada pengujian *boost converter* nilai efisiensi tertinggi terjadi pada *duty cycle* 15 % dengan nilai daya *input* 2.04 Watt dan daya *output* 1,441, sedangkan nilai efisiensi terkecil terjadi pada *duty cycle* 35 % yaitu 56% dengan daya 4,56 Watt dan daya *output* 2.56 Watt.
3. Nilai parameter kontrol *PID* yang sesuai dengan sistem ini adalah $K_p = 7$, $K_i = 5$ dan $K_d = 0.00002$ dengan nilai *rise time* 6 s, *settling time* 3 s, *error steady-state* 0.6 %
4. Pada pengujian pada robot terjadi peak 12.47 volt dengan drop tegangan 0.03 volt, dapat disimpulkan performa robot dapat meningkat meskipun terjadi drop tegangan pada baterai saat digunakan.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian, penulis memberikan saran untuk mengembangkan penelitian ini untuk penelitian berikutnya. Saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut.

1. Kontrol *PID* dapat diganti dengan kontrol *PI* atau *PD* sebagai perbandingan.
2. Kontrol *fuzzy logic* dapat digunakan sebagai pembanding dengan sistem kontrol utama untuk mendapatkan nilai *peak*.

DAFTAR PUSTAKA

Arduino UNO, R3. 2015. "A000066 Arduino | Mouser." *MOUSER ELECTRONICS*. Accessed August 18.

<http://surplustek.ca/dct-rsa-captur-de-voltage-standard-pour-robot-arduino.html>.

Brigitte Hauke (2014). Basic Calculation of a Boost Converter's Power Stage.

Texas Instrument, 1-9.

Rashid, M. H. (2007). *Power Electronics Handbook*. London: Academic Press.

<http://www.vishay.com/docs/91019/91019.pdf>

Setiawan, Andi.2013. Kontrol PID Pengendali Sistem. Universitas Jember. Indonesia.

Ali, Muhamad 2004. Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID dengan Software Matlab. Universitas Negeri Yogyakarta, 1-8.

Fanany, Akhmad Zaki 2010. Desain dan Simulasi Konverter Boost Multilevel sebagai Catu Daya Kendaraan Listrik. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Indonesia.

LAMPIRAN**A. Listing Program Arduino Uno R3**

```
#include <TimerOne.h>
#include <Wire.h>

float KP=7;
float KI=5;
float KD=0.00003;
float error_sb1m_I=0;
float error_sb1m_D=0;
float set_point=12.5;
float Tc=0.01;
float error;
float error_I;
float error_D;
float out_P;
float out_I;
float out_D;
float out_PID;
int pwml;
int potinput=A0;
float potinputval;

int cc;

float aruss,tegang;
void setup()
{
  pinMode(9, OUTPUT);
  pinMode(potinput, INPUT);
  uint32_t currentFrequency;
  Timer1.initialize(200000); // set a timer of length 8uS
  Timer1.setPeriod(30);
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  arus ();
  tegangan();
  kontrol_PID();
  control();
}
```

```
disp();
delay(100);
}

void kontrol_PID() {
  error = set_point-potinputval;
  out_P = KP*error;

  error_I = error + error_sblm_I;
  out_I = KI*error_I*Tc;
  error_sblm_I = error_I;

  error_D = error-error_sblm_D;
  out_D = (KD*error_D)/Tc;
  error_sblm_D = error_D;

  out_PID = (out_P + out_I + out_D)*1023/255;
}

void disp(){

  Serial.print(out_PID);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(pwm1);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(aruss,3);
  Serial.print("\t");
  Serial.println(potinputval,2);
}

void control() {
  pwm1=pwm1+out_PID;
  if(pwm1>=1023)
  {
    pwm1=1023;
  }
  if(pwm1<=0)
  {
    pwm1=0;
  }
  Timer1.pwm(9, pwm1);
}

void tegangan(){
  potinputval = analogRead(A0)*27.0588/1023.0;
  potinputval=(0.9887*potinputval)+0.0456;
}

void arus(){
  {
```

```
    unsigned int x=0;
    float
    ascv=0.0,sams=0.0,y=0.0,sam=0.0,avg=0.0,acsvf=0.0,average=0.0;
    for(int x=0;x<300;x++){
        ascv=analogRead(A2);
        sam=sam+ascv;
        //sam=sams;
        delay(3);
    }

    avg=sam/300.000043;
    acsvf=abs(2.379638321-(avg*(4.79/1024.0)))/0.066;
    aruss=acsvf;
    if          (avg>512.40                &&
avg<516.4){average=(acsvf/2)+0.031111;}
    if (avg>511.00 && avg<512.40){average=abs(acsvf/2)-
0.1111;}
    if (avg>516.40){average=abs(acsvf)-0.12111;}
}
}
```

B. Gambar *Hardware*



