

**ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA SEPIC CONVERTER
DENGAN PENGENDALI PI DAN PID**

(Skripsi)

Oleh

**IQBAL DWI KURNIA YOSA
1615031069**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA SEPIC CONVERTER DENGAN PENGENDALI PI DAN PID

Oleh:

IQBAL DWI KURNIA YOSA

Intisari — Pembangkit listrik energi baru terbarukan (EBT) saat ini banyak dikembangkan satu diantaranya yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang menghasilkan tegangan dc. Tegangan yang dihasilkan oleh PLTS tidak stabil karena bergantung kepada panas matahari. Salah satu cara agar tegangan dc yang dihasilkan stabil dan dapat digunakan maka dibutuhkan penyetabil tegangan. Pada penelitian ini menggunakan *converter* tipe *sepic* sebagai penstabil tegangan dengan dikontrol oleh PI dan PID dengan sumber tegangan menggunakan modul *PV*. *Sepic converter* digunakan karena efisiensi yang lebih baik. Pada kontrol PI dan PID memiliki konstanta *propotional integral derivative* dan dalam penelitian ini dipilih karena pengendalian yang mudah serta banyak digunakan. Pengendalian PI dan PID menggunakan metode *Zeigler-Nichols* untuk menentukan nilai dari masing-masing konstanta. Pada penelitian ini akan membandingkan kinerja *sepic converter* saat menggunakan pengendali PI dan PID dengan *set point* tegangan 12 *volt*. Hasil nilai konstanta pada *sepic converter* dengan menggunakan pengendali PI didapat nilai $K_p = 0,018750$ dan $K_i = 20,5211509920$. Sedangkan didapatkan nilai $K_p = 0,008333$, $K_i = 18,241031$, dan $K_d = 0,00000263803077$ pada *sepic converter* dengan pengendali PID. Berdasarkan pengujian didapatkan hasil kendali PID yang lebih baik dibandingkan PI dilihat dari nilai *rise time* yang menuju *set point*, *overshoot* yang lebih kecil dan *settling time* yang lebih cepat. Untuk Nilai tegangan keluaran pada kontrol PI memiliki rentang tegangan antara 8,82 *volt* sampai dengan 14,13 *volt*. Sedangkan pada kontrol PID rentang tegangan antara 10,31 *volt* sampai dengan 12,27 *volt*. Kedua kendali baik PI maupun PID dapat mendekati nilai *set point* dengan tingkat akurasi yang lebih baik pada PID

Kata kunci — *PLTS, Sepic Converter, PI, PID, Zeigler-Nichols*

ABSTRACT

PERFORMANCE COMPARISON ANALYSIS OF SEPIC CONVERTER WITH PI AND PID CONTROLLER

By:

IQBAL DWI KURNIA YOSA

Abstract — Renewable energy power plants are currently being developed, one of which is Solar Power Plant which produces dc voltage. The voltage generated by Solar Power Plant is unstable because it depends on the sun's heat. One way to make the dc voltage produced is stable and usable, then a voltage stabilizer is needed. In this study using a sepic type converter as a voltage stabilizer controlled by PI and PID with a voltage source using a PV module. Sepic converters are used because of their better efficiency. The PI and PID controls have proportional integral derivative constants and in this study were chosen because the controls are easy and widely used. Control of PI and PID using the Zeigler-Nichols method to determine the value of each constant. In this study, we will compare the performance of the sepic converter when using PI and PID controllers with a voltage set point of 12 volts. The results of the constant value on the sepic converter using the PI controller obtained the value of $K_p = 0.018750$ and $K_i = 20.5211509920$. Meanwhile, the value of $K_p = 0.008333$, $K_i = 18.241031$, and $K_d = 0.00000263803077$ on a sepic converter with PID controller. Based on the test, the results of PID control are better than PI seen from the rise time value towards the set point, smaller overshoot and faster settling time. The output voltage value on the PI control has a voltage range between 8.82 volts to 14.13 volts. While on the PID control the voltage range is between 10.31 volts to 12.27 volts. Both PI and PID controls can approach the set point value with a better level of accuracy on PID.

Keyword — Solar Power Plant, Sepic Converter, PI, PID, Zeigler-Nichols

**ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA SEPIC CONVERTER DENGAN
MENGGUNAKAN PENGENDALI PI DAN PID**

Oleh

IQBAL DWI KURNIA YOSA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi

: ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA
SEPIC CONVERTER DENGAN
MEGGUNAKAN PENGENDALI PI DAN
PID

Nama Mahasiswa

: Iqbal Dwi Kurnia Yosa

Nomor Pokok Mahasiswa : 1615031069

Jurusan

: Teknik Elektro

Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI
1. Komisi Pembimbing

Dr. Eng. Endah Komalasari, S.T., M.T.
NIP. 19730215 199903 2 003.

Ir. Noer Soedjarwanto,M.T.
NIP. 19631114 199903 1 001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Herlinawati,S.T., M.T.
NIP. 19710314 199903 2 001

Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T
NIP. 19740422 200012 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Pengaji

Ketua

Dr. Eng. Endah Komalasari, S.T., M.T.

Endah

Sekretaris

Ir. Noer Soedjarwanto, M.T.

Noer

Pengaji

Dr. Eng. Charles R. Harahap, S.T., M.T.

Charles



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIM 13010028 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 21 Juni 2022

SURAT PERNYATAAN

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

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

Bandar Lampung, 24 Agustus 2022



Iqbal Dwi Kurnia Yosa
1615031069

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Negeri Jemanten, pada tanggal 09 Februari 1998, sebagai anak kedua dari tiga bersaudaradari pasangan Bapak Yuwari dan Ibu Suyanti. Pendidikan normal penulis dimulai di Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Perip Jaya Guna yang diselesaikan pada tahun 2004, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Negeri 1 Sukaraja Tiga pada tahun 2010, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP N 2 Marga Tiga pada tahun 2013,dan Sekolah Menengah Akhir (SMA) di SMA N 1 Kota Metro pada tahun 2016.

Mulai tahun 2016, Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dengan jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa Penulis pernah menjadi asisten Laboratorium Konversi Energi Elektrik Universitas Lampung. Selain menjadi asisten, Penulis aktif di Organisasi yaitu pernah terdaftar sebagai anggota Departemen Pendidikan dan Pengembangan Diri pada tahun 2016-2017 , dan sebagai kepala Divisi Mikat dan Bakat Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung (HIMATRO) pada tahun 2017-2018. Pada semester 5 Penulis memilih konsentrasi Teknik Tenaga Listrik (TTL) sebagai fokus dalam perkuliahan

dan penelitian. Pada 14 Juli – 24 Agustus 2019 penulis melaksanakan kerja praktik di PT. Indonesia Power Unit Pembangkit Mrica , Banjarnegara Jawa Tengah.Pada saat kerja praktik penulis membuat laporan tentang Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Generator Unit 3 Annual Inspection Tahun 2019 PLTA Panglima Besar Soedirman PT. Indonesia Power Unit Pembangkit Mrica.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PERSEMBAHAN

Dengan Kerendahan Hati Yang Tulus Kupersembahkan
sebuah Karya Ini Untuk :

Bapak dan Ibu TERCINTA;

Yuwari dan Suyanti

Kakak dan Adik Tersayang;

Rika Lisfyanti dan Trias Pramedikawati

MOTO

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Q.S Al-Baqarah: 286)

“Fino alla fine”

(Jangan pernah berhenti sampai akhir)

“Audere est facere”

(Berani itu artinya berbuat)

“Laku ing sasmita, amrih lantip”

(Seorang yang ingin berilmu harus mengasah lahir dan batinnya.)

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 **“Analisis Perbandingan Kinerja Sepic Converter Dengan Menggunakan Pengendali PI dan PID”** merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada JurusanTeknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penulis dengan senang hatimenerima 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 maupuntidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik UniversitasLampung.
2. Ibu Herlinawati, S.T, M.T. selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung;
3. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.

4. Ibu Dr. Eng. Endah Komalasari, 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;
5. Bapak Ir. Noer Sudjarwanto, M.T. selaku Pembimbing Kedua atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan dalam proses penyelesaian skripsi ini;
6. Bapak Dr. Eng. Charles R.Harahap.S.T.,M.T. selaku Pengaji Utama yang telah memberikan koreksi, kritik, dan saran untuk kemajuan dalam penyelesaian skripsi ini;
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung atas pengajarandan bimbingannya yang diberikan selama ini kepada Penulis;
8. Kedua orang tua Penulis, Bapak Yuwari dan Ibu Suyanti tercinta yang tidak pernah berhenti memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang tiada batas dan akhir;
9. Kakak dan Adik penulis, Rika Lisyanti dan Trisa Pramedikawati yang selalu memberikan motivasi, semangat dan dukungan moril-materil kepada Penulis. Seluruh keluarga besar Penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala kasih sayang, perhatian, dan dukungan selama Penulis menyelesaikan kuliah;
10. Teman teman Sins 16 yang selalu memberikan tawa canda, semangat, motivasi, serta rasa kekeluargaan yang diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menjalankan perkuliahan hingga tugas akhir dengan nyaman dan Bahagia ;
11. Teman - teman kosan hantu Farhan, Panji, Syahrul, Budi, Faisal, Anjas, Aby Viringga, Aan Ridho, Abdul Malik, Bagas, Lukman, Rahmat Yang telah menemani hari-hari dengan canda tawa, susah, sedih, Bahagia, memperihatinkan, sakit berasma selama penulis menempuh perkuliahan di Teknik;
12. Chantika, Bagas, Galib, Ridho, dan semua teman dekat yang telah

membantu penulis baik di perkuliahan dan keseharian.

13. Rekan-rekan asisten Laboratorium Konversi Energi Elektrik Aan, Aby, Anjas, Bagas, Farhan, Faisal, Tio, Syahrul, Sandi 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;
14. Keluarga besar Teknik Elektro yang luar biasa;
15. Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) atas pengalaman dan pembelajaran dan segala rasa yang lahir yang tidak akan pernah terlupakan;
16. 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, sertabantuan 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, 2 Agustus 2022

Penulis,



Iqbal Dwi Kurnia Yosa

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Rumusan Masalah.....	3
1.6 Hipotesis.....	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Konverter.....	5
2.2 <i>Sepic Converter</i>	6
III. METODE PENELITIAN.....	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	11
3.2 Alat dan Bahan.....	11
3.3 Tahapan Penelitian	12
3.4 Tahapan Pembuatan Alat.....	13
3.5 Metode Penelitian.....	15
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Perancangan Alat.....	22
4.1.1 Rangkaian Kontrol Sinyal PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>).....	23
4.1.2 Rangkaian Penguat Sinyal (<i>Gate Driver</i>)	23
4.1.3 Sensor Tegangan	24
4.1.4 Data Logger.....	25
4.1.5 Rangkaian Sepic Converter.....	25
4.2 Hasil Pengujian Alat	27

4.2.1	Hasil Pengujian Rangkaian PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>).....	28
4.2.2	Hasil Pengujian Rangkaian <i>Gate Driver</i>	29
4.2.3	Hasil Pengujian Sensor Tegangan	30
4.2.4	Hasil Pengujian <i>Data Logger</i>	31
4.2.5	Hasil Pengujian Perangkat Keras <i>Sepic Converter</i>	31
4.3	Pengujian <i>Sepic Converter</i> dengan Kontrol PI dan PID.....	34
4.3.1	Penentuan nilai parameter PI dan PID dengan Metode <i>Zeigler-Nichols</i>	34
4.3.2.	Hasil Pengujian <i>Sepic Converter</i> dengan Kontrol PI dan PID	34
4.4	Pengujian <i>Sepic Converter</i> menggunakan Kontrol PI dan PID	36
4.4.1	Hasil Pengukuran Tegangan Panel Surya	37
4.4.2	Hasil Pengujian <i>Sepic Converter</i> dengan Kontrol PI	38
4.4.3	Hasil Pengujian <i>Sepic Converter</i> dengan Kontrol PID	40
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1	KESIMPULAN.....	43
5.2	SARAN.....	43
	DAFTAR PUSTAKA	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram blok DC-DC <i>converter</i>	6
Gambar 2. 2 Rangkaian <i>Sepic Converter</i>	6
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	14
Gambar 3. 2 Diagram Alir Perancangan Alat dan Sistem Keseluruhan	15
Gambar 3. 3 Rangkaian <i>Sepic converter</i>	17
Gambar 3. 4 Mikrokontroler	17
Gambar 3. 5 Rangkaian <i>Optocoupler</i>	18
Gambar 3. 6 Kurva kontrol PID	19
Gambar 3. 7 Kendali PI.....	20
Gambar 3. 8 Kendali PID.....	20
Gambar 4. 1 <i>Sepic Converter</i>	22
Gambar 4. 2 Rancangan Penguat Sinyal (<i>Gate Driver</i>).....	23
Gambar 4. 3 <i>PCB Layout Gate Driver</i>	24
Gambar 4. 4 Realisasi Rangkaian <i>Gate Driver</i>	24
Gambar 4. 5 Sensor Tegangan	25
Gambar 4. 6 Rangkaian <i>Sepic Converter</i>	26
Gambar 4. 7 Rancangan <i>PCB Layout Sepic Converter</i>	27
Gambar 4. 8 Realisasi Rangkaian <i>Sepic Converter</i>	27
Gambar 4. 9 Hasil Pengujian Rangkaian PWM.....	28
Gambar 4. 10 Hasil Pengujian Rangkaian <i>Gate Driver</i>	29
Gambar 4. 11 Pengaruh Variasi Beban terhadap Tegangan Keluaran.....	33
Gambar 4. 12 Kurva Kontrol PI dan PID	35
Gambar 4. 13 Hasil Pengukuran Tegangan Tanpa <i>Sepic Converter</i>	38
Gambar 4. 14 Hasil Pengujian <i>Sepic Converter</i> dengan Kontrol PI	40
Gambar 4. 15 Hasil Pengujian <i>Sepic Converter</i> dengan Kontrol PID	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik masing-masing kontrol PID	100
Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian	11
Tabel 3. 2 Spesifikasi mikrokontroler.....	18
Tabel 3. 3 Parameter Pengendali PID dengan Metode Zeigler-Nichols	21
Tabel 4. 1 Parameter Perancangan <i>Sepic Converter</i>	26
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sensor Tegangan	30
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Data <i>Logger</i>	31
Tabel 4. 4 Pengujian <i>Sepic Converter</i> dengan Beban 20 <i>Ohm</i>	32
Tabel 4. 5 Pengujian <i>Sepic Converter</i> dengan Beban 40 <i>Ohm</i>	32
Tabel 4. 6 Nilai Konstanta Pengendali PID	34
Tabel 4. 7 Kontrol PI dan PID dengan Tegangan Masukan Minimum dan Maksimum	36
Tabel 4. 8 Pengukuran Tegangan tanpa <i>Sepic Converter</i>	37
Tabel 4. 9 Pengukuran <i>Sepic Converter</i> dengan Kontrol PI	39
Tabel 4. 10 Pengukuran Tegangan <i>Sepic Converter</i> dengan Kontrol PID	40

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan tegangan dc dewasa ini mulai banyak digunakan oleh beberapa industri maupun perseorangan. Salah satu pengaruhnya karena saat ini sudah banyak dikembangkan pembangkit listrik dengan Energi Baru Terbarukan (EBT) yang menghasilkan tegangan dc, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Tegangan tinggi DC atau yang lebih dikenal dengan *High Voltage Direct Voltage* (HVDC) memiliki beberapa kelebihan yaitu memiliki hanya membutuhkan dua kabel konduktor positif dan negatif, frekuensi nol, dan tidak membutuhkan sinkronisasi. Penggunaan tegangan dc sangatlah bervariasi sesuai peralatan tersebut digunakan. Untuk mendapatkan tegangan dc yang sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan oleh *dc-dc converter*. Sistem pengendali yang populer saat ini yaitu kendali PID dimana pengendali ini dapat mengatur *plan* agar mendapatkan nilai keluaran yang stabil pada *plan* tersebut. Pada *dc-dc converter* PID dapat diimplementasikan untuk mengontrol tegangan keluaran apabila terjadi perubahan nilai pada tegangan masukkan. Pengendalian pada setiap komponen parameter dari setiap nilai P, I dan D akan mempengaruhi dari hasil keluaran *converter* sehingga pemilihan nilai konstanta yang tepat sangat berpengaruh dalam menentukan hasil keluarannya.

Pada *dc-dc converter* memiliki beberapa jenis, diantaranya *buck*, *boost*, dan *buckboost*. Dari berbagai konverter yang disebutkan memiliki kelebihan dan kelemahan. Konverter yang sering digunakan yaitu *buckboost converter* karena penggunaannya yang lebih kompleks. *Buckboost converter* memiliki kelebihan yaitu dapat menaikkan maupun menurunkan tegangan. Namun *buckboost converter* memiliki kelemahan yaitu tegangan keluaran yang berbanding terbalik dengan tegangan masukan serta efisiensi

yang rendah terutama pada beban besar. Hal ini karena banyaknya daya yang hilang pada saat *switching* [1]. Saat ini terdapat beberapa pengembangan *buckboost converter* salah satunya adalah *sepic converter*. *Sepic converter* memiliki tegangan keluaran yang berbanding lurus dengan tegangan masukan dan memiliki efisiensi yang lebih baik [2]. *Sepic* lebih dipilih dibandingkan *Cuk* karena memberikan efisiensi konversi yang lebih tinggi dan harmonik yang lebih rendah sebagai regulator tegangan dc[3]. Pada suatu peralatan perubahan tegangan dipengaruhi oleh sumber tegangan dan beban yang digunakan. Untuk mempertahankan tegangan keluaran agar konstan maka diperlukan suatu kontrol tegangan dc, sehingga peralatan yang digunakan sesuai dengan kemampuan yang diinginkan.

Untuk mengatur tegangan keluaran pada konverter yaitu dengan mengatur *switching* pada sebuah transistor dengan mengubah lebar pulsa (*duty cycle*) pada PWM. Dengan pengendalian *duty cycle* yang tepat konverter mampu mengoptimalkan peralatan yang digunakan. Pada konverter konvensional pengendalian *duty cycle* diatur secara manual dengan memutar potensiometer hingga mencapai pulsa yang diinginkan. Cara tersebut sering sekali menghasilkan *error* yang tinggi dan sangat rumit, karena membutuhkan waktu lama untuk mengatur *duty cycle* yang sesuai. Untuk memperbaiki hal tersebut dibutuhkan pengendalian *duty cycle* agar dapat menjaga kestabilan serta *error* yang lebih kecil. Pengendalian yang populer saat ini yaitu kendali *propotional integral* (PI) dan *propotional integral derivatif* (PID). PID dipilih karena paling banyak digunakan dan mudah digunakan pada konverter [4]. Penentuan konstanta yang tepat pada setiap pengendali akan menghasilkan respon sistem yang cepat, *setting time* cepat hingga mendekati nol, *steady state error* yang cepat, serta menghilangkan *overshoot* [5]. Dimana pada pengaturan menggunakan cara manual tidak dapat dilakukan. Pada pengendali PI dan PID memiliki parameter pengendali yang mirip. Sehingga kelemahannya pun sama meskipun ada kelebihan bila PI dibandingkan dengan PID yang bergantung pada proses yang akan dikendalikan[12].

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang *sepic converter* yang tegangan keluarannya dikontrol dengan pengendali PI dan PID.
2. Menelaah kinerja *sepic converter* dengan pengendali PI dan PID.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat dilakukanya penelitian tugas akhir ini adalah:

1. *Sepic converter* dapat dikendalikan oleh PI dan kendali PID sebagai regulator tegangan dc.
2. Didapatkan hasil kinerja terbaik dari pengendalian PI dan PID yang dapat dibandingkan. .

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Pengendalian yang digunakan yaitu PI dan PID dengan metode *Zigler-Nichols*.
2. Beban yang digunakan berupa lampu dengan tegangan 12V.
3. Sumber masukan berupa modul *photovoltaic* sebesar 50 Wp.

1.5 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mendesain *sepic converter* dengan menghitung besaran komponen yang digunakan.
2. Bagaimana mengatur pengendalian konverter menggunakan kendali PI dan kendali PID.

1.6 Hipotesis

Konverter mampu menaikkan dan menurunkan tegangan keluaran dari tegangan masukkan sesuai dengan kebutuhan beban. Dimana kenaikan dan penurunan tegangan diatur menggunakan pengendalian PI dan PID dengan mengatur *duty cycle*.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab, yaitu:

- BAB I : PENDAHULUAN
Memuat latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, perumusan masalah, hipotesis dan sistematika penulisan.
- BAB II : TINJAUAN PUSTAKA
Berisi teori-teori, tentang beberapa pembahasan karya tulis dan literatur yang membahas tentang konverter, *sepic converter*, pengendalian PI dan PID .
- BAB III : METODE PENELITIAN
Bab ini berisikan tentang hal-hal yang dilakukan dalam penelitian, seperti; Perancangan alat, pengambilan data, dan perbandingan.
- BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN
Menjelaskan prosedur pengujian, hasil pengujian dan analisis.
- BAB V : SIMPULAN DAN SARAN
Memuat simpulan yang diperoleh dari hasil penelitian, dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konverter

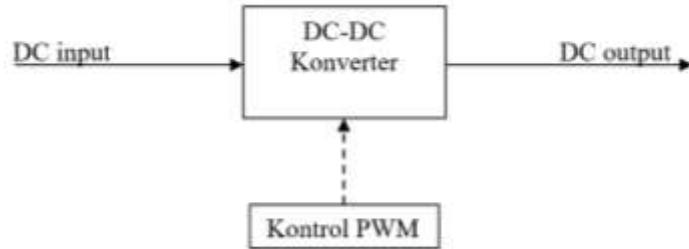
Konverter elektronika daya merupakan suatu alat yang dapat mengkonversi daya elektrik dari satu bentuk kebentuk daya lainnya dalam bidang elektronika daya. Konverter elektronika daya dibagi menjadi empat jenis, antara lain:

1. Konverter AC-DC (*Rectifier*)
2. Konverter AC-AC (*Cycloconverter*)
3. Konverter DC-DC (*DC Chopper*)
4. Konverter DC-AC (*Inverter*)

Dc-dc converter merupakan suatu alat yang mengkonversikan daya listrik searah dari suatu bentuk tegangan dc ke bentuk tegangan dc lainnya. Ada lima rangkaian dasar dari *DC-DC converter* non-isolasi, yaitu *buck*, *boost*, *buck-boost*, *cuk*, dan *sepic*. *Buck converter* yaitu konverter dengan tegangan *output* lebih rendah dari tegangan *input* atau sebagai penurun tegangan. *Boost converter* yaitu konverter yang tegangan *output* lebih tinggi atau sama dengan tegangan *input* bias disebut dengan penaik tegangan [6]. Pada *buckboost converter* , *cuk converter*, dan *sepic converter* sebenarnya memiliki karakteristik yang sama yaitu dapat sebagai penaik tegangan dan penurun tegangan.

Pada *dc-dc converter* secara sederhana digunakan untuk mengkonversi daya listrik searah ke bentuk daya listrik searah lainnya yang terkontrol arus, atau tegangan, atau kedua-duanya. Pada *dc-dc converter* hal yang paling penting adalah *switching*. Proses *switching* terjadi pada transistor yang berfungsi sebagai *electronic switch* yang dapat dibuka (*off*) dan ditutup (*on*). Saat *switch* dalam keadaan *on* maka tegangan keluaran akan sama dengan tegangan masukan, sedangkan jika *switch* dalam keadaan *off* maka tegangan keluaran sama dengan nol [7]. Hal ini dapat menjadikan tegangan keluaran

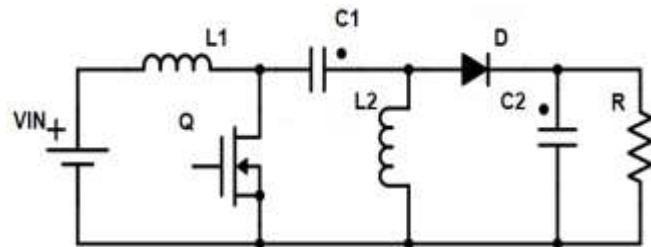
yang dihasilkan akan berbentuk pulsa. Induktor dan kapasitor biasanya digunakan sebagai penyimpan energi. Sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang ditentukan oleh tegangan input dan *duty cycle ratio* pada rangkaian *switching*. Diagram blok dari *dc-dc converter*, sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram blok DC-DC converter.[6]

2.2 Sepic Converter

Sepic converter merupakan suatu konverter dc-dc yang tegangan keluarannya dapat lebih besar atau lebih kecil dari tegangan masukannya. Perbedaan dari *sepic converter* dengan konverter sejenis seperti *buckboost* yaitu polaritas dari sepic tidak terbalik. Pada keadaan stabil besarnya tegangan yang melewati induktor adalah nol, sehingga tegangan pada kapasitor C_1 adalah $V_{C1}=V_S$. Adapun bentuk rangkaian *sepic converter* seperti gambar 2.1:



Gambar 2.2 Rangkaian Sepic
Converter[2].

Sepic converter memanfaatkan mode operasi CCM (*Continuous Conduction Mode*). Kodisi ini dimana arus yang melalui induktor L_1 tidak pernah nol. Ketika *switch ON* pada mosfet maka dioda akan terbuka sehingga induktansi L_1 terisi dari sumber V_s , dan induktor L_2 mengisi C_1 .

$$V_s = V_{L1} + V_{C1} + V_{L2} \quad 2.1$$

Selama kondisi ini tidak ada energi yang menuju beban. Besarnya tegangan yang melewati $V_{LI} = V_s$. Sedangkan saat *switch OFF*, kondisi dioda tertutup, sehingga L_1 mengisi C_1 dan secara bersamaan dengan itu L_2 memberikan arus ke beban.

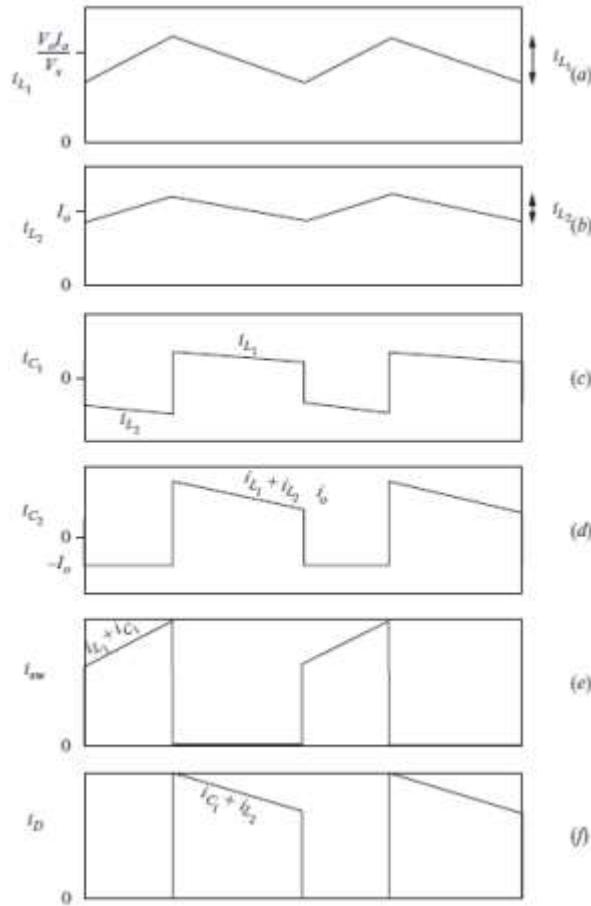
$$V_{out} = V_Q - V_s \quad 2.2$$

Besarnya tegangan pada kondisi ini $V_{LI} = -V_o$.[1]

Pengendalian *switching* pada konverter menggunakan *Pulse Width Modulation* (PWM) dengan mengatur *duty cycle*. *Duty cycle* merupakan perbandingan antara waktu konduksi dibagi dengan waktu konduksi dan waktu tidak konduksi dikalikan 100%. Penjelasan mengenai *duty cycle* tersebut dapat ditulis dalam bentuk persamaan sebagai berikut: [2]

$$D = \frac{t_{on}}{t_{on}+t_{off}} \times 100\% \quad 2.2$$

Hasil *duty cycle* tersebut digunakan untuk memberikan waktu konduksi pada komponen semikonduktor. Prinsip kerja PWM yaitu apabila nilai gelombang sesaat pada $V_{control}$ lebih besar dari gelombang segitiga, maka saklar akan membuka. Sinyal PWM dapat dihasilkan dengan komponen analog dan digital. Komponen analog biasanya menggunakan IC untuk menghasilkan sinyal PWM. Sedangkan komponen digital dapat menggunakan mikrokontroler sebagai komponen penghasil sinyal PWM [8].



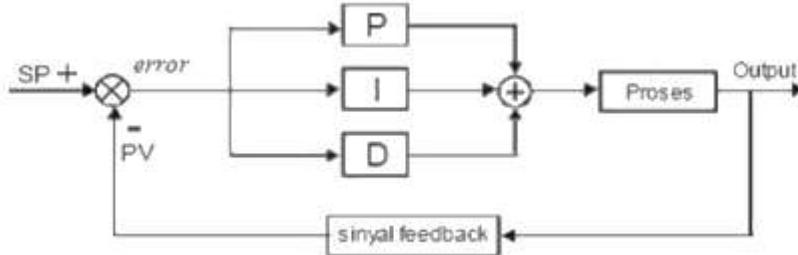
Gambar 2.3 Gelombang Kerja Sepic Converter[9]

Bentuk sinyal yang dianhasilkan pada komponen *Sepic converter* ditunjukkan pada gambar 2.9. Sisi output rangkaian terdiri dari induktor 1(L1), induktor 2 (L2), kapasitor (C1), saklar dan dioda.

2.3 Sistem Pengendali PI dan PID

Pengendalian PI dan PID merupakan penggabungan dua atau tiga aksi kendali yaitu *propotional* (K_p), *integral* (K_i), dan tambahan *derivative* (K_d) untuk kendali PID. Pengendalian PI dan PID secara luas digunakan dalam industri, yaitu hampir sebesar 90% [5]. Hal tersebut karena apabila diatur dengan baik maka akan menghasilkan pengendalian PID yang sangat baik. Selain itu, pengendalian ini sederhana dan mudah diimplementasikan. Dalam perancangan sistem kendali PID dilakukan dengan

mengatur nilai pada parameter P, I, atau D agar tanggapan sinyal keluaran sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 2.4 Blok diagram sistem kendali PID

Pada gambar 2.3 nilai variabel parameter biasanya sama dengan keluaran dari pengendali. Keluaran dari kendali PI atau PID akan mengubah nilai respon mengikuti perubahan yang ada pada hasil pengukuran pada sensor dan nilai set point yang telah ditentukan sebelumnya. Adapun rumus umum pada kendali PID terdapat pada rumus 2.3 :

$$\mu(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{K_I}{S} de(t) \quad 2.2$$

Dimana :

$\mu(t)$ = Sinyal keluaran pengendali PID

K_p = Konstanta *proposional*

K_I = Konstanta *integral*

K_D = Konstanta *derivative*

$e(t)$ = Sinyal *error/kesalahan*[8]

Masing-masing parameter memiliki fungsi yang peran yang berbeda dan memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasi kendali PID dapat bekerja sendiri maupun secara gabungan. Gabungan dari parameter ini akan meningkatkan kestabilan sistem. Pada umumnya kendali *derivatif* akan efektif apabila digunakan saat digabungkan dengan pengendali lainnya, karena kerja pengendali ini efektif saat digunakan pada lingkup sempit, yaitu pada periode peralihan.

Tabel 2. 1 Karakteristik masing-masing kontrol PID

Respon	Rise time	Overshoot	Settling Time	Error steady state
Kp	Mengurangi	Meningkatkan	Mengurangi	Mengurangi
Ki	Mengurangi	Meningkatkan	Meningkatkan	Menghilangkan
Kd	Perubahan kecil	Mengurangi	Menurunkan	Perubahan kecil

Pada Tabel 2.1 menunjukkan karakteristik dari masing-masing kendali sehingga dibutuhkan formula yang tepat dalam menentukan nilai dalam setiap parameter. *Settling time* merupakan ukuran waktu saat respon telah masuk 2%-5%. *Overshoot* adalah nilai tertinggi dari output respon. *Rise time* merupakan waktu yang digunakan untuk menyatakan keberadaan suatu respon, yang diukur saat respon 5%-95% dari *steady state*. *Error steady state* merupakan persentase kesalahan pada saat respon *steady state*. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam menentukan nilai konstanta dari kendali PID seperti *trial and error*, *zeigler-nichols*, dan *tunning matlab*.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Elektrik, Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung. Penelitian dimulai pada bulan Maret 2021 - Desember 2021. Jadwal kegiatan pengerjaan tugas akhir dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No.	Kegiatan	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	Studi Literatur										
2	Seminar Proposal										
3	Perancangan Alat dan Sistem										
4	Pengujian Alat dan Sistem										
5	Analisis dan Hasil										
6	Pembuatan Laporan										
7	Seminar Hasil										

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) sebagai berikut:

Perangkat keras yang digunakan, yaitu:

1. Panel surya sebagai sumber tegangan
2. Rangkian *Sepic converter*. Dimana di dalamnya terdapat komponen elektronika seperti mosfet, dioda, induktor dan kapasitor.
3. Rangkaian catu daya, rangkaian ini digunakan sebagai catu daya rangkaian *gate driver* dan *microcontroller*.

4. Rangkaian *gate driver*, digunakan untuk menguatkan sinyal PWM dari *microcontroller* sehingga memicu kaki *gate* pada mosfet.
5. Sensor INA 219, untuk mengukur nilai tegangan dari baterai ke beban.
6. *Microcontroller arduino mega 2560* digunakan untuk membangkitkan sinyal PWM dan mengontrol keseluruhan.
7. Osiloskop digital, untuk mengetahui gelombang pada rangkaian.
8. Multimeter digital sebagai alat ukur yang digunakan dalam penelitian.
9. Solder dan timah untuk memasang komponen pada PCB.

Perangkat lunak yang digunakan, yaitu:

1. *Arduino Integrated Development Environment (IDE) 1.8.1*, untuk pembuatan kode program (*sketch*) yang akan dimasukkan kedalam *board microcontroller*.
2. *Diptrace 3.0* untuk membuat *layout pcb* yang digunakan dalam penelitian.
3. *Microsoft Office 2010* untuk membuat laporan penelitian, file presentasi dan pengolahan dalam penelitian.

3.3 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut;

1. Studi Literatur

Pada tahap ini, penulis mempelajari dan mengumpulkan literatur mengenai efisiensi daya pada *sepic converter* untuk menstabilkan tegangan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konverter yang dikendalikan oleh PI atau PID pada kestabilan tegangan dan efisiensi daya. Literatur tersebut berasal dari beberapa sumber, seperti buku tentang konverter, jurnal ilmiah, dan penelitian terdahulu.

2. Studi Bimbingan

Pada tahap ini, penulis melakukan diskusi secara berkala dalam menyelesaikan masalah tentang sistem *sepic converter*. Permasalahan ini meliputi desain sistem, pemilihan komponen, serta memperhatikan ketersediaan komponen dipasaran. Hal ini dilakukan agar penulis mengetahui perencanaan pembuatan sistem yang diusulkan sesuai dengan komponen yang ada dan sesuai dengan tujuan penelitian.

3. Perancangan *Sepic Converter*

Pada tahap ini, penulis melakukan perencanaan desain *sepic converter* sesuai dengan kebutuhan beban. Perencanaan desain *sepic converter* dipengaruhi oleh ketersediaan komponen dipasaran. Perancangan sistem *sepic converter* merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya sehingga diharapkan dapat keluaran energi yang lebih baik.

4. Pembuatan Sistem *Sepic Converter*

Tahapan ini adalah merakit Sistem sesuai dengan komponen yang tersedia serta telah diperhitungkan secara matematis pengaruhnya terhadap sistem *sepic converter*. *Sepic converter* dan komponen yang akan digunakan untuk pengukuran akan diuji coba terlebih dahulu karakteristiknya.

5. Pengambilan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini, pengambilan data pada *sepic converter* akan dilakukan. Pengukuran sistem ini meliputi tegangan *output*, hasil tegangan gelombang *output*, arus *output*, hasil gelombang arus *output*, arus dan gelombang di kapasitor, arus dan gelombang di induktor dan gelombang *duty cycle*.

6. Pembuatan Laporan

Pada tahap ini, penulis akan menyajikan hasil dari penelitian dalam bentuk laporan akhir. Laporan ini dapat digunakan sebagai bentuk tanggung jawab penulis terhadap tugas akhir yang telah dilakukan dan digunakan untuk dan seminar akhir.

3.4 Tahapan Pembuatan Alat

Penyelesaian tugas akhir dilakukan dalam beberapa tahap, untuk mempermudah pelaksanaan tersebut diperlukan diagram alir tugas akhir seperti pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir perancangan sistem ditunjukkan seperti Gambar 3.1. Diagram alir dimulai dengan mencari literatur, mencari penelitian terdahulu dan memahaminya guna menentukan spesifikasi sistem yang akan dibuat. Selanjutnya adalah melakukan

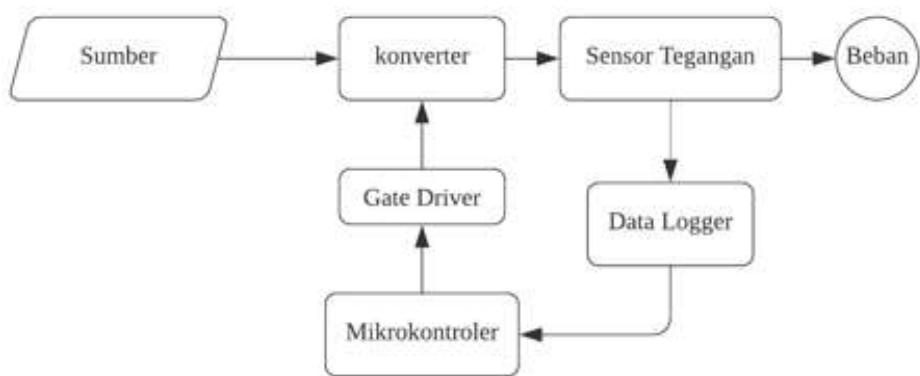
perancangan alat dan pembuatan program untuk sistem kontrolnya. Kemudian dilanjutkan dengan pemilihan alat dan bahan yang tepat agar penelitian berjalan dengan lancar dan sesuai dengan yang diharapkan. Salah satu yang perlu diperhatikan pada proses ini yaitu ketersediaan alat dan bahan apabila dirasa kurang maka akan kembali menuju perancangan.

Langkah selanjutnya adalah pembuatan alat dan sistem yang sesuai dengan perancangan sebelumnya. Lalu pengujian alat, apabila alat dapat bekerja dengan baik maka dilakukan pengambilan data kemudian pengujian sistem. Apabila pengujian sistem tidak berhasil maka evaluasi kembali pembuatan alat dan sistem. Namun, apabila pengujinya berhasil maka analisa sistem dan memberikan kesimpulan dari sistem yang berhasil dibuat.

3.5 Metode Penelitian

Dalam tahap perancangan alat ini terdiri dari beberapa tahap yang akan dilakukan antara lain:

- Perancangan modul kontrol *gate driver*
- Perancangan modul *sepic converter*
- Pemrograman sistem PI dan PID



Gambar 3. 2 Diagram Alir Perancangan Alat dan Sistem Keseluruhan

Secara keseluruhan perancangan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2, dimana sumber energi yang digunakan adalah modul *photovoltaic* dengan tegangan rata-rata (V_{rms}) sebesar 19 volt yang akan dinaikkan atau diturunkan menggunakan *sepic*

converter yang sesuai dengan tegangan referensi sebesar 12 volt. Untuk menyesuaikan tegangan keluaran sesuai dengan tegangan referensi maka nilai *duty cycle* yang diubah. Pada perancangan ini dipasang sensor tegangan untuk mengetahui tegangan masukan dan keluaran dari konverter yang dipasang di sisi masukan dan keluaran dari konverter yang kemudian disimpan di data *logger* melalui RTC. Kemudian data dari sisi keluaran konverter diolah melalui mikrokontroler untuk memberikan respon kepada *duty cycle* untuk menyesuaikan tegangan keluaran sesuai tegangan referensi. Sistem ini akan terus berulang hingga mendapatkan nilai tegangan yang diinginkan. Kendali PI dan PID digunakan sebagai kontrol tegangan agar lebih cepat mencapai menuju *setpoint* yang sesuai dan menjaga kestabilan sehingga dapat memperbesar nilai efisiensi.

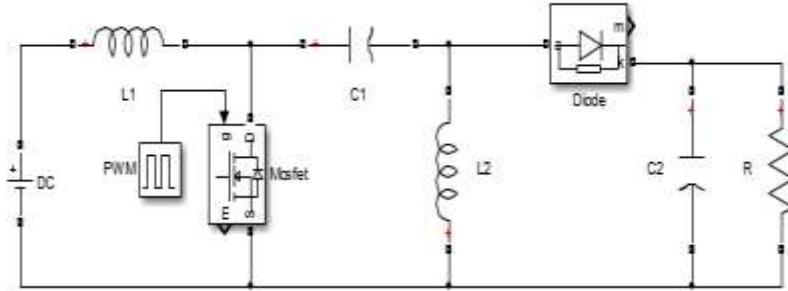
Dalam tahap pengujian ini akan dilakukan untuk melihat keberhasilan alat sesuai dengan prinsip kerjanya dan referensi yang digunakan. Selain itu, saat pengujian berlangsung akan dilakukan pengambilan data yang akan digunakan sebagai acuan untuk menganalisa hasil pengujian. Tahap pengujian ini terdiri dari beberapa proses antara lain:

3. Sepic Converter

Pada *sepic converter* terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain :

a. Rangkaian konverter

Sepic dibuat atas dasar pengembangan konverter jenis sebelumnya, yakni *buck*, *boost*, *buck-boost*, dan Cuk. 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.



Gambar 3. 3 Rangkaian Sepic converter.[2]

Dalam mendesain *sepic converter* pada gambar 3.3 hal yang perlu diperhatikan yaitu pemilihan komponen dengan besaran yang tepat agar lebih maksimal. Adapun rumus yang dipakai dalam mendesain konverter ini sebagai berikut:

Langkah awal penentuan konverter yaitu mencari *duty cycle maksimum* (D_{max}) dan *duty cycle minimum* (D_{min})

$$D = \frac{V_{out} + VD}{V_{in} + V_{out} + VD} \quad (3.1)$$

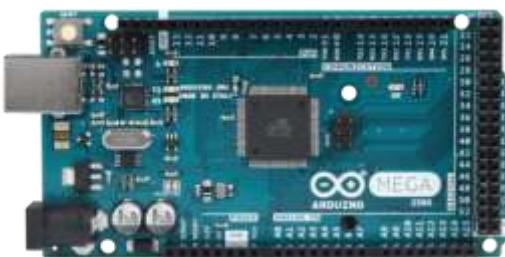
Pada *sepic converter* memiliki dua induktor yaitu L_1 dan L_2 dengan rumus:

$$L_1 = L_2 \geq \frac{V_S \times D}{f \times \Delta I_{L1}} \quad (3.2)$$

Untuk menentukan nilai kapasitor maka digunakan rumus dibawah ini:

$$C_{out} \geq \frac{I_{out} \times D_{max}}{V_{ripple} \times f \times VD} \quad (3.3)[8]$$

Mikrokontroler yang digunakan umumnya terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), memori, I/O tertentu dan unit pendukung lain seperti *Analog to Digital Converter* (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Adapun mikrokontroler yang digunakan sebagai berikut:



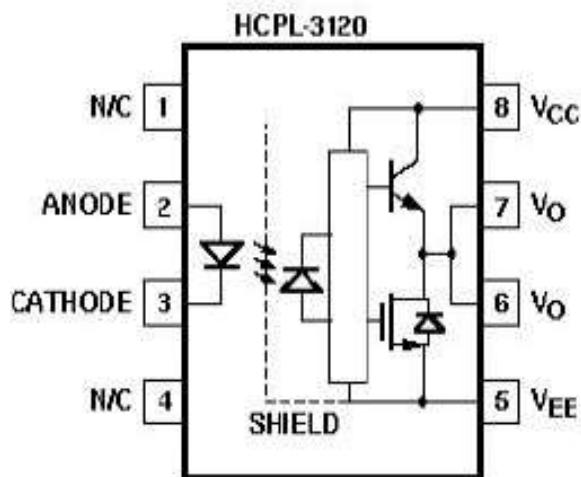
Gambar 3. 4 Mikrokontroler[10]

Bahasa program yang digunakan yaitu bahasa C dengan perangkat lunak kompilernya adalah *sketch* atau Arduino IDE. Adapun spesifikasi dari mikrokontroler ini sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Spesifikasi mikrokontroler

Chip mikrokontroler	Atmega 2560
Operasi Tegangan	5V
Tegangan Masukan	7-12V
Pin I/O Digital	54 Pin
Pin Analog	16
Arus DC Tiap Pin I/O	40 mA
Arus DC ketika 3.3 V	50 mA
Memori Flash	256 KB
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Kecepatan Clock	16 MHz

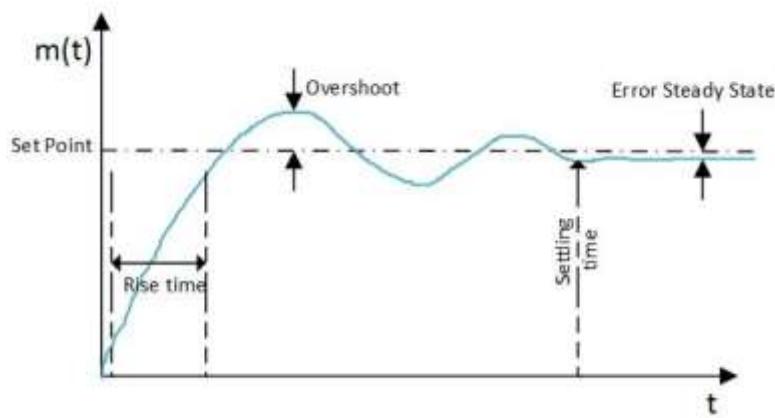
Gate driver berperan sebagai gerbang (pemisah) antara driver daya dengan *microcontroller*. *Gate driver* berfungsi sebagai penguat tegangan pada *microcontroller* yang umumnya sebesar 5 volt menjadi tegangan yang memicu gate pada saklar daya (MOSFET) sesuai dengan *datasheet* yang digunakan yaitu sebesar 15 volt. Pada *gate driver* sendiri menggunakan ic *optocoupler*. Adapun *optocoupler* yang dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Rangkaian Optocoupler

4. Sistem Pengendali PI dan PID

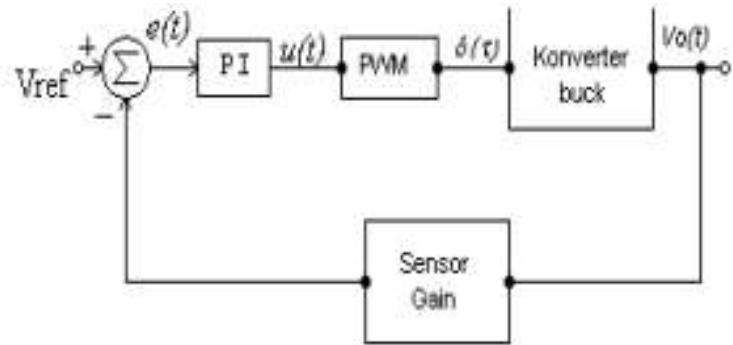
Dalam PI dan PID kontrol yang digunakan bisa berbentuk analog maupun digital. Dalam bentuk analog domain yang digunakan merupakan komponen elektronika analog. Kontrol PID analog parameter yang digunakan selain dalam bentuk K_p , K_i dan K_d ada juga dalam bentuk K_p , T_i dan T_d . Pada PID digital implementasi menggunakan sistem *programming* pada mikroprosesor atau *DSP*. Dalam *tuning* PID memiliki keunggulan yaitu murah, efisien yang tinggi dan kinerja dinamis yang cukup baik.



Gambar 3. 6 Kurva kontrol PID[5]

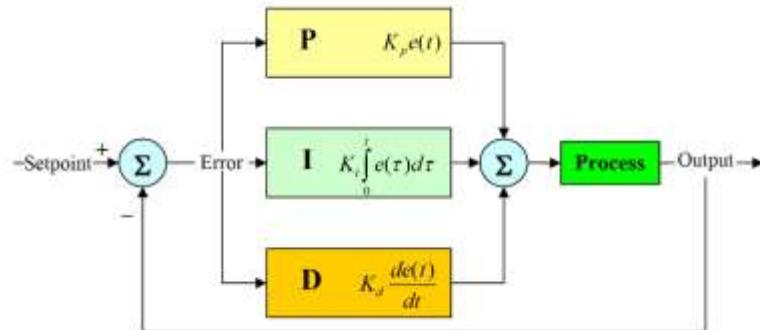
Tuning kontrol PI dan PID bertujuan menentukan parameter dari aksi *Proportional*, *Integratif*, *Derivatif* pada suatu rangkaian. Pada penelitian ini metode yang dilakukan yaitu dengan metode *Zeigler-Nichols*. Keunggulan metode ini yaitu tidak perlu mengidentifikasi, membuat model matematis, dan menentukan parameter secara analitis, cukup memasukkan nilai konstanta P,I,D pada formula *Zeigler-Nichols*.

Blok diagram sistem kendali PI. Tegangan keluaran konverter sepic $V_o(t)$ diukur menggunakan sensor, kemudian dibandingkan dengan tegangan referensi menghasilkan galat $e(t)$, ini menjadi masukan pada blok pengendali PI. Keluaran dari blok pengendali PI $u(t)$ menjadi masukan pada blok pembangkit sinyal PWM (*pulse width modulation*), Sinyal inilah yang akan masuk ke rangkaian *gate drive*, $\delta(t)$ yang akan menyalaikan MOSFET *sepic converter*.



Gambar 3. 7 Kendali PI[13]

Blok diagram sistem pengendali PID untuk *sepic converter* tidak jauh beda dengan pengendali PI, hanya menambahkan satu blok pengendali *derivative*. Sesuai namanya *PID* (*proporsional, integral, dan derivative*) merupakan pengendali yang menggabungkan 3 buah jenis pengendali dengan karakteristiknya masing-masing. Blok diagram sistem kendali menggunakan pengendali PID.



Gambar 3. 8 Kendali PID[13]

Pengendali PID yang mempunyai kelebihan dan kekurangan seperti pada Tabel 3.3, sehingga pengendalian butuh dikombinasikan. Ada beberapa metode untuk menentukan nilai konstanta PID salah satunya adalah Metode *Zeigler-Nichols*. Terdapat beberapa parameter yang dibutuhkan dalam menentukan nilai konstanta PID antara lain T_{Cr} , $K_p max$ dan K_{Cr} . Persamaan untuk menentukan nilai konstanta PID ditunjukkan dengan persamaan:

$$K_p max = \frac{1}{V_{Ref}}$$
 (3.4)

Setelah nilai K_pmax ditentukan, kemudian mencari nilai konstanta kritis yang diperoleh dengan mengalikan *duty cycle* dan nilai K_pmax , persamaan:

$$K_{Cr} = d \cdot K_pmax = \frac{d}{V_{Ref}} \quad (3.5)$$

Kemudian menentukan nilai periode osilasi kritis T_{Cr} dengan persamaan berikut:

$$T_{Cr} = 2\pi\sqrt{LC} \quad (3.6)$$

Nilai konstanta PID diperoleh dari parameter pengendali PID dengan metode *Zeigler-Nichols* pada tabel 3.4:

Tabel 3. 3 Parameter Pengendali PID dengan Metode *Zeigler-Nichols*

Pengendali	K _p	K _i	K _d
P	0.5K _{Cr}	Tak hingga	0
PI	0.45 K _{Cr}	1.2K _p /T _{Cr}	0
PID	0.6 K _{Cr}	2 K _p /T _{Cr}	K _p .T _{Cr} /8
PID <i>small overshoot</i>	0.33 K _{Cr}	2 K _p /T _{Cr}	K _p .T _{Cr} /3
PID <i>without overshoot</i>	0.2 K _{Cr}	2 K _p /T _{Cr}	K _p .T _{Cr} /3

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Rangkaian *sepic converter* yang dapat dikontrol menggunakan pengendali PI dan PID dengan metode *Zeigler-Nichols*. Nilai konstanta yang dihasilkan kontrol PI didapat nilai K_p sebesar 0.01875 dan nilai K_i sebesar 20.52115099. Sedangkan, pada kontrol PID nilai konstanta yang didapat nilai K_p sebesar 0.008333, nilai K_i sebesar 18.241031, dan nilai K_d sebesar 0.00000263803077.
2. Pada pengendali PI dan PID yang telah diimplementasikan nilai pada PID *rise time* pada PID lebih cepat 11%. Nilai *settling time* yang dihasilkan pada PID juga lebih cepat 0.23% dibanding PI dan *overshoot* yang lebih kecil dibanding dengan pengendali PI dengan persentase 0.016.
3. Pada pengendali PI nilai konstanta P dan I dapat menaikkan *overshoot* sehingga tegangan yang dihasilkan kurang stabil dibandingkan PID. Pada pengendali PID konstanta dari derivative dapat menaikkan nilai *settling time* namun besaran nilai *settling time* masih lebih baik dari pengendali PI secara respon. Untuk daya yang digunakan oleh beban selama 8 jam yaitu sebesar 30 KWh .

5.2 SARAN

Adapun saran pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya pengambilan data atau pemantauan hasil keluaran menggunakan modul internet dan berbasis *webserver* agar mempermudah pengguna dalam menganalisis data secara langsung.
2. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan jenis converter lain atau dengan modifikasi agar hasil yang diinginkan lebih baik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bhavin T., Bhavesh Patel, Jay Desai, Kamlesh Sonwane. 2018. *Analysis of SEPIC Converter*. Navsari. IJEDR.
- [2] Falin Jeff. 2008. *Designing Dc/Dc Converter based on Sepic Topology*. Texas Instruments Incorporated. AAJ.
- [3] Mriduwani Verma, S.Shiv Kumar. 2018. *Hardware Design of SEPIC Converter and its Analysis*. Coimbatore. IEEE.
- [4] Widjonarko dkk. *Driver For Led Lamp With Buck Converter Controlled By PID*. Jember. ISITIA.
- [5] Feru Insan Putranma Ramadhan. 2019. Rancang Bangun Auto Adjusment Buck Boost Converter menggunakan Metode PID. PPNS. Tugas Akhir.
- [6] Hang Ye, Fang Lin luo. 2003. *Advanced Dc/DC Converters*. CRCPress.
- [7] Hekimoglu B. dkk., 2018. *Optimal PID Controller Design of DC-DC Buck Converter using Whale Optimization Algorithm*. Batman. IEEE.
- [8] Jukifri M.H. 2018. Pengendali Pwm Pada Buck Converter Dengan Pid Control. USU
- [9] Kalaivani A.,Nandar Kumar K. 2018. *Modified High Step-up Non-Isolated Single Ended Primary Inductor Converter (SEPIC) For PV Applications*. Dindigul. NPEC.
- [10] Kirti B. Nagne. 2018. *Comparison of Dc-Dc Buck-Boost and Sepic Converter for Control of Electronically Comutated BLDC Motor*. TGPC. IJIRMF.
- [11] Rendi Febrianto. 2018. Rancang Bangun Boost Converter untuk Proses Discharging Baterai pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) .Universitas Lampung.
- [12] Robert Bausiere, dkk. 1993. *Power Electronic Converter.electric energy system and engineering series*.SVBHG.
- [13] Samiran. 2019. Perbandingan Pengendali Pi, Pd dan Pid Pada Pengendalian Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Memanfaatkan Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA). Universitas Sriwijaya SJSE.
- [14] Sheren Diusti D.P., Aswardi. 2020. Rancang Bangun Buck-Boost Converter menggunakan Kendali PID. Universitas Negeri Padang. JTEV.
- [15] Suryo Moc. Hidayat. 2010. Rancang Bangun Buck Boost Converter. Universitas Indonesia.