



**RANCANG BANGUN *DC-DC FLYBACK CONVERTER* PADA PANEL
SURYA DENGAN METODE KONTROL *FUZZY***

PROPOSAL SKRIPSI

Oleh

Moch. Arif Yudianto

NIM 141910201064

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO STRATA 1

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018



**RANCANG BANGUN *DC-DC FLYBACK CONVERTER* PADA PANEL
SURYA DENGAN METODE KONTROL *FUZZY***

PROPOSAL SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat – syarat
Untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
Dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh

Moch. Arif Yuniarto

NIM 141910201064

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO STRATA 1

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT. Berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini. Sholawat serta salam kuberikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang sebagai suri taulandanku. Dengan ketulusan hati kupersembahkan laporan tugas akhir ini kepada orang yang senantiasa membantu dan membimbingku, yaitu :

1. Keluargaku, Bapak Moch. Arifin, Ibu Imro'atus Sholikhah dan Adik Moch. Dwi Prasetyo yang tersayang. Merekalah yang senantiasa mendukungku, menyematiku, mengasihku dan menyayangiku dari lahir sampai sekarang. Terima kasih atas semua yang telah diberikan kepadaku.
2. Semua guru, dan dosenku yang telah membimbing dan memberikan ilmu yang tak dapat kuhitung berapa banyaknya barokah dan doanya.
3. Almamater Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Sahabatku semua terkhusus KETEK UJ 14 di Universitas Jember.

MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah nasib suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”.

(terjemahan surat Ar-Ra'd ayat 11)

"Menuntut ilmu itu wajib atas setiap muslim".

(HR.Ibnu Majah)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Moch. Arif Yunianto

NIM : 141910201064

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Rancang Bangun DC-DC *Flyback Converter* Pada Panel Surya dengan Metode Kontrol *Fuzzy*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 29 Juli 2018

Yang menyatakan,

Moch. Arif Yunianto

NIM 141910201064

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN DC-DC *FLYBACK CONVERTER* PADA PANEL
SURYA DENGAN METODE KONTROL *FUZZY***

Oleh

Moch. Arif Yuniarto

NIM 141910201064

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul " Rancang Bangun DC-DC *Flyback Converter* Pada Panel Surya dengan Metode Kontrol *Fuzzy*" karya Moch. Arif Yunianto telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Kamis, 26 Juli 2018

Tempat : Ruang Ujian 1 Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua

Anggota I

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

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 196104141989021001

Anggota II

Anggota III

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

Khairul Anam, S.T., M.T., Ph.D
NIP 197804052005011002

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Rancang Bangun DC-DC *Flyback Converter* Pada Panel Surya dengan Metode Kontrol *Fuzzy*; Moch. Arif Yuniyanto; 141910201064; 108 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Energi matahari merupakan salah satu energi alternatif yang dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan sebuah panel surya. Di Indonesia penggunaan energi surya relatif sedikit dibandingkan dengan pembangkit lainnya. Panel surya yang digunakan untuk menghasilkan listrik diperlukan sebuah kontrol yang digunakan untuk mengontrol dari keluaran panel surya. Karena energi matahari pada setiap waktu akan berubah nilai radiasinya. Sehingga mempengaruhi keluaran dari panel surya tersebut. Pada tahun 2013-2016 sebesar 8,96 MW yang masih dapat dihasilkan oleh panel surya. Panel surya sendiri mempunyai efisiensi yang relatif kecil sekitar <40% dikarenakan tidak semua energi dari sinar matahari.

Pada penelitian sebelumnya dari penulis Muhammad Al Aziz dengan judul "Sistem Kontrol Fuzzy Logic Untuk Tegangan Keluaran Boost Converter Pada Pengisian Baterai Sepeda Listrik Menggunakan Solar Cell". Penelitian tersebut converter yang digunakan tidak menggunakan isolasi. *Flyback Converter* salah satu dari DC-DC *Converter* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dan menaikkan tegangan dengan kelebihan adanya isolasi antara sisi *input* dan *output*. Ketika tegangan keluaran dari panel surya tidak stabil digunakan untuk *charger*, maka akan berdampak kerusakan pada baterai. Permasalahan tersebut, penulis ingin melakukan penelitian dengan judul "Rancang Bangun DC-DC *Flyback Converter* pada Panel Surya dengan Metode Kontrol *Fuzzy*".

Perancangan *flyback converter* dengan melakukan beberapa tahap, yaitu menghitung perancangan komponen dan menentukan komponen. setelah itu membuat simulasi untuk mengetahui hasil konverter yang akan digunakan dan membuat alat tersebut.

Pengujian penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu pengujian karakteristik panel surya, sensor tegangan, sensor arus, kontrol dan tanpa kontrol, efisiensi konverter, karakteristik baterai dan pengujian keseluruhan. Pengujian efisiensi konverter, nilai efisiensi maksimum sebesar 63%. Sedangkan pengujian kontrol *fuzzy*, nilai *rise time* tercepat saat dibebani dengan resistor 50 ohm dengan waktu 50 detik.



SUMMARY

Design of DC-DC Flyback Converter On Solar Cell with fuzzy control method;
Moch. Arif Yuniarto; 141910201064; 2018; 108 pages; Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Solar energy is one of the alternative energy that can be converted into electrical energy by using a solar panel. In Indonesia the use of solar energy is relatively small compared to other plants. The solar panels used to generate electricity required a control used to control the output of solar panels. Because solar energy at any time will change the radiation value. So it affects the output of the solar panel. In 2013-2016 of 8.96 MW which can still be generated by solar panels. The solar panel itself has a relatively small efficiency of about <40% because not all of the energy from sunlight.

In a previous study by author Muhammad Al Aziz with the title "Fuzzy Logic Control System For Output Voltage Boost Converter On Battery Charging Electric Bicycle Using Solar Cell". The study converter used did not use isolation. Flyback Converter one of the DC-DC Converter that serves to decrease the voltage and increase the voltage with the excess of the isolation between the input and output. When the output voltage from the unstable solar panel is used for the charger, it will affect the damage to the battery. The problem is, the author wants to do research with the title "Design Build DC-DC Flyback Converter on Solar Panel with Fuzzy Control Method".

The design of flyback converter by doing several stages, namely calculate the design of components and determine the components. after that to make simulation to find out the converter that will be used and make the tool.

Tests of this research were conducted with several stages, namely testing the characteristics of solar panels, voltage sensors, current sensors, control and without control, converter efficiency, battery characteristics and overall testing. Converting efficiency test, maximum efficiency value of 63%. While testing fuzzy

control, the fastest rise time value when burdened with a 50 ohm resistor with a time of 50 seconds.



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang maha kuasa atas segalanya, karena dengan ridho, hidayah dan petunjukNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun DC-DC *Flyback Converter* Pada Panel Surya dengan Metode Kontrol *Fuzzy*”. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak yang turut memberikan bantuan berupa motivasi, inspirasi, bimbingan, doa, fasilitas dan dukungan lainnya yang membantu memperlancar pengerjaan skripsi ini. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki, rahmat, hidayah, taufik dan karunia serta kasih sayang-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan bagi umat islam diseluruh dunia.
3. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
5. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. dan Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. dan Bapak Khairul Anam, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen penguji yang sudah memberikan saran untuk memperbaiki tugas akhir ini.
7. Bapak Moch. Arifin dan Ibu Imro'atus Sholikhah telah menjadi orang tua terhebat, yang selalu memberikan motivasi, nasehat, cinta, perhatian, dan kasih sayang serta doa yang tentu takkan bisa terbalaskan;
8. Adik tersayang Moch. Dwi Prasetyo yang senantiasa memberikan semangat selama penyusunan skripsi ini;
9. Bunga Aliviah yang selalu memberi semangat dan menemani dalam pengerjaan skripsi ini tanpa lelah.

10. Sahabat-sahabat seperjuangan Teknik Elektro 2014 yang telah memberikan motivasi dan semangat dalam perjuangan di bangku kuliah.
11. Teman seperjuangan Rizqi Nur Muhammad, Muhammad Ihsan Prakoso, dan Dwi Ahmad Fauzi yang telah memberikan dukungan selama mengerjakan tugas akhir.
12. Teman asisten Laboratorium Sistem Kendali yang selalu menemani dan membantu pengerjaan tugas akhir.
13. Teman-teman kontrakan P10 dan V20 yang telah menjadi sahabat dalam suka mupun duka mulai dari awal masuk kuliah.
14. IMAKA paguyuban mahasiswa kediri yang mengajarkan ilmu tentang organisasi, rasa kepedulian dan kesabaran;
15. TITEN Universitas Jember yang telah mengajarkan rasa perjuangan dan persahabatan yang tak kenal lelah.
16. Keluarga KKN, Fathul Qolby, An Nahdliyah dan As Syarillah yang aku cintai.
17. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang mambangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya

Jember, 29 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	1
HALAMAN JUDUL	2
PERSEMBAHAN	3
MOTTO	4
PERNYATAAN	5
PENGESAHAN	7
RINGKASAN	8
SUMMARY	10
PRAKATA	12
DAFTAR ISI	14
DAFTAR GAMBAR	16
DAFTAR TABEL	18
DAFTAR LAMPIRAN	19
BAB 1. PENDAHULUAN	20
1.1. Latar Belakang	20
1.2. Rumusan Masalah	21
1.3. Batasan Masalah	21
1.4. Tujuan Penelitian	22
1.5. Manfaat Penelitian	22
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	23
2.1. Panel Surya	23
2.1.1. Prinsip Kerja Panel Surya	23
2.1.2. Karakteristik Panel Surya.....	25
2.1.3. Kurva V-I Sel Surya.....	25
2.1.4. Arus Hubung Singkat Pada Panel Surya.....	25
2.1.5. Jenis-jenis Panel Surya.....	26
2.2. DC-DC Flyback Converter.	27
2.3. Fuzzy.....	30
2.4. Arduino Uno R3.....	36
2.5. Sensor Arus	37

2.6. Sensor Tegangan	38
2.7. RTC.....	38
2.8. Liquid Crystal Display	39
2.9. Battery atau ACCU	41
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	43
3.1. Metode Penelitian	43
3.2. Perancangan Model Penelitian.....	45
3.3. Spesifikasi Panel Surya 20 Wp <i>Polycrystalline</i>	48
3.4. Baterai VRLA	49
3.5. Perencanaan Sensor Tegangan.....	50
3.6. Perencanaan Sistem Kontrol Fuzzy	50
3.7. Desain Perancangan Alat	56
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	57
4.1 Analisa pengujian karakteristik panel surya 20 WP	57
4.2 Analisa pengujian sensor arus.....	61
4.3 Analisa pengujian sensor tegangan	64
4.4 Analisa pengujian sinyal PWM	67
4.5 Analisa pengujian karakteristik baterai.....	72
4.6 Analisa pengujian converter dengan beban	75
4.7 Analisa pengujian converter tanpa kontrol dan menggunakan kontrol fuzzy	77
4.8 Analisa pengujian sistem keseluruhan	81
BAB 5. PENUTUP.....	89
5.1 Kesimpulan	89
5.2 Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN.....	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema efek Photovoltaic.....	24
Gambar 2.2 Gambar rangkaian <i>flyback converter</i>	27
Gambar 2.3 <i>Continuous Conduction Mode</i>	28
Gambar 2.4 Representasi kurva Linier	33
Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga	34
Gambar 2.6 Representasi Kurva Trapesium	34
Gambar 2.7 Bentuk hardware dari arduino UNO R3	37
Gambar 2.8 Modul Sensor Arus ACS712.....	38
Gambar 2.9 Sensor Tegangan DCT-Elektronik.....	38
Gambar 2.10 Modul Real Time Clock (RTC) DS1307	39
Gambar 2.11 LCD 16x2.....	40
Gambar 2.12 Battery atau Accu.....	41
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	44
Gambar 3.2 Gambar Blok Sistem Kerja	45
Gambar 3.3 Rangkaian Dasar Flyback Converter	46
Gambar 3.4 Panel Surya 20 Wp Polycrystalline.....	48
Gambar 3.5 Baterai VRLA 12V/4,5Ah	49
Gambar 3.6 Rangkaian Sensor Tegangan	50
Gambar 3.7 Flowchart Sistem DC/DC Converter	51
Gambar 3.8 Membership function nilai error	51
Gambar 3.9 Membership function nilai delta error.....	53
Gambar 3.10 Membership function nilai output.....	54
Gambar 3.11 Flowchart Program.....	54
Gambar 3.12 Rangkaian Desain Alat.....	56
Gambar 4.1 Grafik hubungan daya terhadap waktu	60
Gambar 4.2 Pengujian sensor arus	62
Gambar 4.3 Hubungan multimeter dengan ADC (Analog Digital Converter)	63
Gambar 4.4 Pengujian sensor tegangan	65
Gambar 4.5 Hubungan multimeter dengan ADC (Analog Digital Converter)	67
Gambar 4.6 Hubungan Efisiensi dengan beban	76

Gambar 4.7 Hubungan Daya dengan beban.....77
Gambar 4.8 Pengujian dengan beban 27 Ohm (a) kontrol dan (b) tanpa kontrol..79
Gambar 4.9 Pengujian dengan beban 30 Ohm (a) kontrol dan (b) tanpa kontrol..79
Gambar 4.10 Pengujian dengan beban 47 Ohm (a) kontrol dan (b) tanpa kontrol 80
Gambar 4.11 Pengujian dengan beban 50 Ohm (a) kontrol dan (b) tanpa kontrol 80



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Uno R3**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.1 Spesifikasi DC/DC Flyback Converter. **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.2 Datasheet Surya 20 Wp Polycrystalline.**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.3 hubungan standar tegangan charging**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.4 Rule Base**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.1 Data hasil pengujian karakteristik panel surya pada tanggal 7 April 2018
.....**E**
rror! Bookmark not defined.

Tabel 4.2 Pengujian sensor arus**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.3 Kalibrasi sensor tegangan**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.4 Pengujian sensor tegangan**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.5 Kalibrasi sensor tegangan**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.6 Data pengujian sinyal PWM**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.7 Data hasil pengujian karakteristik baterai**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.8 Data pengujian converter dengan beban **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.9 Data pengujian converter menggunakan kontrol fuzzy dan tanpa kontrol
.....**E**
rror! Bookmark not defined.

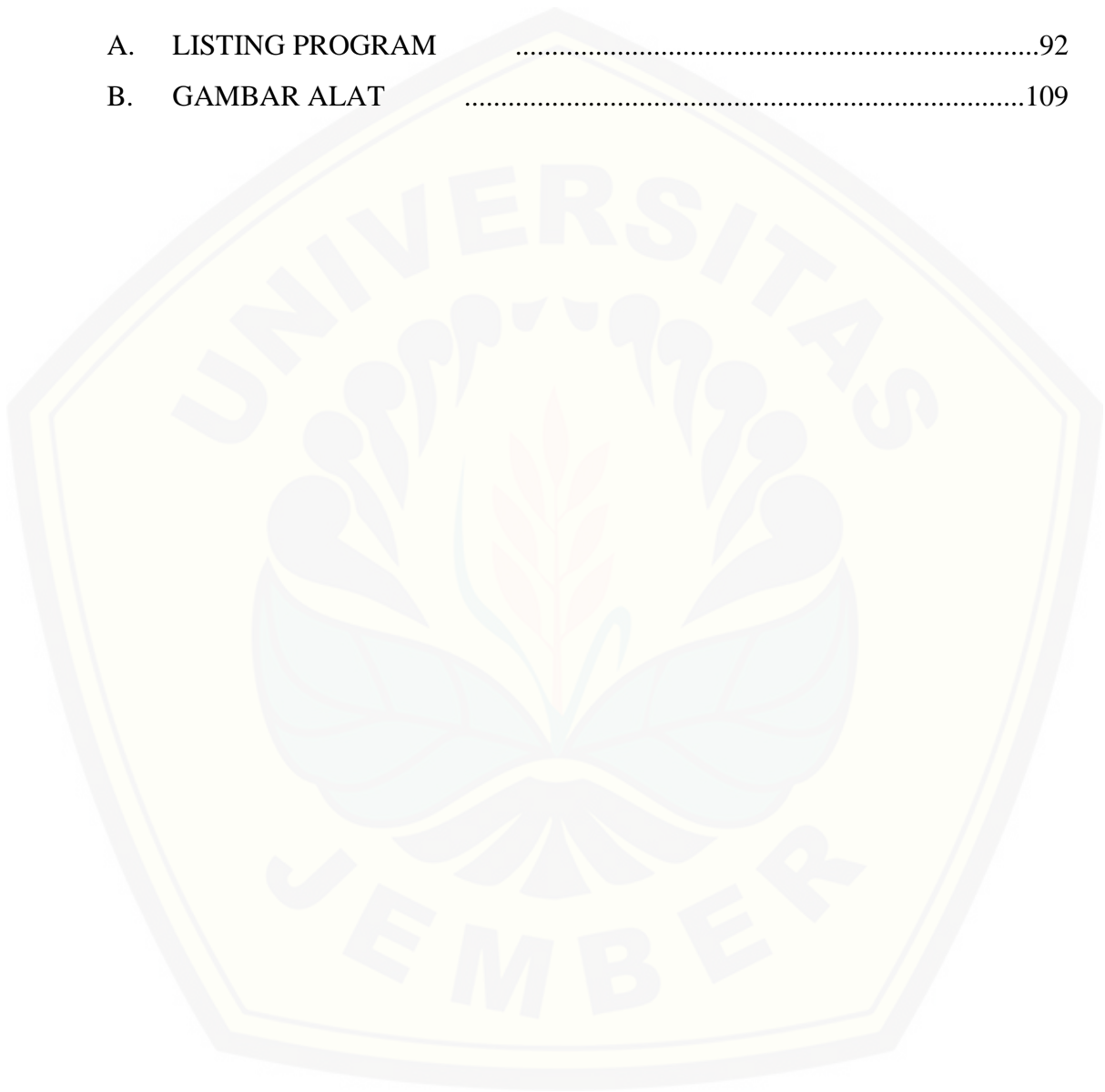
Tabel 4.10 Data Pengujian Tanggal 28 Juni 2018 **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.11 Data Pengujian Tanggal 29 Juni 2018 **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.12 Data Pengujian Tanggal 2 Juli 2018**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

A. LISTING PROGRAM	92
B. GAMBAR ALAT	109



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi matahari merupakan salah satu energi alternatif yang dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan sebuah panel surya. Di Indonesia penggunaan energi surya relatif sedikit dibandingkan dengan pembangkit lainnya. Pada tahun 2013-2016 sebesar 8,96 MW yang masih dapat dihasilkan oleh panel surya. Panel surya sendiri mempunyai efisiensi yang relatif kecil sekitar <40% dikarenakan tidak semua energi dari sinar matahari dapat diterima p-n junction yang mempunyai prinsip kerja mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, sehingga sebagian energi sinar matahari akan terbuang sia-sia menjadi panas. Ketika tegangan keluaran dari panel surya tidak stabil digunakan untuk *charger*, maka akan berdampak kerusakan pada baterai. (Statistik Ketenagaan Listrik, 2017).

Panel surya yang digunakan untuk menghasilkan listrik diperlukan sebuah kontrol yang digunakan untuk mengontrol dari keluaran panel surya. Karena energi matahari pada setiap waktu akan berubah nilai radiasinya. Sehingga mempengaruhi keluaran dari panel surya tersebut. Kontrol yang digunakan salah satunya merupakan jenis konverter. Konverter dapat digunakan untuk menstabilkan keluaran dari panel surya apabila nilai radiasi matahari berubah. Pada penelitian sebelumnya dari penulis Muhammad Al Aziz dengan judul "Sistem Kontrol Fuzzy Logic Untuk Tegangan Keluaran Boost Converter Pada Pengisian Baterai Sepeda Listrik Menggunakan Solar Cell". Penelitian tersebut konverter yang digunakan tidak menggunakan isolasi. Salah satu teknologi konverter yaitu *Flyback Converter*. *Flyback Converter* salah satu dari DC-DC *Converter* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dan menaikkan tegangan dengan kelebihan adanya isolasi antara sisi *input* dan *output* yang berarti kabel daya *output* tidak terhubung dengan daya *input*.. *DC-DC Converter* mempunyai

tingkat efisiensi yang tinggi di tingkat daya yang rendah, biaya yang lebih rendah, respon transient yang cepat dan frekuensi transformator yang tinggi (Nasir Coruh dan Satilmis Urgun Sipil,2010).

Permasalahan tersebut, penulis ingin melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun *DC-DC Flyback Converter* pada Panel Surya dengan Metode Kontrol *Fuzzy*”. Metode fuzzy digunakan untuk untuk meningkatkan ketelitian dan kestabilan tegangan dalam operasi *DC-DC Converter*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang *Flyback Converter* dengan input tegangan 17 volt dan output tegangan 26 volt sebagai *Solar Charger*.
2. Bagaimana metode Fuzzy untuk mengontrol kestabilan tegangan keluaran *Flyback Converter* sebagai *Solar Charger*.
3. Bagaimana pengaruh beban terhadap efisiensi dari kontrol *DC-DC Flyback Converter*.

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, maka batasan masalah pada hal-hal sebagai berikut :

1. Panel surya yang digunakan sebesar 20 wp *polycrystalline*.
2. Analisa hanya dititik beratkan pada tegangan keluaran panel surya dan tegangan keluaran *DC-DC Flyback Converter*.
3. Pengujian *DC-DC flyback Converter* terhadap beban dengan menggunakan kontrol ataupun tidak menggunakan kontrol.
4. Pengujian difokuskan saat cuaca cerah.
5. Tidak membahas kelembapan dan suhu.
6. *Battery* yang digunakan 24 Volt 4.5 Ah
7. PLC *Schneider SR2B201BD* dan Lampu DC 24 Volt.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini diantaranya :

1. Dapat menerapkan DC-DC *Flyback Converter* sebagai *Solar Charger*.
2. Dapat menerapkan sistem kontrol *Fuzzy* dengan pada keluaran DC-DC *Flyback Converter* sehingga diperoleh tegangan yang stabil.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu membuat inovasi terbaru dengan menggunakan DC-DC *Flyback converter* dengan menggunakan metode fuzzy untuk memperoleh kestabilan tegangan keluaran dan sebagai tolak ukur dalam merancang *Flyback Converter*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka akan dijelaskan mengenai materi tentang pengumpulan teori atau pendapat yang sudah ada dan berkaitan dengan masalah yang dibahas, membandingkan dan memilih teori yang relevan untuk memecahkan dari permasalahan. Teori atau pendapat tersebut dijelaskan dibawah ini, yaitu :

2.1. Panel Surya

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

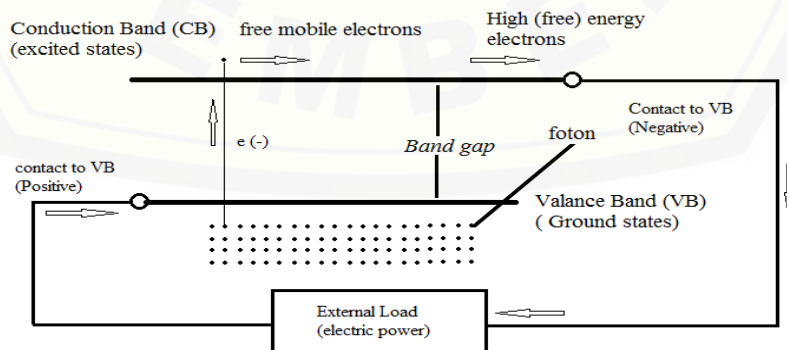
2.1.1. Prinsip Kerja Panel Surya

Sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor memiliki electron yang terikat dengan lemah pada suatu pita energy yang disebut pita valensi, dan saat terdapat energy yagn lebih besar dari batas threshold (band gap energy)yang

diberikan pada electron di pita valensi tersebut, maka ikatan elektrintersebut akan putus. Kemudian elektrontersebut bergerak bebas pada suatu pita energy baru yang disebut dengan pita konduksi. Sehingga elektron bebas pada pita konduksi dapat menghasilkan listrik.energi yang di butuhkan untuk membebaskan electron ini didapatkan dari foton yang merupakan bagian partikel dari cahaya. (Beng : 2012)

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

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



Gambar 2.1 Skema efek Photovoltaic

(Hegedus & Luque : 2003)

2.1.2. Karakteristik Panel Surya

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

2.1.3. Kurva V-I Sel Surya

Daya listrik yang dihasilkan sel surya ketika mendapat cahaya diperoleh dari kemampuan perangkat sel surya tersebut untuk memproduksi tegangan ketika diberi beban dan arus melalui beban pada waktu yang sama.

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

$$VMPP \times IMPP \dots\dots\dots(1.1)$$

$$FF = VOC .ISC \dots\dots\dots(1.2)$$

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

$$P MAX = V OC .I SC .FF \dots\dots\dots(1.3)$$

Keterangan :

P max : Daya Maksimum (W)

Voc : Tegangan *Open Circuit* (V)

Isc : Arus *Short Cicuit* (A)

FF : *Fill Factor*

2.1.4. Arus Hubung Singkat Pada Panel Surya

Isc adalah arus yang mengalir pada saat tegangan sel surya sama dengan nol. Pada kondisi ideal tanpa rugi daya, Isc sama dengan IL. Isc bergantung linear terhadap *irradiance* dan dipengaruhi beberapa hal lain, yaitu luas area sel, spektrum cahaya dan parameter optik lain. Pengujian pada *Standard Test Condition* (STC), sel surya komersial memiliki Isc yang bervariasi antara 28mA/cm² sampai dengan 35mA/cm²[3]. Densitas Isc terhadap luas area sel (A) dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_{sc} = A \cdot J_{sc} \dots\dots\dots(1.4)$$

$$I_o = A \cdot J_o \dots\dots\dots(1.5)$$

2.1.5. Jenis-jenis Panel Surya

Panel surya mempunyai beberapa jenis, sebagai berikut :

1. *Single Crystalline.*

Yaitu kristal yang mempunyai satu jenis macamnya, tipe ini dalam perkembangannya mampu menghasilkan efisiensi yang sangat tinggi. Jenis *single cristalline* antara lain:

a. *Gallium Arsenide Cell*

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

b. *Cadmium Sulfide Cell.*

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

2. *Polycrystalline Cell.*

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

3. *Amorphous Silicon Cell.*

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

4. *Copper Indium Diselenide Cell.*

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

5. Cadmium Telluride (CdTe) Cell.

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

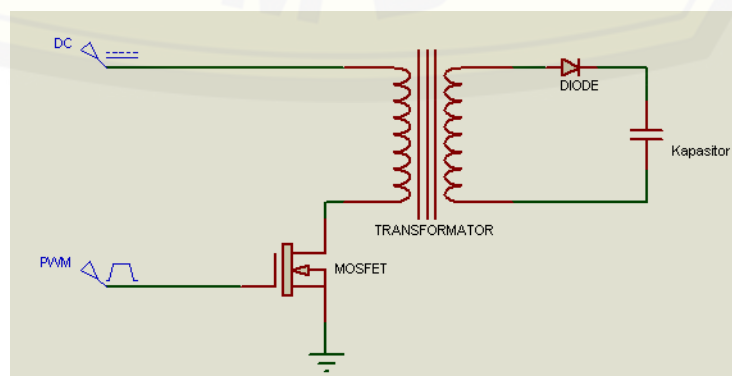
6. Dye Sensitized.

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

2.2. DC-DC Flyback Converter.

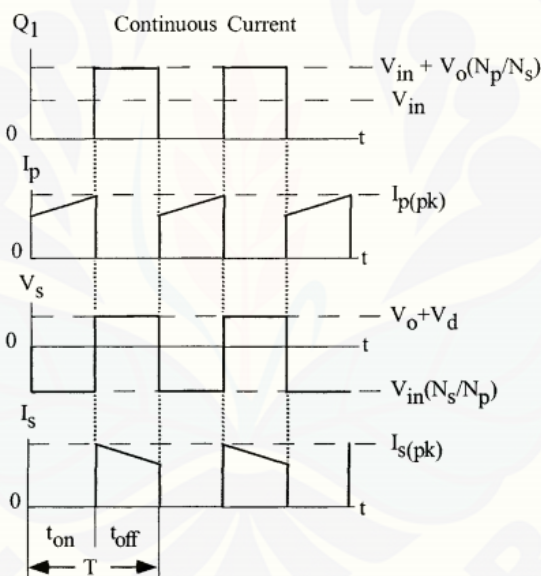
DC-DC *converter* merupakan rangkaian elektronika power untuk mengubah suatu masukan tegangan dc menjadi tegangan dc keluaran dengan nilai yang lebih besar atau kecil dari tegangan masukan (Suryo Mochamad Hidayat, 2010). DC-DC Converter terbagi menjadi 2 jenis yaitu isolasi dan non isolasi. Konverter dengan isolasi terdapat 8 macam menurut rangkaiannya, yaitu flyback, active clamp forward, single switch forward, two switch forward, push-pull, half bridge, full bridge, dan weinberg circuit. Penelitian ini akan menggunakan salah satu dari jenis DC-DC converter dengan isolasi, yaitu flyback converter.

Flyback converter merupakan salah satu rangkaian elektronika daya dengan frekuensi tinggi Rangkaian tersebut banyak digunakan untuk UPS (Unit Power Supply). Rangkaian flyback converter ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2.2 Gambar rangkaian *flyback converter*

Mode operasi dari sebuah flyback converter terbagi menjadi dua, yaitu Continuous Conduction Mode (CCM) dan Discontinuous Conduction Mode (DCM). Continuous Conduction Mode merupakan mode operasi dari switching flyback yang mana arus pada transformator tidak akan jatuh ke nol. Sebaliknya Discontinuous Conduction Mode merupakan mode operasi dari switching flyback yang mana arus pada transformator akan jatuh pada nol mengikuti dari sinyal PWM (Pulse Width Modulation) yang masuk ke switching. Menurut Saludin Muis (2013) “Mode operasi dibagi menjadi dua, yaitu transfer energi penuh(mode kontinu) dan tidak penuh (mode diskontinu)”.



Gambar 2.3 *Continuous Conduction Mode*

(Mclyman, Colonel Wm. T:2011)

Parameter yang digunakan untuk merencanakan dari flyback converter sebagai berikut :

1. Menghitung Daya *Output*

$$P_{out} = P_{in} \times \eta \dots \dots \dots (1.6)$$

Keterangan

P_{out} : Daya *Output*

P_{in} : Daya *Input*

2. Menghitung Arus *Output*

$$I_{out} = \frac{P_{out}}{V_{out}} \dots\dots\dots (1.7)$$

Keterangan

I_{out} : Arus *Output*

V_{out} : Tegangan *Output*

3. Menghitung Rasio Lilitan

$$N_r = V_p/V_s \dots\dots\dots (1.8)$$

Keterangan

V_p : Tegangan lilitan primer

V_s : Tegangan lilitan sekunder

4. Menghitung Arus rata-rata *Input*

$$\text{Arus rata-rata Input} = \frac{P_{in}}{V_{pmin}} \dots\dots\dots (1.9)$$

Keterangan

P_{in} : Daya *Input*

V_{pmin} : Tegangan minimum masuk pada lilitan primer

5. Menghitung Arus *Peak*

$$I_{pk} : \frac{I_r}{D.NR} \dots\dots\dots (1.10)$$

Keterangan

I_{pk} : Arus *Peak*

I_r : Arus rata-rata

D : Asumsi *Duty Cycle*

N_r : Rasio lilitan primer dan lilitan sekunder

6. Menghitung Waktu Periode dan Periode on

$$T = \frac{1}{f} \dots\dots\dots(1.11)$$

$$T_{on} = T D_{max} \dots\dots\dots(1.12)$$

Keterangan

T : Periode

f : Frekuensi

D_{max} : Duty Cycle max

7. Lilitan primer minimum

$$N_{p(min)} \geq \frac{L_p \cdot I_r}{B A_{cp}} \dots\dots\dots(1.13)$$

Keterangan

$N_{p(min)}$: Lilitan primer minimum

B : Kerapatan Fluks Optimum

A_{cp} : Luas Lubang Tengah

L_p : Induktansi Primer

8. Menghitung lilitan sekunder minimum

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} \dots\dots\dots(1.14)$$

Keterangan

N_s : Lilitan sekunder

V_s : Tegangan keluaran

N_p : Lilitan Primer

V_p : Tegangan Primer

9. Menghitung Induktansi Primer

$$LP = \frac{v_{min} \cdot Ton}{I_r} \dots\dots\dots (1.15)$$

Keterangan

LP : Induktansi Primer

2.3. Fuzzy

Fuzzy Logic Control merupakan kontrol dari proses pengambilan keputusan dengan aturan yang berfungsi untuk memecahkan permasalahan sulit, ambigu atau tidak jelas. Ketidakpastian atau ketidakjelasan inilah yang menjadi konsep dasar munculnya logika *fuzzy*. Prof. L.A. Zadeh (1965) memperkenalkan teori yang memiliki obyek – obyek dari himpunan *fuzzy* yang terdapat batasan – batasan yang tidak presisi dan keanggotaan dalam himpunan *fuzzy*, dan bukan dalam bentuk logika benar atau salah. Logika yang biasa digunakan adalah logika tegas yang dikenal antara benar atau salah. Tetapi di dalam logik *fuzzy* mengenal logika antara benar dan salah.

Kontrol logika *fuzzy* digolongkan ke dalam kontrol cerdas (*intelligent control*). *Fuzzy* mempunyai kemampuan dalam menyelesaikan masalah dari perilaku sebuah sistem yang kompleks. Secara umum kontrol logika *fuzzy* memiliki kemampuan sebagai berikut :

1. Kontrol logika *fuzzy* beroperasi tanpa campur tangan manusia secara langsung dan *real time*.
2. Dapat menyelesaikan masalah sistem yang kompleks, tidak linier dan stasioner.

Perancangan kontrol *fuzzy* harus memperhatikan faktor yang mendasari dari sistem *fuzzy*. Faktor mendasar tersebut adalah penskalaan dari *input/output* aturan dasar dari pengendali *fuzzy* dan tipe fungsi keanggotaan *fuzzy* yang digunakan. Penskalaan *input/output* terlebih dahulu ditentukan sebelum menentukan tipe fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan merupakan suatu kurva yang menunjukkan penempatan titik dari *input* dan *output* data ke dalam nilai keanggotaan. Menurut Kusumadewi & Purnomo (2010) alasan masih digunakannya *fuzzy logic* sampai sekarang, yaitu :

1. Konsep *fuzzy logic* mudah dimengerti
2. *Fuzzy logic* bersifat fleksibel dan memiliki toleransi terhadap data yang kurang tepat
3. *Fuzzy Logic* mampu membentuk fungsi nonlinier yang kompleks dan didasari pada bahasa alami

Beberapa bidang yang menerapkan dari konsep *fuzzy*, yaitu :

1. *Fuzzy rule based systems*
2. *Fuzzy nonlinier simulations*
3. *Fuzzy decision making*
4. *Fuzzy classification*
5. *Fuzzy pattern ecognition*
6. *Fuzzy control systems*

Himpunan *fuzzy* mempunyai istilah derajat keanggotaan (*member of degree*), interval dalam himpunan ini antara “0” dan “1” atau dinyatakan dalam notasi [0 1]. Menurut Kusumadewi & Purnomo (2010) nilai himpunan *fuzzy* memiliki 2 kemungkinan, yaitu:

1. Satu “1” mempunyai arti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan
2. Nol “0” mempunyai arti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Himpunan logika *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu :

1. Linguistik adalah penamaan suatu kelompok berdasarkan keadaan atau kondisi dengan menggunakan bahasa, contohnya : Berhenti, Pelan, Cepat.
2. Numeris atau angka adalah suatu nilai yang menunjukkan ukuran dari variabel, contohnya : 0, 50, 100, dsb.

Himpunan *fuzzy* (X) dalam semesta (Y) bisa dinyatakan sebagai pasangan yang berurutan dari elemen y dan mempunyai himpunan *fuzzy* sebagai berikut :

$$X = \{(y, uX(y)) \mid y \in Y\} \dots \dots \dots (1.16)$$

Keterangan

X : Notasi himpunan *fuzzy*

Y : Semesta pembicaraan

y : Elemen generik dari Y

$uX(y)$: Himpunan *fuzzy* dari y

Beberapa operator dasar yang digunakan dalam operasi himpunan *fuzzy*, yaitu :

1. AND

Operator AND dapat diperoleh dengan mengambil himpunan *fuzzy* terkecil antar elemen pada himpunan – himpunan yang bersangkutan.

$$uA \cap B = \min(uA[x], uB[y]) \dots\dots\dots(1.17)$$

2. OR

Operator OR dapat diperoleh dengan mengambil himpunan *fuzzy* terbesar antar elemen pada himpunan – himpunan yang bersangkutan.

$$uA \cup B = \max(uA[x], uB[y]) \dots\dots\dots(1.18)$$

3. NOT

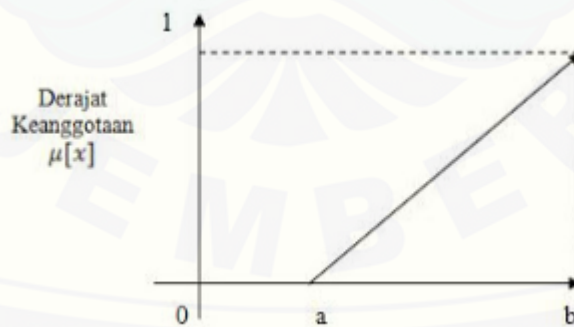
Operator NOT dapat diperoleh dengan mengambil himpunan *fuzzy* elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$uA' = 1 - uA[x] \dots\dots\dots(1.19)$$

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan.

a. Representasika Linier

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaanya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas.



Gambar 2.4 Representasi kurva Linier

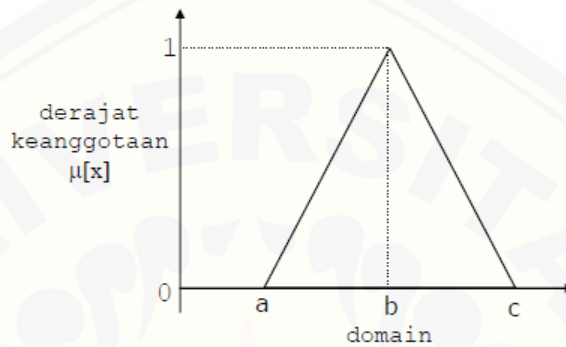
Fungsi keanggotaan

$$\mu(X) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \end{cases}$$

$$1; \quad x \geq b$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear)



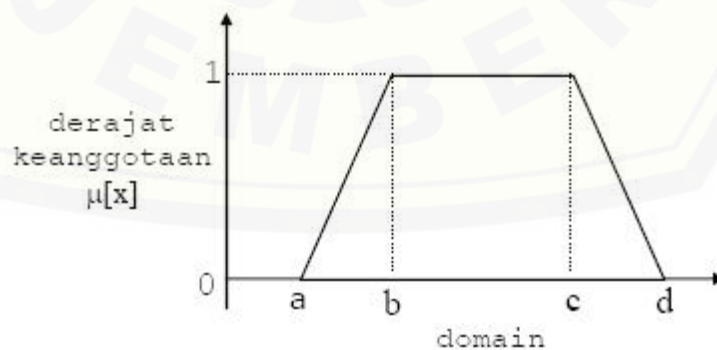
Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan :

$$\mu(X) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ (b-x)/(c-b); & b \leq x \leq c \end{cases}$$

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva Segitiga pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1



Gambar 2.6 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan :

{

$$\mu(X) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c); & x \geq d \end{cases}$$

2.3.1. Fuzzification

Fuzzification atau fuzifikasi merupakan proses yang dilakukan untuk mengubah variabel nyata menjadi variabel *fuzzy*. Proses tersebut berfungsi untuk mempermudah dalam memetakan masukan atau input *fuzzy* ke dalam jenis yang sesuai dengan himpunan *fuzzy*. Pemetaan dilakukan dengan bantuan model dari fungsi keanggotaan agar dapat diketahui besar masukan tersebut. Penggambaran fungsi keanggotaan terdapat beberapa jenis, antara lain :

1. Gaussian
2. Segitiga
3. Trapesium

Selain itu, terdapat komponen lainnya yang mempunyai peranan penting yaitu Label. Label didefinisikan dari fungsi keanggotaan, fungsi keanggotaan jika dikumpulkan maka akan menghasilkan *fuzzy set*.

2.3.2. Rule Evaluation

Rule evaluation atau aturan penilaian merupakan langkah kedua dalam logika *fuzzy*. Langkah tersebut akan mengubah variabel non *fuzzy* menjadi variabel *fuzzy* atau variabel numerik menjadi variabel linguistik. Nilai *error* dan *delta error* yang dikuantisasi oleh *fuzzy* dan setelah itu diubah ke dalam variabel *fuzzy*. Melalui *membership function* (fungsi keanggotaan) yang telah disusun, maka dari nilai *error* dan *delta error* kuantisasi akan didapatkan derajat keanggotaan bagi masing – masing nilai *error* dan *delta error*.

Secara umum, aturan – aturan *fuzzy* dinyatakan kedalam bentuk “IF-THEN” yang merupakan inti dari relasi *fuzzy*. Relasi *fuzzy*, dinyatakan dengan R dan disebut implikasi *fuzzy*. Relasi *fuzzy* dalam pengetahuan dasar sebagai gugus di implikasi *fuzzy*. Menurut Sibigthroth (1992) aturan penilaian atau *fuzzy inference* menggunakan teknik *min-max inference* untuk menentukan nilai akhir

berdasarkan sistem input. Terdapat dua model aturan penilaian yang digunakan secara umum dalam berbagai aplikasinya, yaitu :

1. Model Mamdani
2. Model Sugeno

2.3.3. Defuzzification

Defuzzifikasi atau *Defuzzification* adalah proses pengubahan besaran *fuzzy* yang disajikan dalam bentuk beberapa himpunan *fuzzy* keluaran dengan fungsi keanggotaannya untuk mendapatkan kembali bentuk tegasnya (*crisp*). Karena dalam aplikasi nyata nilai tegas (*crisp*) sangat dibutuhkan. Ketika suatu nilai *fuzzy output* yang berasal dari *rule evaluation* diambil dan dimasukkan kedalam *membership function output*. Bentuk dari bangun yang digunakan dalam himpunan fungsi keluaran adalah bentuk *singleton* yaitu garis lurus vertikal ke atas. Besar nilai *fuzzy output* dinyatakan sebagai *degree of membership function output*. Nilai – nilai tersebut akan dimasukkan ke dalam beberapa rumus berdasarkan permodelan yang digunakan. Pada model mamdani dikenal beberapa rumus yang digunakan, yaitu *Center Of Gravity* (COG), *Centroid Of Area* (COA), *Bisector Of Area* (BOA), dan *Mean Of Maximum* (MOM). Model sugeno mempunyai 2 rumus, yaitu Model *Fuzzy Sugeno Orde-Nol* dan Model *Fuzzy Sugeno Orde-Satu*. Rumus tersebut akan menghasilkan hasil akhir atau *crisp output* atau nilai analog yang akan dibutuhkan untuk mengolah data pada sistem telah dirancang.

2.4. Arduino Uno R3

Arduino Uno merupakan salah satu dari jenis arduino Arduino Uno R3 merupakan jenis – jenis dari arduino, sedangkan arduino adalah sebuah mikrokontroler yang memiliki sifat *open source* sehingga memudahkan dalam memakainya. Arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan memiliki bahasa pemrograman sendiri serta banyak bantuan *library* pada arduino. Arduino Uno R3 sendiri memiliki chip ATmega328p serta banyak pin pada *board* arduino. Gambar 2.8 menunjukkan *hardware* dari arduino uno R3.



Gambar 2.7 Bentuk hardware dari arduini UNO R3

Adapun spesifikasi dari arduino Uno R3 sendiri seperti pada tabel 2.1 dibawah ini

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Uno R3

Chip mikrokontroler	Atmega328P
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (yang direkomendasikan, via jack DC)	7V - 12V
Tegangan input (limit, via jack DC)	6V - 20V
Digital I/O pin	14 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM output
Analog Input pin	6 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB (Atmega328P), 0,5 KB telah digunakan untuk bootloader

2.5. Sensor Arus

Sensor arus adalah sensor yang digunakan untuk membaca arus pada sebuah rangkaian. Salah satu contoh sensor arus yang banyak digunakan, yaitu ACS712. ACS712 adalah sebuah modul sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus ACS712 dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor arus ACS712 telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas untuk pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang relatif kecil. Sensor jenis ini juga sering digunakan pada aplikasi-aplikasi di bidang industri, komersial, maupun

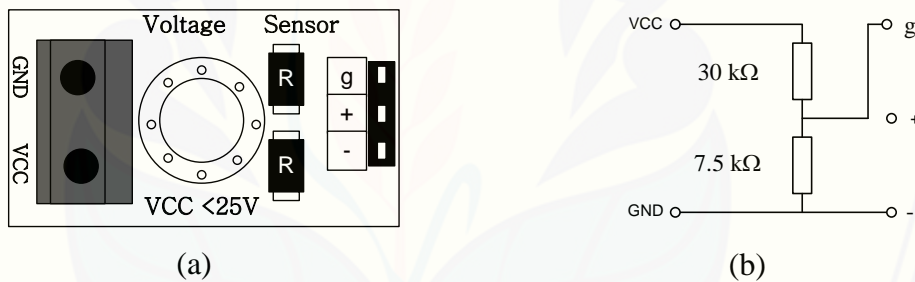
komunikasi. Contoh aplikasinya antara lain untuk sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih, dan lain sebagainya.



Gambar 2.8 Modul Sensor Arus ACS712

2.6. Sensor Tegangan

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



Gambar 2.9 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).

2.7. RTC

RTC (*Real time clock*) adalah sebuah chip jam elektronik yang digunakan untuk menghitung waktu (mulai dari detik hingga tahun) dengan akurat dan menjaga/menyimpan data waktu tersebut secara *real time*. Dikarenakan proses

kerja dari jam tersebut bekerja *real time*, maka setelah proses penghitungan waktu dilakukan, maka *output* datanya langsung disimpan atau dikirim ke devais lain melalui sistem antarmuka.

Chip RTC lebih 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.

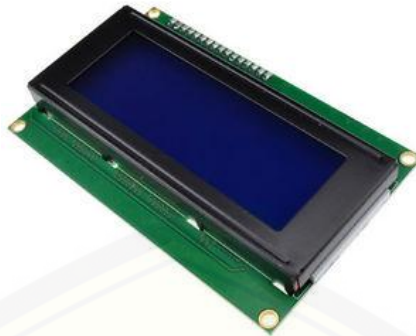


Gambar 2.10 Modul Real Time Clock (RTC) DS1307

2.8. Liquid Crystal Display

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD bisa memunculkan gambar atau tulisan dikarenakan terdapat banyak sekali titik cahaya (piksel) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai sebuah titik cahaya. Walau disebut sebagai titik cahaya, namun kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri.

Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD adalah lampu neon berwarna putih dibagian belakang susunan kristal cair tadi. Titik cahaya yang jumlahnya puluhan ribu bahkan jutaan inilah yang membentuk tampilan citra. Kutub kristal cair yang dilewati arus listrik akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnetik yang timbul. Oleh karenanya akan hanya membiarkan beberapa warna diteruskan. Sedangkan warna lainnya tersaring. Dalam menampilkan karakter untuk membantu menginformasikan proses dan control yang terjadi dalam suatu program. (Club Mikro, 2016)



Gambar 2.11 LCD 16x2

(Sumber : m.ebay.in, 2015)

Kaki pin LCD 20x4 memiliki beberapa fungsi dan kegunaan yang sesuai dengan karakteristik sebagai berikut :

a. Pin data

Pin data dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit. Pin data ini berguna untuk menampilkan data yang terbaca dari mikrokontroler.

b. Pin RS (*Register Select*)

Pin RS (*Register Select*) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika *low* menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika *high* menunjukkan yang masuk adalah data.

c. Pin R/W (*Read Write*)

Pin R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada LCD jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data. Pin R/W juga sering disebut dengan pin perintah.

d. Pin E (*Enable*)

Pin E (*Enable*) digunakan untuk membaca data baik masuk atau keluar. Data masukan ataupun keluaran dari mikrokontroler yang akan ditampilkan pada layar LCD 20x4.

e. Pin LCD

Pin LCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 Kohm, jika tidak digunakan dihubungkan dengan

ground, sedangkan tegangan catu daya yang dibutuhkan untuk mengaktifkan LCD sebesar 5 volt (Gandoria, 2014).

2.9. Battery atau ACCU

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



Gambar 2.12 Battery atau Accu

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

a. *Discharging* Baterai Aki

Kapasitas baterai sebesar 100 Ampere hour, artinya arus baterai akan habis dalam satu jam, bila beban menggunakan 100 Ampere. Level discharge baterai aki yang direkomendasikan adalah sampai dengan tegangan 1.75 Volt per sel. Baterai aki akan rusak apabila tegangan per sel lebih kecil dari 1.75 Volt (atau 10.5 Volt untuk baterai 12 Volt).

Masa baterai dihitung dalam jumlah cycle. Satu cycle adalah satu kali penggunaan dan pengisian. Depth of discharge (jumlah pemakaian ampere baterai), mempengaruhi jumlah cycle baterai aki. Pada suhu 25 derajat Celcius:

150- 200 cycle dengan 100 persen depth of discharge (full discharge).

400- 500 cycle dengan 50 persen depth of discharge (partial discharge).

1000u lebih dengan 30 persen depth of discharge (shallow discharge).

b. *Charging* Baterai Aki

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

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

Energi yang dapat disimpan dalam baterai dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Wh = Ah \times V$$

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Pada proses penelitian pada tugas akhir ini, maka akan dilakukan beberapa tahapan sesuai diagram kerja yang telah ada diatas. Adapun langkah-langkah penelitian yaitu:

a. Studi Literatur.

Tahap ini merupakan tahapan untuk mencari sumber informasi terkait penelitian yang akan dilakukan, dengan informasi yang didapat maka akan menjadi acuan untuk mencapai hasil penelitian.

b. Melakukan perancangan perangkat lunak dan perangkat keras.

Sebelum pembuatan alat DC/DC *Flyback Converter*, terlebih dahulu dibuat simulasi pada proteus..

c. Melakukan pembelian komponen.

Dengan didapatkannya referensi dari beberapa literature pendukung, serta dari data hasil pemodelan, maka akan direncanakan tahap pembelian alat dan bahan yang tentunya sesuai kebutuhan.

d. Melakukan pembuatan DC-DC *Flyback Converter*.

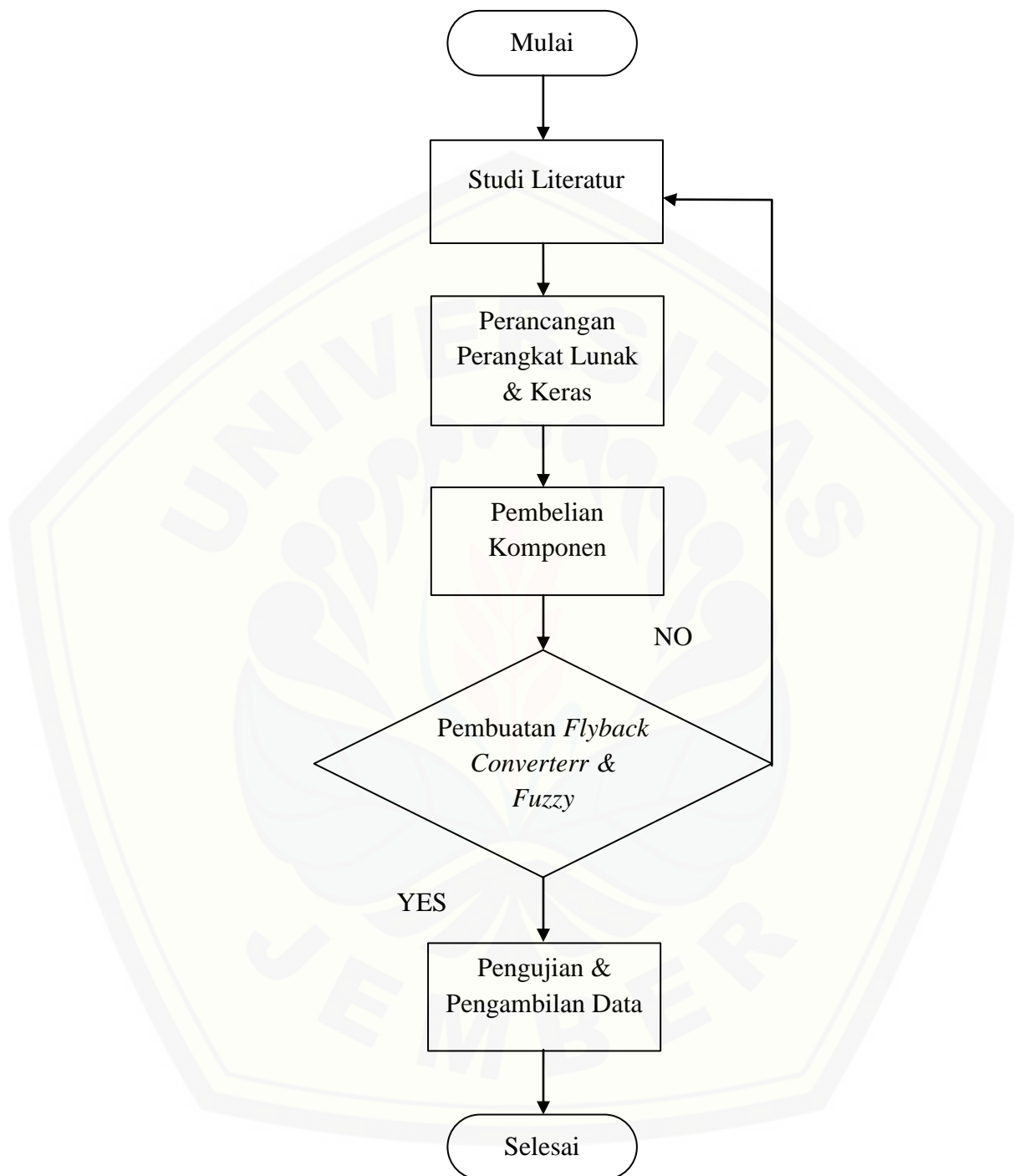
Setelah didapatkan informasi mengenai *Flyback Converter*, langkah selanjutnya yakni pembuatan rangkaian converter *Flyback Converter*..

e. Melakukan pengujian pengintegrasian perangkat keras dan perangkat lunak.

Pertama pengujian ini dilakukan secara terpisah dan selanjutnya akan dilakukan pengujian secara keseluruhan. Setelah dibuat *Flyback converter* dengan sistem kontrol *FUZZY* maka langkah selanjutnya melakukan langkah eksperimen berupa pengujian converter dengan menggunakan beban yang bervariasi. Dengan pengujian tersebut akan didapat data untuk selanjutnya dianalisis

f. Menganalisa data yang telah diperoleh saat pengujian.

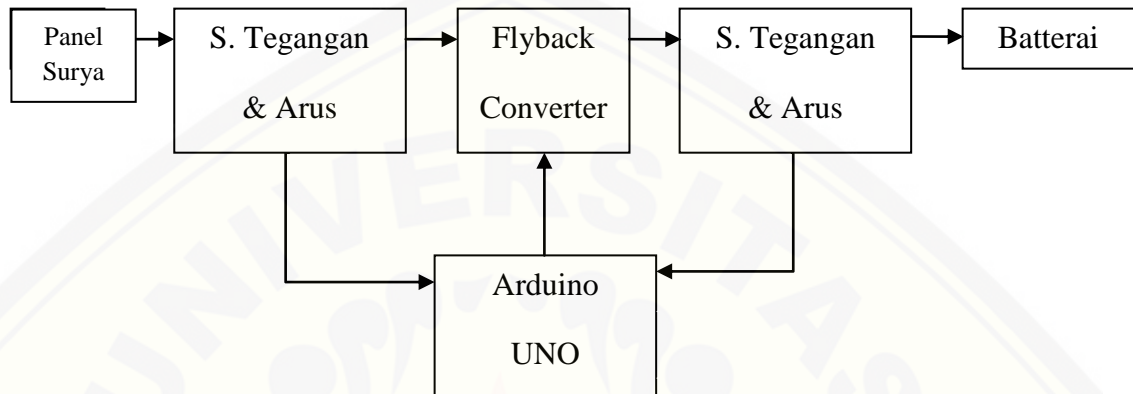
Setelah tahap pengujian dilakukan dan didapatkan data, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan analisis terhadap data yang telah didapat. Analisis tersebut berfungsi untuk mengetahui tegangan keluaran dari *Flyback converter* setelah menggunakan sistem kontrol *FUZZY*.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Perancangan Model Penelitian

Perancangan desain alat mengenai *flyback converter* dimulai dengan menentukan beberapa komponen yang digunakan dan melakukan simulasi rangkaian, seperti pada gambar 3.2 menunjukkan diagram blok sistem kerja dari penelitian ini.

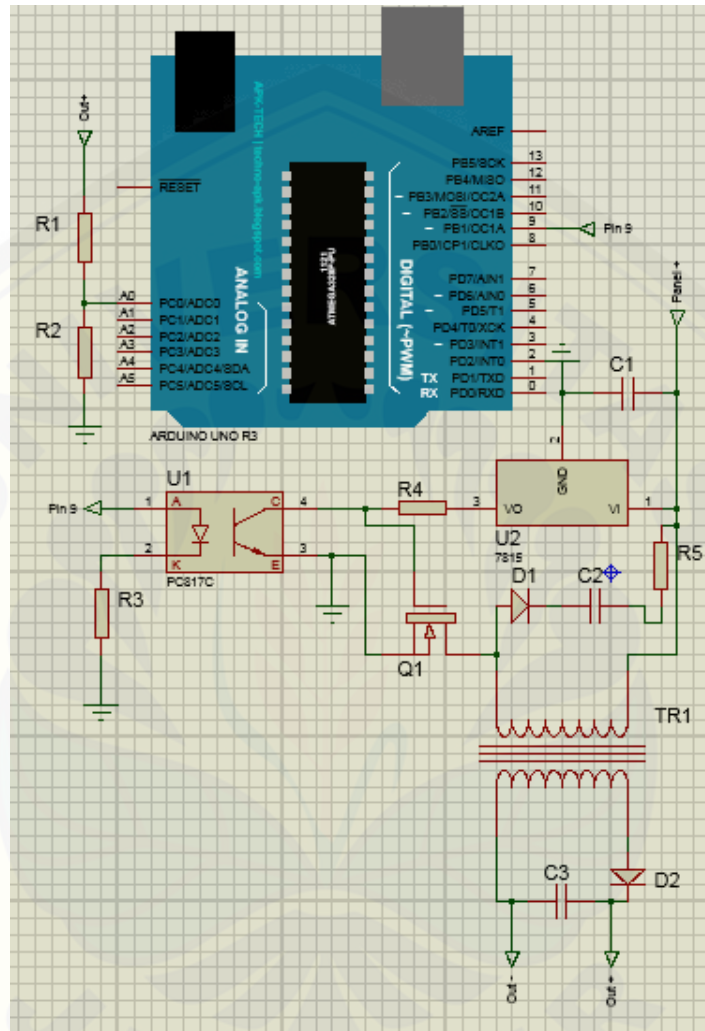


Gambar 3.2 Gambar Blok Sistem Kerja

Pada gambar 3.2 menunjukkan diagram blok sistem kerja penelitian ini. Ketika aki memberikan melakukan proses *discharge* maka mikrokontroller akan mulai bekerja dan mendeteksi berapa energi listrik yang dihasilkan oleh aki. Tegangan keluaran dari *flyback converter* akan ditentukan set pointnya untuk menjaga kestabilan dengan cara menggunakan metode *fuzzy*. Input dari metode *fuzzy* adalah nilai *error* dan *delta error*, yang mana nilai *error* merupakan selisih antar nilai setpoint (V_{reff}) dengan nilai terukur dari tegangan keluaran *flyback converter*. Sedangkan *delta error* adalah selisih antara *error* pada waktu sekarang ($error(t)$) dengan *error* pada waktu sebelumnya ($error(t-1)$). Output dari metode kontrol *fuzzy* ini adalah nilai *pwm* yang dikeluarkan oleh mikrokontroller. Proses perulangan dalam kontrol *fuzzy* ini akan dilakukan apabila terjadi tidak kesesuaian antara nilai dari setpoint yang telah ditentukan. Sehingga nilai tegangan keluaran dari *flyback converter* akan stabil dan sesuai dengan setpoint yang telah ditentukan. Riwayat dari nilai tegangan dan arus input dan output dari *flyback converter* akan disimpan melalui *data logger*.

3.2.1. Perancangan Perangkat Keras

Pada penelitian ini digunakan DC/DC *converter* dengan jenis *Flyback Converter*.



Gambar 3.3 Rangkaian Dasar Flyback Converter

Pada gambar 3.3 merupakan gambar rangkaian *Flyback Converter*, dimana terdapat beberapa komponen yakni, transformator, dioda, kapasitor, mosfet, arduino Uno R3, Optocoupler dan Regulator. Untuk mendesain DC/DC *Flyback Converter* diperlukan beberapa parameter utama, yaitu spesifikasi dari *converter* tersebut. Spesifikasi tersebut disesuaikan dengan spesifikasi panel surya yang digunakan dan kapasitas baterai yang digunakan. Berikut ini spesifikasi DC/DC *Flyback Converter* yang akan dibuat :

Tabel 3.1 Spesifikasi DC/DC Flyback Converter.

Tegangan Input (min-max)	17.4 - 21 Volt
Tegangan Output	26 Volt
Arus maksimal	0.6 Ampere
Frekuensi	40 kHz
Duty Cycle	40%

Parameter dalam melakukan perancangan sebagai berikut :

1. Menentukan inti transformator

Transformator yang digunakan berjenis ferrit dengan tipe ETD39. Nilai B atau kerapatan fluks magnet sebesar 410mT dan A_{cp} atau luas lubang tengah sebesar 63.6mm². Frekuensi yang digunakan sebesar 40kHz .

2. Menghitung Daya Output

$$P_{out} = P_{in} \times \eta$$

$$= 20 \times 0.8 = 16 \text{ Watt}$$

3. Mengitung Arus Output

$$I_{out} = \frac{P_{out}}{V_{out}} = \frac{16}{26} = 0,6 \text{ A}$$

4. Menghitung Rasio Lilitan

$$N_r = V_p / V_s = 17.4 / 26 = 0.6$$

5. Menghitung Arus rata-rata Input

$$I_r = \frac{P_{in}}{V_{pmin}} = \frac{20}{17.4} = 1.15 \text{ A}$$

6. Menghitung Arus Peak

$$I_{pk} = \frac{I_r}{D \cdot N_r} = \frac{1.15}{0.4 \times 0.6} = 4,79 \text{ A}$$

7. Menghitung waktu periode on

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{40000} = 25 \mu\text{s}$$

$$T_{on} = T \cdot D_{max} = 25 \times 0,4 = 10 \mu\text{s}$$

8. Menghitung Induktansi Primer

$$L_p = \frac{V_{pmin} \cdot T_{on}}{I_r} = \frac{17.4 \times 10}{1.15} = 151,3 \mu\text{H}$$

9. Menghitung Jumlah Lilitan Primer

$$N_{p(\min)} \geq \frac{L_p \cdot I_r}{B A_{cp}} = \frac{151,3 \times 1,15}{0,2 \times 125} = 6,9 = 7 \text{ Lilitan}$$

10. Menghitung Jumlah Lilitan Sekunder

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{7}{26} = \frac{17,4}{26}$$

$$N_s = 11,6$$

3.3. Spesifikasi Panel Surya 20 Wp *Polycrystalline*.

Panel Surya 20 Wp *Polycrystalline* memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis *monocrystalline* yang menghasilkan daya listrik yang sama. menggunakan sel surya dengan lapisan SiN yang memberikan solusi kebutuhan listrik pedesaan bahkan perkotaan untuk solusi penghematan energi listrik. Diaplikasi untuk *Solar Home System* 20 Wp, PJU Tenaga Surya 15 Watt, *Warning Light* Tenaga Surya, CCTV Tenaga Surya. Solar Panel ini memiliki susunan kristal secara acak dan diproduksi dengan proses pencetakan/pembentukan. Dengan bentuknya yang persegi, maka kerapatan *polycrystalline* cukup bagus dan mampu mendapatkan energi dari matahari walaupun matahari tertutup awan (cuaca mendung).



Gambar 3.4 Panel Surya 20 Wp Polycrystalline

Tabel 3.2 Datasheet Surya 20 Wp Polycrystalline

P. Max	20 Watt
Vmp	17.4 Volt
Imp	1.15 Ampere
Voc	22.40 Volt
Isc	1.13 Ampere
Temperature range	-45°C- 80°C
Max. system voltage	700 Volt

Pada tabel 3.2 dijelaskan tentang spesifikasi dari panel surya 20 Wp *Polycrystalline* daya maksimum yang dihasilkan panel 20 Watt, tegangan *maximum power point* sebesar 17.40 Volt , arus *maximum power point* sebesar 1.15 Ampere , tegangan *open circuit* sebesar 22.40 Volt, besar arus *short circuit* 1.13 Ampere , *temperature range* -45°C sampai 80°C dan *maximum system voltage* 700 Volt.

3.4. Baterai VRLA

Pada penelitian ini akan digunakan baterai aki kering bertipe VRLA (*Valve Regulated lead Acid*). Baterai ini berfungsi sebagai beban yang akan menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya.



Gambar 3.5 Baterai VRLA 12V/4,5Ah

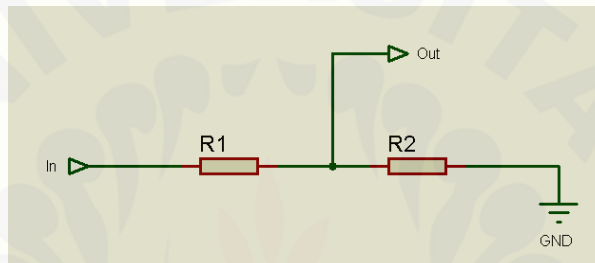
Spesifikasi dari baterai yang digunakan yaitu mempunyai tegangan nominal sebesar 12 volt dengan arus sebesar 4,5 Ah. Pengujian charging baterai

akan dilakukan dengan baterai yang disusun secara seri untuk mendapatkan tegangan baterai 24 Volt.

Tabel 3.3 hubungan standar tegangan charging

		0°C	25°C	40°C
Cycle use	6V	7.7	7.4	7.1
	12V	15.4	14.7	14.2
Trickle use	6V	7.1	6.8	6.7
	12V	14.1	13.7	13.4

3.5. Perencanaan Sensor Tegangan



Gambar 3.6 Rangkaian Sensor Tegangan

Untuk perhitungan dari perancangan sensor tegangan output ini adalah :

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

dimana, $V_{out} = 5$; $V_{in} = 30$; $R_1 = 20k$

$$5 = \frac{30 \times R_2}{20k + R_2}$$

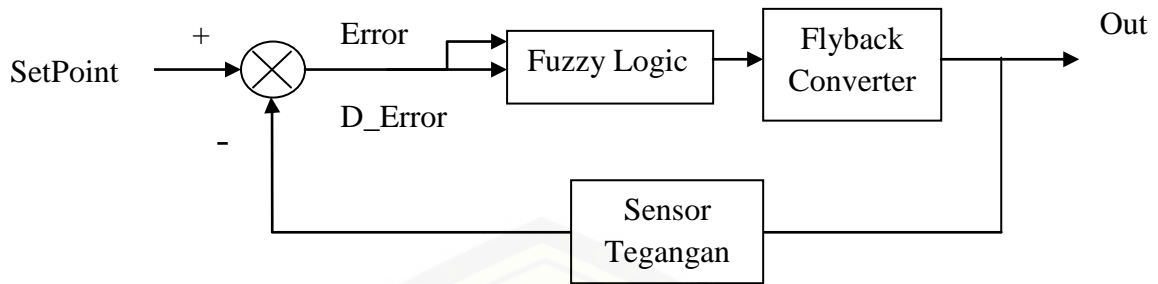
$$5 \times (20k + R_2) = 30 \times R_2$$

$$100.000 + 5R_2 = 30R_2$$

$$100.000 = 25R_2 \quad R_2 = 4000 \text{ ohm} = 3.9K$$

3.6. Perencanaan Sistem Kontrol Fuzzy

Perancangan kontrol *fuzzy* untuk DC/DC Converter dirancang secara sistematis. Logika *fuzzy* ini akan diimplementasikan secara langsung ke dalam sebuah *embedded system* yang berupa arduino UNO R3. Beberapa tahap akan dilakukan untuk merancang kontrol tersebut, yaitu dimulai dari tahap *fuzzyfikasi*, *inferent* dan *defuzzifikasi*.



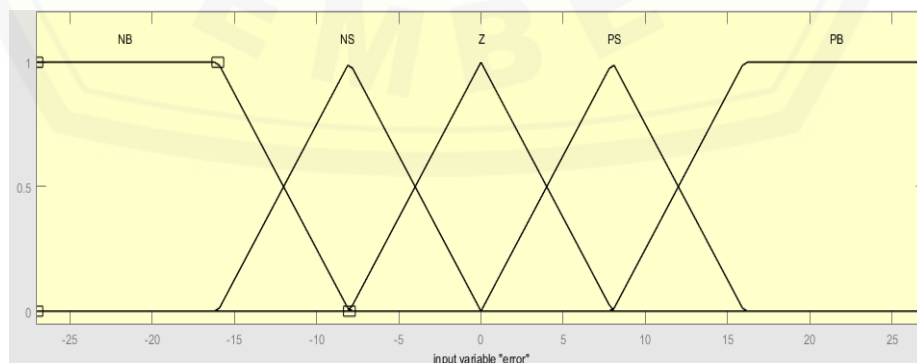
Gambar 3.7 Flowchart Sistem DC/DC Converter

Gambar diatas merupakan blok sistem DC-DC Converter yang menggunakan kontrol *fuzzy*. Mikrokontroller akan membaca nilai adc dari beban dan kemudian akan dihitung nilai *error* dan *delta error* dari nilai *volt reff* yang sudah ditentukan. Output dari kontrol *fuzzy* berupa PWM yang masuk ke DC/DC Converter.

a. Tahap Fuzzyfikasi

Tahap awal pembuatan kontrol *fuzzy* adalah *fuzzyfikasi*, yang mana di tahap ini akan dilakukakn membuat himpunan keanggotaan untuk *error* dan *delta error*. Setelah itu menghitung derajat keanggotaan masing – masing nilai *error* dan *delta error*. Keanggotaan pada *membership function error* dibagi menjadi 5, yaitu NB (*Negative Big*), NS (*Negative Small*) , Z (*Zero*), PS (*Positive Small*) dan PB (*Positive Big*)

Set point yang telah ditentukan sebesar 26 dan digunakan untuk membuat *membership function* dan juga pada proses perhitungan *error* dan *delta error*. Nilai set point tersebut digunakan sebagai acuan dalam kontrol agar tetap stabil pada nilai tersebut.



Gambar 3.8 Membership function nilai error

Sistem pengendalian ini bertujuan untuk mengendalikan tegangan, maka kendali tersebut dilakukan berdasarkan *error* (e) tegangan dan perubahan error tegangan atau *delta error* (de). Kontroller akan membaca sinyal dari sensor tegangan yang dipasang pada jalur output dari DC/DC Converter dan menerima *input* berupa tegangan referensi. Kontrol *fuzzy* akan memproses selisih tegangan terukur dari sensor tegangan dengan tegangan referensi dan hasilnya menjadi $e(t)$. Setelah itu kontrol *fuzzy* akan memproses selisih antara nilai *error* tersebut dengan nilai *error* sebelumnya $error(t-1)$ dan menjadikannya *delta error* (de). Hasil dari kedua perhitungan tersebut akan diproses ke tahapan selanjutnya.

Perhitungan *membership function error* dalam proses pembuatan program pada arduino UNO R3, yaitu :

- a. Jika $-27 \leq E \leq -16$

$$NB = 1$$

- b. Jika $-16 \leq E \leq -8$

$$NB = \frac{b-E}{b-a} = \frac{-8-E}{-8+16} = \frac{-8-E}{8}$$

$$NS = \frac{E-a}{b-a} = \frac{E+16}{-8+16} = \frac{E+16}{8}$$

- c. Jika $-8 \leq E \leq 0$

$$NS = \frac{b-E}{b-a} = \frac{0-E}{0+8} = \frac{-E}{8}$$

$$Z = \frac{E-a}{b-a} = \frac{E+8}{0+8} = \frac{E+8}{8}$$

- d. Jika $0 \leq E \leq 8$

$$Z = \frac{b-E}{b-a} = \frac{8-E}{8+0} = \frac{8-E}{8}$$

$$PS = \frac{E-a}{b-a} = \frac{E-0}{8+0} = \frac{E}{8}$$

- e. Jika $8 \leq E \leq 16$

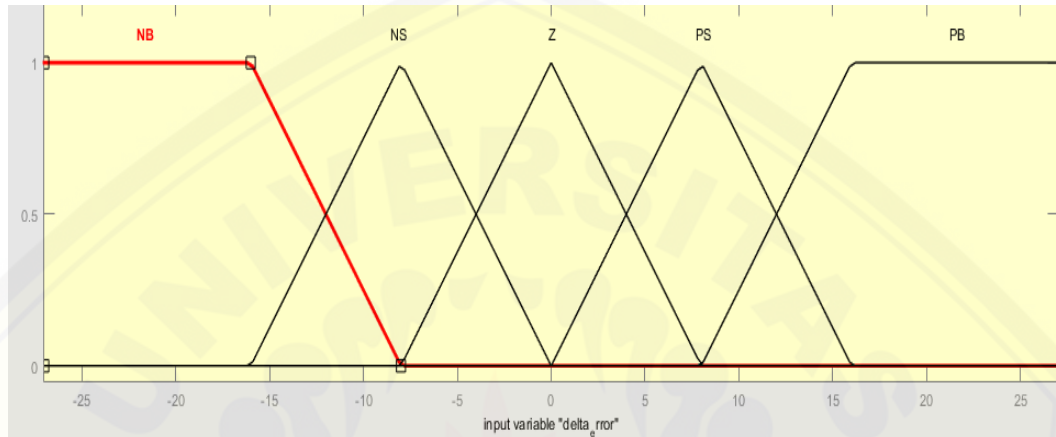
$$PS = \frac{b-E}{b-a} = \frac{16-E}{16-8} = \frac{16-E}{8}$$

$$PB = \frac{E-a}{b-a} = \frac{E-8}{16-8} = \frac{E-8}{8}$$

- f. Jika $16 \leq E \leq 27$

$$PB = 1$$

Perancangan pembuatan *membership function delta error* sama dengan *error*. Nilai dari *delta error* dihitung selisih dari nilai *error* sekarang dengan nilai *error* sebelumnya. Keanggotaan pada *membership function delta error* dibagi menjadi 5, yaitu NB (*Negative Big*), NS (*Negative Small*), Z (*Zero*), PS (*Positive Small*) dan PB (*Positive Big*).



Gambar 3.9 Membership function nilai delta error

- a. Jika $-27 \leq \Delta E \leq -16$

$$NB = 1$$

- b. Jika $-16 \leq \Delta E \leq -8$

$$NB = \frac{b - \Delta E}{b - a} = \frac{-8 - \Delta E}{-8 + 16} = \frac{-8 - \Delta E}{8}$$

$$NS = \frac{\Delta E - a}{b - a} = \frac{\Delta E + 16}{-8 + 16} = \frac{\Delta E + 16}{8}$$

- c. Jika $-8 \leq \Delta E \leq 0$

$$NS = \frac{b - \Delta E}{b - a} = \frac{0 - \Delta E}{0 + 8} = \frac{-\Delta E}{8}$$

$$Z = \frac{\Delta E - a}{b - a} = \frac{\Delta E + 8}{0 + 8} = \frac{\Delta E + 8}{8}$$

- d. Jika $0 \leq \Delta E \leq 8$

$$Z = \frac{b - \Delta E}{b - a} = \frac{8 - \Delta E}{8 + 0} = \frac{8 - \Delta E}{8}$$

$$PS = \frac{\Delta E - a}{b - a} = \frac{\Delta E - 0}{8 + 0} = \frac{\Delta E}{8}$$

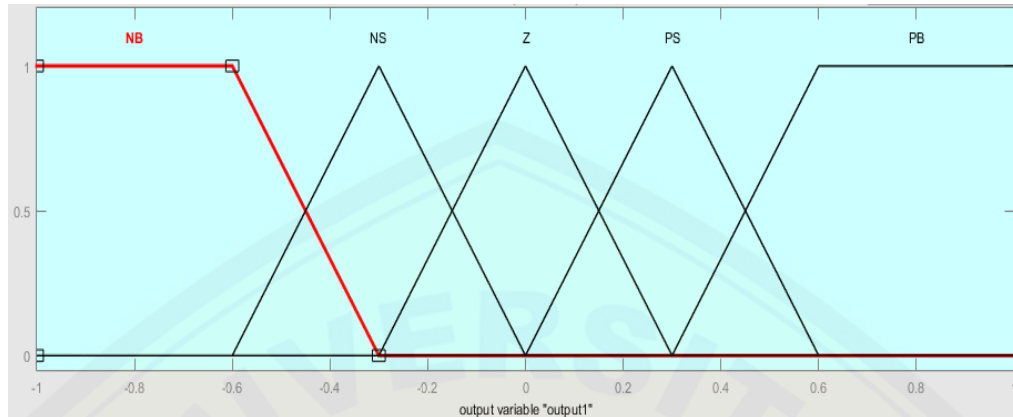
- e. Jika $8 \leq \Delta E \leq 16$

$$PS = \frac{b - \Delta E}{b - a} = \frac{16 - \Delta E}{16 - 8} = \frac{16 - \Delta E}{8}$$

$$PB = \frac{\Delta E - a}{b - a} = \frac{\Delta E - 8}{16 - 8} = \frac{\Delta E - 8}{8}$$

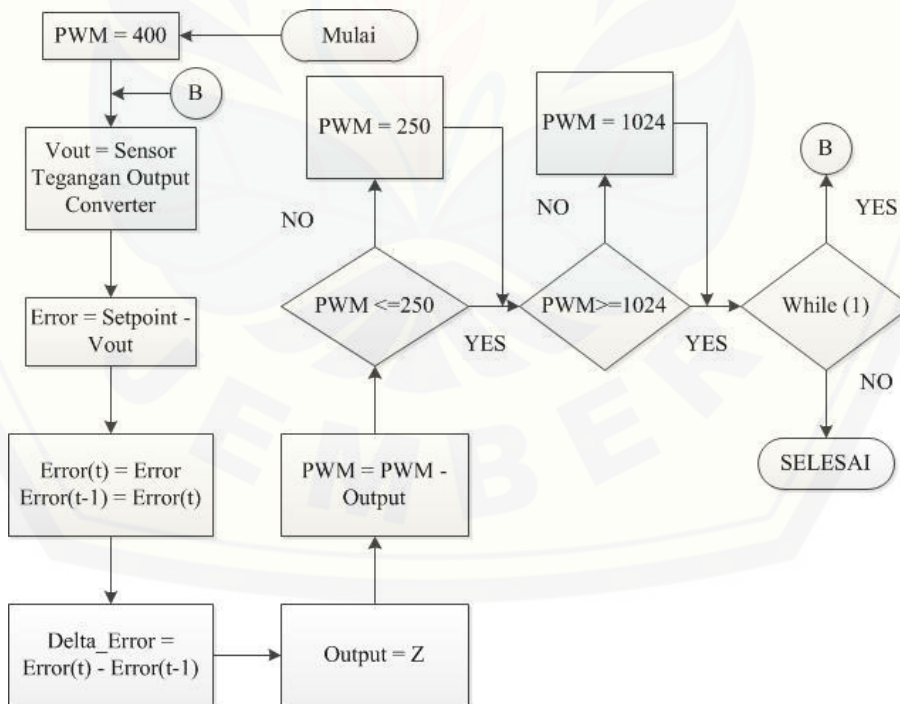
f. Jika $16 \leq \Delta E \leq 27$

$$PB = 1$$



Gambar 3.10 Membership function nilai output

Pada gambar 3.10 merupakan *membership function* nilai *output* yang digunakan di kontrol fuzzy. Range nilai dari -1 sampai 1 dengan dibagi menjadi 5 kurva yaitu NB (*Negative Big*), NS (*Negative Small*), Z (*Zero*), PS (*Positive Small*) dan PB (*Positive Big*).



Gambar 3.11 Flowchart Program

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

b. Tahap Rule Evaluation

Tahap *rule evaluation* merupakan tahap pemetaan nilai derajat keanggotaan dari masing – masing *error* dan *delta error* ke dalam tabel yang berisi basis aturan yang dipilih (*rule base*) dan menggunakan sebuah metode untuk pemilihan nilai dari derajat keanggotaan. Tabel *rule base* dapat dilihat pada tabel 3.4

Tabel 3.4 Rule Base

E/DE	NB	NS	Z	PS	PB
NB	NB	NB	NS	NS	Z
NS	NB	NS	NS	Z	PS
Z	NS	NS	Z	PS	PS
PS	NS	Z	PS	PS	PB
PB	Z	PS	PS	PB	PB

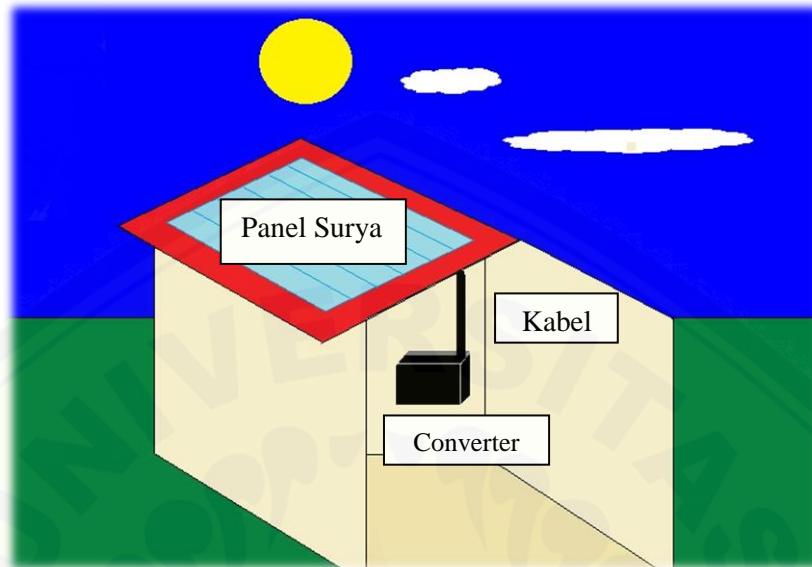
c. Tahap Defuzzyfikasi

Tahap *defuzzyfikasi* merupakan tahap penegasan atau tahap terakhir dari kontrol *fuzzy*. Input dari proses *defuzzyfikasi* adalah himpunan dari komposisi aturan metode MAX yang sebelumnya hasil dari fungsi implikasi MIN. Sedangkan output yang dihasilkan adalah bilangan pada domain himpunan *fuzzy*. Metode yang digunakan dalam *defuzzyfikasi* adalah metode *centroid*. Persamaan perhitungan *centroid* sebagai berikut :

$$Z^* = \frac{\int u_x(z).zdz}{\int u_x(z)dz} \dots\dots\dots(1.20)$$

3.7. Desain Perancangan Alat

Desain alat pada penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 3.12 Rangkaian Desain Alat

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan analisa dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil dari perancangan dan pembuatan flyback converter mempunyai nilai efisiensi tertinggi sebesar 63,52% dengan kemampuan arus yang dikeluarkan sebesar 0,72 A dengan beban sebesar 27Ω , serta dalam mengisi baterai 2x12Volt kapasitas 4,5 Ah membutuhkan waktu selama 11 jam 40 menit dari tegangan 22,89 - 25.24 Volt.
2. Kestabilan tegangan output dari converter dengan menggunakan kontrol fuzzy membutuhkan recovery time yang lama apabila nilai beban resistif semakin kecil. Saat menggunakan beban resistif dengan nilai 27 Ohm, rise time yang diperlukan selama 90 detik dan rise time paling cepat dengan beban resistif 50 Ohm, yaitu selama 65 detik.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian, penulis memberikan saran untuk mengembangkan dari penelitian berikutnya. Saran yang diberikan sebagai berikut ini :

1. Mengembangkan dengan metode kontrol Neural Network agar mengetahui perbedaan antara metode sebelumnya.
2. Mengembangkan rangkaian snubber pada flyback converter sehingga memperoleh efisiensi yang tinggi.
3. Converter dapat diganti menggunakan half bridge atau full bridge.
4. Menambahkan interface monitoring alat secara real time.

DAFTAR PUSTAKA

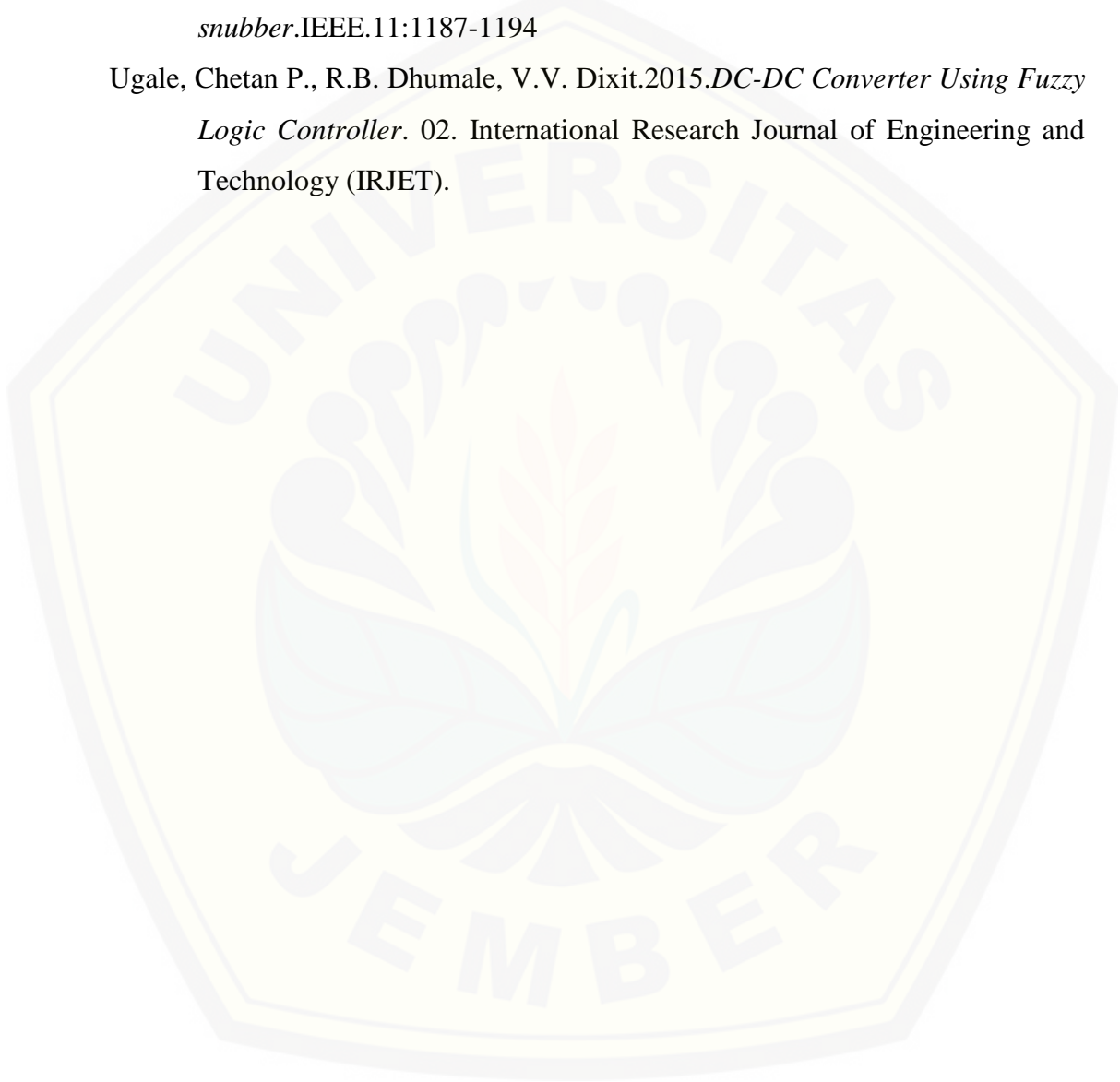
- Afiv, Ahmad. *Uninterruptible Power Supply Menggunakan Flyback Converter Sebagai Pfc Converter*. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Surabaya.
- Arduino LLC. (2015). www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno. Dipetik November 08, 2016, dari [arduino.cc/en](http://www.arduino.cc/en).
- Autodesk.Inc. (2015). [id/Arduino-Voltage-Sensor-0-25V/](http://www.instructables.com/id/Arduino-Voltage-Sensor-0-25V/). Dipetik Oktober 12, 2016, dari instructables: <http://www.instructables.com/id/Arduino-Voltage-Sensor-0-25V/>
- Colonel W.M. T. Mcllyman,. 2004. *Transformerand Inductor Design Hand Book : Third Edition revised and Expanded* . California:Marcell Dekker.
- Coruh, Urgan, Erfidan.2010.*Design and Implementation of Flyback Converters*. Turkey. *Department of Electrical Engineering*.IEEE.5:1189-1193
- Direktorat Jendral Ketenagalistrikan Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral.2017.*Statistik Ketenagalistrik 2016*.Edisi No.30.Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.
- Halder, T.2017. *An improved design guideline of the PWM flyback converter for the practical engineer*.IEEE.221-226
- Himawan, H. M., Setyawawti, O., & Suyono, H. 2016. *Pemodelan Fuzzy Logic Control untuk pengendali PWM pada Buck Converter*. *JNTETI, Vol.5, No. 1*.
- Jagadeesh S, Bhoopendra Kumar Singh, & Vinod S Chippalkatti.2017. *Design and Implementation of Pulsed Output Interleaved Flyback Converter with Lossless snubber and current mode control*.IEEE.53-58
- Kusumadewi, S., & Hartati, S. 2006. *NEURO FUZZY: Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mclyman, Colonel Wm. T. 2011. *Transformer and Inductor Desaign Handbook Fourth Edition*. USA.

Nawawi, Ibrahim dan Bagus Fatkhurrozi. *Studi Komparasi Kendali Motor DC dengan Logika Fuzzy Metode Mamdani dan Sugeno*. Universitas Tidar. Magelang.

Rashid, Muhammad H. 2011. *Power Electronics Handbook Third Edition*.USA.

Soltanzadeh, Karim & Mohammad Reza Yousefi.2018. *Analysis and design of two-switch flyback converter with double passive lossless snubber*.IEEE.11:1187-1194

Ugale, Chetan P., R.B. Dhumale, V.V. Dixit.2015.*DC-DC Converter Using Fuzzy Logic Controller*. 02. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET).



LAMPIRAN

A. LISTING PROGRAM

```
#include <LiquidCrystal.h>
const int rs = 2, en = 3, d4 = 5, d5 = 6, d6 = 7, d7 = 8;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
#include <TimerOne.h>
#include "fis_header.h"

// Number of inputs to the fuzzy inference system
const int fis_gcI = 2;
// Number of outputs to the fuzzy inference system
const int fis_gcO = 1;
// Number of rules to the fuzzy inference system
const int fis_gcR = 25;

FIS_TYPE g_fisInput[fis_gcI];
FIS_TYPE g_fisOutput[fis_gcO];
int PWMOut = 9;
float PWMVal = 400;
float value1;
float value2;
float vout1 = 0.00;
float vin1 = 0.00;
float vout2 = 0.00;
float vin2 = 0.00;
float adc_Volt1= 0.00, temp1;
float adc_Volt2= 0.00, temp2;
float daya1 = 0.00;
float daya2 = 0.00;
float R3 = 6660.0;
float R4 = 1820.0;
```

```
float R1 = 6600.0; // Resistor 100k
float R2 = 985.0; // Resistor 10k
float SetPoint = 24, Error = 0, DError = 0, ErrorT = 0;
const int analogInput0 = A0;
const int analogInput1 = A1;
unsigned long lastTime = 0;
int sample=0;
int interval = 1000,Kap=0;
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"
RTC_DS1307 rtc;
// Setup routine runs once when you press reset:
void setup(void)
{
  Timer1.initialize(25); // 5 us = 200 kHz
  pinMode(PWMOut , OUTPUT);
  lcd.begin(18, 4);
  Serial.begin(57600);
  if (! rtc.begin()) {
    Serial.println("Couldn't find RTC");
    while (1);}
  if (! rtc.isrunning()) {
    Serial.println("RTC is NOT running!");
    // following line sets the RTC to the date & time this sketch was compiled
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
    // This line sets the RTC with an explicit date & time, for example to set
    // January 21, 2014 at 3am you would call:
    // rtc.adjust(DateTime(2014, 1, 21, 3, 0, 0));
  }
}
```

```
// Loop routine runs over and over again forever:
```

```
void loop(void)
```

```
{ unsigned long currentTime = millis();
```

```
  Sensor_tegangan();
```

```
  Sensor_arus();
```

```
  Daya();
```

```
  DateTime now = rtc.now();
```

```
  DateTime future (now);
```

```
  Error = SetPoint - vin1;
```

```
  DError = Error - ErrorT;
```

```
  // Read Input: error
```

```
  g_fisInput[0] = Error;
```

```
  // Read Input: derror
```

```
  g_fisInput[1] = DError;
```

```
  g_fisOutput[0] = 0;
```

```
  //Defuzzyfikasi
```

```
  fis_evaluate();
```

```
  PWMVal = PWMVal - g_fisOutput[0];
```

```
  if (PWMVal < 250){
```

```
    PWMVal = 250;}
```

```
  if (PWMVal > 600){
```

```
    PWMVal = 600;}
```

```
  // Set output vlaue: output1
```

```
  Timer1.pwm(PWMOut , PWMVal);
```

```
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("Setpoint :");  
lcd.print(SetPoint);  
lcd.print(" Volt");  
if (currentTime - lastTime >= interval)  
{ lastTime = currentTime;  
  lcd.setCursor(0,1);  
  lcd.print("Vout :");  
  lcd.print(vin1);  
  lcd.print(" Volt");  
  lcd.setCursor(0,2);  
  lcd.print(" Vin :");  
  lcd.print(vin2);  
  lcd.print(" Volt");  
  lcd.setCursor(0,3);  
  lcd.print(" Kapasitas :");  
  lcd.print(Kap);  
  lcd.print(" %");  
  Serial.print(PWMVal);  
  Serial.print(" | ");  
  Serial.print(vin1);  
  Serial.print(" | ");  
  Serial.print(vin2);  
  Serial.print(" | ");  
  Serial.print(adc_Volt1);  
  Serial.print(" | ");  
  Serial.print(adc_Volt2);  
  Serial.print(" | ");  
  Serial.print(daya1);  
  Serial.print(" | ");  
  Serial.print(daya2);
```

```

Serial.print(" | ");
Serial.print(future.hour(), DEC);
Serial.print('|');
Serial.print(future.minute(), DEC);
Serial.print('|');
Serial.print(future.second(), DEC);
Serial.println();}
ErrorT = Error;
}

//*****
*****
// Support functions for Fuzzy Inference System
//*****
*****
// Trapezoidal Member Function
FIS_TYPE fis_trapmf(FIS_TYPE x, FIS_TYPE* p)
{
    FIS_TYPE a = p[0], b = p[1], c = p[2], d = p[3];
    FIS_TYPE t1 = ((x <= c) ? 1 : ((d < x) ? 0 : ((c != d) ? ((d - x) / (d - c)) : 0)));
    FIS_TYPE t2 = ((b <= x) ? 1 : ((x < a) ? 0 : ((a != b) ? ((x - a) / (b - a)) : 0)));
    return (FIS_TYPE) min(t1, t2);
}

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

```



```
if ((a == b) && (b == c)) return (FIS_TYPE) (x == a);
if (a == b) return (FIS_TYPE) (t2 * (b <= x) * (x <= c));
if (b == c) return (FIS_TYPE) (t1 * (a <= x) * (x <= b));
t1 = min(t1, t2);
return (FIS_TYPE) max(t1, 0);
}
```

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

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

```
FIS_TYPE fis_array_operation(FIS_TYPE *array, int size, _FIS_ARR_OP
    pfnOp)
{
    int i;
    FIS_TYPE ret = 0;

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

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

```

return ret;
}

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

// Count of member function for each Input
int fis_gIMFCount[] = { 5, 5 };

// Count of member function for each Output
int fis_gOMFCount[] = { 5 };

// Coefficients for the Input Member Functions
FIS_TYPE fis_gMFI0Coeff1[] = { -27, -27, -16, -8 };
FIS_TYPE fis_gMFI0Coeff2[] = { -8, 0, 8 };
FIS_TYPE fis_gMFI0Coeff3[] = { 8, 16, 27, 27 };
FIS_TYPE fis_gMFI0Coeff4[] = { -16, -8, 0 };
FIS_TYPE fis_gMFI0Coeff5[] = { 0, 8, 16 };
FIS_TYPE* fis_gMFI0Coeff[] = { fis_gMFI0Coeff1, fis_gMFI0Coeff2,
    fis_gMFI0Coeff3, fis_gMFI0Coeff4, fis_gMFI0Coeff5 };
FIS_TYPE fis_gMFI1Coeff1[] = { -27, -27, -16, -8 };

```

```

FIS_TYPE fis_gMFI1Coeff2[] = { -8, 0, 8 };
FIS_TYPE fis_gMFI1Coeff3[] = { 8, 16, 27, 27 };
FIS_TYPE fis_gMFI1Coeff4[] = { -16, -8, 0 };
FIS_TYPE fis_gMFI1Coeff5[] = { 0, 8, 16 };
FIS_TYPE* fis_gMFI1Coeff[] = { fis_gMFI1Coeff1, fis_gMFI1Coeff2,
    fis_gMFI1Coeff3, fis_gMFI1Coeff4, fis_gMFI1Coeff5 };
FIS_TYPE** fis_gMFI1Coeff[] = { fis_gMFI1Coeff };

// Coefficients for the Output Member Functions
FIS_TYPE fis_gMFO0Coeff1[] = { -1, -1, -0.6, -0.3 };
FIS_TYPE fis_gMFO0Coeff2[] = { -0.3, 0, 0.3 };
FIS_TYPE fis_gMFO0Coeff3[] = { 0.3, 0.6, 1, 1 };
FIS_TYPE fis_gMFO0Coeff4[] = { -0.6, -0.3, 0 };
FIS_TYPE fis_gMFO0Coeff5[] = { 0, 0.3, 0.6 };
FIS_TYPE* fis_gMFO0Coeff[] = { fis_gMFO0Coeff1, fis_gMFO0Coeff2,
    fis_gMFO0Coeff3, fis_gMFO0Coeff4, fis_gMFO0Coeff5 };
FIS_TYPE** fis_gMFO0Coeff[] = { fis_gMFO0Coeff };

// Input membership function set
int fis_gMFI0[] = { 0, 1, 0, 1, 1 };
int fis_gMFI1[] = { 0, 1, 0, 1, 1 };
int* fis_gMFI[] = { fis_gMFI0, fis_gMFI1 };

// Output membership function set
int fis_gMFO0[] = { 0, 1, 0, 1, 1 };
int* fis_gMFO[] = { fis_gMFO0 };

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

```



```
int* fis_gRI[] = { fis_gRI0, fis_gRI1, fis_gRI2, fis_gRI3, fis_gRI4, fis_gRI5,  
    fis_gRI6, fis_gRI7, fis_gRI8, fis_gRI9, fis_gRI10, fis_gRI11, fis_gRI12,  
    fis_gRI13, fis_gRI14, fis_gRI15, fis_gRI16, fis_gRI17, fis_gRI18,  
    fis_gRI19, fis_gRI20, fis_gRI21, fis_gRI22, fis_gRI23, fis_gRI24 };
```

```
// Rule Outputs
```

```
int fis_gRO0[] = { 1 };  
int fis_gRO1[] = { 4 };  
int fis_gRO2[] = { 2 };  
int fis_gRO3[] = { 1 };  
int fis_gRO4[] = { 4 };  
int fis_gRO5[] = { 4 };  
int fis_gRO6[] = { 2 };  
int fis_gRO7[] = { 5 };  
int fis_gRO8[] = { 4 };  
int fis_gRO9[] = { 5 };  
int fis_gRO10[] = { 2 };  
int fis_gRO11[] = { 5 };  
int fis_gRO12[] = { 3 };  
int fis_gRO13[] = { 4 };  
int fis_gRO14[] = { 3 };  
int fis_gRO15[] = { 4 };  
int fis_gRO16[] = { 5 };  
int fis_gRO17[] = { 3 };  
int fis_gRO18[] = { 2 };  
int fis_gRO19[] = { 5 };  
int fis_gRO20[] = { 1 };  
int fis_gRO21[] = { 4 };  
int fis_gRO22[] = { 5 };  
int fis_gRO23[] = { 4 };  
int fis_gRO24[] = { 2 };
```

```

int* fis_gRO[] = { fis_gRO0, fis_gRO1, fis_gRO2, fis_gRO3, fis_gRO4,
    fis_gRO5, fis_gRO6, fis_gRO7, fis_gRO8, fis_gRO9, fis_gRO10,
    fis_gRO11, fis_gRO12, fis_gRO13, fis_gRO14, fis_gRO15, fis_gRO16,
    fis_gRO17, fis_gRO18, fis_gRO19, fis_gRO20, fis_gRO21, fis_gRO22,
    fis_gRO23, fis_gRO24 };

// Input range Min
FIS_TYPE fis_gIMin[] = { -27, -27 };

// Input range Max
FIS_TYPE fis_gIMax[] = { 27, 27 };

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

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

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

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

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

    for (r = 0; r < fis_gcR; ++r)
    {
        int index = fis_gRO[r][o];
    }
}

```

```

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

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

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

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

```

```

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

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

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

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

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

```



```

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

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

```

```

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

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

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

void Sensor_tegangan(){
    value1 = analogRead(analogInput0);
    vout1 = (value1 * 5.0) / 1024.0; // rumuse kalibrasi
    vin1 = vout1 / (R2 / (R1 + R2));
    if(vin1<22){Kap=0;}
    if(22<=vin1&&vin1<23){Kap=25;}
}

```

```
if(23<=vin1&&vin1<24){Kap=50;}
if(24<=vin1&&vin1<25){Kap=75;}
if(25<=vin1){Kap=100;}
value2 = analogRead(analogInput1);
vout2 = (value2 * 5.0) / 1024.0; // rumuse kalibrasi
vin2 = vout2 / (R4 / (R3 + R4));
}

void Sensor_arus(){
  temp1 = analogRead(A2) * (5.0 / 1023.0); //konversi tegangan analog menjadi
  digital
  adc_Volt1 = abs(temp1 - 2.50); //mengambil selisih tegangan pada zero point
  adc_Volt1 /= 0.185; //Arus dalam A

  temp2 = analogRead(A3) * (5.0 / 1023.0); //konversi tegangan analog menjadi
  digital
  adc_Volt2 = abs(temp2 - 2.50); //mengambil selisih tegangan pada zero point
  adc_Volt2 /= 0.185; //Arus dalam A
}

void Daya(){
  daya1=adc_Volt1*vin2;
  daya2=adc_Volt2*vin1;
}
```

B. Gambar Alat

B1. *Flyback Converter*



B2. Panel Surya



B3. Sistem Keseluruhan

