

PERANCANGAN SISTEM AVR (*Automatic Voltage Regulator*) pada

GENERATOR SINKRON 3 PHASE

TUGAS AKHIR

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Gelar Sarjana Sains Terapan Pada
Program Studi Teknik Elektro Industri Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang*



Disusun Oleh:

NURUL FADHILAH

1302557/2013

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

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Perancangan Sistem AVR (*Automatic Voltage Regulator*)
Nama : Nurul Fadhilah
BP / NIM : 2013 / 1302557
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Teknik Elektro Industri (DIV)

Padang, Agustus 2018

Disetujui Oleh

Pembimbing I

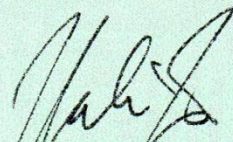


Dr. Aswardi, M.T

NIP. 195902211985031014

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Drs. Hambali, M.Kes

NIP. 196205081987031004

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Perancangan Sistem AVR (*Automatic Voltage Regulator*) pada Generator Sinkron 3 Phase

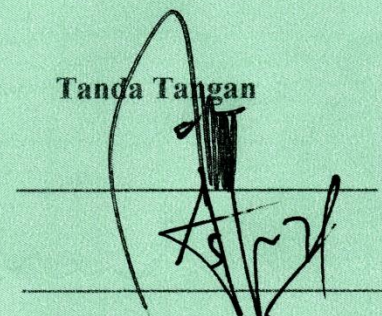

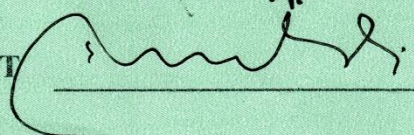
Oleh

Nama : Nurul Fadhilah
BP / NIM : 2013 / 1302557
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Teknik Elektro Industri (DIV)

**Dinyatakan LULUS Setelah Dipertahankan Didepan Dewan Penguji Jurusan
Program Studi Teknik Elektro Industri Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang**

Padang, Agustus 2018

Dewan Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Drs. Aswardi, M.T	
Anggota	: Irma Husnaini, S.T, M.T	
Anggota	: Dr. Muldi Yuhendri, S.Pd., M.T	



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Jln. Prof.Dr.Hamka, Kampus Air Tawar Padang 25131
Telp/fax.(0751)7055644; 449998, e-mail: info@ft.unp.ac.id

SURAT TANDA KETERANGAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nurul Fadhilah

Nim/BP : 1302557/2013

Program Studi : Teknik Elektro Industri (D4)

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul **“Perancangan Sistem AVR (*Automatic Voltage Regulator*) pada Generator Sinkron 3 Phase”** adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan plagiat dari karya 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 insitusi Universitas Negeri Padang maupun dimasyarakat dan negara.

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

Diketahui oleh,

Ketua Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang


Drs. Hambali, M.Kes
NIP. 196205081987031004

Padang, Agustus 2018

saya yang menyatakan,



Nurul Fadhilah
NIM/BP. 1302557/2013

ABSTRAK

Nurul Fadhilah (1302557/2013): Perancangan Sistem AVR (*Automatic Voltage Regulator*) pada generator 3 phase.

Pembimbing : Drs. Aswardi M.T

Tugas Akhir ini dilatarbelakangi oleh proses pembangkitan tenaga listrik yang dilakukan generator dipengaruhi oleh perubahan daya reaktif pada beban. Adanya perubahan daya reaktif yang terjadi sangat mempengaruhi kestabilan dari tegangan keluaran terminal yang dihasilkan oleh generator. Tegangan keluaran tersebut harus selalu diatur agar generator tetap dalam keadaan stabil untuk mengkompensasi kebutuhan daya reaktif pada beban, maka diperlukan suatu sistem pengaturan tegangan generator otomatis (*AVR/Automatic Voltage Regulator*).

Buck Converter merupakan salah satu topologi DC-DC *converter* yang digunakan untuk menurunkan tegangan. *Buck Converter* pada Tugas Akhir ini dirancang dengan input 220VDC dan output 120VDC, menggunakan MOSFET tipe IRFN640 sebagai *switching*, mikrokontroler ATMEga8535 dengan Metode Kontroler yang digunakan adalah metode kontrol PID (*Propositional Integral Derivatif*), yang merupakan kontroler yang memiliki stabilitas yang baik dengan tingkat *error* dan *overshoot* yang kecil. Pemograman dilakukan menggunakan *software* BASCOM AVR. Penentuan hasil parameter kontroler PID ini didapatkan dengan menggunakan metode *Ziegler-Nichols*. Metode ini dipilih karena dapat mempersingkat waktu pencarian parameter karena menggunakan rumus-rumus yang sederhana. Hasil parameter kontroler PID yang diperoleh dapat membuat sistem berjalan dengan baik dan dapat mempertahankan tegangan keluaran generator konstan sesuai dengan *setpoint*.

Tahapan perancangan pada tugas akhir ini berawal dari pembuatan dan pemindahan jalur PCB, pemasangan komponen, sampai tahapan akhir pengujian rangkaian. Pada pengujian akhir dari alat ini, rangkaian *buck converter* dapat menjadi suplai bagi AVR, dan sistem kontrol PID mampu mengendalikan tegangan keluaran generator stabil 120VAC dengan error relatif kecil.

Kata kunci : *Buck Converter*, ATMEga8535, PID, AVR (*Automatic Voltage Regulator*), *Setpoint*, MOSFET IRFN640.

KATA PENGANTAR

م يحر لان محر لاه لالامسب

Syukur Alhamdulillah atas Kehadirat Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Perancangan Sistem AVR (*Automatic Voltage Regulator*) pada generator 3 phase”**. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro Industri Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Drs. H. Hambali, M.Kes. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Dr. Hendri, M.T selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Industri Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Drs. Aswardi, MT. selaku pembimbing yang telah memberi motivasi dan arahan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Irma Husnaini, ST. MT. selaku pengarah dan penguji I yang telah memberi motivasi dan arahan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
5. bapak Dr. Muldi Yuhendri, S.Pd., M.T. selaku pengarah dan penguji II yang telah memberi motivasi dan arahan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
6. Kedua Orang Tua yang telah memberikan dukungan, do'a dan semangat serta kasih sayangnya kepada penulis.

7. Bapak ibu dosen pengajar, teknisi, serta staff administrasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang.
8. Senior-Senior Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang yang telah memberi Motivasi dan Dukungan.
9. rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang, Khususnya program Studi Teknik Elektro Industri Angkatan 2013.

Penulis menyadari bahwa didalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kelemahan dan kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik untuk diperbaiki agar Tugas Akhir ini lebih baik lagi. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat untuk kita semua. Aamiin.

Padang, 08 agustus 2018

penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4

BAB II LANDASAN TEORI

A. Sistem Kontrol	5
1. Sistem Kontrol Lup Terbuka	5
2. Sistem Kontrol Lup Tertutup.....	7
B. Generator Sinkron.....	8
1. Konstruksi Generator Sinkron	8
2. Prinsip Kerja Generator Sinkron.....	10
3. Kecepatan Putar Generator Sinkron	12

4.	Alternator Berbeban.....	13
5.	Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron	14
6.	Diagram Fasor.....	15
7.	Pengaturan Tegangan (Regulasi Tegangan)	15
C.	Mikrokontroler.....	16
1.	Mikrokontroler AVR ATmega8535	16
2.	Arsitektur ATmega8535	18
3.	Konfigurasi Pin ATmega8535.....	19
4.	Peta Memori.....	22
D.	Komponen Pendukung.....	24
1.	<i>Buck Converter</i>	24
2.	<i>Pulse Width Modulation (PWM)</i>	30
3.	Sensor Tegangan.....	32
4.	LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>).....	33
E.	Kontrol PID.....	34
1.	Aksi Kontrol Proposional	36
2.	Aksi Kontrol Integral	36
3.	Aksi Kontrol Diferensial.....	37
4.	Aksi Kontrol Proposional+Integral+Diferensial.....	37
5.	Penentuan Parameter K_p, T_i, T_d	39
F.	Teknik Pemrograman Mikrokontroler	44
1.	Diagram Alir (<i>Flowchart</i>).....	46
2.	<i>Basic Compiler (BASCUM-AVR)</i>	47

BAB III METODE PERANCANGAN

A. Blok Diagram.....	58
B. Prinsip Kerja	60
C. Perancangan <i>Hardware</i>	62
1. Perancangan Rangkaian Catu Daya	64
2. Rangkaian <i>Gate Driver</i> Mosfet.....	66
3. Rangkaian <i>Buck converter</i>	67
4. MOSFET yang digunakan	67
5. Rangkaian LCD	67
6. Rangkaian Keypad	68
7. Rangkaian Sistem Minimum	68
D. Perancangan <i>Software</i>	69
1. Diagram Alur (<i>Flow chart</i>).....	70
2. Perancangan <i>Propotional,Integral,Derivatif</i> (PID)	72
3. Implementasi.....	73

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Tujuan Pengujian Alat	77
B. Spesifikasi Pengujian.....	78
C. Langkah pengujian.....	78
D. Peralatan dan Bahan Pengujian.....	79
E. Pengujian dan analisa rangkaian.....	82
1. Pengujian masing-masing rangkaian.....	82

a. Rangkaian catu daya	82
b. Rangkaian Mikrokontroler ATmega 8535 Sebagai Penghasil Sinyal PWM	85
c. Pengujian rangkaian <i>Gate drive</i>	88
d. Pengujian Rangkaian LCD.....	91
e. Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan Generator AC	94
f. Pengujian Tuning Kontrol PID pada AVR (<i>Automatic Voltage Regulator</i>)	96
g. Pengujian Rangkaian Keseluruhan	103
f. Analisa Program	108
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	119
DAFTAR PUSTAKA	120
LAMPIRAN	121

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Penalaan Parameter PID dengan Metode Kurva Reaksi	42
Tabel 2. Aturan Penyepadanan Ziegler-Nichols	43
Tabel 3. Tipe data.....	48
Tabel 4. Karakteristik spesial.....	49
Tabel 5. Operasi Relasi	51
Tabel 6. Pengukuran catu daya 5VDC dan 12VDC.....	84
Tabel 7. Pengukuran Parameter Mikrokontroler ATmega8535	86
Tabel 8. Bentuk gelombang keluaran PWM dari Mikrokontroler	87
Tabel 9. Bentuk gelombang keluaran PWM dari Mikrokontroler pada <i>gate drive</i>	89
Tabel 10. hasil pengujian rangkaian sensor tegangan generator	95
Tabel 11. Hasil pengukuran rangkaian keseluruhan	105

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Sistem kontrol Lup Terbuka (<i>Open Loop</i>)	6
Gambar 2. Sistem pengendali Lup Tertutup (<i>Close Loop</i>)	7
Gambar 3. Rotor salient (kutub sepatu) pada generator sinkron.....	9
Gambar 4. Gambaran bentuk (a) rotor non-salient, (b) penampang rotor pada generator sinkron.....	10
Gambar 5. Gambaran sederhana kumparan 3 fasa dan tegangan yang dibangkitkan	11
Gambar 6. Karakteristik alternator berbeban induktif	14
Gambar 7. Diagram fasor (a) Faktor daya satu (b) faktor daya tertinggal (c) faktor daya mendahului	15
Gambar 8. Arsitektur Atmega8535	18
Gambar 9. Konfigurasi pin Atmega8535	20
Gambar 10. Peta memori program	22
Gambar 11. Peta memori data.....	23
Gambar 12. Topologi <i>buck converter</i>	24
Gambar 13. Rangkaian Ekuivalen mode 1.....	24
Gambar 14. Rangkaian Ekuivalen mode 2.....	25
Gambar 15. Bentuk gelombang tegangan dan arus beban	25
Gambar 16. Rangkaian PWM	30
Gambar 17. Gelombang Pulsa Keluaran PWM secara analog.....	31
Gambar 18. Perhitungan <i>dutycycle</i> PWM.....	32

Gambar 19. Pembagi tegangan	33
Gambar 20. Bentuk fisik LCD 16x2	34
Gambar 21. Kontrol PID sistem.....	35
Gambar 22. Kurva respons tangga satuan yang memperlihatkan 25% lonjakan maksimum	40
gambar 23. Respons tangga satuan sebuah sistem	41
gambar 24. Kurva respons berbentuk S	41
gambar 25. Sistem <i>Loop</i> tertutup dengan alat <i>Control Proporsional</i>	43
gambar 26. Osilasi berkesinambungan dari periode P_{cr}	43
gambar 27. Blok diagram sistem.....	58
gambar 28. Ilustrasi rancangan tampak depan	62
gambar 29. Ilustrasi rancangan tampak kanan	63
gambar 30. Ilustrasi rancangan tampak kiri	63
gambar 31. Perancangan kerangka alat.....	63
gambar 32. Rangkaian catu daya 5VDC	65
gambar 33. Rangkaian catu daya 12VDC	65
gambar 34. Rangkaian <i>gate driver</i> mosfet	66
gambar 35. Rangkaian <i>Buck</i> converter.....	67
gambar 36. Rangkaian LCD display	68
gambar 37. Rangkaian keypad	68
gambar 38. Rangkaian sistem minimum.....	69
gambar 39. Flowchart sistem	70
gambar 40. Flowchart program.....	71

gambar 41. Diagram blok kendali sistem.....	72
Gambar 42. titik pengukuran catudaya 5VDC.....	83
Gambar 43. Rangkaian sistem minimum ATmega8535	86
Gambar 44. LCD tanpa program.....	91
Gambar 45. LCD dengan Nama dan Nim penulis	91
Gambar 46. tampilan awal LCD	93
Gambar 47. tampilan LCD saat diinputkan setpoint.....	93
Gambar 48. tampilan LCD setelah diinputkan <i>setpoint</i>	93
Gambar 49. Rangkaian pembagi tegangan.....	94
Gambar 50. grafik respon dengan menggunakan kontroler proposional dengan nilai Kp 5	97
Gambar 51. grafik respon dengan menggunakan kontroler proposional dengan nilai Kp 6	97
Gambar 52. grafik respon dengan menggunakan kontroler proposional dengan nilai Kp 7	98
Gambar 53. grafik respon dengan menggunakan kontroler proposional dengan nilai Kp 8	98
Gambar 54. grafik respon dengan menggunakan kontroler proposional dengan nilai Kp 9	99
Gambar 55. grafik respon dengan menggunakan kontroler proposional dengan nilai Kp 10	99
Gambar 56. grafik respon dengan menggunakan kontroler proposional dengan nilai Kp 11.	100

Gambar 57. grafik respon dengan osilasi berkesinambungan untuk menentukan nilai Pcr	101
Gambar 58. Hasil respon tuning PID	102
Gambar 59. Bentuk fisik Alat secara keseluruhan	104
Gambar 60. Kondisi saat pengambilan data.....	104
Gambar 61. Rangkaian keseluruhan	105
Gambar 62. Grafik respon tuning PID	106

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Generator merupakan peralatan utama dalam proses pembangkitan tenaga listrik. Poin penting dalam menyuplai daya ke suatu sistem (beban). Proses pembangkitan tenaga listrik yang dilakukan oleh generator dipengaruhi oleh perubahan kebutuhan daya reaktif pada beban. Adanya perubahan daya reaktif yang terjadi sangat mempengaruhi kestabilan dari tegangan keluaran terminal yang dihasilkan oleh generator. Tegangan keluaran tersebut harus selalu diatur secara manual agar generator tetap dalam keadaan stabil untuk mengkompensasi kebutuhan daya reaktif dari beban. Untuk mengatasi hal tersebut maka dibutuhkan sebuah peralatan yang dapat mengatur tegangan keluaran dari generator, yaitu dengan cara mengatur arus eksitasi pada generator secara otomatis dengan menggunakan sistem pengaturan eksitasi generator untuk menstabilkan tegangan.

Untuk menangani hal tersebut, maka parameter-parameter pembangkit tersebut harus ada yang dapat diubah-ubah agar generator bisa beroperasi dengan baik dan tetap menyuplai beban dalam kondisi aman dan stabil. dalam sistem interkoneksi skala besar, alat penstabil tegangan manual tidak pernah dipakai, dan sebagai gantinya dipasang sebuah peralatan penstabil tegangan otomatis yang dinamakan AVR (*Automatic Voltage Regulator*) disetiap

generator. Penggunaan AVR tidak terlepas dari keunggulan dalam hal kehandalan selain kemudahan dalam perancangan dan implementasinya.

Berdasarkan kondisi tersebut maka dibuatlah suatu sistem pengaturan tegangan generator otomatis (*AVR/Automatic Voltage Regulator*). Komponen pengendali dari *Automatic Voltage Regulator* (AVR) terdiri dari *amplifier*, *exciter*, generator, dan sensor. Kestabilan tegangan keluaran dari generator bergantung pada kestabilan arus eksitasi yang dikendalikan oleh *Automatic Voltage Regulator* (AVR). Oleh karena itu dibutuhkan sebuah pengendali yang mampu menganalisa tingkah laku kestabilan dari sistem *Automatic Voltage Regulator* (AVR).

Apabila beban pada terminal keluaran generator ditambah, tegangan terminal keluaran generator akan turun, dengan turunnya tegangan terminal keluaran generator maka secara otomatis AVR (*automatic voltage regulator*) ini akan menaikkan tegangan eksitasi yang akan diinjeksikan ke kumparan medan yang bertujuan untuk menaikkan tegangan terminal keluaran generator, sehingga tegangan akan stabil sesuai dengan tegangan *setting point* yang diberikan.

Dalam tugas akhir ini dibahas mengenai metode pengontrolan dalam pengaturan tegangan eksitasi generator sinkron 3 fasa, dimana penulis akan menggunakan metode kontroler tipe *Propositional Intergral Derivative* (PID) yang dikontrol dengan mikrokontroler dan menggunakan rangkaian *DC-DC Converter* jenis *Buck Converter* sebagai rangkaian daya penghasil tegangan

dan arus DC untuk eksitasi generator sehingga dihasilkan tegangan keluaran generator yang tetap konstan pada kondisi beban yang dinamis.

Metode kontrol PID dipilih untuk AVR karena responnya lebih cepat untuk mengembalikan tegangan ke kondisi awal. Kontrol PID mampu mengatasi permasalahan *transient* dari respon generator, dan dapat diterapkan pada pengaturan tegangan keluaran generator AC untuk berbagai perubahan beban, baik beban bersifat resistif, induktif maupun kapasitif.

B. Identifikasi Masalah

Mengacu pada latar belakang diatas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Perubahan beban menyebabkan tegangan keluaran terminal generator tidak stabil dalam mengkompensasi kebutuhan daya pada beban.
2. Proses pengendalian tegangan keluaran terminal generator masih dilakukan secara manual.

C. Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya pembahasan, maka permasalahan dibatasi pada:

1. Alat yang dibuat berupa rancangan pengendalian sistem AVR pada generator sinkron 3 fasa, 1KVA, 120V.
2. Pengontrolan tegangan eksitasi pada generator menggunakan metode kontrol PID.

3. Untuk mengendalikan eksitasi generator digunakan DC-DC *converter* jenis *buck converter*.
4. Beban yang menjadi obyek pengujian adalah jenis beban *resistif* 0,25A sampai dengan 1A.

D. Rumusan Masalah

Rumusan yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah:

Bagaimana merancang dan membuat sistem pengendalian AVR pada generator sinkron 3 fasa 1KVA, 120V?

E. Tujuan

1. Merancang alat/*hardware* untuk sistem pengendalian AVR pada generator sinkron 3 fasa 1KVA, 120V berbasis Atmega8535.
2. Merancang program/*software* untuk sistem pengendalian AVR pada generator.
3. Mengetahui unjuk kerja alat pada sistem pengendalian AVR pada generator.

F. Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Dapat menstabilkan tegangan keluaran generator saat terjadi perubahan beban secara otomatis.
2. Sebagai *stability* dan pengatur *drop voltage* (tegangan jatuh) untuk generator yang dijalankan secara paralel (*synchronous generator*)
3. Sebagai sistem pengamanan tegangan lebih dan beban atau arus lebih yang terjadi pada generator.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari perencanaan, pembuatan, pengujian serta analisa terhadap perancangan sistem AVR (*Automatic Voltage Regulator*) secara keseluruhan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem kontrol PID mampu mengendalikan tegangan keluaran generator stabil 120volt AC dengan *error* relatif kecil.
2. *Error* yang terdapat pada AVR (*Automatic Voltage Regulator*) yaitu selisih tegangan antara nilai pembacaan sensor dan tegangan yang terukur. Sebesar 0,5 VAC (0,4%)
3. Proses *switching* mosfet berdasarkan pada *error* yang terbaca oleh sensor tegangan dan diatur dengan pengendalian PID dengan cara melihat selisih nilai *setpoint* dan nilai pembacaan sensor.

B. Saran

1. pengujian yang dilakukan masih menggunakan variasi beban yang relatif kecil, dikarenakan oleh pengambilan parameter PID dengan beban Max 1A.
2. mengembangkan tugas akhir perancangan AVR (*Automatic Voltage Regulator*) dengan pengendalian PID dengan melakukan pengambilan parameter PID dengan beban max 3,5A.

DAFTAR PUSTAKA

- Aswardi. 2010. Modul elektronika daya. Bahan ajar. Padang: Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang.
- Chapman, Stephen J. 2005. *Electric Machinery Fundamentals* fourth edition. USA : Mc Graw Hill.
- Iswanto. 2008. *Design dan Implementasi Sistem Embedded Mikrokontroller ATmega8535 dengan Bahasa Basic*. Yogyakarta : Gava Media.
- Kazimierzczuk, M.K. 2008. *Pulse-Width Modulated DC-DC power Converters*. United Kingdom: 2008 Jhon Wiley & Sons, Ltd.
- Ogata, Katsuhiko. 1985. Teknik Kontrol Automatik Jilid 1. (Edi Laksono. Terjemahan). Jakarta : Erlangga.
- Ogata, Katsuhiko. 1996. Teknik Kontrol Automatik Jilid 1 edisi kedua. (Edi Laksono. Terjemahan). Jakarta : Erlangga.
- Rashid, Muhammad. 2011. *Power Electronics Handbook Devices, Circuits, and Applications Third Edition*. USA : British Library.
- Rashid, Muhammad.2004. *Power Electronics, circuit, devices, and application*. Prentice Hall.
- Setiawan, Afrie. 2011. Mikrokontroler Atmega8535 & Atmega16 menggunakan BASCOM-AVR. Yogyakarta: Andi.