



**RANCANG BANGUN *BUCK CONVERTER* PADA *SOLAR CHARGER*
BERBASIS *COHEN COON***

SKRIPSI

Oleh

Umi Azizah

NIM 151910201011

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**RANCANG BANGUN *BUCK CONVERTER* PADA *SOLAR CHARGER*
BERBASIS *COHEN COON***

SKRIPSI

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

Oleh

Umi Azizah

NIM 151910201011

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

Puji syukur terjutkan kepada Allah SWT yang telah memberikan limpah rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan skripsi ini banyak sekali semangat yang didapatkan dari banyak pihak. Untuk itu persembahan ini penulis berikan kepada :

1. Ayahanda Murtaji dan Ibunda Artatik tercinta, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dengan perhatian penuh kepada penulis sampai penulis menyelesaikan tugas skripsi dengan lancar.
2. Bapak Dosen Pembimbing Utama Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. serta Bapak Dosen Pembimbing Anggota Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. atas kesabaran dan keikhlasan dalam membimbing penulis menyelesaikan skripsi ini.
3. Seluruh dosen Teknik Elektro Universitas Jember yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan dan bimbingan selama mengikuti pendidikan di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Keluarga besar Laboratorium Sistem tenaga, M. Ridwan Prasetya, Alfika Rizki haritsa dan Aditya Aprilia Arganata yang telah banyak membantu dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Seluruh dulur Elektro 2015 yang telah memberikan dukungan dan doanya.
6. Sahabat-sahabat ku tercinta yang telah memberikan semangat serta perhatian yang luar biasa.

MOTTO

*“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”
(QS. Al - Insyirah : 5)*

*“Saya sukses, karena saya telah kehabisan apa
yang disebut dengan kegagalan”
(Thomas Alfa Edison)*

*“Dan karena Tuhanmu, bersabarlah.”
(Qs. Al – Muddassir : 7)*



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Umi Azizah

NIM : 151910201011

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “**Rancang Bangun Buck Converter Pada Solar Charger Berbasis Cohen Coon**” adalah benar-benar 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 22 Juli 2019

Yang menyatakan,

Umi Azizah
151910201011

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN *BUCK CONVERTER* PADA *SOLAR CHARGER*
BERBASIS *COHEN COON***

Oleh

Umi Azizah
NIM 151910201011

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Widyono Hadi, M. T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Rancang Bangun *Buck Converter* Pada *Solar Charger* Berbasis *Cohen Coon*” karya Muh.Fazauddiyak Sa'id telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 25 Juni 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing I, Tim Penguji, Pembimbing II,

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP 19700826199701001

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 197104022003121001

Penguji I,

Penguji II,

H.R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T.
NIP 196906081999031002

Dr. Azmi Saleh, S.T., MT.
NIP 19706141997021001

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M. U. M.
NIP 1966121151995032001

RINGKASAN

Rancang Bangun *Buck Converter* Pada *Solar Charger* Berbasis *Cohen Coon*;
Umi Azizah, 151910201011; 2019; 88 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas
Teknik Universitas Jember

Kebutuhan listrik di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya, seiring dengan penambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri. Di Indonesia konsumsi tenaga listrik per kapita dan per pelanggan setiap tahunnya terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2015 dengan jumlah penduduk 255.461.700 jiwa jumlah konsumsi tenaga listrik sebesar 232.520.00 MWh (Statistik Ketenagaan Listrik, 2015). Semakin bertambahnya konsumsi listrik di Indonesia maka penggunaan bahan bakar fosil juga semakin bertambah khususnya bahan bakar minyak. Pada tahun 2015 penggunaan bahan bakar minyak pada pembangkit listrik tenaga uap sebesar 182.204.80 kilo liter. Untuk mengurangi ketergantungan dan menghemat penggunaan energi fosil, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang ramah lingkungan dan konvensional maka digunakan energi alternatif. Energi alternatif merupakan energi yang didapat dari hasil sumber daya alam yang dapat diperbarui atau tidak terbatas ketersediaannya (Statistik Ketenagaan Listrik, 2015).

Buck converter adalah konverter yang menghasilkan tegangan keluaran yang lebih kecil dari tegangan masukannya. Tegangan keluaran yang dihasilkan mempunyai polaritas yang sama dengan tegangan masukannya. *Buck Converter* biasa disebut juga sebagai *step-down converter*. Rangkaian *Buck Converter* terdapat beberapa komponen yaitu diode, resistor, inductor, kapasitor dan mosfet.

Proses *switching* dari *Buck Converter* menggunakan arduino uno dengan setup pin 6 sebagai *switching driver* mosfet. Satu pin dari mikrokontroler dapat mengontrol sebuah mosfet tipe N. Proses *switching Buck Converter* memiliki frekuensi sebesar 62.5 kHz dengan bentuk gelombang kotak atau PWM.

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan tegangan yang dikontrol dengan menggunakan kontrol PID metode *cohen coon* untuk menstabilkan tegangan *output* dengan *setpoint* sebesar 14 V. Tujuan dari tegangan *setpoint*

sebesar 14 V ialah agar *converter* mampu diterapkan pada pengisian baterai 12 V 7.2 Ah.

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan pengujian *converter* dilakukan dengan memberikan beban statis dan beban dinamis. Pembebanan statis dilakukan dengan menggunakan varian resistor kapur sebesar 50 ohm, 25 ohm, dan 10 ohm, sedangkan untuk pembebanan dinamis dilakukan pada pengisian baterai sebesar 12 V 7.2 Ah. Hasil dari pengujian dua beban statis dengan menggunakan metode *cohen coon* resistansi sebesar 50 ohm yaitu untuk mencapai keadaan *steady state* membutuhkan waktu sebesar 21,2 s dan ketika dengan resistansi 25 ohm membutuhkan waktu sebesar 25,1 s. Sehingga dapat diketahui bahwa semakin kecil nilai resistansi yang digunakan maka menyebabkan waktu yang dibutuhkan kontrol PID *cohen coon* lebih lama, hal ini dikarenakan semakin kecil nilai resistansi maka drop tegangan yang terjadi semakin besar, sehingga mengakibatkan waktu untuk mencapai *setpoint* semakin lama. Pada pengujian *Buck Converter* dengan menggunakan kontrol PID *cohen coon* diterapkan pada pengisian baterai dengan menggunakan sumber daya dari panel surya untuk menghasilkan kecepatan pengisian daya yang maksimal pada terpenuhinya pengisian beban baterai 12 V 7.2 Ah.

SUMMARY

Rancang Bangun Buck Converter Pada Solar Charger Berbasis Cohen Coon; Umi Azizah, 151910201011; 2019; 88 pages; Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering University of Jember

Electricity needs in Indonesia are increasing every year, along with population growth, economic growth and energy consumption patterns themselves. In Indonesia electricity consumption per capita and per customer continues to increase every year. In 2015 with a population of 255,461,700 people the amount of electricity consumption was 232,520.00 MWh (Electric Power Statistics, 2015). The increasing electricity consumption in Indonesia, the use of fossil fuels is also increasing, especially fuel oil. In 2015 the use of fuel oil in a steam power plant amounted to 182,204.80 kilo liters. To reduce dependence and save fossil energy use, to meet the needs of electric energy that is environmentally friendly and conventional, alternative energy is used. Alternative energy is energy derived from natural resources that can be updated or not limited to availability (Electricity Statistics, 2015).

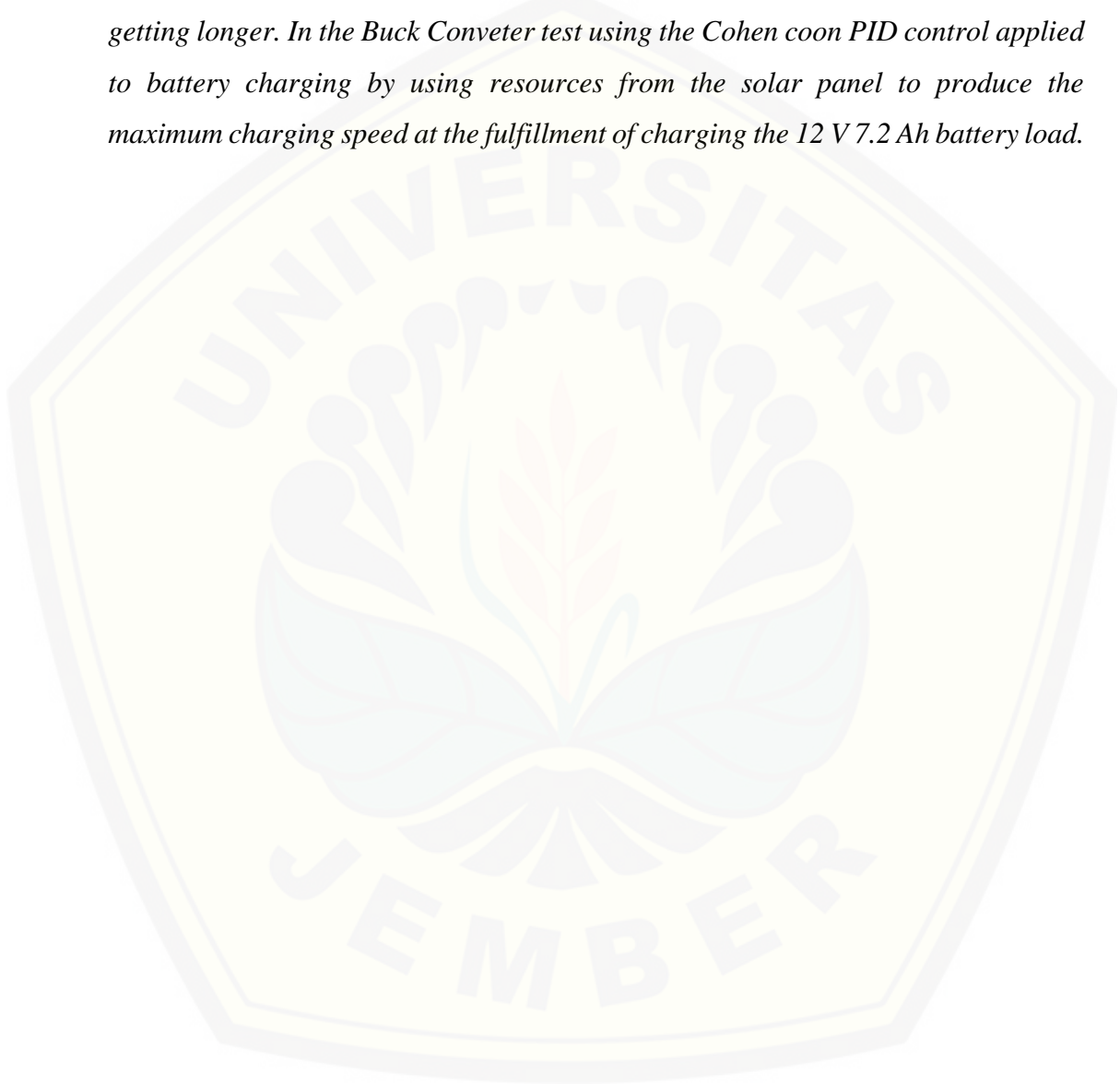
Buck converter is a converter that produces an output voltage that is smaller than the input voltage. The resulting output voltage has the same polarity as the input voltage. Buck Converter is also called a step-down converter. Buck Converter circuits have several components, namely diodes, resistors, inductors, capacitors and mosfets.

The switching process from Buck Converter uses Arduino Uno with setup pin 6 as a switching mosfet driver, one pin from the microcontroller can control a N type mosfet. The switching process Buck Converter has a frequency of 62.5 kHz PWM.

From the research that has been done, the voltage is controlled by using the PID control cohen coon method to stabilize the output voltage with a setpoint of 14 V. The purpose of the setpoint voltage of 14 V is for the converter to be able to be applied to the 12 V 7.2 Ah battery charging.

The results of the research that has been done have been found that converter testing is done by providing static and dynamic loads. Static loading is done using a 50 ohm limestone resistor, 25 ohm, and 10 ohm, while for dynamic

loading carried out on the battery charging of 12 V 7.2 Ah. The results of testing two static loads using the cohen coon resistance method of 50 ohms, which is to reach a steady state, takes 21.2 s and when 25 ohms takes 25.1 s. So that it can be seen that the smaller the resistance value used, the longer it takes for the cohen coon PID control to take longer, this is because the smaller the resistance value, the greater the voltage drop that occurs, so that the time to reach the setpoint is getting longer. In the Buck Conveter test using the Cohen coon PID control applied to battery charging by using resources from the solar panel to produce the maximum charging speed at the fulfillment of charging the 12 V 7.2 Ah battery load.



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Rancang Bangun *Buck Converter* Pada *Solar Charger* Berbasis *Cohen Coon*”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menuntaskan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

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

1. Allah SWT, atas kemurahan-Nya saya dapat menuntaskan skripsi ini.
2. Nabi Muhammad SAW, Nabi junjungan umat Islam yang telah menarik kami dari zaman jahiliyah ke zaman yang lebih baik.
3. Kedua orang tua saya, bapak Murtaji dan ibu Artani yang telah membantu baik moral atau materil serta doa yang tidak pernah putus.
4. Dosen pembimbing utama bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. serta bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. Dosen penguji bapak H.R.B. Moch Gozali, S.T., M.T. dan bapak Dr. Azmi Saleh, S.T., MT. yang selalu memberikan arahan dalam penelitian ini.
5. Keluarga Besar Laboratorium Sistem Tenaga M. Ridwan Prasetya, S.T., Alfika Rizki Haritsa, S.T., dan Aditya Aprilya Arganata, S.T. yang telah banyak membantu dalam pengerjaan skripsi ini dan selama menjadi asisten Laboratorium Sistem Tenaga.
6. Viola, S.T., Muhammad Arif Baihaqi, S.T. serta Ardianto Syaifur R., S.T. yang telah membantu penulis selama pengerjaan tugas skripsi.
7. Keluarga Teknik Elektro 2015 “D15TORSI” yang sudah menemani saya berproses selama menjadi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Jember.
8. Guru-guru yang telah membimbing saya mulai dari taman kanak-kanak sampai sekolah menengah.
9. Kos Patrang yang selalu menemani selama di Jember.
10. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro yang telah memberikan pengalaman yang luar biasa.

Penulis juga menerima semua kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 22 Juli 2019

Penulis

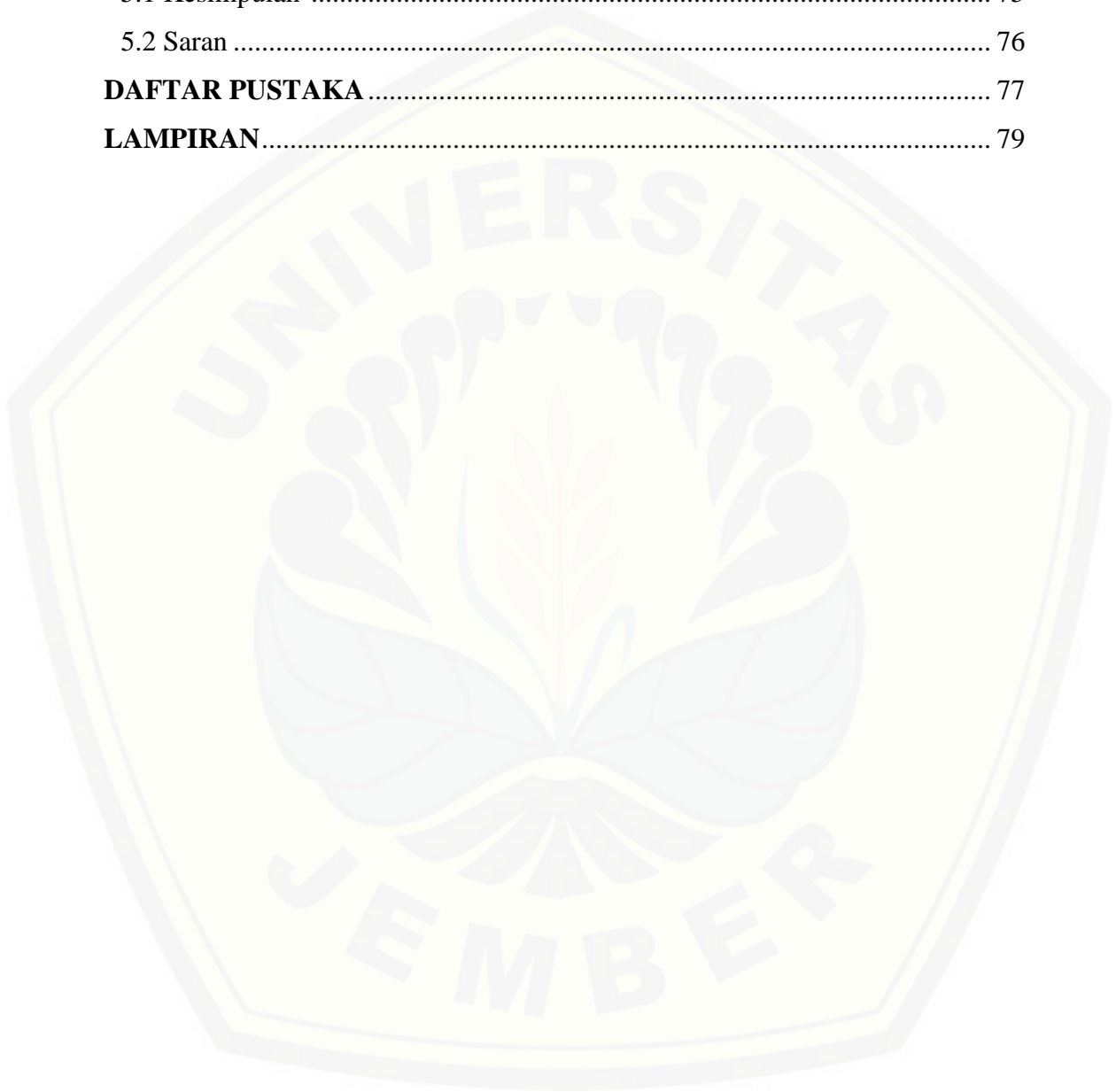


DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2.TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Penelitian Terkait.....	5
2.3 Panel Surya	6
2.4 <i>Buck Converter</i>	9
2.5 Arduino Uno	13
2.6 PWM.....	14

2.7 Sensor Arus ACS712	15
2.8 Sensor Tegangan DC	16
2.9 <i>Real Time Clock</i> (RTC)	17
2.10 <i>SD Card Data Logger</i>	17
2.11 <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)	18
2.12 Baterai VRLA	18
2.13 Sistem Kendali PID	20
BAB 3. METODE PENELITIAN	26
3.1 Tempat Penelitian	26
3.2 Waktu Penelitian	26
3.3 Jenis dan Pengumpulan Data	27
3.4 Alat dan bahan Penelitian	28
3.5 Rancangan Penelitian	29
3.5.1 Diagram Blok Alat	30
3.5.2 Perencanaan Desain Sistem	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Implementasi dan Pengujian <i>Buck Converter</i>	40
4.2 Analisa Pengujian Karakteristik Panel Surya 50 wp	43
4.3 Analisa Pengujian Sensor Arus	45
4.4 Analisa Pengujian Sensor Tegangan	47
4.5 Analisa Pengujian Sinyal PWM	50
4.6 Analisa Pengujian <i>Buck Converter</i> Tanpa Kontrol	54
4.6.1 <i>Buck Converter</i> Tanpa Beban	54
4.6.2 <i>Buck Converter</i> Dengan Beban	56
4.7 Pengujian <i>Buck Converter</i> menggunakan Kontrol PID	59
4.7.1 <i>Tuning</i> Parameter PID Metode <i>Close Loop Ziegler-Nichols</i>	60
4.7.2 <i>Tuning</i> Parameter PID Metode <i>Cohen Coon</i>	63
4.8 Perbandingan Metode <i>Ziegler Nichols</i> dengan <i>Cohen Coon</i>	68
4.9 Pengujian Baterai	71

BAB 5.PENUTUP	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	79



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 <i>Datasheet</i> Panel Surya 50 wp <i>Poycrystalline</i>	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Uno R3	13
Tabel 2.3 <i>Terminal list</i> sensor arus ACS712	16
Tabel 2.4 Parameter PID Untuk ZN Tipe 2	24
Tabel 2.5 Parameter PID dengan menggunakan <i>Cohen Coon</i>	25
Tabel 3.1 Rencana dan Jadwal Pelaksanaan Penelitian	26
Tabel 3.2 Spesifikasi Panel Surya 50 wp	31
Tabel 3.3 Parameter DC/DC <i>Buck Converter</i>	32
Tabel 4.1 Parameter Perancangan <i>buck converter</i>	41
Tabel 4.2 Data hasil pengujian karakteristik panel surya	43
Tabel 4.3 Hasil Pengujian sensor arus	46
Tabel 4.4 Data hasil pengujian sensor tegangan	48
Tabel 4.5 Pengujian Gelombang <i>Pulse Width Modulation</i>	50
Tabel 4.6 Data hasil pengujian <i>Buck converter</i> tanpa beban	55
Tabel 4.7 Data hasil pengujian <i>Buck converter</i> dengan beban	56
Tabel 4.8 Perbandingan metode <i>Ziegler Nichols</i> dengan metode <i>cohen coon</i> tanpa beban.....	68
Tabel 4.9 Perbandingan metode <i>Ziegler Nichols</i> dengan <i>Cohen Coon</i> dengan beban	71
Tabel 4.10 Pengujian Baterai menggunakan panel surya 50 wp pada hari pertama	72
Tabel 4.11 Pengujian Baterai menggunakan panel surya 50 wp pada hari kedua	73

DAFTAR GAMBAR

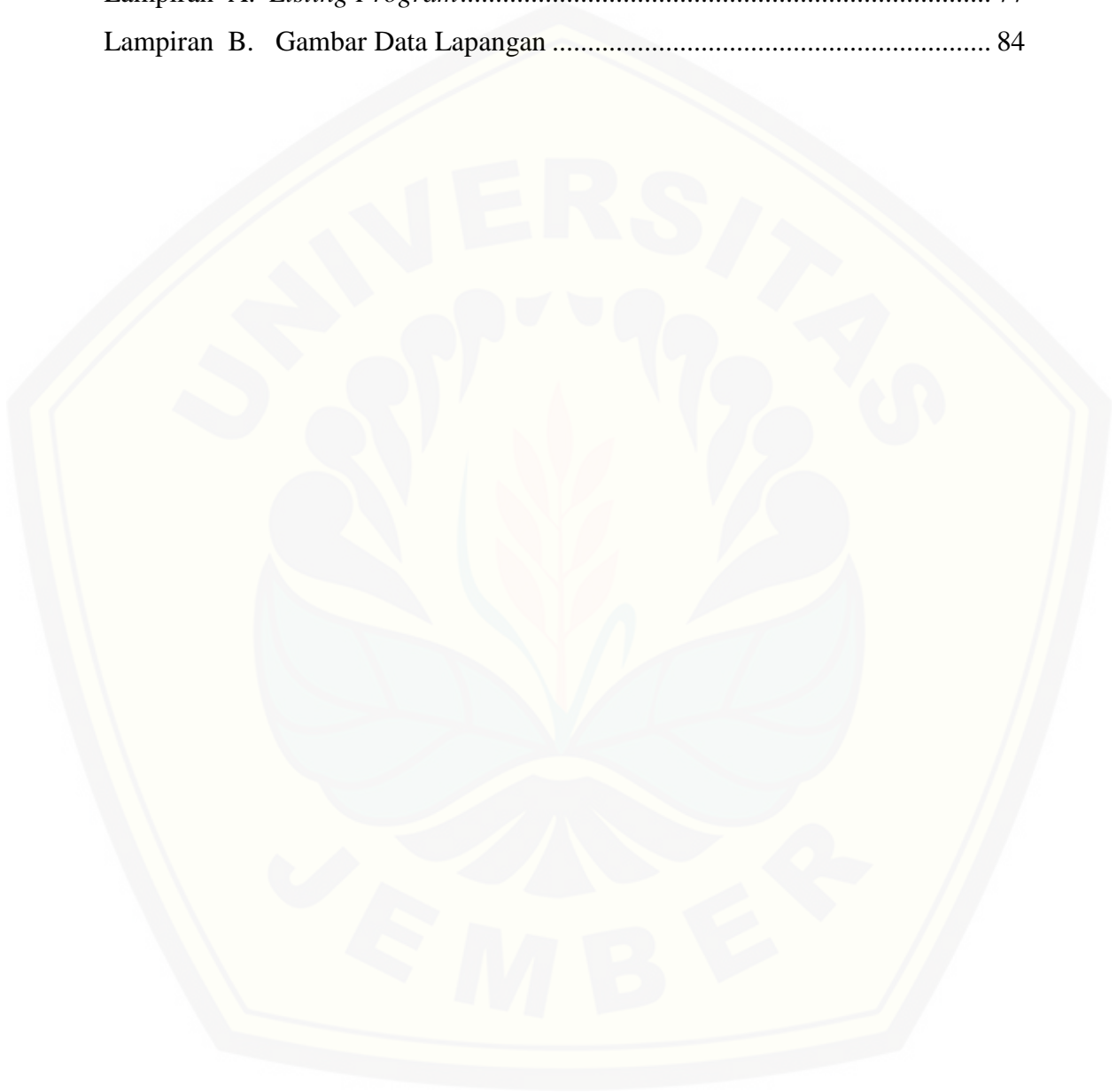
	Halaman
Gambar 2.1 Karakteristik I-V Sel Surya.....	7
Gambar 2.2 Panel Surya 50 wp <i>Polycrystalline</i>	8
Gambar 2.3 Rangkaian <i>Buck Converter</i>	9
Gambar 2.4 Gelombang <i>continuous conduction</i> dan <i>discontinuous conduction mode</i>	10
Gambar 2.5 <i>Buck converter</i> saat kondisi <i>switch on</i>	11
Gambar 2.6 <i>Buck converter</i> saat kondisi <i>switch off</i>	12
Gambar 2.7 Bentuk Fisik Arduino Uno R3	13
Gambar 2.8 Lebar <i>Pulse Width Modulation</i>	15
Gambar 2.9 ACS712.....	15
Gambar 2.10 Rangkaian Sensor Tegangan	16
Gambar 2.11 Modul <i>Real Time Clock</i>	17
Gambar 2.12 <i>Micro SD Data Logger</i>	18
Gambar 2.13 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	18
Gambar 2.14 <i>Battery VRLA 12V 7.2 Ah</i>	19
Gambar 2.15 Blok Diagram Pengendali PID.....	20
Gambar 2.16 Sistem Kontrol <i>Buck Converter</i> dengan PID	21
Gambar 2.17 Sistem diberi <i>input step</i>	22
Gambar 2.18 Proses <i>desain</i> penentuan parameter L dan T.....	22
Gambar 2.19 Sistem <i>closed loop</i> dengan menggunakan K_p	23
Gambar 2.20 Proses mendesain menentukan parameter P_{cr}	23
Gambar 2.21 Respon 1 Steady State pada Cohen-Coon.....	24
Gambar 2.22 Respon 2 Steady State pada Cohen-Coon.....	24
Gambar 2.23 Penjelasan Perhitungan dengan Metode Cohen Coon.....	25
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	27
Gambar 3.2 Blok diagram sistem	30
Gambar 3.3 Panel Surya 50 wp <i>polycrystalline</i>	31

Gambar 3.4	Rangkaian <i>Buck converter</i>	32
Gambar 3.5	Rangkaian Sensor Tegangan.....	33
Gambar 3.6	Respon 1 Steady State pada Cohen-Coon	35
Gambar 3.7	Respon 2 Steady State pada Cohen-Coon.....	36
Gambar 3.8	Pemodelan sistem pada <i>cohen coon</i>	36
Gambar 3.9	Design alat secara keseluruhan	39
Gambar 4.1	<i>Schematic buck converter</i>	41
Gambar 4.2	Layout PCB (a) Tampak bawah (b) Tampak bawah	42
Gambar 4.3	Perancangan <i>buck converter</i>	42
Gambar 4.4	Grafik Pengaruh Waktu terhadap Daya	45
Gambar 4.5	Grafik Pengujian Sensor Arus dengan Multimeter	47
Gambar 4.6	Grafik pengujian Sensor Tegangan dengan Multimeter	49
Gambar 4.7	Perancangan Diver Mosfet	54
Gambar 4.8	Grafik <i>Duty Cycle</i> tegangan keluaran	56
Gambar 4.9	Grafik pengujian resistansi terhadap arus	58
Gambar 4.10	Grafik pengujian resistansi terhadap tegangan.....	58
Gambar 4.11	Grafik pengujian resistansi terhadap daya keluaran.....	59
Gambar 4.12	Grafik respon metode <i>close loop Ziegler Nichols</i> dengan <i>setpoint</i> 14	60
Gambar 4.13	Grafik respon metode <i>close loop Ziegler Nichols</i> dengan resistansi 50 ohm	61
Gambar 4.14	Grafik respon metode <i>close loop Ziegler Nichols</i> dengan resistansi 25 ohm	62
Gambar 4.15	Grafik respon metode <i>close loop Ziegler Nichols</i> dengan resistansi 10 ohm	63
Gambar 4.16	Grafik respon metode <i>cohen coon</i> dengan <i>setpoint</i> 14	64
Gambar 4.17	Grafik respon metode <i>cohen coon</i> dengan dengan resistansi 50 ohm	65

Gambar 4.18	Grafik respon metode <i>cohen coon</i> dengan dengan resistansi 25 ohm.....	65
Gambar 4.19	Grafik respon metode <i>cohen coon</i> dengan dengan resistansi 10 ohm.....	67
Gambar 4.20	Grafik respon metode <i>Ziegler-Nichols</i> dengan metode <i>Cohen Coon</i> tanpa beban	68
Gambar 4.21	Grafik respon metode <i>Ziegler-Nichols</i> dengan metode <i>Cohen Coon</i> dengan resistansi 50 ohm.....	69
Gambar 4.21	Grafik respon metode <i>Ziegler-Nichols</i> dengan metode <i>Cohen Coon</i> dengan resistansi 25 ohm.....	70
Gambar 4.21	Grafik respon metode <i>Ziegler-Nichols</i> dengan metode <i>Cohen Coon</i> dengan resistansi 10 ohm.....	70

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. <i>Listing Program</i>	77
Lampiran B. Gambar Data Lapangan	84



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan listrik di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya, seiring dengan penambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri. Di Indonesia konsumsi tenaga listrik per kapita dan per pelanggan setiap tahunnya terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2015 dengan jumlah penduduk 255.461.700 jiwa jumlah konsumsi tenaga listrik sebesar 232.520.00 MWh (Statistik Ketenagaan Listrik, 2015). Semakin bertambahnya konsumsi listrik di Indonesia maka penggunaan bahan bakar fosil juga semakin bertambah khususnya bahan bakar minyak. Pada tahun 2015 penggunaan bahan bakar minyak pada pembangkit listrik tenaga uap sebesar 182.204.80 kilo liter. Untuk mengurangi ketergantungan dan menghemat penggunaan energi fosil, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang ramah lingkungan dan konvensional maka digunakan energi alternatif. Energi alternatif merupakan energi yang didapat dari hasil sumber daya alam yang dapat diperbarui atau tidak terbatas ketersediaannya (Statistik Ketenagaan Listrik, 2015).

Sel surya merupakan salah satu energi alternatif yang terbuat dari bahan semikonduktor yang dapat merubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan konsep fotovoltaik. Di Indonesia penggunaan energi surya masih sangat sedikit, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) menghasilkan listrik relatif sedikit dibandingkan dengan pembangkit lainnya yaitu pada tahun 2013-2015 sebesar 8,96 MW. Panel surya sendiri mempunyai efisiensi yang relatif kecil sekitar <40% dikarenakan tidak semua energi dari sinar matahari dapat diterima p-n junction yang mempunyai prinsip kerja mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, sehingga sebagian energi sinar matahari akan terbuang sia-sia menjadi panas. Dikarenakan pengaruh dari cuaca menyebabkan besar radiasi sinar matahari tidak tentu akibatnya tegangan keluaran dari panel surya tidak konstan. Ketika hasil arus dan tegangan keluaran dari panel surya tidak konstan digunakan untuk *charger*, maka akan berdampak kerusakan pada baterai. (Statistik Ketenagaan Listrik, 2015).

Dari permasalahan tersebut diperlukan suatu alat yang dapat meningkatkan efisiensi dari panel surya yaitu “*Solar Charger*”. Penelitian ini telah dilakukan sebelumnya oleh “Satrio Cahyono” 2017. Judul penelitian yang dilakukan oleh Satrio Cahyono yaitu “Perancangan Sistem Solar Charger Menggunakan Buck Converter Dengan Metode Kontrol PID”. Penelitian ini masih memiliki beberapa kekurangan yaitu dengan menggunakan metode *trial and error* dalam menentukan nilai K_p , K_i dan K_d membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan parameter yang sesuai.

Pada penelitian selanjutnya oleh Gyan Septaria (2018) ini mengenai sistem pengisian baterai menggunakan *solar cell* dengan judul penelitian “Rancang Bangun DC-DC *Buck Converter* Pada *Solar Charger* Berbasis *Ziegler Nichols*”. Penelitian ini menggunakan metode *Ziegler Nichols*, tegangan keluaran yang dihasilkan cukup stabil, dengan menggunakan metode ini waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai k_p , k_i dan k_d cukup cepat, dikarenakan pada metode *ziegler nichols* ini telah terdapat parameter yang digunakan untuk mendapatkan nilai k_p , k_i dan k_d .

Maka dari itu dilakukan penelitian yang merupakan pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu “Rancang Bangun Buck Converter Pada Solar Charger Berbasis Cohen Coon”. Penelitian ini akan membuat sistem charger yang mana menggunakan panel surya 20 Wp sebagai sumber energinya serta menggunakan baterai sebesar 12 V sebagai *backup* tegangan *output* dari *Solar Charger*. Tegangan keluaran panel surya akan di turunkan tegangannya yaitu menggunakan *buck converter* hingga diperoleh tegangan *output* dengan kontrol PID menggunakan metode *cohen coon* sebagai pengendali tegangan keluaran. Metode *cohen coon* ini merupakan metode yang digunakan untuk menentukan nilai k_p , k_i dan k_d pada PID dengan parameter yang ada pada metode *cohen coon*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan sebelumnya, maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana perancangan *buck converter* pada sistem *solar charger*.
2. Bagaimana menentukan parameter k_p , k_i dan k_d pada sebuah *buck converter* dengan menggunakan metode *cohen coon*.
3. Bagaimana tegangan keluaran dari *buck converter* setelah dikendalikan oleh PID dengan metode *cohen coon*.

1.3 Batasan Masalah

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

1. Panel surya yang digunakan sebesar 20 wp jenis *polycrystalline*.
2. Tidak membahas masalah kelembaban, suhu, dan kemiringan pada panel surya.
3. Pengujian DC-DC *Buck Converter* untuk *charger battery*.
4. *Battery* yang digunakan 12 Volt 7,2 Ah
5. Pengujian *solar charger* menggunakan *buck converter* dilakukan pada resistor.
6. Untuk menentukan nilai K_p , K_i dan K_d menggunakan metode *Cohen Coon*.
7. Analisa hanya difokuskan pada tegangan keluaran *solar charger* menggunakan *Buck Converter* dengan menggunakan metode *cohen coon*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini diantaranya :

1. Mengetahui perancangan *Buck Converter* pada sistem *Solar Charger*.
2. Mengetahui parameter k_p , k_i dan k_d pada sebuah *buck converter* dengan menggunakan metode *cohen coon*.
3. Mengetahui tegangan keluaran dari *buck converter* setelah dikendalikan oleh PID dengan metode *cohen coon*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan solusi terhadap pemanfaat energi matahari sebagai sumber energi listrik.
2. Mengoptimalkan tegangan keluaran pada panel surya 50 wp menggunakan *buck converter*.
3. Dapat digunakan sebagai literatur pada saat perancangan atau pembangunan sebuah energi terbarukan skala kecil yang berkaitan dengan *buck converter*.
4. Dapat digunakan sebagai solusi bagi masyarakat pada umumnya dan Universitas Jember pada khususnya sebagai penyedia energi listrik melalui energi terbarukan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka ini akan menjelaskan mengenai beberapa kajian teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan yang akan diuji sehingga permasalahan tersebut dapat dipecahkan baik menggunakan teori yang ada sebagai acuan dasar analisis data. Pada tinjauan pustaka ini juga akan membahas bagaimana komponen-komponen yang digunakan dalam rancang bangun ini sehingga komponen tersebut dapat diimplementasikan pada penelitian ini. Berdasarkan hal-hal tersebut maka dapat dijelaskan dengan bahasan dibawah ini, yaitu antara lain :

2.2 Penelitian Terkait

Penelitian terkait ini adalah pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Satrio Cahyono (2017) dengan judul penelitian yaitu Perancangan Sistem Solar Charger Menggunakan Buck Converter Dengan Metode Kontrol PID. Penelitian ini menggunakan metode *trial and error* untuk menentukan nilai Kp, Ki dan Kd. Dengan menggunakan metode ini membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan nilai kp, ki dan kd, karena dengan metode *trial and error* ini yaitu metode coba-coba dalam menentukan nilai kp, ki dan kd.

Pada penelitian selanjutnya oleh Gyan Septaria (2018) ini mengenai sistem pengisian baterai menggunakan *solar cell* dengan judul penelitian “Rancang Bangun DC-DC *Buck Converter* Pada *Solar Charger* Berbasis *Ziegler Nichols*”. Penelitian ini menggunakan metode *Ziegler Nichols*, tegangan keluaran yang dihasilkan cukup stabil, dengan menggunakan metode ini waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai kp, ki dan kd cukup cepat, dikarenakan pada metode *ziegler nichols* ini telah terdapat parameter yang digunakan untuk mendapatkan nilai kp, ki dan kd.

Sedangkan pada penelitian ini dilakukan pengembangan yaitu “Sistem Rancang Bangun *Buck Converter* berbasis *Cohen Coon* pada *Solar Charger*”, pada penelitian ini menggunakan metode yang berbeda dari penelitian sebelumnya untuk mendapatkan nilai k_p , k_i dan k_d yaitu metode *cohen coon*. Metode ini akan diterapkan pada sebuah *buck converter* untuk mengetahui tegangan keluaran dari *buck converter* ini.

2.3 Panel Surya

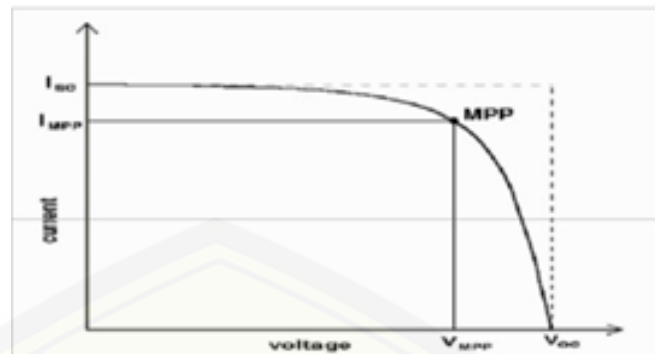
Sel surya adalah sebuah alat yang tersusun dari material semikonduktor yang dapat mengubah sinar matahari menjadi tenaga listrik secara langsung (Novi, 2014). Pada sel surya terdiri atas sambungan p-n yang sama fungsinya dengan diode. Prinsip kerjanya ketika sinar matahari mengenai permukaan dari sel surya, maka energi yang dibawa oleh sinar matahari tersebut akan diserap oleh electron pada sambungan p ke n dan selanjutnya mengalir ke luar melalui kabel yang terpasang ke sel. Sel-sel itu terbuat dari Kristal silicon yang dikembangkan dalam bentuk ingot atau batang tuangan. Dalam potongan tipis yang disambungkan melalui elektroda untuk membentuk sel.

2.3.1 Karakteristik Panel Surya

Panel surya mempunyai parameter yang paling berpengaruh pada kurva daya, yaitu arus hubung singkat dan tegangan hubung terbuka untuk parameter internal, sedangkan parameter eksternalnya meliputi suhu dan *irradiance*. Daya maksimum dan efisiensi turut dimasukkan dalam pembahasan karena merupakan parameter yang umum digunakan untuk membandingkan sel surya.

2.3.2 Kurva I-V Sel Surya

Daya listrik yang dihasilkan sel surya ketika mendapat cahaya diperoleh dari kemampuan perangkat sel surya tersebut untuk memproduksi tegangan



Gambar 2.1 Karakteristik I-V Sel Surya

Ketika sel dalam kondisi *short circuit*, arus maksimum atau arus *short circuit* (I_{sc}) dihasilkan, sedangkan pada kondisi *open circuit* tidak ada arus yang dapat mengalir sehingga tegangannya maksimum. Disebut tegangan *open-circuit*. (V_{oc}). Titik pada kurva I-V yang menghasilkan arus dan tegangan maksimum disebut titik daya maksimum (MPP). Karakter penting lainnya dari sel surya yaitu *fill factor* (FF), dengan persamaan :

$$FF = \frac{V_{MPP} \times I_{MPP}}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

Dengan menggunakan *fill factor* maka maksimum daya dari sel surya didapat dari persamaan :

$$P_{MAX} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF$$

Keterangan :

P_{max} : Daya Maksimum (W)

V_{oc} : Tegangan *Open Circuit* (V)

I_{sc} : Arus *Short Circuit* (A)

FF : *Fill Factor*

2.3.3 Arus Hubung Singkat Pada Panel Surya

I_{sc} adalah arus yang mengalir pada saat tegangan sel surya sama dengan nol. Pada kondisi ideal tanpa rugi daya, I_{sc} sama dengan I_L . I_{sc} bergantung linear terhadap *irradiance* dan dipengaruhi beberapa hal lain, yaitu luas area sel, spektrum cahaya dan parameter optik lain. Pengujian pada *Standard Test Condition* (STC), sel surya komersial memiliki I_{sc} yang bervariasi antara

28mA/cm² sampai dengan 35mA/cm². Densitas I_{sc} terhadap luas area sel (A) dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_{sc} = A \cdot J_{sc}$$

$$I_0 = A \cdot J_0$$

Panel Surya yang digunakan yaitu jenis *Polycrystalline* dengan daya sebesar 50 WP (*Watt Peak*), panel surya jenis *Polycrystalline* memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis *monocrystalline* yang menghasilkan daya listrik yang sama. menggunakan sel surya dengan lapisan SiN yang memberikan solusi kebutuhan listrik pedesaan bahkan perkotaan untuk solusi penghematan energi listrik. Diaplikasi untuk *Solar Home System 50 Wp*, *PJU Tenaga Surya 15 Watt*, *Warning Light Tenaga Surya*, *CCTV Tenaga Surya*. Solar Panel ini memiliki susunan kristal secara acak dan diproduksi dengan proses pencetakan / pembentukan. Dengan bentuknya yang persegi, maka kerapatan *polycrystalline* cukup bagus dan mampu mendapatkan energi dari matahari walaupun matahari tertutup awan (cuaca mendung).



Gambar 2.2 Panel Surya 50 WP *Polycrystalline*

Pada tabel 2.1 dijelaskan tentang spesifikasi dari panel surya 20 WP *Polycrystalline*.

Tabel 2.1 *Datasheet* Panel Surya 50 WP *Polycrystalline*

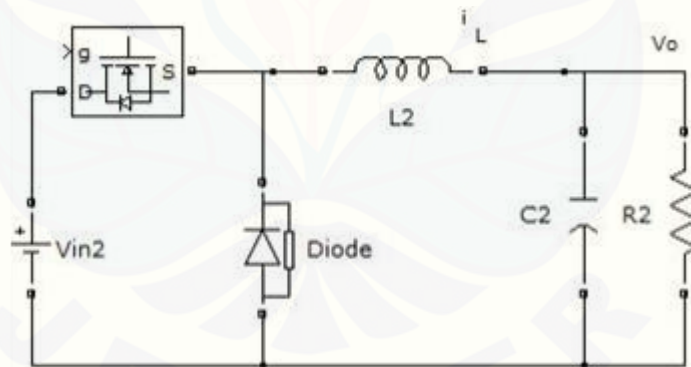
P. Max	50 Watt
Vmp	17,6 Volt
Imp	2,85 Ampere
Voc	22,5 Volt
Isc	3,04 Ampere

<i>Temperature Range</i>	-45°C + 80°C
<i>Max. System Voltage</i>	700 Volt
Merk	SP-50-P36

Daya maksimum yang dihasilkan panel 50 Watt Peak sebesar 50 Watt, tegangan *maximum power point* sebesar 17.6 Volt , arus *maximum power point* sebesar 2,85 Ampere , tegangan *open circuit* sebesar 22,5 Volt, besar arus *short circuit* 3,04 Ampere.

2.4 Buck Converter

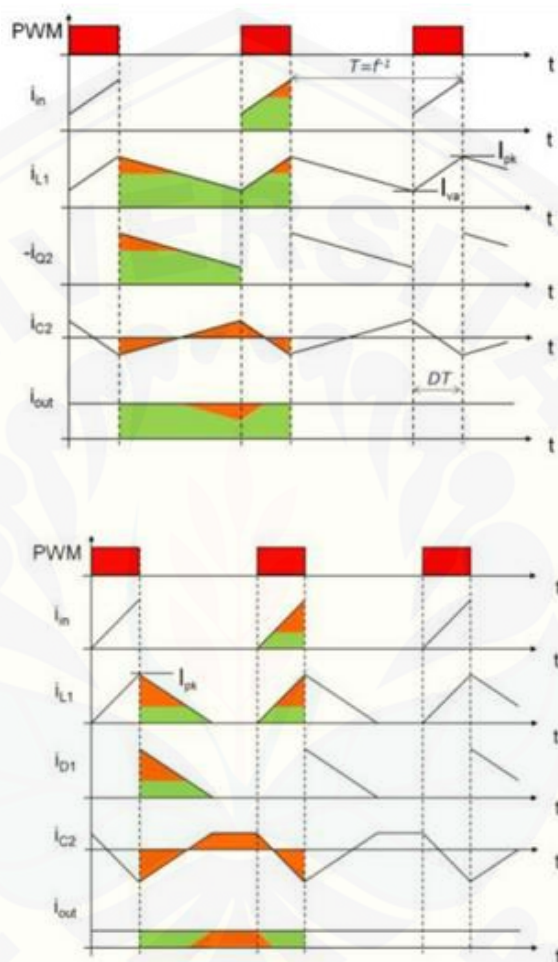
Buck converter adalah konverter yang menghasilkan tegangan keluaran yang lebih kecil dari tegangan masukannya. Tegangan keluaran yang dihasilkan mempunyai polaritas yang sama dengan tegangan masukannya. *Buck Converter* biasa disebut juga sebagai *step-down converter*. Pada gambar 2.3 merupakan rangkaian dasar *buck converter* yang terdiri dari mosfet sebagai *switching* komponen, induktor, kapasitor dan resistor sebagai beban.



Gambar 2.3 Rangkaian *Buck Converter* (Tohir, 2016)

Pada dasarnya, *buck converter* yang merupakan salah satu jenis dari topologi dari *switching power supply* terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian power dan bagian kontrol. Bagian power berfungsi untuk konversi tegangan, termasuk komponen-komponen di dalamnya, seperti, *switch* dan *filter output*. Bagian kontrol berfungsi untuk mengontrol *state On-Off* dari *switch* yang terdapat didalam rangkaian. *Buck converter* dapat dioperasikan dalam 2 mode, yaitu *continuous conduction mode* yang berarti arus akan terus mengalir melewati

induktor atau dengan kata lain arus pada induktor tidak akan pernah mencapai nilai nol (0). dan *discontinuous conduction mode* yang berarti arus yang mengalir melewati induktor akan bernilai nol (0) untuk rentang waktu tertentu. Besar nilai induktor yang dipilih akan menentukan mode yang akan digunakan (Tohir,2016).



Gambar 2.4 Bentuk Gelombang *continuous conduction* dan *discontinuous conduction mode*.

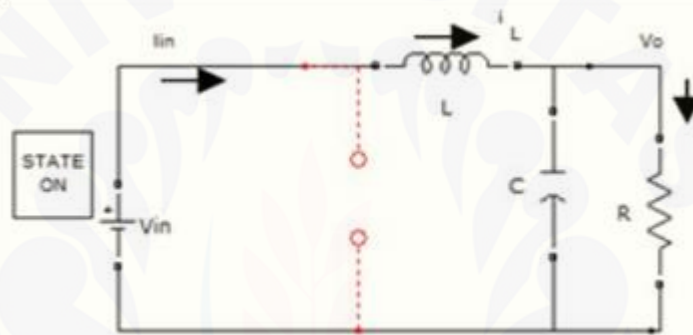
(Jens Ejury,2014)

Prinsip kerja *buck converter*, terdapat 2 state yaitu *state On* dan *state Off*. Ketika pada *state On* atau saklar pada kondisi *On*, arus sumber mengalir melalui induktor L menuju *output* beban kapasitor dan resistor hingga tegangan keluaran mendekati tegangan masukan. Ketika pada *state Off* atau saklar pada kondisi *Off*, terjadi pembalikan polaritas sehingga energi yang tersimpan pada induktor akan mengalir terbalik berdasar tegangan yang tersimpan pada kapasitor hingga terjadi

pengurangan pada kapasitor. Proses pengisian dan pengosongan inilah yang menyebabkan tegangan keluaran selalu lebih rendah dari tegangan masukannya.

2.4.1 Kondisi Saklar Tertutup (*Switch ON*)

Ketika berada pada *state On*, Q1 akan berfungsi sebagai saklar yang menutup (konduksi) selama interval waktu dt , maka arus dari tegangan sumber V_{in} akan mengalir melalui induktor L , beban dan kembali lagi ke sumber. Karena tegangan yang diberikan kepada induktor konstan, maka arus yang melewati induktor meningkat secara *linier* (Tohir,2016). Pada gambar 1.3 menunjukkan *Buck Converter* saat kondisi *switch on*.



Gambar 2.5 *Buck Converter* saat kondisi *switch on*. (Tohir,2016)

Secara matematika, waktu dari *state On* dapat ditulis seperti berikut :

$$T_{ON} = D \times T_S$$

Secara umum didapat persamaan sebagai berikut :

$$V_{in} = V_L + V_O \text{ dan } V_L = V_{in} - V_o$$

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

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

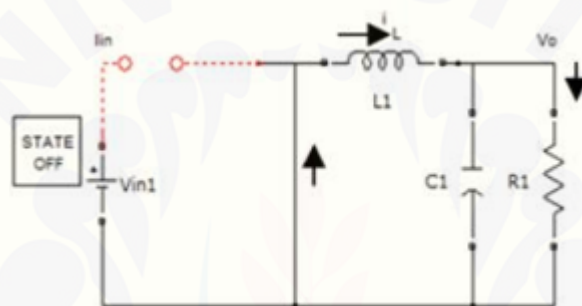
Karena lama waktu dt adalah selama saklar pada kondisi menutup atau *On*, maka :

$$L di = (V_{in} - V_o) t_{on}$$

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

2.4.2 Kondisi Saklar Terbuka (*Switch OFF*)

Ketika berada pada *state Off*, Q1 menjadi terbuka mengakibatkan arus dari sumber *input* tidak dapat mengalir melewati mosfet, sehingga sumber dari tegangan *output* sekarang berasal dari induktor dan kapasitor dimana dioda D menjadi aktif. Arus mengalir dari induktor L ke beban melalui dioda dan kembali menuju induktor L. Karena tegangan induktor menjadi lebih kecil dibandingkan saat *state ON* dan konstan, maka arus yang melewati induktor akan menjadi turun secara *linier* (Tohir,2016). Gambar 1.4 menunjukkan *Buck Converter* saat kondisi *switch off*.



Gambar 2.6 *Buck Converter* saat kondisi *switch off*

Secara matematika, waktu dari *state Off* dapat ditulis seperti berikut:

$$T_{OFF} = (1 - D) \times T_S$$

Pada kondisi saklar membuka, dapat diturunkan persamaan sebagai berikut :

$$V_L = V_o$$

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

$$L di = V_o dt$$

Karena lama aktu dt adalah selama saklar pada kondisi membuka atau Off, maka :

$$L di = V_o t_{off}$$

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

Dengan menggabungkan persamaan 1.1 dan 1.7 akan diperoleh hubungan antara tegangan masukan dan keluaran, sebagai berikut :

$$V_o = V_{in} \times D$$

Dimana :

V_o : Tegangan keluaran (V)

V_{in} : Tegangan masukan (V)

D : *Duty cycle* (%)

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

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

Sehingga arus masukan rata-rata adalah :

$$I_{in} = D \cdot I_o$$

2.5 Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 merupakan jenis – jenis dari arduino, sedangkan arduino adalah sebuah mikrokontroler yang memiliki sifat *open source* sehingga memudahkan dalam memakainya. Arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan memiliki bahasa pemrograman sendiri serta banyak bantuan *library* pada arduino. Arduino Uno R3 sendiri memiliki chip ATmega328p serta banyak pin pada *board* arduino. Gambar 1.6 menunjukkan *hardware* dari arduino uno R3.



Gambar 2.7 Bentuk Fisik Arduino Uno R3 (www.Arduino.cc)

Adapun spesifikasi dari arduino Uno R3 sendiri seperti pada tabel 2 dibawah ini

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Uno R3

Chip mikrokontroler	Atmega328P
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (yang	7V - 12V

direkomendasikan, via jack DC)	
Tegangan input (limit, via jack DC)	6V - 20V
Digital I/O pin	14 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM output
Analog Input pin	6 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB (Atmega328P), 0,5 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	2 KB (Atmega328P)
EEPROM	1 KB (Atmega328P)
Clock speed	16 Mhz
Dimensi	68,6 mm x 53.4 mm
Berat	225 g

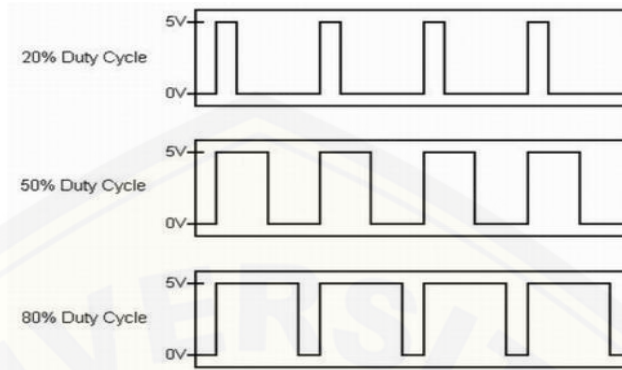
2.6 PWM

Pulse Width Modulation adalah salah satu jenis modulasi. Modulasi PWM dilakukan dengan cara mengubah perbandingan lebar-pulsa-positif terhadap lebar-pulsa-negatif ataupun sebaliknya dalam frekuensi sinyal yang tetap. Yang artinya, total 1 perioda (T) pulsa dalam PWM bernilai tetap. Pada Arduino, sinyal PWM adalah sinyal yang beroperasi pada frekuensi 500Hz. Pada board arduino Uno, pin yang bisa dimanfaatkan untuk PWM adalah pin yang diberi tanda tilde (~), yaitu pin 3, 5, 6, 9, 10, dan pin 11. PWM pada arduino bekerja pada frekuensi 500Hz, artinya 500 siklus dalam satu detik. Untuk setiap siklus bernilai dari 0 hingga 255.

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

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

Dari *duty cycle* tersebut digunakan untuk memberikan waktu konduksi dan tidak konduksinya komponen semikonduktor. Gambar 1.7 menunjukkan lebar pulsa PWM.



Gambar 2.8 Lebar *Pulse Width Modulation*

2.7 Sensor Arus ACS712

ACS712 adalah *Hall Effect current sensor*. *Hall effect* allegro ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat rangkaian low-offset linear Hall dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional.



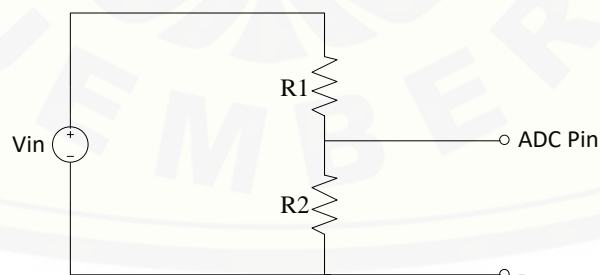
Gambar 2.9 ACS712

Tabel 2.3 *Terminal list sensor arus ACS712*

<i>Number</i>	<i>Name</i>	<i>Description</i>
1 and 2	<i>IP +</i>	<i>Terminals for current being sampled ; fused internally</i>
3 and 4	<i>IP -</i>	<i>Terminals for current being sampled ; fused internally</i>
5	<i>GND</i>	<i>Signal ground terminal</i>
6	<i>FILTER</i>	<i>Terminal for external capacitor that sets bandwidth</i>
7	<i>VOUT</i>	<i>Analog output signal</i>
8	<i>VCC</i>	<i>Device power supply terminal</i>

2.8 Sensor Tegangan DC

Sensor tegangan DC adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi tegangan dari listrik arus searah dengan keluaran tegangan analog untuk ADC pada mikrokontroler sebesar 5 Volt. Sensor ini berprinsip pada rangkaian pembagi tegangan yaitu menggunakan 2 resistor yang dirangkai secara seri seperti ditunjukkan pada gambar 12, pada sensor ini harus memiliki daya yang rendah agar tidak membuang energi listrik yang dikeluarkan oleh sumber energi listrik pada sensor tegangan DC tersebut. Oleh karena itu nilai resistor yang digunakan harus memiliki nilai resistansi yang tinggi. V_{in} adalah tegangan input pada sensor tegangan, R_1 dan R_2 adalah resistor pembandi agar keluaran V_o untuk masukkan PIN ADC pada mikrokontroler ketika tegangan V_{in} tertinggi mengeluarkan tegangan 5 Volt, dengan persamaan untuk mencari nilai – nilai resistor R_1 dan R_2 ditunjukkan pada persamaan dibawah ini.



Gambar 2.10 Rangkaian Sensor Tegangan

$$V_o = V_{in} \times \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

2.9 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 atau menyimpan data waktu tersebut secara *real time*. Karena jam tersebut bekerja *real time*, maka setelah proses hitung waktu dilakukan output datanya langsung disimpan atau dikirim ke device lain melalui sistem antarmuka.

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 2.11 Modul *Real Time Clock* (RTC) DS1307

(Sumber: <https://sites.google.com>)

2.10 SD Card Data logger

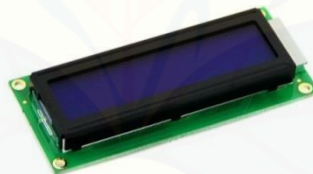
Data logger adalah perangkat yang digunakan untuk menyimpan data pengukuran. Data logger menggabungkan mikrokontroler 32-bit dan SD Card dengan sistem alokasi file (FAT) bersama-sama dengan teknik pemrograman untuk mengontrol perangkat keras untuk merekam dan pemantauan umum mengusulkan pengukuran. Data ini *logger* menyimpan data pada *removable* SD Card untuk dapat meneruskan data pengukuran *real time* melalui RS232 *port serial* standar untuk tampilan pada LCD. Data disimpan dalam bentuk *comma-separated* berkas (CSV) karena format *file* ini dapat dibaca banyak aplikasi seperti MySQL, MS-Excel, dan MATLAB.



Gambar 2.12 *Micro SD Data Logger*

2.11 *Liquid Crystal Display (LCD)*

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 2.13 LCD (*Liquid Crystal Display*)

(Sumber: <https://sites.google.com>)

2.12 **Baterai VRLA**

Baterai atau aki adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversibel* (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Definisi lain dari baterai adalah alat untuk menyimpan tenaga listrik melalui proses elektrokimia sehingga sumber tenaga listrik dapat diubah menjadi tenaga kimia dan sebaliknya. Ada banyak jenis baterai, pada umumnya baterai jenis VRLA yang paling sering digunakan untuk panel surya. Gambar 15 menunjukkan gambar battery VRLA 12V 7,2 Ah.



Gambar 2.14 Battery VRLA 12V 7,2 Ah

VRLA kepanjangan dari *Valve Regulated Lead Acid* yang memiliki sebutan lain SLA (*Sealed Lead Acid*), di Indonesia lebih dikenal dengan sebutan Aki/ Baterai Kering/ tertutup. Baterai jenis ini bersifat tertutup (*sealed*), sehingga penguapan/ evaporasi yang dikeluarkan sangat kecil (rekombinasi) maka tidak memerlukan penambahan cairan *electrolyte* selama masa pemakaian baterai tersebut. Proses penguapan/ evaporasi pada baterai diatur oleh bagian yang disebut *Valve* (Katup). Baterai bebas perawatan mengurangi inspeksi dan pemeliharaan. Lebih aman, karena sistem baterai ini dirancang untuk menjadi rekombinasi dan menghilangkan emisi gas/uap pada *overcharge*, maka tidak ada uap yang dipancarkan selama operasi normal. (Uap dapat mengakibatkan korosi dan karat pada logam bila terjadi kebocoran/retak).

2.12.1 Charging

Waktu pengisian baterai aki / *sealed lead acid* adalah 12 sampai 16 jam. Dengan arus pengisian yang lebih tinggi dan metode pengisian *multi-stage*, waktu pengisian dapat berkurang sampai dengan 10 jam atau kurang.

Pengisian *multi-stage*, terdiri dari 3 stage/ tahap yaitu *constant-current charge*, *topping charge* dan *float charge*. Selama *constant - current charge*, baterai diisi sampai 70 persen dalam waktu 5 jam, sisanya 30 persen adalah pengisian pelan-pelan dalam *topping charge*. *Topping charge* butuh sekitar 5 jam yang lain dan ini sangat penting untuk menjaga baterai tetap baik. Jika pola pengisian baterai tidak lengkap sesuai dengan kedua stage diatas, maka baterai akan kehilangan kemampuan untuk menerima *full charge* dan kinerja baterai akan

berkurang. Tahap ketiga adalah *float charge*, kompensasi *self-discharge* setelah baterai terisi penuh.

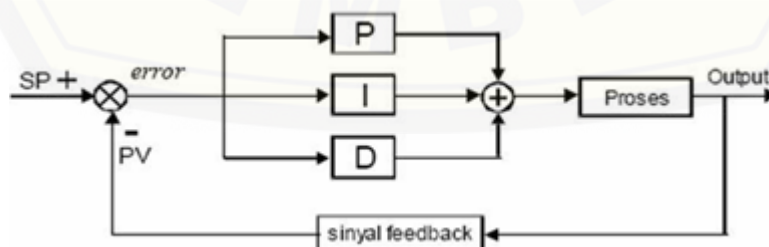
2.12.2 Discharging

Kapasitas baterai sebesar *7,2 Ampere hour*, artinya arus baterai akan habis dalam satu jam, bila beban menggunakan *7,2 Ampere*. *Level discharge* baterai aki yang direkomendasikan adalah sampai dengan tegangan 1.75 Volt per sel. Baterai aki akan rusak apabila tegangan per sel lebih kecil dari 1.75 Volt (atau 10.5 Volt untuk baterai 12 Volt).

Masa baterai dihitung dalam jumlah *cycle*. Satu *cycle* adalah satu kali penggunaan dan pengisian. *Depth of discharge* (jumlah pemakaian *ampere* baterai), mempengaruhi jumlah *cycle* baterai aki. Pada suhu 25 derajat Celcius:
150 - 200 *cycle* dengan 100 persen *depth of discharge* (*full discharge*).
400 - 500 *cycle* dengan 50 persen *depth of discharge* (*partial discharge*).
600 – 1000 dengan 30 persen *depth of discharge* (*shallow discharge*).

2.13 Sistem Kendali PID

Kontrol PID (*Proportional Integral Derivative*) adalah sebuah sistem kontrol yang digunakan untuk menambah tingkat kepresisian suatu sistem dengan menggunakan sistem umpan balik (*feedback*) yang terdapat dalam sistem tersebut. Kontrol PID terbentuk dari tiga buah kontrol yaitu kontrol P (*Proportional*), D (*Derivative*) dan I (*Integral*). Dimana setiap kontrol memiliki karakteristik serta kelebihan dan kekurangan. Blok diagram sistem kendali PID ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.15 Blok Diagram Pengendali PID

(Sumber : Bachri, 2004)

Adapun persamaan sistem kendali PID adalah :

$$PID = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p \cdot T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Dengan :

PID = output dari kendali PID

K_p = konstanta *proporsional*

$K_i = K_p/T_i$

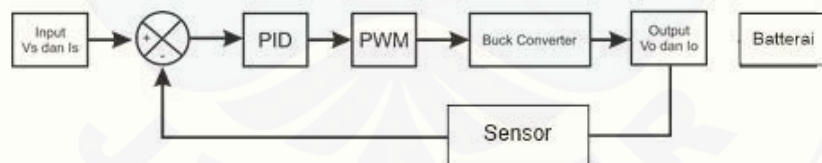
T_i = konstanta *integral*

$K_d = K_p \cdot T_d$

T_d = konstanta *derivatif*

$e(t)$ = *error*

Untuk mendapatkan respon yang baik dari kontrol PID parameter harus mengatur masing-masing parameter P, I dan D. Perancangan kontrol PID diskrit diperlukan algoritma program kontrol PID agar menjadi kontrol yang sesuai yang akan dimasukkan ke dalam program arduino. Program algoritma PID pada arduino meliputi proses inisialisasi, tuning parameter, akumulasi error dan perhitungan PID untuk menentukan besar nilai K_i , K_p dan K_d yaitu menggunakan metode *cohen coon*.



Gambar 2.16 Sistem Kontrol *Buck Converter* dengan PID

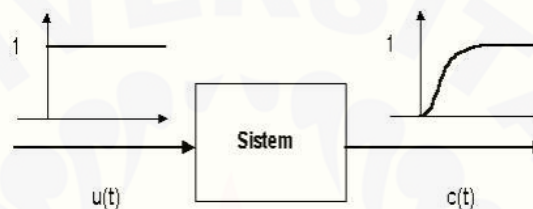
Masukan dari kontrol PID adalah kesetabilan tegangan yaitu 14 volt. Jika tegangan >14 volt atau < 14 volt maka sensor akan mendeteksi sehingga mengirimkan umpan balik ke sistem kontrol PID dan diolah dengan menentukan nilai K_p, K_i dan K_d menggunakan metode *cohen coon* sehingga memperbaiki sinyal PWM, dimana *buck converter* akan bekerja sesuai dengan sinyal kontroler PWM yang diterima sehingga dapat mengatur *switching* dan akan menghasilkan tegangan keluaran stabil yaitu 14 Volt.

Metode Ziegler - Nichols

Kemudian ada juga dengan menggunakan metode *Ziegler-Nichols* metode ini adalah mencari parameter-parameter PID dengan rumus yang telah ditentukan. Metode ini memiliki 2 tipe, yaitu tipe 1 (*open loop*) dan tipe 2 (*closed loop*).

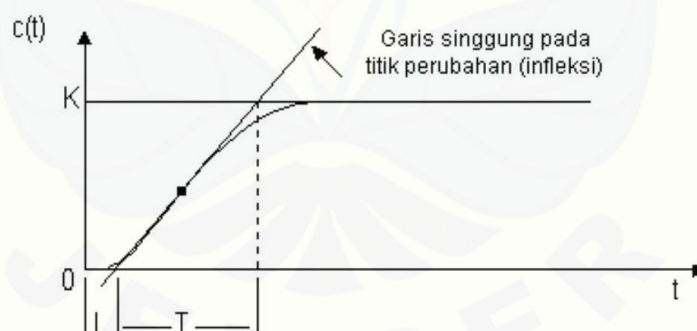
2.13.1 Ziegler-Nichols tipe 1 (*open loop*).

Ziegler-Nichol open loop. Sistem diberi *input* step sehingga respon *open loop* terbentuk.



Gambar 2.17 Sistem Diberi *Input* Step (Sumber : slideshare.net)

Kemudian dari respon *open loop*, diperoleh parameter-parameter ZN tipe 1 (L dan T). Proses desain menentukan parameter L dan T ditunjukkan pada Gambar 2.19.

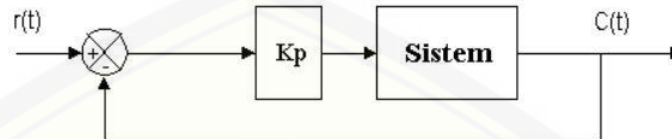


Gambar 2.18 Proses Desain Penentuan Parameter L dan T
(Sumber : Bachri, 2004)

Kemudian ketika parameter L dan T diperoleh, nilai-nilai K_p , T_i , dan T_d bisa dicari dengan menggunakan rumus PID untuk metode ZN tipe 1. Tabel 2.3 menunjukkan tabel parameter PID untuk ZN tipe 1.

2.13.2 Ziegler-Nichols tipe 2 (closed loop)

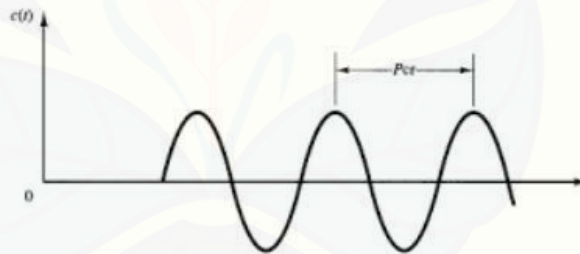
Dalam metode ZN tipe 2, menggunakan sistem *closed loop* sebagai *feedback* respon. Pada metode ini yang digunakan K_p saja. Sistem dibuat hingga beresilasi terus menerus dengan mengatur besarnya nilai K_p .



Gambar 2.19 Sistem *closed loop* dengan Menggunakan K_p

(Sumber : slideshare.net)

Besarnya nilai K_p saat respon sistem beresilasi terus menerus merupakan nilai K_{cr} . Dari respon yang dihasilkan, parameter lain ZN tipe 2 selain K_{cr} , yaitu P_{cr} dapat dicari. Proses desain menentukan parameter P_{cr} ditunjukkan pada gambar 2.19.



Gambar 2.20 Proses Mendesain Menentukan Parameter P_{cr}

(Sumber : slideshare.net)

Setelah mendapatkan nilai parameter K_{cr} dan P_{cr} , nilai-nilai K_p , T_i , dan T_d dapat dihitung dengan rumus mencari parameter PID untuk ZN tipe 2. Tabel 2.4 menunjukkan tabel parameter PID untuk ZN tipe 2. (Fauziansyah, 2015).

Tabel 2.4 Parameter PID Untuk ZN Tipe 2

Type Of Controller	Kp	Ti	Td
P	0.5Kcr	∞	0
PI	0.45Kcr	(1/1.2)Pcr	0
PID	0.6Kcr	0.5Pcr	0.125Pcr

2.13.3 Metode Cohen Coon

Jika di dibandingkan dengan Ziegler Nichols, Cohen & Coon bisa di pakai untuk mendisain PD- Controller dan CC bisa dipakai untuk plant yang memiliki deadtime besar (delay besar). Pada CC plant diberi input step, lalu respon dibiarkan sampai *steady state* seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.21 Respon 1 Steady State pada Cohen-Coon (Simamora, K. 2015)

Input step di tambah lalu respon dibiarkan sampai mencapai steady-state. Sinyal perubahan inilah yang akan di pakai untuk mendesain kendali seperti gambar di bawah ini :



Gambar 2.22 Respon 2 Steady State pada Cohen-Coon (Simamora, K. 2015)

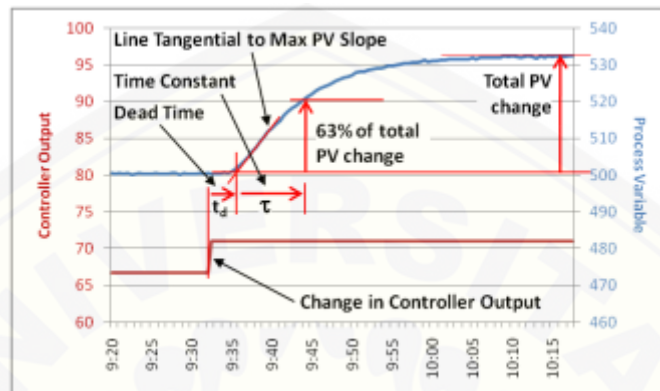
Pada desain CC ini kita harus mencari nilai G_p (Gain process), t_d (time delay), dan τ (time konstant), dengan persamaan sebagai berikut :

$$G_p = \frac{\text{Perubahan PV}}{\text{Perubahan Co}}$$

Perubahan PV = y atas (steady state gelombang ke 2) – y bawah (saat step ke 2 naik)

$$\tau = \text{perubahan PV} \times 0.63$$

Seperti penjelasan gambar dibawah ini :



Gambar 2.23 Penjelasan Perhitungan dengan Metode Cohen Coon (G.H.

Cohen and G.A. Coon. 1953)

Setelah didapatkan nilai G_p , t_d dan τ , maka dapat dihitung nilai K_p , T_i dan T_d dengan rumus mencari parameter PID dengan metode cohen. Tabel 2.5 menunjukkan tabel parameter PID untuk *Cohen Coon*. (G.H. Cohen and G.A. Coon. 1953)

Tabel 2.5 Parameter PID dengan menggunakan *Cohen Coon*

www.opticontrols.com	Controller Gain	Integral Time	Derivative Time
P Controller:	$K_c = \frac{1.03}{g_p} \left(\frac{\tau}{t_d} + 0.34 \right)$		
PI Controller:	$K_c = \frac{0.9}{g_p} \left(\frac{\tau}{t_d} + 0.092 \right)$	$T_i = 3.33 t_d \frac{\tau + 0.092 t_d}{\tau + 2.22 t_d}$	
PD Controller:	$K_c = \frac{1.24}{g_p} \left(\frac{\tau}{t_d} + 0.129 \right)$		$T_D = 0.27 t_d \frac{\tau - 0.324 t_d}{\tau + 0.129 t_d}$
PID Controller: (Noninteracting)	$K_c = \frac{1.35}{g_p} \left(\frac{\tau}{t_d} + 0.185 \right)$	$T_i = 2.5 t_d \frac{\tau + 0.185 t_d}{\tau + 0.611 t_d}$	$T_D = 0.37 t_d \frac{\tau}{\tau + 0.185 t_d}$

Apabila harga T_i dan T_d sudah diketahui, maka konstanta K_i dan K_d dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$K_i = \frac{K_c}{T_i}$$

$$K_d = K_p \times T_d$$

BAB 3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Sistem Tenaga Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Slamet Riyadi No.62 Patrang, Jember 68111. Penelitian ini direncanakan akan dilakukan pada bulan Desember 2018 sampai dengan selesai.

3.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dimulai pada bulan Desember 2018 – selesai, dengan rincian sebagai berikut :

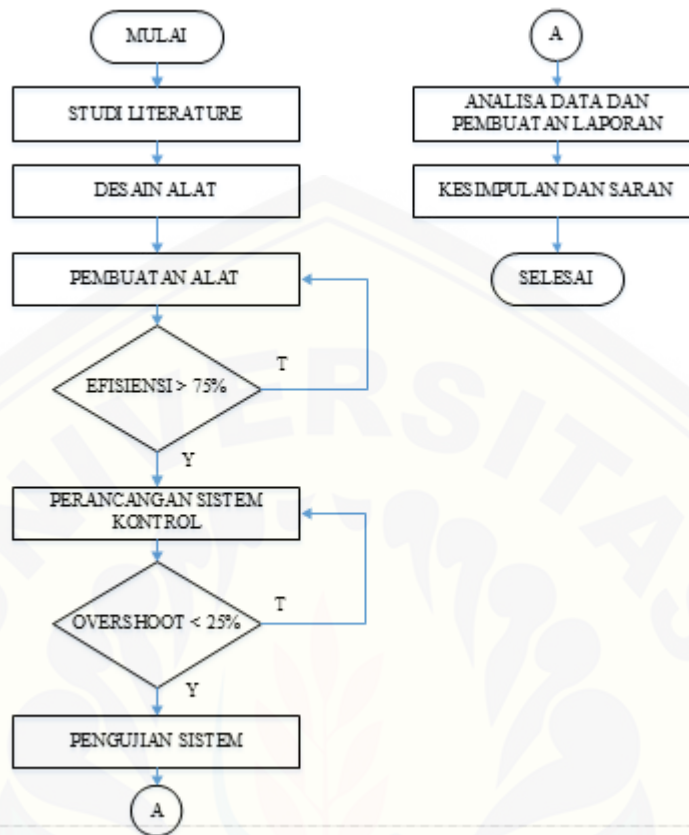
Tabel 3.1 Rencana dan Jadwal Pelaksanaan Penelitian

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
2.	Studi Literatur	■	■	■	■												
3.	Penelitian					■	■	■	■								
4.	Analisis Data									■	■	■	■				
5.	Pembahasan													■	■	■	■
6.	Pembuatan Laporan													■	■	■	■

Keterangan :

■ : Kegiatan dilaksanakan

3.3 Jenis dan Pengumpulan Data



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Tahap awal pelaksanaan penelitian ini adalah dengan mencari literatur dari hasil penelitian sebelumnya melalui buku atau internet untuk mengetahui karakteristik komponen sistem, prinsip kerja serta teori yang menunjang lainnya. Diharapkan dengan literatur yang telah didapat dapat memberikan arahan untuk mengurangi kesalahan dalam penelitian.

2. Perancangan Alat

Tahapan ini merupakan tahap merancang konstruksi secara sistematis dari alat yang akan dilakukan penelitian. Diharapkan dari proses perancangan konstruksi yang sistematis ini, alat yang nantinya akan diteliti dapat terbentuk. Hal – hal lain yang dilakukan yakni seperti penyolderan, perancangan sistem monitoring.

3. Implementasi Alat

Setelah *hardware* dan *software* terbentuk maka dilakukan pengujian pada masing – masing blok dan kemudian pengujian dilakukan pada keseluruhan sistem. Dalam implementasi alat ini juga dilakukan proses kalibrasi dimana pada proses kalibrasi ini bertujuan agar pembacaan sensor akurat sesuai dengan alat ukur.

4. Analisa dan Pengambilan Data

Setelah melakukan pengujian pada keseluruhan sistem dan memastikan bekerja dengan baik dan hasilnya memenuhi target, maka yang dilakukan selanjutnya adalah pengambilan data yang diperlukan untuk kemudian dianalisa dari data yang telah didapatkan. Analisa yang dilakukan adalah kecepatan menuju steady state dan ketahanan terhadap perubahan beban.

5. Penyusunan Laporan

Pada tahap akhir ini, hasil pengambilan data dan analisa dimasukkan ke pembahasan. Kemudian, dari apa yang telah dianalisa dapat ditarik beberapa kesimpulan yang menyangkut kinerja dari alat yang dibuat dan memberikan saran untuk memperbaiki kekurangan yang ada, kemungkinan pengembangan, serta penyempurnaan alat di masa mendatang.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

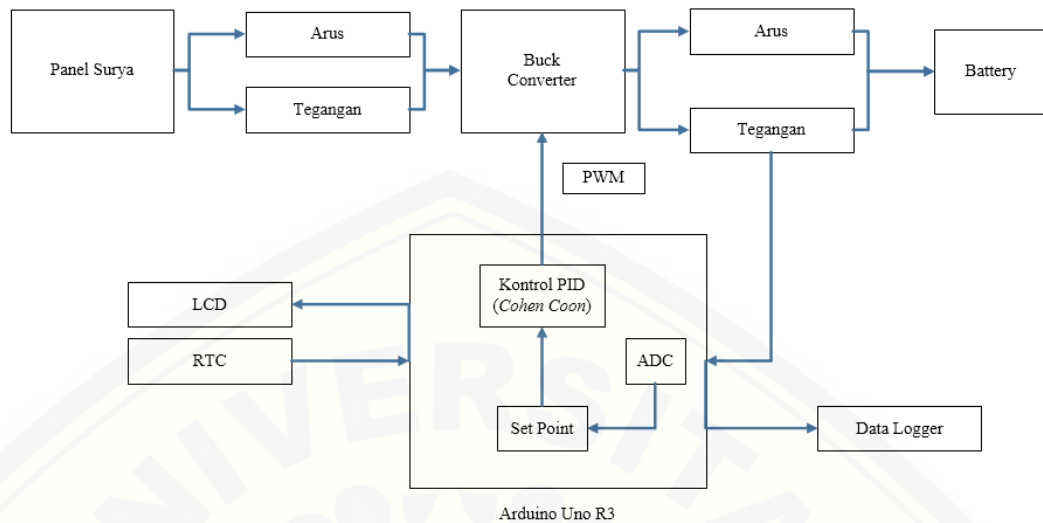
1. Induktor 0,18 mH
2. Kapasitor 220uF
3. Mosfet IRF 3205
4. Diode Fast 2A
5. Diode 1 A
6. Diode Zener IN4148
7. Resistor
8. Sensor Arus ACS712
9. Pin *Header Male* dan *Female*
10. IC Regulator 7805
11. IC Regulator 7812
12. Transistor NPN BD139
13. Transistor NPN 2N3904

14. Arduino Uno R3
15. SD Card Datalogger
16. LCD 16 X 2
17. Batterai VRLA 12 V 7,2 Ah
18. Panel Surya 50 WP
19. Kabel
20. Soket Buaya
21. RTC
22. *Multitester*
23. *Solar Power Meter*
24. *Oscilloscope*
25. Lampu DC 15 Watt
26. Resistor
27. Terminal Blok
28. Baut PCB
29. *Fuse*
30. Solder
31. Timah

3.5 Rancangan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan untuk memperoleh nilai tegangan yang stabil dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *steady state* secara cepat dengan nilai *overshoot* yang lebih sedikit. Penelitian ini akan difokuskan pada pemilihan metode untuk memperoleh nilai tegangan yan stabil. Detail langkah akan dijelaskan pada bagian gambar 3.2.

3.5.1 Diagram Blok Alat



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

Pada dasarnya prinsip kerja dari sistem pengisian baterai dengan menggunakan kontrol PID ini dapat dijelaskan melalui blok diagram diatas. Panel surya yang digunakan dalam *plan* ini yaitu panel surya 50 wp *polycrystalline*, maka *output* dari panel surya tersebut yaitu sebesar 17 V – 21 V, sedangkan untuk melakukan *charge* terhadap sebuah baterai menggunakan tegangan 14 V. Maka dari itu diperlukan *Buck Converter* untuk menurunkan tegangannya. *Buck converter* mengatur besarnya berdasarkan *duty cycle*, sedangkan *duty cycle* diatur oleh sebuah control yang berupa Arduino UNO R3 berdasarkan besarnya PWM dengan menggunakan kontrol PID. Di dalam Arduino terdapat kontrol agar dapat mengatasi apabila terjadi drop tegangan sehingga mempertahankan *output* tegangan berada pada *setpoint*. Sensor tegangan dipasang bertujuan untuk mengetahui *output* tegangan dari panel surya, *buck converter* dan juga digunakan sebagai *input* dari Arduino yang berupa ADC (*Analog to Digital Converter*). Sebagai tambahan maka tegangan keluaran dari *buck converter* akan dikontrol dengan kontrol PID dengan metode *cohen coon* agar diperoleh kestabilan tegangannya akan masuk ke dalam baterai saat melakukan *charging*.

3.5.2 Perencanaan Desain Sistem

3.5.2.1 Perencanaan Panel Surya

Panel Surya yang digunakan yaitu jenis *Polycrystalline* dengan daya sebesar 50 WP (*Watt Peak*), panel surya jenis *Polycrystalline* memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis *monocrystalline* yang menghasilkan daya listrik yang sama.



Gambar 3.3 Panel Surya 50 WP *Polycrystalline*

Pada tabel 3.2 dijelaskan tentang spesifikasi dari panel surya 50 WP

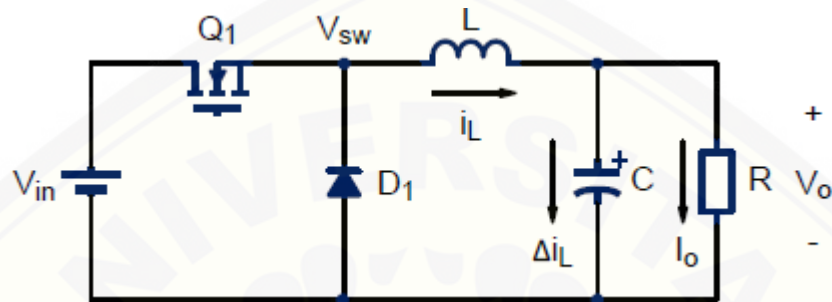
P. Max	50 Watt
Vmp	17,6 Volt
Imp	2,85 Ampere
Voc	22,5 Volt
Isc	3,04 Ampere
<i>Temperature Range</i>	-45°C + 80°C
<i>Max. System Voltage</i>	700 Volt
Merk	SP-50-P36

3.5.2.2 Perencanaan *Buck Converter*

Pada penelitian ini digunakan DC/DC *converter* dengan jenis *Buck Converter* yang mempunyai prinsip kerja menurunkan tegangan dengan konsep *switching PWM* mengatur *duty cycle*. Rangkaian dari *Buck converter* seperti gambar dibawah ini :

Tabel 3.3 Parameter DC/DC *Buck Converter*

Tegangan Masukan	17-21 V
Tegangan Keluaran	14 V
Arus Maksimal	1.2 A

Gambar 3.4 Rangkaian *Buck Converter*

Pada gambar 3.4 merupakan gambar rangkaian dasar *Buck Converter*, dimana terdapat beberapa komponen dasar yakni dioda, resistor, induktor, kapasitor dan mosfet. Untuk mendesain DC/DC *Buck Converter* diperlukan beberapa parameter utama, yaitu spesifikasi dari *converter* tersebut. Spesifikasi tersebut disesuaikan dengan spesifikasi panel surya yang digunakan dan kapasitas baterai yang digunakan sehingga didapatkan komponen ideal sehingga . Berikut ini spesifikasi DC/DC *Buck Converter* yang akan dibuat :

1. Perhitungan *Duty Cycle*

$$D_{\min} = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{14}{15} = 0,935$$

$$D_{\max} = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{14}{21} = 0,666$$

2. Perhitungan kapasitas Inductor *Continuous Conduction Mode*

Besar *peak to peak ripple currents* $\Delta I_1 = 30\% \times I_{out}$

$$= 30\% \times 1,2 \text{ A}$$

$$= 0,36 \%$$

$$\text{Besarnya Induktor } L_{\min} = D \frac{(V_{in} - V_{out})}{\Delta I_1 \cdot F_s}$$

$$= 0,935 \cdot \frac{(15-14)}{0,36.62,5}$$

$$= 41 \mu\text{H}$$

3. Perhitungan kapasitas kapasitor *Continuous Conduction Mode*

$$\text{Besar peak to peak ripple voltages } \Delta V_1 = 1\% \times V_o$$

$$= 1\% \times 14$$

$$= 0,14$$

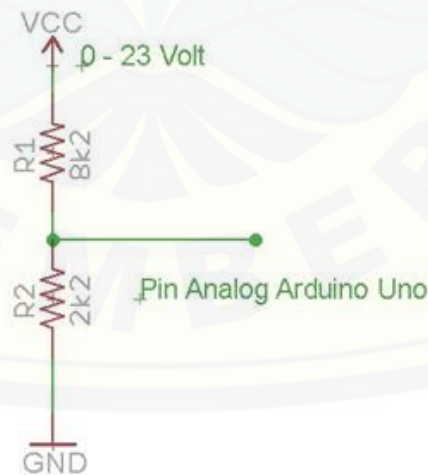
$$\text{Besar kapasitor } C_{out \min} = \frac{\Delta I_1}{8 \cdot f_s \cdot \Delta V_1}$$

$$= \frac{0,36}{8 \cdot 62,5 \cdot 0,14}$$

$$= 5,142 \mu\text{F}$$

3.5.2.3 Perencanaan Sensor Tegangan

Sensor tegangan berguna untuk mengukur besar nilai tegangan yang masuk pada *input Buck converter* dan tegangan *output* dari *Buck converter*. Prinsip kerja dari sensor tegangan yang digunakan yaitu menggunakan rumus pembagi tegangan dari dua buah resistor disusun seri yang mempunyai nilai resistansi berbeda sseperti pada gambar rangkaian 3.5.



Gambar 3.5 Rangkaian Sensor Tegangan

Untuk perhitungan dari perancangan sensor tegangan ini adalah :

$$V_o = \frac{R_2}{(R_1+R_2)} V_i$$

dimana, $V_{out} = 5$; $V_{in} = 23$; $R_1 = 8k2 \Omega$

$$5 = \frac{23 \times R_2}{(8k2+R_2)}$$

$$5 \times (8k2 + R_2) = 23 \times R_2$$

$$41000 + 5R_2 = 23R_2$$

$$41000 = 18R_2$$

$$R_2 = \frac{41000}{18}$$

$$R_2 = 2277 \Omega$$

3.5.2.4 Perencanaan Baterai

Pada penelitian ini akan digunakan baterai aki kering bertipe VRLA (*Valve Regulated lead Acid*). Baterai ini berfungsi sebagai beban yang akan menyimpan energy yang dihasilkan oleh panel surya. Spesifikasi dari baterai yang digunakan yaitu mempunyai tegangan nominal sebesar 12 volt dengan arus sebesar 7,2 Ah.

Baterai aki, terdiri dari beberapa sel. Baterai aki 12 Volt, terdiri dari 6 sel. Batas tegangan satu sel umumnya mulai dari 2.30V sampai 2.45V. Jadi baterai aki 12 Volt, tegangan sebenarnya adalah antara 13.8 V - 14.7 Volt. Kondisi baterai aki tergantung dari suhu. Suhu tinggi menyebabkan baterai cepat rusak. Pada saat *charging* baterai pada suhu ruangan melebihi 30 derajat *celcius*, tegangan yang direkomendasikan adalah 2.35V/sel. Pada saat *charging*, dan suhu ruangan tetap dibawah 30 derajat *celcius*, tegangan *charger* untuk masing-masing sel disarankan 2.40 sampai 2.45Volt.

Tegangan *float charge* yang direkomendasikan dari kebanyakan baterai aki *lead acid* adalah di antara 2.25 sampai 2.30V/sel. Standart yang baik adalah 2.27V. *Float charge* yang optimal bergeser tergantung dari suhu. Pada suhu tinggi dibutuhkan tegangan lebih kecil dan suhu lebih rendah dibutuhkan tegangan lebih

tinggi. *Charger* dengan suhu yang fluktuatif harus dilengkapi dengan sensor suhu untuk mengoptimalkan *float voltage*.

Pada penelitian ini menggunakan panel surya 50 wp *polycrystalline*, baterai atau aki sebesar 12 volt dengan kapasitas arus 7,2 Ah dan arus pengisian sebesar 1,2 A.

3.5.2.5 Perencanaan Metode Ziegler – Nichols

Pada tuning menggunakan metode *Ziegler-Nichols* parameter yang digunakan yaitu K_p , K_i dan K_d , langkah untuk menentukan parameter K_p dengan memberi nilai pada kontrol proporsional (K_p) sampai membentuk gelombang osilasi secara terus menerus sehingga didapatkan parameter (P_{cr}). Selanjutnya menentukan parameter P_{cr} yaitu waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kedua puncak gelombang yang stabil.

Dengan menggunakan persamaan dari metode *close loop Ziegler-Nichols* menentukan nilai K_p , T_i dan T_d seperti berikut:

$$\begin{aligned} K_p &= 0,6 \cdot K_{cr} & T_i &= 0,5 \cdot P_{cr} & T_d &= 0,125 \cdot P_{cr} \\ &= 0,6 \times 10 & &= 0,5 \times 2,1 & &= 0,125 \times 2,1 \\ &= 6 & &= 1,05 & &= 0,2526 \\ \\ K_i &= \frac{K_p}{T_i} = \frac{6}{1,05} = 5,71 & K_d &= K_p \times T_d \\ & & &= 6 \times 0,2526 \\ & & &= 1,575 \end{aligned}$$

3.5.2.6 Perencanaan Metode Cohen coon

Jika di dibandingkan dengan Ziegler Nichols, Cohen & Coon bisa di pakai untuk mendisain PD- Controller dan CC bisa dipakai untuk plant yang memiliki deadtime besar (delay besar). Pada CC plant diberi input step, lalu respon dibiarkan sampai *steady state* seperti gambar dibawah ini :



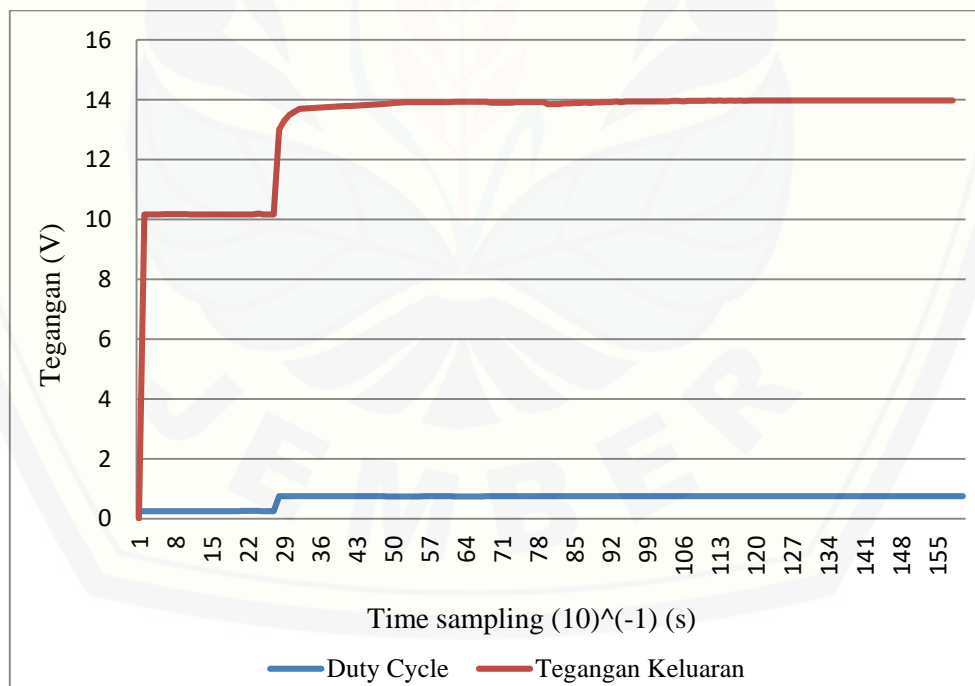
Gambar 3.6 Respon 1 Steady State pada Cohen-Coon (Simamora, K. 2015)

Input step di tambah lalu respon dibiarkan sampai mencapai steady-state. Sinyal perubahan inilah yang akan di pakai untuk mendesain kendali seperti gambar di bawah ini :



Gambar 3.7 Respon 2 Steady State pada Cohen-Coon (Simamora, K. 2015)

Perancangan pengendali PID dengan menggunakan metode *cohen coon* di uji secara *open loop* dengan pemberian tegangan masukan sebesar 18 volt. Dengan perubahan *duty cycle* sebesar 0,25 sampai dengan 0,75. Untuk menentukan metode *Cohen Coon* ini dilakukan dengan menganalisa respon grafik yang dihasilkan. Untuk menentukan nilai K_p , K_i , K_d , terlebih dahulu menentukan nilai K_c .



Gambar 3.8 Pemodelan Sistem Pada *Cohen Coon*

Langkah-langkah dalam menentukan parameter PID dengan menggunakan metode *Cohen Coon* adalah sebagai berikut :

1. CO = Tegangan output tertinggi – Tegangan output terendah
= 14,2 – 10,1 = 4,4
2. PV = Duty Cycle tertinggi – Duty Cycle terendah
= 0,75 - 0,25 = 0,5
3. GP = $\frac{\text{Perubahan PV}}{\text{Perubahan CO}} = \frac{0,5}{4,4} = 0,11$
4. T = Perubahan PV x 0,63
= 0,5 x 0,63 = 0,315 s
5. Td = Waktu perubahan output – waktu perubahan input
= 27 – 25 = 2 s

Menentukan parameter PID dengan menggunakan metode *coohen coon* yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 1. \quad K_c &= \frac{1,35}{G_p} \left(\frac{T}{T_d} + 0,185 \right) \\
 &= \frac{1,35}{0,11} \left(\frac{0,315}{2} + 0,185 \right) \\
 &= 0,34029
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad T_i &= 2,5 T_d \frac{T+0,185 T_d}{T+0,611 T_d} \\
 &= 2,5 \times 2 \frac{0,315+0,185 \times 2}{0,315+0,611 \times 2} \\
 &= 2,22837
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \quad T_d &= 0,37 T_d \frac{T}{T+0,185 T_d} \\
 &= 0,37 \times 2 \times \frac{0,315}{0,315+0,185 \times 2} \\
 &= 0,34029
 \end{aligned}$$

$$K_p = K_c = 4,20341$$

$$K_i = \frac{K_c}{K_i} = 1,88632$$

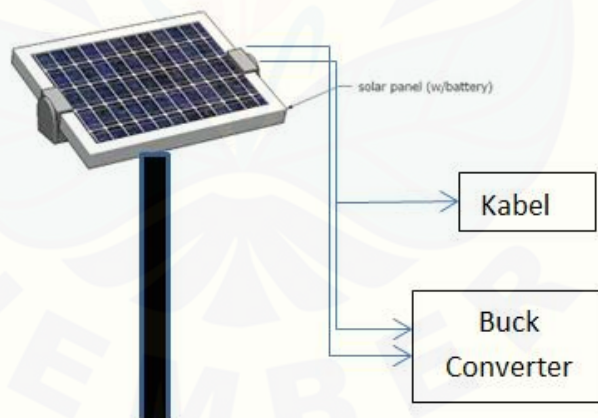
$$K_d = K_c \times T_d = 1,43039$$

Perencanaan metode *cohen coon* ini dilakukan secara *open loop* dengan mengganti-ganti nilai *duty cycle*, untuk mendapatkan nilai kestabilan tegangan pada *output buck converter* maka MOSFET akan mengatur besarnya *duty cycle*

secara otomatis hingga tegangan keluaran *buck converter* mencapai *set point* yang di tentukan yaitu sebesar 14 Volt berdasarkan pembacaan yang di lakukan oleh sensor tegangan pada *output buck converter*.

Cara kerja yang dilakukan oleh MOSFET yaitu apabila tegangan pada *input buck converter* besar maka akan membuat teangan *otput buck converter* akan turun berdasarkan pembacaan oleh sensor tegangan, sehingga Arduino akan memerintahkan MOSFET untuk menurunkan *duty cycle* berdasarkan PWM yang di kirimkan oleh Arduino, hingga tegangan *output buck conveter* akan mencapai *set point*. Pengaturan untuk menambahkan atau mengurangi PWM yan nantinya akan dikontrol menggunakan kontrol PID dengan metode *cohen coon*. Berdasarkan data pengujian yang di lakukan maka diketahui bahwa tegangan *output buck converter* akan stabil pada *setpoint* yang di tentukan, yaitu sebesar 14 Volt.

3.5.2.7 Design Rancang Bangun Secara Keseluruhan



Gambar 3.9 Design Alat Secara Keseluruhan (Penulis)

Berdasarkan pada gambar 36 ada beberapa bagian pada design alat secara keseluruhan. Bagian yang pertama bagian panel surya dipasang di atas udara dengan kemiringan 10 derajat kearah utara. Bagian yang kedua tiang penyangga yang terbuat dari besi untuk penyangga panel surya terletak diluar ruangan. Bagian yang ketiga kabel yang digunakan untuk menghubungkan panel surya

yang terletak diluar ke kontroller yang berada didalam ruangan. Selanjutnya yang keempat kotak kontroller didalamnya terdapat batterai beserta buck konverter.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa penelitian yang berjudul “Rancang Bangun *Buck Converter* Pada *Solar Charger* Berbasis *Cohen Coon*” didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Persentase *error* terkecil dari pengujian sensor tegangan untuk tegangan keluaran *Buck converter* berada pada tegangan 6,08 Volt yaitu sebesar 0,07 %, dan untuk *error* terbesar terdapat pada saat pengukuran tegangan yaitu sebesar 21,38 Volt dengan nilai *error* sebesar 3,17 %.
2. Hasil perancangan dan pembuatan *buck converter* mempunyai efisiensi tertinggi pada beban 27 Ω yaitu sebesar 84% serta mampu menghasilkan arus maksimum sebesar 0,62 A pada beban 10,8 Ω .
3. Pada saat pengujian berbeban dengan kontrol PID, metode *Ziegler Nichols* untuk mencapai *steady state* membutuhkan waktu 12,9 s sedangkan metode *cohen coon* membutuhkan waktu 21,2 s untuk mencapai *steady state*, ketika menggunakan resistansi 50 Ω . Sedangkan ketika menggunakan resistansi 25 Ω metode *ziegler nichols* untuk mencapai *steady state* membutuhkan waktu 22,8 s dan metode *cohen coon* membutuhkan waktu 25,1 s untuk mencapai *steady state*. Sehingga dapat diketahui bahwa ketika nilai resistansi kecil, menyebabkan respon dari metode *cohen coon* kurang stabil dan untuk mencapai *steady state* membutuhkan waktu yang lebih lama. Hal ini dikarenakan semakin kecil resistansi yang digunakan, menyebabkan drop tegangan yang terjadi semakin besar, dan arus yang dihasilkan semakin besar, sehingga mengakibatkan respon dari kontrol *cohen coon* lebih lama untuk mencapai *setpoint*.
4. Saat pengujian *Buck converter* menggunakan beban baterai. Maka dapat diketahui bahwa tegangan *charging* yaitu sebesar 14 Volt. Sedangkan untuk arus *charging* akan semakin turun saat baterai semakin terisi penuh. Seperti yang terdapat pada tabel pengujian *Buck converter* dengan menggunakan beban baterai.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, penulis memberikan saran untuk bisa mengembangkan dari penelitian berikutnya. Berikut saran yang dapat disampaikan :

1. Metode yang digunakan untuk menentukan parameter K_p, K_i dan K_d dapat diganti menggunakan metode lain seperti Ciancone and Marline untuk lebih mengetahui perbedaan hasil hasil sistem kontrol PID.
2. Lebih baik menggunakan metode *Ziegler Nichols* sebagai kontrol, dari pada metode *cohen coon* dikarenakan metode *Ziegler Nichols* mampu lebih cepat untuk mencapai keadaan *steady state*.
3. *Buck converter* dapat diganti menggunakan zeta converter maupun *sepic converter*.
4. Dapat menambahkan beban induktif misal seperti motor dc untuk mengetahui performa dari konverter.
5. Dapat menambahkan *interface monitoring* alat secara *real time*.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Ketenagalistrikan Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral
2016. *Statistik Ketenagalistrik 2015*. Edisi No.29. Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.
- Tohir, N.I. 2016. Rancang Bangun Catu Daya Digital Menggunakan Buck Converter Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Skripsi*. Bandar Lampung: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Pandey, dan Dr. D. Singh. 2015. *A Buck Converter Based On PID Controller for Voltage Step-Down Application*. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 4(12):1164-1167.
- Lodh, B. 2014. Simulink Based Model for Analysing the Ziegler – Nichols Tuning Algorithm as applied on Speed Control of DC Motor. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*. 3:6642-6646
- Mahesh, G. N. M., Kiran Y., Parthasarthy S.S. 2014. Modelling of Buck DC-DC Converter Using Simulink. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*. 3: 14965- 14975
- Mondal, A. 2014. Digital PID Controller Design for DC-DC Buck Converter. *Thesis*. Rourkela: Department of Electrical Engineering.
- Serrano, V., Tsakalis, K. 2016. A Study on the On-line System Identification and PID Tuning of a Buck Converter. *IEEE*. 3: 978-983
- Gunawan. 2009. Rancang Bangun DC-DC Buck Converter Dengan PID Diskrit Sebagai Pengendali Tegangan Keluaran. *Skripsi*. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Mahendra, A.J. 2016. Rancang Bangun Portable Solar Charger Berbasis Arduino UNO. *Skripsi*. Jember: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

- Cahyono, S.2017. Perencanaan Sistem Solar Charger Menggunakan Buck Converter Dengan Metode PID. *Skripsi*. Jember : Fakultas Teknik Universitas Jember
- Septaria, Gyan. 2018 Rancang Bangun DC-DC *Buck Converter* Pada *Solar Charger* Berbasis *Ziegler-Nichols*. *Skripsi*. Jember : Fakultas Teknik Universitas Jember
- Gunawan, 2009. Rancang Bangun DC-DC *Buck Converter* Dengan PID Diskrit Sebagai Pengendali Tegangan Keluaran. *Skripsi*. Depok : Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Simamora, Kristianingsih. 2015. Desain Kendali PID Pada *Plant* Debit Air Dengan Metode *Ziegler-Nichols* dan *Cohen Coon* Menggunakan Matlab Dan Arduino. Laporan. Bandung : Politeknik Negeri Bandung
- G.H. Cohen and G.A. Coon, Theoretical Conderation of Retarded Control, Trans. ASMME, 775, pp. 827-834, 1953.
- Santoso, Y.A., Setiawan, D..K, Kaloko, B.S. 2016. Rancang Bangun Sistem Pengisian Batterai Lead Acid Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328 Dengan Sumber Stand-Alone V System. *Jurnal Arus Elektro Indonesia(JAEI)*.2: 1-8
- Wicaksono, handy, 2004. Analisa Performansi dan Robustness Beberapa Metode Tuning Kontroler PID Pada Motor DC. *Jurnal*. Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra
- Aqmal, Firman A., 2018. Control System. Workshop Instrumentasi. Purwodadi. Teknik Instrumentasi Kilang

LAMPIRAN**A. Listing Program**

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include "RTCLib.h"
#include <SD.h>

File logfile;

const int analogIn = A3;//Iout
const int analogIn2 = A2;//Iin
//int mVperAmp = 185;
int mVperAmp = 85; // use 100 for 20A Module and 66 for 30A Module
int RawValue = 0;
int ACSoffset = 2500;
double Voltage = 0;
double aruso = 0;
double arusi = 0;

//=====LCD=====
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
//=====INA 219=====
Adafruit_INA219 ina219_A;
Adafruit_INA219 ina219_B(0x45);
float current_mA = 0;
float current2_mA = 0;

//=====Ambil Data=====
int x = 0;

//=====PID=====
float KP = 4,20341;
```

```
float KI = 1,88632;
float KD = 1,43039;
float error_sblm_I = 0;
float error_sblm_D = 0;
float Tc = 0.01; // 0.01 standart
float error;
float error_I;
float error_D;
float out_P;
float out_I;
float out_D;
float out_PID;
//====Sensor Tegangan=====
float tegangan = 0.00;
float tegangan2 = 0.00;
int adc_tegangan2 = 0;
const int jumlah = 20;
int adc[jumlah];
int index = 0;
float set_point = 14;
int maxx;
//-----PWM-----
int pwm;
int con;
int duty = 0.00;
//=====DAYA=====
float p1 = 0.00;
float p2 = 0.00;
```

```
void kontrol_PID() {
    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;
}

void kontrolpwm() {
    pwm = pwm + out_PID;
    if (pwm >= 255) {
        pwm = 255;
    }
    if (pwm <= 0) {
        pwm = 0;
    }
    con = 255 - pwm;
    analogWrite(5, con);
}

void proteksi() {
    if (tegangan >= 14.8) {
        digitalWrite(relay, HIGH);
    }
    else (digitalWrite(relay, LOW));
}
```

```
void disp() {  
    //=====Serial Monitor=====  
    duty = abs(tegangan / tegangan2) * 100;  
    // Serial.print(duty) ; Serial.print("\t");  
    //Serial.print(set_point); Serial.print("\t");  
    //Serial.print(tegangan2) ; Serial.print("\t");  
    // Serial.print(tegangan); Serial.print("\t");  
    //Serial.print(current_mA); Serial.print("\t");  
    Serial.print(p1); Serial.print("\t");  
    Serial.print(p2); Serial.print("\t");  
    Serial.println(current2_mA);  
    Serial.print("\t");  
    Serial.print(error);  
    Serial.print("\t");  
    Serial.print(out_PID);  
    Serial.print("\t");  
    Serial.print(con);  
    Serial.print("\t");  
    Serial.println(map(con, 0, 255, 100, 0));  
  
    //=====LCD 20 X 4 =====  
    lcd.setCursor(3, 0) ; lcd.print("PV");  
    lcd.setCursor(11, 0) ; lcd.print("Bat");  
    lcd.setCursor(0, 1) ; lcd.print("V: ");  
    lcd.setCursor(2, 1) ; lcd.print(tegangan2);  
    lcd.setCursor(6, 1); lcd.print("V");  
    lcd.setCursor(9, 1) ; lcd.print("V:");  
    lcd.setCursor(11, 1) ; lcd.print(tegangan);
```

```
lcd.setCursor(15, 1); lcd.print("V");
lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("I:");
lcd.setCursor(2, 2); lcd.print(abs(current_mA));
lcd.setCursor(6, 2); lcd.print("A");
lcd.setCursor(9, 2); lcd.print("I:");
lcd.setCursor(11, 2); lcd.print(abs(current2_mA));
lcd.setCursor(15, 2); lcd.print("A");
lcd.setCursor(0, 3); lcd.print("P:");
lcd.setCursor(2, 3); lcd.print(abs(p1));
lcd.setCursor(6, 3); lcd.print("W");
lcd.setCursor(9, 3); lcd.print("P:");
lcd.setCursor(11, 3); lcd.print(abs(p2));
lcd.setCursor(15, 3); lcd.print("W");
lcd.setCursor(17, 0) ; lcd.print("PWM");
lcd.setCursor(17, 1) ; lcd.print(duty);
lcd.setCursor(19, 1) ; lcd.print("%");
}

void daya() {
  p1 = (tegangan2 * current2_mA);
  p2 = (tegangan * current2_mA);
}

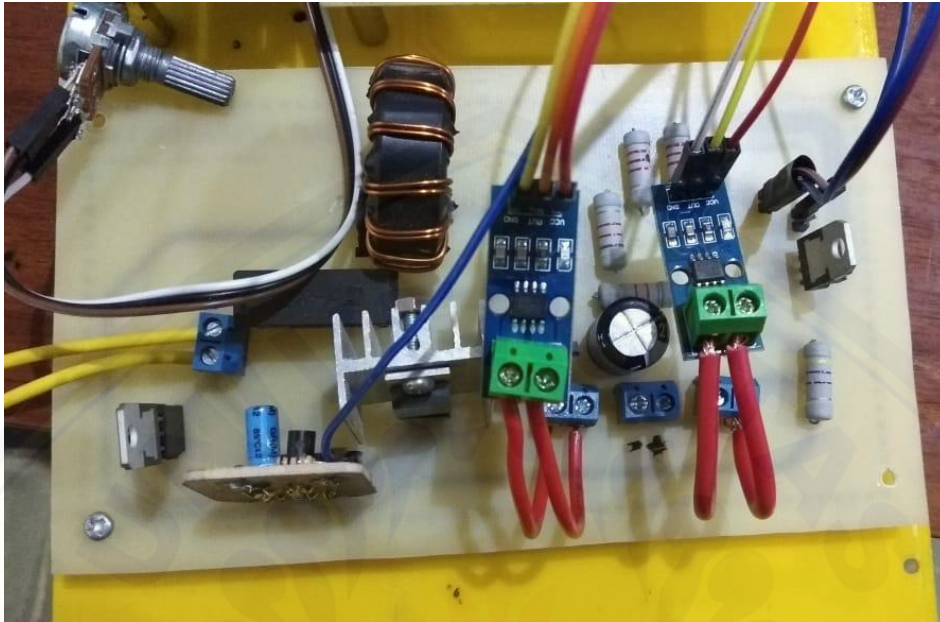
void arus() {
  RawValue = analogRead(analogIn);
  Voltage = (RawValue / 1024.0) * 5000; // Gets you mV
  aruso = ((Voltage - ACSoffset) / mVperAmp);
  if (aruso < 0) {
    aruso = 0;
  }
}
```

```
}  
arusi = aruso * 1.2;  
  
// Serial.print("\t out = "); // shows the voltage measured  
  
// Serial.print(aruso); // the '3' after voltage allows you to display 3 digits after  
decimal point  
  
// Serial.print("\t in = "); // shows the voltage measured  
  
// Serial.println(arusi); // the '3' after voltage allows you to display 3 digits after  
decimal point  
}  
  
void savekeSD() {  
  File logfile = SD.open("data2.txt", FILE_WRITE);  
  DateTime now = rtc.now();  
  //logfile.print(No);  
  logfile.print(now.year()); logfile.print(','); logfile.print(now.month());  
  logfile.print(','); logfile.print(now.day()); logfile.print(',');  
  logfile.print(now.hour()); logfile.print(','); logfile.print(now.minute());  
  logfile.print(','); logfile.print(now.second()); logfile.print(','); logfile.print(duty);  
  logfile.print(','); logfile.print(set_point); logfile.print(','); logfile.print(tegangan2);  
  logfile.print(',');  
  logfile.print(current_mA); logfile.print(','); logfile.print(tegangan2);  
  logfile.print(','); logfile.print(current2_mA); logfile.print(','); logfile.print(p1);  
  logfile.print(','); logfile.print(p2);  
  logfile.println();  
  logfile.close();  
}  
  
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  TCCR0B = TCCR0B & B11111000 | 0x01;
```

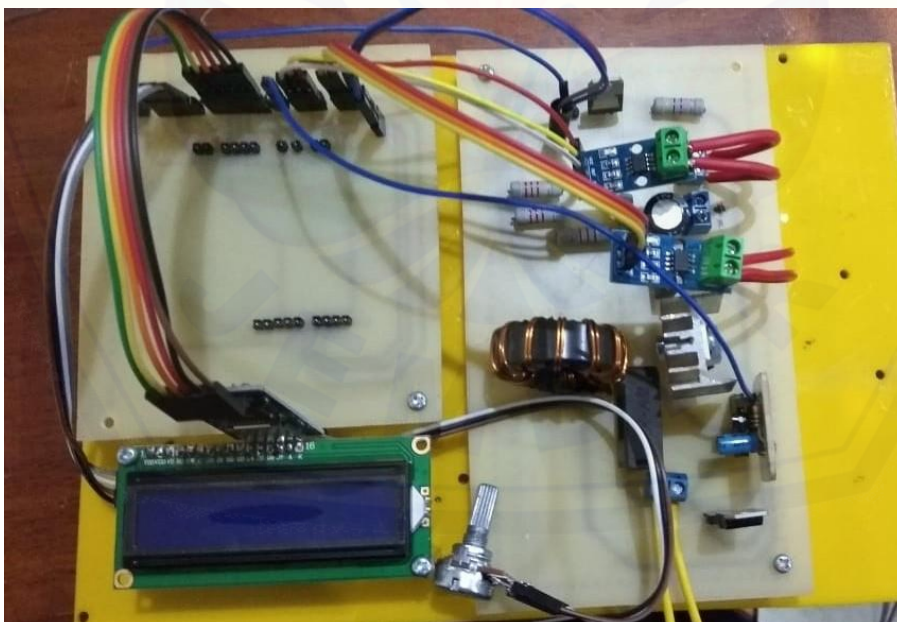
```
//=====INISIALISASI INA219=====
uint32_t currentFrequency;
ina219_A.begin();
ina219_B.begin();
void loop() {
  proteksi();
  daya();
  // ina();
  akses_tegangan();
  kontrol_PID();
  kontrolpwm();
  arus();
  Serial.println(String(tegangan)+" "+String (tegangan2)+" "+String(arusi)+"
"+String(arus0));
  //Serial.println (pwm);
  //Serial.print("\t");
  //Serial.println(tegangan2);
  //Serial.print("\t");
  delay (1000);
}
}
```

B. Lampiran Gambar

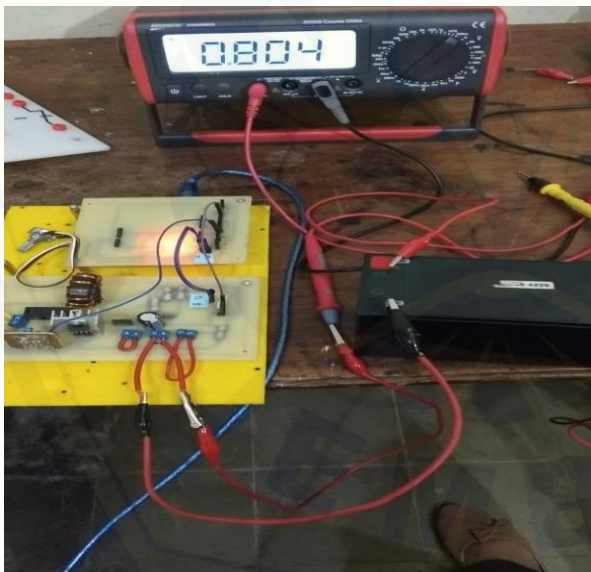
- Gambar Buck Converter

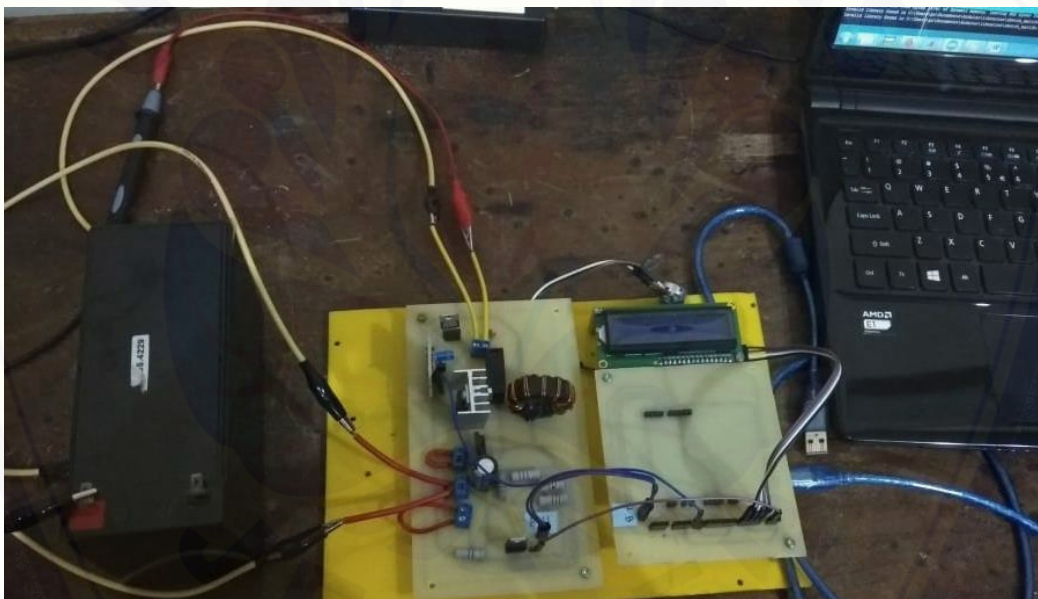
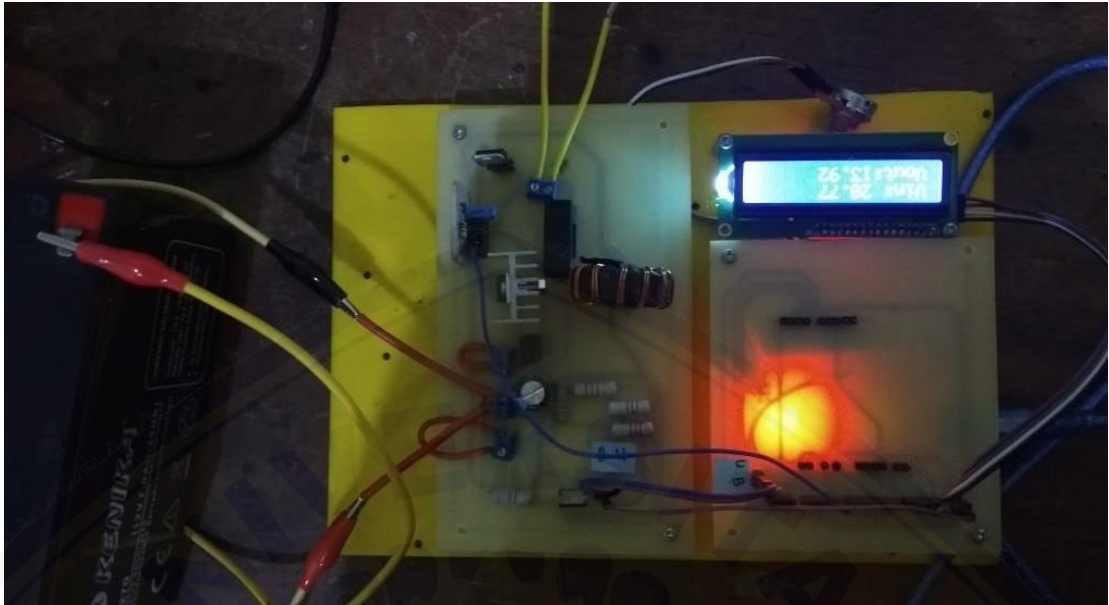


- Gambar Alat secara keseluruhan



➤ Gambar Pengambilan Data Lapangan





EMBL