



**SISTEM KONTROL KONVERTER *SEPIC* PADA *SOLAR CHARGER* BERBASIS  
LOGIKA *FUZZY***

**SKRIPSI**

oleh

**Wahyu Pradana M  
NIM 131910201053**

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



**SISTEM KONTROL KONVERTER *SEPIC* PADA *SOLAR CHARGER* BERBASIS  
LOGIKA *FUZZY***

**SKRIPSI**

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

oleh

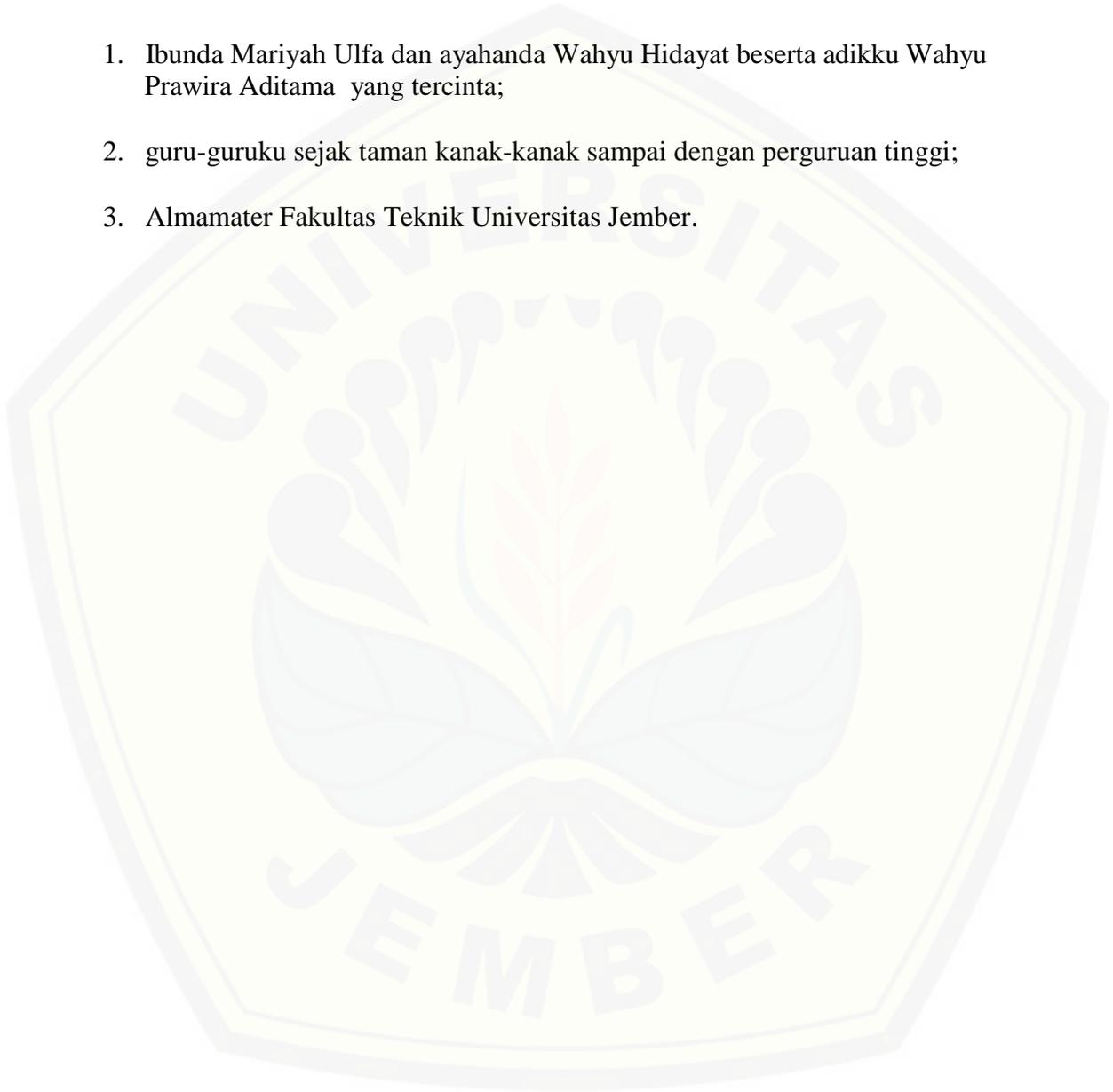
**Wahyu Pradana M  
NIM 131910201053**

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

**PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Mariyah Ulfa dan ayahanda Wahyu Hidayat beserta adikku Wahyu Prawira Aditama yang tercinta;
2. guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.



**MOTO**

Hai orang-orang yang beriman, jika  
kamu menolong (agama) Allah, niscaya  
Dia akan menolongmu dan  
meneguhkan kedudukanmu.  
(terjemahan Surah *Muhammad* ayat 7\*)

Hiduplah seperti seorang petani, walaupun gagal dia tidak akan berhenti  
bertani



**PERNYATAAN**

Saya yang betanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyu Pradana M

NIM : 131910201053

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Sistem Kontrol Konverter Sepic Pada Solar Charger Berbasis Logika Fuzzy” 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, Juli 2017

Yang menyatakan,

Wahyu Pradana M  
NIM 131910201053

**SKRIPSI**

**SISTEM KONTROL KONVERTER *SEPIC* PADA *SOLAR CHARGER* BERBASIS  
LOGIKA *FUZZY***

Oleh

**Wahyu Pradana M  
NIM 131910201053**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Samsul Bachri M.,S.T.,MMT

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Bambang Sri Kaloko,ST.,MT

**HALAMAN PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Sistem Kontrol Konverter Sepic Pada Solar Charger Berbasis Logika Fuzzy” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : ....., Juli 2017

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Pembimbing I

Pembimbing II

Samsul Bachri M, S.T., MMT.  
NIP. 196403171998021001

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.  
NIP. 197104022003121001

Penguji I

Penguji II,

Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.  
NIP. 196312011994021002

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

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.

NIP. 19661215 199503 2 001

Sistem Kontrol Konverter *Sepic* Pada *Solar Charger* Berbasis Logika *Fuzzy*

**Wahyu Pradana M**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

## ABSTRAK

Matahari merupakan salah satu sumber energi yang tidak akan habis walaupun dipakai berkali – kali. Sinar matahari dapat dikonversi menjadi penghasil listrik yang ramah lingkungan. Namun, dibutuhkan sebuah alat yang guna mengubah dari sinar matahari menjadi sebuah energi listrik yaitu *solar cell*. *Solar Cell* banyak dimanfaatkan berbagai kebutuhan salah satunya adalah digunakan untuk *charge* baterai. Namun besar kecilnya tegangan yang dihasilkan dari *solar cell* ditentukan dari cuaca dan irradiasi matahari, apabila cuaca mendung maka tegangan yang dihasilkan oleh *solar cell* juga akan rendah. Maka dari itu tujuan penelitian ini yaitu untuk menstabilkan tegangan *output* dari *solar cell* dengan menggunakan logika *fuzzy*. Namun *solar cell* tidak bisa dihubungkan langsung dengan baterai karena tegangan yang berubah – rubah, jadi digunakan lah perantara yaitu konverter jenis *sepic*. Besarnya nilai keluaran dari *solar cell* akan dikontrol oleh konverter *sepic* yang dikontrol dari mikrokontroler. Untuk membuat program logika *fuzzy* yang harus dilakukan adalah antara lain *fuzzyfication*, *inference* dan *defuzzyfication*. Pada pembuatan sistem *fuzzy* yang dirancang menjadi program yang dapat di masukan dalam arduino atau mikrokontroler akan diproses dan akan mendapatkan hasil sesuai apa yang diharapkan. Analisa data perbandingan yang dilakukan adalah ketika tanpa kontrol pada konverter dan dengan kontrol *fuzzy* akan diketahui *drop* dan selisih tegangan pada tegangan *output* konverter. Maka kestabilan dari tegangan *output* ini akan digunakan sebagai *charge* baterai.

**Kata Kunci** : *Solar Cell*, Konverter *Sepic*, Logika *Fuzzy*, Baterai

## *Sepic Converter Control System On Fuzzy Logic-Based Solar Charger*

**Wahyu Pradana M**

*Electrical Engineering, Jember University*

### **ABSTRACT**

*The Sun is one source of energy that will not run out even though worn berkali – times. Sunlight can be converted into environmentally friendly electricity producer. However, it is a tool to convert from sunlight into an electric energy namely solar cell. Many Solar Cell utilized various needs one is used to charge the battery. However great his little voltage generated from a solar cell is determined from the irradiansi Sun, weather and when the weather is cloudy then the voltage produced by the solar cell will also be low. Therefore the purpose of this research is to stabilize the output voltage from the solar cell by using fuzzy logic. But the solar cell can not be connected directly to the battery because the voltage is changing – Fox, so used is the provider that is type of the sepic converter. The magnitude of the value of output from the solar cell will be controlled by a sepic converter controlled from a microcontroller. To create a program of fuzzy logic to do is include fuzzyfication, inference and defuzzyfication. On the creation of a system of fuzzy designed into programs that can be input in the arduino or mikrokontroller will be processed and will get results match what is expected. Comparative data analysis conducted is when without controls on converter and fuzzy control with unknown will drop and the difference in voltage on the output voltage of the converter. Thus the stability of the output voltage will be used as the charge of the battery.*

**Keywords** : Solar Cell, Sepic Converter, Fuzzy Logic, Battery

## RINGKASAN

**Sistem Kontrol Konverter Sepic Pada Solar Charger Berbasis Logika Fuzzy;** Wahyu Pradana M, 131910201053; 2017; 90 ; Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Pada era sekarang ini, yakni pada era globalisasi yang semakin berkembang di segala aspek dan juga ilmu pengetahuan. Berkembangnya era globalisasi banyak sekali yang dapat kita lihat perbedaan – perbedaan mulai dari kebutuhan energi sampai dengan teknologi.

Energi merupakan sumber penggerak yang dibutuhkan manusia untuk beraktivitas. Khususnya energi listrik yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari untuk membantu aktivitas manusia. Konsumsi listrik di Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi nasional, penambahan penduduk serta konsumsi energi masyarakat. Ditambah ketergantungan Indonesia pada energi fosil membuat energi minyak bumi dalam negeri menjadi menurun drastis sejak 2001 silam. Keadaan ini didorong oleh kebutuhan yang terus naik dan tumbuhnya sektor industri di Indonesia. Ketergantungan energi fosil ini masih didominasi oleh kebutuhan minyak yang mencapai 41.8%, disusul batu bara 29% dan gas 23%. Kebutuhan yang sangat besar ini ternyata tidak bisa ditopang oleh cadangan energi yang kian menipis.

Dari permasalahan tersebut maka dibutuhkan sumber energi yang tidak habis dipakai dalam jangka waktu yang panjang guna untuk memenuhi kebutuhan dan mempermudah aktivitas sehari – hari yaitu energi dari matahari dengan dihubungkan sebuah alat yaitu “Sistem Kontrol Konverter Sepic pada Solar Charging Berbasis Logika Fuzzy “. Pada alat ini juga ditambahkan komponen – komponen pendukung antara lain seperti sensor tegangan dan juga sensor arus yang berfungsi sebagai monitoring berapa arus dan tegangan yang diterima. Namun ada beberapa kendala pada saat pengujian atau pengambilan data yang secara manual, karena kondisi cuaca dan waktu yang tidak bisa diperkirakan maka hasil yang diperoleh juga belum maksimal, maka ditambahkan *Data Logger* dan juga RTC (*Real Time Clock*) guna untuk menyimpan data secara otomatis berdasarkan *real time* untuk mendapatkan hasil yang diinginkan

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem Kontrol Konverter *Sepic* Pada *Solar Charger* Berbasis Logika *Fuzzy*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

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

1. Samsul Bachri M, ST., MMT., selaku Dosen Pembimbing Utama, Dr. Bambang Sri Kaloko S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing dan memberikan saran dengan sangat sabar demi kesempurnaan skripsi ini;
2. Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M, selaku Dosen Penguji I, Suprihadi Prasetyono S.T., M.T . selaku Dosen Penguji II yang telah bersedia menguji dan memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Samsul Bachri M, ST., MMT selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama melaksanakan studi di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember;
4. Budi Sustyo, Gunawan, Dzikri, Indra Ganesha, Arya beserta kakak – kakak yang telah memberikan ilmu dan pengalaman tentang Aircraft selama saya internship di GMF Aeroasia.
5. Ibu Mariyah Ulfa dan Bapak Wahyu Hidayat dan adik saya tercinta Wahyu Prawira Aditama yang selalu memberi dukungan, perhatian dan kasih sayang yang sangat besar.
6. Keluarga Besar INTEL UJ yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini;
7. Teman – Teman Robotika Fakultas Teknik Universitas Jember yang sudah memberikan banyak ilmu dan pengalaman yang luar biasa.

8. Keluarga Besar Laboratorium Sistem Tenaga Universitas Jember yang sudah memberikan ilmu dan membimbing serta memberikan semangat.
9. Semua Pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

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

Jember, Juli 2017

Penulis

Penulis



## DAFTAR ISI

### HALAMAN JUDUL

PERSEMBAHAN.....iii

MOTTO.....iv

PERNYATAAN.....v

SKRIPSI.....vi

PENGESAHAN.....vii

ABSTRAK.....viii

RINGKASAN.....x

PRAKATA.....xi

### DAFTAR ISI

#### BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang..... 1

1.2 Rumusan Masalah ..... 3

1.3 Batasan Masalah ..... 3

1.4 Tujuan Penelitian..... 4

1.5 Manfaat Penelitian..... 4

#### BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Panel Surya..... 6

2.1.1 Jenis Sel Surya ..... 7

2.1.2 Struktur Sel Surya ..... 7

2.1.3 Prinsip Kerja Sel Surya ..... 9

2.2 Sensor Tegangan ..... 12

2.3 Sensor Arus INA219 ..... 12

2.4 Arduino Mega 2560 ..... 13

2.5 *Sepic Converter* ..... 16

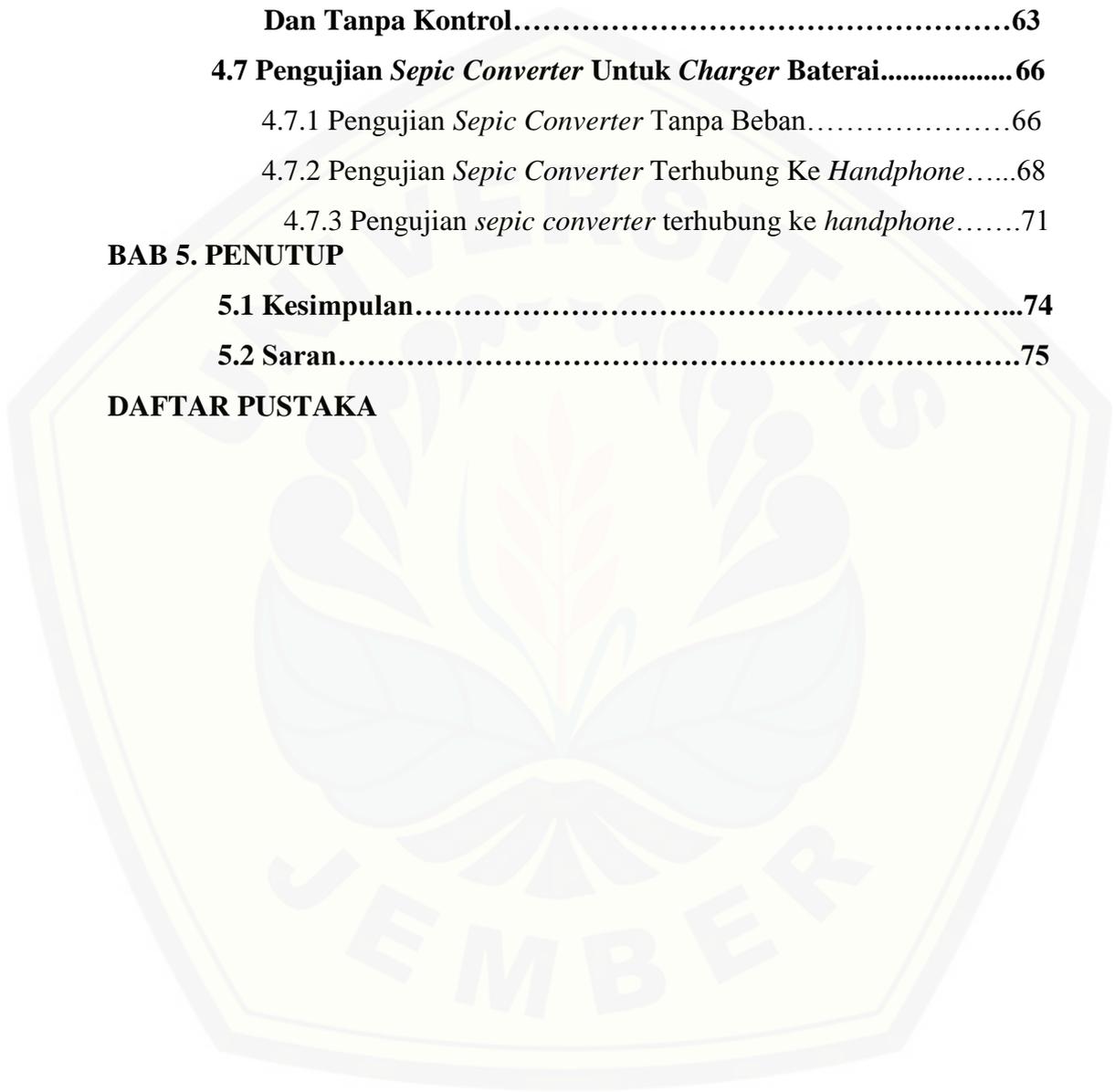
2.6 *Fuzzy Logic*..... 17

2.6.1 Pengertian *Fuzzy Logic* ..... 17

2.6.2 Himpunan Fuzzy ..... 21

|   |           |
|---|-----------|
| 2.6.3 Fungsi Keanggotaan.....                                     | 22        |
| 2.6.4 Tahap Pemodelan Dalam <i>Fuzzy Logic</i> .....              | 24        |
| 2.6.5 <i>Fuzzyfication</i> .....                                  | 26        |
| 2.6.6 <i>Inference</i> .....                                      | 28        |
| 2.6.7 <i>Defuzzyfication</i> .....                                | 28        |
| <b>2.7 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>) .....</b>              | <b>30</b> |
| <b>2.8 RTC (<i>Real Time Clock</i>).....</b>                      | <b>30</b> |
| <b>2.9 <i>Battery</i> .....</b>                                   | <b>31</b> |
| 2.9.1 <i>Charge Battery</i> .....                                 | 32        |
| <b>2.10 <i>Relay</i>.....</b>                                     | <b>34</b> |
| <b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b>                                   |           |
| <b>3.1 Alat dan Bahan.....</b>                                    | <b>35</b> |
| <b>3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....</b>                      | <b>36</b> |
| 3.2.1 Tempat Penelitian.....                                      | 36        |
| 3.2.2 Waktu Penelitian.....                                       | 36        |
| <b>3.3 Tahapan Penelitian .....</b>                               | <b>36</b> |
| <b>3.4 Block Diagram.....</b>                                     | <b>39</b> |
| <b>3.5 Perancangan Komponen Pengendali (<i>Hardware</i>).....</b> | <b>40</b> |
| 3.5.1 <i>Sepic Converter</i> .....                                | 40        |
| 3.5.2 Arduino Mega 2560.....                                      | 43        |
| 3.5.3 Pengamanan .....  | 44        |
| <b>3.6 Perancangan Sistem Kendali Fuzzy .....</b>                 | <b>45</b> |
| 3.6.1 Fuzzyfikasi.....  | 45        |
| 3.6.2 <i>Rule Base</i> .....                                      | 46        |
| 3.6.3 Defuzzyfikasi .....   | 48        |
| <b>3.7 Perancangan Desain Alat .....</b>                          | <b>51</b> |
| <b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                                |           |
| <b>4.1 Pengujian Sensor Tegangan.....</b>                         | <b>53</b> |
| <b>4.2 Pengujian <i>Solar Cell</i>.....</b>                       | <b>55</b> |
| <b>4.3 Pengujian <i>Sepic Converter</i> .....</b>                 | <b>57</b> |
| <b>4.4 Pengujian <i>Sepic Converter</i> Tanpa Kontrol .....</b>   | <b>59</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.4.1 Pengujian Pemberian Beban Tanpa Kontrol.....  | 59        |
| <b>4.5 Pengujian Sepic Converter Dengan Kontrol.....</b>                                    | <b>60</b> |
| 4.5.1 Pengujian Pemberian Beban Dengan Kontrol .....  | 60        |
| <b>4.6 Pengujian Perbandingan Sepic Converter Dengan Kontrol<br/>Dan Tanpa Kontrol.....</b> | <b>63</b> |
| <b>4.7 Pengujian Sepic Converter Untuk Charger Baterai.....</b>                             | <b>66</b> |
| 4.7.1 Pengujian Sepic Converter Tanpa Beban.....  | 66        |
| 4.7.2 Pengujian Sepic Converter Terhubung Ke Handphone.....                                 | 68        |
| 4.7.3 Pengujian <i>sepic converter</i> terhubung ke <i>handphone</i> .....                  | 71        |
| <b>BAB 5. PENUTUP</b>   |           |
| 5.1 Kesimpulan.....   | 74        |
| 5.2 Saran.....  | 75        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>   |           |



DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560.....                                   | 15 |
| Tabel 2.2 <i>Rule Base</i> .....   | 28 |
| Tabel 2.3 Karakteristik Beban Dan Lama Pengujian.....                          | 33 |
| Tabel 3.1 Spesifikasi DC/DC <i>Sepic Converter</i> .....                       | 41 |
| Tabel 3.2 Kondisi <i>Relay</i> .....   | 45 |
| Tabel 3.3 <i>Rule Base Fuzzy</i> .....   | 47 |
| Tabel 4.1 Pengujian Sensor Tegangan.....                                       | 54 |
| Tabel 4.2 Data Performa <i>Solar Cell</i> .....                                | 55 |
| Tabel 4.3 Pengujian <i>Sepic Converter</i> .....                               | 57 |
| Tabel 4.4 Daya <i>Input</i> , Daya <i>Output</i> Dan Efisiensi.....            | 58 |
| Tabel 4.5 Pengujian Pemberian Beban Pada <i>Sepic</i> Tanpa Kontrol.....       | 59 |
| Tabel 4.6 Pengujian <i>Sepic Converter</i> untuk Baterai Aki 12 Volt.....      | 67 |
| Tabel 4.7 Pengujian <i>Sepic Converter</i> Tanpa Beban.....                    | 69 |
| Tabel 4.8 Pengujian <i>Sepic Converter</i> Untuk <i>Charge Handphone</i> ..... | 71 |

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Modul Panel Surya.....6

Gambar 2.2 Struktur Sel Surya.....8

Gambar 2.3 *Junction* Antara Semikonduktor Tipe – p Dan Tipe – N.....10

Gambar 2.4 Ilustrasi Cara Kerja Sel Surya Dengan Prinsip P-N *Junction*.....11

Gambar 2.5 Sensor Tegangan DCT – Elektronik.....12

Gambar 2.6 Sensor Arus INA219.....13

Gambar 2.7 Modul Kontroler Arduino Mega 2560.....15

Gambar 2.8 Skematik *Sepic Converter*.....16

Gambar 2.9 Kurva Perbandingan Antara *Duty Cycle* Dengan Fungsi Alih.....16

Gambar 2.10 Hubungan Antara *Vin, Vout* Dan *Duty Cycle*.....17

Gambar 2.11 Konsep Dasar Logika *Fuzzy*.....19

Gambar 2.12 Perbedaan *Boolean Logic* Dan *Fuzzy Logic*.....20

Gambar 2.13 Blok Diagram *Fuzzy 1*.....24

Gambar 2.14 Blok Diagram *Fuzzy 2*.....24

Gambar 2.15 Blok Sistem Kendali *Fuzzy*.....25

Gambar 2.16 *Membership Function Error*.....26

Gambar 2.17 *Membership Function Delta Error*.....27

Gambar 2.18 Himpunan *Defuzzyfication*.....28

Gambar 2.19 Perhitungan Titik Berat Luasan.....29

Gambar 2.20 LCD.....30

Gambar 2.21 RTC.....31

Gambar 2.22 Baterai.....31

Gambar 2.23 *Relay*.....34

Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian.....37

Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem.....39

Gambar 3.3 Skematik Rangkaian *Sepic Converter*.....40

Gambar 3.4 Perbandingan *Duty Cycle* Dan PWM.....44

Gambar 3.5 *Membership Function Error*.....45

|   |    |
|---|----|
| Gambar 3.6 <i>Membership Function Delta Error</i> .....                                       | 45 |
| Gambar 3.7 <i>Flowchart Program Fuzzy</i> .....   | 50 |
| Gambar 4.1 Pengujian Sensor Tegangan.....   | 54 |
| Gambar 4.2 Perbandingan Irradiasi Dan Arus <i>Output</i> .....                                | 56 |
| Gambar 4.3 Perbandingan Irradiasi Dan Tegangan <i>Output</i> .....                            | 56 |
| Gambar 4.4 Perbandingan <i>Duty Cycle</i> Dan Tegangan <i>Output</i> .....                    | 58 |
| Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Pemberian Beban Tanpa Kontrol.....                             | 60 |
| Gambar 4.6 Perbandingan Respon Kontrol Tiap Pengujian.....                                    | 61 |
| Gambar 4.7 Pengujian Beban 18 Ohm.....  | 62 |
| Gambar 4.8 Pengujian Beban 39 Ohm.....  | 62 |
| Gambar 4.9 Pengujian Beban Lampu DC.....  | 63 |
| Gambar 4.10 Pengujian Perbandingan Beban 18 Ohm.....  | 64 |
| Gambar 4.11 Pengujian Perbandingan Beban 39 ohm.....  | 65 |
| Gambar 4.12 Pengujian Perbandingan Beban Lampu DC 12 volt.....                                | 66 |
| Gambar 4.13 Pengujian tegangan charge Baterai 12 volt.....                                    | 68 |
| Gambar 4.14 Grafik Perubahan Tegangan Panel Dan <i>Sepic Converter</i><br>Terhadap Waktu..... | 70 |
| Gambar 4.15 Grafik Perubahan <i>Vcharge</i> Terhadap Waktu.....                               | 72 |
| Gambar 4.16 Grafik Perubahan <i>Icharge</i> Terhadap <i>Vcharge</i> .....                     | 73 |

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada era sekarang ini, yakni pada era globalisasi yang semakin berkembang di segala aspek dan juga ilmu pengetahuan. Berkembangnya era globalisasi banyak sekali yang dapat kita lihat perbedaan – perbedaan mulai dari kebutuhan energi sampai dengan teknologi.

Energi merupakan sumber penggerak yang dibutuhkan manusia untuk beraktivitas. Khususnya energi listrik yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari untuk membantu aktivitas manusia.

Konsumsi listrik di Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi nasional, penambahan penduduk serta konsumsi energi masyarakat. Ditambah ketergantungan Indonesia pada energi fosil membuat energi minyak bumi dalam negeri menjadi menurun drastis sejak 2001 silam. Keadaan ini didorong oleh kebutuhan yang terus naik dan tumbuhnya sektor industri di Indonesia. Ketergantungan energi fosil ini masih didominasi oleh kebutuhan minyak yang mencapai 41.8%, disusul batu bara 29% dan gas 23%. Kebutuhan yang sangat besar ini ternyata tidak bisa ditopang oleh cadangan energi yang kian menipis. Cadangan minyak misalnya, hanya cukup 23 tahun lagi terhitung tahun 2014, sedangkan cadangan gas masih cukup sampai 50 tahun kedepan dan dan batu bara 80 tahun kedepan. (Kepala Badan Geologi Kementerian ESDM, 2014)

Dari konsumsi energi yang banyak dibutuhkan sehari-hari, terdapat energi terbarukan yang fungsinya sama sebagai sumber energi untuk kebutuhan sehari-hari juga. Contohnya energi matahari yang bisa dijadikan pilihan sebagai pembangkit listrik dengan membutuhkan konversi dari cahaya matahari menjadi listrik yaitu panel surya. Energi matahari sangat ramah lingkungan dan tidak menimbulkan polusi udara maupun polusi suara yang dapat mengganggu aktivitas manusia.

Menurut data Ditjen Ketenagalistrikan dan Pengembangan Energi pada tahun 1997, kapasitas yang terpasang pembangkit listrik tenaga surya di Indonesia

mencapai 0.88 MW. Dengan rasio tersebut elektrifikasi di Indonesia baru mencapai 55– 60% dan hampir seluruh daerah yang belum dialiri listrik adalah daerah pedesaan yang jauh dari pusat pembangkit listrik disebabkan sulitnya medan pemasangan instalasi jaringan listrik untuk menerobos ke pedesaan. Melihat permasalahan diatas maka Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan solusi yang sangat tepat untuk mengatasi permasalahan diatas sebagai alternatif sumber energi listrik. Dalam kurun waktu 2005 – 2025 pemerintah telah merencanakan penyediaan satu juta *Solar Home System* berkapasitas 50 WP untuk masyarakat berpendapatan rendah serta 346.5 MWP PLTS hybrid untuk daerah yang terpencil. Hingga tahun 2025 pemerintah merencanakan akan ada 0.87 GW kapasitas PLTS terpasang. (ESDM, 2006)

Sebuah panel surya tidak dapat dihubungkan langsung dengan beban dikarenakan konversi energi listrik yang rendah. Adapula yang mempengaruhi besar kecilnya energi dari sebuah panel ditentukan oleh irradiasi dari cahaya matahari itu sendiri. Jadi apabila semakin besar cahaya yang diterima oleh panel surya maka energi yang dihasilkan juga semakin besar pula, begitu juga kebalikannya apabila cahaya matahari sedikit yang diterima oleh panel surya maka energi yang dihasilkan oleh panel surya juga akan kecil.

Untuk besar kecilnya sebuah tegangan dari panel surya karena perubahan irradiasi matahari, maka energi tersebut dapat disimpan disebuah baterai yang dapat dimanfaatkan pada malam hari. Jadi perlu sistem *solar charging* untuk mewujudkan hal tersebut. Namun sebelum proses *charging* berlangsung harus ada proses konverter yang digunakan untuk menstabilkan tegangan panel surya agar tidak merusak baterai itu sendiri.

Oleh sebab itu, perlu dirancang sebuah alat konverter yang dapat mengubah sebuah tegangan keluaran dari panel surya dari tegangan kecil menjadi tegangan yang besar dan juga dari tegangan besar menjadi tegangan kecil, untuk mencapai hal tersebut maka digunakan konverter dc – dc jenis SEPIC. Konverter SEPIC sangat efektif untuk mengisi batterai dengan panel PV. SEPIC adalah jenis dc – dc konverter yang memungkinkan output tegangan lebih besar dari atau kurang dari

tegangan *input*, *output* dari SEPIC dikendalikan oleh *duty cycle* dari kontrol MOSFET. (2011, IEEE International Conference)

Dari permasalahan tersebut maka dapat dirancang sebuah alat guna mendapatkan kebutuhan energi listrik yang merupakan bagian dari masyarakat dalam sehari – hari yang memanfaatkan energi dari alam yang ramah lingkungan yaitu “Sistem Kontrol Konverter *Sepic* pada *Solar Charging* Berbasis Logika *Fuzzy*”. Pada alat tersebut adalah inovasi dan terobosan baru untuk memanfaatkan alam sebagai penghasil energi listrik. Pada penelitian ini panel yang digunakan adalah jenis panel 20 WP *Polycrystalline*. Pada alat ini juga ditambahkan komponen – komponen pendukung antara lain seperti sensor tegangan dan juga sensor arus yang berfungsi sebagai monitoring berapa arus dan tegangan yang diterima. Namun ada beberapa kendala pada saat pengujian atau pengambilan data yang secara manual, karena kondisi cuaca dan waktu yang tidak bisa diperkirakan maka hasil yang diperoleh juga belum maksimal. Maka inovasi yang digunakan adalah Sistem Kontrol *SEPIC Converter* pada *Solar Charger* Berbasis *Fuzzy Logic* ditambahkan *Data Logger* dan juga *RTC (Real Time Clock)* guna untuk menyimpan data secara otomatis berdasarkan *real time* untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang menjadi rumusan masalah diantaranya :

1. Bagaimana respon konverter *sepic* ketika tanpa kontrol *fuzzy*
2. Bagaimana respon konverter *sepic* dari *solar cell* ketika berbeban dan menggunakan kontrol *fuzzy* untuk *solar charger*.

## 1.3 Batasan Masalah

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

1. Panel surya yang digunakan sebesar 20 wp *polycrystalline*.

2. Tidak membahas masalah kelembaban, suhu, dan kemiringan pada panel surya.
3. Analisa hanya dititik beratkan pada tegangan keluaran dari panel surya, tegangan keluaran pada *sepic dc-dc converter*.
4. Pengujian *sepic converter* untuk men *charger* dari Solar Modul ke Baterai.
5. Baterai yang digunakan dengan voltage 12 V dan kapasitas 7 Ah.
6. Tinggi tiang panel yang digunakan 2 m dari tanah.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan memiliki beberapa tujuan untuk dicapai sebagai pencapaian akhir sebagai berikut :

1. Mengetahui respon logika *fuzzy* ketika konverter *sepic* melakukan *charging* baterai.
2. Mengetahui perbedaan respon konverter *sepic* ketika menggunakan *fuzzy* dan tidak menggunakan *fuzzy*.
3. Mengetahui tegangan *output* dari *solar cell* ketika irradiasi matahari berubah – rubah.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini dengan tujuan untuk memperbaiki tegangan keluaran pada *Solar Charger*. Selain itu juga untuk memeberikan pandangan kepada masyarakat bahwa dari energi alam seperti matahari harus dimanfaatkan secara maksimal, karena energi matahari merupakan energi yang terus ada untuk membangkitkan energi listrik dan merupakan inovasi untuk mengatasi kebutuhan energi namun dengan skala kecil.

#### 1.6 Sistematika Penelitian

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut:

a. BAB 1. PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika pembahasan.

b. **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi penjelasan tentang teori yang berhubungan dengan penelitian.

c. **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

Menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

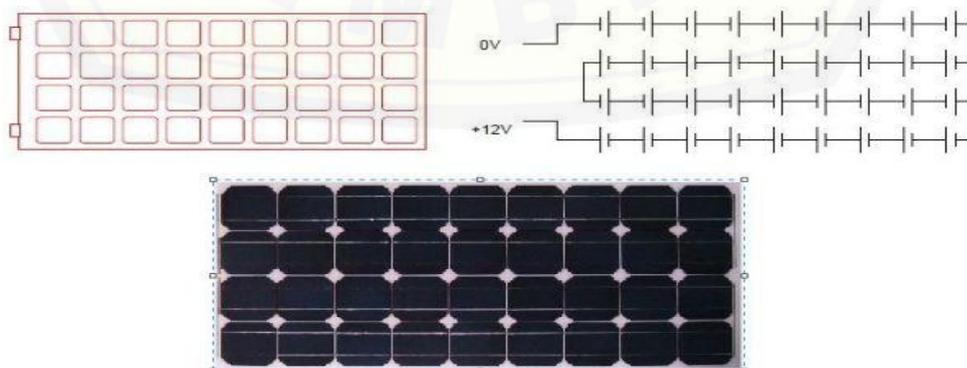


## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Panel Surya

Sel surya atau juga sering disebut *photovoltaic* adalah divais yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai kebumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem *solar thermal* (Adityawan, 2010).

Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus *short-circuit* dalam skala milliampere per  $\text{cm}^2$ . Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standard (Air Mass 1.5). Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu. Gambar 2.1 dibawah menunjukkan ilustrasi dari modul surya.



Gambar 2.1 Modul panel surya atau *solar cell*

### 2.1.1 Jenis Sel surya

#### 1. *Polycrystalline Cell*

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

#### 2. *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.

#### 3. *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.

#### 4. *Cadmium Telluride (CdTe)*

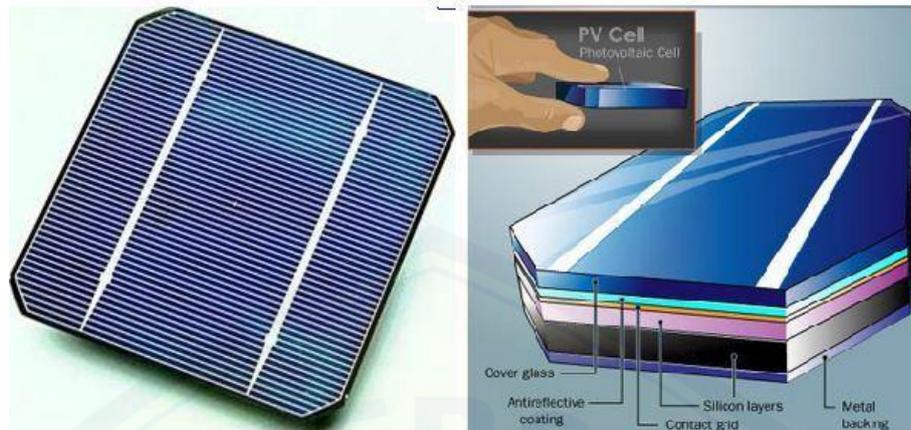
*Cell Panel* surya CdTe diproduksi pada substrat kaca dengan lapisan konduktor TCO transparan biasanya terbuat dari *indium tin oxide* (ITO) sebagai kontak depan. Efisiensi 1 persen hingga 8,5 persen per efisiensi modul.

#### 5. *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* ).

### 2.1.2 Struktur Sel Surya

Sesuai dengan perkembangan sains dan teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda pula (Jenis-jenis teknologi surya akan dibahas di tulisan “Sel Surya : Jenis-jenis teknologi”). Dalam tulisan ini akan dibahas struktur dan cara kerja dari sel surya yang umum berada dipasaran saat ini yaitu sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur dan cara kerja sel surya generasi pertama (sel surya silikon) dan kedua (thin film/lapisan tipis).



Gambar 2.2 Struktur Sel Surya

Gambar diatas menunjukkan ilustrasi sel surya dan juga bagian-bagiannya. Secara umum terdiri dari :

a. *Substrat/Metal backing*

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau *molybdenum*. Untuk sel surya *dye-sensitized* (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti *indium tin oxide* (ITO) dan *flourine doped tin oxide* (FTO).

b. Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material  $\text{Cu(In,Ga)(S,Se)}_2$  (CIGS), CdTe (kadmium telluride), dan amorphous silikon, disamping material-material

semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti  $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$  (CZTS) dan  $\text{Cu}_2\text{O}$  (copper oxide).

Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS,dll) yang membentuk p-n junction. P-n junction ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya. Pengertian semikonduktor tipe-p, tipe-n, dan juga prinsip p-n junction dan sel surya akan dibahas dibagian “cara kerja sel surya”.

#### c. Kontak metal / contact grid

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

#### d. Lapisan antireflektif

Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

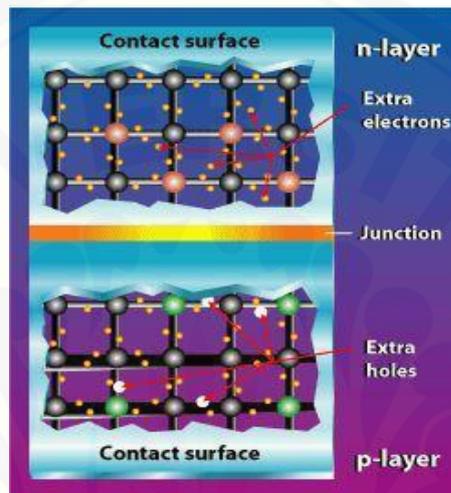
#### e. Enkapsulasi / cover glass

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

### 2.1.3 Prinsip Kerja Sel Surya

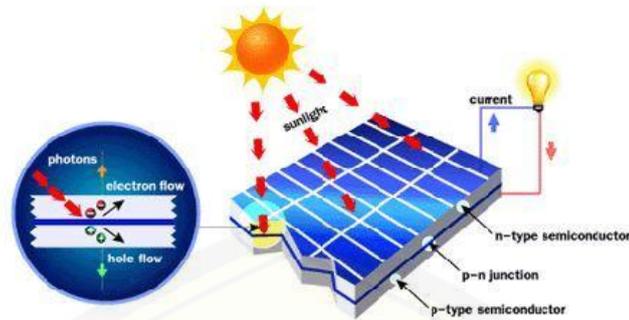
Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan

semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi dibawah menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n.



Gambar 2.3 *Junction antara semikonduktor tipe-p (kelebihan hole) dan tipe-n (kelebihan elektron).*

Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar dibawah (Handini, 2008).



Gambar 2.4 Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction.

#### 2.1.4 Spesifikasi Panel Surya

- Spesifikasi Solar Panel 20 Wp Polycrystalline

Solar Cell 20 Wp Polycrystalline adalah Modul Solar Cell dengan efisiensi terbaik dari module fotovoltaik berkapasitas 20Watt Peak ( Wp) , menggunakan sel surya dengan lapisan SiN yang memberikan solusi kebutuhan listrik pedesaan untuk solusi penerangan-penerangan daerah terpencil dan juga perkotaan penghematan energi atau emergency lampu ketika listrik padam. Bisa juga digunakan seperti Solar Home System 20Wp, Lampu Taman Tenaga Surya, Warning Light Tenaga Surya dan lainnya. Modul Solar Cell 20Wp menawarkan peningkatan efisiensi melalui penggunaan sel Polycrystalline terbaru dan tingkat hasil lebih tinggi dengan output daya nominal 17Volt, sehingga ideal untuk aplikasi pengisian daya baterai. Hal ini terbukti kinerja pada suhu tinggi dan desain yang kuat yang membuat produk tahan lama di lapangan dan mudah untuk menginstal. Tipe dari polycrystalline mampu mendapatkan energi dari matahari walaupun matahari tertutup awan (cuaca mendung).

Spesifikasi :

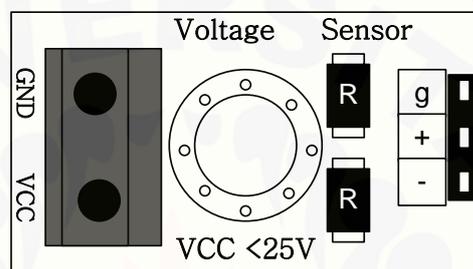
Daya Maksimum ( Pmax) : 20 Watt

- Tegangan pada Pmax ( VMP) : 17.00Volt
- Ampere pada Pmax ( Imp) : 1.18Amp
- Ampere kondisi terbuka ( Isc) : 1.25Amp
- Tegangan kondisi terbuka ( Voc) : 21.60Volt
- Tegangan Maksimum waktu kerja : 1000Volts
- Jumlah sel photovoltaic : 36 Sel

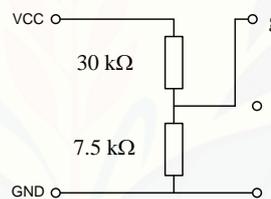
- Dimensi Solar Cell ( WxDxH ) : 350 x 538 x 35mm
- Berat Solar Cell ( kg ) : 2, 60 kg
- Type Sel Surya : Polycrystalline.

## 2.2 Sensor Tegangan

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



(a)



(b)

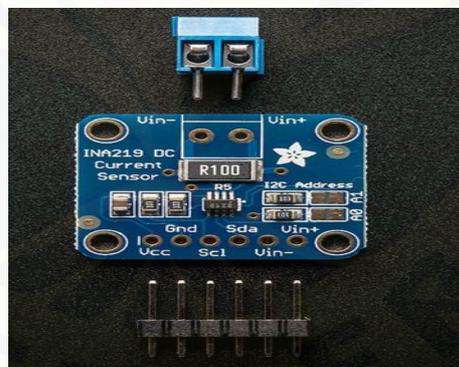
Gambar 2.5 Sensor Tegangan DCT-Elektronik

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).

## 2.3 Sensor Arus INA219

No1 CJMCU-219 modul adalah sebuah antarmuka I2C dengan melayang, bi-directional current/power monitor sirkuit terpadu (IC), dan memperluas produk TI elektronik hemat energi camp. INA219 dengan industri tertinggi akurasi dan ukuran terkecil, tidak hanya untuk memantau penurunan tegangan shunt resistor

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



Gambar 2.6 Sensor Arus INA219

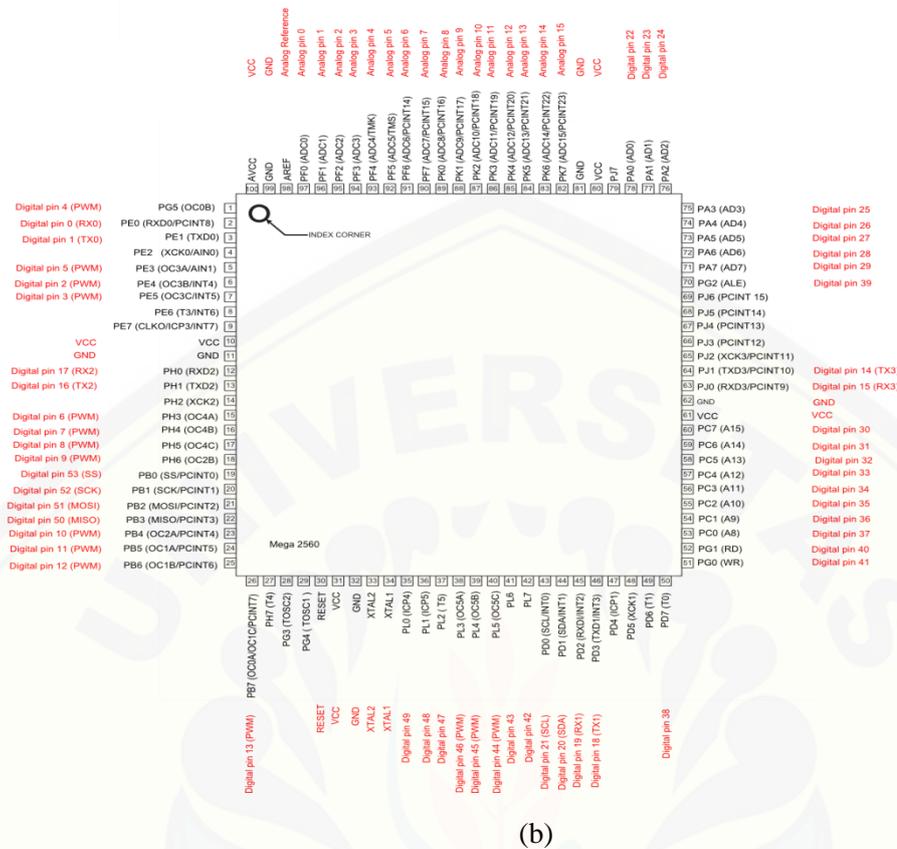
#### 2.4 Arduino Mega 2560

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

Modul ini memiliki segalanya yang dibutuhkan untuk memrogram mikrokontroler seperti kabel USB dan sumber daya melalui Adaptor ataupun battery. Gambar 2.7 (a) adalah modul Arduino MEGA 2560 sedangkan Gambar 2.7 (b) menunjukkan skema dari modul Arduino MEGA 2560 yang merupakan penyederhanaan dari gambar modul aslinya.



(a)



Gambar 2.7 Modul Kontroler Arduino MEGA 2560  
(Sumber : [www.arduino.com](http://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 kΩ yang secara *default* tidak tersambung (*disconnected*).

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

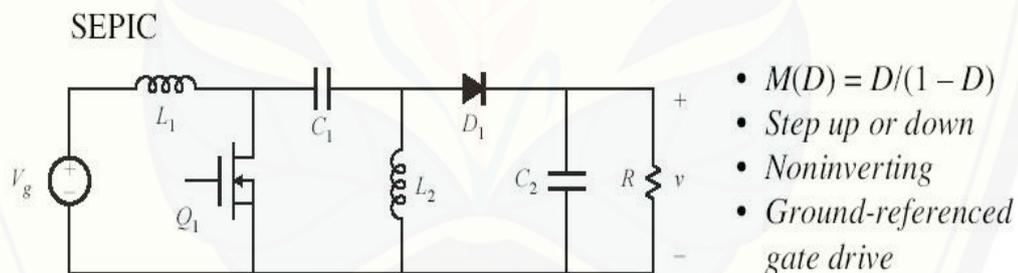
Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino MEGA 2560

|                        |            |
|------------------------|------------|
| Mikrokontroler         | Atmega2560 |
| Tegangan Operasi       | 5 V        |
| Tegangan Input         | 7-12 V     |
| Tegangan Input (Batas) | 6-20 V     |

|                       |  |
|-----------------------|--|
| I/O Digital           | 54(15buah menyediakan PWM output)          |
| Input Analog          | 16 buah                                    |
| Arus DC per I/O pin   | 40 Ma                                      |
| Arus DC untuk pin 3.3 | 50 Ma                                      |
| Flash Memory          | 256 KB yang 8 KB digunakan oleh Bootloader |
| SRAM                  | 8 KB                                       |
| EEPROM                | 4 KB                                       |
| Kecepatan Clock       | 16 MHz                                     |

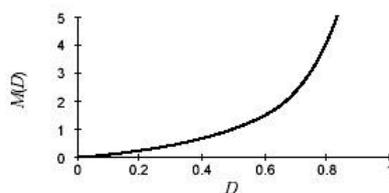
### 2.5 SEPIC Converter

*SEPIC converter* adalah salah satu DC-DC *converter* yang dapat menurunkan dan menaikkan tegangan DC berdasarkan *Duty-Cycle* MOSFET pada rangkaian *SEPIC converter*.



Gambar 2.8 Skematik *SEPIC Converter*

Untuk prinsip kerja dari *SEPIC converter* yaitu dimana MOSFET yang mengatur proses *switching* yang tinggi pada saat pemberian sinyal PWM yang dikontrol. Pada gambar dibawah ini menunjukkan kurva perbandingan antar Duty Cycle dengan Fungsi Alih.



Gambar 2. 9 Kurva perbandingan antara Duty Cycle (D) dengan Fungsi Alih (M(D))

Berdasarkan kurva diatas, dapat dilihat bahwa semakin besar Duty Cycle maka semakin besar pula fungsi alihnya, namun hubungan antara keduanya bukanlah linier, melainkan eksponensial.

$$DV_{in} = (1-D)V_0 \qquad \frac{V_0}{V_{in}} = \frac{D}{1-D}$$

Gambar 2.10 Hubungan antara tegangan masukan ( $V_{in}$ ), tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) dan Duty Cycle ( $D$ )

Kinerja dari DC Chopper tipe *Sepic* dibagi menjadi dua kerja utama yaitu, ketika MOSFET ON maka MOSFET akan berlaku sebagai hubung sigkat. Disisi lain, Dioda akan OFF dan positif sumber terputus dengan beban . Sehingga arus akan mengalir melalui negatif beban. Jika Duty Cycle diperbesar, maka arus yang melalui negatif beban lebih besar dan polaritas beban akan menjadi negatif. Kemudian apabila MOSFET OFF maka MOSFET akan berlaku hubung buka. Disisi lain, Dioda akan ON dan positif sumber akan tersambung dengan positif beban. Sehingga arus mengalir menuju positif beban. Jika Duty Cycle diperkecil maka arus yang melalui positif beban lebih besar dan polaritas beban akan menjadi positif.

Keuntungan *Sepic* adalah memiliki arus dengan ripple yang rendah, tidak memakai transformer, menjaga kerusakan pada rangkaian melalui kapasitor jika *switch* gagal berfungsi (*capacitive insulation*).

## 2.6 Fuzzy Logic

### 2.6.1 Pengertian Fuzzy Logic

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 sebagai logika kabur berkenaan dengan semantik dari suatu kejadian, fenomena atau pernyataan itu sendiri.

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.

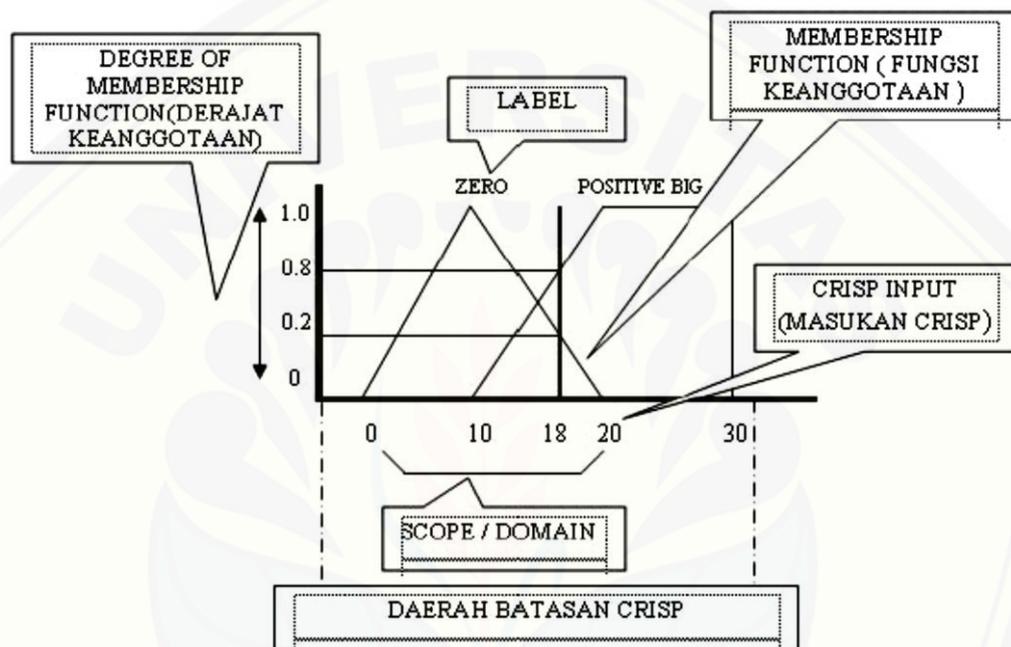
Kontroler logika fuzzy dikategorikan dalam kontrol cerdas (*intelligent control*). Unit logika fuzzy memiliki kemampuan menyelesaikan masalah perilaku sistem yang kompleks, yang tidak dimiliki oleh kontroler konvensional. Secara umum kontroler *fuzzy logika* memiliki kemampuan sebagai berikut:

- 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 Jerman 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 2.11 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.

*Fuzzy logic* dapat dikatakan sebagai logika baru yang lama, sebab ilmu tentang logika modern dan metodis 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

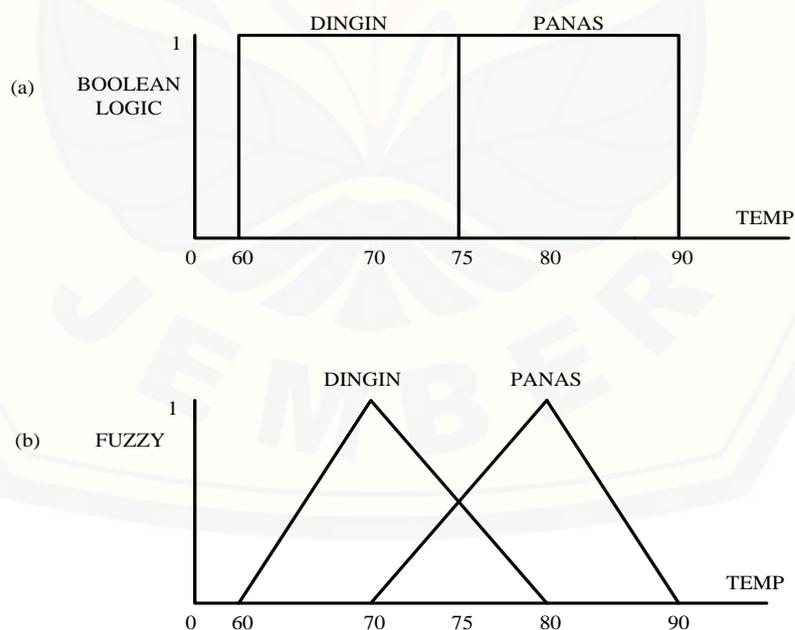
4) *Fuzzy logic* mampu memodelkan fungsi nonlinier yang kompleks

*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 *Fuzzy Logic* dengan *Boolean Logic* terlihat pada gambar 2.12 dibawah ini :



Gambar 2.12 Perbedaan Boolean Logic (a) dengan Fuzzy Logic (b).

### 2.6.2 Himpunan Fuzzy

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item  $x$  dalam suatu himpunan  $A$ , yang sering ditulis dengan  $\mu_A[x]$ , memiliki 2 kemungkinan (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.

Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu:

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami.
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.

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 :

- TEGANGAN =  $[0 \ 45]$
- ARUS =  $[2 \ 5]$
- SUDUT =  $[25 \ 40]$
- DINGIN =  $[0 \ 20]$
- SEJUK =  $[15 \ 25]$
- NORMAL =  $[20 \ 30]$
- HANGAT =  $[25 \ 35]$
- PANAS =  $[30 \ 40]$

### 2.6.3 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 mengurangkan 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

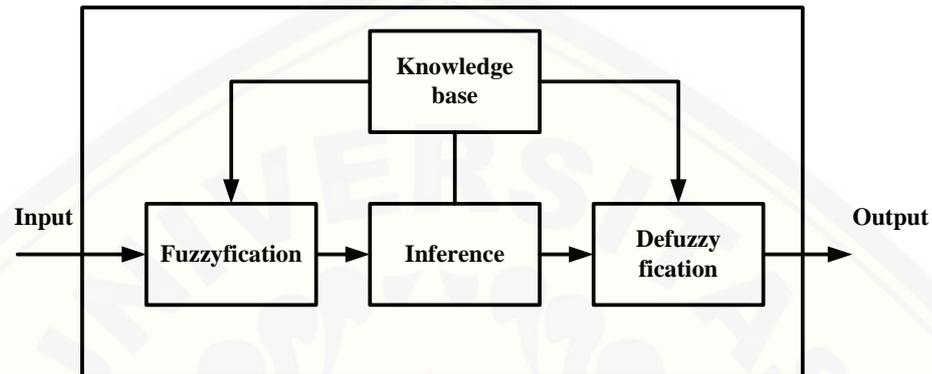
Dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan fuzzy. Proposisi yang mengikuti IF disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut sebagai konsekuen. Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator fuzzy, seperti:

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*).

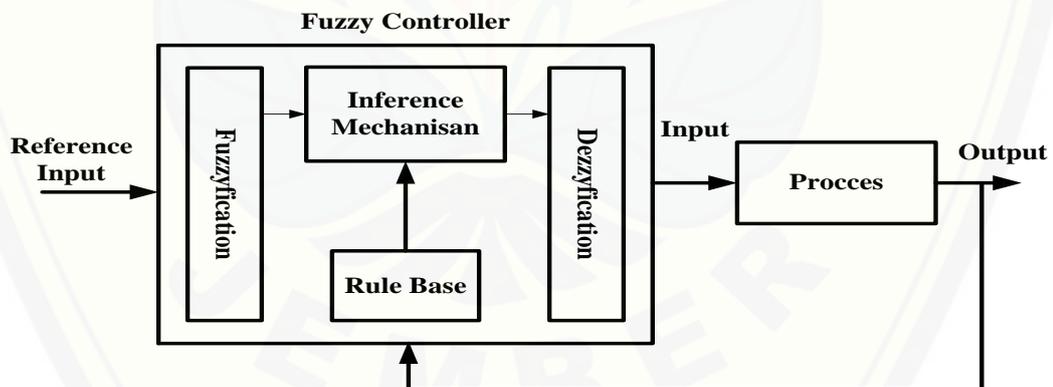
Fungsi ini akan memotong *output* himpunan fuzzy.

#### 2.6.4 Tahap Pemodelan Dalam Fuzzy Logic



Gambar 2.13 Blok Diagram Sistem Fuzzy 1

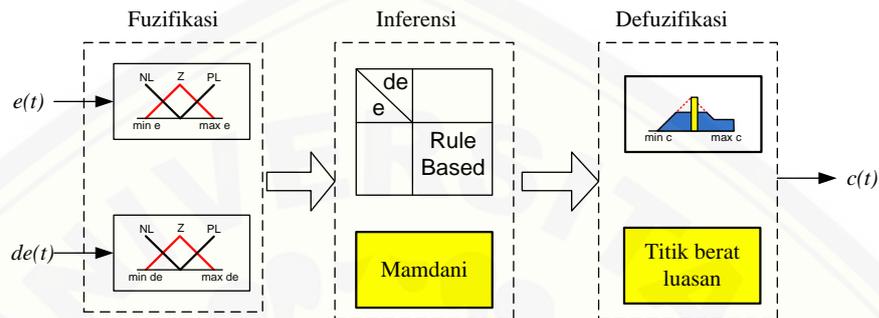
Dari blok diagram di atas, bila diterapkan dalam pengendalian suatu proses dapat kita gambarkan seperti blok diagram di bawah ini :



Gambar 2.14 Blok diagram sistem fuzzy 2

Perancangan kontrol fuzzy pada sistem solar charger ini dirancang dengan perhitungan secara sistematis. Dimana *logika fuzzy* ini akan diimplementasikan secara langsung kedalam sebuah *embedded system* yang berupa Arduino MEGA 2560. Tahap pembuatan *fuzzy logic control* ini dilakukan melalui beberapa tahap

yaitu dimulai dari tahap *fuzzyfikasi* dimana terdiri dari pembuatan *membership function*, kemudian dilanjutkan ketahap *inferent* dimana pada tahap ini merupakan proses pembuatan *rule base* dan kemudian ketahap *defuzzyfikasi* yaitu proses *output* yang diperoleh dari keseluruhan proses. Tahapan-tahapan *fuzzy logic control* dapat dilihat dengan jelas pada gambar 3.5

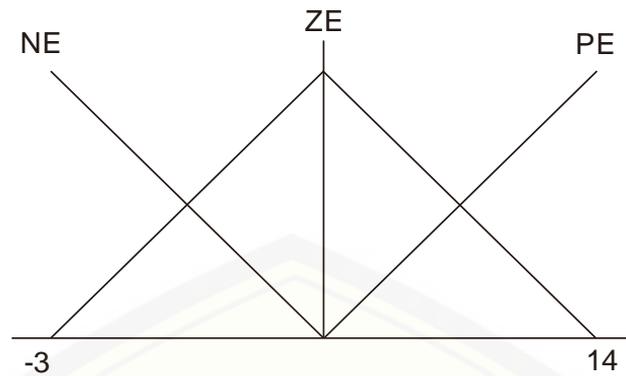


Gambar 2.15 Blok Sistem Kendali Fuzzy

### 2.6.5 Fuzzyfikasi

Tahap awal pembuatan *fuzzy* diawali dengan proses fuzzyfikasi dimana pada tahap ini dilakukan terhadap *error* dan *delta error*, yaitu dengan membuat himpunan keanggotaan untuk *error* dan *delta error*, dan kemudian melakukan perhitungan untuk menentukan derajat keanggotaan masing-masing nilai *error* dan *delta error*.

Pada tahap ini terlebih dahulu ditentukan besarnya *setpoint* yang digunakan untuk membuat *membership function* dan juga pada proses perhitungan *error* dan *delta error*. Untuk besarnya nilai *setpoint* yang digunakan yaitu 5, dimana nilai ini merupakan yang menjadi acuan dalam kontrol agar tetap stabil pada nilai tersebut.



Gambar 2.16 Membership Function Error

Dalam sistem pengendalian ini bertujuan untuk mengendalikan tegangan, maka kendali dilakukan berdasarkan *error* ( $e$ ) tegangan dan perubahan *error* tegangan atau *delta error* tegangan ( $de$ ). Kontroler mengindra sinyal dari sensor tegangan dan menerima *input* berupa tegangan referensi. Kontroler memproses selisih tegangan aktual dan tegangan referensi menjadi  $e(t)$  dan mencatatnya. Kontroler ini kemudian memproses selisih *error* ini dengan nilai *error* tegangan sebelumnya,  $e(t-1)$  dan menjadikannya perubahan *error* tegangan  $de(t)$ . Hasil perhitungan *error* dan *delta error* ini kemudian diproses sesuai dengan tahapan pada blok sistem kendali fuzzy.

Nilai *error* diperoleh dari nilai *setpoint* dikurangi dengan *output* tegangan dari panel surya yang berasal dari pembacaan sensor tegangan. Untuk perhitungan *membership function error* dalam proses pembuatan program pada arduino ini dapat dilihat seperti dibawah ini

a) Jika  $-3 < E < 0$

$$NE_{-} = \frac{-E}{3}$$

$$ZE = \frac{E+3}{3}$$

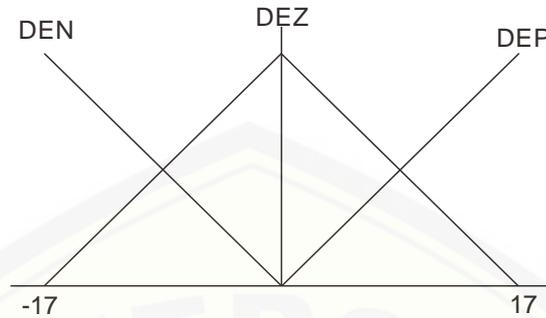
$$ZE_{-} = \frac{14-E}{14}$$

$$PE = \frac{-E}{14}$$

b) Jika  $0 < E < 14$

Hampir sama pada pembuatan *membership function error*, untuk pembuatan *membership function delta error* dilakukan juga berdasarkan perhitungan sesuai dengan aturan pada pembuatan fuzzy pada umumnya.

Besarnya nilai *delta error* dihitung dari besarnya nilai *error* sekarang dikurangi dengan nilai *error* sebelumnya.



Gambar 2.17 Membership Fucntion Delta Error

a) Jika  $-17 < E < 0$

$$\text{DEN}_- = \frac{-DE}{17}$$

$$\text{DEZ} = \frac{DE+17}{17}$$

b) Jika  $0 < E < 17$

$$\text{DEZ}_- = \frac{17-DE}{17}$$

$$\text{DEP} = \frac{DE}{17}$$

### 2.6.6 Inferensi

Inferensi dimulai dengan memetakan nilai derajat keanggotaan dari masing-masing *error* dan *delta error* ke sebuah tabel yang berisi basis aturan yang dipilih (rule base) dan menggunakan sebuah metode untuk pemilihan nilai dari derajat keanggotaan. Dengan demikian terlebih dahulu harus dibuat matrik atau tabel *rule base*.

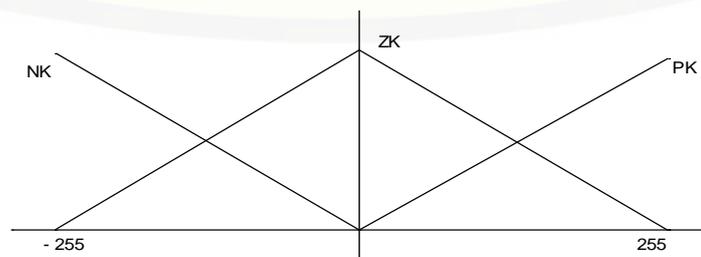
|         |          |          |          |
|---------|----------|----------|----------|
| E<br>DE | PE       | ZE       | NE       |
| DEN     | U1<br>NK | U2<br>NK | U3<br>PK |
| DEZ     | U4<br>NK | U5<br>ZK | U6<br>PK |
| DEP     | U7<br>NK | U7<br>PK | U9<br>PK |

Tabel 2.2 Rule Base

Setelah langkah ini maka proses inferensi selesai dan untuk selanjutnya adalah langkah defuzifikasi untuk menentukan besarnya nilai PWM yang dikirim ke *sepic converter*.

### 2.6.7 Defuzzyfikasi

Defusifikasi dilakukan dengan memetakan nilai-nilai  $U$  ke himpunan defuzifikasi yang dinyatakan dengan persamaan-persamaan garis. Berbeda dengan fuzifikasi, defuzifikasi akan menghasilkan luasan-luasan yang dibatasi dengan tinggi masing-masing nilai  $U$  dan garis yang dihasilkan dari pemetaan ke *rule base*.

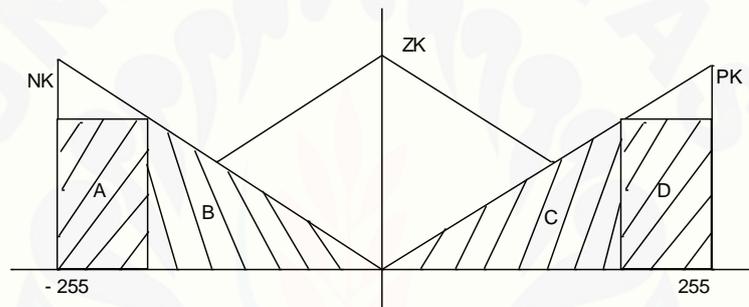


Gambar 2.18 Himpunan Defuzzyfikasi

Penentuan nilai kontrol (c) ditentukan dengan perhitungan titik berat luasan-luasan hasil pemetaan ini, atau diistilahkan dengan *weighted average method*. Secara matematik, titik berat ini dihitung sebagai berikut:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^9 \alpha_i * \alpha w_i}{\sum_{i=1}^9 \alpha_i} \quad (3.3)$$

$$Z = \frac{WANK1 \times U1 + WANK2 \times U2 + WAPK3 \times U3 + WANK4 \times U4 + WAZK \times U5 + WAPK6 \times U6 + WANK7 \times U7 + WAPK8 \times U8 + WAPK9 \times U9}{U1 + U2 + U3 + U4 + U5 + U6 + U7 + U8 + U9}$$



Gambar 2.19 Perhitungan Titik Berat Luasan

NK / Negatif Kontrol terletak pada bangun A dan B. Untuk perhitungannya seperti dibawah ini

- $LA = ((1 - U) \times 255) \times U$
- $XA = ((1 - U) \times (-255)) / 2 + (-255 \times U)$
- $LB = 0,5 \times U \times (255 \times U)$
- $XB = ((U \times -255) \times 2) / 3$

$$\text{Sehingga } WANK = \frac{LA \times XA + LB \times XB}{LA + LB}$$

PK / Positif Kontrol terletak pada bangun C dan D. Untuk perhitungannya seperti dibawah ini

- $LC = 0,5 \times U \times (255 \times U)$
- $XC = ((U \times 255) \times 2) / 3$
- $LD = ((1 - U) \times 255) \times U$

$$e) \quad XD = ((1 - U) \times (-255))/2 + (-255 \times U)$$

$$\text{Sehingga } WAPK = \frac{LC \times XC + LD \times XD}{LC + LD}$$

Setelah tahap pembuatan fuzzy selesai maka akan dibuat listing program untuk pengujian proses pengambilan data.

## 2.7 LCD ( *Liquid Crystal Display* )

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



Gambar 2.20 LCD ( *Liquid Crystal Display* )

## 2.8 Real Time Clock ( RTC )

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

Chip RTC sering dijumpai pada motherboard PC (biasanya terletak dekat chip BIOS). Semua komputer menggunakan RTC karena berfungsi menyimpan informasi jam terkini dari komputer yang bersangkutan. RTC dilengkapi dengan

baterai sebagai pensuplai daya pada chip, sehingga jam akan tetap *up-to-date* walaupun komputer dimatikan. RTC dinilai cukup akurat sebagai pewaktu (timer) karena menggunakan osilator kristal.



Gambar 2.21 Modul *Real Time Clock* ( RTC ) DS1307

## 2.9 Battery

Baterai atau aki adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Definisi lain dari baterai adalah alat untuk menyimpan tenaga listrik melalui proses elektrokimia sehingga sumber tenaga listrik dapat diubah menjadi tenaga kimia dan sebaliknya. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses 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 2.22 *Battery* atau *Accu*

### 2.9.1 Charge Baterai

#### a. Charging Baterai

Waktu pengisian baterai aki/ sealed lead acid adalah 6 sampai 10 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.

Pada penelitian ini menggunakan baterai atau aki 12 volt dengan kapasitas 5Ah dengan arus sebesar 1 A, sedangkan untuk baterai *handphone* sebesar 5 volt,

Arus sebesar 1,5 A dengan kapasitas baterai sebesar 2,6 Ah, dan untuk laptop sebesar 20 volt, arus sebesar 2 A dengan kapasitas baterai sebesar 4,2 Ah. Untuk perhitungan lama charger baterai aki, baterai handphone, dan baterai laptop adalah sebagai berikut :

- Baterai Aki dengan kapasitas 5 Ah

$$\begin{aligned} \text{Lama pengisian} &= (\text{Kapasitas baterai} / \text{Arus yang digunakan untuk charge}) \\ &\quad \times 60 \text{ menit ( 1 jam )} \\ &= ( 5 \text{ Ah} / 1 \text{ A} ) \times 60 \text{ menit} \\ &= 300 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Baterai *Handphone* dengan kapasitas 2,6 Ah

$$\begin{aligned} \text{Lama pengisian} &= (\text{Kapasitas baterai} / \text{Arus yang digunakan untuk charge}) \\ &\quad \times 60 \text{ menit ( 1 jam )} \\ &= ( 2,6 \text{ Ah} / 1,5 \text{ A} ) \times 60 \text{ menit} \\ &= 104 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Baterai Laptop dengan kapasitas 4,2 Ah

$$\begin{aligned} \text{Lama pengisian} &= (\text{Kapasitas baterai} / \text{Arus yang digunakan untuk charge}) \\ &\quad \times 60 \text{ menit ( 1 jam )} \\ &= ( 4,2 \text{ Ah} / 2 \text{ A} ) \times 60 \text{ menit} \\ &= 126 \text{ menit} \end{aligned}$$

Tabel 2.3 Karakteristik beban dan lama pengisian

| Beban            | Tegangan | Arus  | Kapasitas | Waktu pengisian |
|------------------|----------|-------|-----------|-----------------|
| <i>Handphone</i> | 5 V      | 1,5 A | 2,6 Ah    | 104 menit       |
| Laptop           | 20 V     | 2 A   | 4,2 Ah    | 126 menit       |

## 2.10 Relay

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

Komponen relay menggunakan prinsip elektromagnetik sebagai penggerak kontak saklar, sehingga dengan menggunakan arus listrik yang kecil atau low power, dapat menghantarkan arus listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi. Berikut adalah gambar 2.20 dan juga simbol dari komponen relay (Elektronika, 2016).



Gambar 2.23 Modul *Relay*

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

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

#### 3.1 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini digunakan peralatan – peralatan dalam pengambilan data. Untuk komponen lebih lengkapnya sebagaimana dijelaskan dalam Bab 2. Penelitian ini membutuhkan alat dan bahan sebagai berikut :

Alat :

1. *Solar Power Meter*
2. Laptop

Bahan :

1. Panel Surya 20 wp Polycrystalline
2. Arduino Mega 2560
3. *Sepic Converter*
4. *Battery*
5. *Modul data logger* dan RTC DS1307
6. Timah
7. Sensor Arus INA219
8. Sensor Tegangan
9. Relay
10. Acrylic
11. LCD 16 x 2
12. Jumper

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Sistem Tenaga Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Slamet Riyadi No. 62 Patrang, Jember 68111.

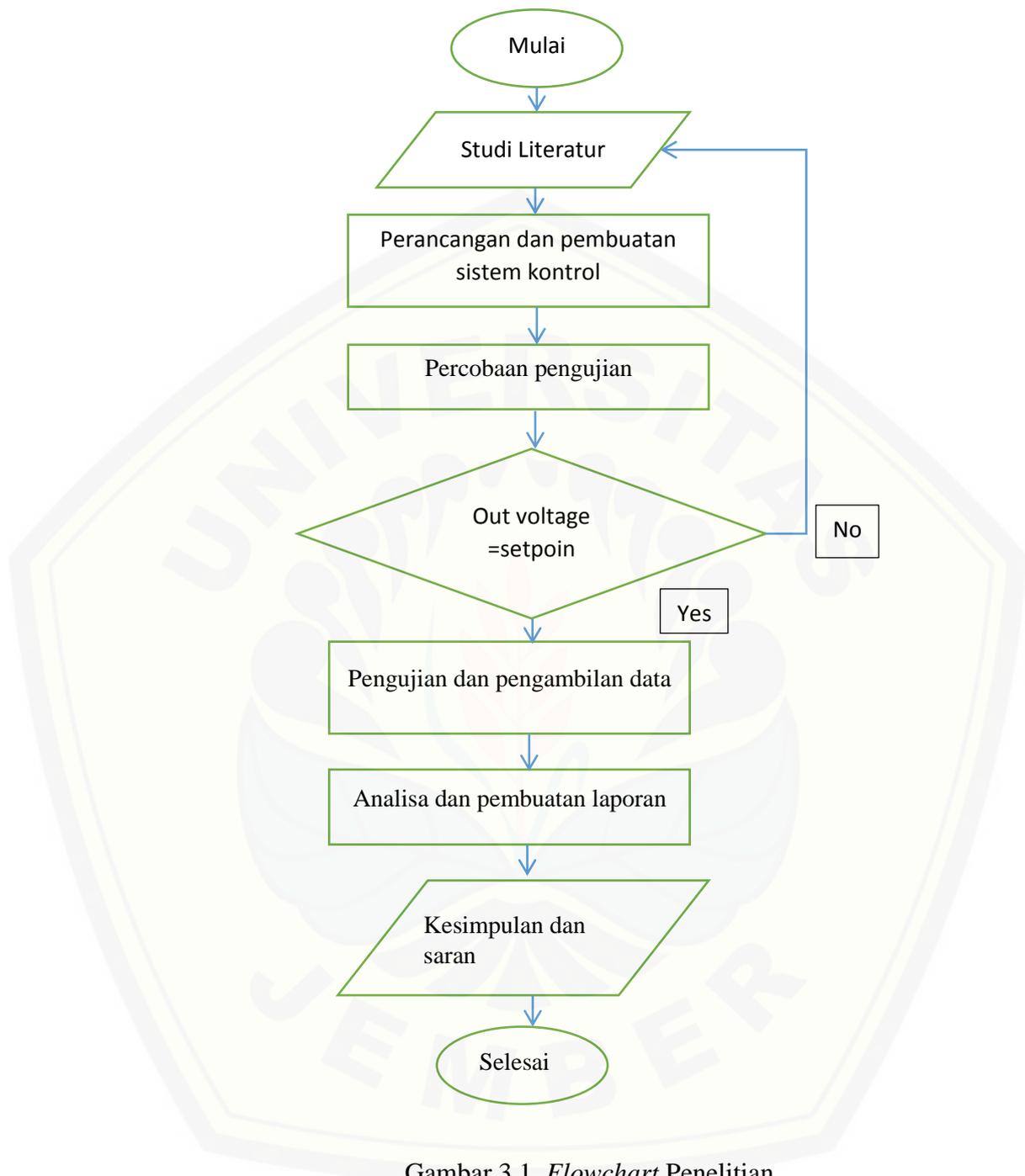
#### 3.2.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan selama 4 bulan. Pada bulan April 2017 sampai Juli 2017. Adapun kegiatan yang dilakukan selama waktu penelitian yaitu seperti berikut.

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

### 3.3 Tahapan Penelitian

Adapun tahap-tahap dalam penelitian dan penyusunan laporan ini secara keseluruhan dapat dinyatakan dalam diagram alir sebagaimana terlihat dalam Gambar 3.1



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian sistem kontrol konverter *sepic* pada *solar charger* berbasis logika *fuzzy* adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur

Tahap pertama yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan tahapan mencari bahan dan sumber literatur yang berkaitan dengan penelitian ini agar penelitian sesuai dengan harapan.

2. Perancangan plan dan pembuatan sistem kontrol

Tahap kedua yaitu perancangan dan pembuatan sistem kontrol, dimana ada beberapa komponen yang bisa menunjang penelitian ini seperti sensor tegangan, konverter *sepic* dan juga plan yang lain.

3. Percobaan pengujian

Tahap ketiga adalah dimana dilakukan percobaan pengujian antara lain sensor tegangan untuk mendapat pembacaan sensor yang baik. Kemudian pengujian *sepic converter* serta pengujian pada *solar cell* yang digunakan untuk men *charge battre*.

4. Pembuatan program *fuzzy logic* pada arduino

Tahap keempat adalah pemodelan sistem *fuzzy logic* dimana menentukan rancangan yang akan diimplementasi pada sistem kontrol. Tahapan yang dilakukan antara lain *fuzzyfication*, *Inference* dan *defuzzyfication*. Pembuatan pemodelan sistem *fuzzy* ini bertujuan untuk mendapatkan hasil sesuai dengan *set point* yang akan digunakan untuk men *charge battre*.

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 *battre*.

6. Analisa data dan pembuatan laporan

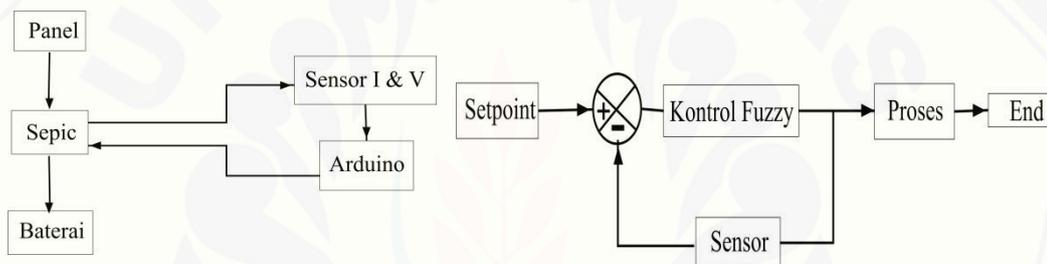
Tahap keenam adalah melakukan analisa pada data yang diperoleh dan membuatnya menjadi sebuah bentuk laporan hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

## 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..

### 3.4 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

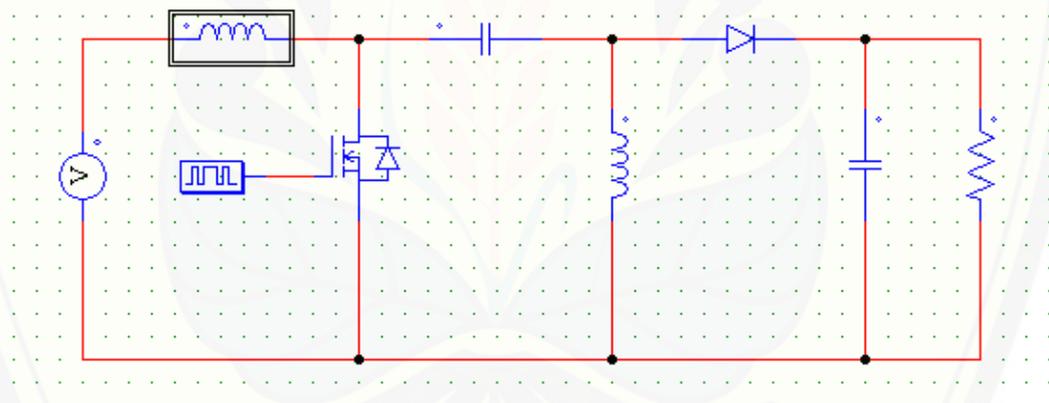
Pada dasarnya prinsip kerja dari kontrol konverter *sepic* pada *solar charger* berbasis logika *fuzzy* dapat dilihat pada gambar 3.2 yang merupakan alur kinerja sistem *solar charger* berbasis logika *fuzzy*. Panel surya yang digunakan sebagai sumber energi dalam penelitian ini yaitu panel surya 20 WP Polycrystalline. Kemudian *output* dari panel surya akan diterima oleh sebuah konverter untuk mengubah *output* dari panel surya agar menghasilkan *output* yang diharapkan. Setelah dari konverter proses selanjutnya yaitu pembacaan yang dilakukan oleh sebuah sensor arus dan juga sensor tegangan, dimana sensor – sensor tersebut digunakan sebagai *feedback* untuk kontrol agar didapatkan hasil yang diharapkan. Dari pembacaan sensor tersebut maka proses selanjutnya yaitu proses kontrol yang dilakukan oleh sebuah mikrokontroler yaitu arduino, di arduino ini hasil pembacaan sensor tegangan dan arus akan diproses oleh arduino yang akan mengontrol nilai *pwm* yang akan diberikan kembali ke konverter. Untuk

mendapatkan nilai pwm yang diinginkan maka ditambahkan sebuah logika yaitu *fuzzy*, dimana *fuzzy* akan mengatur besar kecilnya nilai pwm yang akan dikirim ke sebuah konverter agar nilai *output* dari sebuah konverter sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan untuk proses *charging* baterai. Jadi sensor tegangan dipasang bertujuan untuk mengetahui *output* tegangan dari panel surya dan juga sebagai *feedback* untuk proses kontrol agar nilai tegangan dapat dipertahankan sesuai *setpoint* yang ditentukan.

### 3.5 Perancangan Komponen Pengendali (*Hardware*)

#### 3.5.1 *Sepic Converter*

Penelitian kali ini untuk mengatur besarnya tegangan *output* yang dihasilkan oleh panel surya, maka perlu adanya sebuah *sepic converter* dimana untuk skematik rangkaian *sepic converter* dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Skematik Rangkaian *Sepic Converter*

Skematik diatas merupakan gambar rangkaian dasar *SEPIC Converter* , dimana terdapat beberapa komponen dasar yakni, inductor, kapasitor dan mosfet. Untuk mendesain *DC/DC Converter* diperlukan beberapa parameter utama, yaitu spesifikasi dari *converter* tersebut. Spesifikasi tersebut disesuaikan dengan spesifikasi panel surya dan tipe battre yang digunakan adalah baterai 12 volt dan *capacity* 7Ah. Berikut ini spesifikasi *DC/DC sepic converter* untuk *solar charger* yang akan dibuat :

Tabel 3.1 Spesifikasi DC/DC *SEPIC converter*

|                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| Tegangan Masukan    | 12 volt hingga 21 volt |
| Tegangan Keluaran   | 12.8 - 14.7 Volt       |
| Arus Keluaran       | 1.18 – 1.36 A          |
| Frekuensi Switching | 50 kHz                 |
| Current Ripple      | 0.6 A                  |
| Voltage Ripple      | 0.29 V                 |

Sebelum mendesain DC/DC converter terlebih dahulu menentukan spesifikasi dari converter yang akan digunakan. spesifikasi converter yang digunakan sesuai dengan tabel 3.1. Berdasarkan spesifikasi yang ditentukan, langkah selanjutnya yaitu merancang komponen untuk membuat konverter tipe SEPIC, berikut ini Langkah – langkah menentukan nilai masing-masing komponen melalui perhitungan:

1. Menghitung *duty cycle*

$$D_{max} = \frac{14.7+0.5}{12+14.7+0.5} = 0.56$$

$$D_{min} = \frac{14.7+0.5}{21+14.7+0.5} = 0.41$$

2. Pemilihan induktor

Arus ripple:

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

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

Induktansi:

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

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

Arus puncak L1:

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

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

Arus puncak L2:

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

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

### 3. Pemilihan MOSFET

$$\begin{aligned} IQ1 &= IL1(\text{peak}) + IL2(\text{peak}) \\ &= 2 + 1.6 = 3.6 \text{ A} \end{aligned}$$

Arus RMS :

$$\begin{aligned} IQ1(\text{rms}) &= I_{out} \sqrt{\frac{(V_{out} + V_{in}(\text{Min}) + VD) \times (V_{out} + VD)}{V^2_{in}}} \\ &= 1.36 \sqrt{\frac{(14.7+12+0.5) \times (14.7+0.5)}{12^2}} \\ &= 2.3 \text{ A} \end{aligned}$$

### 4. Pemilihan kapasitor C1

Arus RMS pada C1:

$$\begin{aligned} I_{cs(\text{rms})} &= I_{out} \times \sqrt{\frac{V_{out} + VD}{V_{in}(\text{min})}} \\ I_{cs(\text{rms})} &= 1.36 \times \sqrt{\frac{14.7+0.5}{12}} = 1.5 \text{ A} \end{aligned}$$

### 5. Pemilihan kapasitor output

Wripple diasumsikan 2% dari tegangan output

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

Perhitungan  $C_{\text{out}}$ :

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

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

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

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

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

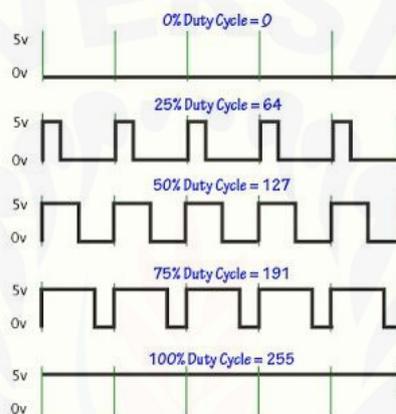
### 3.5.2 Arduino MEGA 2560

Sebagai kontroler yang digunakan dalam *plant*, arduino ini sendiri sebelumnya telah dijelaskan dalam bab 2. Namun pada tahap ini penjelasannya akan lebih spesifik dalam penggunaannya sebagai *embedded system*. Arduino yang digunakan yaitu dengan tipe Arduino MEGA 2560 dimana *embedded system* ini yang menerima *feedback* tegangan dari *output* tegangan *sepic converter*. Pembacaan nilai *output* tegangan *sepic converter* 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-A15. Sedangkan untuk pin yang mengontrol *output* PWM pada *sepic converter* menggunakan pin 13. Pada arduino sendiri untuk pin-pin yang dapat mengontrol PWM yaitu terdapat pada pin 3 - 11 (Arduino LLC,2015). Frekuensi PWM yang dapat dihasilkan pada pin PWM ini adalah 31,250 Hz. Pada tahap ini, pengujian *embedded system* dilakukan dengan mencoba menghubungkan pada pin arduino yang diinginkan karena tidak jarang pin pada arduino juga tidak dapat digunakan sehingga dibutuhkan pengecekan ulang, seperti penerimaan pembacaan ADC oleh sensor.

bahasa pemrograman Arduino ini membuat PWM mudah digunakan; hanya memanggil `analogWrite` (pin, dutycycle), di mana PWM adalah nilai dari 0 sampai 255, dan pin adalah salah satu pin PWM (3, 5, 6, 9, 10, atau 11). Fungsi

`analogWrite` menyediakan antarmuka sederhana untuk PWM hardware, tetapi tidak memberikan kontrol atas frekuensi. (arduino.cc)

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



Gambar 3.4 Perbandingan Duty cycle dan PWM

### 3.5.3 Pengamanan

Rangkaian *switch* ini menggunakan dua buah *relay*. *Relay* digunakan untuk mengontrol proses pengisian atau pemutusan ketika arus melebihi atau kurang dari batas maksimum dan minimum. Untuk *Relay 1* setelah panel surya dan *relay 2* sebelum *battre*.

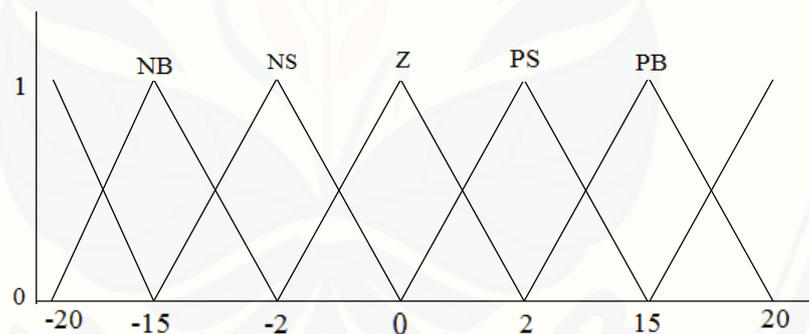
Tabel 3.2 Kondisi *relay*

| Tegangan Battre | Relay 1 | Relay 2 |
|-----------------|---------|---------|
| $I > 0,5$       | OFF     | ON      |
| $0,2 < I < 0,5$ | OFF     | ON      |
| $I < 0,2$       | ON      | OFF     |

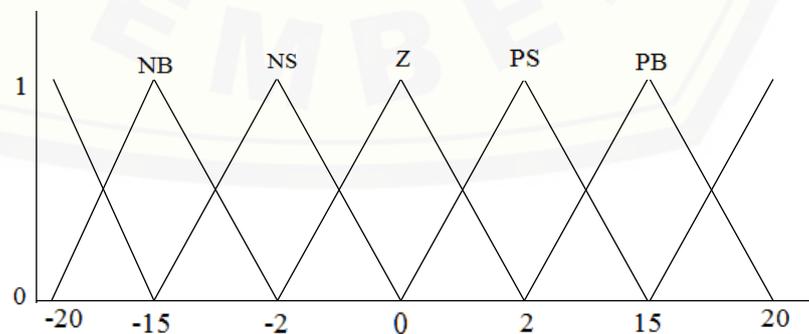
### 3.6 Perancangan Sistem Kendali Fuzzy

#### 3.6.1 Fuzzyfikasi

Tahap awal pembuatan *fuzzy* diawali dengan proses fuzzyfikasi dimana pada tahap ini dilakukan terhadap *error* dan *delta error*, yaitu dengan membuat himpunan keanggotaan untuk *error* dan *delta error*, dan kemudian melakukan perhitungan untuk menentukan derajat keanggotaan masing-masing nilai *error* dan *delta error*.



Gambar 3.5 Membership function error



Gambar 3.6 Membership function delta error

$$\begin{aligned} \text{NB} \Rightarrow \mu[\text{NB}] &= 1, \quad x \leq -20 \\ &0, \quad x \geq -20 \\ &\frac{-2-x}{-2-(-20)}, \quad -20 < x < -2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NS} \Rightarrow \mu[\text{NS}] &= 0, \quad x \leq -15 \text{ \& \text{atau} } x \geq 0 \\ &\frac{-x-(-15)}{-2-(-15)}, \quad -15 < x < -2 \\ &\frac{0-x}{0-(-2)}, \quad -2 < x < 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Z} \Rightarrow \mu[\text{Z}] &= 0, \quad x \leq -2 \text{ \& \text{atau} } x \geq 2 \\ &\frac{-x-(-2)}{0-(-2)}, \quad -2 < x < 0 \\ &\frac{2-x}{2-(0)}, \quad 0 < x < 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PS} \Rightarrow \mu[\text{PS}] &= 0, \quad x \leq 0 \text{ \& \text{atau} } x \geq 15 \\ &\frac{x-(0)}{2-(0)}, \quad 0 < x < 2 \\ &\frac{15-x}{15-(2)}, \quad 2 < x < 15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PB} \Rightarrow \mu[\text{PB}] &= 1, \quad x \geq 20 \\ &0, \quad x \leq 15 \\ &\frac{x-15}{20-(15)}, \quad 15 < x < 20 \end{aligned}$$

### 3.6.2 Rule Base

Inferensi dimulai dengan memetakan nilai derajat keanggotaan dari masing-masing *error* dan *delta error* ke sebuah tabel yang berisi basis aturan yang dipilih (*rule base*) dan menggunakan sebuah metode untuk pemilihan nilai dari derajat keanggotaan. Dengan demikian terlebih dahulu harus dibuat matrik atau tabel *rule base*.

| Err<br>dErr | NB | NS | Z  | PS | PB |
|-------------|----|----|----|----|----|
| NB          | NB | NB | NS | PB | PB |
| NS          | NB | NS | PS | PS | PB |
| Z           | NS | NS | Z  | PS | PS |
| PS          | NB | NS | NS | PS | PB |
| PB          | NB | NB | PS | PB | PB |

Tabel 3.3 Rule Base Fuzzy

Metode Takagi – Sugeno

**If ( $x_1$  is  $A_1$ ) and ( $x_2$  is  $A_2$ ) and ( $x_3$  is  $A_3$ ) and ( $x_4$  and  $A_4$ ) Then  $z = k$ .**

1. If (E is NB) and (dE is NB) Then  $z = NB$
2. If (E is NS) and (dE is NS) Then  $z = NS$
3. If (E is Z) and (dE is Z) Then  $z = Z$
4. If (E is PS) and (dE is PS) Then  $z = PS$
5. If (E is PB) and (dE is PB) Then  $z = PB$
6. If (E is NB) and (dE is NS) Then  $z = NB$
7. If (E is NB) and (dE is Z) Then  $z = NS$
8. If (E is NB) and (dE is PS) Then  $z = NB$
9. If (E is NB) and (dE is PB) Then  $z = NB$
10. If (E is NS) and (dE is NB) Then  $z = NB$
11. If (E is NS) and (dE is Z) Then  $z = NS$
12. If (E is NS) and (dE is PS) Then  $z = NS$
13. If (E is NS) and (dE is PB) Then  $z = NB$
14. If (E is Z) and (dE is NB) Then  $z = NS$
15. If (E is Z) and (dE is NS) Then  $z = PS$
16. If (E is Z) and (dE is PS) Then  $z = NS$
17. If (E is Z) and (dE is PB) Then  $z = PS$
18. If (E is PS) and (dE is NB) Then  $z = PB$
19. If (E is PS) and (dE is NS) Then  $z = PS$
20. If (E is PS) and (dE is Z) Then  $z = PS$

21. If (E is PS) and (dE is PB) Then z = PB
22. If (E is PB) and (dE is NB) Then z = PB
23. If (E is PB) and (dE is NS) Then z = PB
24. If (E is PB) and (dE is Z) Then z = PS
25. If (E is PB) and (dE is PS) Then z = PB

Setelah langkah ini maka proses inferensi selesai dan untuk selanjutnya adalah langkah defuzifikasi untuk menentukan besarnya nilai PWM yang dikirim ke *sepic converter*.

### 3.6.3 Defuzzyfikasi

Defusifikasi dilakukan dengan memetakan nilai-nilai Z ke himpunan defuzifikasi yang dinyatakan dengan persamaan-persamaan garis. Berbeda dengan fuzifikasi, defuzifikasi akan menghasilkan luasan-luasan yang dibatasi dengan tinggi masing-masing nilai Z dan garis yang dihasilkan dari pemetaan ke *rule base*.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^{25} \mu_i z_i}{\sum_{i=1}^{25} \mu_i}$$

Z = output perhitungan fuzzy

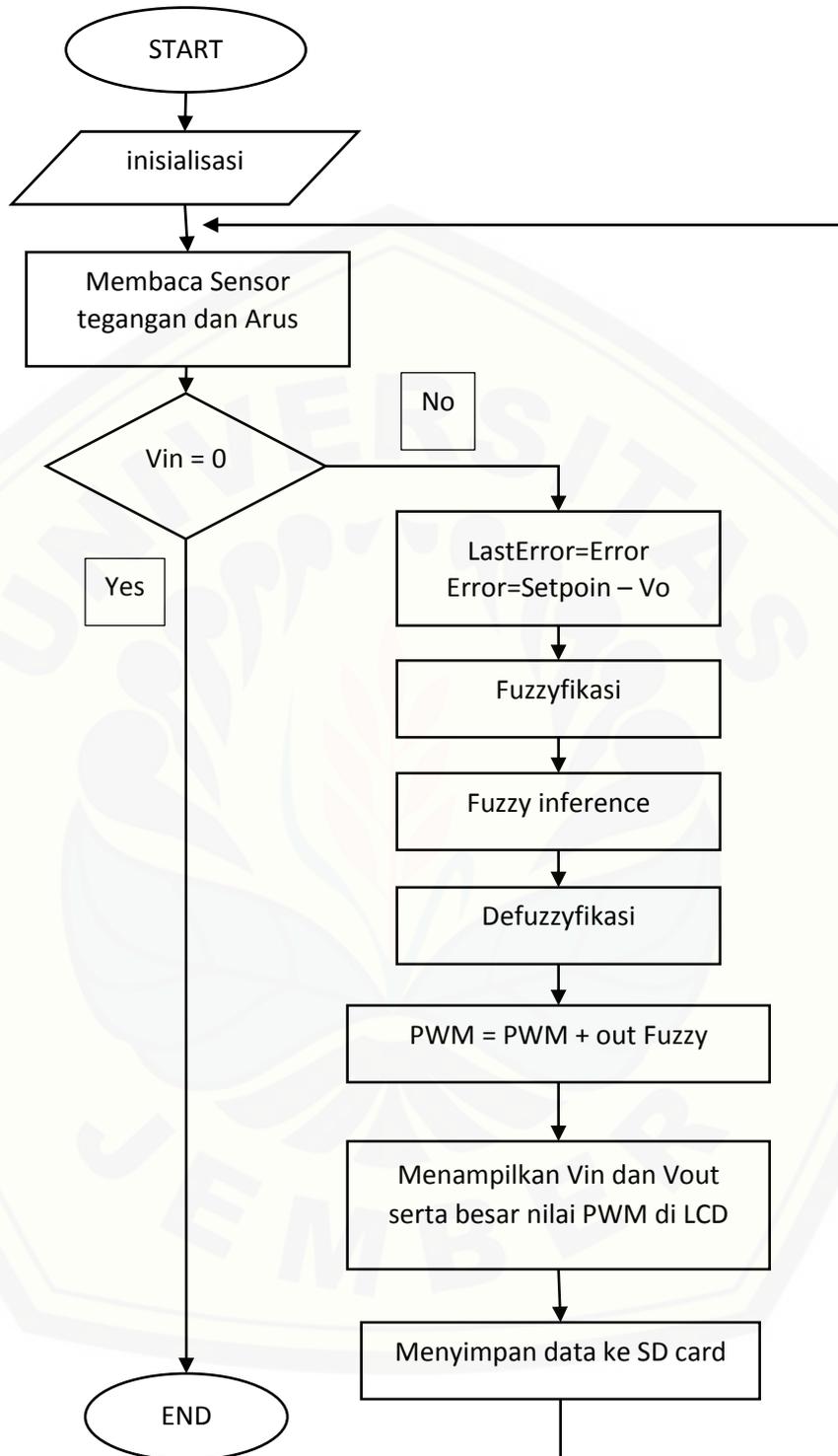
Z<sub>i</sub> = z masing – masing pada 25 rule

μ ke-i = derajat keanggotaan hasil proses dengan mencari nilai minimum pada masing – masing 25 rule yang ada

i = jumlah rule pada rule base (25 aturan)

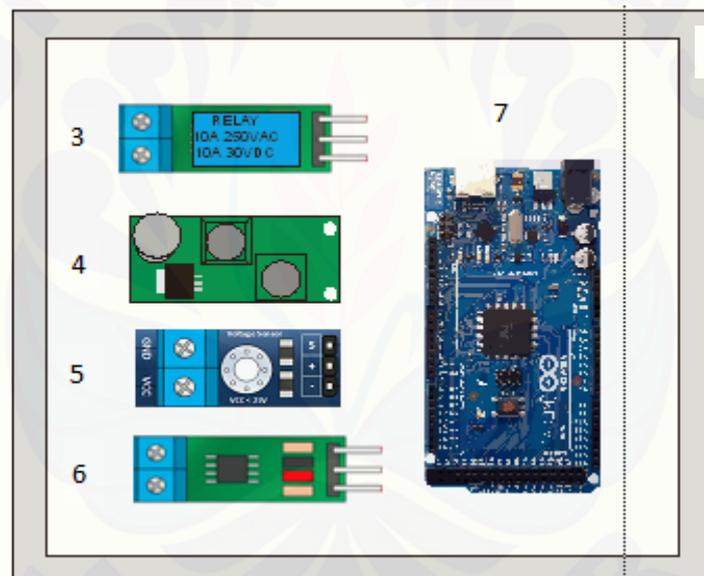
Pada sistem perancangan *fuzzy* sendiri yaitu dibutuhkan sebuah tegangan *input* dan juga sebuah *feedback* dari pembacaan sensor tegangan. Untuk *input fuzzy* yaitu berupa tegangan *output* konverter *sepic* saat ini dan juga tegangan *output* konverter *sepic* yang lalu. Setelah mengetahui *input* dari sistem *fuzzy* tersebut maka diperoleh hasil dari proses *fuzzy* yang berupa nilai pwm, nilai pwm ini akan digunakan sebagai input MOSFET pada konverter yang digunakan sebagai pengatur besar kecilnya *duty cycle* untuk mendapatkan hasil tegangan *output* konverter yang diinginkan. Ketika nilai tegangan dari *solar cell* semakin

besar maka nilai pwm yang diberikan *fuzzy* ke konverter maka semakin kecil nilai pwm nya, sedangkan nilai tegangan output dari solar cell itu semakin kecil maka nilai pwm yang diberikan oleh *fuzzy* ke konverter juga akan semakin besar. Maka dari itu nilai *output* dari sebuah konverter akan menjadi stabil untuk proses *charging* baterai. Untuk tahap awal kontrol *fuzzy* yaitu dimulai dari *start*, kemudian inisialisasi setelah proses inisialisasi dilakukan pembacaan sensor. Dari pembacaan sensor apakah nilai  $V_{in} = 0$ , jika  $V_{in} = 0$  maka tidak dilakukan proses *fuzzy*. Jika  $V_{in}$  tidak = 0 maka pembacaan dari sensor akan diproses oleh *fuzzy*. Dimana  $error = setpoint -$  dari tegangan output dari sebuah converter, setelah itu proses fuzzyfikasi yaitu dimana proses penempatan membership function input sebuah *fuzzy*. Setelah itu poses inferensi, dimana inferensi yaitu proses penentuan rule dan peletakan titik kontrol. Dari peletakan titik kontrol akan didapatkan hasil yang berupa pwm yang diproses oleh defuzzyfikasi dan hasilnya akan di simpan.



Gambar 3.7 Flowchart program

### 3.7 Perancangan Desain Alat



Keterangan :

1. Panel Surya
2. *Box Control*
3. Relay
4. *SEPIC Converter*
5. Sensor Tegangan
6. Sensor Arus
7. Arduino MEGA 2560

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari pengujian dan analisa data yang telah dilakukan pada penelitian yang berjudul “ Sistem Kontrol Konverter Sepic pada Solar Charger Berbasis Logika Fuzzy ”, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Ketika melakukan *charging* baterai, perubahan tegangan dari *solar cell* tidak terlalu berpengaruh dan tegangan *charge* hampir sama dengan *setpoint* yang telah ditentukan seperti grafik 4.15.
2. Ketika konverter *sepic* tidak menggunakan kontrol maka tegangan *output* dari konverter sangat berpengaruh, sedangkan ketika konverter menggunakan kontrol respon untuk *stady state* semakin cepat dibandingkan tanpa menggunakan kontrol.
3. Pada pengujian konverter *sepic* tanpa kontrol, selisih *output* tegangan dengan *setpoint* sangat besar. Untuk *drop* tegangan juga semakin besar. Semakin kecil beban yang diujikan maka *drop* tegangan semakin besar.
4. Pada saat *solar cell* dihubungkan beban secara langsung, maka ketika irradiansi matahari berubah – rubah tegangan *output solar cell* akan berubah secara drastis seperti tabel 4.2
5. Ketika konverter diberi beban lampu dc sebesar 9 watt 12 volt maka tegangan *output* dari konverter stabil pada tegangan 12 volt sesuai dengan tegangan dari lampu dc tersebut, grafik bisa dilihat seperti grafik 4.9.

## 5.2 Saran

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

1. Adanya keterbatasan pada pergerakan panel surya yang terbilang statis, sehingga efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya kurang maksimal. Maka dari itu perlu ditambahkan sistem MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.
2. Untuk pengambilan data masih memakai sistem data *logger* atau masih menunggu dalam beberapa jam untuk mendapatkan data. Maka dari itu bisa dilakukan pemantauan data atau monitoring data secara langsung dengan menggunakan *bluetooth* atau alat komunikasi transfer lainnya. untuk mendapatkan data secara *real time*.
3. Penggunaan kontrol dapat diganti dengan *hybrid* PID Fuzzy sehingga dapat diperoleh respon kontrol yang lebih baik.
4. Diperlukan sistem pendingin yang baik, karena ketika proses pengisian oleh panel surya dapat membuat ruangan menjadi panas yang cukup tinggi sehingga kinerja dari sistem dapat berkurang atau kurang maksimal.

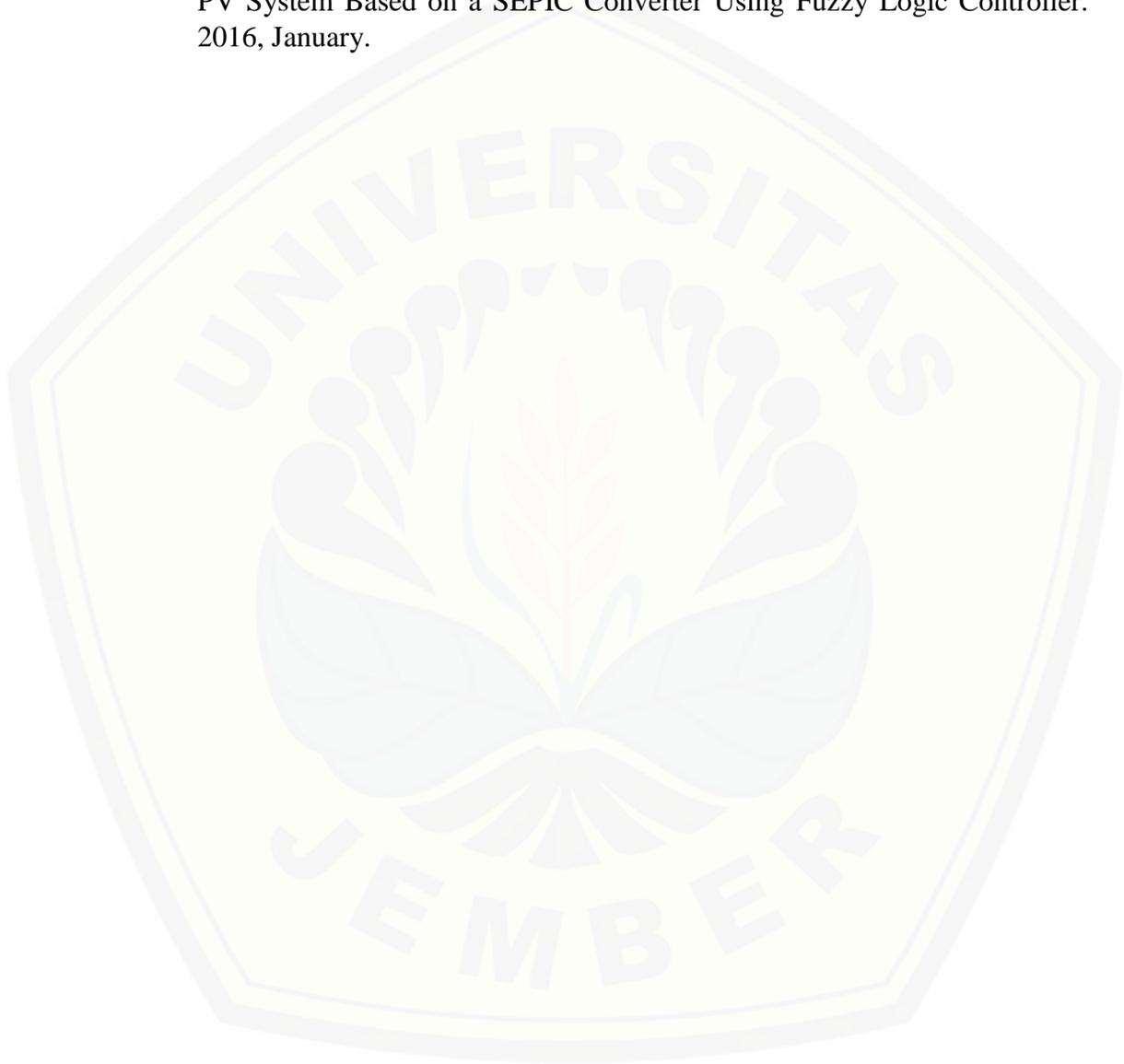
**DAFTAR PUSTAKA**

- Adikari, Neha., Singh, Bhim., Vyas. (2011). Performance Evaluation of a Low Power Solar-PV Energy System with SEPIC Converter, IEEE PEDS 2011, Singapore, 5-8 December 2011.
- Adityawan .(2010). Studi Karakteristik Pencatuan Solar Cell Terhadap Sistem Penyimpanan Energi Baterai.
- Anto, Budi., Hamdani, E., Abdullah, R. (2014). *Portable Battery Charger* Berbasis Sel Surya, Jurnal Rekayasa Elektrika Vol.11, No.1, April 2014, hal 19-24.
- C-H, Huang. (2014). *Applying Fuzzy Logic Controller to Intelligent Solar Panel Cleaning System.*
- Ilayaraja, S. (2016). *Modeling of an E-Vehicle Charging Station using DC-DC Self-lift SEPIC Converter*, 2016 Second International Conference on Science Technology Engineer and Management (ICONSTEAM).
- Mahendra, A. R. (2016). Rancang Bangun *Solar Charger Portable* Berbasis Arduino UNO R3.
- Marjani, Jafar., Imani, Amir., Hekmati, A., Afjei, A. (2016). A New Dual Output DC – DC Converter Based on SEPIC and CUK converters, *International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, 2016.*
- Nugroho, Wasisto, R, D. (2015). Studi Desain Power Bank Dengan Menggunakan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif, Jurnal Teknologi Dan Informatika (TEKNOMATIKA) Vol. 5, No.2, Mei 2015.
- Santoso, Y, A. (2015). Rancang Bangun Sistem Pengisi Baterai *Lead Acid* Berbasis Mikrokontroler Atmega 328 dengan sumber *Stand-Alone PV* System.
- Sidabutar, D. S., Musyafa, Hantoro. (2014). Rancang Bangun *Buck-Boost Converter* Pada Panel Surya Menggunakan Metode Kontrol PI Dan PID Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535.
- Ta-Tau, Chen., Ming-Ying., Shun-Hung, Che-Nan (2011). *Design Of Digital Battery Charger System Based on PV- Module*, IEEE International conference on Fuzzy System, June 27-30,2011, Taipei, Taiwan.
- Ullah, Thuhid, Md., Helal, Muhammad (2016). *Design, Hardware Implementation and Performance analysis of conventional SEPIC Converter for Photovoltaic System Applications.*

Aruna, M., Krishna, Y, Murali., dkk (2015, May). *Fuzzy Logic Controller Based SEPIC Converter for MPPT in Standlone PV System.*

Fundam, J., Oudda and Hazzab (2016). *Fuzzy Logic Control of a SEPIC Converter for a Photovoltaic System.*

Jadhav Vrasali., ravindrakumar Dr. (2016). Maximum Power Point Tracking of PV System Based on a SEPIC Converter Using Fuzzy Logic Controller. 2016, January.





# LAMPIRAN

## LAMPIRAN

Gambar Konverter Sepic



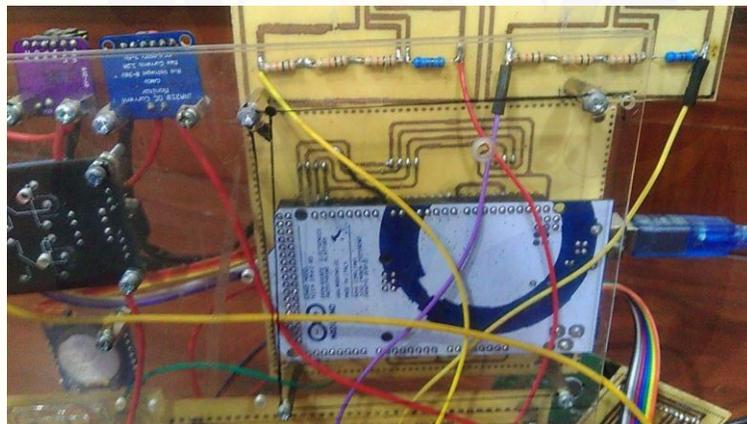
Gambar Rangkaian Kontrol Sepic



Gambar Sensor Arus dan Relay



Gambar Mikrokontrol



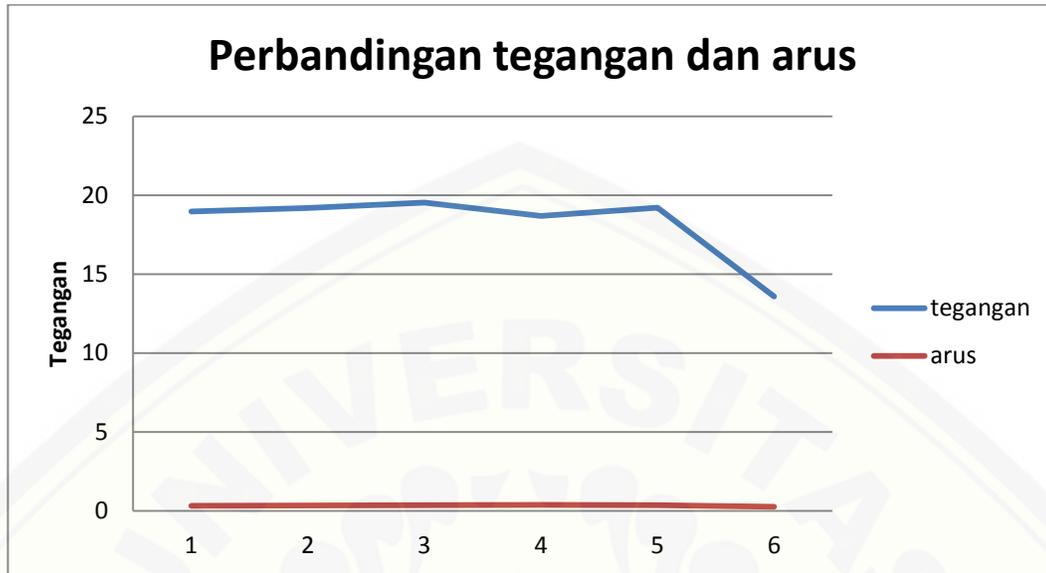
Performa Panel Surya  
Rabu, 31 Mei 2017

| pengujian Solar Panel |           |              |          |       |         |  |
|-----------------------|-----------|--------------|----------|-------|---------|--|
| jam                   | irradiasi | tegangan out | arus out | beban | cuaca   |  |
| 13.3                  | 265       | 18.52        | 0.18     | 100   | berawan |  |
| 14                    | 142.9     | 17.54        | 0.16     | 100   | mendung |  |
| 14.3                  | 43.1      | 8.3          | 0.07     | 100   | hujan   |  |
| 15                    | 52.7      | 9.13         | 0.08     | 100   | mendung |  |
| 15.3                  | 21.8      | 3.792        | 0.03     | 100   | mendung |  |
| 16                    | 16.5      | 2.96         | 0.02     | 100   | mendung |  |



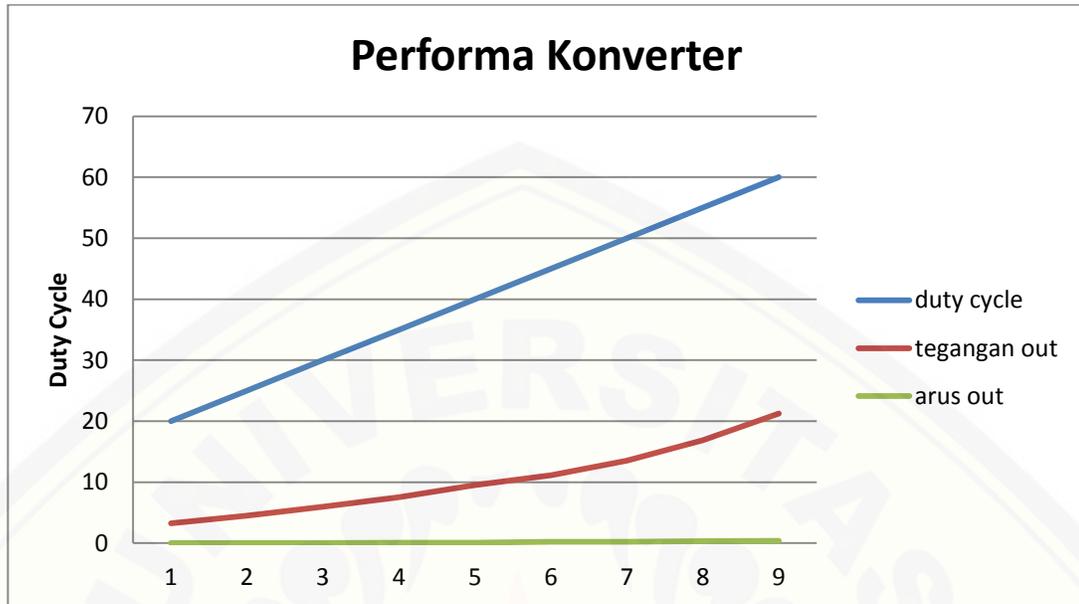
Kamis, 1 Juni 2017

| pengujian Solar Panel |           |              |          |       |         |  |
|-----------------------|-----------|--------------|----------|-------|---------|--|
| jam                   | irradiasi | tegangan out | arus out | beban | cuaca   |  |
| 10.15                 | 282       | 18.97        | 0.33     | 50    | berawan |  |
| 10.45                 | 772       | 19.18        | 0.35     | 50    | berawan |  |
| 11.15                 | 342       | 19.54        | 0.37     | 50    | berawan |  |
| 11.45                 | 756       | 18.68        | 0.38     | 50    | berawan |  |
| 12.15                 | 798       | 19.21        | 0.36     | 50    | berawan |  |
| 12.45                 | 182.1     | 13.59        | 0.27     | 50    | mendung |  |



Tabel Performa Konverter

| INPUT 17 V dengan beban 49.8 ohm (periode 55) |     |      |       |      |          |
|---|-----|------|-------|------|----------|
| Duty  | Vin | Iin  | Vout  | Iout | Eff      |
| 20  | 17  | 0.01 | 3.25  | 0.03 | 0.573529 |
| 25  | 17  | 0.03 | 4.51  | 0.04 | 0.353725 |
| 30  | 17  | 0.04 | 5.95  | 0.05 | 0.4375   |
| 35  | 17  | 0.07 | 7.54  | 0.07 | 0.443529 |
| 40  | 17  | 0.1  | 9.5   | 0.09 | 0.502941 |
| 45  | 17  | 0.24 | 11.14 | 0.21 | 0.573382 |
| 50  | 17  | 0.36 | 13.55 | 0.26 | 0.575654 |
| 55  | 17  | 0.57 | 16.9  | 0.32 | 0.558101 |
| 60  | 17  | 1.15 | 21.26 | 0.41 | 0.445862 |



| INPUT 12 V dengan beban 28.8 ohm (periode 55) |       |      |       |      |            |  |
|---|-------|------|-------|------|------------|--|
| Duty  | Vin   | Iin  | Vout  | Iout | Eff        |  |
| 20  | 12    | 0.03 | 1.8   | 0.05 | 0.25       |  |
| 25  | 12    | 0.05 | 2.57  | 0.08 | 0.34266667 |  |
| 30  | 12    | 0.08 | 3.44  | 0.11 | 0.39416667 |  |
| 35  | 12    | 0.12 | 4.38  | 0.14 | 0.42583333 |  |
| 40  | 12    | 0.17 | 5.5   | 0.18 | 0.48529412 |  |
| 45  | 12    | 0.25 | 6.9   | 0.22 | 0.506      |  |
| 50  | 12    | 0.37 | 8.53  | 0.28 | 0.53792793 |  |
| 55  | 12    | 0.62 | 10.61 | 0.35 | 0.50247619 |  |
| 60  | 11.92 | 1.05 | 13.32 | 0.43 | 0.45762224 |  |

