



**IMPLEMENTASI SEPIC CONVERTER PADA TEGANGAN
KELUARAN MENGGUNAKAN METODE KONTROL PID**

SKRIPSI

Oleh
Muhammad Imam Hanafi
NIM 131910201017

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



**IMPLEMENTASI SEPIC CONVERTER PADA TEGANGAN
KELUARAN MENGGUNAKAN METODE KONTROL PID**

SKRIPSI

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

Oleh
Muhammad Imam Hanafi
NIM 131910201017

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

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah akhirnya penelitian ini dapat terselesaikan. Karya ini merupakan sebuah langkah kecil sebagai awal menuju lompatan besar guna mencapai kesuksesan yang lebih baik lagi. Penulis mempersembahkan karya ini kepada:

1. Allah SWT yang maha atas segalanya;
2. Orangtuaku Ibu Selamah dan Bapak Hasan Basri, yang selalu mendoakan, memberi dukungan moril ataupun materiil, serta motivasi dan kasih sayang yang selalu diberikan kepada saya;
3. Kakak Hadi Susanto dan Mbak Titik yang selalu memberi dukungan dan motivasi;
4. Dosen Pembimbing skripsi Bapak RB. Moch. Gozali, S.T., M.T. dan Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.;
5. Keluarga Besar Teknik Elektro Angkatan 2013 (INTEL UJ);
6. Asisten Laboratorium Konversi Energi dan Sistem Tenaga;
7. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

رِضَا اللَّهِ فِي : اِ اللّٰه عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ عَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ عَمْرٍو وَبْنِ الْعَاصِ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا: عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى
رِضًا وَالْوَالِدَيْنِ

Ridho Allah berada pada ridho kedua orang tuanya, dan murka Allah (akibat) murka kedua orang tuanya.

(HR. At-Tarmizi)

Berangkat dengan penuh keyakinan

Berjalan dengan penuh keikhlasan

Istiqomah dalam menghadapi cobaan

“ YAKIN, IKHLAS, ISTIQOMAH “

(TGKH. Muhammad Zainuddin Abdul Madjid)

*“Pemandangan paling indah di bawah bentangan langit berbintang adalah melihat
kedua orangtua yang bahagia “*

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Imam Hanafi

NIM : 1319102017

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Implementasi *SEPIC Converter* Pada Tegangan Keluaran Menggunakan Metode Kontrol PID ” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 18 Oktober 2017

Yang menyatakan,

Muhammad Imam Hanafi
NIM 131910201017

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI *SEPIC CONVERTER* PADA TEGANGAN
KELUARAN MENGGUNAKAN METODE KONTROL PID**

Oleh:

Muhammad Imam Hanafi

NIM 131910201017

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : RB. Moch. Ghozali S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Suprihadi Prasetyono, S.T. M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Implementasi *Sepic Converter* Pada Tegangan Keluaran Menggunakan Metode Kontrol PID” karya Muhammad Imam Hanafi NIM: 131910201017 telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Elektro Universitas Jember pada:

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

R.B. Moch. Ghozali, S.T., M.T
NIP 196906081999031002

Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T
NIP 197004041996011001

Penguji Utama

Penguji Anggota

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

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 196104141989021001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Implementasi Sepic Converter Pada Tegangan Keluaran Menggunakan Metode Kontrol PID; Muhammad Imam Hanafi, 131910201017; 2017; 78 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pada era perkembangan global saat ini kebutuhan energi di dunia ini sangatlah meningkat bahkan sudah tidak asing lagi masalah energi di dunia perindustrian terutama pada tegangan dc. Penggunaan tegangan dc sangatlah penting untuk dunia perindustrian, biasanya dipergunakan sumber daya listrik motor listrik dc dan peralatan lainnya yang menggunakan tegangan dc, sedangkan segi penggunaan tegangan dc relatif bervariasi terhadap sumber tegangannya sesuai dengan sumber tenaga yang akan digunakan pada peralatan tersebut maka dibutuhkan sebuah rangkaian elektronika yang mampu mengkonversi tegangan sesuai yang dibutuhkan, yang hasilnya melalui konversi tegangan dc masukan menjadi bentuk tegangan dc keluaran yang lebih tinggi dan lebih rendah dimana konversi tegangan dc ini biasa disebut dengan dc-dc konverter.

Dari berbagai jenis konverter dc-dc memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing berdasarkan kebutuhan yang diinginkan dari penggunaan tegangan DC sehingga menghasilkan tegangan keluaran lebih kecil dan lebih besar dari tegangan sumber untuk mencapai hal tersebut maka digunakan konverter dc-dc jenis SEPIC. SEPIC konverter merupakan pengembangan dari buck-boost konverter. Konverter SEPIC sangat efektif untuk mengisi baterai dari tegangan sumber. SEPIC merupakan jenis dc-dc konverter yang menghasilkan nilai tegangan output yang lebih besar dan lebih kecil dari tegangan input dengan cara dikendalikan oleh duty cycle dari kontrol MOSFET.

Berdasarkan permasalahan diatas Maka dari itu dilakukan penelitian. Pada alat ini digunakan juga untuk monitoring arus dan tegangan yang dihasilkan dengan

sensor arus dan sensor tegangan. Untuk mendapatkan nilai tegangan yang konstan maka diperlukan sebuah kontrol yang bisa menjaga nilai tegangan keluaran yang diinginkan maka dari itu menggunakan sebuah metode kontrol PID. Pada kontrol PID untuk mengatasi apabila terjadi drop tegangan supaya dapat mempertahankan *output* tegangan berada pada *set poin*.

Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan resistor kapur. Penggunaan kontrol *PID* pada *plan* ini bertujuan menstabilkan *output* tegangan supaya tetap pada *set point* yang diinginkan dengan nilai setpoint yaitu 14 Volt. Pada pengujian *sepic converter* dapat diketahui Apabila nilai *duty cycle* semakin besar maka nilai tegangan output yang dihasilkan semakin besar yang diberikan. Untuk besarnya tegangan output pada nilai *duty cycle* 20%, *output* tegangan yang dihasilkan yaitu 3,33 Volt sedangkan pada *duty cycle* maksimal Sepic Converter sebesar 65%, maka *output* tegangan yang dihasilkan oleh *sepic converter* yaitu sebesar 27,15 Volt. Komponen terpenting dari kontrol *PID* adalah menentukan nilai parameter kontrol PID yang sesuai dengan sistem ini adalah $K_p = 8$, $K_i = 0.002$ dan $K_d = 0.000001$ dengan nilai rise time 3 s, settling time 13 s, error steady-state 0.13 %. Pada saat pengujian *sepic converter* menggunakan tegangan input yang berbeda yaitu dibawah nilai *setpoint* dan diatas nilai *setpoint*. Pada percobaan pertama menggunakan tegangan input sebesar 17 Volt menghasilkan nilai tegangan keluaran mendekati nilai atau sama dengan setpoint. Pada percobaan kedua menggunakan tegangan input sebesar 14 Volt menghasilkan nilai tegangan keluaran mendekati atau sama dengan setpoint.

SUMMARY

Implementation of Sepic Converter In Output Voltage Using PID Control

Method; Muhammad Imam Hanafi, 131910201017; 2017; 78 pages; Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember..

In the current era of global development of energy needs in the world is very increasing even familiar to the energy problem in the industrial world, especially in the dc voltage. The use of dc voltage is very important for the industrial world, usually used dc electric motor power source and other equipment using dc voltage, whereas the aspect of dc voltage usage is relatively varied to the voltage source according to the source of tengan that will be used in the equipment then it takes a series of electronics which is capable of converting the voltage as required, which results through the conversion of input dc voltage to the higher and lower output dc voltage form where the dc voltage conversion is commonly called the dc-dc converter.

Of the various types of dc-dc converters have their respective weaknesses and advantages based on the desired requirements of DC voltage usage so as to produce smaller and larger output voltages from the source voltage to achieve this, the dc-dc convent of the SEPIC type is used. SEPIC converter is a development of buck-bost conveter. SEPIC converters are very effective to charge batteries from source voltage. SEPIC is a type of dc-dc converter that produces an output voltage value greater than and smaller than the input voltage in a way controlled by the duty cycle of the MOSFET control.

Based on the above problems So from that conducted research. In this tool is also used for monitoring the current and voltage generated with the current sensor and voltage sensor. To obtain a constant voltage value, a control is required that can keep the desired output voltage value then using a PID control method. In the PID control

to overcome in the event of a voltage drop in order to maintain the output voltage is on the setpoint.

Testing in this study was done by lime resistor. The use of PID control on this plan aims to stabilize the output voltage to remain at the desired set point with a setpoint value of 14 Volts. In sepic converter testing can be known If the duty cycle value is greater then the value of the resulting greater output voltage. For the output voltage at 20% duty cycle, the resulting output voltage is 3.33 Volt while the maximum duty cycle of Sepic Converter is 65%, the output voltage generated by the buck converter is 27.15 Volt. The most important component of the PID control is to determine the value of the PID control parameters corresponding to this system is $K_p = 8$, $K_i = 0.002$ and $K_d = 0.000001$ with 3s rise time value, 13 ss settling time, 0.13% steady-state error. At the time of testing sepic converter use different input voltage that is under setpoint value and above setpoint value. In the first experiment using the input voltage of 17 Volt produces the output voltage value close to the value or equal to the setpoint. In the second experiment using an input voltage of 14 Volt produces an output voltage value close to or equal to the setpoint.

PRAKATA

Bismillahirrohmanirrohim

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Implementasi *Sepic Converter* Pada Tegangan Keluaran Menggunakan Metode Kontrol PID”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata 1 pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki, rahmat, hidayah dan karunia serta kasih sayang-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
4. Bapak RB. Moch. Ghozali, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu membimbing untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
5. Bapak Dr. Tri Wahyu Hardianto, S.T., M.,T. dan Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku dosen penguji yang sudah memberikan saran untuk memperbaiki tugas akhir ini;
6. Bapak Catur Sukosarwono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
7. Orangtuaku Ibu Salamah dan Bapak Hasan Basri, yang selalu mendoakan, memberi dukungan moril ataupun materiil, serta motivasi dan kasih sayang yang selalu diberikan kepada saya;
8. Kakak Hadi Susanto dan Mbak Titik yang selalu memberi dukungan dan motivasi;

9. Asisten laboratorium konversi energi dan sistem tenaga yang selalu membantu dan memberi motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
10. Rekan – rekan seperjuangan INTEL'UJ 2013 yang telah memberikan motivasi, semangat dan senantiasa membantu untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
11. Orang-orang tersayang, teman-teman sekontraan, sahabat, yang selalu memberi semangat dan membantu menyelesaikan tugas akhir ini;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menerima masukan dan saran dari semua pihak yang sifatnya membangun demi kesempurnaan tugas akhir. Akhir kata penulis berharap, tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jember, 18 Oktober 2017

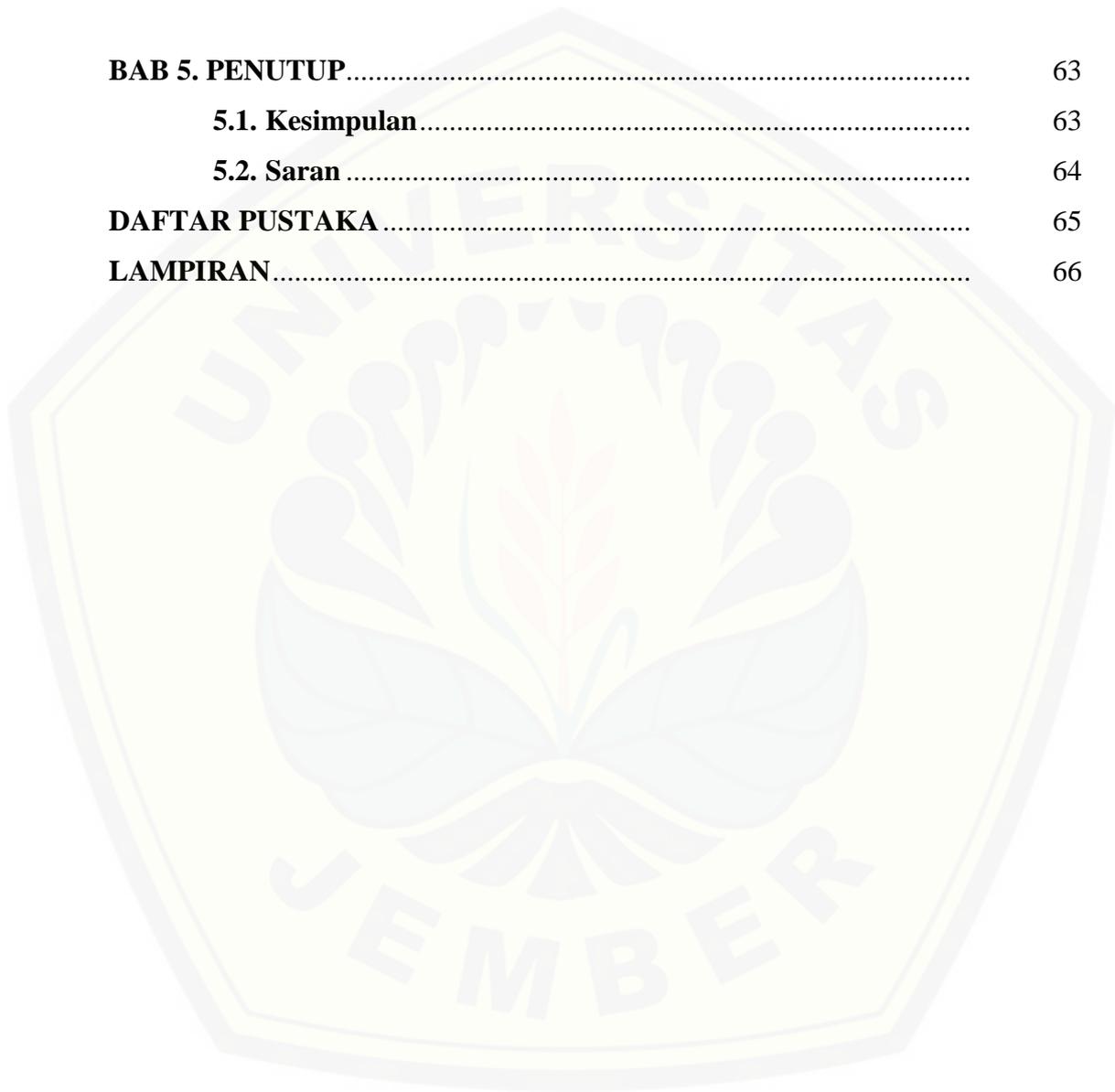
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING SKRIPSI	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 DC – DC Converter	5
2.1.1 DC Chopper	5
2.1.2 Topologi Penurun Tegangan (Buck Converter)	7
2.1.3 Topologi Penaik Tegangan (Boost Converter)	8
2.1.4 Topologi Penurun dan Penaik Tegangan (Buck-Boost Converter)	9
2.1.5 Topologi CUK.....	11
2.1.6 Topologi SEPIC	12

2.2 SEPIC Konverter	14
2.2.1 Cara Kerja DC/DC SEPIC	14
2.2.2 Desain Konverter.....	16
2.3 Sensor Tegangan	19
2.4 Sensor Sensor Arus INA219	19
2.5 Arduino Mega 2560	20
2.6 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	22
2.7 Real Time Clock (RTC)	23
2.8 Relay	23
2.9 Kontrol PID	24
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.1.1 Tempat Penelitian.....	27
3.1.2 Waktu Penelitian	27
3.2 Alat dan Bahan	28
3.3 Tahapan Penelitian	29
3.4 Pemodelan Sistem	31
3.5 Perancangan <i>Hardware</i>	32
3.5.1 Perancangan Konverter SEPIC	32
3.5.2 Arduino MEGA 2560.....	35
3.6 Perancangan Kontrol <i>PID</i>	36
3.6.1 Metode <i>Manual Tunning</i>	37
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Pengujian Sensor Tegangan	39
4.2 Pengujian <i>Sepic Converter</i>	41
4.3 Pengujian Pemberian Beban <i>Sepic Converter</i> Tanpa Kontrol	44
4.4 Pengujian <i>Sepic Converter</i> Menggunakan Kontrol <i>PID</i>...	47
4.4.1 Penentuan Nilai Parameter <i>PID</i> dengan Metode <i>Tunning Manual</i>	47

4.4.2 Pengujian Pemberian Beban Menggunakan Kontrol <i>PID</i>	48
4.5 Perbandingan <i>Sepic Converter</i> Menggunakan Kontrol <i>PID</i> dan Tanpa Kontrol	60
BAB 5. PENUTUP	63
5.1. Kesimpulan	63
5.2. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	66



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Spesifikasi Arduino MEGA 2560	22
2.2 Karakteristik Masing – Masing Kontrol <i>P-I-D</i>	25
3.1 Perencanaan Jadwal Penelitian	27
3.2 Spesifikasi DC/DC <i>SEPIC Converter</i>	32
4.1 Pengujian Sensor Tegangan	40
4.2 Pengujian <i>Sepic Converter</i>	42
4.3 Daya <i>Input</i> , Daya <i>Output</i> dan Efisiensi	43
4.4 Pengujian Pemberian Beban Pada <i>Sepic Converter</i> Tanpa Kontrol	44
4.5 Pengujian Tanpa Kontrol Pada Saat Diberi Beban	45
4.6 <i>Tunning Manual</i> Parameter <i>PID</i>	48
4.7 Pengujian Pemberian Beban 33 Ohm Saat Menurunkan Tegangan	50
4.8 Pengujian Pemberian Beban 47 Ohm Saat Menurunkan Tegangan	52
4.9 Pengujian Pemberian Beban 66 Ohm Saat Menurunkan Tegangan	53
4.10 Pengujian Pemberian Beban 33 Ohm Saat Menaiikkan Tegangan	55
4.11 Pengujian Pemberian Beban 47 Ohm Saat Menaiikkan Tegangan	57
4.12 Pengujian Pemberian Beban 66 Ohm Saat Menaiikkan Tegangan	58

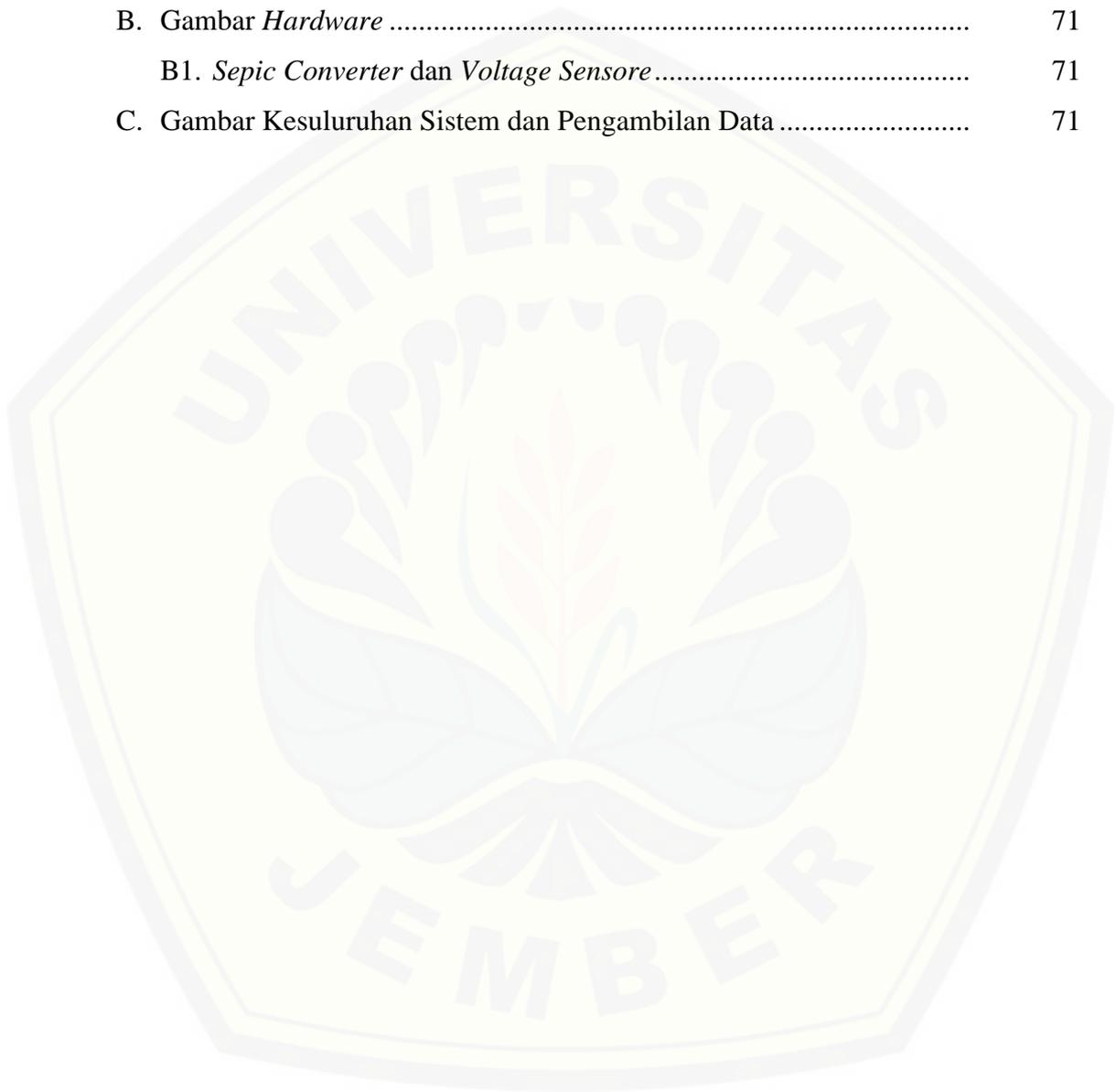
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 DC Chopper dengan beban resistif: (a) diagram circuit; (b) bentuk gelombang keluaran.....	6
2.2 Step Up DC Chopper.....	7
2.3 Rangkaian Konverter DC-DC Tipe <i>Buck</i>	7
2.4 Bentuk Gelombang Kerja Dari <i>Buck Converter</i>	8
2.5 Rangkaian Konverter DC-DC Tipe <i>boost</i>	9
2.6 Bentuk Gelombang <i>Boost Converter</i>	9
2.7 Rangkaian Konverter DC-DC Tipe <i>Buck-Boost</i>	10
2.8 Gelombang DC-DC Tipe <i>Buck-Boost</i>	11
2.9 Konverter DC-DC Tipe <i>Cuk</i>	12
2.10 Gelombang DC-DC Tipe <i>Cuk</i>	12
2.11 Konverter DC-DC tipe <i>SEPIC</i>	14
2.12 Cara kerja DC/DC tipe <i>SEPIC</i>	15
2.13 Gelombang Duty Cycle.....	15
2.14 Sensor Tegangan DCT-Elektronik.....	19
2.15 Sensor Arus INA219.....	20
2.16 Modul Kontroler Arduino MEGA 2560.....	21
2.17 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	23
2.18 Modul <i>Real Time Clock</i> (RTC) DS1307.....	23
2.19 Modul <i>Relay</i>	24
2.20 Skema Pengendali <i>PID</i>	25
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	29
3.2 Blok Diagram Sistem.....	31
3.3 Rangkaian Dasar <i>SEPIC Converter</i>	32
3.4 <i>Flowchart</i> Program Kontrol <i>PID</i>	36
4.1 Pengujian Sensor Tegangan dengan Multimeter.....	40
4.2 Karakteristik <i>Duty Cycle</i> terhadap <i>Output</i> Tegangan.....	43
4.3 Grafik Perbandingan Pemberian Beban.....	46

4.4	Parameter PID.....	48
4.5	Grafik Perbandingan Respon Kontrol Tiap Pengujian Saat Menurunkan Tegangan.....	50
4.6	Pengujian Pemberian Beban 33 Ohm Saat Menurunkan Tegangan..	51
4.7	Pengujian Pemberian Beban 47 Ohm Saat Menurunkan Tegangan..	53
4.8	Pengujian Pemberian Beban 66 Ohm Saat Menurunkan Tegangan..	54
4.9	Grafik Perbandingan Respon Kontrol Tiap Pengujian Saat MenaikkanTegangan.....	55
4.10	Pengujian Pemberian Beban 33 Ohm Saat Menaiikkan Tegangan ...	56
4.11	Pengujian Pemberian Beban 47 Ohm Saat Menaiikkan Tegangan ...	58
4.12	Pengujian Pemberian Beban 66 Ohm Saat Menaiikkan Tegangan ...	59
4.13	Pengujian Perbandingan Beban 33 Ohm	60
4.14	Pengujian Perbandingan Beban 47 Ohm	61
4.15	Pengujian Perbandingan Beban 66 Ohm	62

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Listing Program Arduino Uno R3.....	66
B. Gambar <i>Hardware</i>	71
B1. <i>Sepic Converter</i> dan <i>Voltage Sensore</i>	71
C. Gambar Kesuluruhan Sistem dan Pengambilan Data	71



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era perkembangan global saat ini kebutuhan energi di dunia ini sangatlah meningkat bahkan sudah tidak asing lagi masalah energi di dunia perindustrian terutama pada tegangan dc. Tegangan dc biasanya didapatkan dengan menyearahkan tegangan ac dengan menggunakan komponen semikonduktor seperti dioda, thyristor, mosfet dll. Penggunaan tegangan dc sangatlah penting untuk dunia perindustrian, biasanya dipergunakan sumber daya listrik motor listrik dc dan peralatan lainnya yang menggunakan tegangan dc, sedangkan segi penggunaan tegangan dc relatif bervariasi terhadap sumber tegangannya sesuai dengan sumber tenaga yang akan digunakan pada peralatan tersebut maka dibutuhkan sebuah rangkaian elektronika yang mampu mengkonversi tegangan sesuai yang dibutuhkan, yang hasilnya melalui konversi tegangan dc masukan menjadi bentuk tegangan dc keluaran yang lebih tinggi dan lebih rendah dimana konversi tegangan dc ini biasa disebut dengan dc-dc konverter.

Pada perubahan tegangan ini juga disebabkan oleh perubahan tegangan sumber yang diberikan. Perubahan tersebut tentunya yang kita gunakan. Maka diperlukannya suatu kontrol tegangan dc, sehingga peralatan yang kita gunakan sesuai dengan kemampuan yang diinginkan. Berdasarkan ide yang membutuhkan tegangan konstan maka dibuatlah suatu alat yang bisa mempertahankan tegangan keluaran konverter. Pada dc-dc konverter telah banyak dikembangkan, diantaranya adalah jenis dc-dc konverter yang tidak memiliki isolasi dielektrik antara tegangan masukan dan tegangan keluaran biasanya disebut *non-isolated* konverter. Pada jenis PWM terdapat 5 rangkaian dasar konverter dc-dc non-isolasi yaitu dc choppers, buck, boost, buck-boost, cuk, dan sepic. Keempat tipe dari jenis PWM tersebut memiliki permasalahan utama yaitu pada proses *switching* dari komponen elektronika daya (Rashid, 2001).

Dari berbagai jenis konverter dc-dc memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing berdasarkan kebutuhan yang diinginkan dari penggunaan tegangan DC sehingga menghasilkan tegangan keluaran lebih kecil dan lebih besar dari tegangan sumber untuk mencapai hal tersebut maka digunakan konverter dc-dc jenis SEPIC. SEPIC konverter merupakan pengembangan dari buck-bost konverter. Konverter SEPIC sangat efektif untuk mengisi baterai dari tegangan sumber. SEPIC merupakan jenis dc-dc konverter yang menghasilkan nilai tegangan output yang lebih besar dan lebih kecil dari tegangan input dengan cara dikendalikan oleh duty cycle dari kontrol MOSFET.

Pada penelitian 2010 sebelumnya menggunakan buck-bost konverter, untuk penelitian ini memiliki kekurangan polaritas tegangan keluaran buck-bost berbanding terbalik dengan tegangan masukan (*voltage inverting*) dan nilai efisiensi yang rendah terutama pada beban yang besar. Hal ini dikarenakan banyaknya daya yang hilang pada komponen switching (Suryo, 2010).

Berdasarkan permasalahan diatas Maka dari itu dilakukan penelitian “Implementasi *SEPIC Converter* Pada Tegangan Keluaran Menggunakan Metode Kontrol *PID*” Pada penelitian ini merupakan inovasi dan terobosan untuk mengatasi masalah dan hasil yang sesuai keinginan. Pada alat ini digunakan juga untuk monitoring arus dan tegangan yang dihasilkan dengan sensor arus dan sensor tegangan. Untuk mendapatkan nilai tegangan yang konstan maka diperlukan sebuah kontrol yang bisa menjaga nilai tegangan keluaran yang diinginkan maka dari itu menggunakan sebuah metode kontrol PID. Pada kontrol PID untuk mengatasi apabila terjadi drop tegangan supaya dapat mempertahankan *output* tegangan berada pada *set poin*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari permasalahan diatas, maka dapat disusun beberapa rumusan masalah yang menjadi fokus penelitian ini, yang meliputi :

1. Bagaimana perancangan *SEPIC Converter* menggunakan Metode Kontrol PID ?
2. Bagaimana respon tegangan keluaran dari *SEPIC Converter* menggunakan metode kontrol PID dan tanpa menggunakan kontrol PID ?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian masalah tersebut, maka pembahasan pada skripsi dibatasi pada hal – hal sebagai berikut :

- 1 Analisa hanya dititik beratkan pada tegangan keluaran dari power supply, tegangan keluaran pada *sepic dc-dc converter*.
- 2 Pengujian *sepic converter* dari power Supply untuk mengisi baterai atau accu
- 3 Pengujian dari *sepic converter* mulai 9 Volt sampai 21 Volt.
- 4 Setpoint pada penelitian ini sebesar 14 Volt.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun *SEPIC Converter* pada tegangan keluaran menggunakan Metode Kontrol PID.
2. Menerapkan kontrol PID sehingga diperoleh kestabilan tegangan keluaran *SEPIC converter*.
3. Mengetahui tegangan dan arus pada *SEPIC Converter*.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan solusi dalam kestabilan tegangan keluaran yang dihasilkan power supply. Solusi yang diterapkan untuk mendapatkan kestabilan tegangan keluaran pada power supply yaitu dengan perancangan Sebuah *SEPIC Converter* tegangan keluaran menggunakan Metode Kontrol PID.

1.6 Sistematika Pembahasan

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan pembahasan, rumusan masalah, batasan masalah dan sistematika pembahasan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang *dc-dc converter*, *sepic converter*, dan sistem kontrol *PID* untuk kontrol tegangan keluaran pada power supply.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang gambaran umum perancangan *SEPIC Converter* menggunakan Metode Kontrol *PID*.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas mengenai analisis hasil *SEPIC Converter* Pada Tegangan Keluaran Menggunakan Metode Kontrol *PID*.

BAB 5. PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

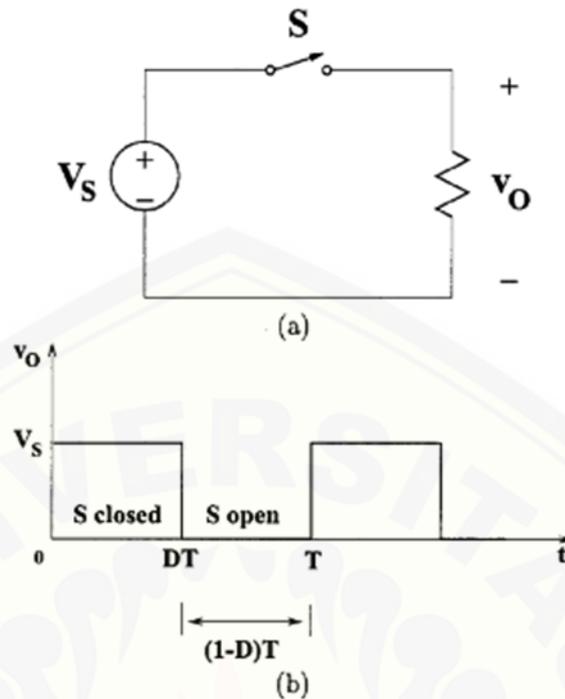
2.1 DC – DC Converter

Secara umum, konverter DC-DC berfungsi untuk mengkonversikan daya listrik searah (DC) ke bentuk daya listrik DC lainnya yang terkontrol arus, atau tegangan, atau dua-duanya. Tujuan yang lain menyebutkan bahwa sebuah DC/DC konverter adalah penyuplai tegangan DC teregulasi untuk beban resistan dari sebuah sumber yang berubah-ubah yang mana tegangan DC didapat dari penyearahan tegangan pada sebuah line tegangan yang dirubah magnitudnya sehingga teganan menjadi dc (Irwin, 2002). tegangan keluaran dari DC/DC dapat diatur sesuai dengan keinginan kita dengan menggunakan konsep switching. Dimana dc-dc konverter dibagi menjadi dua tipe utama yaitu hard-switching pulse width modulation (PWM) converter dan resonant and soft-switching converters (Rashid, 2001). Pada jenis PWM terdapat 5 rangkaian dasar konverter DC-DC non-isolasi yaitu DC choppers, buck, boost, buck-boost, cuk, dan sepic. Keempat tipe dari jenis PWM tersebut memiliki permasalahan utama yaitu pada proses switching dari komponen elektronika daya. Hal ini menimbulkan losses.

2.1.1 DC Chopper

Pada konverter jenis DC Chopper merupakan konverter yang dapat menurunkan tegangan atau step down. Betuk rangkaian terlihat pada gambar 2.1. dimana sumber dc terhubung secara langsung dengan saklar terkontrol, kemudian dihubungkan langsung pada beban resistif. Saklar terkontrol dapat berupa MOSFETs, IGBTs, MCTs, BJTs, atau juga GTOs. Saklar terkontrol tersebut dikontrol atau dikendalikan oleh Duty Ratio D yang diartikan sebagai rasio saat saklar dalam keadaan off dan saklar dalam keadaan on. Terlihat pada gambar 2.1 b dimana perbandingan antara saklar saat on dan off pada frekuensi konstan dengan persamaan (4) berikut :

$$D \equiv \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = \frac{t_{on}}{T} \dots\dots\dots(2.1)$$

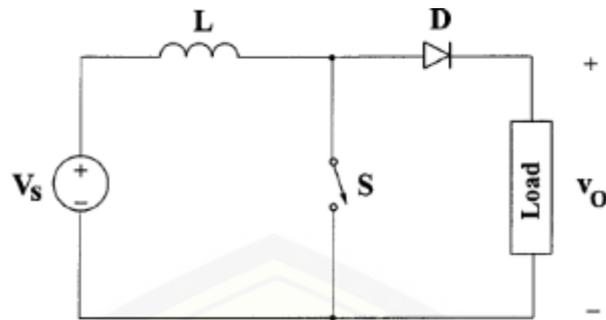


Gambar 2.1 DC Chopper dengan beban resistif: (a) diagram circuit; (b) bentuk gelombang keluaran (Rashid, 2001)

Dimana $T = 1/f$ merupakan periode dari frekuensi f . dan didapat rata rata nilai tegangan keluaran yaitu pada persamaan berikut ini :

$$V_O = DV_S \dots\dots\dots(2.2)$$

Berdasarkan persamaan tersebut dapat diketahui bahwa kita dapat mengatur besar tegangan keluaran dengan mengatur besar duty cycle pada komponen elektronika daya. Dc chopper dapat menghasilkan tegangan output puncak yang memiliki nilai yang lebih besar dari tegangan masukan. Namun harus menyertai komponen tambahan layaknya step up converter. Seperti penggunaan induktor dan kapasitor.

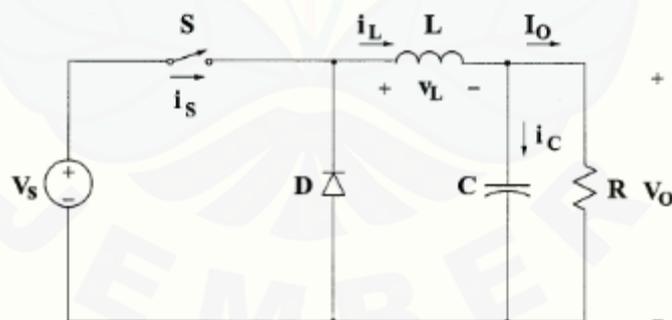


Gambar 2.2 Step Up DC Chopper (Rashid, 2001)

2.1.2 Topologi Penurun Tegangan (Buck Converter)

Dc-dc konverter dengan topologi dasar dari keseluruhan jenis konverter yang ada. Pada konverter ini tegangan keluaran akan diatur sedemikian rupa sehingga memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai tegangan masukan. Besar tegangan keluaran juga dikontrol melalui duty cycle yang dikirim menuju komponen elektronika daya.

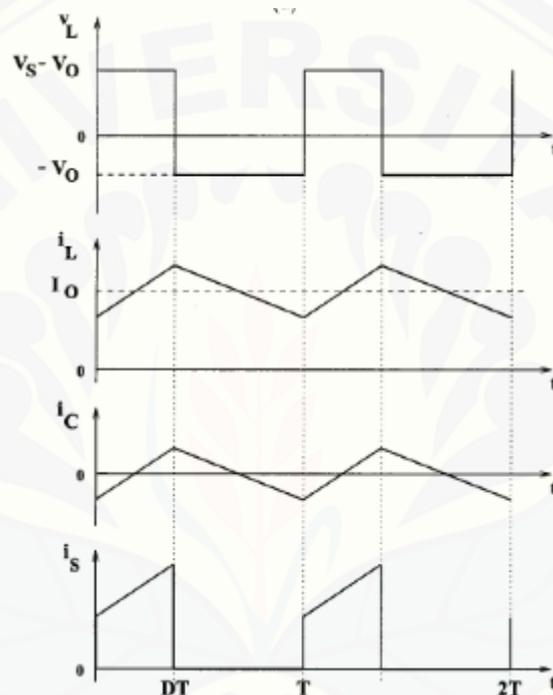
Rangkaian buck konverter pada gambar 2.3 terdiri atas sebuah filter induktor L, filter kapasitor C, beban resistif R serta koomponen elektronika daya yang berlaku sebagai saklar terkontrol (Rashid, 2001).

Gambar 2.3 Rangkaian Konverter DC-DC Tipe *buck*

Pada konverter ini berlaku dua kondisi yaitu continuous-conduction mode (CCM) dan discontinuous-conduction mode (DCM). Pada mode CCM arus yang melalui induktor selalui diatas nilai nol atau tidak pernah bernilai nol. Namun ketika nilai rata-rata bernilai rendah, dan frekuensi f juga rendah maka buck konverter berlaku DCM. Pada mmode CCM lebih diutamakan untuk efisien tinggi

sedangkan DCM diutamakan untuk aplikasi kontrol karena akan ada kemungkinan nilai nol.

CCM merupakan operasi yang terjadi ketika arus yang melewati induktor pada sirkuit atau rangkaian konverter memiliki nilai yang kontinyu. Yang man aberarti arus pada induktor selalu lebih besar dari nol. DCM merupakan operasi yang terjadi ketika nilai dari arus beban lebih rendah dari pada nol pada periode yang telah diberikan pada saklar.



Gambar 2.4 Bentuk Gelombang Kerja Dari *Buck Converter*

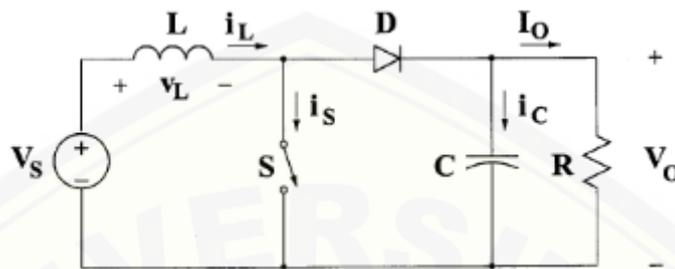
Terlihat pada gambar 2.4 bentuk gelombang pada buck converter yang selalu lebih renda nilai tegangan keluaran dibanding besar tegangan masukan.

2.1.3 Topologi Penaik Tegangan (*Boost Converter*)

Boost Converter berfungsi untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dibanding tegangan masukannya, atau biasa disebut dengan konverter penaik tegangan. Konverter ini banyak dimanfaatkan untuk aplikasi pembangkit listrik tenaga surya dan turbin angin.

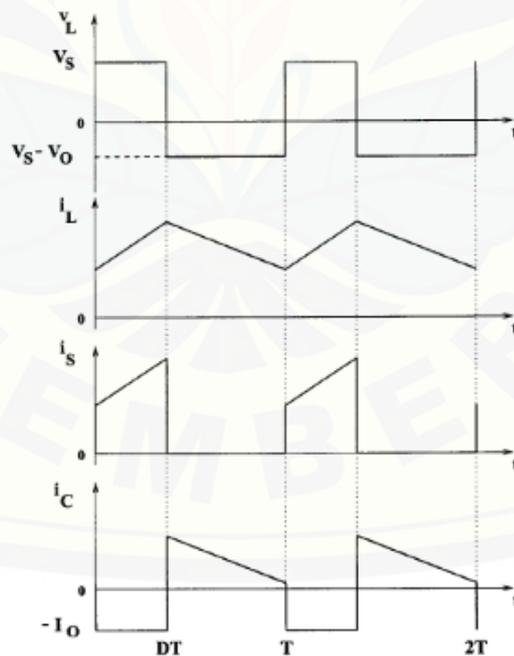
Rangkaian boost converter terlihat pada gambar 2.5 dimana memiliki komponen utama yaitu saklar kontrol (MOSFETs), dioda D, filter kapasitor C, boost inductor L, dan beban resistif R. konverter ini juga berlaku CCM dimana

terlihat pada gambar 2.6. ketika saklar terkontrol S pada posisi on, maka arus pada induktor akan meningkat, namun dioda pada saat itu pada posisi off. Sedangkan ketika switch pada posisi off maka energi dalam bentuk medan listrik pada induktor akan dilepaskan melalui dioda dan kemudian masuk ke beban RC.



Gambar 2.5 Rangkaian Konverter DC-DC Tipe *Boost*

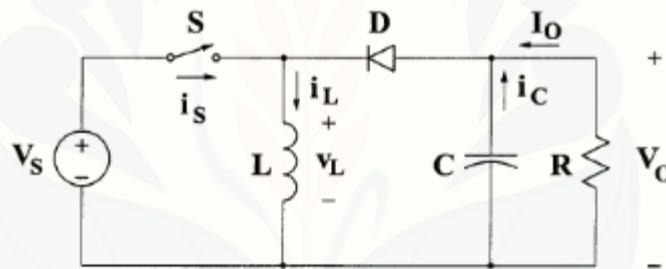
Sama dengan konverter daya yang lainnya besar peningkatan tegangan oleh rangkaian boost converter tergantung berapa besar *duty cycle* yang bekerja pada saklar terkontrol. Besar gelombang PWM berpengaruh terhadap kenaikan tegangan masukan. Sehingga besar tegangan keluaran dipengaruhi oleh besar *duty cycle* yang diterima oleh saklar terkontrol.



Gambar 2.6 Bentuk Gelombang *Boost Converter* (Rashid, 2001)

2.1.4 Topologi Penurun dan Penaik Tegangan (*Buck-Boost Converter*)

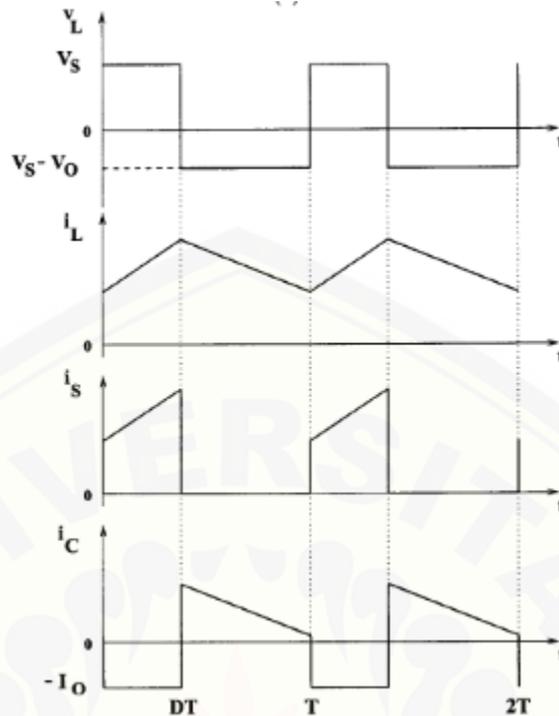
Konverter *buck-boost* dapat menghasilkan tegangan keluaran yang lebih rendah atau lebih tinggi daripada sumbernya. Rangkaian konverter ini dapat dilihat pada gambar 2.7. komponen utama pada rangkain *Buck-Boost Converter* yaitu saklar terkontrol S, induktor L, dioda D, filter kapasitor C, dan beban R. *Buck-Boost Converter* bekerja ketika saklar posisi on maka arus akan mengisi induktor sehingga arus yang tersimpan pada indukor akan meningkat sementara dioda terjaga pada kondisi off. Ketika saklar pada posisi off maka energi berupa medan listrik pada induktor akan dilepaskan melalui dioda menuju beban CR. Namun rangkaian ini menyebabkan tegangan keluaran bersifat invertng, atau berkebalikan dengan tegangan masukan walaupun tegangan keluaran akan bernilai diatas maupun dibawah tegangan masukan. Besar tegangan keluaran tergantung berapa rasio duty cycle yang dikirimkan menuju skaalr terkontrol.



Gambar 2.7 Rangkaian Konverter DC-DC Tipe *Buck-Boost* (Rashid, 2001)

Untuk mendesain induktor pada tipe ini atau batas antara DCM maupun CCM dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_b = \frac{(1-D)^2 R}{2f} \dots\dots\dots(2.3)$$



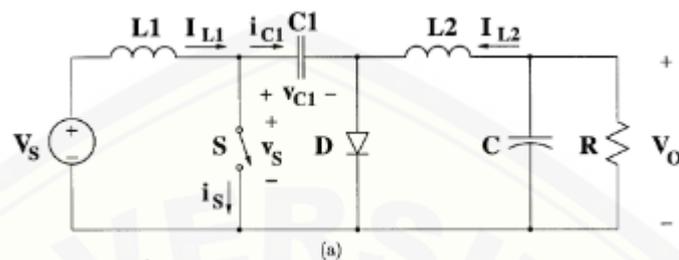
Gambar 2.8 Gelombang DC-DC Tipe *Buck-Boost* (Rashid, 2001)

Gambar 2.8 menunjukkan gelombang yang terjadi saat saklar on maupun off. Besar tegangan keluaran bisa lebih tinggi maupun lebih rendah dari tegangan masukan tergantung pada PWM yang diaplikasikan pada komponen. Nilai batas kenaikan maupun penurunan tegangan masukan yaitu ketika nilai duty cycle melebihi 0.5 maka back boost berlaku sebagai *boost*. Begitu juga sebaliknya. Ketika duty cycle berada dibawah 0.5 maka konverter berlaku buck yakni menurunkan tegangan masukan sehingga lebih rendah.

2.1.5 Topologi CUK

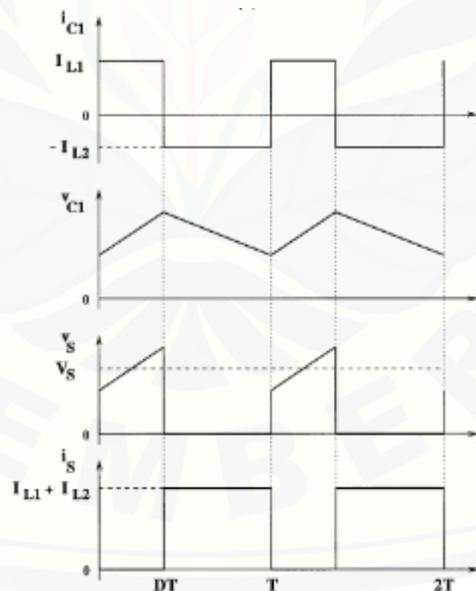
Seperti halnya tipe *buck-boost*, konverter DC-DC topologi ini juga dapat menghasilkan tegangan keluaran yang lebih kecil ataupun lebih besar daripada sumber tegangan. Rangkaian dari konverter dc-dc ini diperlihatkan pada gambar 2.9 dimana memiliki beberapa komponen tambahan yaitu input induktor L1, saklar terkontrol S, kapasitor transfer daya C₁, dioda D, induktor sebagai filter L2, filter kapasitor C dan beban resistor R. dari beberapa jenis komponen sebelumnya, pada komponen jenis CUK ini memiliki keuntungan yaitu memiliki arus yang

kontinyu pada kedua masukan dan keluaran dari konverter itu sendiri. Namun disamping memiliki kelebihan juga memiliki kekurangan yaitu memiliki nilai komponen reaktif yang cukup tinggi, dan arus yang tinggi membuat kerja saklar semakin berat, pada dioda, kapasitor C1.



Gambar 2.9 Konverter DC-DC Tipe *Cuk* (Rashid, 2001)

Terlihat gambar gelombang tertera pada gambar 2.10 menunjukkan bahwa ketika saklar pada posisi on dioda akan berlaku off dan kapasitor mengalami discharge oleh L2. Sedangkan ketika saklar pada posisi off maka dioda akan terhubung atau forward, kemudian menghubungkan dua lilitan, lalu pada kapasitor C1 akan diisi oleh arus dari L1.



Gambar 2.10 Gelombang DC-DC Tipe *Cuk* (Rashid, 2001)

2.1.6 Topologi SEPIC

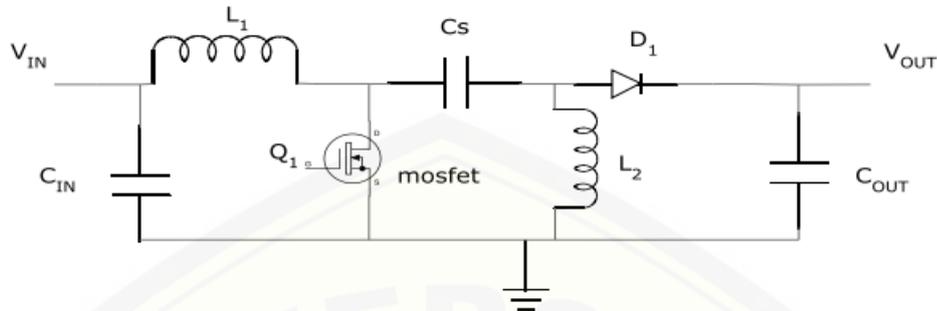
SEPIC (*Single Ended Primary Inductor Converter*) merupakan salah satu jenis konverter yang dapat menjadi step up maupun step down dengan cara

mengatur duty cycle pada kaki gate mosfet. Untuk duty cycle diatas 0.5 maka konverter bekerja sebagai step up sedangkan ketika duty cycle dibawah 0.5 maka konverter berlaku sebagai step down. Dari keseluruhan jenis konverter semua karakteristik dimiliki oleh SEPIC. Desain yang berbeda terdapat pada komponen aktif maupun pasif. Dengan keluaran non inverting, low equivalent series resistance (ESR) dari kapasitor yang di kopel sehingga meminimalkan ripple dan mencegah pemanasan berlebihan pada komponen karena bekerja terlalu keras. Sehingga memiliki jangkauan yang cukup luas dalam pengoperasiannya.

SEPIC dibuat atas dasar pengembangan konverter jenis sebelumnya, yakni buck, boost, buck-boost, dan CUK. Sejarah pembentukan SEPIC sendiri diawali dari konverter jenis buck. Buck merupakan dasar dari semua konverter. Yang mana memiliki fungsi yaitu menurunkan tegangan lebih rendah dari tegangan masukan. Kemudian dengan merubah masukan dan keluaran maka diperoleh konverter jenis boost yang memiliki fungsi yakni menaikkan tegangan lebih besar dari tegangan masukan. Kemudian dengan kombinasi keduanya maka diperoleh konverter kombinasi yang dapat menaikkan dan juga menurunkan tegangan yaitu buck-boost konverter. Namun beberapa komponen tambahan yang dikontrol memberikan efek tersendiri, sehingga masih kurang baik. Saat keluaran dari buck-boost sendiri bernilai inverting atau berkebalikan dari masukan yang diberikan. Buck-boost memang memberikan solusi ketika kebutuhan tegangan lebih tinggi dari masukan ataupun sebaliknya. Namun tegangan yang inverting, losses yang besar, komponen juga bekerja berat, serta komponen yang banyak, sehingga biaya juga besar. Sehingga untuk kerja yang lebih efisien, dibutuhkan komponen tambahan seperti energy storage, dan pengurangan ukuran induktor. Sehingga dibentuk konverter jenis baru untuk melengkapi kekurangan jenis sebelumnya yaitu SEPIC (Single Ended Primary Inductor Converter) yang memiliki kelebihan yaitu lebih efisien, keluaran non inverting, rendah noise,

Konverter topologi ini adalah perbaikan dari topologi konverter DC-DC tipe cuk. SEPIC converter merupakan non-inverting dc-dc converter dan dapat menghasilkan tegangan diatas maupun dibawah dari tegangan masukan. Masukan arus adalah non-pulsating, tetapi arus keluaran berupa pulsating. Nama SEPIC

merupakan singkatan dari *single-ended primary inductance converter* (Jensak Eakburanawat, 2010).



Gambar 2.11 Konverter DC-DC tipe *SEPIC* (Souma Ranjan Behera, 2013)

2.2 SEPIC Konverter

2.2.1 Cara Kerja DC/DC SEPIC

SEPIC konverter bekerja layaknya buck-boost konverter. Rangkaian pada gambar 2.12 terlihat bahwa terdapat 2 induktor dan 2 kapasitor yang dikopling. Sehingga keluaran dari konverter tidak inverting. Mode operasi yang dimanfaatkan pada konverter jenis SEPIC yaitu mode CCM (Continuous Conduction Mode). Yaitu kondisi yang terjadi ketika arus yang melalui induktor L1 tidak pernah bernilai nol. Pada saat kondisi steady state, rata-rata tegangan pada kapasitor adalah sama dengan tegangan masukan (V_{in}) sedangkan pada kapasitor cs arus diblok sehingga arus yang melewatinya sama dengan nol. Sedangkan L2 bertindak sebagai sumber arus beban. Sehingga tegangan total dapat dirumuskan dengan nilai :

$$V_{in} = V_{L1} + V_{cs} + V_{L2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Prinsip kerja dari SEPIC dibagi menjadi dua yaitu ketika mosfet on dan ketika mosfet off. Dimana terlihat pada gambar 2.12 saat Q1 swtich off, arus $I_{cs} =$ arus I_{L1} , seperti induktor tidak akan membolehkan arus spontan berubah. Arus I_2 akan kontinyu ke arah negatif. Faktanya tidak pernah bernilai reverse dapat terlihat dari diagram bahwa I_2 negatif akan menambah arus L1. Untuk ditingkatkan dan dikirimkan ke beban berdasar hukum kirchoff

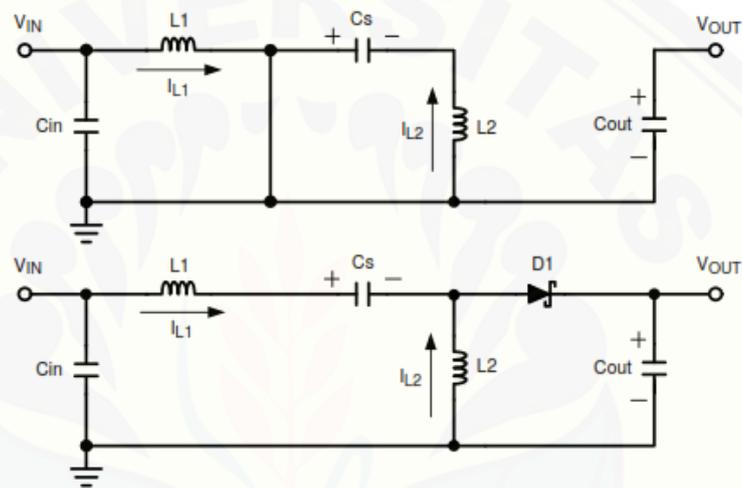
$$I_{D1} = I_{cs} - I_{L2} \dots\dots\dots(2.5)$$

Sehingga, sementara Q1 Off, maka daya dikirimkan ke beban dari kedua induktor L1 dan I_2 ., kapasitor kopling (cs) di charger L1. Selama cycle off dan

selanjutnya akan di charge lagi oleh I2 sselama on cycle. Induktor L1 dan sakral Q1 menyebabkan SEPIC menjadi boost konverter, yang dapat meningkatkan tegangan keluaran (VQ1) sehingga lebih besar dari tegangan masukan Vin. Karena tegangan cs = Vin maka Vout adalah

$$V_{out} = V_{Q1} - V_{in} \dots \dots \dots (2.6)$$

Jika VQ1 lebih rendah dari Vin dan Vout lebih rendah dari pada tegangan masukan. Jika VQ1 akan lebih tinggi dari Vin, tegangan keluaran akan lebih besar dari tegangan masukan.



Gambar 2.12 Cara kerja DC/DC tipe SEPIC (Zhang, 2013)

Saat mosfet conduct (turn on) maka mosfet tidak akan mengalirkan tegangan sumber atau sama dengan nol, begitu juga sebaliknya saat mosfet tidak terhubung maka yang terjadi adalah tegangan sumber melewati mosfet. Sehingga berdasarkan on-off mosfet gelombang kotak diperoleh dan dialirkan ke beban/sumber, dan di sebutkan dengan tegangan dari mosfet



Gambar 2.13 Gelombang Duty Cycle

Ketika mosfet turn on, L1 mulai mengisi seingga Arus induktor dan mosfet meningkat, ketika mosfet turn off maka tidak ada arus yang melewatinya. Selama mosfet kondisi turn on maka tidak ada arus yang melewatinya dan

tegangan pada diode adalah negatif ketika mosfet turn off, maka kapasitor coupling akan memulai charge, dan induktor mulai discharge ketika kapasitor mulai charging maka arus menuju capacitor mulai turun dan ketika discharge, arus charging semakin meningkat. Jadi saat T_{on} , maka kapasitor kopling akan mulai discharge melalui induktor, dan arus dikapasitor meningkat, tetapi dengan arah sebaliknya, sehingga arusnya negatif. Selama T_{off} kapasitor mulai charge dan arus maju. Ketika mosfet turn on, I_L akan mulai charging melalui Q sehingga arus meningkat pada mosfet dan L1 dan juga sebaliknya, saat mosfet turn off maka L1 mulai menurun arus kedua induktor sama seperti kedua induktor, charging dan discharging secara terus menerus.

2.2.2 Desain Konverter

Untuk mendesain sebuah induktor, banyak parameter yang dibutuhkan agar perancangan menghasilkan hasil rancangan yang sesuai target. Berikut langkah dalam mendesain SEPIC (Zhang, 2013):

a. Menentukan *duty cycle*

langkah selanjutnya yaitu menentukan besar *duty cycle* estimasi awal pada perancangan DC/DC converter.

$$D = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in} + V_{out} + V_D} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$D_{max} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in (Min)} + V_{out} + V_D} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$D_{min} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in (Max)} + V_{out} + V_D} \dots \dots \dots (2.9)$$

Persamaan diatas digunakan untuk menentukan besar *duty cycle* estimasi berdasarkan data spesifikasi DC/DC converter yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk *duty cycle* minimum didapatkan dengan *input* maksimum, dengan $V_D = 0.5 \text{ V}$.

b. Menentukan Nilai Induktor

Setelah didapatkan besar *duty cycle*, maka langkah selanjutnya yaitu mencari nilai *ripple current* pada induktor dengan persamaan 2.10 dan persamaan 2.11.

$$\Delta IL = I_{out} \times \frac{V_{out}}{V_{in (Min)}} \times 40\% \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana ΔIL merupakan arus *ripple* pada induktor. Kemudian menentukan besar nilai induktor berdasarkan *ripple current* dengan persamaan 2.14

$$L1 = L2 = \frac{V_{in (Min)} \times D (Max)}{\Delta IL \times F_{sw}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Kemudian langkah selanjutnya yaitu menghitung *peak current* pada induktor dengan persamaan 6.12 dan 6.13 untuk induktor yang ke dua.

$$IL1 (peak) = I_{out} \times \frac{V_{out} + VD}{V_{in (Min)}} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) \dots\dots\dots(2.12)$$

$$IL2 (Peak) = I_{out} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) \dots\dots\dots(2.13)$$

Namun jika induktor dibuat dengan menggunakan satu inti maka perancangan menggunakan persamaan 2.17

$$L1 = L2 = \frac{L}{2} = \frac{V_{in (Min)}}{2 \times \Delta IL \times f} \times D_{max} \dots\dots\dots (2.14)$$

c. Menentukan MOSFET

Menggunakan parameter tegangan threshold sehingga didapat tegangan maksimal pada MOSFET adalah $V_{in} + V_{out}$. Sedangkan arus maksimal pada MOSFET adalah $L1 (peak) + IL2 (peak)$

Sedangkan arus RMS yang melewati MOSFET sesuai dengan persamaan 2.15

$$IQ1 (rms) = I_{out} \sqrt{\frac{(V_{out} + V_{in (Min)} + VD) \times (V_{out} + VD)}{V_{in}^2 \min}} \dots\dots\dots (2.15)$$

Untuk daya disipasi pada MOSFET ditentukan dari persamaan 2.16

$$PQ1 = IQ1^2 \times R_{ds (on)} \times D_{max} \times (V_{in (Min)} + V_{out}) \times IQ1 (peak) \times \frac{QGD \times f}{I_g} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan I_g adalah arus gate, R_{ds} adalah nilai operasi dari *datasheet*.

d. Pemilihan dioda

Nilai *current peak* dioda adalah sama dengan nilai $IQ1 (peak)$. Dan minimal tegangan *reverse* pada dioda adalah pada persamaan 2.17.

$$V_{RD1} = V_{in (Max)} + V_{out (Max)} \dots\dots\dots(2.17)$$

e. Pemilihan kapasitor *coupling*

Setelah didapatkan nilai besar induktor dan MOSFET, maka langkah selanjutnya yaitu menentukan besar nilai kapasitor yang digunakan. Untuk menentukan nilai dari kapasitor, yaitu dengan menggunakan persamaan 2.18 untuk kapasitor *coupling* (C_s) dan persamaan 2.19 untuk kapasitor *output* (I_{Cout})

$$I_{Cs} (rms) = I_{out} \times \sqrt{\frac{V_{out} + V_D}{V_{in} Min}} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$I_{Cout} = I_{out} \times \sqrt{\frac{V_{out} + V_D}{V_{in} Min}} \dots\dots\dots (2.19)$$

Sedangkan untuk menentukan *ripple* tegangan pada kapasitor C_s menggunakan persamaan 2.20

$$\Delta V_{Cs} = \frac{I_{out} \times D_{max}}{C_s \times f} \dots\dots\dots (2.20)$$

f. Pemilihan nilai kapasitor *output*

Sebelum menentukan besar kapasitor *output* yang akan digunakan terlebih menentukan besar arus rms *output* kapasitor yang akan digunakan dengan menggunakan persamaan 2.21

$$I_{Cout} (rms) = I_{out} \times \sqrt{\frac{V_{Out} + V_D}{V_{In} (Min)}} \dots\dots\dots (2.21)$$

Sehingga untuk menentukan besar kapasitor yang digunakan dipakai persamaan ESR (*Equivalent Series Resistance*) yang terdapat pada persamaan 2.22 dan 2.23.

$$ESR \leq \frac{V_{ripple} \times 0.5}{I_{L1} (peak) + I_{L2} (peak)} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$C_{out} \geq \frac{I_{out} \times D}{V_{ripple} \times 0.5 \times f} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$I_{Cin} (rms) = \frac{\Delta I_L}{\sqrt{12}} \dots\dots\dots (2.24)$$

I_{cin} (rms) merupakan nilai arus masukan untuk kapasitor *input* Setelah dilakukan perancangan konverter jenis SEPIC.

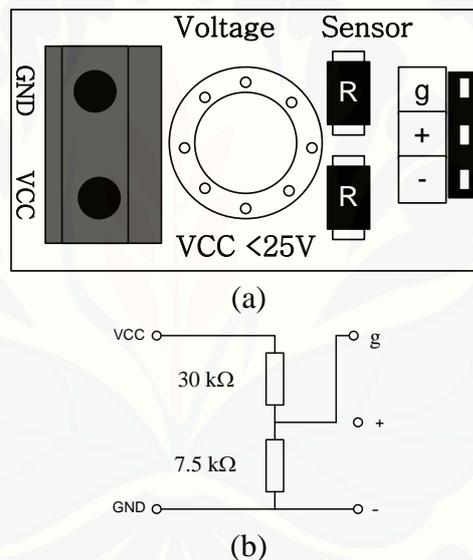
Setelah mengetahui besar nilai induktor maka tahap selanjutnya yaitu menghitung jumlah lilitan yang dipakai dengan menggunakan persamaan

$$N = 100 \sqrt{\frac{\text{Nilai } L \text{ (}\mu\text{H)}}{AL \left(\frac{\mu\text{H}}{100 \text{ turn}}\right)}} \dots\dots\dots(2.25)$$

Pada persamaan 2.25 merupakan persamaan mencari jumlah lilitan. Dimana N total lilitan pada toroid; L (nilai induktor), AL besar induktansi per 100 putaran.

2.3 Sensor Tegangan

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



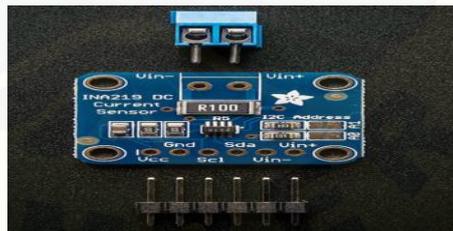
Gambar 2.14 Sensor Tegangan DCT-Elektronik

Gambar (a) adalah modul sensor pembagi tegangan, sedangkan Gambar (b) adalah diagram skematik dari sensor tersebut. Kaki VCC dan GND adalah kaki-kaki untuk menempatkan terminal tegangan yang akan diukur sedangkan pin g, + dan - adalah pin untuk dihubungkan dengan kaki ADC kontroler (Autodesk.Inc,2015).

2.4 Sensor Arus INA219

Nol CJMCU-219 modul adalah sebuah antarmuka I2C dengan melayang, bi-directional current/power monitor sirkuit terpadu (IC), dan memperluas produk

TI elektronik hemat energi camp. INA219 dengan industri tertinggi akurasi dan ukuran terkecil, tidak hanya untuk memantau penurunan tegangan shunt resistor pada shunt supply tegangan penginderaan, sementara juga daya komputasi. perangkat ini tersedia dalam paket SOT23, menyediakan server kecil digital penginderaan saat ini, laptop, pasokan listrik, manajemen baterai dan otomotif dan peralatan telekomunikasi, solusi murah. INA219 pada -40°C TO $+1\%$ dapat dicapai dalam maksimum kesalahan akurasi kisaran suhu 85°C , maksimum offset adalah $100\mu\text{V}$. Presisi tinggi produk keunggulan resolusi 12-bit, sebanyak mungkin untuk membantu mengurangi penurunan tekanan pada shunt resistor, sehingga meminimalkan kehilangan daya dan konsumsi daya dan menghemat ruang dewan. Perangkat dapat merasakan bus tegangan kisaran 0 V ke $+26\text{ V}$. INA219 fitur penting lainnya termasuk Programmable register kalibrasi dapat dibaca dalam satuan ampere searah dan membaca daya dalam watt, hingga 128 sampel dapat rata – rata untuk mencapai peyaringan di lingkungan bising. I2C anatar muka memiliki pengaturan time out, tidak hanya untuk mencegah bus kunci, tetapi jga menyediakan mode kecepatan tinggi, untuk memenuhi kebutuhan komunikasi hingga 3.4 MHz . Semua sifat INA219 adalah software deprogram untuk mendukung catu daya tunggal, tegangan operasi dari antara $3.0 - 5.5\text{ V}$.



Gambar 2.15 Sensor Arus INA219

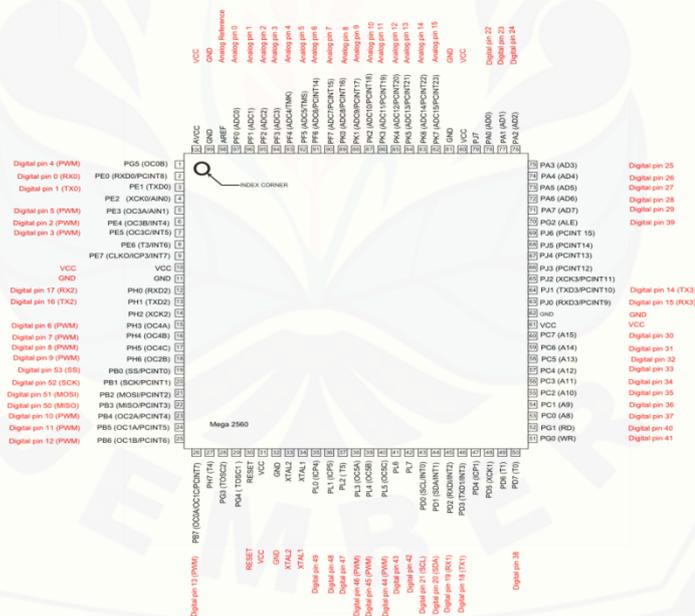
2.5 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah merupakan board mikrokontroler berbasis ATmega2560. Modul ini memiliki 54 digital input/output di mana 14 digunakan untuk PWM output dan 16 digunakan sebagai analog input, 4 untuk UART, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, power jack, ICSP Header, dan tombol reset. Modul ini memiliki segalanya yang dibutuhkan untuk memrogram mikrokontroler

seperti kabel USB dan sumber daya melalui Adaptor ataupun battery. Gambar 2.16 (a) adalah modul Arduino MEGA 2560 sedangkan Gambar 2.16 (b) menunjukkan skema dari modul Arduino MEGA 2560 yang merupakan penyederhanaan dari gambar modul aslinya.



(a)



(b)

Gambar 2.16 Modul Kontroler Arduino MEGA 2560

(Sumber : www.arduino.com)

Masing-masing pin I/O dapat digunakan sebagai *input* maupun *output* dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Masing-masing pin ini beroperasi pada tegangan 5 volt dan dapat menerima arus

40 mA serta sudah memiliki *pull-up* resistor 20-50 k Ω yang secara *default* tidak tersambung (*disconnected*).

Berikut ini adalah tabel spesifikasi dari Arduino MEGA 2560 dapat kita lihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino MEGA 2560

Mikrokontroler	Atmega2560
Tegangan Operasi	5 V
Tegangan Input	7-12 V
Tegangan Input (Batas)	6-20 V
I/O Digital	54(15buah menyediakan PWM output)
Input Analog	16 buah
Arus DC per I/O pin	40 Ma
Arus DC untuk pin 3.3	50 Ma
Flash Memory	256 KB yang 8 KB digunakan oleh Bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Kecepatan Clock	16 Hz

2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.



Gambar 2.17 LCD (*Liquid Crystal Display*)

2.7 Real Time Clock (RTC)

RTC (*Real time clock*) adalah jam elektronik berupa chip yang dapat menghitung waktu (mulai detik hingga tahun) dengan akurat dan menjaga / menyimpan data waktu tersebut secara *real time*

Chip RTC sering dijumpai pada motherboard PC (biasanya terletak dekat chip BIOS). Semua komputer menggunakan RTC karena berfungsi menyimpan informasi jam terkini dari komputer yang bersangkutan. RTC dilengkapi dengan baterai sebagai pensuplai daya pada chip, sehingga jam akan tetap *up-to-date* walaupun komputer dimatikan. RTC dinilai cukup akurat sebagai pewaktu (timer) karena menggunakan osilator kristal.



Gambar 2.18 Modul *Real Time Clock* (RTC) DS1307

2.8 Relay

Relay adalah komponen elektronika yang berupa saklar atau switch elektrik yang dioperasikan menggunakan listrik. Relay juga biasa disebut sebagai komponen electromechanical atau elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yaitu coil atau elektromagnet dan kontak saklar atau mekanikal.

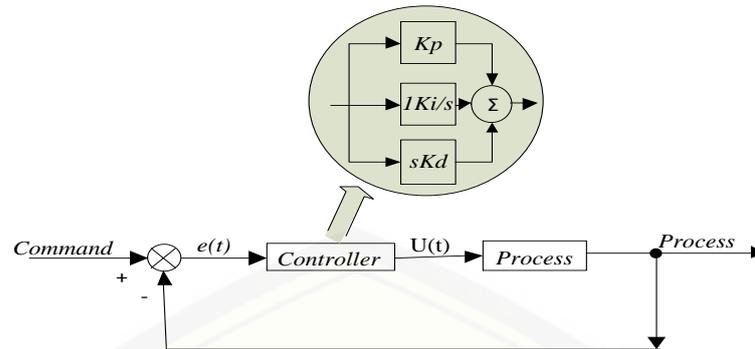
Komponen relay menggunakan prinsip elektromagnetik sebagai penggerak kontak saklar, sehingga dengan menggunakan arus listrik yang kecil atau low power, dapat menghantarkan arus listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi. Berikut adalah gambar 2.19 dan juga simbol dari komponen relay (Elektronika, 2016).



Gambar 2.19 Modul *Relay*

2.10 Kontrol *PID*

Pengendali *PID* telah secara luas digunakan dalam industri, yaitu hampir sebesar 90% (Gunawan, 2009). Hal ini dikarenakan jika pengendali ini diatur dengan baik maka akan menghasilkan pengendalian *PID* yang sangat baik. Selain itu pengendali ini juga sederhana dan diimplementasikan dengan mudah. Skema pengendalian *PID* ditunjukkan oleh gambar 2.20. Pada gambar 2.20 menunjukkan bahwa pengendali *PID* merupakan jumlah dari tiga aksi kendali yaitu *proportional* yang ditunjukkan oleh K_p , *integral* yang ditunjukkan oleh K_i dan *derivative* yang ditunjukkan oleh K_d .

Gambar 2.20 Skema Pengendali *PID*

Masing – masing paramter dari *PID* ini memiliki fungsi dan perannya. *Propostional* akan mengurangi *rise time* dan akan mengurangi *steady state error*, *integral* dapat menghilangkan *steady state error*. Namun jika hanya kontrol *PI* saja yang digunakan maka akibatnya *transient response* akan bertambah buruk. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan parameter *derivative*. Peramater *D* ini akan memperbaiki *transient response* seperti *overshoot* dan *settling time*. Gabungan dari parameter – parameter ini disebut kontrol *PID* yang akan meningkatkan stabilitas sistem, mengurangi *overshoot* dan mempercepat *transient response*.

Bentuk kontrol *PID* dapat diimplementasikan dalam bentuk analog atau digital. Implementasi *PID* dalam bentuk analog secara dominan digunakan dalam bentuk komponen elektronika analog. Sedangkan bentuk *PID* digital diimplementasikan dalam bentuk digital, yaitu dengan *programming system* di dalam mikroprosesor atau *DSP*. *PID* analog dialam bentuk rangkaian elektronika analog ditunjukkan pada gambar 2.20, selain parameter *PID* dalam bentuk K_p , K_i dan K_d dapat juga dalam bentuk K_p , T_i , dan T_d . Untuk *tunning* parameter – parameter pada bentuk ini dapat dilakukan dengan mengatur nilai dari komponen pada rangkaian analog tersebut. Bentuk *PID* ini memiliki keunggulan murah, efisien yang tinggi dan kinerja dinamik yang cukup baik (Gunawan, 2009). Dengan rumus sebagai berikut:

Nilai error = Setpoint - Tegangan

Out_P = $K_P \cdot \text{Error}$

Error I = Error + Error Sebelum I

$$\text{Out I} = K_I * \text{Error I} * T_c$$

$$\text{Error sebelum I} = \text{Error I}$$

$$\text{Error D} = \text{Error} - \text{Error Sebelum D}$$

$$\text{Out D} = (K_D * \text{Error D}) / T_c$$

$$\text{Error Sebelum D} = \text{Error D}$$

$$\text{Out PID} = \text{Out P} + \text{Out I} + \text{Out D}$$

2.10.1 Menentukan Parameter *PID*

Tunning kontrol *PID* ini bertujuan untuk menentukan parameter aksi kontrol *Proportional*, *Integratif*, *Derivatif* pada *plan*. Proses ini dapat dilakukan dengan cara *trial and error*. Keunggulan cara ini kita gak perlu mengidentifikasi *plan*, membuat model matematis *plan*, menentukan parameter *plan* dengan grafis ataupun analitis, cukup dengan cara coba-coba memberikan konstanta P-I-D pada formula *PID* hingga di peroleh hasil yang di inginkan, dengan mengacu pada karakteristik masing – masing kontrol *P-I-D*.

Tabel 2.2 Karakteristik masing – masing kontrol *P-I-D*

<i>Respon loop</i> tertutup	<i>Rise time</i>	<i>Overshoot</i>	<i>Settling time</i>	<i>Error steady-state</i>
K _p	Mengurangi	Meningkatkan	Mengurangi	Mengurangi
K _i	Mengurangi	Meningkatkan	Meningkatkan	Menghilangkan
K _d	Perubahan Kecil	Mengurangi	Menurun	Perubahan Kecil

Rise time adalah ukuran waktu yang menyatakan keberadaan suatu respon, yang diukur mulai respon 5% - 95% dari respon *steady state*. *Overshoot* adalah nilai tertinggi dari *output* respon. *Settling time* adalah ukuran waktu yang menyatakan respon telah masuk 5% atau 2% dari respon *steady state*. *Error steady-state* adalah presentase kesalahan pada saat respon *steady state*.

BAB 3. METODE PENELITIAN

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

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat dan waktu penelitian, pengujian dan analisis dilakukan secara umum dilakukan di :

- Tempat : Lab. Sistem Tenaga Fakultas Teknik Universitas Jember
- Alamat : Jl. Slamet Riyadi No. 62, Patrang, Kabupaten Jember
- Waktu : Juli 2017 – Oktober 2017

3.1.2 Waktu Penelitian

Tabel 3.1 Perencanaan Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan Ke-/Minggu															
		Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Tahap Persiapan	■	■	■	■												
2.	Studi Literatur	■	■	■	■	■	■	■	■								
3.	Pengumpulan Data					■	■	■	■	■	■	■	■				
4.	Pengolahan Data									■	■	■	■	■	■	■	■
5.	Analisa Data													■	■	■	■
6.	Pembuatan Laporan													■	■	■	■

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dibutuhkan sebagai penunjang dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Alat :

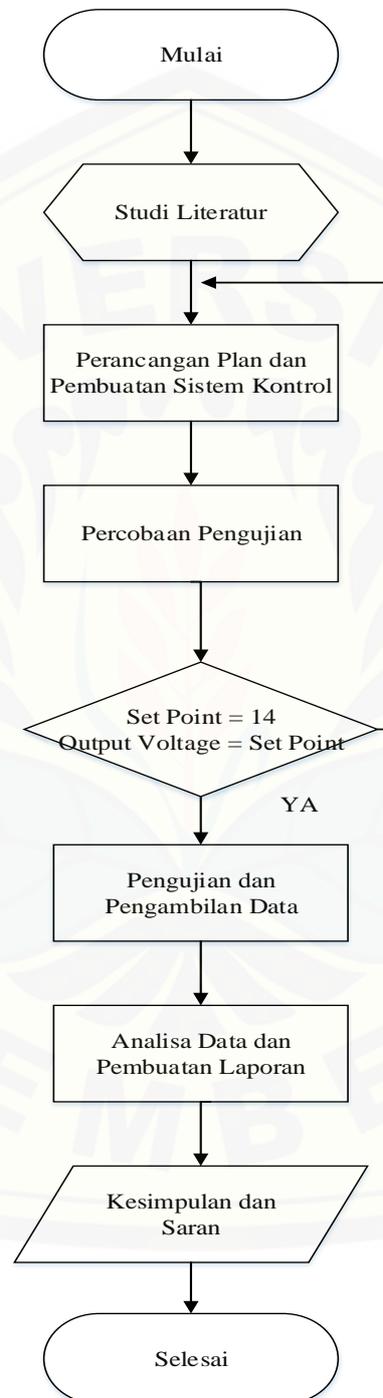
1. Lux Meter
2. *Solar Power Meter*
3. Obeng
4. Solder

Bahan :

1. Power Supply
2. Arduino Mega 2560
3. *Sepic Converter*
4. *Modul data logger* dan RTC DS1307
5. Timah
6. Sensor Arus INA219
7. Sensor Tegangan
8. Acrylic
9. Relai
10. Push button
11. LCD 16 x 2
12. Jumper

3.3 Tahapan Penelitian

Pada tahapan penelitian dan penyusunan laporan ini secara keseluruhan dapat dinyatakan dalam diagram alir sebagaimana terlihat dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini dibuat langkah – langkah penelitian sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pada tahap awal dari penelitian ini mencari bahan dan literatur dari hasil penelitian sebelumnya. Diharapkan dengan literatur yang didapat bisa membantu dan pelaksanaan sesuai yang diharapkan.

2. Merancang plan dan sistem kontrol

Pada tahap ini melakukan perancangan plant dan pembuatan sistem kontrol yang akan digunakan dalam penelitian ini dimana dibutuhkan beberapa komponen pengendali seperti sensor tegangan, *sepic converter*, dan plan secara keseluruhan.

3. Melakukan Pengujian

Pada tahap ini melakukan pengujian terhadap komponen pengendali yang telah dirancang sebelumnya. Pengujian sensor tegangan, *SEPIC converter*, dan power supply yang digunakan untuk menguji beban.

4. Pembuatan program *PID* pada arduino

Pada tahap ini adalah melakukan pemodelan sistem *PID* yang akan diimplementasikan pada sistem kontrol. Selanjutnya hasil yang didapatkan dari pemodelan sistem *PID* yang telah dirancang agar dapat di *input* ke dalam Arduino uno R3.

5. Pengambilan data

Pada tahap ini melakukan pengambilan data dari sistem kontrol yang telah dibuat pada keseluruhan plan, dan pengujian terhadap beban yang bervariasi yaitu menggunakan resistor kapur.

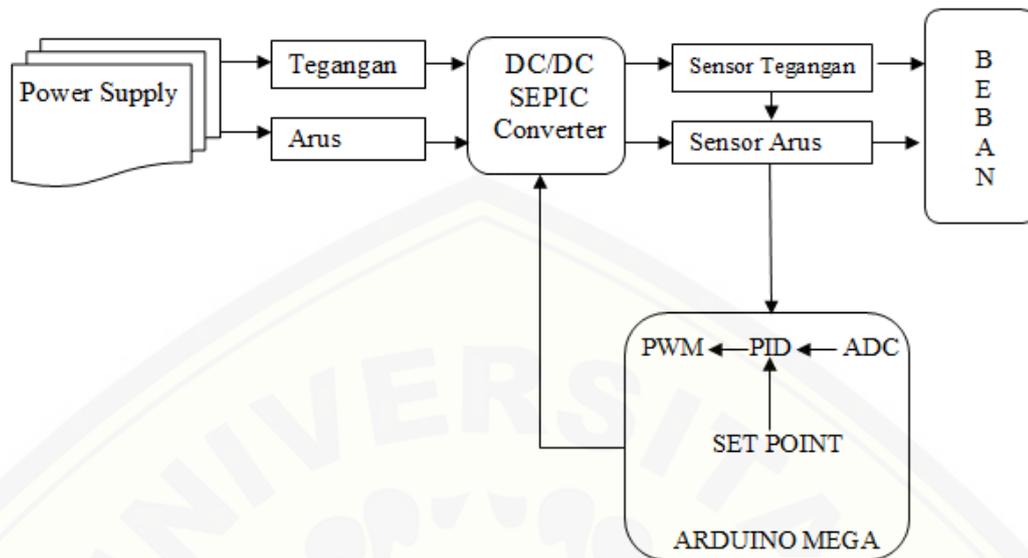
6. Analisa data

Pada tahap ini melakukan analisa pada data yang diperoleh dan di bentuk menjadi sebuah laporan dari penelitian yang sudah dilakukan.

7. Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini melakukan pengambilan kesimpulan dari semua data dan menganalisis data yang telah didapat berdasarkan dasar teori yang telah dijelaskan serta memberikan saran unuk penelitian selanjutnya.

3.4 Pemodelan Sistem



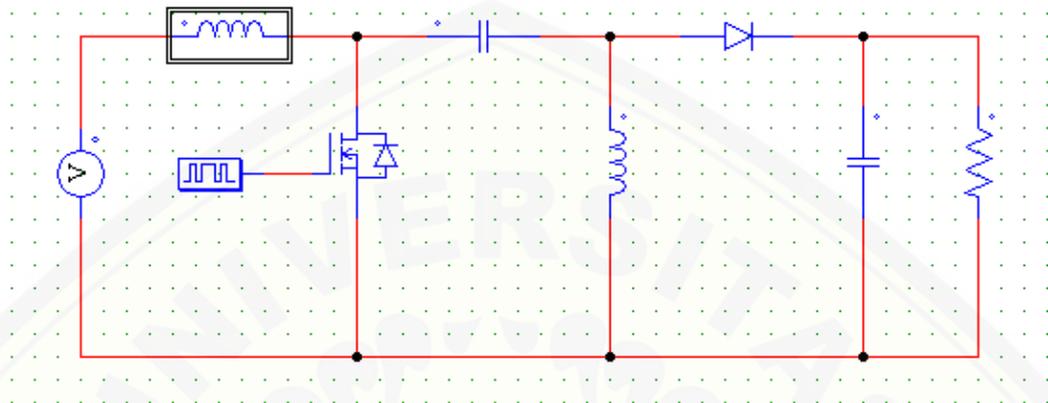
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

Pada gambar 3.2 menunjukkan diagram blok sistem secara menyeluruh. Power supply digunakan sebagai input tegangan yang akan digunakan dalam penelitian ini. SEPIC Converter akan mulai bekerja sebagai converter yang akan menjaga tegangan keluaran sesuai setting yang telah ditentukan dan beban yang digunakan besarnya bervariasi yaitu menggunakan resistor kapur. Arus dan tegangan Power Supply akan menjadi masukan kontroler untuk menentukan besar duty cycle atau sudut penyalan mosfet, sedangkan duty cycle diatur oleh sebuah kontrol yang berupa Arduino MEGA 2560 melalui besarnya PWM. Sensor tegangan yang memberikan nilai feedback ke arduino dan diolah dalam perhitungan PID di dalam arduino yang mengontrol Sepic Converter memberikan nilai tegangan yang dibutuhkan agar tetap stabil yang sesuai sehingga tegangan keluaran sesuai setpoin yang diinginkan, sepic converter juga digunakan sebagai input dari Arduino yang berupa ADC. Dimana didalam arduino menggunakan metode kontrol PID ini juga akan mengatasi apabila terjadi drop tegangan sehingga mempertahankan output tegangan berada pada set poin.

3.5 Perancangan Sistem

3.5.1 Perancangan Konverter SEPIC

Pada penelitian ini digunakan DC/DC converter dengan jenis SEPIC (Single-Ended Primary Inductance Converter) converter.



Gambar 3.3 Rangkaian Dasar *SEPIC Converter*

Pada gambar 3.3 merupakan gambar rangkaian dasar SEPIC Converter, dimana terdapat beberapa komponen dasar yakni, inductor, kapasitor dan mosfet. Untuk mendesain DC/DC Converter diperlukan beberapa parameter utama, yaitu spesifikasi dari converter tersebut. Berikut ini spesifikasi DC/DC SEPIC converter yang akan dibuat :

Tabel 3.2 Spesifikasi DC/DC *SEPIC Converter*

Tegangan Masukan	9 volt hingga 21 volt
Tegangan Keluaran	12.8 -14.7 Volt
Arus Keluaran	1.18 -1.36 A
Frekuensi Switching	50 kHz
Current Ripple	0.6 A
Voltage Ripple	0.29 V

Sebelum mendesain DC/DC converter terlebih dahulu menentukan spesifikasi dari converter yang akan digunakan. spesifikasi converter yang digunakan sesuai dengan tabel 7.2. Berikut ini Langkah – langkah menentukan nilai masing-masing komponen melalui perhitungan:

1. Menghitung *duty cycle*

$$D_{max} = \frac{14.7+0.5}{12+14.7+0.5} = 0.56 \qquad D_{min} = \frac{14.7+0.5}{21+14.7+0.5} = 0.41$$

2. Pemilihan induktor

Arus ripple:

$$\Delta IL = I_{out} \times \frac{V_o}{V_{in}(\min)} \times 40\%$$

$$\Delta IL = 1.36 \times \frac{14.7}{12} \times 40\% = 0.6 \text{ A}$$

Induktansi:

$$L = L1 = L2 = \frac{V_{in} D}{\Delta IL f}$$

$$L = L1 = L2 = \frac{12 \times 0.56}{0.6 \times 50000} = 22.4 \text{ Uh}$$

Arus puncak L1:

$$IL1(\text{peak}) = I_{out} \times \frac{V_{out} + VD}{V_{in}(\min)} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right)$$

$$IL1(\text{peak}) = 1.36 \times \frac{14.7+0.5}{12} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) = 2 \text{ A}$$

Arus puncak L2:

$$IL2(\text{peak}) = I_{out} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right)$$

$$IL2(\text{peak}) = 1.36 \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) = 1.6 \text{ A}$$

3. Pemilihan MOSFET

$$IQ1 = IL1 (\text{peak}) + IL2 (\text{peak})$$

$$= 2 + 1.6 = 3.6 \text{ A}$$

Arus RMS :

$$IQ1 (rms) = I_{out} \sqrt{\frac{(V_{out} + V_{in}(\text{Min}) + VD) \times (V_{out} + VD)}{V_{in}^2}}$$

$$= 1.36 \sqrt{\frac{(14.7+12+0.5 \times (14.7+0.5))}{12^2}}$$

$$= 2.3 \text{ A}$$

4. Pemilihan kapasitor C1

Arus RMS pada C1:

$$I_{cs(rms)} = I_{out} \times \sqrt{\frac{V_{out} + VD}{V_{in} (\text{min})}}$$

$$I_{cs(rms)} = 1.36 \times \sqrt{\frac{14.7+0.5}{12}} = 1.5 \text{ A}$$

5. Pemilihan kapasitor output

Vripple diasumsikan 2% dari tegangan output

$$V_{ripple} = 2\% \times 14.7 = 0.29 \text{ V}$$

Perhitungan Cout:

$$C_{out} \geq \frac{I_{out} \times D_{max}}{V_{ripple} \times f \times VD}$$

$$C_{out} \geq \frac{1.36 \times 0.56}{0.29 \times 50000 \times 0.5}$$

$$C_{out} \geq 104 \text{ uF}$$

$$C_{out} = 104 \text{ uF (2 buah kapasitor 150uF)}$$

$$I_{cin} (rms) = \frac{\Delta IL}{\sqrt{12}} = 0.2 \text{ A}$$

3.5.2 Arduino MEGA 2560

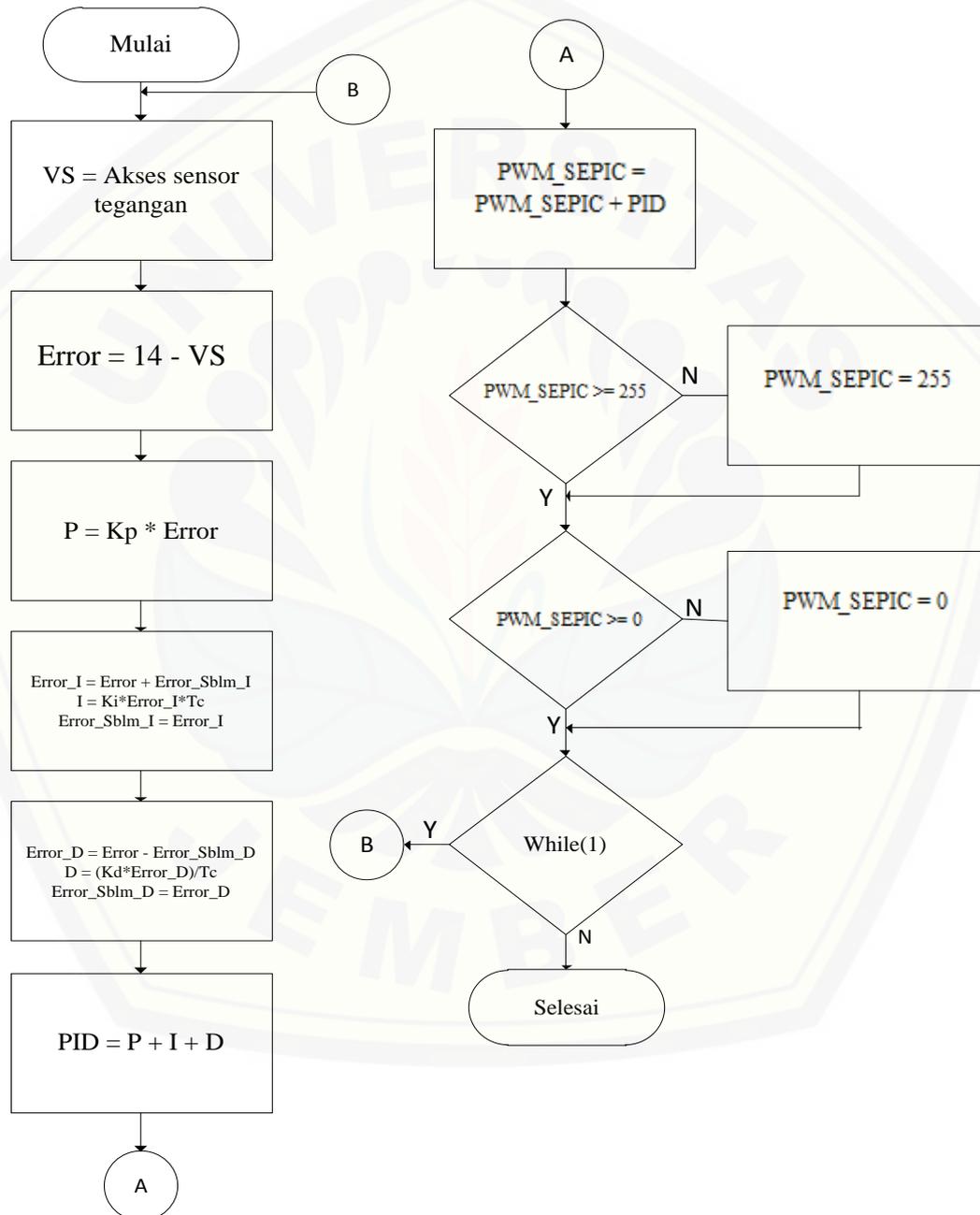
Pada Arduino MEGA 2560 digunakan sebagai kontroler dalam *plant* ini. Untuk tahap ini penjelasan dalam penggunaannya sebagai *embedded system*. Arduino yang digunakan yaitu dengan tipe Arduino MEGA 2560 dimana *embedded system* ini yang menerima *feedback* tegangan dari *output* tegangan *sepic converter*. Pembacaan nilai *output* tegangan *sepic converter* menggunakan proses ADC melalui sensor tegangan dan terhubung pada pin arduino yaitu pada pin A0. Untuk ADC pada arduino terdapat pada pin A0-A15. Sedangkan untuk mengontrol *output* PWM pada *sepic converter* menggunakan pin 9. Pada arduino untuk pin-pin yang dapat mengontrol PWM yaitu terdapat pada pin 3 - 11 (Arduino LLC,2015). Pada frekuensi PWM yang dapat dihasilkan pada pin PWM ini adalah 31,250 Hz. Pada tahap ini, pengujian *embedded system* dilakukan dengan mencoba menghubungkan pada pin arduino yang diinginkan karena tidak jarang pin pada arduino juga tidak dapat digunakan sehingga dibutuhkan pengecekan ulang, seperti penerimaan pembacaan ADC oleh sensor.

Bahasa pemrograman Arduino ini membuat PWM mudah digunakan; hanya memanggil `analogWrite (pin, dutycycle)`, di mana PWM adalah nilai dari 0 sampai 255, dan pin adalah salah satu pin PWM (3, 5, 6, 9, 10, atau 11). Fungsi `analogWrite` menyediakan antarmuka sederhana untuk PWM hardware, tetapi tidak memberikan kontrol atas frekuensi. (arduino.cc)

Pada arduino, secara analog setiap perubahan PWM-nya sangat halus, sedangkan secara digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi PWM. Resolusi adalah jumlah variasi perubahan nilai dalam PWM tersebut. Misalkan suatu PWM memiliki resolusi 8 bit, berarti PWM ini memiliki variasi perubahan nilai sebanyak 255 variasi mulai dari 0 – 255 perubahan nilai yang mewakili *duty cycle* 0% – 100% dari keluaran PWM tersebut.

3.6 Perancangan Kontrol *PID*

Perancangan kontrol *PID* diperlukan algoritma program kontrol *PID* agar menjadi kontrol yang sesuai yang akan dimasukkan ke dalam program arduino. Pada gambar 3.4 merupakan *flowchart* dari algoritma program kontrol *PID* untuk rancang bangun kontrol *PID* pada tegangan *output* power supply .



3.4 *Flowchart* Program Kontrol *PID*

Hal paling penting dari kontrol *PID* adalah menentukan parameter K_p , K_i dan K_d . Pada penelitian ini untuk menentukan parameter – parameter *PID* digunakan metode *manual tuning* yaitu dengan cara *trial and error*.

3.6.1 Metode *Manual Tunning*

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

1. Memberikan *gain* parameter *propotional* sehingga *plan* memberikan nilai *output* yang mencapai *setpoint*. Namun dengan memberikan parameter ini akan meningkatkan *overshoot* pada *output* dari *plan* dan *error steady-state* masih tinggi.
2. Memberikan nilai parameter *integral* sehingga nilai *error steady-state* dapat dikurangi. Namun pemberian parameter ini akan meningkatkan *overshoot* dan *settling time* meningkat.
3. Memberikan nilai parameter *derivative* sehingga nilai *overshoot* dan *settling time* dapat dikurangi. Namun untuk memberikan nilai parameter ini tidak diperbolehkan terlalu tinggi karena akan membuat sistem lebih tidak stabil.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pengujian dan analisa data yang telah dilakukan pada penelitian yang berjudul “ Implementasi Sepic Converter Pada Tegangan Keluaran Menggunakan Metode Kontrol *PID* ”, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada pengujian *sepic converter* tanpa kontrol, semakin kecil beban yang digunakan maka semakin besar output tegangan yang dihasilkan. Misal pada beban 33 Ohm menghasilkan *output* tegangan sebesar 12.27 Volt dan pada beban 66 Ohm menghasilkan *output* tegangan sebesar 13,36 Volt.
2. Ketika pengujian beban menggunakan kontrol *PID*, semakin besar bean yang digunakan maka semakin kecil nilai drop tegangan yang dihasilkan. Misal pada beban 33 Ohm dihasilkan drop tegangan sebesar 10,89 Volt dan pada beban 66 Ohm dihasilkan drop tegangan sebesar 6,38 Volt.
3. Pada pengujian *sepic converter* menggunakan kontrol *PID* memiliki respon untuk mencapai *stady state* lebih cepat dibandingkan tanpa menggunakan kontrol.
4. Nilai parameter kontrol *PID* yang sesuai dengan sistem ini adalah $K_p = 8$, $K_i = 0.002$ dan $K_d = 0.000001$ dengan nilai *rise time* 3 s, *settling time* 13 s, *error steady-state* 0.13 %.
5. Berdasarkan data pengujian *sepic converter*, apabila tegangan input yang digunakan dibawah dan diatas setpoint dihasilkan tegangan keluaran yang hampir sama atau stabil dengan setpoint yang ditentukan.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, ada beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian yang selanjutnya. Beberapa saran tersebut antara lain sebagai berikut.

1. Penggunaan kontrol dapat diganti dengan *Fuzzy Logic* atau *hybrid PID Fuzzy* sehingga dapat diperoleh respon kontrol yang lebih baik.
2. Pada saat pengambilan data masih menggunakan data logger sehingga untuk mendapatkan data masih menunggu agak lama. Maka disarankan menggunakan *Bluetooth* atau alat transfer lainnya sehingga dapat digunakan untuk mentoring data secara langsung dan untuk mendapatkan data secara *real time*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anto, B., Hamdani, E., Abdullah, R. (2014). Portable Battery Charger Berbasis Sel Surya.
- Arduino LLC. (2015). www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno. Dipetik Juni 12, 2017, dari arduino.cc/en.
- Autodesk.Inc. (2015). [id/Arduino-Voltage-Sensor-0-25V/](http://www.instructables.com/id/Arduino-Voltage-Sensor-0-25V/). Dipetik Juni 13, 2017, dari instructables: <http://www.instructables.com/id/Arduino-Voltage-Sensor-0-25V/>
- Bagher, A. M., dkk. 2015. Types of Solar Cells an Application. *American Journal of Optic and Photonics*. 3(5):94-113.
- Eakburanawat, j., & Boonyaroonate, I. (2010). Development of a thermoelectric battery-charger with microcontroller-based maximum power point tracking technique. 2.
- Gunawan. (2009). Rancang Buck Converter Dengan PID Diskrit Sebagai Pengendali Tegangan Keluaran.
- Irwin, J. D. (2002). *The Power Electronic Handbook*. california: CRC Press.
- Jensak Eakburanawat, I. B. (n.d.). Development of a thermoelectric battery-charger with microcontroller-based maximum power point tracking technique. 2.
- Mahendra, A. R. (2016). Rancang Bangun Solar Charger Portable Berbasis Arduino UNO R3.
- Meera, M., Muruganandam, M. (2015) SEPIC Converter Based Switched Mode Power Supply Design for Battery
- PANASONIC. (2005). VRLA BATTERIES Charging Method. PANASONIC
- Rashid, M. H. (2001). *Power Electronics Handbook*. California: Academic Press.
- Sidabutar, D. S., Musyafa, Hantoro. (2014). Rancang Bangun Buck-Boost Converter Pada Panel Surya Menggunakan Metode Kontrol PI Dan PID Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535.

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

```
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <TimerOne.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include "RTClib.h"
//+++++
#define KP 8
#define KI 0.002
#define KD 0.000001
//+++++
#define sepicPin 13
#define STIn A1
#define STOut A0
#define Rlin 11
#define Rlout 12
#define batasIn 3000
#define batasOut 2000
#define offset 10

RTC_DS3231 rtc;
LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7);
Adafruit_INA219 arusOut;
Adafruit_INA219 arusIn(0x41);
const int chipSelect = 53;

File dataFile;

int yy,yyy,yyyy;

float error_sblm_I=0;
float error_sblm_D=0;
float set_point=14;
float Tc=0.01;
float error;
float error_I;
float error_D;
float out_P;
float out_I;
float out_D;
```

```
float out_PID;

float vIn, vOut;
float Iin, Iout;

float tegangan =0.00;
int lastpwm;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  uint32_t currentFrequency;
  arusIn.begin();
  arusOut.begin();
  lcd.begin(16, 2);
  pinMode(sepicPin, OUTPUT);
  pinMode(Rlin, OUTPUT);
  pinMode(Rlout, OUTPUT);
  digitalWrite(Rlin, HIGH);
  digitalWrite(Rlout, HIGH);
  pinMode(SS, OUTPUT);
  if (! rtc.begin()) {
    Serial.println("Couldn't find RTC");
    while (1);
  }
  if (rtc.lostPower()) {

    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
    //rtc.adjust(DateTime(2017, 6, 17, 0, 12, 0));
  }
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    while (1);
  }
  dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
  if (! dataFile) {
    while (1);
  }
  Timer1.initialize(20);
  Timer1.setPeriod(20);
}

void loop() {

  sensor();
  tegangan = vOut;

  error = set_point-tegangan;
```

```
out_P = KP*error;

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

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

out_PID = out_P + out_I + out_D;

lastpwm=lastpwm+out_PID;
if (lastpwm>=665){lastpwm=665;}
if (lastpwm<=0){lastpwm=0;}
Timer1.pwm(sepicPin, lastpwm);
displays();
simpan();
ploter();
}

void ploter(){
  Serial.print(set_point,3);Serial.print("\t");
  Serial.print(vIn,3);Serial.print("\t");
  Serial.print(vOut,3);Serial.print("\n");
}

void simpan(){
  DateTime now = rtc.now();

  yy= now.second()/10;
  if( yy!=yyy){
  String dataString = "";
  dataString += String(now.day());
  dataString += "/";
  dataString += String(now.month());
  dataString += "/";
  dataString += String(now.year());
  dataString += "\t";
  dataString += String(now.hour());
  dataString += ":";
  dataString += String(now.minute());
  dataString += "\t";
  dataString += String(set_point);
```

```

dataString += "\t";
dataString += String(vIn);
dataString += "\t";
dataString += String(Iin);
dataString += "\t";
dataString += String(vOut);
dataString += "\t";
dataString += String(Iout);
dataString += "\t";
dataString += String(lastpwm);

dataFile.println(dataString);
dataFile.flush();
}
YYY=YY;
}

void displays(){
//
Serial.print("=====\n");
//      Serial.print("Vin                               =
");Serial.print(vIn,3);Serial.print(" V\n");
//      Serial.print("Vout                               =
");Serial.print(vOut,3);Serial.print(" V\n");
//      Serial.print("Iin                               =
");Serial.print(Iin,3);Serial.print(" mA\n");
//      Serial.print("Iout                               =
");Serial.print(Iout,3);Serial.print(" mA\n");
//      Serial.print("Err                               =
");Serial.print(err);Serial.print(" \n");
//      Serial.print("dErr                               =
");Serial.print(derr);Serial.print(" \n");
//      Serial.print("PWM                               =
");Serial.print(pwm);Serial.print(" \n");
//      Serial.print("PWM                               =
");Serial.print(lastpwm);Serial.print(" \n");
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Vi:");lcd.print(vIn,2);lcd.print("V  ");
  lcd.setCursor(12,0);
  lcd.print("PWM");
  lcd.setCursor(12,1);
  lcd.print(lastpwm);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Vo:");lcd.print(vOut,2);lcd.print("V  ");
}

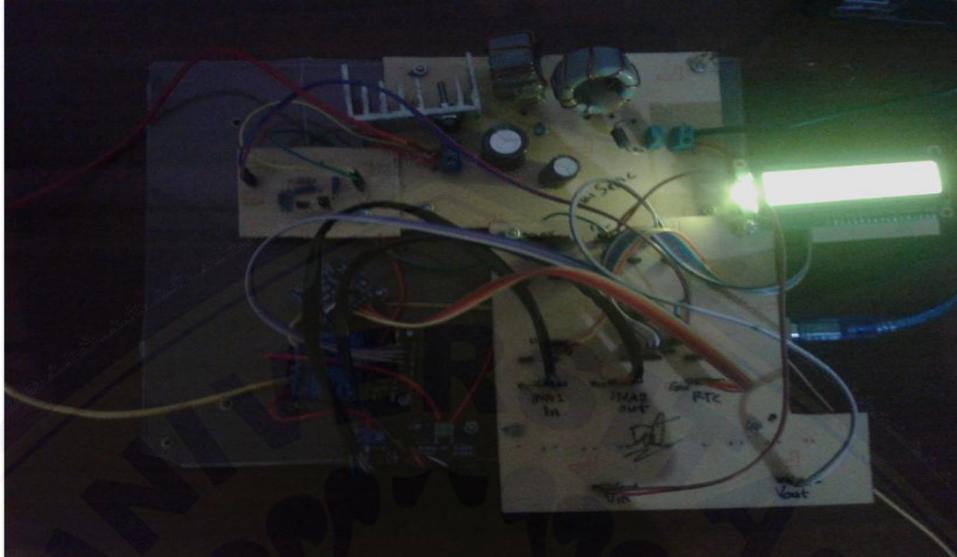
```

```
void sensor(){
  vIn=0; vOut=0; Iin=0; Iout=0;
  for (int a = 0; a < 50; a++) {
    vIn = vIn + analogRead(STIn);
    vOut = vOut + analogRead(STOut);
    Iin = Iin + arusIn.getCurrent_mA();
    Iout = Iout + arusOut.getCurrent_mA();
  }

  vIn = (0.0263 * (vIn / 50.0)) + 0.0629 ;
  vOut = (0.0251 * (vOut / 50.0 )) + 0.0452;
  Iin = (0.9623 * (Iin/50.0) ) + 6.2737;
  Iout = (0.9623 * ( Iout/50.0) ) + 1.2737;
  if(Iin>batasIn+offset){digitalWrite(Rlin,LOW);}
  if(Iout>batasOut+offset){digitalWrite(Rlout,LOW);}
}
```

B. Gambar Hardware

B1. Sepic Converter dan Voltage Sensitive



C. Gambar Keseluruhan Sistem dan Pengambilan Data

