RANCANG BANGUN CATU DAYA DIGITAL MENGGUNAKAN *BUCK CONVERTER* BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO

(Skripsi)

Oleh

NURIL ILMI TOHIR

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016

ABSTRAK

Rancang Bangun Catu Daya Digital Menggunakan *Buck Converter* Berbasis Mikrokontroler Arduino

Oleh

Nuril Ilmi Tohir

Catu daya merupakan piranti elektronik yang memiliki sifat pengubah (*altering*), pengendalian (*controling*), atau pengaturan (*regulating*) daya listrik, sehingga mampu mencatu daya (arus dan tegangan) yang sesuai dengan kebutuhan. Proses penelitian yang baik maka diperlukan peralatan pendukung yang baik pula. Catu daya merupakan salah satu bagian penting dalam proses tersebut, oleh karena itu catu daya sangat perlu dilakukan pengembangan demi mendukung suatu penelitian yang lebih baik. Catu daya pada umumnya masih menggunakan catu daya analog dimana masih menggunakan putaran analog sehingga tidak mudah untuk mendapatkan keluaran langsung sesuai dengan keinginan yang dibutuhkan pemakai.

Selain itu kestabilan yang masih kurang baik dan besarnya disipasi daya yang terjadi pada catu daya analog menjadi latar belakang sehingga diperlukan pengembangan. Perangkat yang ditawarkan pada tugas akhir ini adalah catu daya digital yang berbasiskan *buck converter*. Penerapan sistem *buck converter* sebagai salah satu regulator dc tipe switching dimana transistor daya pada *buck converter* digunakan sebagai saklar untuk mengatur daya dan diteruskan ke bagian induktor dan kapasitor yang kemudian disalurkan kepada beban.

Nilai tegangan keluaran dapat diatur dari nilai tegangan masukannya dengan mengatur lebar pulsa pada PWM yang dihasilkan dari pemrograman pada mikrokontroler arduino yang terkontrol dengan kendali PI dengan inputan tegangan melalui keypad dan ditampilkan pada lcd. Perancangan dan pembuatan catu daya digital dengan metode regulasi pensaklaran (*switching*) telah berhasil dilakukan dengan kemampuan daya maksimal sebasar 170 watt. Catu daya digital yang telah dibangun memiliki efisiensi rata-rata sebesar 80.74% dan regulasi beban rata-rata sebesar 1.89%. Saat setpoint 25 volt Perbandingan hasil simulasi dan perangkat keras untuk perubahan tegangan keluaran akibat perubahan beban sebesar 0.22 volt. Pengaruh perubahan setpoint dan perubahan beban terhadap tegangan keluaran yang diinginkan untuk mencapai waktu steady state sebesar 10 detik.

Kata kunci — **Catu daya, Buck Converter, efisiensi**

ABSTRACT

The Design of Power Supply Digital Using Buck Converter Based on Microcontroller Arduino

By

Nuril Ilmi Tohir

The power supply is an electronic device that has altering, controlling, or regulating electrical power, so it can distribute the power (current and voltage) in accordance with needs. A good research process also needs ancillary equipment. The power supply is one of important part of the process; therefore it is very necessary to develop the power supply to support a better research. Generally, analog power supply is still use analog round so it is not easy to get direct output in accordance with the required user.

The background of this study are the stability of analog power supply is still not good and the amount of power dissipation that occurs in analog power supply. The device is offered in this final assignment is digital power supply based on buck converter. The implementation of buck converter system as one of dc-type switching regulator in which a power transistor in buck converter is used as a switch to regulate power and forwarded to the inductor and capacitor channeled to the load.

The value of output voltage can be set from the value of input voltage by adjusting the PWM pulse width that resulting from programming on the microcontroller arduino controlled by PI control with input voltage via keypad then displayed on lcd. The design and manufacture of digital power supply with switching regulation method has been successfully carried out with a maximum power of 170 watts. Digital power supply that has been built has an average efficiency of 80.74% and an average load regulation of 1.89%. At setpoint 25 volt the comparison of simulation results and hardware for output voltage changes due to changes in load current of 0.22 volt. The effects of changes in setpoint and load changes toward the output voltage desired to achieve steady state time of 10 seconds.

Keywords - Power Supply, Buck Converter, Efficiency

RANCANG BANGUN CATU DAYA DIGITAL MENGGUNAKAN *BUCK CONVERTER* BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO

Oleh

NURIL ILMI TOHIR

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK
Pada
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN CATU DAYA DIGITAL MENGGUNAKAN *BUCK CONVERTER* BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO**

Nama Mahasiswa : **Nuril Ilmi Tohir**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1015031016

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.	**Ir. Abdul Haris, M.T.**
NIP 19710415 199803 1 005	NIP 19630801 199603 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.
NIP 19731128 199903 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.** .....

Sekretaris : **Ir. Abdul Haris, M.T.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Noer Soedjarwanto, S.T., M.T.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **13 Mei 2016**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan di dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sangsi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 13 Mei 2016

Nuril Ilmi Tohir

1015031016

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Penengahan, Pesisir Barat pada tanggal 30 April 1992, sebagai anak keenam dari enam bersaudara dari pasangan Bapak H. M. Tohir dan Ibu Hj. Nurlaila. Pendidikan formal Penulis dimulai di Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 1 Penengahan pada tahun 2004, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP N 2 Pesisir Tengah, pada tahun 2007, dan Sekolah Menengah Akhir (SMA) di SMA N 1 pesisir tengah pada tahun 2010.

Mulai tahun 2010, Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dengan jalur Seleksi Penelusuran Minat dan Bakat Akademik (PMKA). Selama menjadi mahasiswa Penulis pernah aktif di Organisasi yaitu pernah terdaftar sebagai anggota Departemen Informasi dan Komunikasi pada tahun 2011-2012, dan sebagai anggota departemen pindidikan dan pengkaderan Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung (HIMATRO) pada tahun 2012-2013. Pada semester 5 Penulis memilih konsentrasi Sistem Energi Elektrik (SEE) sebagai fokus dalam perkuliahan dan penelitian. Pada 2 September 2013 sampai dengan tanggal 2 oktober 2013 Penulis melaksanakan kerja praktik di PT. Krakatau Steel, Cilegon Banten. Pada saat kerja praktik penulis membuat laporan tentang Proses Perbaikan Dan Rewinding Motor Induksi 3 Fasa 160 Kw Dibengkel Mesin Kistrik PT. Krkatau Steel, Cilegon.

MOTO

Berusaha, berdoa rek bertuah….

Kegagalan ataupun keberhasilan sebuah proses adalah dimensi lain yang akan melahirkan pelajaran baru untuk proses selanjutnya

Gak semua yang kita harapin akan terwujud dan gak semua yang kita takutin itu akan terjadi

Science without religion is lame, religion without science is blind & life is like riding a bicycle. To keep your balance, you must keep moving

(akbert einstein)

PERSEMBAHAN

Dengan Kerendahan Hati Yang Tulus

Kupersembahkan sebuah Karya Ini Untuk :

Bapak dan Ibu TERCINTA;

Hi. M.Tohir (alm) & Hj. Nurlaila

Wo- udo-dongah-abang-ngah

Keponakan"ku Tersayang

SANWACANA

Bismillahirahmanirrahim…

Puji syukur Penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga selaku muslim kita dapat mengikuti serta meneladani pola kehidupan Nabi Muhammad SAW dan para sahabatnya sampai akhir jaman kelak.

Skripsi dengan judul "**Rancang Bangun Catu *Daya Digital* Menggunakan *Buck Converter* Berbasis Arduino**" merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun bila terdapat kekurangan dalam skripsi ini.

Selama perkuliahan dan penelitian, Penulis banyak mendapatkan pengalaman yang sangat berharga. Penulis juga telah mendapat bantuan baik moril, materil, bimbingan, petunjuk serta saran dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua Penulis, Bapak H. M. Tohir (alm) dan Ibu Hj. Nurlaila tercinta yang tidak pernah berhenti memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang tiada batas dan akhir

2. Bapak Prof. Suharno, M.Sc. Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung;
3. Bapak Dr.ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung;
4. Bapak Dr. Herman H. Sinaga, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung;
5. Dr. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama atas kesediaannya meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, ilmu yang bermanfaat, dukungan moral, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
6. Bapak Ir. Abdul Haris, M.T. selaku Pembimbing pendamping atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik yang sangat membangun dalam proses penyelesaian skripsi ini;
7. Bapak Noer soedjarwanto, S.T., M.T. selaku yang telah memberikan koreksi, kritik, dan saran untuk kemajuan dalam penyelesaian skripsi ini;
8. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung atas pengajaran dan bimbingannya yang diberikan selama ini kepada Penulis;
9. Mbak Ning dan Mas Daryono atas semua bantuannya menyelesaikan urusan administrasi di Teknik Elektro Universitas Lampung selama ini;
10. Wo Yeni & udo puji, Udo Andi & Wo susan, Dongah Liswan & Cengah Diah, Abang Ijal & Ngah Meti, Andung, Awan Fandi, Ngah Maya Yang Selalu memberikan motivasi, semangat dan dukungan moril-materil kepada Penulis. Keponakanku Giffari, Alvin, Faiz, Rafif, Fadey, Gusti, Seikha, Naifa, Aira, Si kembar sersan Hisyam Dan Sersan Hasyim. Seluruh keluarga besar Penulis

yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala kasih sayang, perhatian, dan dukungan selama Penulis menyelesaikan kuliah;

11. Aurora minerva, seseorang yang selalu dan setia memberikan semangat, dorongan, serta doa dalam segala hal;
12. Khususon buat sidekil areng Nanang, si bos (m88 dan javuncen) joelisca, sikurus terhormat haki, paduka yang mulia penceng, melzi emaksir, mbah sopyan, sibaj***an victor, trio batak renold, neas dan jefri, sipentol korek buddi, maulana,.. terimaa kasiiih kawan buat semua pertolongan, semua cerita, kebersamaan, dalam susah senang semuanya yang kita lewati bareng2, Kekeluargaan kita tidak akan terputus sampai kapanpun;
13. Teman - teman 2010, Radi, Derry, Aji, Afrizal, Devy, Kiki, Muth, Bagus, Hendra, Ir, Alen, Anwar, Andri, Yudi, Saipul, Jerry, Seto, Pendi, Hary, Jaya, Agung dan lainnya yang tidak bisa Penulis tuliskan satu persatu namanya atas dukungan dan kebersamaannya;
14. Sodaraku seperjuangan khoirul abasi yang selalu berjuang bersama dari sd hingga sekarang.
15. Rekan-rekan Laboratorium Konversi Energi Elektrik, Habib, Apriwan, Rejani, Deni, Frian, Aji P, Guntur, Yayan, Darma dan lainnya yang tidak bisa Penulis tuliskan satu persatu namanya atas segala bantuan, dukungan dan semangatnya, serta seluruh penghuni Laboratorium Terpadu Teknik Elektro Universitas Lampung atas kebersamaan dalam melaksanakan tugas, belajar dan mengerjakan tugas;
16. Kak hau alias kumis beracun simafia pemegang penuh sektor jembatan lay dan sekitar terima kasih atas semua canda dan kebersamaannya;

17. Lorong perjuangan, para admiral 2008 dan gedung h;
18. Keluarga besar Teknik Elekto yang luar biasa;
19. Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) atas pengalaman dan pembelajaran dan segala rasa yang lahir yang tidak akan pernah terlupakan;
20. Ikatan muli mekhanai pesisir barat terimakasih buat kebersamaannya;
21. Semua pihak yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah hingga terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu;

Semoga kebersamaan ini membawa kebaikan, keberkahan, kemurahan hati, serta bantuan dan do'a yang telah diberikan seluruh pihak akan mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT dan semoga kita menjadi manusia yang berguna dan berkembang. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak terlepas dari kesalahan dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu masukan serta saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dimasa yang akan datang. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, Mei 2016

Penulis,

Nuril Ilmi Tohir

DAFTAR ISI

halaman

ABSTRAK i
HALAMAN JUDUL iii
HALAMAN PERSETUJUAN iv
HALAMAN PENGESAHAN v
SANWACANA xi
DAFTAR ISI xv
DAFTAR GAMBAR xviii
DAFTAR TABEL xxi

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang 1
B. Tujuan Penelitian 3
C. Manfaat Penelitian 3
D. Rumusan Masalah 4
E. Batasan Masalah 4
F. Hipotesis 5
G. Sistematika Penulisan 5

II. TINJUAN PUSTAKA

A. Catu Daya 9
1. Catu Daya dengan Regulasi linier 11
2. Catu Daya dengan Regulasi prnsaklaran 12
B. *Buck Converter* 13
1. Prinsip Kerja *Buck Converter* 14
2. Penentuan Filter LC 18

3. *Pulsa width Modulation* (PWM) 20
C. Arduino Mega 2560 21
1. Gambaran Umum 22
2. Ringkasan Arduino Mega 2560 22
3. Daya (Power) Arduino Mega 2560 23
4. Input dan Output 23
D. *Gate Driver* HCPL3120 25
III. METODE PENELITIAN
A. Waktu dan Tempat Penelitian 27
B. Alat dan Bahan 27
C. Metode Penelitian 28
D. Perancangan Model Simulasi 30
1. Pemodelan *Buck Converter* 31
2. Pemodelan Kendali Proporsional Integral (PI) 32
3. Pemodelan *Pulse Width Modulation* (PWM) *Generator* 34
4. Pengujian Model Catu Daya digital Keseluruhan 35
5. Pengambilan Data Simulasi…….. 36
E. Perancangan Perangkat Keras 36
1. Perancangan Program 38
2. Perancangan Rangkaian Catu Daya 39
3. Perancangan Rangkaian *Gate Driver* 39
4. Perancangan Rangkaian *Buck Converter* 40
5. Perancangan Sensor Tegangan dan Arus 41
6. Perancangan Antarmuka Masukan Catu Daya *Digital* Keseluruhan 42
7. Perancangan Perangkat keras catu daya digital keseluruhan..... 42
F. Pengujian Alat 44

IV. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN
A. Hasil Pengujian Simulasi Catu Daya Digital 45
1. Hasil Pengujian *Buck Converter* 45
B. Hasil Pengujian Perangkat Keras Catu Daya Digital..... 49

1. Hasil Pengujian Catu daya 49
2. Hasil Pengujian *Gate Driver* 51
3. Hasil Pengujian *Buck Converter* 54
4. Hasil Pengujian Sensor Tegangan dan Arus 57
5. Hasil Pengujian Mikrokontroler dan Antarmuka catu daya digital 60
6. Hasil Pengujian Perangkat Keras Catu Daya Digital Keseluruhan 62

C. Analisa dan Pembahasan Rancang bangun Catu Daya Digital 64
1. Efisiensi Catu Daya Digital 65
2. Regulasi beban Catu Daya Digital..... 74
3. Perubahan nilai tegangan keluaran 82
4. Pengaruh Perubahan Setpoint Terhadap Tegangan Keluaran… 84
5. Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Tegangan Dan Arus Catu Daya..... 86
6. Perbandingan Tegangan Keluaran alat yang dibangun oelh penulis dengan alat yang dibeli jadi 89

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1 Kesimpulan 93
2 Saran 94

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1	Rangkaian Regulator Linier	11
2	Topologi Buck Converter	13
3	Rangkaian *Buck* pada saat *State ON* dan *State OFF*	15
4	Bentuk Gelombang Arus I_{Q1}, I_D,	15
5	Arus Induktor	18
6	*Pulse width Modulation*	20
7	Fisik Arduino Mega 2560	22
8	Function Diagram HCPL3120	26
9	Diagram Alir Penelitian	29
10	buck converter pada simulasi	32
11	Blok Diagram kontroler PID	32
12	Pid Pada Simulink	33
13	Penentuan Parameter Kp dan Ki simulasi	34
14	Pwm Generator Pada Simulink	34
15	Penentuan Nilai Frekuensi Pada Pwm Generator	35
16	Pemodelan catu daya keseluruhan	35
17	Blok DiagramPerangkat Keras Catu Daya Digital	37
18	Rangkaian Penyearah	39
19	Rangkaian *Gate Driver* Berbasiskan HCPL3120	40
20	Rangkaian *Buck Converter*	41
21	Rangkaian Sensor Tegangan dan Arus	42
22	Rancangan Rangkaian Perangkat Keras Catu Daya Digital Keseluruhan	43
23	Model keseluruhan Subsistem *Buck Converter* pada Simulasi	47
24	Rangkaian Catu Daya 1,Catu Daya 2 dan 3	50

25 Rangkaian *Gate Driver* 51
26 Pulsa Masukan dan Keluaran saat duty cycle 10-90%..... 53
27 Rangkaian *Buck Converter* 54
28 Kurva Perbandingan Tegangan Keluaran Hasil Pengukuran dan Perhitungan pada nilai *Duty Cycle* yang Bervariasi..... 56
29 Kurva Perbandingan Arus Keluaran Hasil Pengukuran dan Perhitungan pada nilai *Duty Cycle* yang Bervariasi..... 56
30 Sensor Tegangan dan Arus..... 58
31 Mikrokontroler Serta Antarmuka Keluaran Dan Masukan..... 61
32 Tampilan pada LCD..... 62
33 Perangkat Keras Catu Daya Digital 62
34 Rangkaian Pengujian Perangkat Keras Catu Daya Digital 63
35 Tampilan Nilai Keluaran Dari Catu Daya Digital..... 64
36 Kurva Efisiensi Akibat Perubahan Beban Saat Setpoin 5volt 67
37 Kurva Efisiensi Akibat Perubahan Beban Saat Setpoin 10volt 68
38 Kurva Efisiensi Akibat Perubahan Beban Saat Setpoin 15volt 70
39 Kurva Efisiensi Akibat Perubahan Beban Saat Setpoin 20volt 71
40 Kurva Efisiensi Akibat Perubahan Beban Saat Setpoin 25volt 73
41 Kurva Efisiensi Akibat Perubahan Beban Saat Setpoin 5, 10,15, 20,25volt…… .. 73
42 Kurva Vout terhadap perubahan beban saat setpoint 5 volt..... 75
43 Kurva Vout terhadap perubahan beban saat setpoint 10 volt..... 77
44 Kurva Vout terhadap perubahan beban saat setpoint 15 volt..... 78
45 Kurva Vout terhadap perubahan beban saat setpoint 20 volt..... 80
46 Kurva Vout terhadap perubahan beban saat setpoint 25 volt..... 81
47 Kurva Vout terhadap setpoint pada simulasi 82
48 Kurva Vout terhadap setpoint pada Perangkat keras 83
49 Kurva Perubahan Setpoint terhadap Vout 5volt dan 15volt 84
50 Kurva Perubahan Setpoint terhadap Vout 15volt, 20volt dan 25volt .. 85
51 Kurva Karakteristik V.I-Waktu (a) saat 10 volt (b) saat 15volt 86
52 Kurva Karakteristik V.I-Waktu

(a) saat 20 volt (b) saat 25volt..... 88
52 (a) Kurva Vout-waktu alat yang dibeli jadi saat setpoint10 volt
(b) Kurva Vout-waktu alat yang dibangun saat setpoint 10 volt…… . 89
53 (a) Kurva Vout-waktu alat yang dibeli jadi saat setpoint15 volt
(b) Kurva Vout-waktu alat yang dibangun saat setpoint 15 volt…… . 91
54 Kurva Vout-waktu alat yang dibeli jadi saat setpoint10,15,
20 dan 25 volt……..... 92

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1	Ringkasan Arduino Mega 2560	22
2	Parameter-Parameter untuk Pemodelan *Buck Converter*.....	31
3	Hasil Pengujian Buck Converter pada simulasi	47
4	Hasil Pengujian Catu Daya	50
5	Hasil Pengujian *Buck Converter*	55
6	Data Pengujian Sensor Arus	59
7	Data Pengujian Sensor Tegangan	59
8	Data Pengujian Efisiensi Saat Vset = 5 Volt.....	66
9	Data Pengujian Efisiensi Saat Vset = 10 Volt.....	68
10	Data Pengujian Efisiensi Saat Vset = 15 Volt.....	69
11	Data Pengujian Efisiensi Saat Vset = 20 Volt.....	71
12	Data Pengujian Efisiensi Saat Vset = 25 Volt.....	72
13	Data Pengujian Regulasi Beban Saat Vset = 5 Volt	74
14	Data Pengujian Regulasi Beban Saat Vset = 10 Volt	76
15	Data Pengujian Regulasi Beban Saat Vset = 15 Volt	77
16	Data Pengujian Regulasi Beban Saat Vset = 20 Volt	79
17	Data Pengujian Regulasi Beban Saat Vset = 25 Volt	80

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

LAMPIRAN A

Penentuan Nilai Induktor L dan Kapasitor C

LAMPIRAN B

Hasil Pengujian *Buck Converter* Dan Perhitungan Kesalahan Yang Terjadi

LAMPIRAN C

Gambar alat keseluruhan dan penulis

LAMPIRAN D

Kode program catu daya keseluruhan

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada saat ini penggunaan akan elektronika daya semakin meluas dan telah menjadi bagian yang sangat penting pada banyak bidang. Oleh karna itu, pengembangan akan elektronika daya perlu terus dilakukan pengembangan. Salah satu bagian dari pengembangan elektronika daya tersubut adalah catu daya. Catu daya (*power supply*) adalah suatu rangkaian elektronik yang mengubah arus listrik bolak-balik menjadi arus listrik searah. Catu daya merupakan sebuah peralatan yang berfungsi sebagai penyedia daya untuk peralatan lainnya.

Catu daya pada umumnya masih menggunakan catu daya analog dimana masih menggunakan putaran analog sehingga tidak mudah untuk mendapatkan keluaran langsung sesuai dengan keinginan yang dibutuhkan pemakai. Selain itu kestabilan yang masih kurang baik dan besarnya disipasi daya yang terjadi pada catu daya analog menjadi latar belakang sehingga diperlukan pengembangan. Seiring perkembangan teknologi digital maka dikembangkan suatu piranti catu daya yang menggunakan teknik kendali digital.

Pada dasarnya untuk mendapatkan nilai tegangan yang konstan, catu daya menggunakan tahap pengaturan (*regulating*) dimana terdiri dari dua tipe yaitu menggunakan sistem regulasi linier dan regulasi pensaklaran. Pengaturan linier menggunakan rangkaian transistor yang dipasang secara seri untuk mengalihkan daya dari tegangan masukan menjadi tegangan keluaran secara kontinyu. Pada operasi ini regulator linier mendisipasi daya dimana semakin besar tegangan masukan dan keluaran maka semakin besar daya yang terdisipasi sehingga akan mengurangi efisiensi dari catu daya itu sendiri. Pada metode regulasi pensaklaran menggunakan transistor daya dengan teknik pensaklaran (*switching*). Transistor daya ini digunakan sebagai saklar untuk mengatur daya dan diteruskan ke bagian induktor dan kapasitor yang kemudian disalurkan kepada beban. Dengan penggunaan metode regulasi pensaklaran yang beroperasi pada frekuensi tinggi lebih efisien dibandingkan dengan metode regulasi linier. [1]

Dari permasalahan di atas maka pada penelitian ini disulkan suatu piranti yang dapat menggantikan catu daya analog yaitu catu daya digital yang dilengkapi metode regulasi pensaklaran menggunakan *buck converter* dan berbasiskan mikrokontroler arduino. Pada catu daya digital ini pengaturan nilai tegangan yang diinginkan dengan menekan tegangan *setting* sesuai kebutuhan melalui keypad dan nilai pengukuran yang teraktual dari nilai arus dan tegangan dapat ditampilan pada layar LCD yang sebelumnya diproses pada mikrokontroler. Tegangan keluaran dari catu daya digital ini yaitu variabel dari 1 hingga 30 volt sehingga tegangan keluaran bisa disusuaikan dengan kebutuhan beban.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan membangun catu daya digital dengan metode regulasi pensaklaran (*switching*) menggunakan *buck converter* berbasiskan mikrokontroler arduino.
2. Mengetahui keluaran catu daya digital pada kestabilan tegangan keluaran, efisiensi dan regulasi beban
3. Membandingkan hasil pengujian dari simulasi pada simulink matlab dengan hasil pengujian perangkat keras catu daya digital.

C. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat dihasilkan catu daya digital yang mampu menghasilkan tegangan keluaran dari 1 sampai 30 volt.
2. Dapat diketahui pengaruh setpoint terhadap tegangan keluaran, pengaruh perubahan beban terhadap tegangan keluaran, regulasi beban dan efisiensi.
3. Dapat dihasilkan catu daya digital dengan penentuan nilai tegangan yang diinginkan melalui keypad dan mampu menampilkan nilai pengukuran yang teraktual dari nilai dapat ditampilan pada layar LCD.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun catu daya digital menggunakan *buck converter* sebagai metode regulasi pensaklaran (*switching*) serta melakukan pengendalian berbasiskan mikrokontroler arduino.
2. Bagaimana mensimulasikan catu daya digital pada simulink matlab dan membandingkan hasil simulasi dengan pengujian perangkat keras.
3. Bagaimana menganalisis pengaruh nilai beban pada nilai keluaran catu daya digital pada segi kestabilan tegangan keluaran, efisiensi, regulasi beban dan tegangan riak (*ripple*) keluaran
4. Bagaimana mengkonfigurasikan antarmuka masukan (keypad) dan antarmuka keluaran (LCD) dengan mikrokontroler arduino untuk mendapatkan pengoperasian dan pengendalian yang lebih mudah.

E. Batasan Masalah

Beberapa hal yang menjadi batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Menggunakan *buck converter* sebagai rangkaian pengatur (regulator) tegangan keluaran catu daya melalui regulasi pensaklaran (*switching*).
2. Menggunakan software matlab untuk mensimulasikan semua sistem pada catu daya sigital.
3. Menggunakan mikrokontroler Arduino untuk menghasilkan pulsa kontrol untuk mengatur pensaklaran buck converter, mengendalikan kesalahan (*error*) yang terjadi menggunakan kontroler proporsional integral derivatif

(PID), mengolah hasil sensor tegangan dan arus keluaran catu daya, serta mengkonfigurasikan antarmuka masukan dan keluaran.

4. Tidak membahas secara rinci penalaan (*tunning*) kontroler PID.

F. Hipotesis

Dengan menggunakan *buck converter* yang dikontrol menggunakan mikrokontroler arduino dapat dihasilkan sebuah catu daya digital yang mampu menghasilkan tegangan keluaran yang konstan dan sesuai yang diinginkan saat divariasikan nilai beban.

G. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan tugas akhir secara umum, berisi latar belakang, tujuan, manfaat penelitian, batasan masalah, perumusan masalah, hipotesis dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan secara umum tentang teori dasar yang behubungan dengan peralatan yang akan dibuat, serta hal-hal yang berhubungan dengan aplikasi alat.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian, diantaranya waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, komponen dan perangkat penelitian, prosedur kerja dan perancangan serta metode penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian yang berisi hasil dari pengujian dan analisa hasil pengujian tersebut.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang suatu kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan dan pengujian, serta saran-saran untuk pegembangan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pernah dilakukan Penelitian yang berjudul tentang Catu Daya Tegangan DC Variabel dengan Dua Tahap Regulasi (Switching dan Linier) dbuat oleh Zuli Istataqomawan betepat diundip, semarang. pada penelitian ini mendapatkan Hasil pengujian pada tegangan keluaran diatur 24V menunjukkan bahwa regulator linier dapat melemahkan tegangan riak keluaran regulator pensaklaran sebesar 58,387dB (–40,31dB menjadi –98,702dB). Efisiensi rata-rata regulator pensaklaran = 80,978%, regulator linier = 92,304%, dan efisiensi catu daya keseluruhan = 78,457%. Tegangan keluaran catu daya dapat diatur, namun baik regulator pensaklaran dan linier mempunyai efisiensi tertinggi pada tegangan keluaran 24V beban maksimal.[1]

Selanjutnya, perancangan catu daya dc terkontrol untuk rangkaian resonansi berbasis kumparan tesla oleh Heru Pujiyatmoko, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang tahun 2014. Dalam aplikasi sering kali ditemui beban yang menarik arus tinggi dalam tempo singkat. Arus tinggi ini dapat merusak setiap komponen dalam sistem yang dilaluinya. Oleh karena itu, diperlukan alat yang dapat membatasi arus yang ditarik oleh beban. Tugas akhir ini bertujuan merancang suatu catu daya DC yang dilengkapi dengan pembatas

arus. Rangkaian catu daya DC ini mampu mencatu beban hingga arus maksimum sebesar 9,85 Ampere. Pengujian dilakukan dengan membebani rangkaian catu daya DC dengan inverter dan rangkaian resonansi berbasis kumparan tesla. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa besarnya tegangan keluaran catu daya DC mempengaruhi besarnya tegangan keluaran yang dihasilkan kumparan Tesla.[6]

Dari penelitian di atas maka pada penelitian ini disulkan suatu piranti yang dapat menggantikan catu daya analog yaitu catu daya digital yang dilengkapi metode regulasi pensaklaran menggunakan buck converter dan berbasiskan mikrokontroler arduino. Diharapkan dengan rancang bangun catu daya digital ini didapatkan catu daya yang memiliki banyak kelebihan baik itu dari segi kestabilan keluaran yang dihasilkan maupun fitur yang dapat mempermudah penggunaan catu daya tersebut. Kelebihan dari catu daya digital ini adalah dapat didapatkan tegangan ataupun arus keluaran yang lebih stabil karena dilakukan pengendalian secara digital, didukung dengan penggunaan metode regulasi pensaklaran menggunakan buck converter. Selain itu dengan rangkaian yang tetap dan sama catu daya digital ini dapat diprogram ulang dengan mudah (programmable) sesuai kebutuhan. Fitur yang ditawarkan demi kemudahan pemakaian yaitu menggunakan keypad dan liquid crystal display (LCD) yang diprogram secara digital. Catu daya pada umumnya masih menggunakan potensiometer untuk menentukan nilai tegangan yang sesuai kebutuhan dan mengunakan multimeter untuk mengukur tegangan sesuai kebutuhan yang akan dipakai. Pada catu daya digital ini pengaturan nilai tegangan yang diinginkan hanya dengan menekan untuk memasukkan tegangan setting sesuai kebutuhan melalui keypad dengan

perintah yang sangat mudah dan nilai pengukuran yang teraktual dari nilai arus dan tegangan dapat ditampilan pada layar LCD yang sebelumnya diproses pada mikrokontroler.

A. Catu Daya

Catu daya merupakan sebuah peralatan elektronika daya yang berufngsi sebagai penyedia daya (tegangan dan arus) untuk peralatan lainnya dengan prinsip mengubah tegangan listrik yang tersedia dari jaringan jala-jala ke nilai yang dibutuhkan beban. Pada dasarnya catu daya merupakan piranti elektronik yang memiliki sifat sebagai pengubah (*altering*), pengendalian (*controling*), atau pangaturan (*regulating*) daya listrik.[2] Pengubah artinya bahwa catu daya mampu mengubah nilai tegangan dari tegangan sumber yang lebih besar menjadi nilai tegangan yang sesuai dengan kebutuhan beban. Pengendalian artinya bahwa catu daya mampu melakukan pengendalian apabila nilai tegangan keluaran catu daya tidak sesuai dengan kebutuhan beban. Pengaturan artiinya catu daya mampu melakukan pengaturan dari tegangan sumber sehingga tegangan keluaran keluaran yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan beban dan konstan.

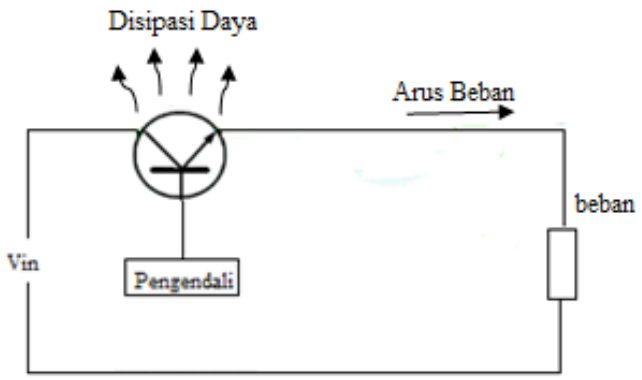
Selain itu pada prinsipnya catu daya mempunyai empat fungsi yaitu sebagai penurun tegangan, penyearah, penyaringan (filter) dan penstabil. Pada sifat penurun tegangan, catu daya memiliki komponen utama yang dapat digunakan sebagai penurun tegangan yaitu transformator. Dengan menggunakan transformator ini maka tegangan dari jaringan jala-jala listrik akan yang

relative besar dapat diturunkan nilainya menjadi nilai tegangan yang kebih rendah sesuai kebutuhan. Selain penurun tegangan catu daya juga memiliki sifat sebagai penyearah, yaitu digunakan untuk menyearahkan gelombang bolak-balik yang berasal dari jaringan jala-jala yang sebelumnya telah diturunkan nilai tegangannya. Setelah disearahkan maka perlu adanya suatu penyaring atau pemfilter, sehingga catu daya juga bersifat penyaring. Pada umumnya untuk menyaring hasil penyearahan menggunakan komponen utama kapasitor. Kapasitor ini akan menyaring riak-riak gelombang hasil penyearahan agar didapatkan gelombang yang halus dan rata. Setelah tegangan dari jala-jala diturunkan, lalu disearahkan dan kemudian disaring sehingga didapatkan tegangan searah yang baik, maka selanjutnya perlu adanya penstabil tegangan. Fungsi penstabilan ini digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan yang stabil untuk mencatu tegangan sesuai kebutuhan beban.

Catu daya dituntut dapat mencatu tegangan ke beban dengan nilai konstan dan stabil. Oleh karena itu diperlukan regulator untuk mengkompensasi perubahan tegangan jala-jala dan beban. Berdasarkan teknik pengaturan atau regulasi tegangan, catu daya memiliki dua jenis teknik regulasi untuk mendapatkan tegangan yang konstan sesuai kebutuhan beban, yaitu teknik regulasi linier (*linier regulated*) dan regulasi pensaklaran (*swiching regulated*).[3] Masing-masing teknik regulasi tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. **Catu Daya dengan Regulasi Linier (*Linier Regulated Power Supply*)**

   Catu daya dengan regulasi linier sedikitnya harus mempunyai tiga bagian yaitu jaringan pembangkit tegangan acuan, jaringan pengendali dan komponen elektronika. Pembangkit tegangan acuan menghasilkan tegangan acuan yang tidak terpengaruh akibat perubahan tegangan masukan. Bagian kendali terbentuk dari system untai tertutup dimana terdapat bagian umpan balik, penguat selisih dan penguat kesalahan. Komponen elektronika yang digunakan berupa transistor bipolar atau FET yang dapat melewatkan daya secara seri yang sering disebut dengan komponen pelewat seri. Peregulasian tegangan secara linier pada catu daya dapat diperlihatkan pada Gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2.1 Rangkaian Regulator Linier[1]

Keluaran bagian kendali mengatur konduktifitas komponen elektronika daya. Prinsip kerjanya adalah jika tegangan keluaran catu daya lebih kecil dari tegangan yang diharapkan, maka pengendali akan meningkatkan konduktifitas komponen elektronika daya sehingga tegangan keluaran catu daya dapat naik dan sesuai dengan kebutuhan.

Sebaliknya jika teganga keluaran catu daya terlalu besar dibandingkan tegangan yang dibutuhkan, maka pengendali akan mengurangi konduktifitas koponen elektronika daya sehingga tegangan keluaran akan menurun dan sesuai dengan yang dibutuhkan.

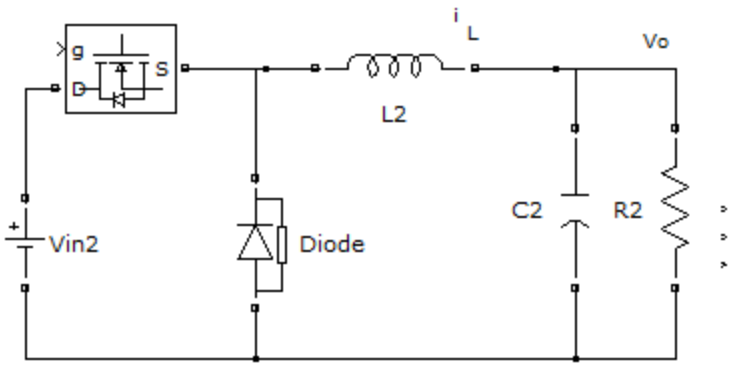
2. **Catu Daya dengan Regulasi Pensaklaran (*Swiching Regulated Power Supply*)**

   Catu daya dengan regulasi pensaklaran pada dasarnya memanfaatkan kerja dari rangkaian converter DC ke DC. Rangkain converter DC ke DC ini dilengkapi dengan rangkaian kontrol yang mampu mendeteksi tegangan keluaran secara kontinyu dan menetapkan regulasi dengan mengontrol *duty cycle* saklar yang digunakan. Saklar yang digunakan pada umunya adalah transistor daya atau SCR. Saat komponen ini dioperasikan pada *switching mode*, daya disipasinya rendah yang menyebabkan rangkaian regulator ini mempunya efisiensi atau daya guna yang tinggi dibandingkan dengan regulator linier. Kerugian regulator ini adalah pengisian kapasitor keluaran dilakukan secara pulsa dan koreksi perubahan tegangan membutuhkan beberapa pulsa, sehingga respon regulasi tidak secepat catu daya linier. Selain itu pensaklaran pada kondisi *ON* dan *OFF* dari komponen transistor daya ini dapat menimbulkan riak (*ripple*) yang dapat mengganggu sistem dimana catu daya ini digunakan. Pada penelitian ini, converter DC ke DC yang digunakan untuk meregulasi tegangan keluaran catu daya adalah *buck converter*. Penjelasan prinsip kerja pengaturan tegangan

dengan menggunakan jenis konverter ini dijelaskan pada subbab selanjutnya.

B. *Buck Converter*

Buck converter adalah konverter yang menghasilkan tegangan keluaran yang lebih kecil dari tegangan masukannya. Tegangan keluaran yang dihasilkan mempunyai polaritas yang sama dengan tegangan masukannya. *Buck converter* biasa disebut juga sebagai *step-down converter*. Gambar 2.9 berikut merupakan rangkaian dari *buck converter*: [4]



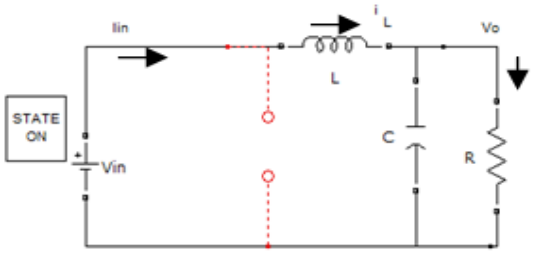
Gambar 2.2 Topologi *Buck Converter*

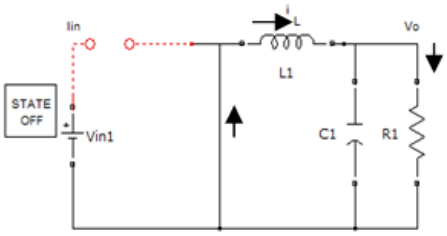
Pada dasarnya, *buck converter* yang merupakan salah satu jenis dari topologi dari *switching power supply* terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian *power* dan bagian kontrol. Bagian *power* berfungsi untuk konversi tegangan, termasuk komponen-komponen di dalamnya, seperti, *switch* dan *filter output*. Bagian kontrol berfungsi untuk mengontrol *state* ON-OFF dari *switch* yang terdapat di dalam rangkaian. *Buck converter* dapat dioperasikan dalam 2 mode, yaitu, *continuous conduction mode* dan *discontinuous conduction mode*. Di dalam

continuous conduction mode, arus akan terus mengalir melewati induktor atau dengan kata lain arus pada induktor tidak akan pernah mencapai nilai nol (0). Di dalam *discontinuous conduction mode*, arus yang mengalir melewati induktor akan bernilai nol (0) untuk rentang waktu tertentu. Nilai induktor yang dipilih akan menentukan mode yang akan digunakan.

1. **Prinsip Kerja *Buck Converter***

   Di dalam menganalisa prinsip kerja *buck converter*, terdapat 2 *state*, yaitu, *state* ON dan *state* OFF. Ketika pada *state* ON atau saklar pada kondisi ON, arus sumber mengalir melalui induktor L menuju *output* beban kapasitor dan resistor hingga tegangan keluaran mendekati tegangan masukan. Ketika pada *state* OFF atau saklar pada kondisi OFF, terjadi pembalikan polaritas sehingga energi yang tersimpan pada induktor akan mengalir terbalik berdasar tegangan yang tersimpan pada kapasitor hingga terjadi pengurangan pada kapasitor. Proses pengisian dan pengosongan inilah yang menyebabkan tegangan keluaran selalu lebih rendah dari tegangan masukannya. Untuk mempermudah dalam menganalisa rangkaian *buck*, Gambar 2.2 berikut ini merupakan *state* dari rangkaian *buck* pada saat *state* ON dan *state* OFF:





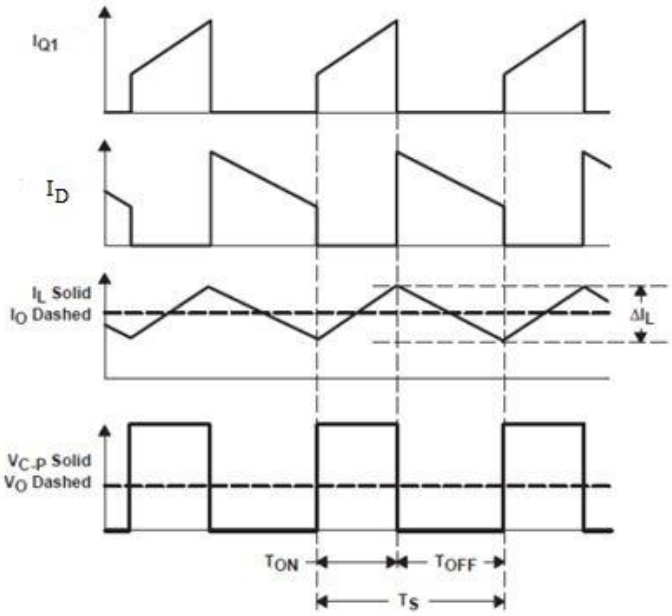
Gambar 2.3 Rangkaian *Buck* pada saat *State* ON dan *State* OFF

Secara matematika, waktu dari *state* ON dan *state* OFF dapat ditulis seperti berikut:

$$T_{ON} = D \text{ x } T_S \tag{2.1}$$

$$T_{OFF} = (1 - D) \text{ x } T_S \tag{2.2}$$

Bentuk gelombang dari rangkaian Gambar 2.2 untuk komponen Q1 dan I_D diperlihatkan dalam gambar berikut ini:



Gambar 2.4 Bentuk Gelombang Q1 dan I_D

State ON

Ketika berada pada *state* ON, Q1 akan berfungsi sebagai saklar yang menutup (konduksi) selama interval waktu dt, maka arus dari tegangan sumber V_{in} akan mengalir melalui induktor L, beban dan kembali lagi ke sumber. Karena tegangan yang diberikan kepada induktor konstan, maka arus yang melewati induktor meningkat secara *linier* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.3.

Dalam kondisi saklar menutup ini dapat diturunkan persamaan sebagai berikut :

$V_{in} = V_L + V_o$ dan $V_L = V_{in} - V_o$

$L\frac{di}{dt} = V_{in} - V_o$

$L\, di = (V_{in} - V_o)\, dt$

Karena lama waktu dt adalah selama saklar pada kondisi menutup atau ON, maka :

$$L\, di = (V_{in} - V_o)\, t_{on} \qquad (2.3)$$

$$di = \left(\frac{V_{in} - V_o}{L}\right) t_{on}$$

State OFF

Ketika berada pada *state* OFF, Q1 menjadi terbuka mengakibatkan arus dari sumber *input* tidak dapat mengalir melewati Mosfet ini. Sehingga sumber dari tegangan *output* sekarang berasal dari induktor dan kapasitor dimana dioda D menjadi aktif. Arus mengalir dari induktor L

ke beban melalui dioda dan kembali menuju induktor L. Karena tegangan induktor menjadi lebih kecil dibandingkan saat *state* ON dan konstan, maka arus yang melewati induktor akan menjadi turun secara *linier* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.

Pada kondisi saklar membuka, dapat diturunkan persamaan sebagai berikut :

$V_L = V_o$

$L\frac{di}{dt} = V_o$

$L\ di = V_o dt$

Karena lama waktu dt adalah selama saklar pada kondisi membuka atau OFF, maka :

$$L\ di = V_o\ t_{off} \tag{2.4}$$

$$di = \left(\frac{V_o}{L}\right)\ t_{off}$$

Dengan menggabungkan persamaan 2.3 dan 2.4 akan diperoleh hubungan antara tegangan masukan dan keluaran, sebagai berikut:

$$V_O = V_{in} \text{ x } D \tag{2.5}$$

Dimana :

V_O = Tegangan keluaran

V_{in} = Tegangan masukan

D = *Duty cycle*

Jika menggunakan asusmsi bahwa rangkaian tidak mengalami rugi-rugi maka dapat diturunkan sebagai berikut:

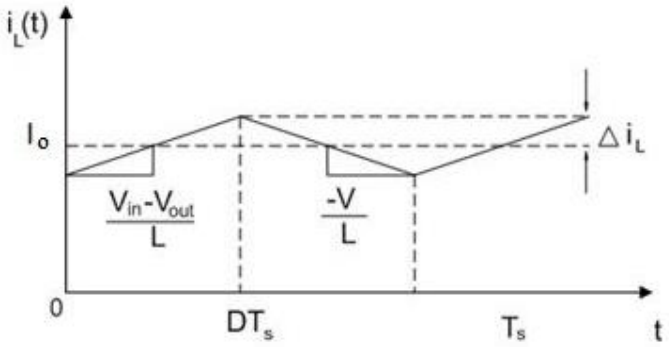
$V_{in} I_{in} = V_o I_o = D\, V_{in} I_o$

Sehingga arus masukan rata-rata adalah :

$$I_{in} = D\, I_o \qquad (2.6)$$

C. Penentuan *Filter* LC

Agar sistem beroperasi pada daerah yang kontinyu maka arus induktor harus tetap kontinyu dalam satu periode. Gambar 2.4 menunjukkan arus dari induktor selama satu periode dalam keadaan tunak. Pada sistem *buck converter*, arus rata-rata induktor I_L dalam kondisi tunak adalah sama dengan arus beban I_o. Gambar 2.4 menunjukkan bahwa arus induktor berada pada sekitar arus rata-ratanya dengan nilai arus maksimum sebesar $I_o + \Delta I_L$ dan arus minimum $I_o - \Delta I_L$.



Gambar 2.5 Arus induktor

Dalam menentukan besarnya nilai induktor dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta I_L = \frac{V_{in} D(1-D)}{f\, L}$$

$$L = \frac{V_{in} D(1-D)}{f\,\Delta I_L} \qquad (2.7)$$

Dimana:

L = Nilai induktor (induktansi)

V_{in} = Tegangan masukan

D = *Duty cycle*

ΔI_L = *Ripple* arus

f = Frekuensi

Tegangan keluaran sistem pada kenyataannya tidak dapat bernilai konstan secara sempurna. Hal ini dikarenakan kapasitor yang digunakan akan terus melakukan pengisian dan pelepasan muatan. Pada tegangan keluaran sistem Vo akan terdapat *ripple* tegangan (ΔV). Dalam penentuan besarnya *ripple* tegangan dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$\Delta V = \frac{V_{in} D(1-D)}{8LCf^2} \qquad (2.8)$$

Sehingga besarnya nilai kapasitor adalah :

$$C = \frac{V_{in} D(1-D)}{8L\Delta Vf^2} \qquad (2.9)$$

Dimana:

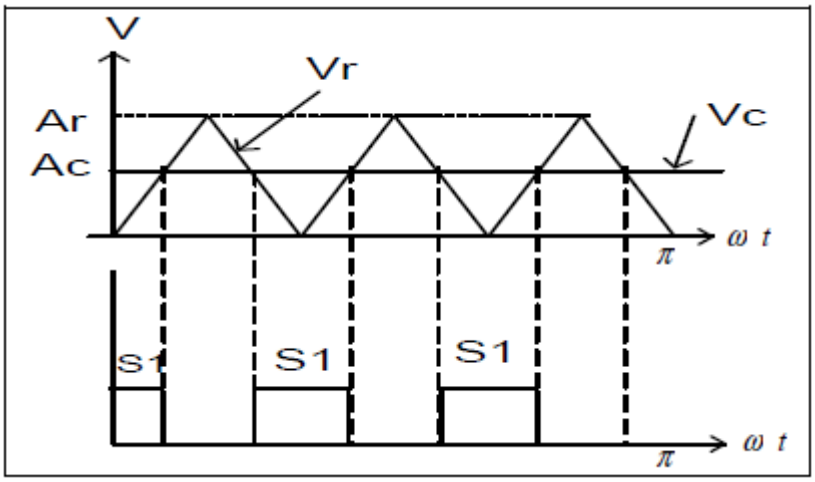
C = Nilai Kapasitor

ΔV = *Ripple* tegangan

D. *Pulsa width Modulation* (PWM)

Modulasi lebar pulsa atau yang lebih dikenal dengan sebutan PWM *(Pulse Widht Modulation*) merupakan suatu teknik yang membandingkan sinyal referensi dengan sinyal *carrier*. Pada umumnya untuk sinyal carrier berupa gelombang segitiga. Apabila amplitude sinyal referensi berada di atas amplitudosinyal *carrier* maka dihasilkan sinyal *gate "high*" dan jika amplitude sinyal referensi berada di bawah amplituda sinyal referensi berada di bawah amplituda sinyal *carrier* maka dihasilkan sinyal "low".[5]

Pada gambar berikut menunjukkan hasil perbandingan tersebut dimana mempunyai nilai duty cycle tertentu.



Gambar 2.6 *Pulse width Modulation*

Duty cycle adalah perbandingan antara waktu konduksi dibagi dengan total waktu antara kondisi konduksi dan tidak konduksi dikalikan seratus persen.

$$Duty\ Cycle = \frac{t_{on}}{t_{on}+t_{off}}\ x\ 100\%$$

Dari duty cycle tersebut nantinya akan dipakai untuk memberikan waktu konduksi dan tidak konduksinya komponen semikonduktor. Didalam teknik PWM, pulsa penyalaan yang mengontrol keadaan ON dan OFF saklar dihasilkan dari perbandingan gelombang Vcontrol dengan gelombang segitiga seperti pada gambar di atas. Vcontrol umumnya dihasilkan dengan memperbesar tegangan DC atau perbedaan antara tegangan keluaran dengan tegangan yang diinginkan. Jadi prinsip kerja dari PWM adalah jika nilai sesaat gelombang Vcontrol lebih besar dari gelombang segitiga, maka saklar akan menutup (ON) dan sebaliknya saklar akan membuka (Off).

E. Arduino Mega 2560

1. Gambaran Umum

Arduino Mega 2560 adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATMega2560. Arduino Mega 2560 ini mempunyai 54 pin digital *input/output* (15 diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 16 *input* analog, 4 UARTs (*hardware serial ports*), sebuah osilator kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP *header*, dan sebuat tombol reset. Gambar 2.5 berikut menunjukkan gambar fisik dari Arduino Mega 2560.

Gambar 2.7 Fisik Arduino Mega 2560

2. Ringkasan Arduino Mega 2560

Ringkasan spesifikasi dari Arduino Mega 2560 ditunjukkan padaTabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Ringkasan Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	ATMega2560
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan *input* yang disarankan	7-12V
Batas tegangan *input*	6-20V
Jumlah pin I/O digital	54 (15 untuk keluaran PWM)
Jumlah pin *input* analog	16
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Clock Speed	6 MHz

3. Daya (Power) Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 dapat disuplai melalui koneksi USB atau dengan sebuah power suplai eksternal. Arduino Mega 2560 memiliki pin-pin daya, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. V_{IN}. Tegangan *input* ke *board* Arduino Mega 2560 ketika *board* sedang menggunakan sumber suplai eksternal (seperti 5 Volt dari koneksi USB atau sumber tenaga lainnya yang diatur).
b. 5V. Pin *output* ini merupakan tegangan 5 Volt yang diatur dari regulator pada *board*. *Board* dapat disuplai dengan salah satu suplai dari DC *power jack* (7-12V), USB *connector* (5V), atau pin V_{IN} dari *board* (7-12). Penyuplaian tegangan melalui pin 5V atau 3,3V membypass regulator dan dapat membahayakan *board*. Hal itu tidak dianjurkan.
c. 3,3 V. Sebuah suplai 3,3 Volt dihasilkan oleh regulator pada *board*. Arus maksimum yang dapat dilalui adalah 50 mA.
d. GND. Pin *ground*.
e. IOREF. Pin ini menyediakan tegangan referensi sesuai dengan yang mikrokontroler operasikan.

4. *Input* dan *Output*

Setiap 54 pin digital pada Arduino Mega 2560 dapat digunakan sebagai *input* dan *output*, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()* dan *digitalRead()*. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 Volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40

mA dan mempunyai sebuah resistor *pull-up* (terputus secara *default*) 20-50 kOhm. Selain itu, beberapa pin mempunyai fungsi-fungsi spesial, yaitu sebagai berikut:

- **Serial: 0 (RX) dan 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) dan 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) dan 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) dan 14 (TX)**. Digunakan untuk menerima (RX) dan memancarkan (TX) serial data
- TTL (Transistor-Transistor Logic). Pin 0 dan 1 ini dihubungkan ke pin-pin yang sesuai dari chip Serial ATmega16U2 USB-ke-TTL.
- **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2).** Pin-pin ini dapat dikonfigurasikan untuk dipicu sebuah *interrupt* (gangguan) pada sebuah nilai rendah, suatu kenaikan atau penurunan yang besar, atau suatu perubahan nilai.
- **PWM: 2 sampai 13 dan 44 sampai 46**. Memberikan 8-bit PWM output dengan fungsi *analogWrite()*.
- **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS)**. Pin-pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan SPI *library*.
- **LED: 13**. Ada sebuah LED yang terpasang, terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai HIGH maka LED menyala, ketika pin bernilai LOW maka LED mati.
- **TWI**: 20 (SDA) dan 21 (SCL). Pin ini mendukung komunikasi TWI menggunakan *Wire Library*.

Arduino Mega 2560 mempunyai 16 *input* analog, dimana setiap pinnya memberikan resolusi 10 bit (contohnya 1024 nilai yang berbeda). Secara

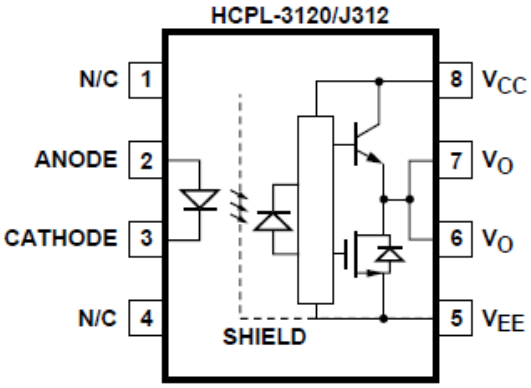
default, 16 *input* analog tersebut mengukur dari *ground* sampai tegangan 5 Volt, dengan demikian memungkinkan untuk mengganti batas atas dari *range*nya dengan menggunakan pin AREF dan fungsi *analogReference()*. Di sisi lain, beberapa pin mempunyai fungsi spesial, yaitu sebagai berikut:

- **AREF**. Tegangan referensi untuk *input* analog. Digunakan dengan *analogReference()*.
- **Reset**. Membawa saluran LOW ini untuk mereset mikrokontroler. Secara khusus digunakan untuk menambahkan sebuah tombol reset untuk melindungi yang memblok sesuatu pada board.

F. *Gate Driver*

Rangkaian *gate driver* adalah rangkaian yang berfungsi sebagai penghubung antara rangkaian daya dengan rangkaian kontrol. Rangkaian *driver* memindahkan sekaligus menguatkan sinyal pemicu (pulsa kontrol) dari rangkaian kontrol untuk menggerakkan saklar semikonduktor pada rangkaian daya. Salah satu jenis ic *gate driver* adalah HCPL3120. Ic ini merupakan salah satu *driver* penggerak saklar daya yang secara khusus dirancang untuk penggunaan saklar daya jenis IGBT (*Isolated- Gate Bipolar Transistor*) dan sangat baik untuk penggerak *gate* saklar daya mosfet. Kontruksi HCPL3120 terdiri dari sebuah dioda led sebagai pengkode informasi sinyal masukkan dari rangkaian kontrol dan pada bagian keluaran yang terhubung dengan rangkaian daya terdiri dari kombinasi transistor NPN sebagai jalan masuk arus sumber menuju rangkaian daya. Amplitude tegangan yang dikeluarkan dari *driver*

adalah sama dengan nilai tegangan yang diberikan kepada pin VCC pada *driver* ini. Berikut adalah *functional diagram* dari HCPL3120 beserta tabel kebenarannya.



Gambar 2.8 *Functional Diagram* HCPL3120

Tabel 2.2 Tabel Kebenaran Kerja HCPL3120

LED	**$V_{CC} – V_{EE}$ TRUN-ON**	**V_O**
OFF	0 – 30 V	LOW
ON	0 – 11 V	LOW
ON	11 – 13.5 V	TRANSITION
ON	13.5 – 30 V	HIGH

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juli 2015. Perancangan dan pengerjaan perangkat keras (*hardware*) dan laporan dilakukan di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. 1 unit laptop, yang berfungsi sebagai media untuk perancangan rangkaian dan sebagai tempat pengerjaan laporan penelitian.
2. Rangkaian *buck converter*, yang dibangun oleh komponen elektronika mosfet, dioda, induktor, kapasitor.
3. Mikrokontroler Arduino, yang digunakan untuk pengendalian *error* tegangan keluaran *buck converter*, menghasilkan pulsa kontrol untuk *buck converter*, mengatur antarmuka keluaran dan masukan.
4. Rangkaian *gate driver*, yang digunakan untuk memindahkan dan menguatkan amplitudo dari pulsa kontrol dari mikrokontroler ke *buck converter*.

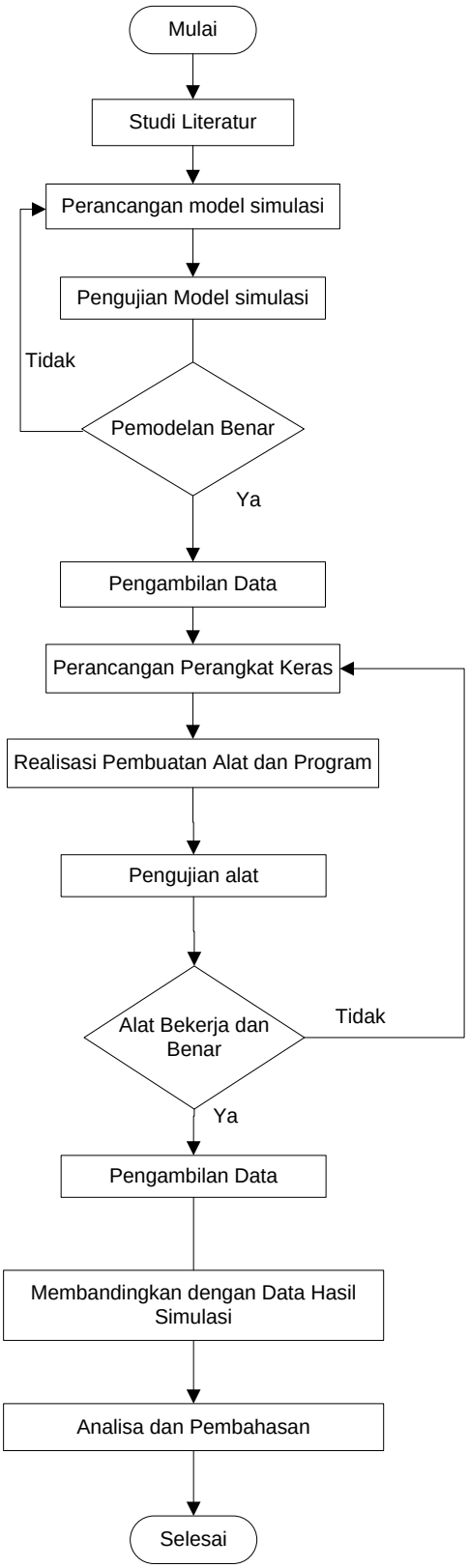
5. 1 unit *Liquid Crystal Display* (LCD) yang digunakan untuk antarmuka keluaran yang menampilkan informasi nilai dari tegangan dan arus serta menu pengaturan tegangan.
6. 1 unit *keypad* yang digunakan untuk antarmuka masukan dalam menentukan nilai tegangan masukan yang diinginkan.
7. 1 perangkat alat pengukuran, yaitu multimeter digital dan LCR meter.
8. 1 unit solder dan timah untuk realisasi rangkaian.
9. 1 paket peralatan kerja, yaitu bor PCB, tang, obeng, dll.
10. *Heatsink* sebagai peredam panas mosfet dan dioda.
11. Akrilik dan kayu sebagai peletak rangkaian.

Sedangkan untuk perangkat lunaknya, yaitu :

1. *Arduino IDE* untuk pembuatan kode program (*sketch*) yang akan dimasukkan ke dalam mikrokontroler Arduino.
2. *MATLAB*
3. *Diptrace* untuk membangun rangkaian yang digunakan dalam penelitian.
4. *Microsoft office Visio* yang berfungsi sebagai media pembuatan bagan *flowchart* penelitian.

C. Metode Penelitian

Rancang bangun catu daya digital ini memiliki beberapa tahapan dalam pelaksanaannya, yaitu dapat dijelaskan oleh diagram alir pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Keterangan dari diagram alir di atas adalah sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Dalam studi literatur dilakukan pencarian informasi atau bahan materi baik dari buku, jurnal, maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu:

1. *Buck converter*
2. Catu daya
3. Pengendali *proportional integral* (PI)
4. Mikrokontroler Arduino
5. *Pulse width modulation* (PWM)
6. *MATLAB*

D. Perancangan Model simulasi

Sistem catu daya digital dibangun dari beberapa subsistem yaitu terdiri dari model *buck converter*, kendali *proportional integral* (PI) dan *pulse width modulation* (PWM) *generator*. Perancangan simulasi dilakukan dengan memodelkan setiap subsistem tersebut dalam Matlab. Setelah model setiap subsistem selesai dibangun maka disatukan menjadi sistem catu daya digital keseluruhan. Dengan ini, sitem catu daya digital dapat disimulasikan dengan memberikan nilai masukan berupa tegangan setpoint pada nilai beban sesuai dengan yang ditentukan.

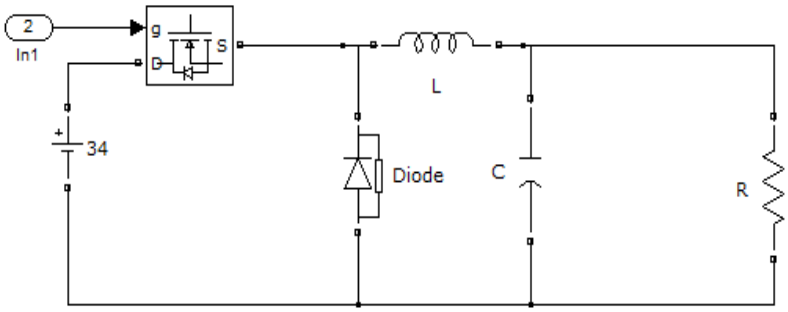
1. Pemodelan Buck Konverter

Untuk memodelkan catu daya digital menggunakan *buck converter* perlu ditetapkan beberapa nilai parameter, yaitu nilai tegangan masukan, tegangan keluaran, arus keluaran, frekuensi *switching*, nilai kapasitansi C dan nilai induktansi L. Nilai kapasitor dan induktor ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.8 dan 2.9. Tabel 3.1 berikut menunjukkan nilai dari setiap parameter yang digunakan untuk memodelkan *buck converter*.

Tabel 3.1 Parameter-Parameter untuk Pemodelan *Buck Converter*

No	Parameter	Simbol	Nilai
1	Tegangan Masukan	V_{in}	35 V
2	Tegangan Keluaran	V_{out}	21.7 V
3	Arus Keluaran	I_{sc}	4.8 A
4	*Ripple* Arus	ΔI	5 %
5	*Ripple* Tegangan	ΔV	5 %
6	Frekuensi	F	20000 Hz
7	*Duty Cycle*	D	0.83
8	Nilai Induktor	L	$0.718\ mH$
9	Nilai Kapasitor	C	$1{,}04\ \mu F$

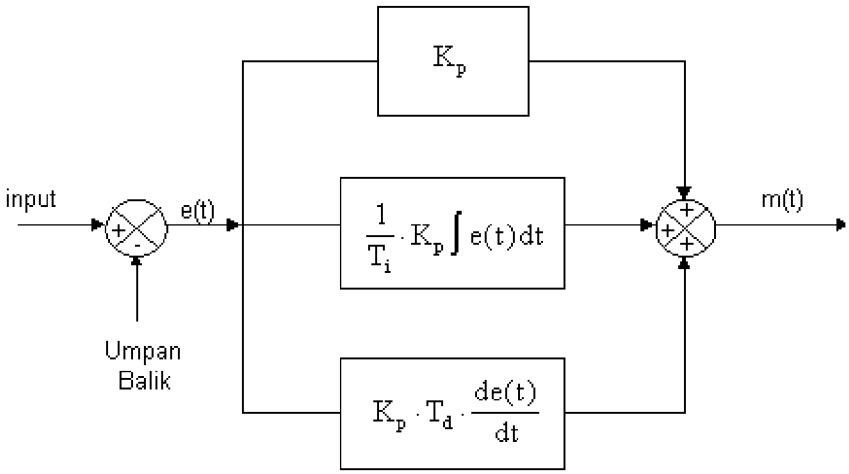
Dengan nilai-nilai dari parameter di atas maka telah dapat memodelkan *buck converter* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 sebagai subsistem penyusun sistem catu daya digital untuk simulasi.



Gambar 3.2 buck converter pada simulasi

2. Pemodelan Kendali Proporsional Integral (PI)

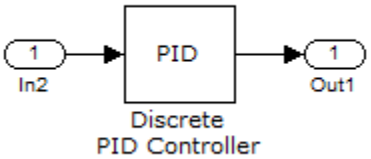
Kontroler PID merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik. Sebuah kontroler PID secara kontinyu menghitung *nilai kesalahan* sebagai beda antara setpoint yang diinginkan dan variabel proses terukur. Kontroler mencoba untuk meminimalkan nilai kesalahan setiap waktu dengan penyetelan *variabel kontrol*



Gambar 3.3 Blok diagram kontroler PID

Elemen-elemen pengontrol P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar. Keluaran pengontrol PID merupakan penjumlahan dari keluaran pengontrol *proporsional*, keluaran pengontrol *integral*.

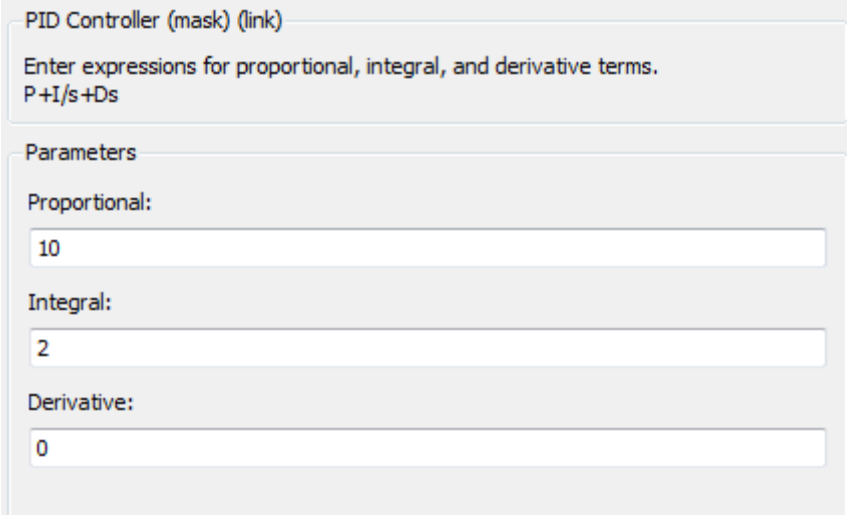
Untuk melakukan pemodelan catu daya digital, Model kendali PI telah tersedia di dalam simulink Matlab, sehingga hanya perlu menentukan nilai konstanta proporsional (*gain*) K_p, konstantan integral K_i maupun konstanta derivatif K_d sesuai jenis kendali yang digunakan.



Gambar 3.4 Pid Pada Simulink

Dalam simulasi ini menggunakan kendali PI sehingga hanya menentukan nilai K_p dan K_i. Metode yang digunakan untuk penentuan parameter tersebut dalam simulasi ini adalah *trial and error*.

- *P* bertanggung jawab untuk nilai kesalahan saat ini. Contohnya, jika nilai kesalahan besar dan positif, maka keluaran kontrol juga besar dan positif.
- *I* bertanggung jawab untuk nilai kesalahan sebelumnya. Contoh, jika keluaran saat ini kurang besar, maka kesalahan akan terakumulasi terus menerus, dan kontroler akan merespon dengan keluaran lebih tinggi.

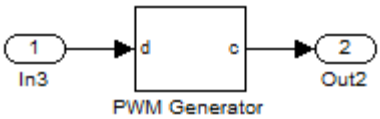


Gambar 3.5 Penentuan Parameter Kp Dan Ki Simulasi

Dengan penyesuaian (tuning) kedua parameter model, kontroler PI dapat memenuhi kebutuhan proses. Respon kontroler dapat dijelaskan dengan bagaimana responnya terhadap kesalahan, besarnya overshoot dari setpoint, dan derajat osilasi sistem.

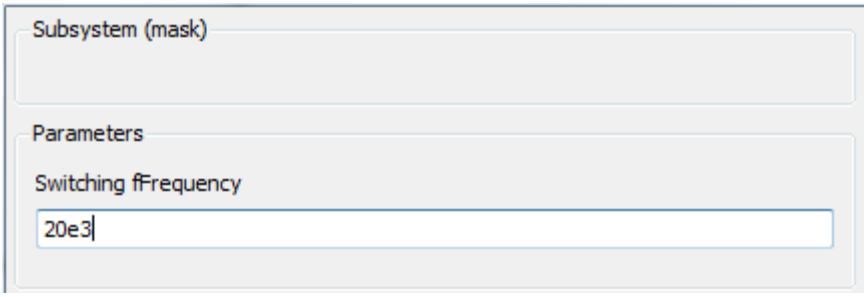
3. Pemodelan *Pulse Width Modulation* (PWM) *Generator*

Sinyal-sinyal dari PWM *generator* ini akan mengendalikan *switch* pada *buck converter* untuk membuka atau menutup



Gambar 3.6 Pwm Generator Pada Simulink

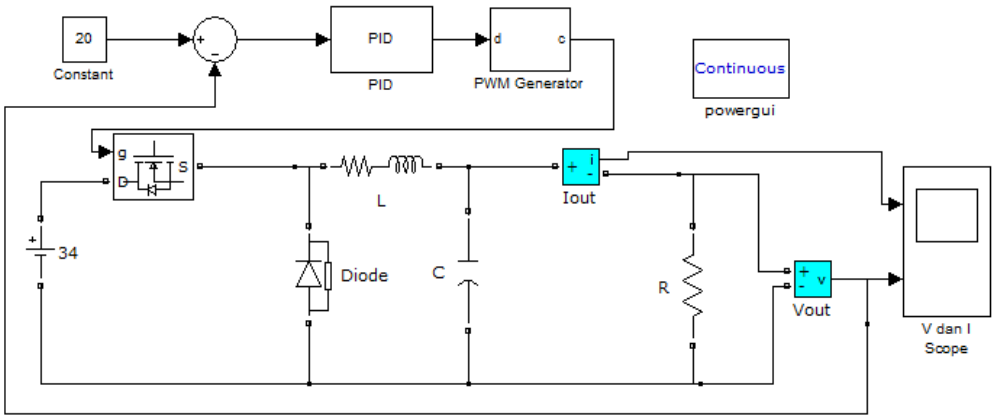
Pada simulasi ini besar frekuensi yang digunakan adalah sebesar 20.000 Hertz. Besar frekuensi ini juga akan menentukan besarnya induktor dan kapasitor yang digunakan untuk menyusun *buck converter*.



Gambar 3.7 Penentuan Nilai Frekuensi Pada Pwm Generator

4. Pengujian Model Catu Daya *digital* Keseluruhan

Sebelum pengambilan data simulasi, maka perlu dilakukan pengujian setiap subsistem penyusun Catu daya yang telah dibuat. Hal ini dilakukan untuk kontrol jika model masih terdapat kesalahan maka diulang dalam perancangan model simulasi



Gambar 3.8 Pemodelan Catu Daya Keseluruhan

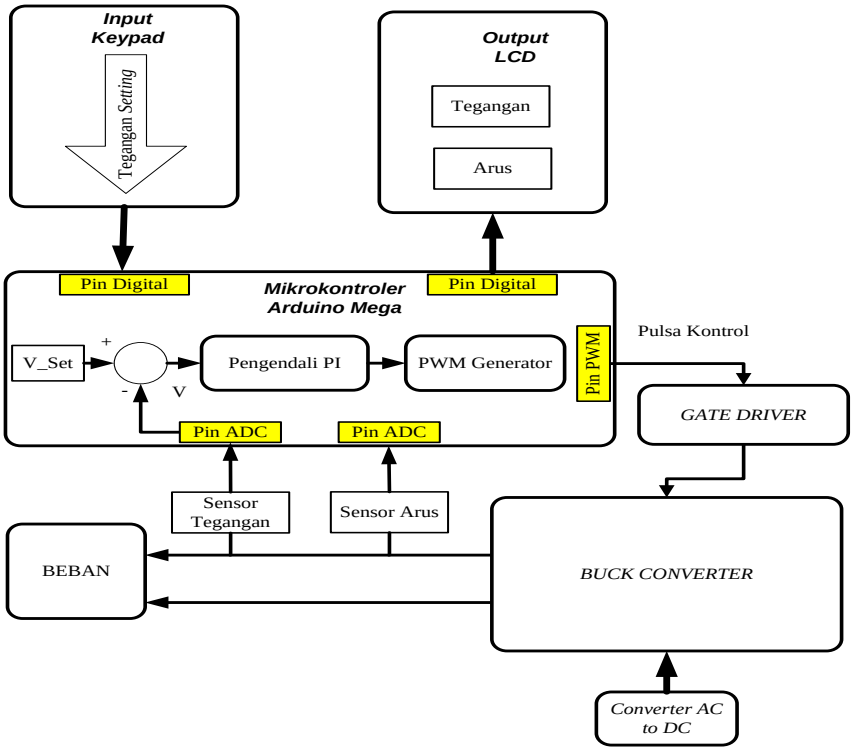
Pengujian model catu daya digital dilakukan pada setiap penyusun catu daya digital. Pengujian *buck converter* dilakukan dengan memberikan tegangan referensi (*setpoint*) dan dikendalikan dengan kendali PI. *Buck converter* bekerja berdasarkan pulsa kontrol yang diolah pada model PWM *generator*, sehingga didapatkan keluaran yang sesuai dengan tegangan *setpoint*. Setelah semua subsistem pembangun catu daya berhasil diuji, selanjutnya adalah pengambilan data.

5. Pengambilan data simulasi

Setelah semua sistem catu daya digital telah diuji kebenarannya pada simulasi matlab maka dilakukan pengambilan data dengan memberikan variasi masukan berupa tegangan referensi dengan pada beban yang divariasikan.

E. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan ini dilakukan sebelum realisasi keperangkat keras. Secara umum rancangan perangkat keras catu daya digital diperlihatkan pada blok diagram pada Gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.9 Blok Diagram Perangkat Keras Catu Daya Digital

Terlihat pada blok diagram di atas bahwa sistem catu daya digital ini terdiri dari beberapa subsistem, yaitu rangkaian *buck converter*, mikrokontroler Arduino Mega 2560, rangkaian *gate driver* berbasis HCPL3120, sensor tegangan, sensor arus ACS712, antarmuka masukan (*keypad*) dan antarmuka keluaran (*licuid crystal display*, LCD) serta beban. Masing-masing subsistem tersebut memiliki fungsi dan saling terhubung dengan subsistem yang lain.

Blok diagram berikut menjelaskan urutan kerja dari rancangan perangkat keras catu daya digital tersebut, yaitu:

- Nilai tegangan yang diinginkan (tegangan *setting*) dimasukkan melalui antarmuka masukan berupa *keypad* dengan cara menekan nilai pada *keypad* tersebut.
- Mikrokontroler akan mengolah nilai tegangan *setting* menjadi tegangan referensi yang akan dibandingkan dengan nilai tegangan keluaran *buck*

converter. *Error* yang terjadi akan dikontrol dengan kontrol proporsional integral (PI) dengan memberikan nilai konstanta K_P dan K_I. Sinyal kontrol ini menjadi masukan *pulse width modulator* (PWM) dimana sinyal kontrol ini akan dibandingkan dengan sinyal gergaji yang dihasilkan oleh osilator mikrokontroler, sehingga akan dihasilkan pulsa kontrol yang memiliki lebar pulsa (PWM).

- Pulsa kontrol akan dipindahkan dan dikuatkan amplitudonya oleh rangkain *gate driver*.
- Pulsa kontrol yang telah dikuatkan akan mengatur *switch* mosfet pada *buck converter* untuk membuka atau menutup. Sehingga didapatkan nilai tegangan yang sesuai dengan tegangan referensi yang menunjukkan tegangan yang diinginkan.
- Tegangan dan arus keluaran dari *buck converter* akan disensor dan diumpan balikkan ke mikrokontroler. Selain itu, arus dan tegangan keluaran ini ditampilkan oleh LCD.
- Operasi ini akan terus berulang secara *close loop*, sehingga akan dihasilkan nilai tegangan yang sesuai dengan tegangan *setting* yang diinginkan.
- Tahapan perancangan perangkat keras catu daya digital yang ditunjukkan pada diagram blok di atas dijelaskan sebagai berikut:

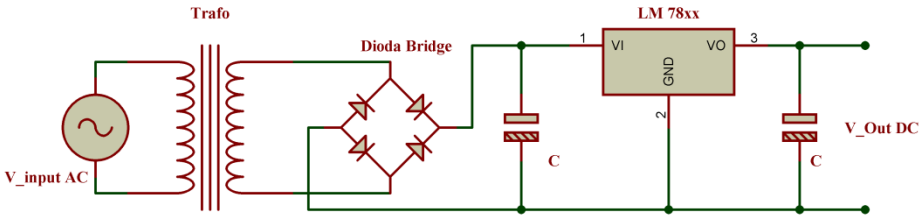
1. **Perancangan Program**

   Perancangan program dilakukan dengan mengunakan *software* arduino IDE. Pemograman ini difungsikan untuk mengolah tegangan *setting* yang dimasukkan melalui *keypad*, mengendalikan sistem catu daya digital

menggunakan kendali PI, menghasilkan pulsa kontrol berupa *pulse width modulation* (PWM), serta dapat menampilkan nilai tegangan dan arus pada layar LCD. Setelah rancangan program ini selesai, maka langkah selanjutnya mengunduh program tersebut ke mikrokontroler Arduino Mega.

2. Perancangan Rangkaian Penyearah (*Rectifier*)

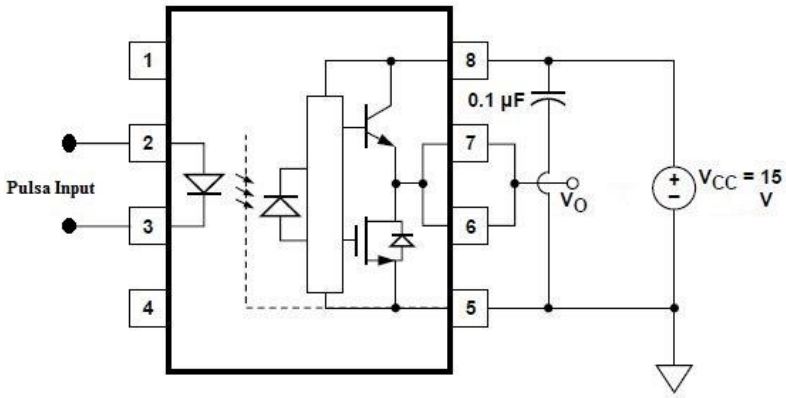
Rangkaian penyearah digunakan sebagai pencatu tegangan dan arus searah untuk rangkaian lainnya. Pada alat ini menggunakan tiga nilai tegangan, yaitu 34 V untuk mencatu rangkaian *buck converter*, 15 V untuk untuk mencatu rangkaian *gate driver* dan 9 V untuk mencatu mikrokontroler Arduino Mega. Gambar 3.3 berikut menunjukkan rancangan rangkaian penyearah.



Gambar 3.10 Rangkaian Penyearah

3. Perancangan Rangkaian *Gate Driver*

Rangkaian *gate driver* ini digunakan untuk memindahkan dan memperkuat pulsa kontrol keluaran mikrokontroler untuk menjalankan *switch* pada rangkaian *buck converter*. *Gate driver* ini berbasiskan ic HCPL3120 yang memiliki 8 kaki atau pin. Rancangan rangkaian *gate driver* yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.4 berikut:

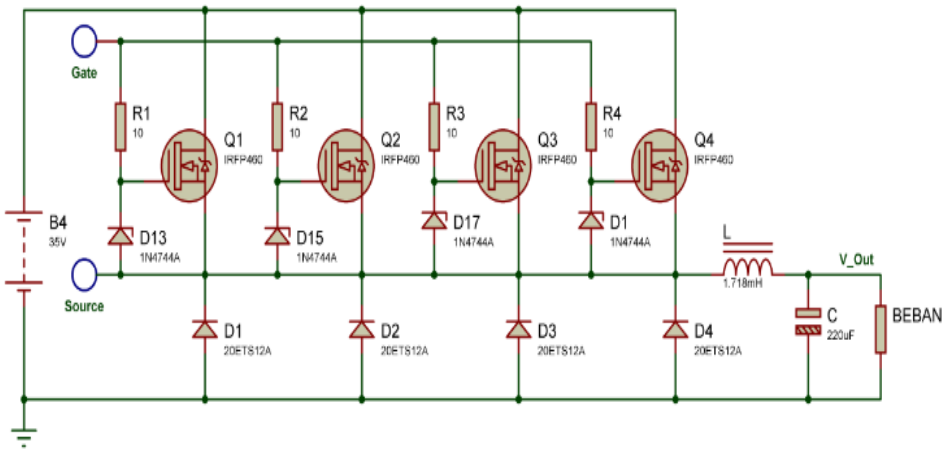


Gambar 3.11 *Rangkaian Gate Driver*

Terlihat dari Gambar 3.4 di atas bahwa sisi masukan HCPL3120 yaitu pin 2 dan 3 dihubungkan dengan sisi keluaran dari mikrokontroler. Pada sisi keluaran, pin 8 dan 5 dihubungkan ke catu tegangan 15 V. Pin 6 dan 7 dihubungkan ke sisi *gate* mosfet.

4. Perancangan Rangkaian *Buck Converter*

Rangkaian *buck converter* digunakan sebagai rangkaian elektronika daya yang dikontrol memalui proses *switching* pada mosfet. Pada penelitian ini, rangkaian *buck converter* dibangun oleh komponen Mosfet IRFp460, dioda MUR1560, induktor dan kapasitor. Penggunaan mosfet dan dioda ini terdiri dari masing-masing empat buah yang dirangkai secara paralel sehingga didapatkan rangkaian yang memiliki kapasitas hantar arus yang besar. Rancangan rangkaian *buck converter* yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.5 berikut:



Gambar 3.12 Rangkaian *Buck Converter*

Dalam perancangan *buck converter* ini perlu menentukan nilai induktor serta kapasitor yang akan diterapkan ke dalam rangkaian. Nilai induktor dan kapasitor yang digunakan yaitu 0.718 mH dan $104.1\mu F$.

5. Perancangan Sensor Tegangan dan Arus

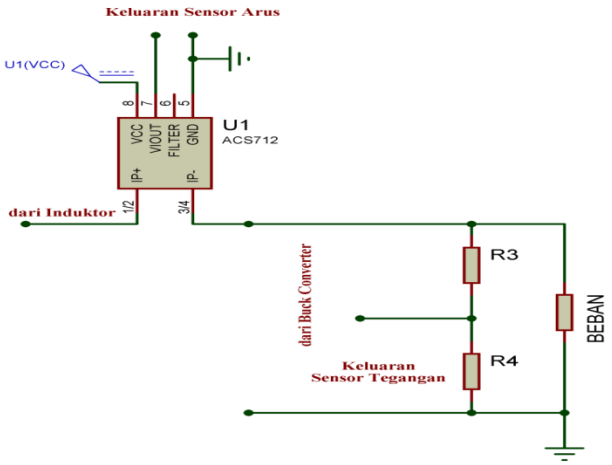
Rancangan sensor tegangan yang digunakan pada rancang bangun catu daya digital ini berdasarkan prinsip pembagi tegangan. Rancangan sensor arus yang digunakan pada rancang bangun catu daya digital ini menggunakan ic ACS712. Ic ini memiliki kapasitias arus pengukuran maksimum 20 A dan ketelitian penyensoran sebesar 100 mV/A. Sensor arus ini bekerja berdasarkan prinsip efek *hall*. Pada rancang bangun ini menggunakan nilai resistor 5.6 kΩ dan 56 kΩ. Berikut adalah perhitungan penentuan nilai resistor sensor tegangan :

$$\text{Vout} = \frac{\text{R2}}{\text{R1} + \text{R2}} \text{ X } \text{Vin}$$

$$= \frac{5.6}{56 + 5.6} \text{ (k}\Omega\text{) x 55 V}$$

$$= 5\ \text{V}$$

Gambar 3.6 berikut menunjukkan rancangan dari sensor tegangan dan arus yang digunakan.



Gambar 3.13 Rangkaian Sensor Tegangan dan Arus

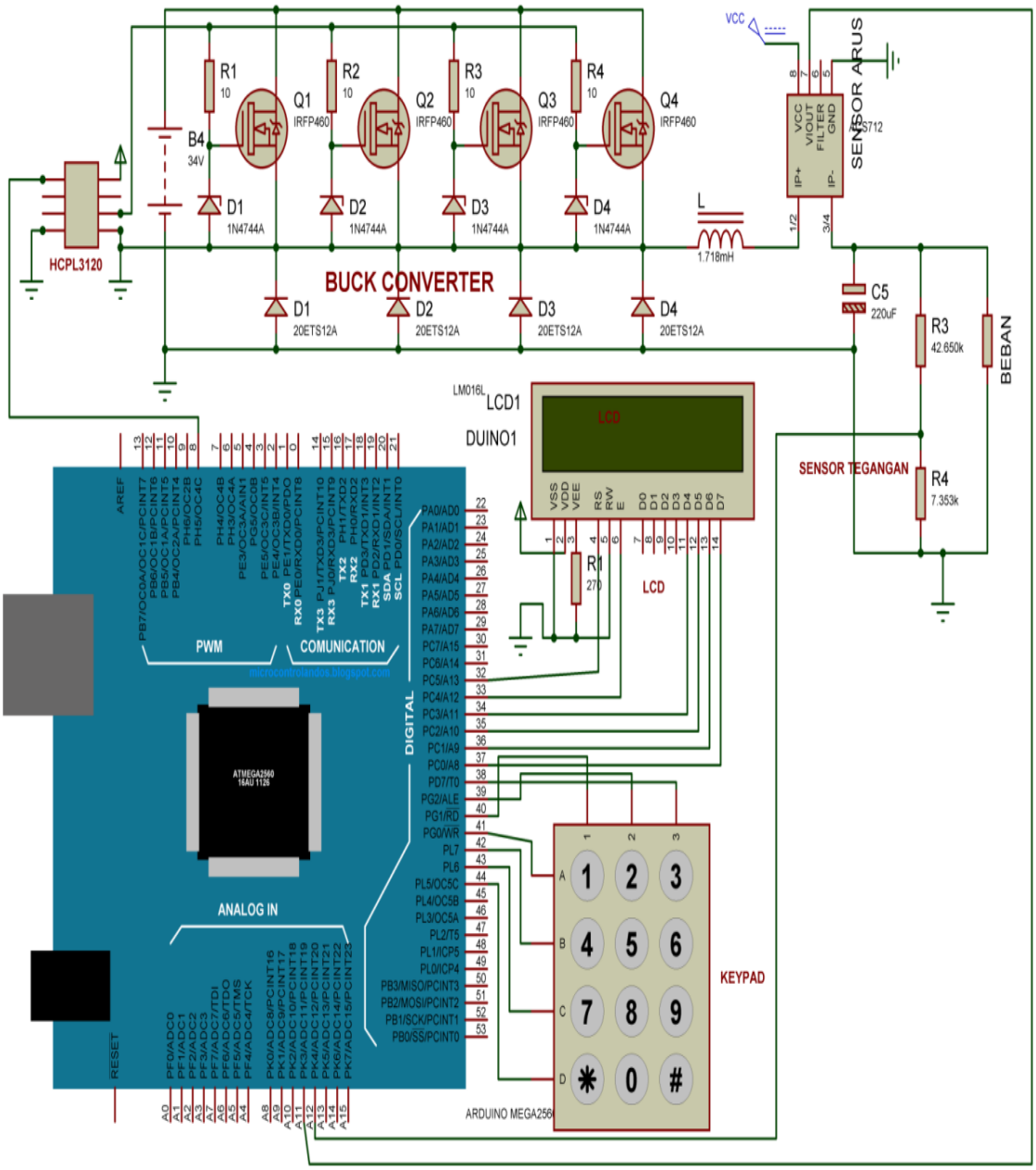
6. Perancangan Antarmuka Masukan dan Keluaran

Pada rancang bangun catu daya digital ini menggunakan antarmuka masukan dengan menggunakan *keypad* dan keluaran menggunakan *Liquid Crystal Display* (LCD). Penggunaan *keypad* ini sebagai tempat untuk memasukkan nilai tegangan yang diinginkan. Sedangkan dengan menggunakan LCD, maka nilai arus dan tegangan akan ditampilkan pada layar LCD ini.

7. Perangkat Keras Catu Daya Digital Keseluruhan

Setelah setiap subsistem penyusun catu daya digital dibuat dan diuji, maka selanjutnya subsistem tersebut dirangkai menjadi satu sistem catu daya digital. Subsistem-subsistem tersebut adalah rangkaian penyearah, *buck converter*, *gate driver*, mikrokontroler Arduino Mega, sensor arus, sensor

tegangan, antarmuka masukan (*keypad*) dan keluaran (LCD). Rancangan rangkaian sistem catu daya digital secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 3.7 sebagai berikut :



Gambar 3.14 Rancangan Rangkaian Perangkat Keras Catu Daya Digital Keseluruhan

G. Pengujian Alat

Pengujian perangkat keras perlu dilakukan untuk memastikan alat dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dilakukan pada setiap bagian penyusun catu daya digital, yaitu rangkaian *buck converter*, *gate driver* , sensor tegangan dan arus serta antarmuka masukan dan keluaran. Selain itu, perancangan pemograman pada mikrokontroler Arduino juga dilakukan pengujian untuk melihat kesesuaian dengan hasil yang diharapkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari rancang bangun catu daya *digital* adalah sebagai berikut:

1. Perancangan dan pembuatan catu daya digital dengan metode regulasi pensaklaran (*switching*) telah berhasil dilakukan dengan kemampuan daya maksimal sebasar 170 watt.
2. Catu daya digital yang telah dibangun memiliki efisiensi rata-rata sebesar 80.74% dan regulasi beban rata-rata sebesar 1.89%.
3. Saat setpoint 25 volt Perbandingan hasil simulasi dan perangkat keras untuk perubahan tegangan keluaran akibat perubahan beban sebesar 0.22 volt
4. Pengaruh perubahan setpoint terhadap tegangan keluaran untuk mencapai waktu steady state sebesar 10 detik dan pengaruh perubahan beban terhadap tegangan dan arus akan mempengaruhi tegangan keluaran pada catu daya.

B. Saran

Rancang bangun catu daya digital menggunakan *buck converter* ini, dalam proses menghasilkan tegangan keluaran hingga mencapai *setpoint* menggunakan pengendalian PI. Pada aktualnya banyak memerlukan waktu coba-coba. Dikarnakan untuk mendapatkan kombinasi nilai yang sesuai dari nilai kp dan ki (metode *trial error)*. Diperlukan kontrol yang lebih baik dan efisien waktu.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Istataqomawan, Zuli, Darjat, Agung Warsito. 2002.*Catu Daya Tegangan DC Variabel dengan Dua TAHAP Regulasi (Switching dan Linier)*. Jurnal. Teknik Elektro Universitas Diponegoro.

[2] Hendrickson. 2010. *Catu Daya Menggunakan Seven Segment*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri. Universitas Gunadarma.

[3] Yanis, Rifaldi, Dringhuzen J. Mamahit, S.T. M.Eng, dkk. 2013. *Perancangan Catu Daya Berbasis Up-Down Binary Counter dengan 32 Keluaran*. E-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik. UNSRAT. Manado.

[4] Andrianto.D. 2008. *Analisa Kestabilan DC-DC Konverter Dengan Metode Penambahan LC Disisi kontrol*. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknis. Universitas Katolik Soegipranata. Semarang.

[5] Purnomo.R.S.2007. *Multilevel Dc-Dc Converter Dengan Kendali Pwm Phase Shifted Carrier*. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknis. Universitas Katolik Soegipranata. Semarang.

[6] Pujiyatmoko, Heru. Mochammad Facta. Agung Warsito. 2014. *Perancangan Catu Daya Dc Terkontrol Untuk Rangkaian Resonansi Berbasis Kumparan Tesla.* Jurnal. Teknik Elektro. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Diponegoro. Semarang.

[7] Ilmanda, Hermawan. Mochammad Facta. Karnoto. 2014. *Pembuatan Catu Daya Arus Dc Menggunakan Topologi Inverter Jembatan Penuh Dan Penyearah* Jurnal. Teknik Elektro. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Diponegoro. Semarang.