

**RANCANG BANGUN KONTROLER BUCK KONVERTER  
MENGUNAKAN KENDALI PI DAN PID**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan Tugas Akhir  
pada Jurusan Teknik Elektro Program Diploma IV  
Di Universitas Negeri Padang*



**Oleh :**

**RAHMANDA FADRI**

**NIM: 1202013.2012**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2018**

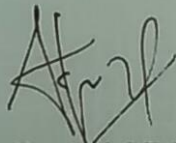
HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Rancang Bangun Kontroler Buck Konverter  
Menggunakan Kendali PI dan PID  
Nama : Rahmanda Fadri  
Nim / BP : 1202013 / 2012  
Program Studi : Teknik Elektro Industri  
Jurusan : Teknik Elektro

Padang, Februari 2018

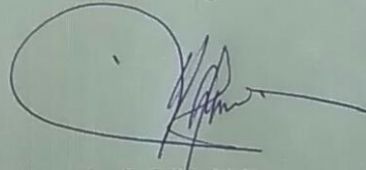
Disetujui Oleh:

Pembimbing I



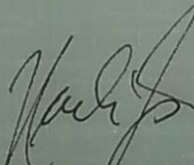
Irma Husnani, S.T, M.T.  
NIP. 19720929 199903 2 002

Pembimbing II



Asnil, S.Pd, M.Eng.  
NIP. 19811007 200604 1 001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro



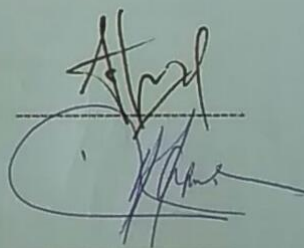
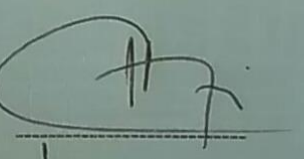
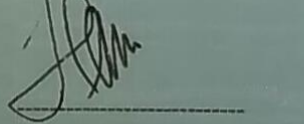

Drs. H. Hambali, M.Kes  
NIP .19620508 198703 1 004

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Dinyatakan LULUS Setelah Mempertahankan Didepan Tim Penguji  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang  
Pada Tanggal 1 Februari 2018

Judul : Rancang Bangun Kontroler Buck Konverter  
Menggunakan Kendali PI dan PID  
Nama : Rahmanda Fadri  
Nim / BP : 1202013 / 2012  
Program Studi : Teknik Elektro Industri  
Jurusan : Teknik Elektro

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Irma Husnaini, S.T, M.T	
2. Sekretaris	: Asnil, S.Pd, M.Eng	
3. Anggota	: Dr. Hendri, MT	
4. Anggota	: Habibullah, S.Pd, M.T	



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Jl. Prof. Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang 25171  
Telp. (0751) 445998, Fax (0751) 7055644 e-mail: elo\_unp@yahoo.com



**SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

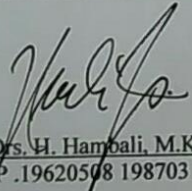
Nama : Rahmanda Fadri  
NIM/BP : 1202013/2012  
Jurusan : Teknik Elektro  
Program Studi : Teknik Elektro Industri(DIV)  
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul **“Rancang Bangun Kontroler Buck Konverter Menggunakan Kendali PI dan PID”** adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan plagiat dari orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

  
Drs. H. Hambali, M.Kes  
NIP. 19620508 198703 1 004

Saya yang menyatakan,



Rahmanda Fadri  
NIM/BP. 1202013/2012

## ABSTRAK

**Rahmanda Fadri (1202013, 2012) : Rancang Bangun Kontroler Buck Konverter Menggunakan Kendali PI dan PID**

**Pembimbing I : Irma Husnaini, S.T, M.T.**  
**Pembimbing II : Asnil, S.Pd, M. Eng.**

Buck konverter adalah DC-DC konverter yang digunakan untuk menurunkan tegangan DC. Prinsip kerja rangkaian ini adalah dengan kendali pensaklaran. Nilai tegangan keluaran buck konverter dapat diatur dengan mengatur besar lebar pulsa (*duty cycle*) dari PWM (*Pulse Width Modulation*). Buck konverter banyak digunakan di dunia kelistrikan. Jika sumber arus searah ini dibebani maka tegangan outputnya akan berubah. Perubahan ini juga disebabkan oleh perubahan tegangan sumber. Perubahan ini tentunya tidak diinginkan, karena akan mengurangi unjuk kerja dari peralatan yang kita pasang.

Pada Tugas Akhir ini dirancang kendali PI dan PID untuk Buck Konverter. Kendali PI dan PID yang digunakan ditala dengan menggunakan metode *Ziegler-Nichols*. Setelah didapatkan nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ , pengendali diimplementasikan pada mikrokontroler Arduino UNO dan disimulikan melalui program Matlab. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, kendali PI dan PID mampu mempertahankan nilai setpoint keluaran 5V walaupun dibebani. Respon tanggapan gelombang keluaran juga memiliki respon yang cukup baik dengan *settling time* yang baik pada waktu 0.3 ms dan waktu *risetime* yang cepat saat 0.08 ms dan memiliki *overshoot* yang kecil.

Kata kunci: DC-DC konverter, Buck Konverter, PWM, Mikrokontroler Arduino UNO, MOSFET, PI, PID, *Ziegler-Nichols*

## KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Rancang Bangun Kontroler Buck Konverter Menggunakan Kendali PI dan PID”**. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan Program Studi Diploma IV (D4).

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Irma Husnaini, S.T, M.T selaku Pembimbing I dan Bapak Asnil, S.Pd, M.Eng selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan bantuan kepada penulis sampai Tugas Akhir ini selesai. Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M.Pd, M.T Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. H. Hambali, M.Kes selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Asnil, S.Pd.,M.Eng selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro
4. Bapak Dr. Hendri M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Industri (DIV).

5. Ibu Irma Husnaini, S.T, M.T selaku pembimbing I dan Bapak Asnil, S.Pd, M.Eng selaku Pembimbing II yang telah memberi motivasi dan bimbingan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Dr. Hendri, M.T selaku pengarah I dan bapak Habibullah, S.Pd, M.T selaku pengarah II dalam tugas akhir ini.
7. Bapak/Ibu staf pengajar Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama masa studi.
8. Kedua orang tua dan saudaraku yang telah memberikan dorongan, doa, dan semangat serta kasih sayang kepada penulis.
9. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNP, khususnya Program Studi Teknik Elektro Industri (D4) Universitas Negeri Padang angkatan 2012.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kelemahan dan kekurangan dan penulis mengharapkan saran demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin

Padang, Februari 2018

**Rahmanda Fadri**

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah .....	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah .....	4
E. Tujuan.....	4
F. Manfaat.....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Konverter DC-DC .....	6
1. Buck Konverter .....	7
B. Penentuan Filter LC .....	11
C. Rangkaian Pembagi Tegangan.....	13
D. <i>Optocoupler</i> IC TLP250.....	14
E. MOSFET .....	16
F. Catu Daya.....	17

1. Penurun Tegangan .....	17
2. Penyearah .....	18
3. Penyaring (Filter) .....	19
4. Penstabil Tegangan (Regulator).....	19
G. Sistem Kendali .....	20
1. Sistem Kendali Loop Terbuka .....	21
2. Sistem Kendali Loop Tertutup .....	21
H. Pengendali Proporsional Integral (PI).....	22
I. Pengendali Proporsional Integral Derivatif (PID).....	23
J. Aturan Penalaan Pengendali PID .....	24
1. Metode Pertama Zigler-Nichols.....	25
2. Metode Kedua Zigler-Nichols.....	27
K. Mikrokontroler Arduino UNO .....	28
1. Kelebihan Mikrokontroler Arduino UNO.....	28
2. Komponen Arduino UNO .....	30
3. Bagian-bagian Papan Arduino .....	32
L. PWM (Pulse Width Modulation) .....	35
M. LCD (Liquid Crystal Display).....	38
N. Bahasa Pemrograman C pada Arduino .....	40
1. Tipe Data Arduino IDE.....	41
O. Flowchart.....	48

### **BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

A. Blok Diagram .....	50
B. Prinsip Kerja Alat.....	52
C. Perancangan Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ) .....	54
1. Rangkaian Buck Konverter .....	54
2. Rangkaian Catu Daya.....	56
3. Rangkaian Driver MOSFET .....	57
4. Rangkaian Sensor Tegangan .....	58
5. Rangkaian LCD (Liquid Cristal Display) .....	59
D. Proses Pembuatan Alat.....	59
E. Perancangan Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ) .....	63
1. Pembuatan Program IDE.....	63
2. <i>Flowchart</i> .....	63

### **BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA**

A. Prosedur Pengujian.....	68
B. Instrumentasi Pengujian Alat .....	69
C. Pengujian dan Hasil Pengukuran .....	70
1. Pengujian Rangkaian Catu Daya .....	70
2. Pengujian Rangkaian Mikrokontroler Arduino UNO .....	72
3. Pengujian Rangkaian LCD .....	73
4. Pengujian Rangkaian Driver IC TLP250 .....	74

5. Pengujian Rangkaian Buck Konverter Tanpa Beban dan Berbeban	77
6. Pengujian Penalaan Kendali PI dan PID Pada Rangkaian Buck Konverter	81
D. Pengujian dan Analisa Program	86
1. Bahasa Pemrograman Arduino IDE	86

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

A. KESIMPULAN	91
B. SARAN	91

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

1. Rangkaian Buck Konverter.....	7
2. Bentuk Gelombang $I_L$ , $I_D$ , $I_Q$ , dan $V_L$ .....	8
3. Rangkaian Buck Konverter Saat Saklar Tertutup.....	9
4. Rangkaian Buck Konverter Saat Saklar Terbuka .....	10
5. Arus Induktor.....	12
6. Rangkaian Pembagi Tegangan .....	13
7. Skema IC TLP250.....	14
8. Rangkaian Dasar Optocoupler.....	15
9. Bentuk Simbol MOSFET .....	16
10. Simbol Transformator.....	18
11. Penyearah Dioda Jembatan.....	18
12. Keluaran Penyearah Penuh .....	19
13. Keluaran Penyearah Penuh Menggunakan Filter Kapasitor .....	19
14. Simbol Penstabil .....	20
15. Blok Diagram Sistem Kendali Loop Terbuka .....	21
16. Blok Diagram Sistem Kendali Loop Tertutup.....	21
17. Blok Diagram Pengendali Proporsional Integral (PI).....	22
18. Blok Diagram Pengendali Proporsional Integral Derivatif (PID) .....	23

19. Kurva Tanggapan Undak Satuan yang Memperlihatkan Overshoot Maksimum	
25% .....	25
20. Respon Tanggapan Satuan Sistem.....	26
21. Kurva Tanggapan Berbentuk S.....	26
22. Sistem Untaian Tertutup dengan Alat Kontrol Proporsional.....	27
23. Osilasi yang Terus-menerus dengan Periode Pcr .....	28
24. Konfigurasi Pin ATmega 328.....	31
25. Blok Diagram Mikrokontroler Arduino UNO.....	32
26. Papan Arduino UNO.....	32
27. Pembentukan Sinyal PWM.....	36
28. Duty Cycle PWM .....	37
29. Rangkaian LCD .....	39
30. Blok Diagram Rangkaian Keseluruhan .....	50
31. Bentuk Rangkaian Buck Konverter .....	54
32. Catu Daya dengan LM7812.....	56
33. Skema IC TLP250 .....	57
34. Rangkaian Sensor arus dan Tegangan .....	58
35. Rangkaian LCD .....	59
36. Proses Bootup Arduino IDE .....	63
37. Tampilan Awal Software IDE .....	63
38. Flowchart Sistem Perancangan Pada Saat Lup Terbuka .....	64
39. Flowchart Saat Lup Tertutup dengan Pengendali PI.....	65

40. Flowchart Saat Lup Tertutup dengan Pengendali PID .....	66
41. Pengukuran Rangkaian Catu Daya .....	70
42. Hasil Simulasi Rangkaian Catu Daya .....	71
43. Pengukuran Rangkaian Mikrokontroler Arduino UNO .....	72
44. Tampilan LCD Tanpa Program .....	74
45. Tampilan LCD Dengan Program .....	74
46. Rangkaian Pengujian Driver TLP250 .....	75
47. Gelombang PWM Duty Cycle .....	75
48. Pengujian Rangkaian Buck Konverter .....	78
49. Respon Gelombang Tegangan Ouput Buck Konverter .....	79
50. Rangkaian Simulink Respon Fungsi Alih .....	80
51. Respon Keluaran Simulasi Berbentuk Kurva S .....	80
52. Respon Keluaran Berbentuk Kurva S.....	82
53. Respon Keluaran Kendali (a)PI (b)PID .....	84

## DAFTAR TABEL

1. Pengaruh Tiap-tiap Nilai Konstanta .....	24
2. Aturan Penalaan Ziegler-Nichols Metode Pertama .....	27
3. Aturan Penalaan Ziegler-Nichols Metode Kedua.....	28
4. Spesifikasi Arduino UNO.....	30
5. Fungsi Kaki LCD.....	39
6. <i>Flow Direction Symbols</i> .....	48
7. <i>Processing Symbols</i> .....	49
8. <i>Input-Output Symbols</i> .....	49
9. Pengukuran Mikrokontroler Arduino UNO.....	72
10. Gelombang Dengan <i>Duty Cycle</i> Bervariasi .....	76
11. Hasil Pengukuran Tegangan Output Buck Konverter .....	76
12. Aturan Penalaan Ziegler-Nichols Metode Pertama .....	81
13. Hasil Penalaan Ziegler-Nichols Metode Pertama .....	81
14. Hasil Simulasi Kendali PI dan PID .....	83

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi komponen dan rangkaian elektronika telah mampu menghasilkan sistem penyedia daya tegangan searah (DC), yang dihasilkan melalui konversi tegangan DC masukan ke bentuk tegangan DC keluaran yang lebih tinggi atau lebih rendah. Tegangan searah atau DC banyak dipergunakan di dalam industri, bukan hanya sebagai sumber daya listrik motor DC, tetapi juga banyak untuk aplikasi yang lain, seperti pada skala rendah digunakan untuk mikroprosesor, IC, dan charger hp. Pada skala tinggi untuk transmisi listrik tegangan tinggi (*High Voltage DC*).

Konversi tegangan DC ini biasa disebut sebagai DC–DC konverter. Pada perkembangannya, penerapan DC–DC konverter telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan menggunakan sumber energi baterai yang berukuran kecil di mana tegangan keluarannya dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan pemakaian. Hingga saat ini, berbagai konfigurasi DC–DC konverter telah banyak dikembangkan.

Dalam sistem perubahan daya dc atau dc-dc converter, terdapat dua tipe yaitu tipe linier dan tipe peralihan atau tipe switching ( DC chopper ). Tipe linier kurang diminati karena tingginya daya yang hilang (power loss) pada transistor, sehingga berakibat rendahnya efisiensi. Sedangkan pada tipe switching, semua daya terserap pada beban, sehingga efisiensi daya menjadi

100%. Namun pada prakteknya, tidak ada switch yang ideal (Rashid, 2011:244).

Buck konverter adalah DC-DC konverter yang digunakan untuk menurunkan tegangan DC. Prinsip kerja rangkaian ini adalah dengan kendali pensaklaran (Hart, 1997: 47). Nilai tegangan keluaran buck konverter dapat diatur dengan mengatur besar lebar pulsa (*duty cycle*) dari PWM (*Pulse Width Modulation*).

Buck konverter banyak digunakan di dunia kelistrikan. Jika sumber arus searah ini dibebani maka tegangan outputnya akan berubah. Perubahan ini juga disebabkan oleh perubahan tegangan sumber. Perubahan ini tentunya tidak diinginkan, karena akan mengurangi unjuk kerja dari peralatan yang kita pasang.

Mengatasi masalah tersebut perlu dirancang suatu pengendalian yang dapat digunakan untuk menjaga kestabilan tegangan keluaran buck konverter. Maka diperlukannya suatu sistem pengendalian tegangan DC, sehingga peralatan yang kita pasang bekerja sesuai dengan kemampuannya. Salah satu sistem pengendali yang dipakai dalam proses pengendalian adalah kendali PID. Kendali PID merupakan sistem kendali pengendali dengan parameter-parameter kendali Proporsional, Integral, dan Derivatif. Dengan kombinasi parameter ini yang tepat, keluaran akan memiliki nilai steady state error yang mendekati nol dan mempercepat reaksi sistem.

Kesederhanaa struktur kontrol dan pengaruh perubahan setiap parameter PID yang mudah dipahami, serta banyak kasus telah terbukti

menghasilkan unjuk kerja yang memuaskan menjadi alasan utama pemilihan sistem kendali ini.

Sebelumnya pernah dibuat Tugas Akhir oleh Maulana Zulhani (2016) untuk menstabilkan tegangan keluaran buck konverter dengan pengendali PID, dimana pengendalian yang dilakukan hanya sebatas kendali PID tidak ada variasi kendali dan analisa performansi dalam domain waktu. Selanjutnya penulis berinovasi dengan menambahkan sistem kendali dengan PI dan PID untuk mendapatkan pengendali yang paling cocok untuk sistem yang akan dirancang.

Berdasarkan analisis permasalahan tersebut, maka dirancanglah sebuah tugas akhir yang diberi judul **“RANCANG BANGUN KONTROLER BUCK KONVERTER MENGGUNAKAN KENDALI PI DAN PID”**.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Tidak stabilnya tegangan keluaran Buck konverter sehingga berpengaruh terhadap unjuk kerja peralatan yang dipakai.
2. Perlu adanya kontrol tegangan pada keluaran Buck konverter yang dapat menanggapi respon dengan cepat dan optimal agar kembali pada tegangan yang konstan.

### **C. Batasan Masalah**

Mengingat luasnya permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini, maka penulis merasa perlunya memberikan batasan pembahasan dalam penelitian ini yaitu:

1. Perancangan kontroler buck konverter menggunakan PI dan PID yang berbasis mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai switching.
2. Rangkaian buck konverter ini dibuat dengan tegangan input 12 Volt dan tegangan output konstan 5 Volt.
3. Hanya tegangan keluaran yang dikontrol supaya tetap konstan.
4. Menggunakan Bahasa Program Arduino IDE.
5. Daya yang dihasilkan tidak lebih dari 5 watt.

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah, maka rumusan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah bagaimana merancang, membuat, dan menguji kestabilan tegangan keluaran buck konverter menggunakan pengendali PI dan PID.

### **E. Tujuan**

Sesuai dengan permasalahan yang akan diteliti, maka tujuan tugas akhir ini adalah :

1. Merancang dan membuat buck konverter menggunakan pengendali PI dan PID.

2. Menguji dan Menanalisa dan membandingkan kinerja pengendali PI dan PID yang digunakan untuk mengendalikan tegangan keluaran buck konverter.

#### **F. Manfaat**

Sesuai dengan tujuan, maka manfaat yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah :

1. Dapat menjaga tegangan keluaran yang mana dapat menghindari kerusakan pada alat kerja.
2. Sebagai acuan dalam memilih sistem kendali mana yang lebih baik agar menghasilkan nilai keluaran *steady state error* yang kecil dan mempercepat reaksi sistem.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa terhadap pengendali PI dan PID pada Buck Konverter maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Kendali PI dan PID memenuhi kriteria pengendalian yang diharapkan dengan mempertahankan nilai setpoint keluaran 5V walaupun beban berubah-ubah.
2. Kendali PI dan PID dapat memperkecil error tegangan yang berubah saat dibebani, dengan waktu *risetime* yang cepat hingga 0.08 ms, dan memiliki *overshoot* yang kecil.

#### B. SARAN

Tindak lanjut berikutnya untuk pengembangan alat ini penulis menyarankan beberapa perbaikan yaitu :

1. Menggunakan beban yang lebih nyata agar dapat menjadi acuan dalam pengaplikasian kendali ini apakah terbukti bisa sesuai dengan kriteria yang diharapkan.
2. Untuk penelitian lebih lanjut lebih disarankan untuk memfokuskan pada salah sistem apa yang akan dirancang dan kendali apa yang cocok untuk sistem itu sendiri. Pemilihan komponen yang cocok dan penentuan nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  yang tepat menjadi yang utama karena akan berakibat pada sistem yang dirancang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bolton, W. 2006. *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*. Jakarta: Erlangga.
- Datasheet IRFP 460 . [www.alldatashet.com](http://www.alldatashet.com) diakses tanggal 4 Desember 2016
- Dibyو, Heru Laksono. 2015. *Sistem Kendali dengan PID*. Yogyakarta: Graha ilmu.
- Fitzgerald, A. E. 1984. *Dasar-dasar Elektronik*. Jakarta: Erlangga.
- Hart, Daniel W. 1997. *Introduction to Power Electronic*. Prentice Hall.
- Jaenal. 2009. *Rangkaian Pembagi Tegangan* (Online) (<http://elektronika-dasar.com>) diakses tanggal 5 Desember 2016.
- Jaenal. 2009. *Optocoupler & Totempole*. (Online). (<http://jaenal91.wordpress.com>) diakses tanggal 5 Desember 2016).
- Kadir, Abdul. 2011. *Pengenalan Arduino*. Yogyakarta: Andi Offset
- Kazimierczuk, Marian K. 2008. *Pulsed-width Modulated DC-DC Power Converters*. UK: John wiley & sons Ltd.
- Malvino. 2003. *Prinsip-Prinsip Elektronika edisi 1*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Ogata, K. 1997. *Modern Control Engineering (Third Edition)*. New Jersey: Prentice Hall.
- Rashid, Muhammad H. 2011. *Power Electronics Handbook 3<sup>rd</sup> Edition*. UK: Elsevier Inc.
- Santo, Made Gitakarma. 2014. *Sistem Kendali*. Yogyakarta: Graha ilmu
- Wikipedia. 2012. LM78xx, (Online) (<http://id.wikipedia.org/wiki/lm78xx>) diakses tanggal 4 Desember 2016
- Wikipedia. 2012. LCD, (Online) (<http://id.wikipedia.org/wiki/lcd>) diakses tanggal 4 Desember 2016
- Zulhani, Maulana. 2016. *Desain dan Implementasi Pengendali PID Sebagai Penstabil Tegangan Keluaran Buck Converter*. Tugas Akhir tidak diterbitkan. Padang: Program DIV FT UNP.