



RANCANG BANGUN *KY BOOST CONVERTER* BERBASIS *FUZZY LOGIC CONTROLLER* PADA PENGISIAN BATERAI SEPEDA LISTRIK

SKRIPSI

Oleh
ARDIANTO SYAIFUR R
NIM 151910201053

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



RANCANG BANGUN *KY BOOST CONVERTER* BERBASIS *FUZZY LOGIC CONTROLLER* PADA PENGISIAN BATERAI SEPEDA LISTRIK

SKRIPSI

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

Oleh
ARDIANTO SYAIFUR R
NIM 151910201053

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT. atas nikmat dan kasihnya yang telah melimpahkan rahmat yang tak ternilai hingga dapat menyelesaikan penelitian ini, Penulis menyadari bahwa banyak semangat dan doa yang diberikan dari berbagai pihak.akhirnya di persembahkan skripsi ini untuk :

1. Allah SWT. Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang;
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang suri tauladan bagi seluruh umat;
3. Kedua orang tua, Ibu Sudarsih dan ayah Yatno yang tercinta, serta keluarga besar yang tidak kenal lelah dalam memberikan semangat, kasih sayang dan juga dan dukungan baik moril maupun materiil kepada penulis;
4. Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M. selaku Dosen Pembimbing Utama, H.R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing dan memberikan saran dengan sangat sabar demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Para Pahlawan tanpa tanda jasa yang telah membimbing penulis mulai dari taman kanak-kanak hingga Perguruan Tinggi;
6. Keluarga Besar Laboratorium Elektronika Terapan, Keluarga Besar Laboratorium Konversi Energi Listrik, Keluarga Besar Laboratorium Sistem Tenaga dan Keluarga Besar Laboratorium *Renewable Energy*;
7. Almamater tercinta, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Jember;
8. Keluarga Besar D15TORSI 2015, yang telah memberikan bantuan dan dukungan hingga terselesaikannya skripsi ini;
9. Serta rekan-rekan penulis serta reka-rekan yang menjadikan skripsi ini sebagai referensi.

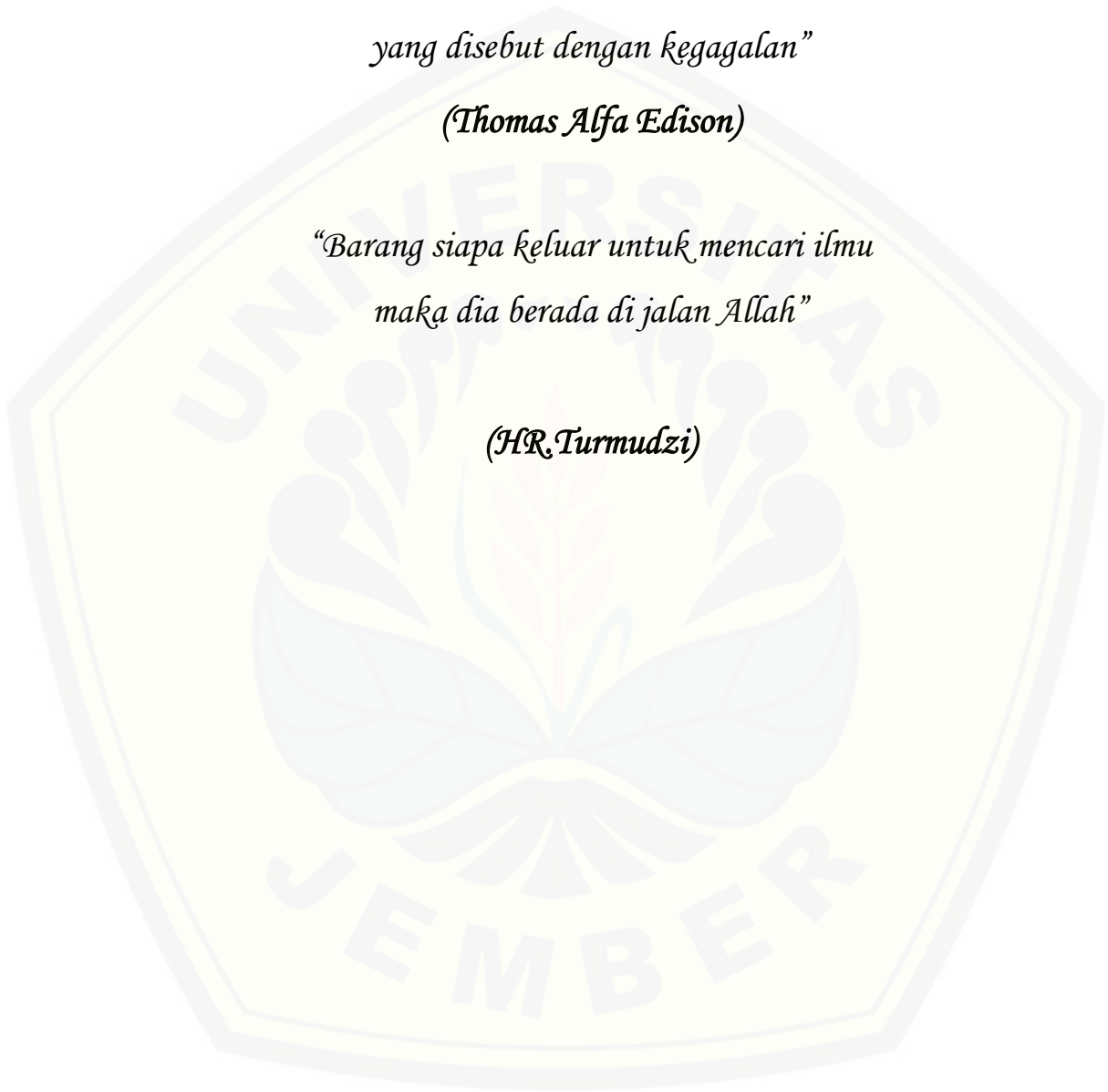
MOTO

*“Saya sukses, karena saya telah kehabisan apa
yang disebut dengan kegagalan”*

(Thomas Alfa Edison)

*“Barang siapa keluar untuk mencari ilmu
maka dia berada di jalan Allah”*

(HR, Turmudzi)



PERNYATAAN

Saya yang betanda tangan di bawah ini:

Nama : Ardianto Syaifur R

NIM : 151910201053

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “ Rancang Bangun *KY Boost Converter* Berbasis *Fuzzy Logic Controller* pada Pengisian Baterai Sepeda Listrik” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan 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 ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari ini tidak benar.

Jember, 31 Mei 2019

Yang menyatakan,

Ardianto Syaifur R

NIM 151910201053

SKRIPSI

RANCANG BANGUN *KY BOOST CONVERTER* BERBASIS *FUZZY LOGIC CONTROLLER* PADA PENGISIAN BATERAI SEPEDA LISTRIK

Oleh
ARDIANTO SYAIFUR R
NIM 151910201053

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.

Dosen Pembimbing Anggota : H.R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Rancang Bangun *KY Boost Converter* berbasis *Fuzzy Logic Controller* Pada Pengisian Baterai Sepeda Listrik” telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Jumat, 31 Mei 2019

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.

NIP 19631201 199402 1 002

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

NIP 19690608 199903 1 002

Penguji I

Penguji II

Dr. Azmi Saleh, ST., M.T.

NIP 1970614 199702 1 001

H. Samsul Bahri M, S.T., M. M. T.

NIP 19640317 199802 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM

NIP 19661215 199503 2 001

Rancang Bangun *KY Boost Converter* berbasis *Fuzzy Logic Controller* Pada Pengisian Baterai Sepeda Listrik

Ardianto Syaifur R

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Perkembangan teknologi pada sebagian besar peralatan tidak akan lepas dengan penggunaan energi listrik. Terdapat berbagai jenis peralatan yang menggunakan energi listrik untuk dapat beroperasi. Listrik memiliki dua jenis yaitu listrik DC (*Direct Current*). Pada penelitian yang dilakukan mengenai DC-DC *KY Boost Converter* menggunakan metode *fuzzy logic*. Dengan menggunakan metode *fuzzy logic* didapatkan hasil yang lebih efisien untuk kontrol tegangannya. Sumber tegangan *ky boost converter* menggunakan dua buah panel surya 100 wp. Target tegangan *output* atau *setpoint ky boost converter* sebesar 57V. Mikrokontroler arduino uno R3 sebagai kontrol *switching* rangkaian *driver* mosfet. Proses *switching* mikrokontroler menggunakan frekuensi 62.5 kHz gelombang PWM. Dalam frekuensi tersebut setiap gelombang PWM yang dihasilkan membentuk gelombang kotak.. Dari hasil pengujian *ky boost converter* dengan metode *fuzzy logic Controller* diterapkan pada pengisian pada beban baterai sepeda listrik dengan menggunakan sumber daya dari panel surya untuk menghasilkan kecepatan pengisian daya yang maksimal pada terpenuhinya pengisian beban baterai sepeda listrik 12V 12Ah.

Kata kunci : *KY Boost Converter*, Mikrokontroler, *Fuzzy Logic*, Baterai 12V 12Ah Sepeda Listrik.

*Design Of KY Boost Converter Based On Fuzzy Logic Controller in Charging
Electric Bicycle Batteries*

Ardianto Syaifur R

*Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
Universitas Jember*

ABSTRACT

Technological developments in most equipment will not be separated from the use of electrical energy. There are various types of equipment that use electrical energy to operate. Electricity has two types, namely DC (Direct Current) electricity . DC-DC KY Boost Converter using fuzzy logic method. By using the fuzzy logic method, the results are more efficient for controlling the voltage. The voltage source of the ky boost converter uses two 100 wp solar panels. The output voltage target or setpoint ky boost converter is 57V. Arduino Uno R3 microcontroller as a mosfet driver switching control circuit. The microcontroller switching process uses a frequency of 62.5 kHz PWM . In these frequencies each PWM wave produced forms a square wave. From the results of testing the ky boost converter with the fuzzy logic controller method is applied to charging the battery load of an electric bicycle using resources from solar panels to produce the maximum charging speed at fulfilling load charging VRLA Battery 12V 12Ah Electric Bicycle.

Keywords: *KY Boost Converter, Microcontroller, Fuzzy Logic, VRLA Battery 12V 12Ah Electric Bicycle Batteries*

RINGKASAN

Rancang Bangun *KY Boost Converter Berbasis Fuzzy Logic Controller* Pada Pengisian Baterai Sepeda Listrik; Ardianto Syaifur R; 151910201053, 2019; 94 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kemajuan teknologi pada sebagian besar peralatan tidak akan lepas dengan penggunaan energi listrik. Terdapat berbagai jenis peralatan yang ada saat ini menggunakan energi listrik, untuk menggunakan peralatan tersebut dibutuhkan sumber tegangan baik DC maupun AC. Tegangan listrik dapat dilakukan konversi dari DC ke AC dengan menggunakan inverter.

Konverter adalah sebuah metode untuk mendapatkan tegangan hasil konversi tegangan DC dengan menggunakan rangkaian elektronika. Konverter dapat mengkonversi *output* tegangan DC dinaikan atau diturunkan dari tegangan *input*. Terdapat beberapa jenis rangkaian konverter salah satunya adalah rangkaian dengan konfigurasi penaik tegangan yaitu *KY Boost Converter*

Rangkaian dari *converter* dengan menggunakan jenis penaik tegangan *KY Boost Converter* memiliki kelebihan efisiensi yang baik. Rangkaian *KY Boost Converter* menggunakan 2 buah mosfet dengan jenis mosfet N-Channel NEC 2SK1492. Dua mosfet tersebut bertujuan untuk memudahkan dalam proses switching, sehingga dalam satu pin dapat mengontrol dua buah mosfet dengan keadaan berbeda tanpa harus memberikan rangkaian tambahan.

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

Dari penelitian yang sudah dilakukan didapatkan kemudian tegangan dikontrol dengan menggunakan metode kontrol *Fuzzy Logic* untuk menstabilkan tegangan *output* dengan *setpoint* sebesar 57 V. Tujuan dari tegangan *setpoint*

sebesar 57V ialah agar converter mampu diterapkan pada pengisian baterai 48V 12 Ah pada sepeda listrik. Hasil dari penelitian yang sudah dilakukan didapatkan

Pengujian konverter dilakukan dengan memberikan beban statis dan beban dinamis. Pembebanan statis dilakukan dengan menggunakan varian resistor kapur sebesar 470 Ohm , 100Ohm, dan 39 Ohm, sedangkan untuk pembebanan dinamis dilakukan pada pengisian baterai sepeda listrik sebesar 48V 12 Ah . Hasil dari pengujian dau beban statis dengan beban 100 Ohmdidapatkan efisiensi inverter sebesar 93% pada *duty cycle* 50% dan 81 % pada *duty cycle* 80%. Pada pengujian *KY Boost Converter* dengan menggunakan beban dinamis didapatkan hasil efisisensi rata-rata *KY Boost Converter* sebesar 84%. Pada pengujian *KY Boost Converter* dengan menggunakan beban statis 100Ohm dan beban dinamis yaitu baterai sepeda listrik 12V 12Ah didapatkan hasil efisiensi mencapai rata-rata 82%.

PRAKATA

Puji Syukur Alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT, atas nikmat dan kasihnya yang telah melimpahkan rahmat yang tak ternilai hingga dapat menyelesaikan penelitian ini, Penulis menyadari bahwa banyak semangat dan doa yang diberikan dari berbagai pihak.akhirnya di persembahkan skripsi ini untuk :

1. Allah SWT. Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang;
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang suri tauladan bagi seluruh umat;
3. Kedua orang tua, Ibu Sudarsih dan ayah Yatno yang tercinta, serta keluarga besar yang tidak kenal lelah dalam memberikan semangat, kasih sayang dan juga dan dukungan baik moril maupun materiil kepada penulis;
4. Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M. selaku Dosen Pembimbing Utama, H.R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing dan memberikan saran dengan sangat sabar demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Para Pahlawan tanpa tanda jasa yang telah membimbing penulis mulai dari taman kanak-kanak hingga Perguruan Tinggi;
6. Keluarga Besar Laboratorium Elektronika Terapan, Keluarga Besar Laboratorium Konversi Energi Listrik, Keluarga Besar Laboratorium Sistem Tenaga dan Keluarga Besar Laboratorium *Renewable Energy*;
7. Almamater tercinta, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Jember;
8. Keluarga Besar D15TORSI 2015, yang telah memberikan bantuan dan dukungan hingga terselesaikannya skripsi ini;
9. Serta rekan-rekan penulis serta reka-rekan yang menjadikan skripsi ini sebagai referensi.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
HALAMAN ABSTRAK	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB 2.TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terkait.....	5
2.2 Gambaran Umum Sepeda Listrik	6
2.3 Panel Surya	9
2.4 Sensor Tegangan.....	12
2.5 Sensor Arus ACS712.....	13
2.6 KY- <i>Boost Converter</i>	14
2.7 Arduino Uno R3	20
2.8 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	22
2.9 Solar Power Meter	23

2.10 Kontrol <i>Fuzzy Logic</i>	24
BAB 3. METODE PENELITIAN	36
3.1 Metode Penelitian	36
3.2 Rancangan Penelitian.....	36
3.3 Jenis dan Sumber Data.....	37
3.4 Perancangan Komponen Pengendali (<i>Hardware</i>)	42
3.5 Perancangan Alat	58
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1 Implementasi dan Hasil Rancangan <i>KY Boost Converter</i>	59
4.2 Pengujian Sensor Tegangan.....	62
4.3 Pengujian Sensor Arus.....	67
4.4 Pengujian PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	69
4.5 Pengujian <i>Duty Cycle KY Boost Converter</i>	74
4.6 Pengujian Efisiensi <i>KY Boost Converter</i>	77
4.7 Kontrol Tegangan <i>Fuzzy</i>	80
4.8 Pengujian <i>KY Boost Converter</i> Tanpa Kontrol.....	84
4.9 Pengujian <i>KY Boost Converter</i> dengan Kontrol <i>Fuzzy Logic</i>	86
4.10 Pengujian Tegangan <i>Ripple</i>	92
4.11 Pengujian Karakteristik Panel Surya	93
4.12 Pengujian <i>KY Boost Converter</i> Beban Baterai Sepeda Listrik	94
BAB 5. PENUTUP	98
5.1 Kesimpulan	98
5.2 Saran	99
DAFTAR PUSTAKA	xvi
LAMPIRAN	100

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino UNO-R	21
Tabel 3.1 Rencana Kegiatan Penelitian	36
Tabel 3.2 Parameter DC/DC <i>KY-Boost Converter</i>	46
Tabel 3.3 Parameter perancangan DC/DC <i>KY Boost Converter</i>	52
Tabel 3.4 <i>Rule Base</i>	56
Tabel 4.1 Komponen Perancangan <i>KY Boost Converter</i>	59
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Sensor Pembagi Tegangan pada Vin <i>KY Boost Converter</i>	62
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Sensor Pembagi Tegangan pada Vout <i>KY Boost Converter</i>	64
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Sensor Arus ACS 712	67
Tabel 4.5 Pengujian Gelombang <i>Pulse Width Modulation</i>	69
Tabel 4.6 Hasil Pengujian <i>Duty Cycle KY Boost Converter</i>	74
Tabel 4.7 Efisiensi pada <i>KY Boost Converter</i> dengan <i>Dummy Load</i> 100 Ohm	77
Tabel 4.8 <i>Rule Base</i>	82
Tabel 4.9 <i>Drop Voltage</i> pada <i>KY Boost Converter</i> dengan <i>Dummy Load</i> 100 Ohm	84
Tabel 4.10 Hasil Pengujian <i>KY Boost Converter</i> dengan Pemberian Beban Resistif.....	88
Tabel 4.11 Data Hasil Pengujian Karakteristik Dua Buah Panel Surya dengan konfigurasi Paralel.....	91
Tabel 4.12 Data Pengujian <i>KY Boost Converter</i> dengan Pemberian Beban Beban Baterai pada Hari Pertama.....	92
Tabel 4.13 Data Pengujian <i>KY Boost Converter</i> dengan Pemberian Beban Beban Baterai pada Hari Kedua	95

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Battery</i> atau <i>Accu</i>	7
Gambar 2.2 Skema efek <i>Photovoltaic</i>	12
Gambar 2.3 Sensor Tegangan DCT-Elektronik	12
Gambar 2.4 Rangkaian Skematik Sensor Arus ACS712	13
Gambar 2.5 Rangkaian <i>KY-Boost Converter</i>	14
Gambar 2.6 <i>KY-Boost Converter</i> mode operasi 1 <i>S1 OFF</i> dan <i>S2 ON</i>	15
Gambar 2.7 <i>KY-Boost Converter</i> pada mode operasi 2 <i>S1 ON</i> dan <i>S2 OFF</i>	16
Gambar 2.8 Bentuk Gelombang dari beban 1-Mosfet 1, 2-Mosfet2.....	18
Gambar 2.9 Modul Kontroler Arduino UNO-R3.....	21
Gambar 2.10 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	23
Gambar 2.11 <i>Solar Power Meter</i>	24
Gambar 2.12 Konsep Dasar Logika <i>Fuzzy</i>	27
Gambar 2.13 Perbedaan <i>Boolean Logic</i> (a) dengan <i>Fuzzy Logic</i> (b).....	29
Gambar 2.14 Blok Diagram Sistem <i>Fuzzy</i> 1	33
Gambar 2.15 Blok Diagram Sistem <i>Fuzzy</i> 2.....	33
Gambar 2.16 <i>Fuzzification</i>	34
Gambar 2.17 <i>Defuzzification</i>	35
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	39
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem	41
Gambar 3.3 Skematik Sensor Tegangan.	42
Gambar 3.4 Spesifikasi Panel Surya 100 Wp <i>Polycrystalline</i>	44
Gambar 3.5 Baterai VOZ 12V-12Ah	45
Gambar 3.6 Spesifikasi Baterai VOZ 12V-12Ah.....	46
Gambar 3.7 Desain Skematik dan 3D <i>KY Boost Converter</i>	47
Gambar 3.8 Diagram blok kontrol <i>Fuzzy Logic KY-Boost Converter</i>	53
Gambar 3.9 <i>Membership function</i> nilai <i>error</i> (E)	54
Gambar 3.10 <i>Membership function</i> nilai <i>delta error</i> (DE).....	55
Gambar 3.11 <i>Membership function</i> nilai <i>output</i> (PWM).....	56
Gambar 3.12 Desain Alat	57

Gambar 4.1	Hasil Rancangan <i>KY Boost Converter</i>	60
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan Pembacaan Sensor Tegangan dan Digital Multimeter pada <i>Vin KY Boost Converter</i>	63
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Pembacaan Sensor Tegangan dan Digital Multimeter pada <i>Vout KY Boost Converter</i>	65
Gambar 4.4	Sensor Tegangan <i>Input</i> dan <i>Output</i> pada <i>KY Boost Converter</i> ...	65
Gambar 4.5	Grafik Perbandingan Pembacaan Sensor Arus dan Digital Multimeter	68
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan <i>duty cycle</i> terhadap Tegangan keluaran (<i>Vout</i>) <i>KY Boost Converter</i>	76
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Daya <i>Input</i> dan Daya <i>Output KY Boost Converter</i>	78
Gambar 4.8	Grafik Efisiensi <i>Open Loop</i> Beban 100 Ohm <i>KY Boost Converter</i>	79
Gambar 4.9	<i>membership function</i> nilai <i>error</i> (E)	80
Gambar 4.10	<i>membership function</i> nilai <i>delta error</i> (DE).....	81
Gambar 4.11	<i>membership function</i> nilai <i>output</i> (<i>Duty</i>)	82
Gambar 4.12	<i>defuzzification</i>	83
Gambar 4.13	Grafik <i>Drop</i> Tegangan pada <i>KY Boost Converter</i> Tanpa Kontrol dengan Pemberian Variasi Beban.....	85
Gambar 4.14	Grafik Perbandingan Antara Tegangan <i>Input</i> dan Tegangan <i>Output</i> Saat Tanpa Beban	87
Gambar 4.15	Grafik Pengujian Pemberian Beban 470 Ohm	88
Gambar 4.16	Grafik Pengujian Pemberian Beban 100 Ohm	89
Gambar 4.17	Grafik Pengujian Pemberian Beban 39 Ohm	90

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. <i>Listing Program</i>	100
Lampiran B. Gambar Data Lapangan	116



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketergantungan mobilisasi manusia dalam kehidupan sehari-hari salah satunya adalah transportasi berbahan bakar fosil. Penggunaan transportasi berbahan bakar fosil secara terus menerus memiliki beberapa ancaman serius yakni menipisnya cadangan minyak bumi, ketidakstabilan harga karena laju permintaan yang lebih besar dibandingkan produksi minyak, dan polusi udara terutama CO₂ akibat pembakaran bahan bakar fosil. Kadar CO₂ saat ini disebut sebagai yang tertinggi selama 125.000 tahun belakangan ini. (Kurniawan:2010)

Untuk mengurangi ancaman polusi udara yang diakibatkan dari transportasi berbahan bakar fosil ialah melakukan peralihan dari transportasi berbahan bakar fosil dengan menggunakan transportasi berbahan bakar alternatif lain salah satunya ialah Sepeda Listrik. Sepeda listrik merupakan salah satu transportasi dengan bahan bakar yang ramah lingkungan. Sepeda listrik saat ini semakin didukung keberadaannya karena mencuatnya isu bahwa persediaan bahan bakar fosil yang semakin menipis. Sepeda listrik ini menggunakan tenaga listrik dari baterai/aki untuk memutar motor yang kemudian dapat menggerakkan sepeda tersebut. (Trisnaningtyas: 2012)

Pada sepeda listrik saat ini, mayoritas dalam pengisian baterai/aki masih mengandalkan energi listrik yang bersumber dari listrik PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) yang dikirimkan oleh pembangkit tenaga listrik. Sehingga berdasarkan permasalahan tersebut yakni mengenai proses pengisian baterai/aki pada sepeda listrik, dilakukan suatu pengembangan yakni pengisian pada baterai/aki menggunakan energi listrik yang bersumber dari panel surya. Tujuannya agar tidak lagi mengandalkan energi listrik dari PT.PLN, melainkan menggunakan energi alternatif yakni berupa energi surya . Seperti yang telah diketahui energi surya merupakan energi terbarukan yang dapat dikonversi menjadi energi listrik berupa tegangan DC (*Direct Current*). Dalam aplikasi sumber energi terbarukan, panel surya menghasilkan tegangan keluaran yang rendah dan ini membutuhkan alat untuk menaikkan tegangan agar bisa digunakan

sebagai media pengisian baterai/aki sepeda listrik. Alat yang umum digunakan sekarang ini adalah dc–dc *boost converter*. DC-DC *boost converter* ini banyak digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan tegangan yang lebih tinggi dari sumbernya, salah satunya yaitu baterai/aki sepeda listrik sebagai komponen utama sepeda listrik. *Boost converter* tersebut berfungsi untuk menaikkan tegangan yang bersumber dari panel surya agar bisa digunakan sebagai media pengisian baterai/aki sepeda listrik sebesar 48V dengan kapasitas 12 Ah.

DC–DC *boost converter* merupakan konverter yang digunakan untuk memberikan tegangan keluaran yang lebih tinggi dari tegangan masukan yang rendah dengan dikendalikan oleh sinyal kontrol berupa sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*). Namun, pada *boost converter* konvensional, nilai tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan memiliki efisiensi yang cukup rendah. Efisiensi tersebut merupakan masalah yang akan mengurangi kehandalan pada konverter itu sendiri. Oleh karena itu untuk menyelesaikan masalah tersebut, suatu bentuk metode perbaikan dengan cara memodifikasi rangkaian *boost converter* dibuat. Modifikasi rangkaiannya disebut *KY Boost Converter*. *KY Boost Converter* merupakan sebuah DC-DC *Converter* dengan topologi jenis baru yang mengkombinasikan antara *KY Converter* dengan *Boost Converter*, konverter ini menghasilkan sebuah efisiensi yang cukup handal, dikarenakan masing-masing masukan dan keluaran tegangan memiliki induktor sendiri, induktor ini selalu bekerja dalam mode CCM (*Continues Conduction Mode*), dimana komponen riak arus induktor lebih rendah dari komponen rata-rata, arus input terus-menerus atau *non-pulsating* dan kenaikan tegangan tidak bergantung pada beban, sehingga mampu meminimalisir *ripple* arus dan tegangan yang dihasilkan.

Beberapa penelitian sebelumnya yang telah dilakukan terkait DC-DC konverter untuk mencari kestabilan tegangan pengisian pada baterai/aki sepeda listrik diantaranya yaitu penelitian dari M. Al Aziz pada tahun 2018 “Sistem Kontrol *Fuzzy Logic* Untuk Tegangan Keluaran *Boost Converter* Pada Pengisian Baterai Sepeda Listrik Menggunakan *Solar Cell*”. Pada penelitian ini digunakan konverter DC-DC tipe *Boost* untuk menstabilkan tegangan keluaran pada panel surya dengan menggunakan kontrol *fuzzy logic*. Namun terdapat beberapa

masalah diantaranya nilai arus masukan dan tegangan keluaran yang dihasilkan masih terdapat *overshoot* tegangan. *Overshoot* tegangan tersebut merupakan masalah yang akan mengurangi efisiensi dan kehandalan pada konverter itu sendiri.

Pada penelitian sebelumnya yang telah dijelaskan diatas, dapat disimpulkan bahwa masih terdapat kekurangan yang terjadi pada hasil perangkat keras. Sehingga dilakukan penelitian ini untuk menyempurnakan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Pada penelitian ini terdapat perubahan dalam hal modifikasi rangkaian konverter. Jika pada penelitian sebelumnya menggunakan topologi rangkaian *Boost Converter*. Berbeda pada penelitian ini yaitu menggunakan topologi rangkaian *KY Boost Converter*. Dari kedua penelitian tersebut akan dilakukan pengembangan yaitu penelitian “RANCANG BANGUN *KY BOOST CONVERTER* BERBASIS *FUZZY LOGIC CONTROLLER* PADA PENGISIAN BATERAI SEPEDA LISTRIK” . Diharapkan pada penelitian ini akan diperoleh hasil daya keluaran konverter yang bersumber dari panel surya yang maksimal sehingga efisiensi dari konverter menjadi lebih tinggi dan dapat mengisi baterai secara maksimal.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan diatas dapat ditarik beberapa permasalahan yaitu :

1. Bagaimana perancangan DC-DC *KY Boost Converter* untuk pengisian baterai pada sepeda listrik menggunakan panel surya ?
2. Bagaimana pengaturan kestabilan tegangan keluaran dari *KY Boost Converter* untuk *charger* baterai dengan metode kontrol *Fuzzy Logic*?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan tujuan penelitian maka penulis memberi batasan masalah rencana penelitian ini. Adapun yang menjadi batasan penelitian ini adalah sebagai berikut, yaitu :

1. Sumber pengisian baterai menggunakan panel surya

2. Panel surya yang digunakan sebesar 100 WP dengan jenis *polycrystalline* sebanyak 2 buah tersusun secara paralel.
3. Analisa dititik beratkan pada tegangan yang dihasilkan oleh *KY Boost Converter* dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya.
4. Penelitian ini dilakukan dengan Mikrokontroler Arduino UNO R3
5. Pengujian *KY Boost Converter* dilakukan dengan menggunakan resistor kapur.
6. Tidak membahas tentang ergonomis sepeda listrik.
7. Tidak membahas tentang suhu, kelembaban serta kemiringan panel surya
8. Baterai yang digunakan adalah baterai aki VRLA dengan kapasitas sebesar 48 Volt 12 Ah.

1.4 Tujuan Penelitian

Dengan meninjau latar belakang pada permasalahan yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan tujuan utama dari penelitian ini diantaranya :

1. Mahasiswa mampu mendesain perangkat keras konverter jenis *KY Boost Converter* untuk pengisian baterai/aki pada sepeda listrik menggunakan panel surya.
2. *KY-Boost Converter* dapat mengatur kestabilan tegangan keluaran dengan menggunakan metode kontrol *Fuzzy Logic* .

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan setelah tujuan penelitian ini tercapai adalah terwujudnya inovasi terbaru dengan memanfaatkan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan konverter sebagai alat bantu nya dalam mengoptimalkan tegangan dan arus keluaran panel surya untuk melakukan proses pengisian baterai/aki pada sepeda listrik.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka ini akan diuraikan tentang beberapa dasar teori yang akan digunakan untuk memecahkan masalah pada penelitian ini yang digunakan sebagai acuan pada saat melakukan pengujian serta pengambilan data. Serta dijelaskan bagaimana karakteristik komponen-komponen sehingga dapat digunakan pada saat melakukan penelitian. Berdasarkan hal-hal tersebut maka dapat dijelaskan dengan bahasan dibawah ini, yaitu antara lain :

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian terkait ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh M. Al Aziz pada tahun 2018 “Sistem Kontrol *Fuzzy Logic* Untuk Tegangan Keluaran *Boost Converter* Pada Pengisian Baterai Sepeda Listrik Menggunakan *Solar Cell*” . Selain itu penelitian juga dilakukan oleh K. I. Hwu, *Member, IEEE*, and Y. T. Yau, *Student Member, IEEE* “*KY-Boost Converter*” yakni sebuah *DC-DC Converter* dengan topologi jenis baru yang mengkombinasikan antara *KY Converter* dengan *Boost Converter*, penelitian ini menghasilkan sebuah efisiensi yang cukup tinggi, dikarenakan masing-masing masukan dan keluaran tegangan memiliki induktor sendiri dimana induktor ini selalu bekerja dalam mode *CCM (Continues Conduction Mode)*, dimana komponen riak arus konduktor lebih rendah dari komponen rata-rata, arus *input* terus-menerus atau *non-pulsating* dan kenaikan tegangan tidak bergantung pada beban, sehingga mampu meningkatkan tegangan keluaran yang dihasilkan tiga kali lipat dari tegangan masukan. Dari ketiga penelitian tersebut akan dilakukan pengembangan yaitu penelitian “RANCANG BANGUN *KY BOOST CONVERTER* BERBASIS *FUZZY LOGIC CONTROLLER* PADA PENGISIAN BATERAI SEPEDA LISTRIK” . Diharapkan pada penelitian ini akan diperoleh hasil daya keluaran konverter yang bersumber dari panel surya yang maksimal sehingga efisiensi dari konverter menjadi lebih tinggi dan dapat mengisi baterai secara maksimal.

2.2 Gambaran Umum Sepeda listrik

Sepeda listrik adalah pengembangan teknologi dari sepeda konvensional dengan tenaga manusia yang dapat bergerak ketika mendapat gaya mekanik dari pedal yang dikayuh. Sepeda listrik merupakan kendaraan yang tidak menggunakan bahan bakar minyak. Pada umumnya sepeda listrik menggunakan motor BLDC sebagai aktuator untuk memutar roda. Motor BLDC dapat berputar ketika diberikan energi listrik sesuai daya yang dibutuhkan, biasanya memerlukan tegangan 48 V dengan arus kurang lebih 1A.

Pada saat energi listrik yang disimpan pada baterai telah habis, perlu dilakukan pengisian dari sumber PLN. Sepeda listrik memiliki sistem Hybrid yaitu dengan tenaga konvensional, ketika baterai telah habis, sepeda listrik tetap bisa digunakan dengan mengayuh pedal seperti sepeda pada umumnya.

2.2.1 Bagian Bagian Sepeda Listrik

Pada sepeda listrik terdapat beberapa bagian yang penting yang saling berhubungan antara peralatan satu dengan peralatan yang lain diantaranya yaitu :

1. Motor BLDC

Secara umum, motor BLDC dianggap motor performa tinggi yang mampu memberikan torsi pada rentang kecepatan yang luas. Secara performa BLDC motor dapat menghasilkan torsi maksimal pada RPM yang rendah dan secara bertahap akan menurun seiring meningkatnya RPM motor (Nainggolan : 2016).

2. Kontrol motor BLDC

Controller pada motor DC brushless berperan sangat penting dapat dikatakan sebagai penunjang utama operasi motor DC brushless karena motor DC brushless membutuhkan suatu trigger pulsa yang masuk ke bagian elektromagnetik (stator) motor DC brushless untuk memberikan pengaturan besarnya arus yang mengalir sehingga putaran motor dapat diatur secara akurat (Nainggolan:2016)

3. Baterai

Baterai atau aki adalah sebuah sel listrik yang di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berbalikan) dengan tingkat efisiensi 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. Proses elektrokimia *reversible*, adalah proses yang terjadi di dalam baterai akibat dari perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel.



Gambar 2.1. *Battery* atau *Accu*

Beberapa proses yang terjadi pada baterai diantaranya yaitu :

a. *Charging* Baterai Aki

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: *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.

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. Kompromi 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*.

Baterai aki memerlukan periodik *discharge*, untuk memperpanjang umur baterai. Penerapan sekali dalam sebulan, dimana *discharge* dilakukan hanya berkisar 10 persen dari total kapasitas. *Full discharge* sebagai bagian dari pemeliharaan rutin tidak direkomendasikan karena akan mengurangi siklus hidup baterai. Baterai aki memiliki tegangan puncak bervariasi pada suhu yang bervariasi saat pengisian ulang dan *float charge*. Menerapkan kompensasi suhu pada *charger* untuk menyesuaikan suhu ekstrim memperpanjang umur baterai hingga 15 persen. Ini benar jika dijalankan pada suhu tinggi.

b. *Discharging* Baterai Aki

Kapasitas baterai sebesar 100 Ampere hour, artinya arus baterai akan habis dalam satu jam, bila beban menggunakan 100 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).
- 1000 atau lebih dengan 30 persen depth of discharge (shallow discharge).

2.3 Panel Surya

Sel surya merupakan sebuah piranti yang digunakan untuk mengkonversikan energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Yang mana pada sel surya bekerja berdasarkan prinsip kerja dari sebuah semikonduktor *p-n junction*, karena pada sel surya menggunakan sebuah silikon sebagai bahan utama dalam penyusunnya. Pada sel surya terdiri dari lapisan semikonduktor, yaitu semikonduktor *doping-n* dan *doping-p* yang membentuk *p-n junction*, lapisan antirefleksi, dan substrat logam sebagai tempat mengalirnya arus dari semikonduktor tipe-n (elektron) dan tipe-p (*hole*) (Wahyu : 2010). Konversi energi listrik yang dihasilkan berdasarkan irradiansi cahaya pada suatu sel semikonduktor yang diketahui sebagai efek *photovoltaic*. Saat cahaya mengenai semikonduktor, energy foton yang lebih besar dari energi *band gap*-nya akan mematahkan ikatan electron valensi, sehingga pasangan *electron-hole* akan tergenerasi. Sehingga pasangan *electron-hole* akan menimbulkan medan listrik. (Rianti : 2010)

2.3.1 Jenis – Jenis Sel Surya

Sel surya memiliki beberapa jenis yang digunakan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi alam pada lokasi pemasangan sel surya, berikut merupakan jenis-jenis sel surya yang secara umum sering digunakan yaitu :

1. *Single Crystalline*

Merupakan jenis kristal yang mempunyai satu jenis macamnya, dalam perkembangannya Single Crystalline dapat menghasilkan efisiensi yang sangat tinggi. *Jenis single cristalline* antara lain:

a. *Gallium Arsenide Cell* `

Gallium arsenide cell sangat efisien dari semua sel, tapi harganya sangat mahal. Efisiensi dari sel ini mampu mencapai 25 persen.

b. *Cadmium Sulfide Cell*

Cadmium sulfide cell ini merupakan suatu bahan yang dapat dipertimbangkan dalam pembuatan panel surya, karena harga yang murah dan mudah dalam proses pembuatannya.

2. *Polycrystalline Cell*

Polycrystalline cell merupakan kristal yang banyak macamnya, terbuat dari kristal silikon dengan efisiensi 10-12 persen.

3. *Amorphous Silicon Cell*

Amorphous berarti tidak memakai kristal struktur non kristal, bahan yang digunakan berupa proses film yang tipis dengan efisiensi sekitar 4-6 persen.

4. *Copper Indium Diselenide Cell*

Bahan semikonduktor yang aktif dalam sel surya CIS adalah *Copper Indium Diselenide*. Senyawa CIS sering juga merupakan paduan dengan gallium dan belerang. Efisiensi sekitar 9-11 persen.

5. *Cadmium Telluride (CdTe)*

Cell Panel surya CdTe diproduksi pada substrat kaca dengan lapisan konduktor TCO transparan biasanya terbuat dari *indium tin oxide (ITO)* sebagai kontak depan. Efisiensi 1 persen hingga 8,5 persen per efisiensi modul.

6. *Dye Sensitized*

Prinsip kerja *Dye sensitized* yaitu menyerap cahaya dalam pewarna organik mirip dengan cara dimana tanaman menggunakan klorofil untuk menangkap energi dari sinar matahari dengan fotosintesis (*Weller, 2008*).

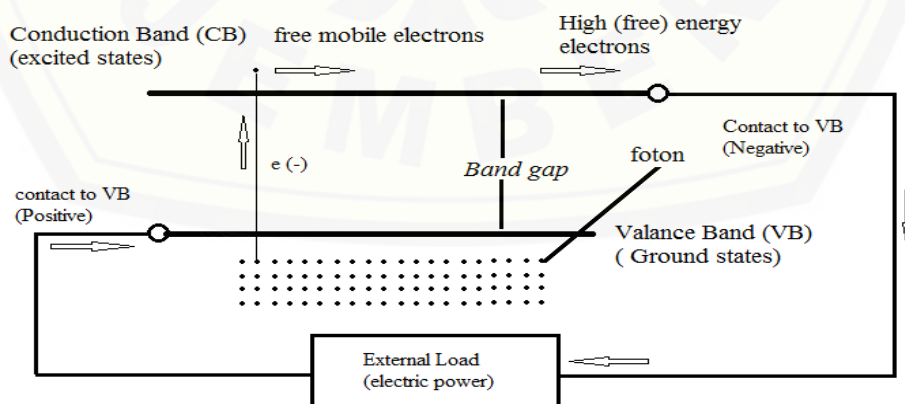
2.3.2 Prinsip kerja Sel Surya

Sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor memiliki elektron yang terikat dengan lemah pada suatu pita energi yang disebut pita valensi, dan saat terdapat energi yang lebih besar dari batas *threshold (band gap energy)* yang diberikan pada elektron di pita valensi tersebut, maka ikatan elektron tersebut akan putus. Kemudian elektron tersebut bergerak bebas pada suatu pita energi baru

yang disebut dengan pita konduksi. Sehingga elektron bebas pada pita konduksi dapat menghasilkan listrik. energi yang di butuhkan untuk membebaskan electron ini didapatkan dari foton yang merupakan bagian partikel dari cahaya. (Beng : 2012).

Pada saat semikonduktor yang berada pada sel surya terkena sinar matahari yang membawa partikel-partikel foton menabrak sel surya yang didalamnya terdapat semikonduktor P-N Junction . maka ketika energy foton tersebut cukup maka electron akan didorong keluar dari pita valensi (*VB*) yang kemudian akan melewati pita pemisah (band gap) hingga menuju pita konduksi (*CB*). Kemudian suatu selective contact akan mengumpulkan elektron-elektron pada pita konduksi dan akan menggerakkan electron-elektron tersebut. Sehingga pergerakan dari electron inilah yang membuat terciptanya arus listrik akibat adanya perbedaan potensial. Energy dari arus listrik digunakan untuk mengerjakan berbagai hal sebelum kembali menuju pita valensi melalui selective contact yang kedua (Beng : 2012).

Dikarenakan terjadinya suatu “*doping*” pada sel surya maka sebuah sel surya dianggap sebagai suatu *pn junction*. *Doping* ini menyebabkan salah satu dari bagian *pn junction* menjadi sisi p, karena terapat banyak muatan positif dan sedangkan bagian yang lain menjadi muatan negatif karena memiliki muatan negatif yang banya banyak.

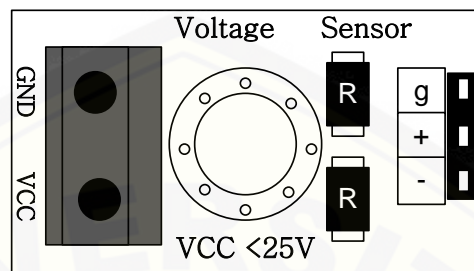


Gambar 2.2 Skema efek *Photovoltaic*

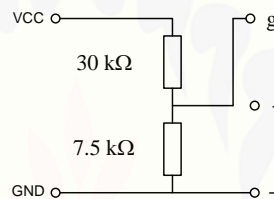
(Hegedus & Luque : 2003)

2.4 Sensor Tegangan

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



(a)



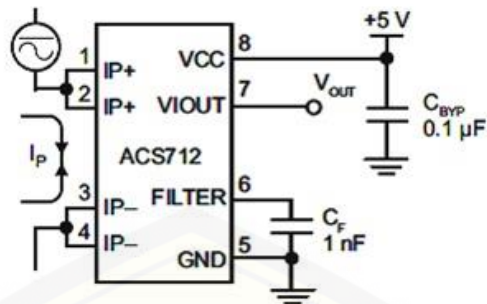
(b)

Gambar 2.3 Sensor Tegangan DCT-Elektronik

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

2.5 Sensor Arus ACS 712

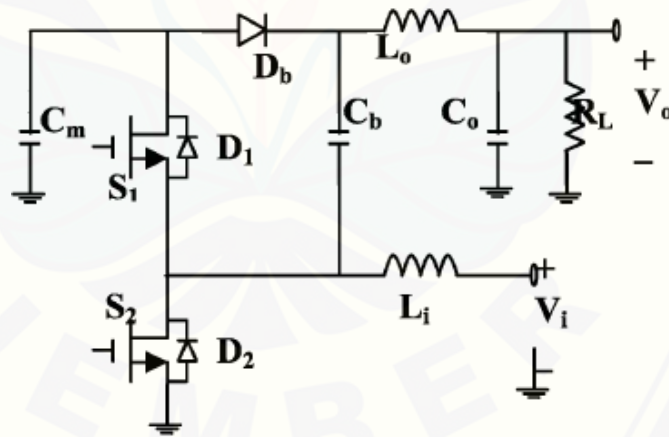
ACS712 adalah sebuah modul sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus ACS712 dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor arus ACS712 telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas untuk pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang relatif kecil. Sensor jenis ini juga sering digunakan pada aplikasi-aplikasi di bidang industri, komersial, maupun komunikasi. Contoh aplikasinya antara lain untuk sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih, dan lain sebagainya.



Gambar 2.4 Rangkaian Skematik Sensor Arus ACS712

2.6 KY-Boost Converter

KY-Boost Converter merupakan konverter DC-DC dengan topologi jenis baru yaitu mengkombinasi *KY-Converter* dengan *Boost Converter*. *KY-Boost Converter* bertindak sebagai penaik tegangan keluaran yang dihasilkan dengan *ripple* tegangan yang kecil. Proses naiknya tegangan keluaran dari *KY-Boost Converter* ini ditentukan oleh adanya pengaturan *switching* dari MOSFET yang diatur berdasarkan besar kecilnya *duty cycle*. Pada pengaturan *duty cycle* ini menggunakan pemberian sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*).



Gambar 2.5 Rangkaian KY-Boost Coverter

(K. I. Hwu & Y. T. Yau: 2010)

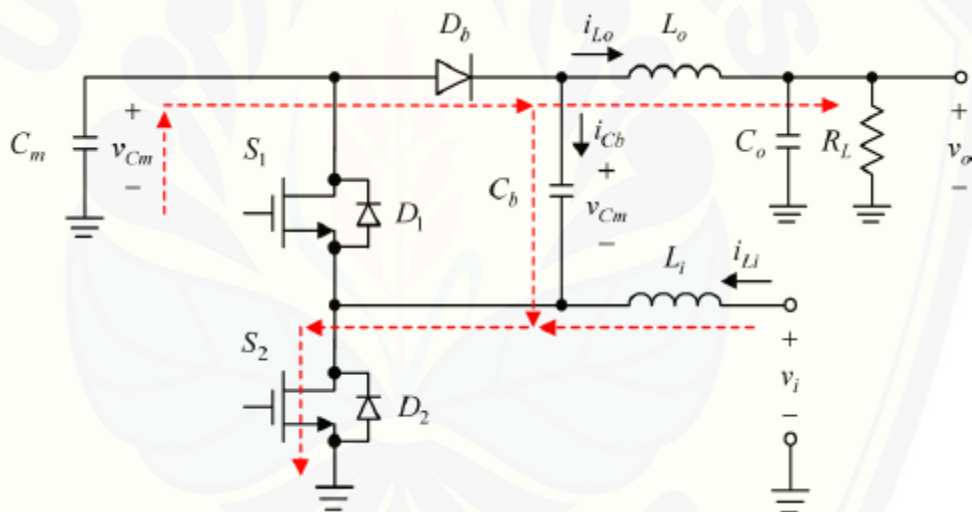
KY-Boost Converter beroperasi pada mode CCM (*Continues Conduction Mode*) yakni arus mengalir melalui masukan dan keluaran bisa positif atau negatif, akan tetapi nilai rata-rata harus bernilai positif untuk aliran daya selalu dari masukan ke keluaran. Konverter ini terdiri dari dua buah MOSFET *S1* dan

S_2 tersusun seri sebagai pensaklaran dengan dioda yang tersusun paralel pada masing-masing mosfet D_1 dan D_2 , dioda bias maju D_b dengan transfer energi kapasitor C_b , induktor L_i pada masukan, induktor L_o pada keluaran, dan kapasitor C_o pada keluaran. Masukan dari KY-Converter digantikan oleh kapasitor penyangga C_m yang terhubung dengan keluaran konverter yang artinya kapasitor C_m adalah penyangga antara KY-Converter dan Boost Converter

2.6.1 Prinsip Kerja KY-Boost Converter

KY-Boost Converter beroperasi pada mode CCM (*Continuous Conduction Mode*) dengan dua pensaklaran, oleh karenanya terdapat dua mode operasi sebagai berikut :

2.6.1.1 Mode Operasi 1



Gambar 2.6 Aliran daya dari KY-Boost Converter pada mode operasi 1 S_1 OFF dan S_2 ON

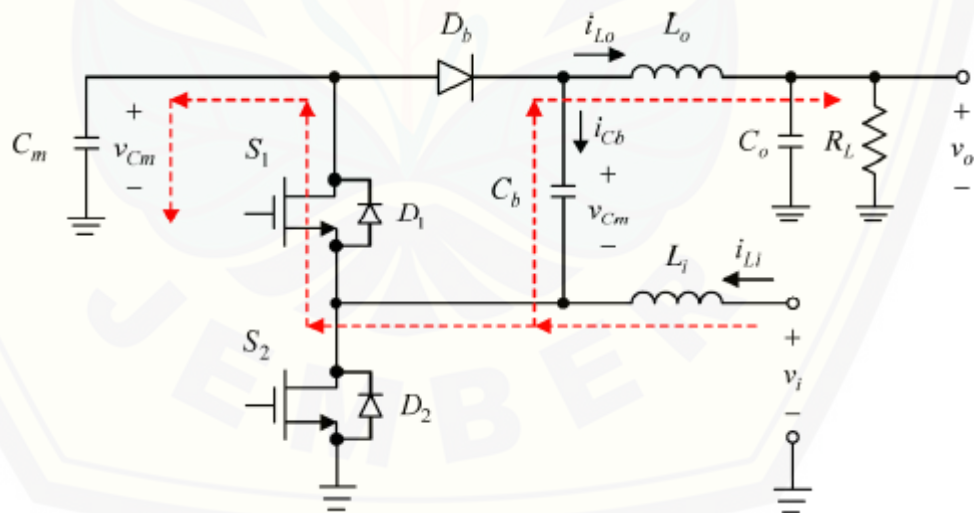
(K. I. Hwu & Y. T. Yau: 2010)

Pada mode operasi 1 dari KY Boost Converter diwakili oleh gambar 2.6 yakni ketika S_1 OFF dan S_2 ON dimana ground terminal negatif pada kapasitor C_b dan dioda D_b mengarah menjadi bias maju (*forward bias*) oleh dioda D_b akibat dari kapasitor C_m melepaskan muatan listrik (*Discharge*) dan mengisi muatan listrik pada kapasitor C_b (*Charge*). Tegangan yang melintas pada induktor L_i adalah tegangan masukan V_i , sehingga memagnetisasi induktor masukan L_i , sedangkan tegangan yang melintas pada induktor keluaran L_o

dikurangi oleh tegangan V_{cm} , sehingga mem-demagnetisasi induktor keluaran L_o . Dan arus yang mengalir melalui kapasitor keluaran C_o sama dengan arus keluaran i_{L_o} dikurangi arus yang mengalir menuju R_L , sedangkan arus yang mengalir melalui C_m sama dengan jumlah arus $-i_{C_b}$ dan $-i_{L_o}$ oleh karenanya persamaan diferensial nya sebagai berikut,

$$\begin{aligned} L_i \frac{\partial i_{L_i}}{\partial t} &= v_i \\ L_o \frac{\partial i_{L_{oi}}}{\partial t} &= v_{C_m} - v_o \\ C_o \frac{\partial v_o}{\partial t} &= i_{L_o} - \frac{v_o}{R_L} \\ C_m \frac{\partial v_{C_m}}{\partial t} &= -i_{C_b} - i_{L_o} \end{aligned} \quad (2.1)$$

2.6.1.2 Mode Operasi 2



Gambar 2.7 Aliran daya dari KY-Boost Converter pada mode operasi 2 S1 ON dan S2 OFF

(K. I. Hwu & Y. T. Yau: 2010)

Pada mode operasi 2 dari KY Boost Converter diwakili oleh gambar 2.7 yakni ketika S1 ON dan S2 OFF dimana dioda D_b mengalami bias balik (*reverse*

bias) sehingga kapasitor C_b mengalami pelepasan muatan listrik (*Discharge*) dan kapasitor C_m mengalami pengisian muatan listrik (*Charge*). Oleh karena itu tegangan yang melintas pada induktor masukan L_i ialah tegangan masukan V_i dikurangi tegangan V_{cm} , sehingga mem-demagnetisasi induktor masukan L_i , sedangkan tegangan yang melintas pada induktor keluaran L_o ialah tegangan keluaran V_o dikurangi dua kali kapasitor V_{cm} ($2V_{cm}$), sehingga memagnetisasi induktor keluaran L_o . Dan arus yang mengalir melalui kapasitor keluaran C_o sama dengan arus i_{L_o} dikurangi arus yang mengalir melalui R_L , sedangkan yang mengalir melalui kapasitor C_m sama dengan jumlah dari arus i_{L_i} dan $-i_{L_o}$, oleh karena itu persamaan diferensialnya sebagai berikut,

$$\begin{aligned} L_i \frac{\partial i_{L_i}}{\partial t} &= v_i - v_{cm} \\ L_o \frac{\partial i_{L_o}}{\partial t} &= 2v_{cm} - v_o \\ C_o \frac{\partial v_o}{\partial t} &= i_{L_o} - \frac{v_o}{R_L} \\ C_m \frac{\partial v_{cm}}{\partial t} &= i_{L_i} - i_{L_o} \end{aligned} \tag{2.2}$$

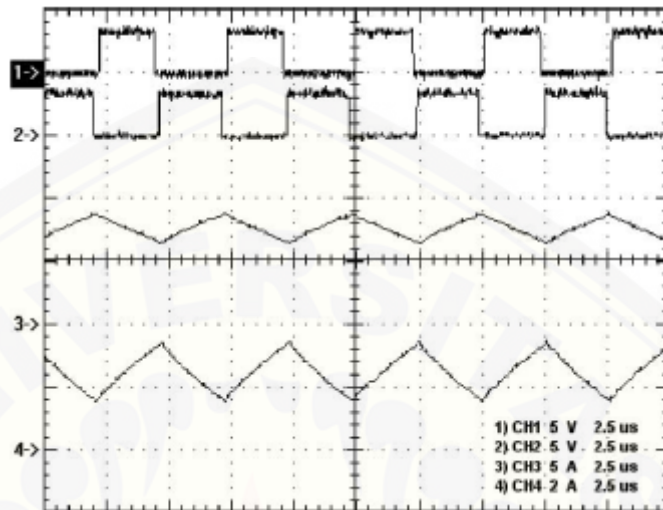
Persamaan quescient yang dapat diperoleh dari persamaan menjadi,

$$\begin{aligned} 0 &= V_i - (1 - D)V_{cm} \\ 0 &= (2 - D)V_{cm} + V_o \\ 0 &= I_{L_o} - \frac{V_o}{R_L} \\ 0 &= -(2 - D)I_{L_o} + (1 - D)I_{L_i} \end{aligned} \tag{2.3}$$

Dari persamaan 6.3, hubungan yang sesuai antara V_{cm} , V_i , dan rasio konversi tegangan yang dihasilkan dari *KY Boost Converter* menjadi,

$$V_{cm} = \frac{v_i}{1-D} \text{ dan } \frac{V_o}{V_i} = \frac{2-D}{1-D} \tag{2.4}$$

Dari persamaan 2.4, sebagai *duty cycle* mendekati 1 akibatnya rasio konversi tegangan mendekati hingga tak terbatas, sedangkan sebagai *duty cycle* mendekati 0 akibatnya rasio konversi tegangan mendekati 2.



Gambar 2.8 Bentuk Gelombang dari beban 1-Mosfet 1, 2-Mosfet2, 3-Arus Induktor *Input*, 4-Arus Induktor *Output*
(K. I. Hwu & Y. T. Yau: 2010)

2.6.2 Desain perancangan *KY- Boost Converter*

Empat parameter yang diperlukan dalam menghitung daya pada *KY Boost Converter* diantaranya yakni:

1. Rentang tegangan masukan V_i (*max*) dan V_i (*min*)
2. Besar nominal Tegangan keluaran: V_{out}
3. Arus keluaran maksimal: I_{out}
4. Rangkaian yang terintegrasi digunakan untuk membangun *KY Boost Converter*.

Hal ini diperlukan karena beberapa parameter untuk perhitungan harus diambil dari *data sheet* komponen yang digunakan dalam perancangan.

Langkah – langkah dalam perancangan *KY Boost Converter*

- Penentuan *duty cycle*

Dengan menggunakan persamaan (2.4);

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{2-D}{1-D} \quad (2.5)$$

- Menentukan Besarnya Induktansi Keluaran L_i

Dengan menggunakan persamaan (2.1) menjadi;

$$L_i = (v_i) * \frac{dt}{\partial \langle i_{L_i} \rangle}$$

$$L_i = (v_i) * \frac{D_{max}}{F_s * \Delta i_L}$$

- Menentukan Besarnya Induktansi Keluaran L_o

Dengan menggunakan persamaan (2.2) menjadi;

$$L_o = ((2)\langle v_{cm} \rangle - \langle v_o \rangle) * \frac{dt}{\partial \langle i_{L_o} \rangle}$$

$$L_o = ((2)\langle v_{cm} \rangle - \langle v_o \rangle) * \frac{D_{max}}{F_s * \Delta i_L}$$

(2.6)

- Menentukan Besarnya Kapasitansi Penyangga C_m

Dengan menggunakan persamaan (2.2) menjadi;

$$C_m = (\langle i_{L_i} \rangle - \langle i_{L_o} \rangle) * \frac{\partial dt}{\partial \langle v_{cm} \rangle}$$

$$C_m = (\langle i_{L_i} \rangle - \langle i_{L_o} \rangle) * \frac{D_{max}}{F_s * \Delta V_{cm}}$$

(2.7)

- Menentukan Besarnya Kapasitansi Transfer Energi C_o menjadi;

$$C_o = \frac{C_m}{2}$$

(2.8)

- Menentukan Besarnya Kapasitansi Keluaran C_b menjadi;

$$C_b = \frac{C_m}{1.5}$$

(2.9)

- Menentukan Besarnya Resistansi yang digunakan sebagai beban menjadi;

$$R_L = \frac{V_o}{I_{Lo}}$$

(2.10)

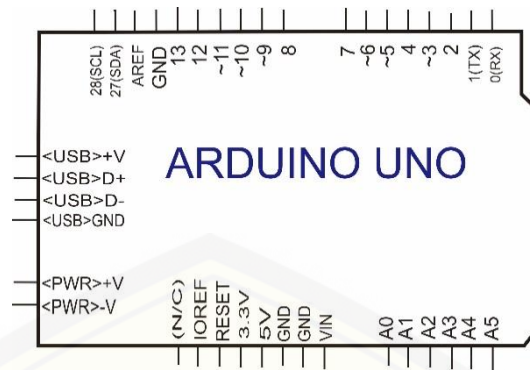
2.7 Arduino UNO

Arduino Uno adalah modul mikrokontroler berbasis ATmega 328. Modul ini memiliki empat belas pin *input-output* (14 I/O) di mana enam diantaranya dapat digunakan sebagai *output pulse width modulation* (PWM), enam *input* analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, tombol *reset* dan koneksi ke catu daya. Kontroler ini semua yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler.

“Uno” berarti satu dalam bahasa Itali dan hal ini untuk menandai versi pertama (Arduino 1.0) yang akan menjadi versi acuan bagi Arduino berikutnya. Uno adalah seri terakhir dari seri papan atau modul USB Arduino. Uno tidak lagi menggunakan *chip* FTDI USB-to-serial tetapi menggunakan Atmega 8U2 sebagai konverter USB ke serial. Gambar 2.9 (a) adalah modul Arduino UNO-R3 sedangkan Gambar 6.8 (b) menunjukkan skema dari modul Arduino UNO-R3 yang merupakan penyederhanaan dari gambar modul aslinya (Arduino UNO 2015).



(a)



(b)

Gambar 2.9 Modul Kontroler Arduino UNO-R3

(Sumber : www.arduino.com)

Masing-masing pin I/O dapat digunakan sebagai *input* maupun *output* dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Masing-masing pin ini beroperasi pada tegangan 5 volt dan dapat menerima arus 40 mA serta sudah memiliki *pull-up* resistor 20-50 k Ω yang secara *default* tidak tersambung (*disconnected*).

Berikut ini adalah tabel spesifikasi dari Arduino Uno R3 dapat kita lihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino UNO-R3

Mikrokontroler	Atmega 328
Tegangan Operasi	5 V
Tegangan Input	7-12 V
Tegangan Input (Batas)	6-20 V
I/O Digital	14 (dengan tersedia 6 buah PWM output)
PWM digital I/O	6 buah
Input Analog	6 buah
Arus DC per I/O pin	40 Ma
Arus DC untuk pin 3.3	50 Ma
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) Dengan 0.5 KB digunakan oleh Bootloader
SRAM	2 Kb (ATmega328p)
EEPROM	1 Kb (ATmega328p)
Kecepatan Clock	16 MHz

2.8 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Liquid Cristal Display 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.

LCD terdiri atas beberapa lapisan diantaranya yaitu lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada bagian kaca belakang. Pada saat elektroda diaktifkan dengan memberikan medan listrik (tegangan), maka molekul organik yang panjang dan silindris akan menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.



Gambar 2.10 LCD (*Liquid Crystal Display*)

(source : www.google.com)

Konfigurasi pin untuk LCD diantaranya yaitu :

- Pin data merupakan jalur untuk memberikan data karakter yang akan ditampilkan menggunakan LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dihubungkan

dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.

- Pin RS (*Register Select*) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika low menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika high menunjukkan data.
- Pin R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika low tulis data, sedangkan high baca data.
- Pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
- Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 Kohm, jika tidak digunakan dihubungkan ke ground, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt.

2.9 Solar Power Meter

Solar Power Meter merupakan alat ukur yang digunakan untuk melakukan pengukuran terhadap besarnya radiasi matahari pada *Solar Cell*. Dengan hasil satuan pengukuran pada alat ukur ini yaitu berupa daya pada setiap m^2 untuk luasan dari *solar cell* yang tersinari oleh matahari ($watt/m^2$). Prinsip kerja dari alat ukur ini apabila terjadi interaksi antara radiasi matahari dengan bahan detector (sensor) yang berada pada bagian atas *solar power meter*, kemudian besarnya hasil pembacaan dari sensor ditampilkan dalam besaran digital pada *display* yang terdapat pada alat ukur *solar power meter*. Cara penggunaan alat ukur *solar power meter* yaitu dengan cara meletakkan alat ukur secara tegak lurus pada bagian tengah dari *solar cell*. Untuk tampilan dari alat ukur terdapat pada gambar 2.11



Gambar 2.11 *Solar Power Meter*

2.10 Kontrol *Fuzzy Logic*

2.10.1 Pengertian *Fuzzy Logic Controller*

Dalam bahasa Inggris, *fuzzy* mempunyai arti kabur atau tidak jelas. Jadi, *fuzzy logic* adalah logika yang kabur, atau mengandung unsur ketidakpastian. Pada logika biasa, yaitu logika tegas, kita hanya mengenal dua nilai, salah atau benar, 0 atau 1. Sedangkan *fuzzy logic* mengenal nilai antara benar dan salah. *Fuzzy logic* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan", dan "sangat". Kebenaran dalam *fuzzy logic* dapat dinyatakan dalam derajat kebenaran yang nilainya antara 0 sampai 1.

Titik awal dari konsep modern mengenai ketidakpastian adalah paper yang dibuat oleh Lofti A Zadeh (1965), dimana Zadeh memperkenalkan teori yang memiliki obyek-obyek dari himpunan *fuzzy* yang memiliki batasan yang tidak presisi dan keanggotaan dalam himpunan *fuzzy*, dan bukan dalam bentuk logika benar (true) atau salah (false), tapi dinyatakan dalam derajat (degree). Konsep seperti ini disebut dengan Fuzziness dan teorinya dinamakan *Fuzzy Set Theory*. Fuzziness dapat didefinisikan sebpernyataan itu sendiri. Seringkali ditemui dalam pernyataan yang dibuat oleh seseorang, evaluasi dan suatu pengambilan keputusan. Sebagai contoh:

1. Manajer pergudangan mengatakan pada manajer produksi seberapa banyak persediaan barang pada akhir minggu ini, kemudian manajer produksi akan menetapkan jumlah barang yang harus diproduksi esok hari.
2. Pelayan restoran memberikan pelayanan terhadap tamu, kemudian tamu akan memberikan tip yang sesuai atas baik tidaknya pelayanan yang diberikan.
3. Anda mengatakan pada saya seberapa sejuk ruangan yang anda inginkan, saya akan mengatur putaran kipas yang ada pada ruangan ini.

Fuzzy system (sistem kabur) didasari atas konsep himpunan kabur yang memetakan domain input kedalam domain output. Perbedaan mendasar himpunan tegas dengan himpunan kabur adalah nilai keluarannya. Himpunan tegas hanya memiliki dua nilai output yaitu nol atau satu, sedangkan himpunan kabur memiliki banyak nilai keluaran yang dikenal dengan nilai derajat keanggotaannya.

Kontroler logika *fuzzy* dikategorikan dalam kontrol cerdas (*intelligent control*). Unit logika *fuzzy* memiliki kemampuan menyelesaikan masalah perilaku sistem yang kompleks, yang tidak dimiliki oleh kontroler konvensional. Secara umum kontroler *fuzzy logika* memiliki kemampuan sebagai berikut:

1. Beroperasi tanpa campur tangan manusia secara langsung, tetapi memiliki efektifitas yang sama dengan kontroler manusia.
2. Mampu menangani sistem-sistem yang kompleks, non-linier dan tidak stasioner.
3. Memenuhi spesifikasi operasional dan kriteria kinerja. Strukturnya sederhana, kokoh dan beroperasi *real time*.

Himpunan *fuzzy* mempunyai peranan yang penting dalam perkembangan

matematika khususnya dalam matematika himpunan. Matematikawan German George Cantor (1845-1918) adalah orang yang pertama kali secara formal mempelajari konsep tentang himpunan. Teori himpunan selalu dipelajari dan di terapkan sepanjang masa, bahkan sampai saat ini matematikawan selalu mengembangkan tentang bahasa matematika (teori himpunan). Banyak penelitian-penelitian yang menggunakan teori logika kabur berkenaan dengan semantik dari suatu kejadian, fenomena atau pernyataan itu sendiri. Seringkali ditemui

dalam pernyataan yang dibuat oleh seseorang, evaluasi dan suatu pengambilan keputusan. Sebagai contoh:

1. Manajer pergudangan mengatakan pada manajer produksi seberapa banyak persediaan barang pada akhir minggu ini, kemudian manajer produksi akan menetapkan jumlah barang yang harus diproduksi esok hari.
2. Pelayan restoran memberikan pelayanan terhadap tamu, kemudian tamu akan memberikan tip yang sesuai atas baik tidaknya pelayanan yang diberikan.
3. Anda mengatakan pada saya seberapa sejuk ruangan yang anda inginkan, saya akan mengatur putaran kipas yang ada pada ruangan ini.

Fuzzy system (sistem kabur) didasari atas konsep himpunan kabur yang memetakan domain input kedalam domain output. Perbedaan mendasar himpunan tegas dengan himpunan kabur adalah nilai keluarannya. Himpunan tegas hanya memiliki dua nilai output yaitu nol atau satu, sedangkan himpunan kabur memiliki banyak nilai keluaran yang dikenal dengan nilai derajat keanggotaannya.

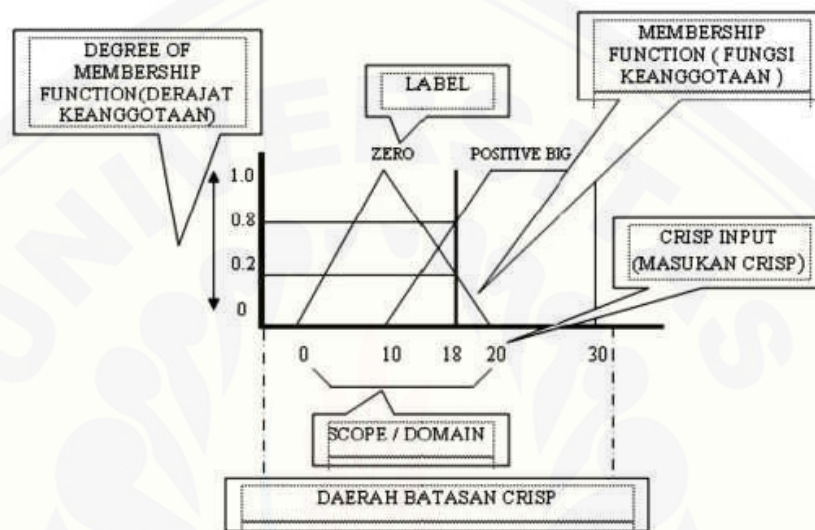
Kontroler logika *fuzzy* dikategorikan dalam kontrol cerdas (*intelligent control*). Unit logika *fuzzy* memiliki kemampuan menyelesaikan masalah perilaku sistem yang kompleks, yang tidak dimiliki oleh kontroler konvensional. Secara umum kontroler *fuzzy logika* memiliki kemampuan sebagai berikut:

1. Beroperasi tanpa campur tangan manusia secara langsung, tetapi memiliki efektifitas yang sama dengan kontroler manusia.
2. Mampu menangani sistem-sistem yang kompleks, non-linier dan tidak stasioner.
3. Memenuhi spesifikasi operasional dan kriteria kinerja. Strukturnya sederhana, kokoh dan beroperasi *real time*.

Himpunan *fuzzy* mempunyai peranan yang penting dalam perkembangan matematika khususnya dalam matematika himpunan. Matematikawan German George Cantor (1845-1918) adalah orang yang pertama kali secara formal mempelajari konsep tentang himpunan. Teori himpunan selalu dipelajari dan di terapkan sepanjang masa, bahkan sampai saat ini matematikawan selalu mengembangkan tentang bahasa matematika (teori himpunan). Banyak penelitian-penelitian yang menggunakan teori himpunan *fuzzy* dan saat ini banyak

literatur-literatur tentang himpunan *fuzzy*, misalnya yang berkaitan dengan teknik kontrol *fuzzy logic* dan relasi *fuzzy*.

Pada dasarnya, teori himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari teori himpunan klasik. Pada teori himpunan klasik (*crisp*), keberadaan suatu elemen pada suatu himpunan A, hanya akan memiliki 2 kemungkinan keanggotaan, yaitu menjadi anggota A atau tidak menjadi anggota A (Chak, 1998).



Gambar 2.12 Konsep Dasar Logika *Fuzzy*

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik *input* data kedalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1 (Sudradjat, 2007).

Fuzzy logic dapat dikatakan sebagai logika baru yang lama, sebab ilmu tentang logika modern dan metadis baru ditemukan pada tahun 1965, padahal sebenarnya konsep tentang *fuzzy logic* itu sendiri sudah ada sejak lama. Beberapa alasan digunakannya *fuzzy logic* (Kusumadewi & Purnomo, 2010) yaitu:

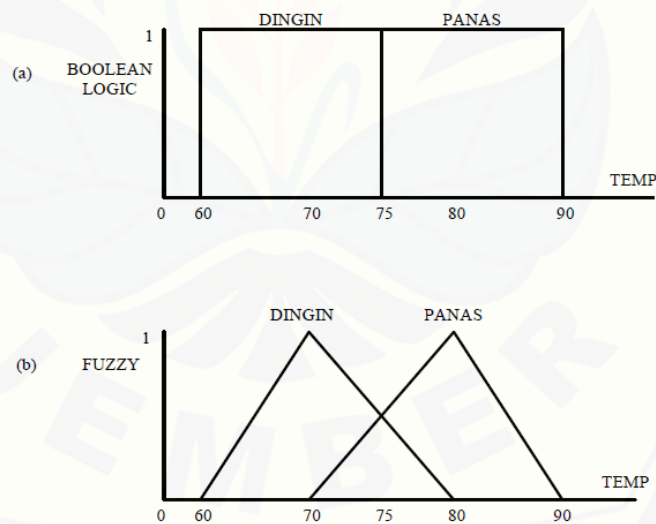
- 1) Konsep *fuzzy logic* mudah dimengerti
- 2) *Fuzzy logic* sangat fleksibel
- 3) *Fuzzy logic* memiliki toleransi terhadap data yang kurang tepat
- 4) *Fuzzy logic* mampu memodelkan fungsi nonlinier yang kompleks
- 5) *Fuzzy logic* didasari pada ahasa alami

Fuzzy logic saat ini banyak diterapkan dalam berbagai bidang diantaranya:

- a) *Fuzzy rule Based Systems*
- b) *Fuzzy Nonliner Simulations*
- c) *Fuzzy Decision Making*
- d) *Fuzzy Classification*
- e) *Fuzzy Pattern ecognition*
- f) *Fuzzy Control Systems*

Secara umum, sistem *fuzzy* sangat cocok untuk penalaran pendekatan terutama untuk sistem yang menangani masalah-masalah yang sulit didefinisikan dengan menggunakan model matematis Misalkan, nilai masukan dan parameter sebuah sistem bersifat kurang akurat atau kurang jelas, sehingga sulit mendefinisikan model matematikanya.

Perbedaan antara *Fuzzy Logic* dengan *Boolean Logic* terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.13 Perbedaan *Boolean Logic* (a) dengan *Fuzzy Logic* (b).

2.10.2 Himpunan *Fuzzy*

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A(x)$ (Kusumadewi S, Purnomo H, 2010) yaitu:

1. Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau
2. Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Terkadang kemiripan antara keanggotaan *fuzzy* dengan probabilitas menimbulkan kerancuan. Keduanya memiliki nilai pada interval $[0,1]$, namun interpretasi nilainya sangat berbeda antara kedua kasus tersebut. Keanggotaan *fuzzy* memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar dalam jangka panjang. Misalnya, jika nilai keanggotaan bernilai suatu himpunan *fuzzy* USIA adalah 0,9; maka tidak perlu dipermasalahkan berapa seringnya nilai itu diulang secara individual untuk mengharapkan suatu hasil yang hampir pasti muda. Di lain pihak, nilai probabilitas 0,9 usia berarti 10% dari himpunan tersebut diharapkan tidak muda.

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: MUDA, PAROBAYA, TUA
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variable seperti: 40, 25, 50, dsb.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy* yaitu:

- a. *Variable fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperature, permintaan, dsb.
- b. Himpunan *Fuzzy*
Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.
- c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Ada kalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

Contoh:

- a. Semesta pembicaraan untuk variable mahasiswa: $[0 \ 50]$
- b. Semesta pembicaraan untuk variable dosen: $[0 \ 50]$
- d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan.

Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Contoh domain himpunan *fuzzy* :

- MUDA = $[0 \ 45]$
- PABOBAYA = $[35 \ 55]$
- TUA = $[45 \ +8]$
- DINGIN = $[0 \ 20]$
- SEJUK = $[15 \ 25]$
- NORMAL = $[20 \ 30]$
- HANGAT = $[25 \ 35]$
- PANAS = $[30 \ 40]$

2.10.3 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data kedalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui

pendekatan fungsi. Apabila U menyatakan himpunan universal dan A adalah himpunan fungsi *fuzzy* dalam U , maka A dapat dinyatakan sebagai pasangan terurut (Wang, 1997 dari Wulandari, F., 2005). Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan.

- a. Representasi Linier
- b. Representasi Kurva Segitiga
- c. Representasi Kurva Trapesium
- d. Representasi Kurva Bentuk Bahu
- e. Representasi Kurva-S
- f. Representasi Kurva Bentuk Lonceng (*Bell Curve*)
- g. Koordinat Keanggotaan

Operator Dasar Operasi Himpunan *Fuzzy*

- a. Operator AND

Diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min (\mu_A[x], \mu_B[y])$$

- b. Operator OR

Diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max (\mu_A[x], \mu_B[y])$$

- c. Operator NOT

Diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A[x]$$

Fungsi Implikasi Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah:

IF x is A THEN y is B

Dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti IF disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang

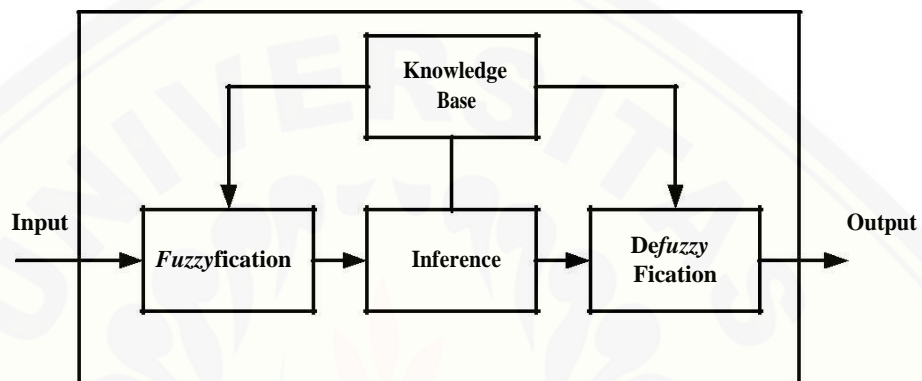
mengikuti THEN disebut sebagai konsekuen. Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator *fuzzy*, seperti:

IF (x1 is A1) • (x2 is A2) • (x3 is A3) (Xx is Ax) THEN y is B

Dengan • adalah operator (misal: OR, AND atau NOT). Min (*minimum*).

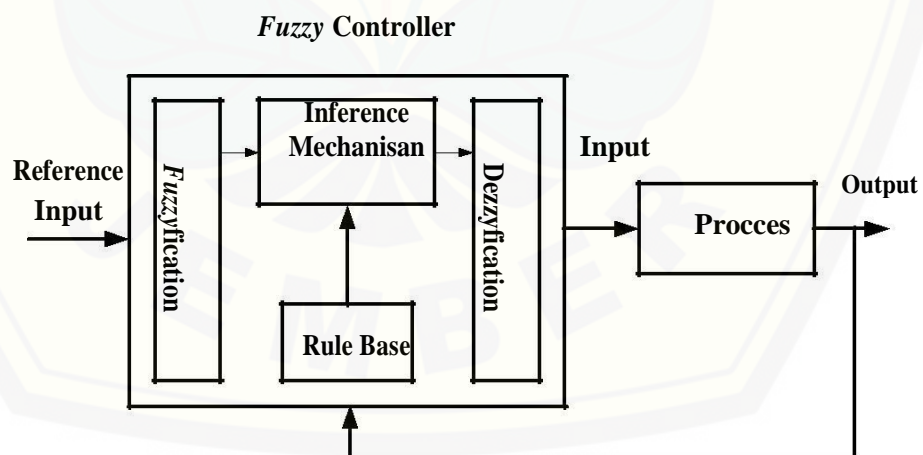
Fungsi ini akan memotong *output* himpunan *fuzzy*.

2.10.4 Tahap Pemodelan Dalam *Fuzzy Logic*



Gambar 2.14 Blok Diagram Sistem *Fuzzy* 1

Dari blok diagram di atas, bila diterapkan dalam pengendalian suatu proses dapat kita gambarkan seperti blok diagram di bawah ini :



Gambar 2.15 Blok Diagram Sistem *Fuzzy* 2

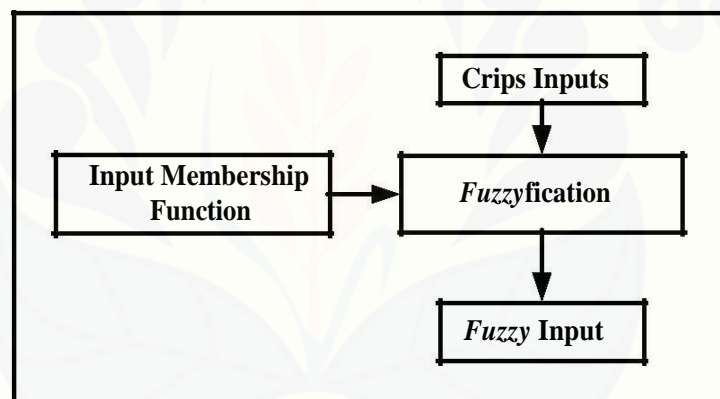
2.10.4.1 *Fuzzification*

Fuzzifikasi atau *Fuzzyfication* adalah proses yang dilakukan untuk mengubah variabel nyata menjadi variabel *fuzzy*, ini ditujukan agar masukan kontroler *fuzzy* bisa dipetakan menuju jenis yang sesuai dengan himpunan *fuzzy*.

Pemetaan dilakukan dengan bantuan model dari fungsi keanggotaan agar dapat diketahui besar masukan tersebut (derajat keanggotaan). Terdapat beberapa jenis penggambaran fungsi keanggotaan, antara lain :

1. Gaussian
2. Segitiga
3. Trapesium
4. Bahu

Komponen lainnya yang memiliki peranan penting adalah Label. Label didefinisikan dari fungsi keanggotaan, fungsi keanggotaan apabila dikumpulkan akan menghasilkan *fuzzy set*. Dalam logika *fuzzy* terdapat *basispengetahuan*, dimana terdiri dari fakta (*data base*), dan kaidah atur (*rulebase*).



Gambar 2.16 Fuzzification

2.10.4.2 Rule Base/ Evaluation

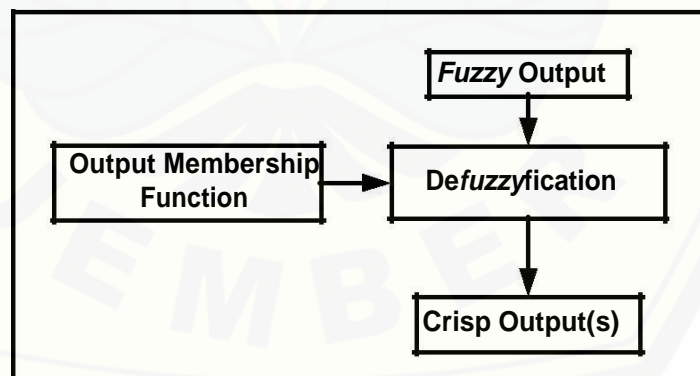
Prosedur fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah variabel non *fuzzy* (variabel *numerik*) menjadi variabel *fuzzy* (variabel *linguistik*). Nilai *error* dan *delta error* yang dikuantisasi sebelumnya diolah oleh kontroler logika *fuzzy*, kemudian diubah terlebih dahulu ke dalam variabel *fuzzy*. Melalui *membership function* (fungsi keanggotaan) yang telah disusun, maka dari nilai *error* dan *delta error* kuantisasi akan didapatkan derajat keanggotaan bagi masing-masing nilai *error* dan *delta error*. Pada umumnya aturan-aturan *fuzzy* dinyatakan *IF antecedent* dalam *THEN consequent*” yang merupakan inti dari relasi *fuzzy* yang digunakan

secara luas dalam berbagai aplikasi, yaitu:

1. Model Mamdani
2. Model Sugeno

2.10.4.3 *Defuzzification*

Defuzzifikasi dapat didefinisikan sebagai proses perubahan besaran *fuzzy* yang disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* keluaran dengan fungsi keanggotaannya untuk mendapatkan kembali bentuk tegasnya (*crisp*). Hal ini diperlukan sebab dalam aplikasi nyata yang dibutuhkan adalah nilai tegas (*crisp*). Prosesnya adalah ketika suatu nilai *fuzzy* output yang berasal dari rule evaluation diambil kemudian dimasukkan ke dalam suatu membership function output. Bentuk bangun yang digunakan dalam membership function output adalah bentuk singleton yaitu garis lurus vertikal ke atas, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah. Besar nilai *fuzzy* output dinyatakan sebagai degree of membership function output. Nilai-nilai tersebut dimasukkan ke dalam suatu rumus yang dinamakan COG (Center Of Gravity) untuk mendapatkan hasil akhir yang disebut *crisp* output. *Crisp* output adalah suatu nilai analog yang akan kita butuhkan untuk mengolah data pada sistem yang telah dirancang.



Gambar 2.17 *Defuzzification*

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada metode pelaksanaan data ini akan menjelaskan tempat dan waktu, ruang lingkup, jenis dan sumber data, serta metode pengumpulan data yang dilakukan dalam proses penelitian

4.1 Rancangan Penelitian

3.1.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan yaitu dengan membuat rancang bangun. Rancang bangun ini bertujuan mengambil data mengenai sistem pengisian baterai sepeda listrik menggunakan *Solar Cell*. Proses yang terjadi yaitu tegangan keluaran dari panel surya akan masuk pada *KY Boost Converter* yang diatur berdasarkan *duty cycle* yang kemudian digunakan untuk menaikan dan menstabilkan tegangan pengisian sesuai kriteria pada baterai atau aki pada sepeda listrik. Selanjutnya, pada proses pengisian ini di tambahkan dengan metode kontrol yaitu dengan *Fuzzy Logic Controller*.

3.1.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan Laboratorium Renewable Energy, Gedung CDAST, Universitas Jember. Penelitian ini direncanakan akan dilakukan pada bulan Desember 2018 sampai dengan selesai.

Tabel 3.1 Rencana Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan Ke-/Minggu															
		Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Studi Literatur	■	■	■	■												
2.	Penelitian					■	■	■	■								
3.	Analisis Data									■	■	■	■				
4.	Pembahasan													■	■	■	■
5.	Pembuatan Laporan													■	■	■	■

Keterangan :



: Kegiatan dilaksanakan

3.1.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Alat :

1. Obeng
2. Solder
3. Multimeter

Bahan :

1. 2 buah Panel Surya 100 WP Polycrystalline .
2. Arduino UNO R3
3. *KY Boost Converter*
4. *Battery / ACU* (yang terdapat dalam sepeda listrik)
5. *Modul data logger* dan RTC
6. Memori *Micro SD*
7. Timah
8. Sensor Arus ACS 712
9. Sensor Tegangan
10. Resistor Kapur
11. Potensio
12. Push button
13. LCD 16 x 2 + I2C
14. Jumper
15. Besi pipih

3.2 Jenis dan Sumber Data

3.2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh oleh penulis melalui dua bagian yaitu:

1. Penelitian Kepustakaan (*Library Research*)

Penelitian kepustakaan atau juga sering disebut studi pustaka merupakan proses pengambilan data baik untuk latar belakang ataupun landasan teori yang

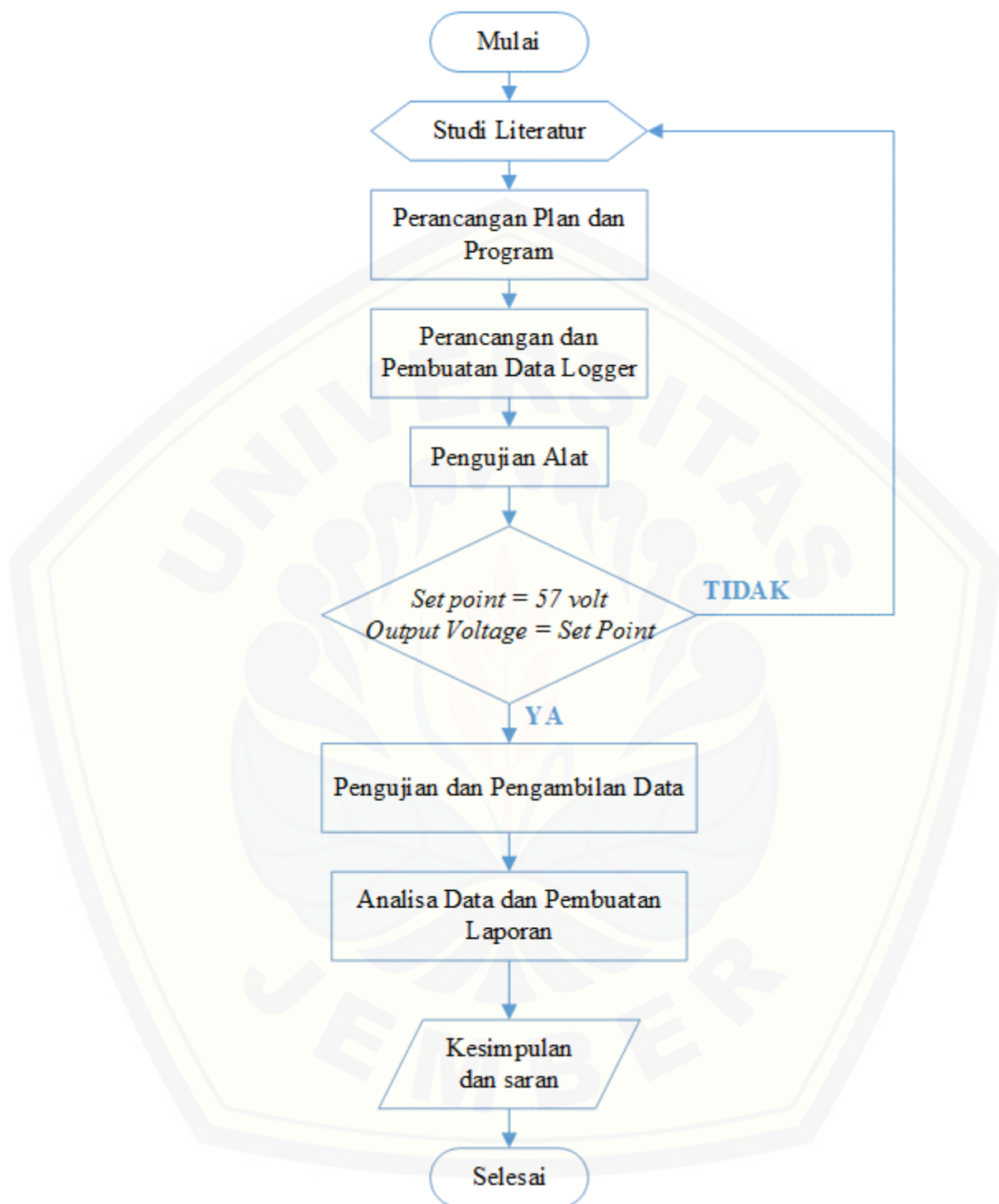
berasal dari buku-buku, internet, *International Journal*, jurnal nasional, maupun *e-book*. Data-data yang ada dikumpulkan secara selektif sesuai dengan kebutuhan yang ada seperti semakin tingginya kebutuhan listrik dari tahun ke tahun dan lain sebagainya. Data-data tersebut selanjutnya akan dijadikan referensi oleh peneliti atau penulis untuk proses penelitian dan penyusunan skripsi. Data yang diperoleh dari studi pustaka ini merupakan data sekunder, dikarenakan mengutip dari berbagai referensi tanpa langsung terjun ke lapangan.

2. Penelitian Observasi Langsung (*Direct Observation*)

Penelitian ini dilakukan dengan cara terjun langsung ke lapangan. Untuk penelitian kali ini tempat yang akan dilakukan penelitian adalah Laboratorium Fakultas Teknik, Patrang, Jember, Jawa Timur, Indonesia. Pada proses penelitian ini berfungsi untuk mengambil data yang dibutuhkan secara langsung yaitu data tegangan yang dihasilkan oleh panel surya serta data tegangan yang telah melalui *KY Boost Converter* dengan *Fuzzy Logic Controller* yang akan digunakan sebagai stasiun pengisian baterai pada sepeda listrik. Jenis data ini merupakan data primer karena dilakukan observasi langsung dengan terjun ke lapangan.

3.2.2 Kerangka Pemecahan Masalah

Adapun tahap-tahap dalam penelitian dan penyusunan penelitian ini secara keseluruhan yang digunakan sebagai kerangka dalam pemecahan masalah pada penelitian kali ini dapat dinyatakan dalam diagram alir sebagaimana terlihat dalam Gambar 3.1

Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian “RANCANG BANGUN *KY BOOST CONVERTER* BERBASIS *FUZZY LOGIC CONTROLLER* PADA PENGISIAN BATERAI SEPEDA LISTRIK” adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur

Tahap pertama memulai penelitian ini dilakukan dengan tahapan mencari sumber literatur yang berkaitan dengan penelitian ini, dengan harapan perancangan dan pelaksanaan penelitian dapat sesuai dengan yang diharapkan.

2. Perancangan plan dan sistem kontrol

Tahapan kedua adalah perancangan plan dan sistem kontrol dimana ditahap ini dilakukan perancangan beberapa komponen pengendali seperti sensor tegangan, *KY Boost Converter* dan plan secara keseluruhan.

3. Percobaan pengujian

Tahap ketiga adalah dimana dilakukan percobaan pengujian antara lain sensor tegangan untuk mendapat pembacaan sensor yang baik. Kemudian pengujian *KY Boost Converter* serta pengujian pada panel surya yang digunakan.

4. Pembuatan program pada arduino

Pada tahap keempat kali ini yaitu dengan melakukan pemrograman pada arduino untuk mendapatkan *set point* yang ditentukan agar tegangan yang akan masuk pada baterai sepeda listrik menjadi sesuai dengan tegangan yang di butuhkan baterai sesuai dengan toleransi yang diberikan pada saat pengisian baterai meskipun dengan masukan tegangan yang terdapat pada *KY Boost Converter* berubah ubah.

5. Pengujian dan pengambilan data

Tahap kelima adalah pengujian dan pengambilan data dari sistem kontrol yang telah dibuat pada keseluruhan plan, dimana pada pengujian plan tersebut dilakukan pengisian pada baterai aki sepeda listrik dengan tegangan *57 Volt*.

6. Analisa data dan pembuatan laporan

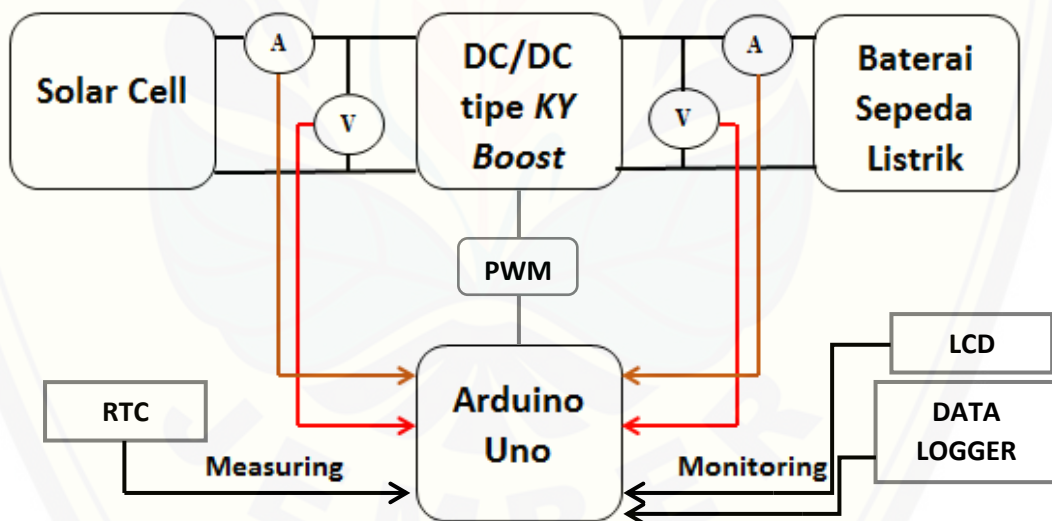
Tahap keenam adalah melakukan analisa pada data yang diperoleh dan membuatnya menjadi sebuah bentuk laporan hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

7. Kesimpulan dan saran

Tahap ketujuh merupakan tahapan terakhir pada penelitian ini yaitu memberikan kesimpulan dari pengujian dan analisa data yang telah diperoleh, serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya..

3.2.3 Blok Diagram Sistem

Pada penelitian kali untuk mendapatkan data yang diinginkan dan sesuai dengan tujuan awal maka sesuai dengan topik yang diambil untuk bentuk dari blok diagram sistem secara keseluruhan dapat dilihat seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

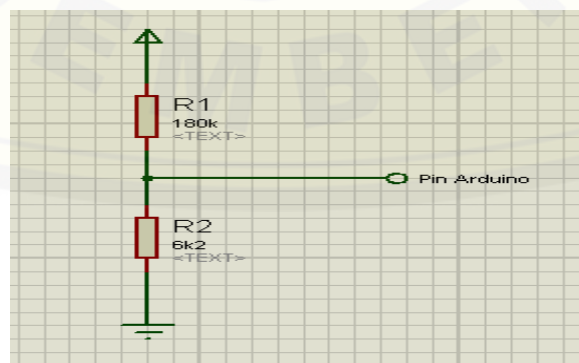
Pada dasarnya prinsip kerja dari sistem pengisian baterai pada sepeda listrik menggunakan *solar cell* berbasis arduino uno R3, dapat dilihat dari gambar 3.2 yang merupakan gambaran dari blok diagram sistem secara keseluruhan. Panel surya yang digunakan dalam *plan* ini yaitu panel surya 100 Wp *polycrystalline* sebanyak 2 buah. Maka *output* dari panel surya tersebut yaitu

sebesar 17 V – 22 V, sedangkan untuk melakukan *charge* terhadap sebuah battery maka harus menggunakan tegangan 57 V . Maka dari itu diperlukan *KY Boost Converter* untuk menaikkan tegangannya. *KY Boost Converter* mengatur besarnya berdasarkan *duty cycle*, sedangkan *duty cycle* diatur oleh sebuah kontrol yang berupa arduino uno R3 berdasarkan besarnya PWM dengan menggunakan kontrol *Fuzzy Logic Controller*. Di dalam Arduino ini terdapat kontrol agar dapat mengatasi apabila terjadi *drop* tegangan sehingga mempertahankan *output* tegangan berada pada *set poin*. Sensor tegangan dipasang bertujuan untuk mengetahui *output* tegangan dari panel surya, *KY Boost Converter* dan juga digunakan sebagai *input* dari Arduino yang berupa ADC (*Analog to Digital Converter*). Sebagai tambahan maka tegangan keluaran dari *KY Boost Converter* akan di kontrol dengan *Fuzzy Logic Controller* agar diperoleh kestabilan tegangan yang akan masuk ke dalam baterai sepeda listrik saat melakukan *charging*.

3.3 Perancangan Komponen Pengendali (*Hardware*)

3.3.1 Sensor Tegangan

Sensor tegangan dibangun dari rangkaian pembagi tegangan. Pada Perancangannya yaitu dilakukan dengan cara menyusun resistor secara seri. Rangkaian pembagi tegangan ini menggunakan resistor 440 k Ω dan resistor 18k7 Ω . Tujuan dari dirangkainya secara seri dari kedua buah resistor yaitu agar dapat membaca tegangan 0 – 127 V dan perbandingan tegangan untuk diberikan ke arduino uno R3 0 – 5 V.



Gambar 3.3 Skematik Sensor Tegangan

Untuk perhitungan dari perancangan sensor tegangan ini dapat dilihat seperti pada persamaan 3.3

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times R_2}{(R_1 + R_2)} \quad (3.1)$$

dimana, $V_{out} = 5$; $V_{in} = 127 \text{ Volt}$; $R_1 = 440 \text{ k}\Omega$

$$5 = \frac{440k \times R_2}{(440k + R_2)}$$

$$5 \times (440k + R_2) = 127 \times R_2$$

$$R_2 = 18k7 \Omega$$

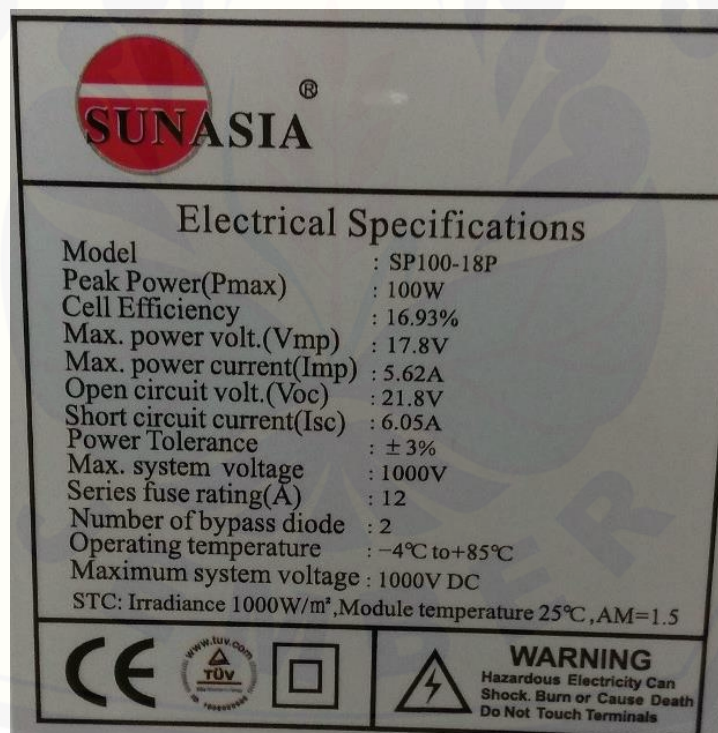
Dalam pengujian ini digunakan DC *power supply* sebagai sumber tegangan pada sisi *input* dari sensor tegangan. Kemudian sebuah digital multimeter untuk melakukan pengukuran tegangan dan nantinya dibandingkan dengan pembacaan *display* tegangan yang ada pada DC *power supply*.

3.3.2 Arduino UNO R3

Arduino UNO R3 Sebagai kontroler yang digunakan dalam *plant*. Pada tahaan penjelasan tentang arduino akan menjadi lebih spesifik, terutama dalam penggunaannya yaitu sebagai *embedded system*. Arduino yang digunakan yaitu dengan tipe arduino uno R3 dimana *embedded system* ini yang menerima *feedback* tegangan dari *output* tegangan *KY Boost Converter*. Pembacaan nilai *output* tegangan *KY Boost Converter* ini melalui sensor tegangan yang menggunakan proses ADC dan terhubung pada pin arduino yaitu pada pin A0. Untuk ADC sendiri pada arduino terdapat pada pin A0-A5. Sedangkan untuk pin yang mengontrol *output* PWM pada *KY Boost Converter* mnggunakan pin 9. Pada arduino sendiri untuk pin-pin yang dapat mengontrol PWM yaitu terdapat pada pin 3, 5, 6, 9 dan 10 (Arduino LLC,2015). Pada tahap ini, pengujian *embedded system* dilakukan dengan mencoba menghubungkan pada pin arduino yang diinginkan karena tidak jarang pin pada arduino juga tidak dapat digunakan dengan sehingga dibutuhkan pengecekan ulang, seperti penerimaan pembacaan ADC oleh sensor.

3.3.3 Spesifikasi Panel Surya 100 Wp

Panel Surya 100 Wp *Polycrystallin* memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis *monocrystallin* 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* 100 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 *polycrystallin* cukup bagus dan mampu mendapatkan energi dari matahari walaupun matahari tertutup awan (cuaca mendung).



The image shows a rectangular label for a SUNASIA solar panel. At the top left is the SUNASIA logo, which consists of a red circle with a white horizontal stripe and the word 'SUNASIA' in black capital letters. Below the logo is the title 'Electrical Specifications' in bold. The specifications are listed in a two-column format. At the bottom of the label, there are three certification logos: CE, TÜV, and a square symbol. To the right of these logos is a warning symbol (a lightning bolt in a triangle) and the text 'WARNING Hazardous Electricity Can Shock, Burn or Cause Death Do Not Touch Terminals'.

Electrical Specifications	
Model	: SP100-18P
Peak Power(Pmax)	: 100W
Cell Efficiency	: 16.93%
Max. power volt.(Vmp)	: 17.8V
Max. power current(Imp)	: 5.62A
Open circuit volt.(Voc)	: 21.8V
Short circuit current(Isc)	: 6.05A
Power Tolerance	: ± 3%
Max. system voltage	: 1000V
Series fuse rating(A)	: 12
Number of bypass diode	: 2
Operating temperature	: -4°C to +85°C
Maximum system voltage	: 1000V DC
STC: Irradiance 1000W/m ² , Module temperature 25°C, AM=1.5	

Gambar 3.4 Spesifikasi Panel Surya 100 Wp *Polycrystalline*

Pada gambar 3.5 dijelaskan tentang spesifikasi dari panel surya 100 Wp *Polycrystalline* daya maksimum yang dihasilkan panel 100 Watt. Panel Surya yang akan digunakan sebanyak 2 buah dengan konfigurasi paralel.

3.3.4 Spesifikasi Baterai

Pada penelitian ini, digunakan baterai jenis *Lead Acid* / aki dengan besar tegangan 12V dengan kapasitas 12 Ah sebanyak 4 buah dengan dirangkai secara seri, sehingga total tegangan baterai adalah 48V dengan kapasitas 12 Ah. Baterai ini digunakan sebagai beban yang memiliki resistansi yang berubah-ubah secara dinamis bergantung pada kapasitas baterai tersebut.

Pada gambar 3.6 merupakan bentuk fisik dari baterai yang akan digunakan untuk penelitian ini.



Gambar 3.5 Baterai VOZ 12V-12Ah

Baterai yang digunakan untuk penelitian ini merupakan buatan perusahaan CHAOWEI POWER CO.,LTD. Dengan spesifikasi baterai dan pengaturan *charger* pada gambar 3.6.



VOZ
valve regulated lead-acid battery

TF12-12 12V 12AH

VALVE REGULATED LEAD ACID BATTERY



Specification

Nominal Voltage	12V	
Nominal Capacity(20HR)	12AH	
Dimension	Length	151 ±1mm (5.95 inches)
	Width	98 ±1mm (3.86 inches)
	Container Height	95 ±1mm (3.74 inches)
	Total Height (with Terminal)	99.5 ±1mm (3.981inches)
Approx Weight	Approx 3.3kg (7.25lbs)	
Terminal	T1 / T2	
Container Material	ABS	
Rated Capacity	12.0 AH/0.60A	(20hr ,1.80V/cell,25°C/77°F)
	11.2 AH/1.12A	(10hr,1.80V/cell,25°C/77°F)
	10.2 AH/2.04A	(5hr,1.75V/cell,25°C/77°F)
	9.2AH/3.06A	(3hr,1.75V/cell,25°C/77°F)
	7.54AH/7.54A	(1hr,1.60V/cell,25°C/77°F)
Max. Discharge Current	180A (5s)	
Internal Resistance	Approx 17mΩ	
Operating Temp.Range	Discharge	-15 ~ 50°C (5 ~122°F)
	Charge	0 ~ 40°C (32 ~104°F)
	Storage	-15 ~40°C (5 ~104°F)
Nominal Operating Temp.Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)	
Cycle Use	Initial Charging Current less than 3.6 A.Voltage	
	14.4V~15.0V at 25°C(77°F)Temp. Coefficient -30mV/°C	
Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage	
	13.5V~13.8V at 25°C(77°F)Temp. Coefficient -20mV/°C	
Capacity affected by	40°C (104 °F)	103%
	25°C (77 °F)	100%
	0°C (32°F)	86%
Self Discharge	Techfine batteries may be stored for up to 6months at 25°C (77°F)and battery should be recharge before use . For higher temperatures the time interval will be shorter.	

Applications

- All purpose
- Uninterruptable Power Supply (UPS)
- Electric Power System (EPS)
- Emergency backup power supply
- Emergency light
- Railway signal
- Aircraft signal
- Alarm and security system
- Electronic apparatus and equipment
- Communication power supply
- DC power supply
- Auto controlsystem

ISO 9001	ISO 14001	OHSAS 18001
-------------	--------------	----------------







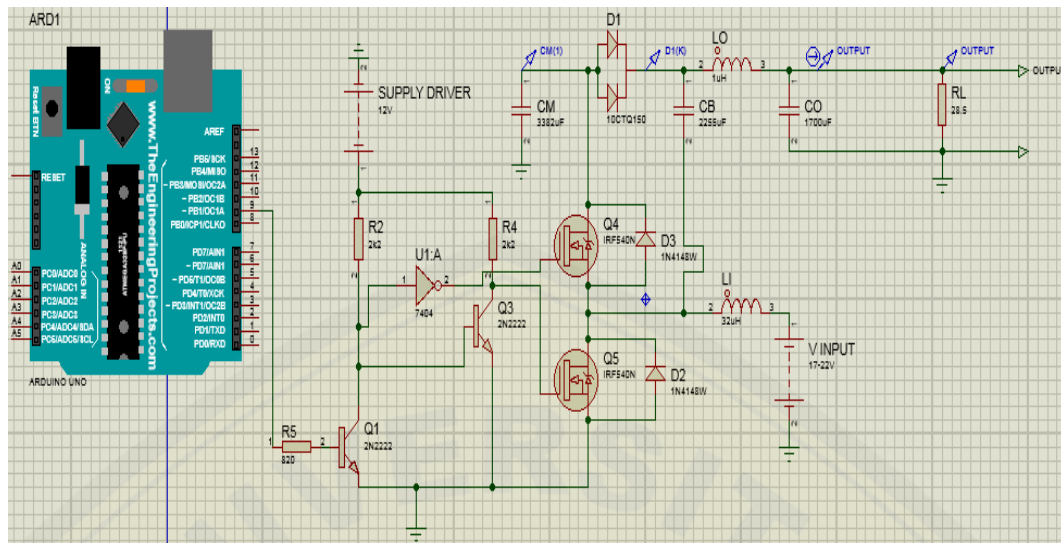
Gambar 3.6 Spesifikasi Baterai VOZ 12V-12Ah

3.3.5 Perancangan KY Boost Converter

Untuk mendesain sebuah *KY Boost Converter* dibutuhkan perhitungan untuk mencari nilai dari *duty cycle*, *filter*, maupun bebannya. Maka digunakan langkah-langkah seperti yang tertera dibawah ini,sesuai dengan parameter yang di dapat :

Tabel 3.2 Parameter DC/DC *KY-Boost Converter*

Tegangan Masukan	17-22 V
Tegangan Keluaran	57 V
Arus Maksimal	0,1 - 2 A
Frekuensi	62.50 KHz



Gambar 3.7 Desain Skematik *KY Boost Converter*

Sebelum mendesain DC/DC *converter* terlebih dahulu menentukan spesifikasi dari *converter* yang akan digunakan. spesifikasi *converter* yang digunakan sesuai dengan tabel 3.5 kemudian langkah selanjutnya yaitu melakukan perancangan ukuran masing masing komponen dengan menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

Berdasarkan spesifikasi yang ditentukan, digunakan 3 buah beban untuk pengujian, yaitu sebesar 39 ohm, 100 ohm, dan 470 ohm. Untuk besar tegangan sampel diambil tegangan sebesar 20 V. langkah selanjutnya yaitu merancang komponen untuk membuat konverter tipe *KY Boost Converter*, berikut ini Langkah – langkah menentukan nilai masing-masing komponen melalui perhitungan:

1. Perhitungan *duty cycle*

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{2-D}{1-D}$$

$$D_{(min)} = \left[\frac{V_o - 2V_{i(max)}}{-V_{i(max)} + V_o} \right] = \left[\frac{57 - 2(22)}{-22 + 57} \times 100 \right] = 37\%$$

$$D_{(max)} = \left[\frac{V_o - 2V_{i(min)}}{-V_{i(min)} + V_o} \right] = \left[\frac{57 - 2(17)}{-17 + 57} \times 100 \right] = 58\%$$

2. Perhitungan resistansi yang digunakan sebagai beban yang akan terhubung dengan konverter.

$$R_{Lmax} = \frac{V_o}{I_{Omax}} = \frac{57}{2} = 28.5 \text{ ohm}$$

3. Menentukan arus *Input*

$$I_{in} = \frac{(2 - D) \times I_{out}}{1 - D}$$

Iin	Dmax = 58%	Dmin = 37%
	Iin(max) = 6.70 A	Iin(max) = 5.18 A

4. Pemilihan induktor

- Induktor Input

- Arus Input

$$i_{Lo} = i_{OUT} = 2A$$

$$I_{in} = i_{Li} = \frac{(2 - D_{max})i_{Lo}}{1 - D_{max}}$$

$$I_{in} = i_{Li} = \frac{(2 - 0.58)2}{1 - 0.58}$$

$$I_{in} = i_{Li} = 6.7 \text{ A}$$

- Arus Ripple

$$\Delta I_{Li} = I_{in} \times 0.005$$

$$\Delta I_{Li} = 6.7 \times 0.005 = 0.03 \text{ A}$$

- Induktansi

Nilai V_{in} diambil dari tegangan sampel dari tegangan rata-rata $V_{in(max)}$ dan $V_{in(min)}$ yakni sebesar 20

$$L_i = (V_i) * \frac{D_{max}}{F_s * \Delta i_{Li}}$$

$$L_i = (20) * \frac{0.58}{62500 * 0.03} = 5,48 \text{ mH}$$

Setelah nilai dari induktansi, arus ripple dan arus maksimum yang ada pada induktor telah ditemukan, langkah selanjutnya yaitu menghitung jumlah

lilitan, pada penelitian ini jenis induktor yang digunakan digunakan yaitu *torroidal core inductor* atau inti yang berbentuk O Ring (bentuk donat) dengan tipe FT-240-43 buatan *Amidon*

- Induktor Output (L_o)

- Arus Ripple

$$\Delta I_L = I_{out} \times 0.02$$

$$\Delta I_L = 2 \times 0.02 = 0.04 \text{ A}$$

- Induktansi

$$V_{Cm} = \frac{V_o}{1 - D_{min}}$$

$$V_{Cm} = \frac{57}{1 - 0.58} = 40V$$

$$L_o = ((2)\langle V_{Cm} \rangle - \langle v_o \rangle) * \frac{D_{max}}{F_s * \Delta i_{L_o}}$$

$$L_o = ((2 \times 40) - 57) * \frac{0.58}{62500 * 0.04} = 5.29 \text{ mH}$$

Setelah nilai dari induktansi, arus ripple dan arus maksimum yang ada pada induktor telah ditemukan, langkah selanjutnya yaitu menghitung jumlah lilitan, pada penelitian ini jenis induktor yang digunakan digunakan yaitu *torroidal core inductor* atau inti yang berbentuk O Ring (bentuk donat) dengan tipe FT-240-43 buatan *Amidon*.

5. Pemilihan MOSFET

Batas tegangan minimal $V_{in} + V_{out} = 17 + 57 = 74 \text{ V}$. berdasarkan hasil perhitungan arus puncak dan arus rms serta tegangan minimal. Maka dipilih MOSFET dengan tipe N-channel yaitu NEC 2SK1492. MOSFET ini sesuai karena memiliki V_{ds} maksimal 250 V (lebih besar dari batas tegangan), dengan V_{gs} maksimal 30 V, serta memiliki R_{ds} yang kecil yaitu sebesar 0,08

ohm. Pemilihan R_{ds} yang semakin kecil akan meminimalisir besar daya *losses* pada MOSFET.

6. Perhitungan Kapasitor

$$V_{Cm} = \frac{V_o}{1 - D}$$

$$V_{Cm} = \frac{57}{1 - 0.58} = 40V$$

- Tegangan *ripple*

$$V_r = 0.05V_{Cm} = 0.05 * 40 = 2V$$

- Arus Input

$$i_{Lo} = i_{OUT} = 2A$$

$$i_{Li} = \frac{(2 - D)i_{Lo}}{1 - D}$$

$$i_{Li} = \frac{(2 - 0.58)2}{1 - 0.58}$$

$$i_{Li} = 6.7A$$

Sehingga didapatkan nilai dari kapasitor C_m minimum yang akan digunakan pada *KY Boost Converter*

- Kapasitor Penyangga C_m

$$C_m = (\langle i_{Li} \rangle - \langle i_{Lo} \rangle) * \frac{D}{F_s * \Delta V_{Cm}}$$

$$C_m = (\langle 6.7 \rangle - \langle 2 \rangle) * \frac{0.58}{62500 * 2} = 33\mu F$$

- Kapasitor C_b

$$C_b = \frac{C_m}{1.5} = \frac{3382}{1.5} = 22\mu F$$

- Kapasitor C_o

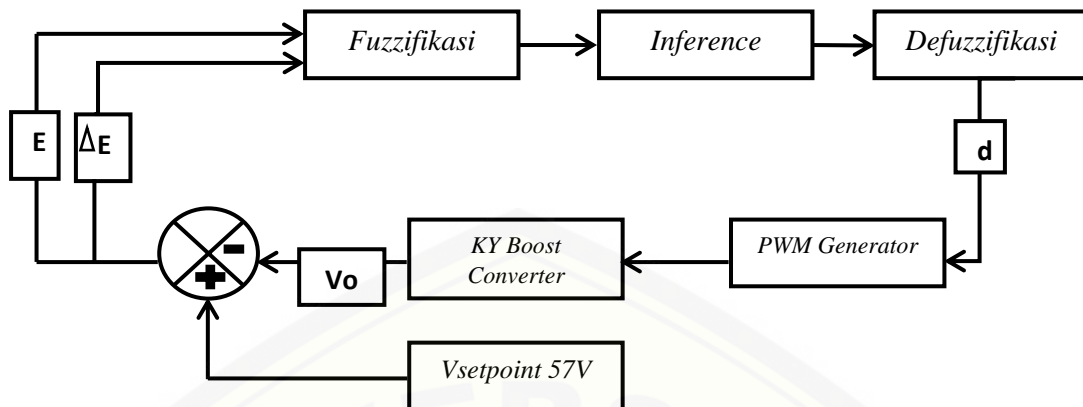
$$C_o = \frac{C_m}{2} = \frac{3382}{2} \geq 17\mu F$$

Tabel 3.3 Parameter perancangan DC/DC *KY Boost Converter*

PARAMETER	NILAI
Tegangan <i>Input</i> (V_{in})	17-22 Volt
Tegangan <i>Output</i> (V_o)	57 Volt
Arus <i>Output</i> (I_o)	2 A
Frekuensi <i>Switching</i> (f_s)	62,5 kHz
Toroid	FT-240-43 (Amidon)
Induktor <i>Input</i> (L_{in})	5mH
Induktor <i>Output</i> (L_o)	5mH
Kapasitor Penyangga (C_m)	33 μ F
Kapasitor <i>Buffer</i> (C_b)	22 μ F
Kapasitor <i>Output</i> (C_o)	22 μ F
Dioda	YG902C2 / 10A
MOSFET	N-Channel NEC 2SK1492
D_{min}	37%
D_{max}	58%

3.3.6 Perencanaan Sistem Kontrol *Fuzzy Logic KY Boost Converter*

Perencanaan sistem kontrol *fuzzy* untuk DC/DC *Converter* dirancang secara sistematis . Logika *fuzzy* diterapkan secara langsung kedalam sebuah *embedded system* yang berupa Arduino UNO R3. Beberapa tahapan dilakukan dalam merancang kontrol *fuzzy* diantaranya, dimulai dari tahap *fuzzifikasi*, *inferent*, dan *defuzzifikasi*.



Gambar 3.8 Diagram blok kontrol *Fuzzy Logic KY-Boost Converter*.

Gambar 3.8 merupakan diagram blok sistem DC-DC *KY Boost Converter* menggunakan kontrol *fuzzy*. Dengan menggunakan mikrokontroler maka mikrokontroler akan membaca nilai ADC dari beban dan kemudian akan dihitung nilai *error* dan *delta error* dari nilai *Vsetpoint* yang sudah ditentukan. Keluaran dari kontrol *fuzzy* berupa *duty cycle* yang masuk kedalam PWM kemudian diproses kedalam *KY Boost Converter*.

1. Tahap *Fuzzifikasi*

Tahap awal dalam pembuatan kontrol *Fuzzy* ialah *fuzzifikasi*, pada tahap ini akan dilakukan pembuatan himpunan keanggotaan untuk *error* dan *delta error*. Setelah itu kita hitung derajat keanggotaan masing-masing nilai *error* dan *delta error*. Keanggotaan pada *membership function error* dibagi menjadi 3, yakni N (*Negative*), Z (*Zero*), dan P (*Positif*).

Set Point yang ditentukan sebesar 57 Volt dan digunakan untuk membuat *membership function* dan juga pada proses perhitungan *error* dan *delta error*. Nilai *set point* tersebut digunakan sebagai acuan dalam kontrol agar tetap stabil pada nilai *set point*.

Sistem pengendalian ini bertujuan untuk mengendalikan tegangan agar tetap stabil sesuai *set point*, maka kendali tersebut dilakukan berdasarkan *error* dan *delta error*. Kontroler ini membaca sinyal dari sensor tegangan yang

dipasang pada jalur *output* dari DC/DC Converter dan menerima *input* berupa tegangan referensi. Kontrol *fuzzy* akan memproses selisih tegangan tegangan terukur dari sensor tegangan dengan tegangan referensi dan hasilnya menjadi *error* (E). Kemudian kontrol fuzzy akan memproses selisih antara nilai *error* (E) tersebut dengan nilai *error* sebelumnya atau kita sebut *delta error*. Hasil dari kedua perhitungan tersebut akan diproses ke tahapan selanjutnya.

Perhitungan *membership function error* (E) dalam proses pembuatan program pada Arduino UNO R3, yaitu:

a. Jika $-57 < E < 0$

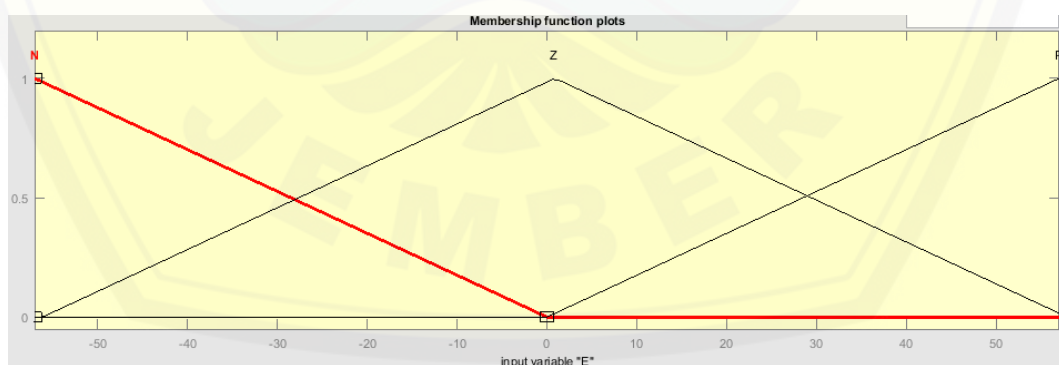
$$N = \frac{-E}{b-a} = \frac{-E}{0 - (-57)} = \frac{-E}{57}$$

$$Z = \frac{E-a}{b-a} = \frac{E - (-57)}{0 - (-57)} = \frac{E + 57}{57}$$

b. Jika $0 < E < 57$

$$Z = \frac{b-E}{b-a} = \frac{57-E}{57-0} = \frac{57-E}{57}$$

$$P = \frac{E}{b-a} = \frac{E}{57-0} = \frac{E}{57}$$



Gambar 3.9 *membership function* nilai *error* (E)

Perancangan pembuatan *membership function delta error* sama dengan *error*. Nilai dari *delta error* dihitung selisih dari nilai *error* sekarang dengan nilai *error* sebelumnya. Keanggotaan pada *membership function delta error* dibagi menjadi 3, yakni N (*Negative*), Z (*Zero*), dan P (*Positif*).

a. Jika $-30 < \Delta E < 0$

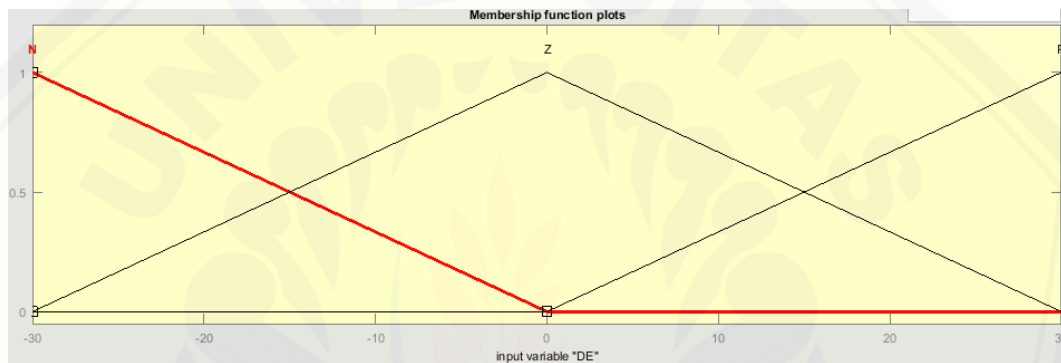
$$N = \frac{-\Delta E}{b-a} = \frac{-\Delta E}{0 - (-30)} = \frac{-\Delta E}{30}$$

$$Z = \frac{\Delta E - a}{b-a} = \frac{\Delta E - (-30)}{0 - (-30)} = \frac{\Delta E + 30}{30}$$

b. Jika $0 < \Delta E < 30$

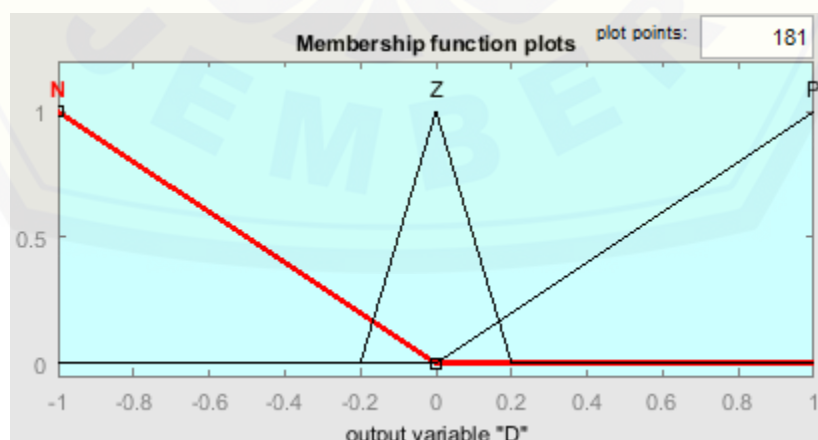
$$Z = \frac{b - \Delta E}{b-a} = \frac{30 - \Delta E}{30 - 0} = \frac{30 - \Delta E}{30}$$

$$P = \frac{\Delta E}{b-a} = \frac{\Delta E}{30 - 0} = \frac{\Delta E}{30}$$



Gambar 3.10 membership function nilai delta error (DE)

Pada gambar 3.10 Merupakan membership function nilai output yang digunakan sebagai kontrol fuzzy. Range nilai dari -1 sampai 1 dengan dibagi menjadi 3 kurva yaitu yaitu N (Negatif), Z (Zero), P (Positif).



Gambar 3.11 membership function nilai output duty cycle

Pada *flowchart* program dalam menentukan hasil *output* dari *fuzzy* dimulai dengan membaca sensor tegangan output. Setelah itu menghitung nilai *error* dan *delta error* sesuai dengan pembacaan sensor tegangan dan *setpoint* yang telah ditentukan. Sehingga nilai output fuzzy bisa didapatkan untuk mengurangi atau menambah nilai PWM sebelumnya dengan batas sebesar kurang dari 250 dan lebih dari 1024.

2. Inference

Tahap *inference* ini terdapat *rule base* yaitu tahap pemetaan nilai derajat keanggotaan dari masing masing *error* dan *delta error* kedalam tabel yang berisi basis aturan yang dipilih (*rule base*) dan menggunakan sebuah metode untuk pemilihan nilai dari derajat keanggotaan. Tabel *rule base* dapat dilihat pada tabel 3.4

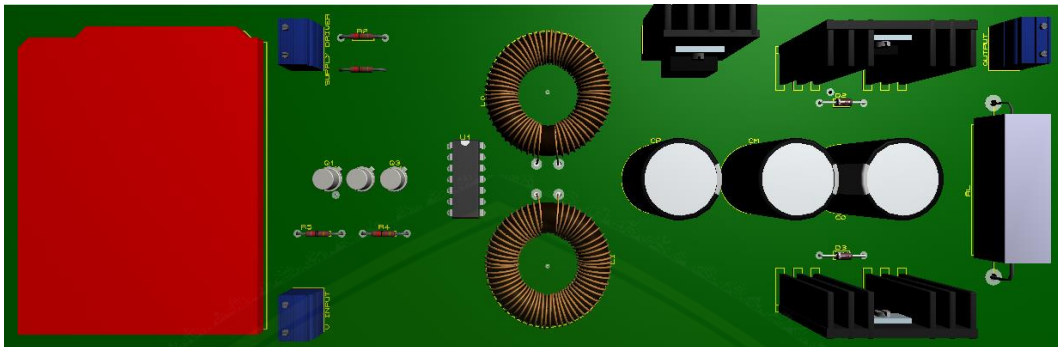
Tabel 3.4 *Rule Base*

E/DE	N	Z	P
N	NN	NN	PP
Z	NN	ZZ	PP
P	NN	PP	PP

3. Defuzzifikasi

Tahap *defuzzifikasi* merupakan tahap penegasan atau tahap terakhir dari kontrol *fuzzy*. *Input* dari proses *defuzzifikasi* adalah himpunan dari komposisi aturan metode MAX yang sebelumnya dihasilkan dari fungsi implikasi MIN. Sedangkan *output* yang dihasilkan adalah bilangan pada *domain* himpunan *fuzzy*. Metode yang digunakan dalam *defuzzifikasi* adalah metode *centroid method*.

3.4 Desain Perancangan Alat



Gambar 3.12 Desain Alat

BAB 5. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisa data yang telah dilakukan pada penelitian yang berjudul “Rancang Bangun *KY Boost Converter Berbasis Fuzzy Logic Controller* Pada Pengisian Baterai Sepeda Listrik Menggunakan Solar Cell”, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian *ky boost converter* tanpa kontrol, maka diketahui bahwa semakin kecil nilai hambatan yang diberikan, maka semakin besar drop tegangan yang akan terjadi, pada saat beban 100 Ω terjadi drop tegangan sebesar 10.19 Volt sedangkan saat diberikan beban 39 Ω terjadi drop tegangan sebesar 15.88 Volt.
2. Nilai efisiensi tertinggi pada *ky boost converter* dengan beban 100 Ω terdapat pada saat *duty cycle* 40 % dengan daya input 20.4 watt dan daya output sebesar 19.272 watt, sedangkan untuk efisiensi terendah terdapat saat *duty cycle* 80 % dengan nilai efisiensi yaitu 73,39892 % dengan daya input sebesar 92,5 watt dan daya output 67,894 watt.
3. Kestabilan tegangan dari *ky boost converter* dengan menggunakan kontrol *fuzzy logic* saat diberikan beban resistif yang semakin kecil maka *recovery time* yang dibutuhkan akan semakin lama, begitu juga sebaliknya saat beban yang diberikan semakin besar maka *recovery time* semakin cepat. Dimana saat beban 470 Ω diperlukan *recovery time* 1 detik, dan saat menggunakan beban 39 Ω diperlukan *recovery time* 5 detik.
4. Persentase *error* terkecil dari pengujian sensor tegangan untuk tegangan keluaran *ky boost converter* berada pada tegangan 60 Volt yaitu sebesar 0,066667 %, dan untuk *error* terbesar terdapat pada saat pengukuran tegangan yaitu sebesar 5 Volt dengan nilai *error* sebesar 0.8 %.
5. Terjadinya drop tegangan pada *input ky boost converter* dikarenakan daya yang dibutuhkan untuk pengisian baterai sepeda listrik lebih besar, sehingga tegangan yang dihasilkan oleh panel surya akan semakin *drop* dan arus akan semakin naik, untuk mendapatkan daya yang sesuai dengan daya yang

dibutuhkan baterai. Pada awal pengisian tegangan input menjadi sebesar 14 Volt dan untuk arus input sebesar 5.55 Ampere.

6. Saat pengujian *ky boost converter* menggunakan beban baterai sepeda listrik. Maka dapat diketahui bahwa tegangan awal *charge* akan mengikuti tegangan baterai yang kemudian akan menjadi naik hingga tegangan mencapai *setpoint* yaitu sebesar 57 Volt. Sedangkan untuk arus charging akan semakin turun saat baterai semakin terisi penuh. Seperti yang terdapat pada tabel pengujian *ky boost converter* dengan menggunakan beban baterai.

B. Saran

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

1. Jenis kontrol kestabilan tegangan dapat digantikan dengan kontrol *hybrid PID fuzzy* untuk dapat mendapatkan respon kontrol yang lebih baik.
2. DC-DC *Converter* dapat digantikan dengan jenis-jenis DC-DC *converter* yang lain, seperti contoh *sepic converter* atau *flyback converter* untuk dilakukan perbandingan performa antara *ky boost converter* dan jenis dc-dc *converter* yang lain.
3. Pada penelitian yang selanjutnya dimungkinkan untuk digunakan sistem proteksi *Auto Cut Off* agar pada proses pengisian baterai ketika dalam kondisi penuh bisa terdeteksi dan otomatis mengakhiri proses pengisian baterai.

DAFTAR PUSTAKA

- Arduino UNO, R3. 2015. "A000066 Arduino | Mouser." *MOUSER ELECTRONICS*. Diakses 3 september 2018.
- Autodesk.Inc. 2015. *id/Arduino-Voltage-Sensor-0-25V/*. Diakses Agustus 2018, dari instructables: <http://www.instructables.com/id/Arduino-Voltage-Sensor-0-25V/>
- Aziz, M.L. 2018, *Sistem Kontrol Fuzzy Logic Untuk Tegangan Keluaran Boost Converter Pada Pengisian Baterai Sepeda Listrik Menggunakan Solar Cell*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember.
- Bench, H. 2015. "ACS712 Current Sensor User Manual". Diakses Agustus 2018. <http://henrysbench.cpnfatz.com/henrys-bench/arduino-current-measurements/acs712-current-sensor-user-manual/>
- Fathurachman, A ., Najmurrokhman, A ., Kusnandar. 2014, *Perancangan Boost Converter Untuk sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya* . Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jendral Achmad Yani, Bandung.
- Halder, T.2017. *An improved design guideline of the PWM flyback converter for the practical engineer*.IEEE.221-226
- Citraningtyas, Irenne, 2017, "Rancang Bangun *Charging Controller* Baterai 48 Volt DC pada *Solar Cell*". Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya: Tugas Akhir-D3 Teknik Instrumentasi.

H. B. Shin, J. G. Park, S. K. Chung, H. W. Lee, and T. A. Lipo, "Generalized steady-state analysis of multiphase interleaved boost converter with coupled inductors," *IEEE Proc. Electr. Power Appl.*, no. 152, vol. 3, pp. 584–594, 2005.

Kusumadewi, S., & Hartati, S. 2006. *NEURO FUZZY: Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

K.I. Hwu, Y.T. Yau, *A KY boost converter, Twenty-Fourth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, APEC 2009, Feb 15-19, 2009, Singapore.*

N.F Nik Ismail., I. Musirin., R. Bahrom. 2010. *An improved design guideline of the PWM flyback converter for the practical engineer*. International Conference On Power And Energy, Kuala Lumpur, Malaysia.

Oetomo., Halim, L . 2017. *Perancangan Dan Implementasi Sistem Charging & Monitoring Baterai Lithium*. Universitas Katolik Parahiyangan.

Karthikumar, S. , Mahendran, N. and Sriraman, S. (2012) *Design of Fuzzy Logic Controller for Output Voltage Ripple (OVR) Reduction of KY Boost Converter. IEEE Proceedings*

Emerging Trends in Electrical Engineering and Energy Management , 181-185.

K.I. Hwu, Y.T. Yau, *A KY boost converter, IEEE Trans. Power Electronics*, vol. 25, n. 11, Nov 2010, pp. 2699 - 2703.

Suswitno., Rahayu, Y., Amri, R., Hamdani, E. 2017, *Perancangan Konverter DC ke DC Untuk Menstabilkan Tegangan Keluaran Panel Solar Cell Menggunakan Teknologi Boost Converter* . Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Riau.

LAMPIRAN

A. Listing Program Arduino

```

#define FIS_TYPE float
#define FIS_RESOLUTION 101
#define FIS_MIN -3.4028235E+38
#define FIS_MAX 3.4028235E+38
typedef FIS_TYPE(*_FIS_MF)(FIS_TYPE, FIS_TYPE*);
typedef FIS_TYPE(*_FIS_ARR_OP)(FIS_TYPE, FIS_TYPE);
typedef FIS_TYPE(*_FIS_ARR)(FIS_TYPE*, int, _FIS_ARR_OP);
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "RTCLib.h"
#include <SD.h>
File logfile;
RTC_DS3231 rtc;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
int pwm= 6;
int pwm = 80;
/////Tegangan
int VoutAnalog = A3 ;
int VinAnalog = A2;
int vin = 0.0;
int vino = 0.0;
int value = 0.0;
int valueo = 0.0;
int vd = 0.0;
int Setpoint = 0.0;
int Errorr = 0.0;
int ADCC = 0;
// Number of inputs to the fuzzy inference system
const int fis_gcI = 2;

```

```
// Number of outputs to the fuzzy inference system
const int fis_gcO = 1;
// Number of rules to the fuzzy inference system
const int fis_gcR = 9;

FIS_TYPE g_fisInput[fis_gcI];
FIS_TYPE g_fisOutput[fis_gcO];

////////Arus OUT
#define VIN A0 // define the Arduino pin A0 as voltage input (V in)
const float VCC = 5;// supply voltage is from 4.5 to 5.5V. Normally 5V.
const int model = 0; // enter the model number (see below)
float cutOffLimit = 0.25;// set the current which below that value, doesn't
matter. Or set 0.5
float sensitivity[] ={
    0.185,// for ACS712ELCTR-05B-T
    0.100,// for ACS712ELCTR-20A-T
    0.066// for ACS712ELCTR-30A-T
};
const float QOV = 0.5 * VCC;// set quiescent Output voltage of 0.5V
float voltage;// internal variable for voltage
////////Arus INPUT
#define VIN1 A1 // define the Arduino pin A0 as voltage input (V in)
const float VCC1 = 5.0;// supply voltage is from 4.5 to 5.5V. Normally
5V.
const int model1 = 2; // enter the model number (see below)
float cutOffLimit1 = 0.25;// set the current which below that value, doesn't
matter. Or set 0.5
float sensitivity1[] ={
    0.185,// for ACS712ELCTR-05B-T
    0.100,// for ACS712ELCTR-20A-T
```

```
    0.066// for ACS712ELCTR-30A-T
};

const float QOV1 = 0.5 * VCC1;// set quiescent Output voltage of 0.5V
float voltage1;// internal variable for voltage

void setup() {
  lcd.begin(20,4);
  lcd.backlight();
  lcd.init();           // initialize the lcd lcd.init();
  lcd.backlight();
  //lcd.backlight(); Power off the back light
  TCCR0B = TCCR0B & 0b11111000 | 0x01;
  TCCR1B = TCCR1B & 0b11111000 | 0x01;
  TCCR2B = TCCR2B & 0b11111000 | 0x01;
  //TCCR3B = TCCR3B & 0b11111000 | 0x01;
  pinMode(VinAnalog, INPUT);
  pinMode(VoutAnalog, INPUT);
  pinMode(pwmM, OUTPUT);
  pinMode(pwm, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL,Date,Time,Vinput,Vout,ArusIN,ArusOut");
  Serial.println("RESETTIMER");
}

void loop() {

  //pwm
  if (vino <= 4)
  {
```

```
pwm = 100;
}
else if(vino == 20) {
    pwm = 70;
}

else if(vino >=70 ) {
    pwm = 100;
}
else if(valueo ==199 ) {
    valueo = valueo;
}
else if(pwm >=190 ) {
    pwm = 100;
}

else
{
    fuzzy(); // do Thing C
}

monitoring();
rtc_logger ();

//tegangan
value = analogRead(VinAnalog);
vin = (value * 0.2)+ 2.1 ;
vin = (vin + 1.402)/ 1.04 ;
valueo = analogRead(VoutAnalog);
vino = (valueo * 0.28)- 1.2 ;
vino = (vino +4.2101)/1.0055;
```



```
// Errorr= vino;
Errorr= valueo;
vd = (100*pwm/255);

}

void rtc_logger (){
File logfile = SD.open("BARU.txt", FILE_WRITE);
DateTime now = rtc.now();
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(vin);logfile.print(',');logfile.print(vino);logfile.
print(',');logfile.print(current);logfile.print(',');logfile.print(current1);logfile
.print(',');

// logfile.println();
logfile.close();
Serial.print(now.year(), DEC);
Serial.print('/');
Serial.print(now.month(), DEC);
Serial.print('/');
Serial.print(now.day(), DEC);
Serial.print(" ");

Serial.print(" ");
Serial.print(now.hour(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.print(now.minute(), DEC);
```

```
Serial.print(':');
Serial.print(now.second(), DEC);
Serial.println();
delay(500);
}

void monitoring(){

//Arus INPUT
float voltage_raw1 = (5.0 / 1023.0)* analogRead(VIN1);// Read the
voltage from sensor
    voltage1 = voltage_raw1 - QOV1 +0.49 ;// 0.000 is a value to make
voltage zero when there is no current
float current1 = voltage1 / sensitivity1[model1];

//Arus OUT
float voltage_raw = (5.0 / 1023.0)* analogRead(VIN);// Read the voltage
from sensor
    voltage = voltage_raw - QOV +0.5 ;// 0.000 is a value to make voltage
zero when there is no current
float current = voltage / sensitivity[model];

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Vinp= ");
    lcd.print(vin);

    lcd.setCursor(8, 0);
    lcd.print("V");

    lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("Vout= ");  
lcd.print(vino);  
  
lcd.setCursor(8, 1);  
lcd.print("V");  
  
lcd.setCursor(0, 2);  
lcd.print("Iinp=");  
lcd.print(current1,1);  
  
lcd.setCursor(9, 3);  
lcd.print("A");  
  
lcd.setCursor(0, 3);  
lcd.print("Iout=");  
lcd.print(current,1);  
  
lcd.setCursor(9, 2);  
lcd.print("A");  
  
lcd.setCursor(10, 0);  
lcd.print(" Duty= ");  
lcd.print(vd,1);  
  
lcd.setCursor(19, 0);  
lcd.print("%");  
  
}
```

```
void fuzzy (){
    int ERRORR = 0;
    int ERRORRlama = 0;
    int V = 0;
    int DELTAERROR = 0;
    Setpoint = 57;
    ERRORR = Setpoint - vino ;

    DELTAERROR = ERRORRlama - ERRORR ;

    // Read Input: ERROR
    g_fisInput[0] = ERRORR;

    // Read Input: DELTA ERROR
    g_fisInput[1] = DELTAERROR;

    g_fisOutput[0] = 0;

    fis_evaluate();

    V = g_fisOutput[0] * 10 ;
    vd = map(V, -10, 10, 0, 255);
    pwm = constrain (vd, 0, 130);

}
```

```

//*****
*****

// Support functions for Fuzzy Inference System
//*****
*****

// Triangular Member Function
FIS_TYPE fis_trimf(FIS_TYPE x, FIS_TYPE* p)
{
    FIS_TYPE a = p[0], b = p[1], c = p[2];
    FIS_TYPE t1 = (x - a) / (b - a);
    FIS_TYPE t2 = (c - x) / (c - b);
    if ((a == b) && (b == c)) return (FIS_TYPE) (x == a);
    if (a == b) return (FIS_TYPE) (t2*(b <= x)*(x <= c));
    if (b == c) return (FIS_TYPE) (t1*(a <= x)*(x <= b));
    t1 = min(t1, t2);
    return (FIS_TYPE) max(t1, 0);
}

FIS_TYPE fis_min(FIS_TYPE a, FIS_TYPE b)
{
    return min(a, b);
}

FIS_TYPE fis_max(FIS_TYPE a, FIS_TYPE b)
{
    return max(a, b);
}

FIS_TYPE    fis_array_operation(FIS_TYPE    *array,    int    size,
_FIS_ARR_OP pfnOp)
```

```
{
    int i;
    FIS_TYPE ret = 0;

    if (size == 0) return ret;
    if (size == 1) return array[0];

    ret = array[0];
    for (i = 1; i < size; i++)
    {
        ret = (*pfnOp)(ret, array[i]);
    }

    return ret;
}

//*****
*****
// Data for Fuzzy Inference System
//*****
*****
// Pointers to the implementations of member functions
_FIS_MF fis_gMF[] =
{
    fis_trmf
};

// Count of member function for each Input
int fis_gIMFCount[] = { 3, 3 };
```

```
// Count of member function for each Output
int fis_gOMFCoeff[] = { 3 };

// Coefficients for the Input Member Functions
FIS_TYPE fis_gMFI0Coeff1[] = { -68.4, -57, 0 };
FIS_TYPE fis_gMFI0Coeff2[] = { -57, 0, 57 };
FIS_TYPE fis_gMFI0Coeff3[] = { 0, 57, 68.4 };
FIS_TYPE* fis_gMFI0Coeff[] = { fis_gMFI0Coeff1, fis_gMFI0Coeff2,
fis_gMFI0Coeff3 };
FIS_TYPE fis_gMFI1Coeff1[] = { -57, -57, 0 };
FIS_TYPE fis_gMFI1Coeff2[] = { -11.4, 0, 11.4 };
FIS_TYPE fis_gMFI1Coeff3[] = { 0, 57, 57 };
FIS_TYPE* fis_gMFI1Coeff[] = { fis_gMFI1Coeff1, fis_gMFI1Coeff2,
fis_gMFI1Coeff3 };
FIS_TYPE** fis_gMFICoeff[] = { fis_gMFI0Coeff, fis_gMFI1Coeff };

// Coefficients for the Output Member Functions
FIS_TYPE fis_gMFO0Coeff1[] = { -1.21, -1, 0 };
FIS_TYPE fis_gMFO0Coeff2[] = { -0.2, 0, 0.2 };
FIS_TYPE fis_gMFO0Coeff3[] = { 0, 1, 1.21 };
FIS_TYPE* fis_gMFO0Coeff[] = { fis_gMFO0Coeff1,
fis_gMFO0Coeff2, fis_gMFO0Coeff3 };
FIS_TYPE** fis_gMFOCoeff[] = { fis_gMFO0Coeff };

// Input membership function set
int fis_gMFI0[] = { 0, 0, 0 };
int fis_gMFI1[] = { 0, 0, 0 };
int* fis_gMFI[] = { fis_gMFI0, fis_gMFI1 };

// Output membership function set
int fis_gMFO0[] = { 0, 0, 0 };
```

```
int* fis_gMFO[] = { fis_gMFO0};

// Rule Weights
FIS_TYPE fis_gRWeight[] = { 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1 };

// Rule Type
int fis_gRType[] = { 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1 };

// Rule Inputs
int fis_gRI0[] = { 3, 1 };
int fis_gRI1[] = { 3, 2 };
int fis_gRI2[] = { 3, 3 };
int fis_gRI3[] = { 2, 1 };
int fis_gRI4[] = { 2, 2 };
int fis_gRI5[] = { 2, 3 };
int fis_gRI6[] = { 1, 1 };
int fis_gRI7[] = { 1, 2 };
int fis_gRI8[] = { 1, 3 };
int* fis_gRI[] = { fis_gRI0, fis_gRI1, fis_gRI2, fis_gRI3, fis_gRI4,
fis_gRI5, fis_gRI6, fis_gRI7, fis_gRI8 };

// Rule Outputs
int fis_gRO0[] = { 1 };
int fis_gRO1[] = { 1 };
int fis_gRO2[] = { 1 };
int fis_gRO3[] = { 1 };
int fis_gRO4[] = { 2 };
int fis_gRO5[] = { 3 };
int fis_gRO6[] = { 3 };
int fis_gRO7[] = { 3 };
int fis_gRO8[] = { 3 };
```



```
int* fis_gRO[] = { fis_gRO0, fis_gRO1, fis_gRO2, fis_gRO3, fis_gRO4,
fis_gRO5, fis_gRO6, fis_gRO7, fis_gRO8 };

// Input range Min
FIS_TYPE fis_gIMin[] = { -57, -57 };

// Input range Max
FIS_TYPE fis_gIMax[] = { 57, 57 };

// Output range Min
FIS_TYPE fis_gOMin[] = { -1 };

// Output range Max
FIS_TYPE fis_gOMax[] = { 1 };

/*****
*****

// Data dependent support functions for Fuzzy Inference System
/*****
*****

FIS_TYPE fis_MF_out(FIS_TYPE** fuzzyRuleSet, FIS_TYPE x, int o)
{
    FIS_TYPE mfOut;
    int r;

    for (r = 0; r < fis_gcR; ++r)
    {
        int index = fis_gRO[r][o];
        if (index > 0)
        {
            index = index - 1;
```

```

        mfOut          =          (fis_gMF[fis_gMFO[o][index]])(x,
fis_gMFOCoeff[o][index]);
    }
    else if (index < 0)
    {
        index = -index - 1;
        mfOut      =      1      -      (fis_gMF[fis_gMFO[o][index]])(x,
fis_gMFOCoeff[o][index]);
    }
    else
    {
        mfOut = 0;
    }

    fuzzyRuleSet[0][r] = fis_min(mfOut, fuzzyRuleSet[1][r]);
}
return fis_array_operation(fuzzyRuleSet[0], fis_gcR, fis_max);
}

FIS_TYPE fis_defuzz_centroid(FIS_TYPE** fuzzyRuleSet, int o)
{
    FIS_TYPE step = (fis_gOMax[o] - fis_gOMin[o]) /
(FIS_RESOLUTION - 1);
    FIS_TYPE area = 0;
    FIS_TYPE momentum = 0;
    FIS_TYPE dist, slice;
    int i;

    // calculate the area under the curve formed by the MF outputs
    for (i = 0; i < FIS_RESOLUTION; ++i){
        dist = fis_gOMin[o] + (step * i);

```

```

        slice = step * fis_MF_out(fuzzyRuleSet, dist, o);
        area += slice;
        momentum += slice*dist;
    }

    return ((area == 0) ? ((fis_gOMax[o] + fis_gOMin[o]) / 2) : (momentum
/ area));
}

//*****
*****

// Fuzzy Inference System
//*****
*****

void fis_evaluate()
{
    FIS_TYPE fuzzyInput0[] = { 0, 0, 0 };
    FIS_TYPE fuzzyInput1[] = { 0, 0, 0 };
    FIS_TYPE* fuzzyInput[fis_gcI] = { fuzzyInput0, fuzzyInput1, };
    FIS_TYPE fuzzyOutput0[] = { 0, 0, 0 };
    FIS_TYPE* fuzzyOutput[fis_gcO] = { fuzzyOutput0, };
    FIS_TYPE fuzzyRules[fis_gcR] = { 0 };
    FIS_TYPE fuzzyFires[fis_gcR] = { 0 };
    FIS_TYPE* fuzzyRuleSet[] = { fuzzyRules, fuzzyFires };
    FIS_TYPE sW = 0;

    // Transforming input to fuzzy Input
    int i, j, r, o;
    for (i = 0; i < fis_gcI; ++i)
    {
        for (j = 0; j < fis_gIMFCount[i]; ++j)

```

```

    {
        fuzzyInput[i][j] =
            (fis_gMF[fis_gMFI[i][j]])(g_fisInput[i], fis_gMFCoeff[i][j]);
    }
}

int index = 0;
for (r = 0; r < fis_gcR; ++r)
{
    if (fis_gRType[r] == 1)
    {
        fuzzyFires[r] = FIS_MAX;
        for (i = 0; i < fis_gcI; ++i)
        {
            index = fis_gRI[r][i];
            if (index > 0)
                fuzzyFires[r] = fis_min(fuzzyFires[r], fuzzyInput[i][index -
1]);
            else if (index < 0)
                fuzzyFires[r] = fis_min(fuzzyFires[r], 1 - fuzzyInput[i][-index
- 1]);
            else
                fuzzyFires[r] = fis_min(fuzzyFires[r], 1);
        }
    }
}
else
{
    fuzzyFires[r] = FIS_MIN;
    for (i = 0; i < fis_gcI; ++i)
    {
        index = fis_gRI[r][i];

```

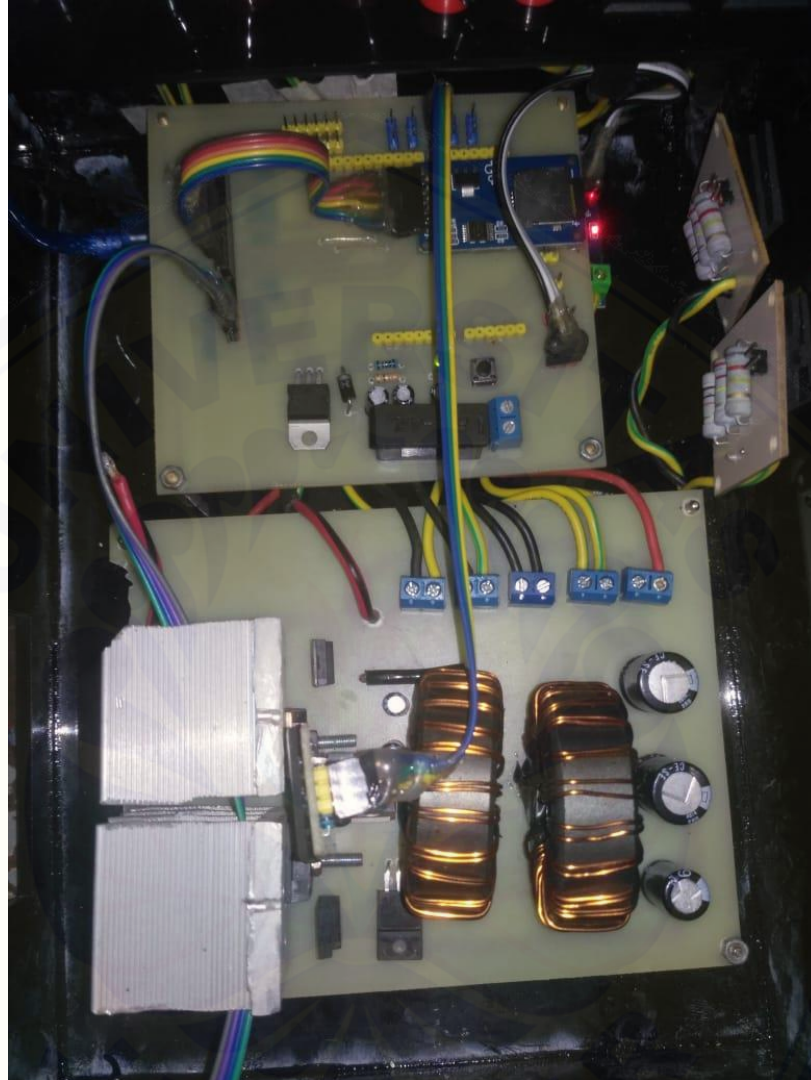
```
        if (index > 0)
            fuzzyFires[r] = fis_max(fuzzyFires[r], fuzzyInput[i][index -
1]);
        else if (index < 0)
            fuzzyFires[r] = fis_max(fuzzyFires[r], 1 - fuzzyInput[i][-index
- 1]);
        else
            fuzzyFires[r] = fis_max(fuzzyFires[r], 0);
    }
}

fuzzyFires[r] = fis_gRWeight[r] * fuzzyFires[r];
sW += fuzzyFires[r];
}

if (sW == 0)
{
    for (o = 0; o < fis_gcO; ++o)
    {
        g_fisOutput[o] = ((fis_gOMax[o] + fis_gOMin[o]) / 2);
    }
}
else
{
    for (o = 0; o < fis_gcO; ++o)
    {
        g_fisOutput[o] = fis_defuzz_centroid(fuzzyRuleSet, o);
    }
}
}
```

B. Lampiran Gambar

- Gambar *KY Boost Converter*



B. Gambar Pengambilan Data Lapangan



