



**RANCANG BANGUN SISTEM PENYEDIA 220 VAC BERBASIS
PHOTOVOLTAIK 1000 Wp DENGAN KENDALI LOGIKA FUZZY**

SKRIPSI

Oleh

Novial Azhar

NIM 151910201005

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

2019



**RANCANG BANGUN SISTEM PENYEDIA 220 VAC BERBASIS
PHOTOVOLTAIK 1000 Wp DENGAN KENDALI 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

Novial Azhar
NIM 151910201005

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

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT limpahan kasih dan karunia-Mu telah memberikan kemudahan sehingga skripsi ini bisa terselesaikan. serta sholawat dan salam selalu dipanjatkan kepada Rasulullah Muhammad SAW. Dengan hati yang tulus ikhlas skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Alm. H. Risman Azhar dan Ibunda Hj.Nursimah,S.Pd., abangda Jefri Azhar, S.H., dan kakak dr. Kartika Tari Azhar atas kasih sayang, pengorbanan, dan kesabarannya serta do'a yang selalu menyertai.
4. Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama dan Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM., selaku dosen pembimbing anggota yang telah rela meluangkan waktu, pikiran serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak H.R.B.Moch. Gozali, ST.,M.T., selaku dosen penguji utama dan Bapak H. Samsul Bachri M, S.T.,M.MT., selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini.
6. Saudari Putri Natasya Daneta yang telah setia menemani dalam proses pengerjaan Skripsi.
7. Keluarga Besar IMLABS dan Keluarga Besar DISTORSI 2015 dan yang selalu membantu, memberikan semangat dan selalu mendampingi dalam proses pengerjaan skripsi saya.
8. Ibunda Sri Rapmahita Purba yang selalu memberi dorongan agar skripsi saya selesai.

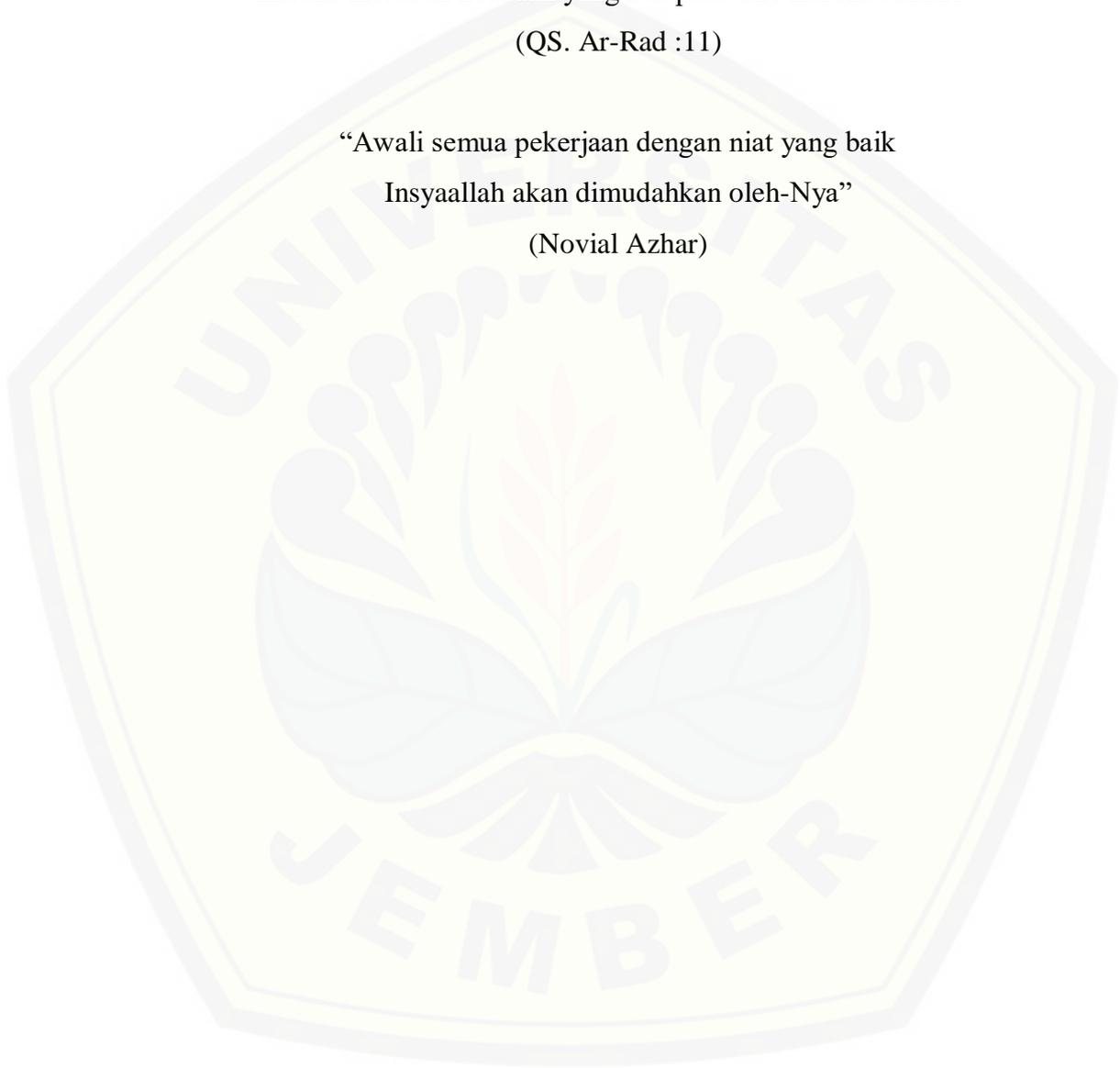
MOTTO

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

(QS. Ar-Rad :11)

“Awali semua pekerjaan dengan niat yang baik
Insyaallah akan dimudahkan oleh-Nya”

(Novial Azhar)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Novial Azhar

NIM : 151910201005

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Rancang Bangun Penyedia 220 VAC berbasis Photovoltaik 1000 Wp Dengan Kendali 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 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, 20 November 2019

Yang menyatakan

Novial Azhar

NIM.151910201005

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN SISTEM PENYEDIA 220 VAC BERBASIS
PHOTOVOLTAIK 1000 W_p DENGAN KENDALI LOGIKA FUZZY**

Oleh

Novial Azhar

NIM 151910201005

Pembimbing :

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

Dosen Pembimbing Anggota : Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Rancang Bangun Sistem Penyedia 220 VAC berbasis Photovoltaik 1000 Wp Dengan Kendali Logika Fuzzy” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari, tanggal : Jum’at, 20 November 2019

Tempat : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Tim Penguji,

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T

Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM.

NIP. 197104022003121001

NIP 19631201 199402 1 002

Penguji I,

Penguji II,

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

H. Samsul Bachri M, S.T., M.T

NIP 19690608 199903 1 002

NIP.19640317 199802 1 001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik

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

NIP 19661215 199503 2 001

**RANCANG BANGUN SISTEM PENYEDIA 220 VAC BERBASIS
PHOTOVOLTAIK 1000 Wp DENGAN KENDALI LOGIKA FUZZY**

Novial Azhar

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Dalam era perkembangan teknologi yang semakin meningkat pesat, saat ini kebutuhan energi listrik pun semakin bertambah. Selain itu sistem pembangkit listrik sudah mulai beralih dari model yang lama menggunakan bahan bakar fosil yang notabene bila bahan bakar habis tidak bisa di perbaharui, ke model pembangkit listrik *renewable* atau dengan kata lain sistem pembangkit listrik yang sumber bahan bakarnya dapat diperbaharui dan selalu tersedia.

Dalam penelitian yang dilakukan ini merancang alat agar dari panel surya dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Tegangan dari panel surya akan dinaikkan menjadi 220 volt kemudian digunakan Inverter untuk mengubah tegangan DC ke listrik AC. Sumber tegangan diambil dari menggunakan 10 panel surya 100Wp. Dengan menggunakan *Fuzzy Logic Controller* mampu megontrol tegangan keluaran *Boost Converter*. Mikrokontroller arduino digunakan untuk proses switching rangkaian *driver*. Keluaran gelombang PWM dari mikrokontroller arduino membentuk gelombang kotak. Dari hasil pengujian *boost converter* dan inverter mampu menghidupkan beban lampu 100 watt. Boost converter mampu menaikkan tegangan hingga 220 volt. Dalam hal ini tegangan tersebut standar untuk dikonsumsi peralatan rumah tangga.

Kata Kunci : Inverter, *Boost Converter*, Mikrokontroller, Fuzzy Logic

RINGKASAN

Rancang Bangun Sistem Penyedia 220 VAC Berbasis Photovoltaik 1000 Wp dengan Kendali Logika Fuzzy; Novial Azhar; 151910201005, 2019; 62 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dalam era perkembangan teknologi yang modern dan pesat ini banyak peneliti sekarang sudah beralih pada pembangkit listrik *renewable energy* yang nota bone bahan bakar nya tersedia di alam seperti hal nya panel surya. Dalam aplikasinya panel surya membutuhkan peralatan pendukung seperti konverter daya agar dapat di gunakan pada peralatan elektronik rumah tangga.

Konverter daya yang dirancang pada penelitian ini adalah *Boost Converter* dan Inverter. Dalam hal ini *boost converter* digunakan sebagai penaik tegangan dari sumber tegangan yaitu panel surya. Pada alat ini keluaran *boost converter* diatur dengan set point 230 volt. Kemudian keluaran *boost converter* dijadikan masukan tegangan inverter agar bisa di gunakan pada beban AC. Prinsip kerja inverter adalah mengkonversi tegangan listrik DC ke AC. Panel surya yang digunakan sebagi sumber adalah 10 panel surya yang dipasang seri dengan kapasitas per panel adalah 100 Wp.

Kontrol Fuzzy dalam mengendalikan tegangan keluaran boost converter menggunakan 9 rule base dengan input nilai *error* dan nilai *delta error*. Nilai *Delta error* di dapatkan dari selisih nilai *error* sekarang dengan nilai *error* sebelumnya.

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa nilai efisiensi keluaran inverter dengan masukan *boost converter* lebih baik dari pada tanpa kontrol *boost converter*. Pengujian efisiensi *inverter* dapat diketahui bahwa rata-rata efisiensi inverter setelah pengontrolan sebesar 89,2004%, sedangkan sebelum kontrol penambahan *boost converter* efisiensinya sebesar 80,25663%.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan ridhonya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Penyedia 220 VAC berbasis Photovoltaik 1000 Wp dengan Kendali Logika Fuzzy”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Dr.Ir. Entin Hidayah M.U.M selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Bambang Srikaloko, S.T.,M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember
3. Bapak Bambang Srikaloko, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M. selaku dosen pembimbing anggota yang telah rela meluangkan waktu, pikiran serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak H.R.B. Moch. Gozali, S.T.,M.T., selaku dosen penguji utama dan H. Samsul Bachri, S.T., M.MT selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini.
5. Teman-Teman Teknik Elektro 2015 yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam perkuliahan serta tugas akhir kepada saya.
6. Saudara-saudara keluarga besar IMLABS Jember (Ikatan Mahasiswa Labuhanbatu Sumatera) yang telah membantu memberi semangat.
7. Keluarga besar Laboratorium *Renewable Energy* yang telah memfasilitasi dan membantu dari segi moril dan materi sehingga terselesaikan skripsi ini.
8. Keluarga besar UKM-O Ester Teknik yang memberi support dan semangat dalam proses pengerjaan skripsi.
9. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu Teknik Elektro. Berbagai macam kritik maupun saran yang mambangun diharapkan terus mengalir agar skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

Jember, 20 November 2019

Penulis



DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
SKRIPSI.....	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
SKRIPSI.....	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN.....	viii
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kajian Terdahulu	4
2.2 Panel Surya.....	4
2.3 Inverter.....	8
2.3.1 Konfigurasi rangkaian inverter.....	9
2.3.2 Pulse Width Modulation	12
2.4 Filter Frekuensi	16
2.5 <i>Boost Converter</i>	16
2.6 Sensor Tegangan.....	17

2.7 Kontrol Logika Fuzzy	17
2.7.1 Fuzzyfikasi	18
2.7.2 Rule base	19
2.7.3 Logika Pengambilan Keputusan	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Rancangan Penelitian	21
3.2 Jenis sumber data.....	21
3.3 Tahapan Penelitian	22
3.4 Pemodelan sistem	24
3.5 Perencanaan panel surya	25
3.6 Pemodelan kontrol logika fuzzy	25
3.7 <i>Driver</i> MOSFET.....	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Rancang Bangun <i>Boost Converter</i>	29
4.2 Pengujian sensor tegangan	30
4.3 Pengujian PWM	34
4.4 Pengujian <i>boost converter</i> tanpa kontrol.....	37
4.5 Pengujian Efisiensi <i>boost converter</i>	40
4.6 Inverter 1 fasa	41
4.7 Pengujian efisiensi inverter	42
4.3 Desain Kontrol Logika Fuzzy	44
4.9 Pengujian <i>boost converter</i> dan inverter berbasis FLC.....	47
4.10 Pengujian Karakteristik Panel Surya.....	51
BAB 5. PENUTUP	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Panel Surya 100 Wp	25
Tabel 3. 2 Rule Base Fuzzy Logic Control	27
Tabel 4. 1 Komponen Perancangan <i>Boost Converter</i>	29
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian sensor tegangan <i>Vin boost converter</i>	30
Tabel 4. 3 Data hasil pengujian sensor tegangan <i>Vout boost converter</i>	31
Tabel 4. 4 Pengujian gelombang PWM	33
Tabel 4. 5 Pengujian <i>boost converter</i> dengan variasi <i>duty cycle</i>	36
Tabel 4.6 Efisiensi pada boost converter dengan dummy load 2k2 ohm.....	38
Tabel 4.7 Pengujian Efisiensi Inverter dengan menggunakan beban resistif.....	41
Tabel 4.8 Pengujian <i>Boost Converter</i> dengan Kontrol Logika Fuzzy.....	47
Tabel 4.9 Pengujian Inverter dengan input <i>boost converter</i>	48
Tabel 4.10 Pengujian Efisiensi inverter dengan <i>input boost converter</i>	48
Tabel 4.11 Data Hasil Pengujian Karakteristik Sepuluh Buah Panel Surya dengan konfigurasi seri	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gelombang keluaran inverter	6
Gambar 2. 2 Gelombang kotak	7
Gambar 2. 3 Gelombang Modified Squarwave	7
Gambar 2. 4 Gelombang Modified Sinewave.....	8
Gambar 2. 5 Bentuk gelombang pure sinewave.....	8
Gambar 2. 6 Konfigurasi <i>Push-pull</i> inverter.....	9
Gambar 2. 7 Rangkaian <i>full bridge</i> satu fasa	9
Gambar 2. 8 Konfigurasi <i>full bridge</i>	11
Gambar 2. 9 Rangkaian PWM analog	12
Gambar 2. 10 Pembentukan sinyal PWM.....	12
Gambar 2. 11 Perubahan <i>duty cycle</i> PWM	13
Gambar 2. 12 Komparasi sinyal.....	14
Gambar 2. 13 Duty Cycle gelombang PWM	15
Gambar 2. 14 Rangkaian Boost Converter	16
Gambar 2. 15 Sensor tegangan	17
Gambar 2. 16 Fungsi keanggotaan fuzzy.....	18
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	22
Gambar 3. 2 Diagram Skema Sistem	24
Gambar 3. 3 Panel Surya 100Wp <i>polycrystalline</i>	25
Gambar 3. 4 Rangkaian <i>driver</i> MOSFET	27
Gambar 4. 1 Skematik rangkaian boost converter	28
Gambar 4. 2 Grafik pembacaan sensor tegangan V_{in} dengan Avo	31
Gambar 4. 3 Grafik pembacaan sensor tegangan V_{out} dengan Avo	32
Gambar 4. 4 Gelombang PWM dengan duty cycle 20%	33
Gambar 4. 5 Gelombang PWM dengan duty cycle 40%	34
Gambar 4. 6 Gelombang PWM dengan duty cycle 60%	36
Gambar 4. 7 Gelombang PWM dengan duty cycle 80%	36
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan <i>Duty Cycle</i> terhadap Tegangan Keluaran <i>Boost Converter</i>	39

Gambar 4. 9 Grafik perbandingan daya <i>input</i> dan daya <i>output boost converter</i> ..	41
Gambar 4.10 Rangkaian inverter 1 fasa	42
Gambar 4.11 Grafik perbandingan daya <i>input</i> dan <i>output Inverter</i>	43
Gambar 4.12 FIS editor Mamdani	44
Gambar 4.13 Fungsi keanggotaan <i>input error</i>	45
Gambar 4.14 Fungsi keanggotaan <i>input delta error</i>	46
Gambar 4.15 Fungsi keanggotaan <i>output</i>	46
Gambar 4.16 Tampilan rule base logika fuzzy.....	47
Gambar 4.17 Grafik Efisiensi Sebelum dan sesudah di kontrol.....	51
Gambar 4.18 Hubungan waktu terhadap efisiensi.....	54
Gambar 4.19 Gelombang keluaran inverter dengan beban resistif 20 watt.....	55
Gambar 4.20 Gelombang keluaran inverter dengan beban resistif 40 watt.....	55
Gambar 4.21 Gelombang keluaran inverter dengan beban resistif 60 watt.....	56
Gambar 4.22 Gelombang keluaran inverter dengan beban resistif 80 watt.....	56
Gambar 4.23 Gelombang keluaran inverter dengan beban resistif 100 watt.....	57

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era perkembangan teknologi yang cukup pesat saat ini semakin tinggi kebutuhan listrik, selain itu sistem pembangkit listrik mulai beralih dari model lama menggunakan bahan bakar fosil yang notabennya bila bahan bakar habis tidak bisa diperbaharui, ke model pembangkit listrik *renewable* atau dengan kata lain sistem pembangkit listrik yang sumber bahan bakarnya bisa diperbaharui dan selalu tersedia. Setelah krisis energi dan isu lingkungan seperti pemanasan global dan polusi mulai sering dibahas akhirnya fokus penelitian mulai dialihkan ke model pembangkit terbaharukan seperti PV array yang tidak menghasilkan polusi.

Namun pada aplikasinya PV array atau solar cell agar bisa digunakan membutuhkan peralatan pendukung lainnya salah satunya *converter* daya. Terdapat empat jenis sistem pengubah daya yaitu AC-DC *Rectifier*, DC-AC *inverter*, AC-AC *Converter*, DC-DC *Chopper* dengan masing-masing keunikannya. *Inverter* adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan mengatur tegangan dan frekuensinya.

Dengan mempertimbangkan geografis Indonesia yang merupakan negara yang terletak berada pada garis ekuator 11° LS- 6° LU dan 95° BT- 141° BB. Dalam hal ini negara Indonesia disebut sebagai iklim tropis dikarenakan hanya mempunyai 2 musim sepanjang tahunnya yaitu musim kering (kemarau) dan musim basah (hujan). Letak geografis Indonesia yang berada di ekuator menyebabkan Indonesia adalah salah satu daerah yang memiliki nilai surplus sinar matahari karena mendapat sinar matahari sepanjang tahun. Sedangkan negara-negara di benua Eropa mempunyai 4 musim. Hal ini disebabkan oleh perjalanan semu matahari yang seakan-akan bergerak ke utara dan selatan bumi membentuk lintasan *sinusoidal* (mempunyai puncak dan lembah) sehingga daerah ekuator mempunyai radiasi matahari rata-rata yang tinggi sepanjang tahun. (Muhammad Fadhil Firdaus, 2017). Dengan demikian Indonesia mempunyai potensi untuk pembangunan pembangkit listrik salah satunya yaitu dengan pembuatan

pembangkit listrik tenaga surya. Hal ini dikarenakan negara Indonesia merupakan negara tropis. Potensi insulasi matahari di Indonesia tergolong besar rata-rata dalam setiap harinya mencapai 4,5-4,8 Kwh/m²(Hasyim, 2012).

Melihat dari potensi geografis diatas maka pada penelitian ini akan dibuat rancang bangun sistem penyedia 220 VAC berbasis photovoltaik 1000 Wp dengan kendali logika fuzzy. Tegangan keluaran dari panel surya dinaikkan dengan *boost converter* kemudian keluaran *boost converter* dijadikan *input* inverter. Selanjutnya keluaran inverter dihubungkan dengan beban. Pada penelitian ini digunakan *Fuzzy Logic Control* untuk mengontrol keluaran *boost converter* agar tegangan selalu mencapai *set point* yang kita atur. Penelitian ini menggunakan *Fuzzy Logic Control* dikarenakan lebih efisien dan lebih mudah (M A Hannan., dkk 2017). Diharapkan dari penelitian ini akan diperoleh hasil tegangan keluaran inverter standar untuk digunakan pada peralatan rumah tangga.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Bagaimana desain hardware inverter 1 fasa pada panel surya ?
2. Bagaimana desain rangkaian kontrol logika fuzzy pada *boost converter* ?
3. Berapa besar hasil efisiensi keluaran inverter menggunakan kontrol logika fuzzy ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini berdasarkan rumusan masalah diatas adalah sebagai berikut:

1. Dapat mendesain hardware inverter 1 fasa pada panel surya.
2. Mengetahui susunan kontrol logika fuzzy pada *boost converter* untuk masukan inverter.
3. Dapat Meningkatkan efisiensi keluaran inverter.

1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah pada Penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sumber yang digunakan yaitu panel surya 1000 Wp jenis *Polycrystalline*..
2. Konfigurasi yang digunakan *full bridge*.
3. Tidak membahas faktor ekonomis dari alat yang dibuat.
4. Analisa di fokuskan pada keandalan keluaran inverter.
5. Beban pengujian yang digunakan lampu dop sebesar 100 watt.
6. Metode pengontrolan menggunakan *Fuzzy Logic Control*.
7. Tidak membahas secara detail perhitungan THD inverter.

1.5 Manfaat

Hasil Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui desain inverter untuk mengubah gelombang DC menjadi gelombang AC.
2. Meningkatkan ketersediaan listrik dengan memanfaatkan sumber tegangan DC.
3. Dapat membawa masyarakat untuk menggunakan energi terbarukan yang ramah lingkungan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan Tomi Yanto pada tahun 2010 yaitu perancangan inverter *push pull* 12 VDC-220 VAC. Hasil gelombang keluaran pada penelitian ini masih berbentuk gelombang sinus tidak sempurna. Masih banyak distorsi yang terjadi pada gelombang keluaran inverter saat dihubungkan dengan beban.

Penelitian yang dilakukan Alexander Aqwi Islamy pada tahun 2014 yaitu perancangan simulasi unjuk kerja motor induksi tiga fasa dengan sumber satu fasa menggunakan boost buck converter regulator dan inverter tiga fasa pulse width Modulation menggunakan software matlab. Dalam penelitian ini boost buck digunakan untuk merespon setiap perubahan tegangan inverter saat dilakukan variasi pembebanan.

Penelitian yang dilakukan Rifqi Bagus Prabowo 2018 yaitu Rancang bangun inverter *Full Bridge* satu fasa. Keluaran yang dihasilkan inverter saat tanpa beban masih mengalami kerugian efisiensi yang sangat besar.

Berdasarkan penjelasan beberapa jurnal diatas dapat diambil beberapa poin penting yaitu membuat pengembangan tipe inverter. Maka dari itu penulis akan melakukan penelitian tentang “ Rancang bangun converter dengan *fuzzy logic control* pada *solar cell* untuk daya 450 VA ” Pada penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan keluaran inverter yang stabil yang dapat digunakan untuk peralatan elektronik rumah tangga.

2.2 Panel Surya

Sel surya merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengubah 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).

2.2.1 Jenis – Jenis Sel Surya

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

1. *Single Crystalline*

Panel Surya jenis ini merupakan jenis kristal yang mempunyai satu jenis macamanya, kemudian dalam perkembangannya *Single Crystalline* dapat menghasilkan efisiensi yang sangat tinggi.

2. *Polycrystalline Cell*

Sel surya jenis ini merupakan kristal yang banyak macamanya, terbuat dari *cristal silicon*.

3. *Amorphous Silicon Cell*

Jenis panel surya ini diambil kata *Amorphous* yang berarti tidak memakai kristal atau struktur non kristal, bahan yang digunakan berupa proses film yang tipis. Jenis sel surya ini memiliki efisiensi 4-6 persen.

4. *Copper Indium Diselenide Cell*

Sel surya ini terbuat dari bahan semikonduktor yang aktif dalam sel surya CIS adalah *Copper Indium Disenide*. Senyawa CIS sering juga merupakan paduan dengan gallium dan belerang. Sel surya ini memiliki efisiensi sekitar 9-11 persen.

5. *Cadmium Telluride (CdTe)*

Jenis sel surya ini memiliki lapisan yang terbuat dari substrat kaca dengan lapisan konduktor transparan yang terbuat dari *indium tin axide* (ITO) sebagai kontak depan. Sel surya ini memiliki efisiensi 1 - 8,5 persen.

6. *Dye Sensitized*

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

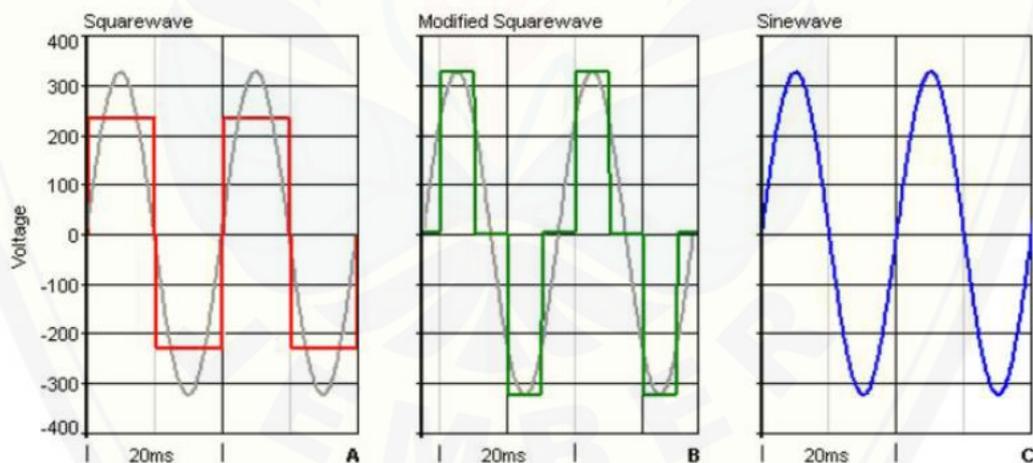
2.3 Inverter

Inverter merupakan perangkat elektronik yang dapat mengubah sumber arus searah DC (Direct Current) menjadi arus bolak-balik AC (Alternating Current). Inverter merupakan perangkat pendukung pada panel surya, serta inverter digunakan dalam banyak aplikasi, contohnya digunakan dalam sebuah kondisi yang hanya tersedia arus DC rendah seperti yang dihasilkan baterai atau panel surya yang digunakan untuk menyuplai peralatan elektronika dengan masukan arus AC.

2.3.1 Jenis-jenis inverter

Adapun jenis jenis inverter berdasarkan gelombang keluarannya adalah sebagai berikut :

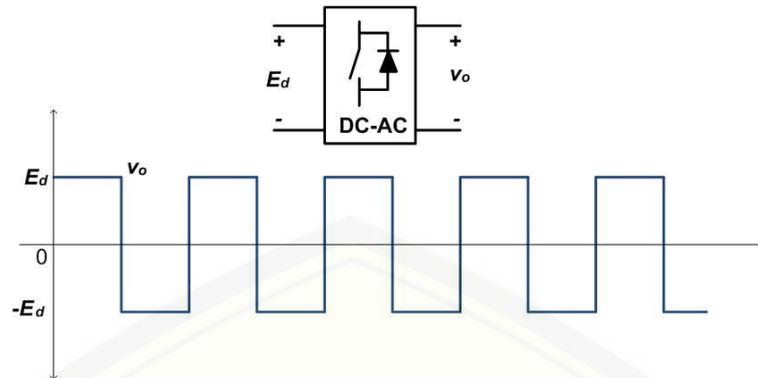
1. *Squarewave*
2. *Modified Squarewave*
3. *Pure Sinewave*



Gambar 2.1. Bentuk Gelombang Keluaran Inverter

1. *Squarewave* Inverter

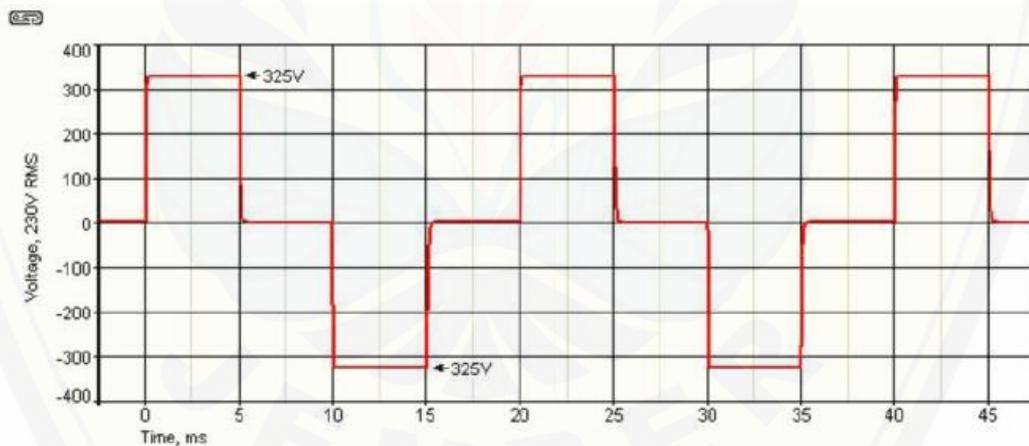
Inverter jenis *squarewave* ini menggunakan *oscillator* dengan gelombang kotak. Secara umum jenis inverter ini sering disebut sederhana karena lebih mudah dalam pembuatannya. Inverter jenis ini dapat dibuat menggunakan rangkaian inverter *push pull*. Kekurangan dari jenis inverter ini adalah tidak dapat digunakan pada motor listrik.



Gambar 2.2. Gelombang Kotak

2. *Modified Squarewave* Inverter

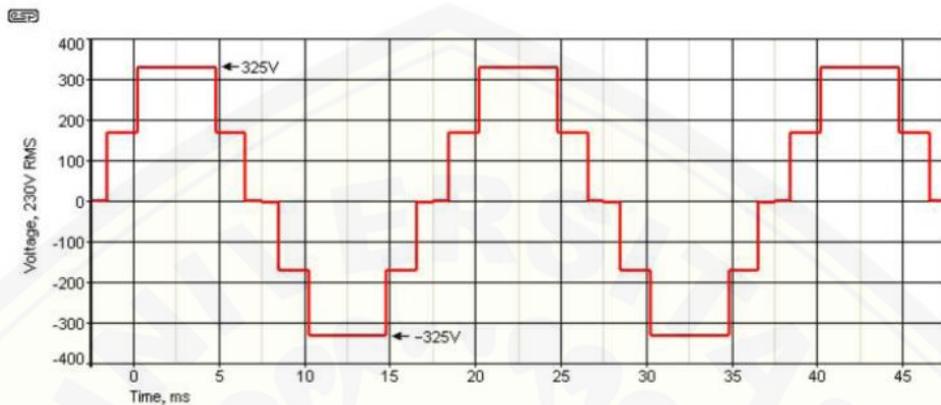
Pada jenis inverter ini terdapat pelebaran panjang gelombang yang dihasilkan. Secara umum, inverter jenis ini sering disebut memiliki keluaran yang mirip squarewave. Adapun tujuan dari modifikasi ini yaitu agar tegangan RMS dan tegangan puncak memiliki nilai yang sama.

Gambar 2.3. Bentuk Gelombang *Modified Squarewave*

3. *Modified Sinewave* Inverter

Pada jenis inverter ini gelombang keluaran yang dihasilkan menyerupai seperti gelombang sinus. Gelombang *modified sinewave* merupakan pengembangan dari gelombang *modified squarewave*. Jenis *Modified sinewave* dapat dihasilkan dengan menggunakan gelombang PWM (*Pulse Width Modulation*) dari pembangkitan oleh mikrokontroler. Gelombang ini dapat di

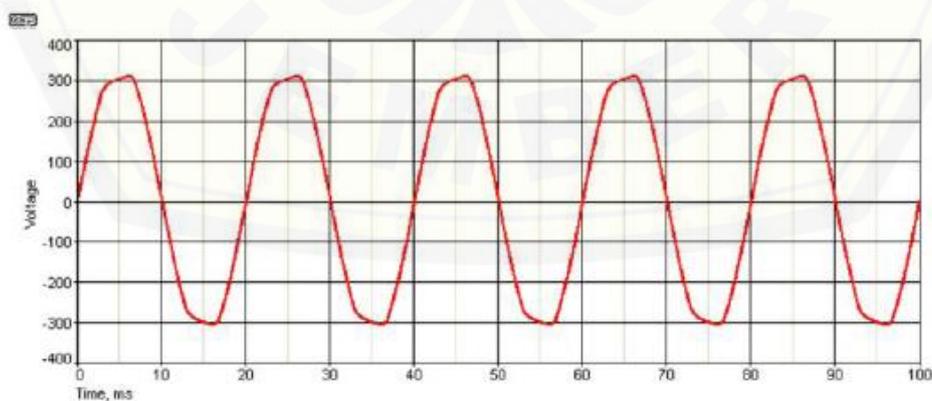
modifikasi dengan mengatur setiap periode gelombang PWM. Dengan demikian dapat dilakukan pendekatan dengan memotong gelombang sinus menjadi beberapa bagian dan pada setiap bagian dari gelombang sinus tersebut diambil nilai tegangan rata-rata.



Gambar 2.4. Bentuk Gelombang *Modified Sinewave*

4. *Pure Sinewave Inverter*

Pada inverter jenis ini pembuatan sebuah inverter sinus murni sedikit lebih sulit. Gelombang keluaran dari inverter jenis *pure sinewave* berbentuk seperti gelombang sinus murni. Inverter ini merupakan pengembangan dari jenis inverter sebelumnya. Pada pembuatannya dibutuhkan sebuah oscilator sinyal sinus dengan frekuensi yang standard. Gelombang sinus keluaran *pure sinewave* inverter apat terlihat seperti pada gambar 5.



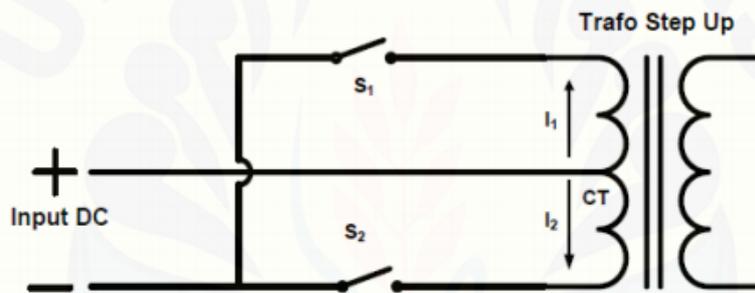
Gambar 2.5. Bentuk gelombang *pure sinewave inverter*

2.3.1 Konfigurasi Rangkaian Inverter

Dalam perancangan sebuah inverter terdapat konfigurasi yang dapat digunakan, konfigurasi rangkaiannya adalah sebagai berikut:

1. *Push pull inverter*

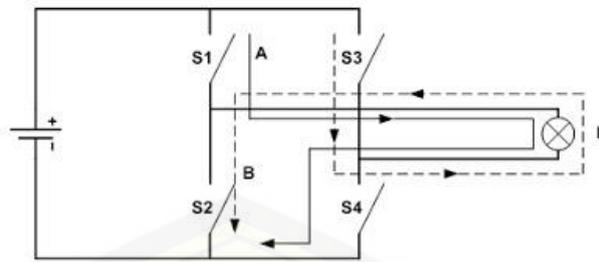
Adapun prinsip kerja dari rangkaian ini menggunakan sistem pensaklaran S_1 dan S_2 secara bergantian dalam posisi *on* dan *off*. Pada Rangkaian yang menggunakan konfigurasi ini digunakan untuk mendapatkan tegangan AC yang lebih tinggi digunakan transformator CT seperti pada gambar 2.6. Dalam hal ini ketika S_1 aktif maka akan didapatkan gelombang positif dan ketika S_2 aktif didapatkan gelombang negatif, sehingga konfigurasi ini dapat menghasilkan gelombang keluaran yang kotak.



Gambar 2.6. Jenis Konfigurasi Push-pull inverter

2. *Full-bridge converter*

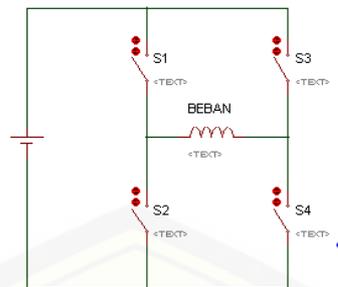
Konfigurasi ini terdiri dari 2 pasang saklar yaitu S_1 S_2 dan S_3 S_4 yang aktif secara bergantian. Pada konfigurasi *full bridge converter* tegangan DC diubah menjadi AC dengan pensaklaran secara bergantian untuk membalikkan polaritas yang terdapat pada beban dengan cepat. Rangkaian dari *full bridge converter* ditunjukkan pada gambar 7.



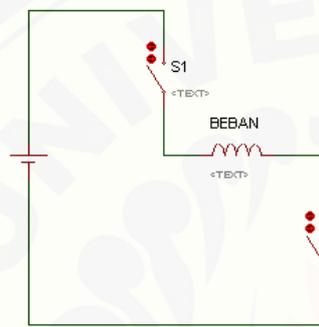
Gambar 2.7. Rangkaian *full bridge converter* satu fasa

Pada rangkaian konfigurasi *full bridge* membutuhkan empat buah saklar yang digunakan untuk dapat mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Penggunaan saklar tersebut dapat berupa transistor, SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) atau FET (*Field Effect Transistor*). Untuk dapat mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan konfigurasi *full bridge* proses pensaklaran harus dilakukan secara bertahap dan secara berurutan. Untuk mendapatkan gelombang tegangan positif maka saklar yang aktif adalah saklar S1 dan saklar S4 harus berada pada kondisi ON sedangkan saklar S2 dan S3 harus pada kondisi OFF. Sehingga ketika pada saat S1 dan S4 terhubung maka beban yang terhubung langsung dengan S1 akan mendapatkan tegangan positif sedangkan beban yang terhubung dengan S4 akan mendapatkan sumber negatif tegangan.

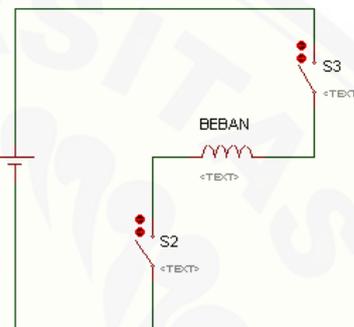
Untuk mendapatkan gelombang negatif yaitu saklar pada S1 dan S4 yang sebelumnya berada pada kondisi ON dilakukan perubahan menjadi OFF dan pada saklar S2 dan S3 dilakukan perubahan pada kondisi ON. Sehingga beban yang sebelumnya terhubung dengan S1 akan terhubung dengan S2 dan beban yang sebelumnya mendapatkan tegangan positif akan terhubung dengan sumber tegangan negatif. Untuk beban yang sebelumnya terhubung dengan S4 akan berubah menjadi terhubung dengan S3 dan kutub beban yang sebelumnya mendapatkan tegangan negatif berubah menjadi tegangan positif.



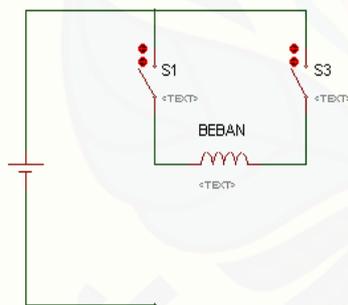
a.



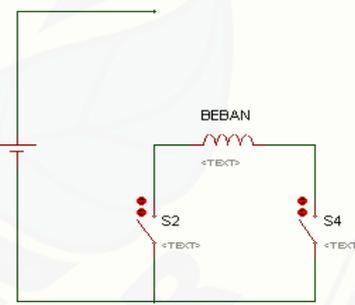
b.



c.



d.



e.

Gambar 2.8. (a) Rangkaian Konfigurasi *full bridge* (b) S1 dan S4 ON (c) S2 dan S3 ON (d) S1 dan S3 ON (e) S2 dan S4 ON

Tabel 2.1 Data kondisi saklar

Kondisi Saklar	Tegangan Pada Beban
S1 dan S4	+VDC
S2 dan S3	-VDC
S1 dan S3	0
S2 dan S3	0

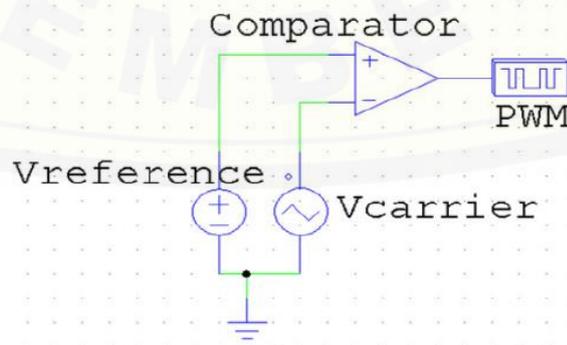
2.3.2 *Pulse With Modulation* (PWM)

Pengertian *Pulse Width Modulation* (PWM) merupakan sebuah cara untuk mengatur lebar sinyal atau duty cycle. Dalam Hal ini lebar pulsa dinyatakan dengan pulsa dalam suatu periode untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Pada Satu periode pulsa atau satu siklus merupakan satu kali kondisi high dan satu kali kondisi low.

2.3.1 Jenis Pembangkitan PWM

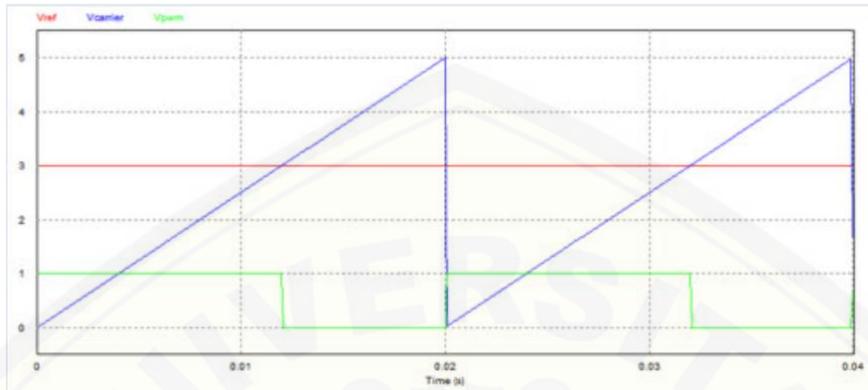
a) Analog

Jenis pembangkitan sinyal PWM analog ini merupakan jenis pembangkitan yang sederhana. Yaitu dengan membandingkan sinyal gigi gergaji dengan tegangan referensi yang digunakan dengan menggunakan rangkaian op-amp comparator.



Gambar 2.9 Rangkaian PWM analog

Digunakan komparator analog adalah bertujuan untuk membandingkan gelombang tegangan gigi gergaji dengan tegangan referensi seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah:



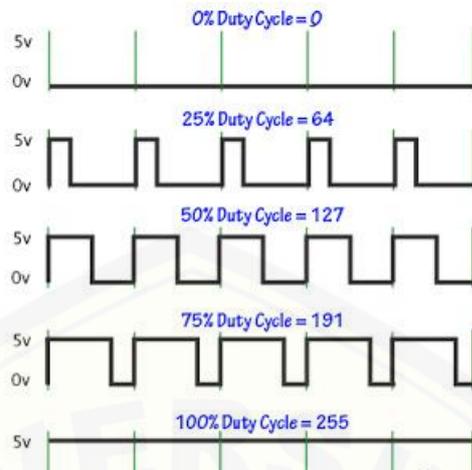
Gambar 2.10 Pembentukan Sinyal PWM (<http://www.maulanurulkhakam.com>)

Ketika nilai tegangan referensi memiliki nilai yang lebih besar dari tegangan *carrier* (gigi gergaji) maka nilai *output* dari komparator akan bernilai *high*. Jika apabila nilai tegangan referensi lebih kecil dari pada nilai tegangan *carrier*, maka dapat diketahui output dari komparator bernilai *low*. Dengan membandingkan nilai tegangan referensi dengan *carrier* untuk mengubah besar-kecilnya *duty cycle* sinyal output adalah dengan mengubah besar dari tegangan referensi.

$$Duty Cycle = \frac{V_{referensi}}{V_{carrier}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

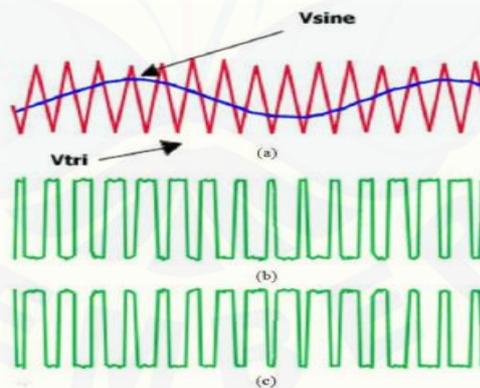
b) Digital

Dalam metode digital pembangkitan sinyal PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM tersebut. PWM digital 8 bit memiliki nilai resolusi 28 sampai dengan 256. Resolusi tersebut merupakan jumlah variasi dari PWM yang dapat dihasilkan. Perubahan nilai variasi nilai pwm dari 0 – 255 untuk mewakili perubahan *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM.



Gambar 2.11 Perubahan *Duty Cycle* PWM pada Mosfet
<http://kecoakacau.blogspot.com>

Pada saat proses switching PWM misalnya pada MOSFET, sinyal PWM tersebut dapat dihasilkan dengan cara membandingkan gelombang referensi dengan gelombang sinyal *carrier*. Dalam hal ini, yang menjadi frekuensi switching adalah sinyal segitiga (*carrier*).



Gambar 2.12 (a) komparasi sinyal segitiga dengan sinyal sinus (b) Keluaran sinyal PWM sebagai *Switching*(c) keluaran sinyal PWM sebagai sinyal switching.

Pada gambar 2.12 menampilkan proses modulasi dari sinyal PWM dengan membandingkan sinyal sinus dan sinyal segitiga serta sinyal switching. Sinyal PWM digunakan untuk mengatur switching dari saklar. Pada gambar 2.12 terlihat bahwa nilai dari amplitudo dan tegangan dari sinyal sinus V_{sine} lebih rendah

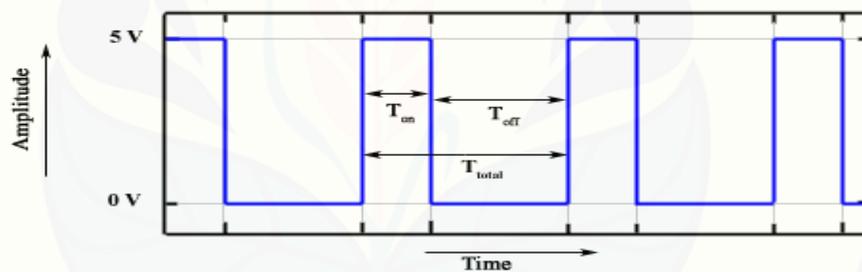
dibandingkan dengan tegangan sinyal segitiga V_{tri} . Amplitudo modulasi (M_a) dan frekuensi modulasi (M_f) sangat penting untuk mendapatkan bentuk gelombang keluaran. Amplitudo modulasi adalah rasio dari amplitudo sinusoidal V_{sine} dan amplitudo sinyal segitiga V_{tri} . Frekuensi dari sinyal modulasi didefinisikan sebagai rasio dari frekuensi sinyal segitiga f_{tri} dan frekuensi sinusoidal f_{sine} .

Amplitudo modulasi, M_a didefinisikan sebagai :

$$M_a = \frac{V_{sine}}{V_{tri}} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$M_f = \frac{F_{sine}}{F_{tri}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk mendapatkan keluaran tegangan yang bervariasi kita dapat mengubah-ubah lebar pulsa atau sering disebut sebagai *duty cycle*. Gelombang kotak dapat membantu siklus kerja *duty cycle* yang diatur.



Gambar 2.13. *Duty Cycle* gelombang PWM

Dalam penjelasannya T_{on} merupakan waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi *high* sedangkan T_{off} merupakan waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi *low*. Kemudian T_{total} merupakan waktu satu siklus atau penjumlahan antara T_{on} dengan T_{off} , biasa dikenal dengan istilah “periode satu gelombang”.

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \dots\dots\dots(2.4)$$

Siklus kerja atau *duty cycle* sebuah gelombang di definisikan sebagai,

$$D = \frac{T_{on}}{(T_{on} + T_{off})} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Tegangan keluaran dapat bervariasi dengan *duty-cycle* dan dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$V_{out} = D \times V_{in} \dots\dots\dots(2.6)$$

sehingga:

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \dots\dots\dots(2.7)$$

Nilai tegangan keluaran dari PWM dapat diubah-ubah secara langsung dengan mengubah nilai T_{on} .

Keterangan :

- V_{Out} : Tegangan Output
- T_{On} : Waktu Kondisi Menyala
- T_{Off} : Waktu Kondisi Mati
- V_{In} : Tegangan Input

2.4 Filter Frekuensi

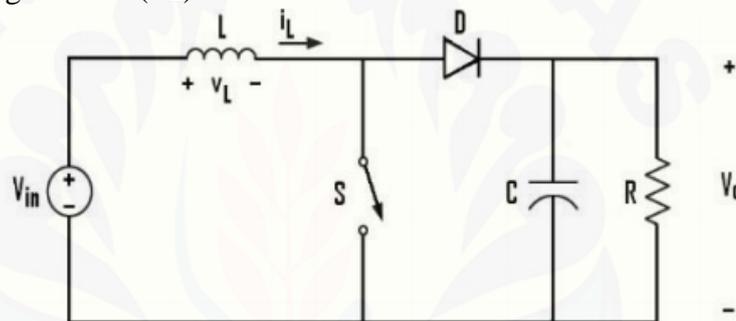
Pada dasarnya filter frekuensi terbagi menjadi dua, yaitu filter aktif dan filter pasif. Adapun pengertian filter aktif adalah rangkaian filter yang menggunakan komponen-komponen elektronik pasif seperti operational amplifier (OP-AMP), transistor dan lainnya. Sedangkan Filter pasif merupakan rangkaian filter yang menggunakan komponen elektronika pasif seperti resistor, kapasitor dan induktor. Perbedaan dari penggunaan komponen aktif dan pasif adalah pada penggunaan komponen aktif dibutuhkan sumber untuk dapat bekerja seperti pada OP-AMP dan transistor, sedangkan pada penggunaan filter pasif tidak membutuhkan sumber untuk dapat digunakan.

Penggunaan filter aktif dan pasif memiliki tujuan untuk dapat mereduksi frekuensi yang melewati rangkaian filter. terdapat jenis-jenis filter antara lain *low pass filter* (LPF) yaitu merupakan filter yang dapat melewatkan frekuensi rendah, *high pass filter* (HPF) adalah jenis filter yang hanya dapat melewatkan frekuensi tinggi, *band stop filter* (BSF) atau *band reject filter* (BRF) merupakan filter yang memilih frekuensi tertentu untuk tidak dilewatkan dan melewatkan frekuensi lain,

band pass filter(BPF) merupakan filter yang dapat melewatkan frekuensi tertentu dan tidak melewatkan frekuensi lain.

2.5 Boost Converter

Boost konverter berfungsi untuk mengubah level tegangan *output* DC lebih besar dari pada tegangan *input*. Dalam arti, tegangan keluaran *boost converter* bernilai lebih besar dari pada tegangan input. Pengaruh dari besarnya tegangan keluaran adalah dari pengaturan PWM dari *boost converter*. Pada gambar 2.14 merupakan rangkaian dasar *boost converter* yang terdiri dari power MOSFET sebagai switching komponen, induktor (L), dioda, Kapasitor filter (C) dan resistor sebagai beban (R_L).

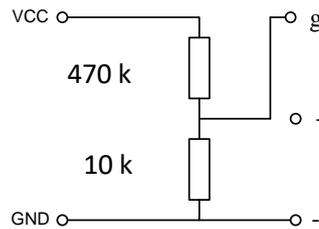


Gambar 2.14 Rangkaian *Boost Converter*

Pada rangkaian diatas komponen induktor digunakan sebagai filter untuk mengurangi ripple arus, sedangkan komponen kapasitor digunakan sebagai filter untuk mengurangi ripple tegangan. Dioda digunakan komponen *switching* yang bekerja pada keadaan switch open, sehingga arus tetap mengalir ke induktor.

2.6 Sensor Tegangan

Sensor Tegangan merupakan sistem pembagi tegangan yang digunakan untuk mengubah tegangan yang akan diukur untuk dapat diumpankan ke pin kontroler yang sudah memiliki konverter analog ke digital (ADC). Dalam hal ini sensor tegangan adalah menggunakan pembagi tegangan dengan menggunakan resistor 470k dengan resistor 10k.



Gambar 2.15 Sensor Tegangan DCT-Elektronik

Sensor Tegangan DCT-Elektronik adalah modul sensor pembagi tegangan. 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 Kontrol Logika Fuzzy

Logika Fuzzy adalah salah satu cabang kecerdasan buatan yang berhubungan dengan algoritma perasaan yang digunakan untuk menciptakan pola pikir manusia dan penentuan keputusan (Harika, *et al* 2009). Pada Algoritma ini digunakan dalam aplikasi dimana dalam pemrosesan data tidak dapat dipresentasikan dalam bentuk biner yang sering kita temui dalam sistem digital, melainkan pernyataan abu-abu. Kontrol logika fuzzy merupakan kontrol yang mempunyai respon atau kepekaan yang sangat tinggi.

2.7.1 Fuzzyfikasi

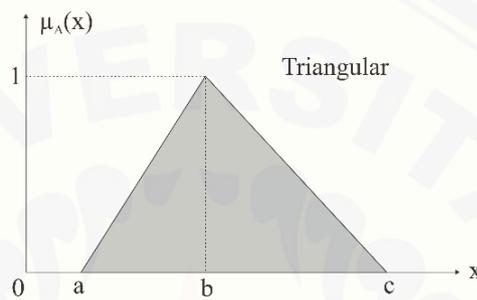
Fuzzyfikasi merupakan tahap awal dalam proses kontrol logika fuzzy. Pada tahap ini adalah tahap pemetaan atau pengelompokan data-data yang dijadikan sebagai parameter. Data yang telah dipetakan atau dikelompokkan kemudian di ubah dalam bentuk linguistik yang sesuai dengan label himpunan fuzzy yang telah terdefinisi untuk variabel *input* sistem klasifikasi memiliki dua komponen utama, yaitu :

a. Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy*

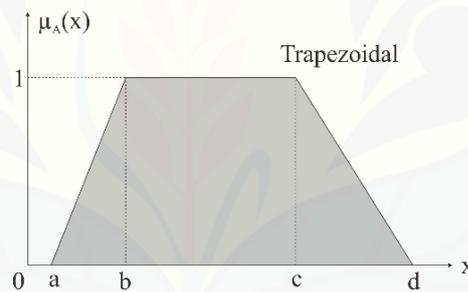
Pada fungsi keanggotaan himpunan fuzzy ini, merupakan sebuah kurva yang mengalami pemetaan dari *input* kederajat keanggotaan antara 0 dan 1. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka dari nilai-nilai masukkan

tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang berguna nantinya untuk prose pengontrolan *fuzzy*.

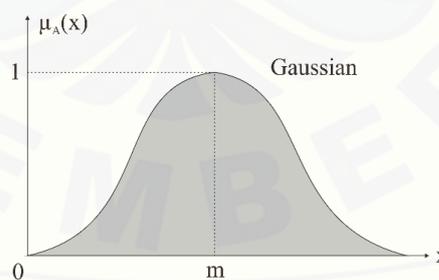
Dalam menentukan jumlah fungsi keanggotaan dalam *fuzzy set* menentukan banyaknya aturan yang akan dibuat keanggotaan dalam himpunan *fuzzy* mempunyai bentuk yang berbeda-beda seperti fungsi segitiga, trapezium dan gaussian.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.16 (a) Fungsi keanggotaan segitiga (b) Fungsi keanggotaan trapesium
(c) Fungsi keanggotaan gaussian

(Sumber : Harika, *et al.*, 2009)

b. Label

Apabila kita telah mengatur *fuzzy set* tentunya memiliki beberapa fungsi keanggotaan, jumlah dari keanggotaan ini pun disesuaikan dengan banyaknya kebutuhan. Pada dasarnya setiap fungsi keanggotaan dapat didefinisikan dengan label atau nama. Biasanya dinyatakan dengan besar, sedang, kecil atau sesuai dengan keinginan.

2.7.2 Rule Base

Rule base merupakan kaidah atur yang di tetapkan pada kontrol logika fuzzy. Rule base berisi informasi bagaimana membangkitkan fakta baru atau hipotesa yang sudah ada. Dalam hal ini kita dapat mengatur berapa banyak rule fuzzy yang kita gunakan dalam penelitian. Basis pengetahuan terdiri dari kata fakta(*database*) dan kaidah atur (*rule base*).

2.7.3 Logika Pengambilan Keputusan

Pada tahap logika pengambilan keputusan yaitu mengevaluasi aturan-aturan yang mempunyai arti yaitu logika fuzzy dalam mengolah dan menyimpulkan dari aturan-aturan dari rule fuzzy. Sering juga disebut sebagai *fuzzy inference system (FIS)* merupakan bagian terpenting dalam logika fuzzy dalam menghasilkan *output*. Pernyataan IF merupakan dasar dari penentuan nilai output. Kemudian setelah pernyataan IF keluaran aturan yang didasari THEN. Pada sistem fuzzy digunakan banyak *rule* yang menyatakan satu atau lebih pernyataan IF. Suatu *rule* dapat pula mempunyai beberapa kondisi input, yang satu sama lainnya dihubungkan dengan AND atau OR untuk mendapatkan *rule output*(Harika, et al 2009).

Prosedur fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah variabel non fuzzy (variabel *numerik*) menjadi variabel fuzzy (variabel *linguistik*). Terdapat 2 Input kontrol fuzzy dalam pengontrolan ini, yaitu merupakan error dan delta error. Dalam hal ini delta error diperoleh dari selisih error sekarang dengan error sebelumnya.

BAB 3. METODELOGI PENELITIAN

Metode tugas akhir merupakan urutan secara sistematis tahapan pengerjaan tugas akhir yang dilakukan sejak dimulainya pengerjaan hingga akhir. Adapun metode pelaksanaan ini akan menjelaskan tempat dan waktu, tujuan penelitian, dan jenis sumber data. Pada proses pengerjaan tugas akhir ini bersifat penelitian sehingga membutuhkan sebuah pengujian untuk menyelesaikan rumusan masalah dan agar tujuan penelitian tercapai.

3.1 Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yaitu dengan membuat rancang bangun yang bertujuan mengambil data sistem pemanfaatan panel surya untuk konsumsi listrik rumah tangga. Proses yang terjadi yaitu tegangan dari panel surya di naikan dengan *boost converter* mencapai *set point* yaitu 220 Volt, kemudian tegangan DC tersebut dikonversi menjadi tagangan AC dengan *Inverter*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium *Renewable Energy, Center for Development of Advance Science and Technology (CDAST)* Universitas Jember, yang beralamat di Jl. Kalimantan 37 Kampus Tegal Boto, Jember, Jawa Timur.

3.2 Jenis dan Sumber data

3.2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh oleh penulis melalui dua bagian yaitu:

1. Penelitian Kepustakaan (*Library Reseach*)

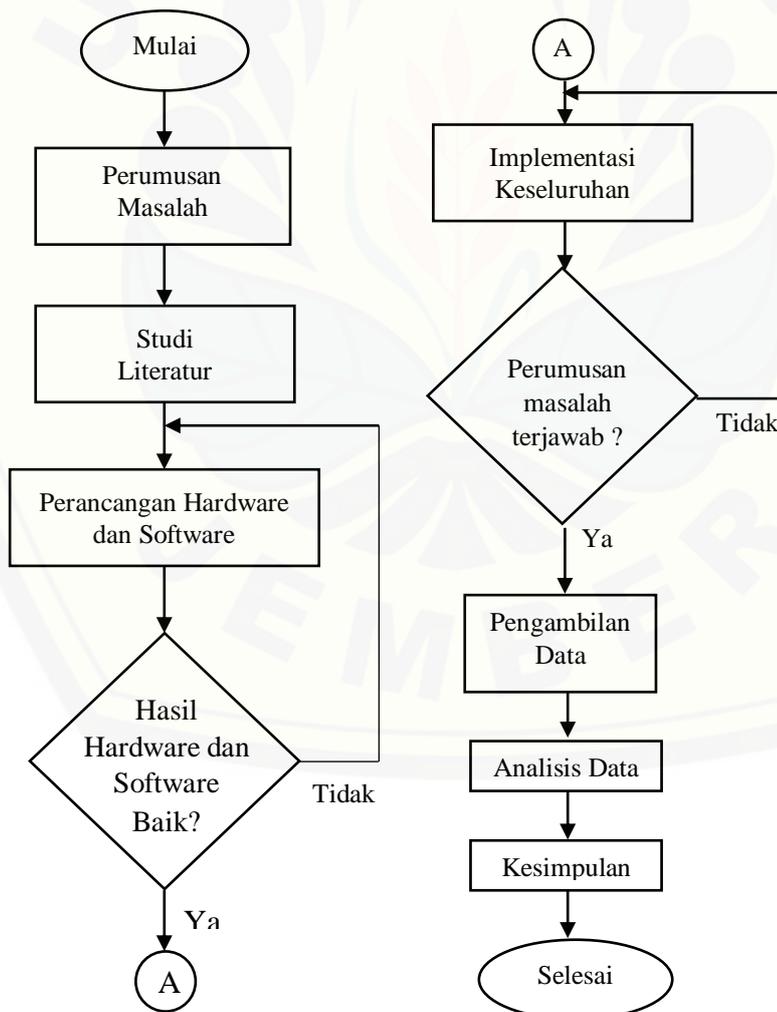
Penelitian kepustakaan disebut juga studi pustaka merupakan proses pengambilan data baik untuk latar belakang ataupun landasan teori yang berasal dari buku-buku, internet, jurnal nasional, *journal internasional*, maupun *e-book*. Data-data yang ada dikumpulkan secara selektif sesuai dengan kebutuhan yang ada seperti semakin tingginya kebutuhan listrik dari tahun ke tahun dan lain sebagainya. Data-data tersebut selanjutnya akan dijadikan referensi oleh peneliti atau penulis untuk proses penelitian dan penyusunan skripsi.

2. Penelitian Observasi Langsung

Pada penelitian ini dilakukan dengan cara terjun langsung ke lapangan. Untuk penelitian ini bertempat di Laboratorium Konversi Energi Listrik, *Center for Development of Advance Science and Technology (CDAST)* Universitas Jember. Proses penelitian ini berfungsi untuk mengambil data yang dibutuhkan seperti tegangan yang dihasilkan *boost converter dan inverter* yang akan digunakan untuk peralatan rumah tangga.

3.3 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan dalam penelitian ini secara keseluruhan yang digunakan sebagai kerangka pemecahan masalah pada penelitian ini dapat dinyatakan dalam diagram alir yang terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

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

1. Studi Literatur

Tahap awal dari penelitian ini adalah melakukan pencarian hasil penelitian sebelumnya, pencarian ini dilakukan dari berbagai jenis baik buku maupun jurnal. Dalam pencarian studi literatur ini diharapkan dapat mengetahui prinsip kerja dari inverter dan lebih memahami tentang teori dari inverter. Selain untuk menunjang pengetahuan dasar studi literatur dilakukan untuk menentukan tahapan selanjutnya jika hasil studi literatur sudah dianggap cukup dapat dilakukan perancangan dan simulasi dengan mengacu dari buku-buku dan hasil percobaan sebelumnya.

2. Simulasi

Dalam proses perancangan dilakukan simulasi terlebih dahulu menggunakan software. Penggunaan simulasi ini dilakukan agar ketika dilakukan perancangan secara praktik tidak terjadi masalah yang menyebabkan kegagalan. Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui spesifikasi yang sesuai dengan perhitungan dan secara praktiknya.

3. Perancangan Hardware dan Software

Perancangan alat ini ada beberapa tahapan antara lain :

a. Pemrograman Mikrokontroler

Pembuatan program pada mikrokontroler dilakukan pada mikrokontroler arduino uno. Pembuatan program pada arduino uno bertujuan untuk mendapatkan gelombang PWM yang membentuk gelombang menyerupai sinus atau *modified sine wave*.

b. Perancangan Hardware

Proses perancangan hardware ini dilakukan sesuai dengan studi literatur dan setelah melalui proses simulasi. Perancangan hardware yang dilakukan meliputi pembuatan skema PCB hingga penempatan komponen pada PCB.

4. Pengujian Alat dan Pengambilan Data

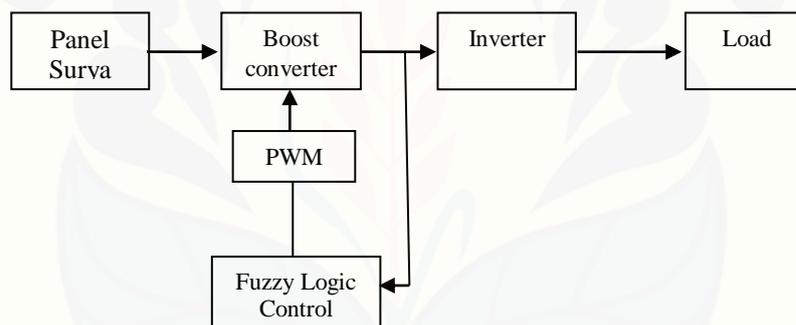
Pada pengujian alat dilakukan pada setiap tahapan pembentukan gelombang *modified sine wave*. Hasil dari pengujian akan dilakukan pengambilan data untuk tahap selanjutnya. Pengujian alat ini untuk mengetahui efisiensi dari alat yang di. Data yang didapatkan akan selanjutnya diproses dan dianalisa.

5. Analisa dan Penyusunan Laporan

Setelah melakukan pengujian alat dan pengambilan data secara keseluruhan dengan baik dan hasilnya sesuai dengan yang diharapkan, tahap yang selanjutnya adalah proses pengolahan data yang didapatkan dan dilakukan analisa dari data yang telah dapatkan. Pada tahap penyusunan laporan data dan analisa yang didapatkan dimasukkan pada pembahasan yang kemudian dapat disimpulkan yang berhubungan dengan kinerja dari alat yang dibuat dan memberikan saran untuk dapat memperbaiki kekurangan yang ada.

3.4 Pemodelan Sistem

Berikut merupakan diagram alur sistem pada perancangan boost converter dan inverter 1 fasa menggunakan Kontrol Logika Fuzzy.



Gambar 3.2 Diagram Skema Sistem

Pada dasarnya sistem pengontrolan *Boost Converter* dengan fuzzy logic untuk mensuplai Inverter seperti gambar 3.2 yang merupakan gambaran dari blok diagram sistem secara keseluruhan. Panel surya yang digunakan pada penelitian ini adalah panel surya 100 Wp jenis *polycrystalline*. Sistem kontrol ini bertujuan untuk mengatasi apabila terjadi *drop* tegangan dari panel surya sehingga dapat mempertahankan *input* inverter digunakan.

3.5 Perencanaan Panel Surya

Panel surya yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis polycrystalline 100Wp sebanyak 10 buah. Karakteristik Panel surya yang digunakan ini memiliki daya serap maksimum 100 watt per jam.



Gambar 3.3 Panel Surya 100 Wp *Polycrystalline*

Tabel 3.1 Spesifikasi Panel surya 100 Wp

Spesifikasi	Keterangan
Pmax	100 Wp
Vmp	17.8 V
Imp	5.62 A
Voc	21.8 V
Isc	6.05 A
Temperatur Operation	-4°C to 85 °C
Max. System Voltage	1000 VDC
<i>Efficiency Cell And Power Tollerance</i>	16.93 % And + - 3%
Merk	SUN ASIA

3.6 Perancangan Boost Converter

Dalam Perancangan *boost converter* dibutuhkan untuk mencari nilai duty cycle, nilai resistansi, kapasitansi, induktansi, mosfet. Untuk menentukan nilai-nilai tersebut digunakan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Perhitungan duty cycle

$$D_{\min} = 1 - \frac{V_{\max}}{V_o} = 1 - \frac{180}{230} = 0,22 = 22\%$$

$$D_{\max} = 1 - \frac{V_{\min}}{V_o} = 1 - \frac{160}{230} = 0,31 = 31\%$$

2. Perhitungan Resistansi

Menentukan Resistansi yang digunakan sebagai beban yang terhubung konverter.

$$R_{L\min} = \frac{V_o}{I_{\max}} = \frac{230}{5,62} = 40,92 \Omega$$

$$R_{L\max} = \frac{V_o}{I_{\min}} = \frac{230}{0,2} = 1,15 \text{ k}\Omega$$

3. Perhitungan Induktor

Setelah diketahui duty cycle, selanjutnya adalah mencari nilai induktansinya, besarnya induktansi dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

- Induktansi

$$L_{\min} = \frac{R_{L\max} D_{\min} (1-D_{\min})}{2f_s} = \frac{1100 \cdot 0,22(1-0,22)}{2 \cdot 27000} = 2,3 \times 10^{-3} \text{ H}$$

- Arus *Ripple*

$$\Delta i_{L\max} = \frac{V_o D_{\min} (1-D_{\min})}{f_s L} = \frac{220 \cdot 0,22(1-0,22)}{27000 \cdot 0,0023} = \frac{25,4628}{62,1} = 0,4 \text{ A}$$

4. Pemilihan Mosfet

Berdasarkan dari tegangan minimum dan arus puncak maka dipilih jenis MOSFET dengan tipe IRFP 450. MOSFET ini sesuai karena memiliki V_{ds} maksimal 500 Volt (lebih besar dari batas tegangan) dengan R_{ds} yang kecil yaitu 0,40 ohm. Pemilihan R_{ds} yang kecil akan meminimalisir besar daya *losses* pada MOSFET.

5. Perhitungan Kapasitor

- Tegangan ripple

$$V_r = 0,01 \times V_o = 0,01 \times 230 = 2,3 \text{ Volt}$$

- ESR Maksimum

$$V_{rcpp} = V_{cpp} = \frac{V_r}{2} = \frac{2,3}{2} = 1,15 \text{ Volt}$$

- Sehingga diketahui nilai dari kapasitor minimum yang digunakan:

$$C_{\min} = \frac{D_{\max} * V_o}{f_s R_{L\min} V_{rcpp}} = \frac{0,28 * 230}{27000 * 39,14 * 1,1} = 5,29 \times 10^{-5} \text{ F}$$

3.7 Pemodelan Kontroler Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan kontrol yang bersifat perasa. Dalam hal ini kontrol logika fuzzy bukan hanya mengenal biner 0 dan 1, tetapi nilai diantara *biner* tersebut.

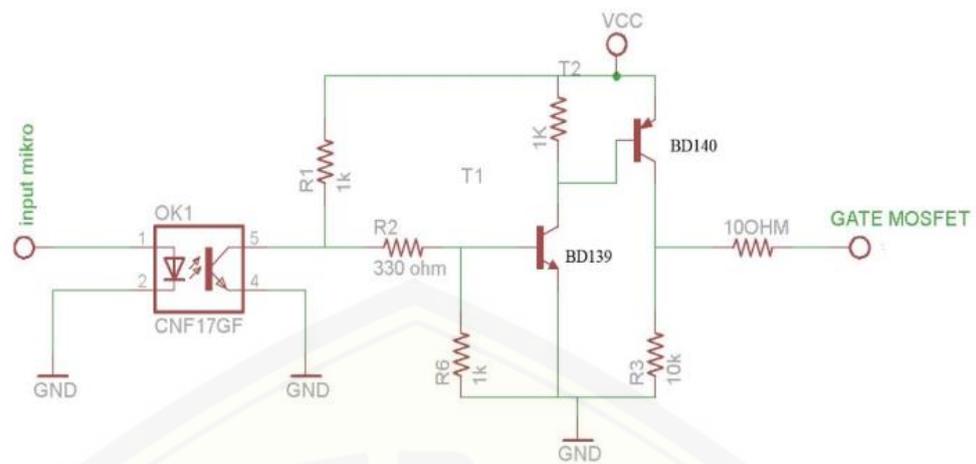
Dalam penelitian ini, masukan-masukan sistem berupa nilai error dan selisih (delta) error yang diperoleh dari hasil pembacaan tegangan pada pin analog input arduino. Keluaran Logika Fuzzy berupa *dutycycle* yang akan diberikan kepada konverter. Masukan dan keluaran logika fuzzy dinyatakan dalam fungsi keanggotaan (*membership function*) untuk mengelompokkan variabel-variabel yang ada. Berikut merupakan rule base pengontrolan logika fuzzy.

Tabel 3.2 Rule base *Fuzzy Logic Controller*

E/DE	N	Z	P
N	N	N	P
Z	N	Z	P
P	N	P	P

3.8 Perencanaan Driver MOSFET

Driver MOSFET berperan penting dalam perancangan inverter. Hal ini dikarenakan driver mosfet merupakan pemisah rangkaian kontrol dengan rangkaian power. Dalam arti, pemisah rangkaian tegangan rendah dengan tegangan tinggi. Selain itu mosfet juga digunakan untuk penguat tegangan, sehingga tegangan pada gate mosfet dapat memiliki nilai yang besar (*full open*).



Gambar 3.4 Rangkaian Driver MOSFET

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian pada penelitian ini dengan judul “Rancang Bangun Sistem Penyedia 220 VAC berbasis Photovoltaik 1000 Wp dengan Kendali Logika Fuzzy” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan logika fuzzy yang digunakan dalam mengontrol tegangan *Boost Converter* pada penelitian ini menggunakan 9 rule base dengan nilai *error*, *delta error* dan *output* yang dipetakan menjadi [-1,1].
2. Pengujian efisiensi Inverter dengan *boost converter* berbasis Fuzzy Logic Controller lebih baik dari pada tanpa kontrol. Efisiensi tertinggi terjadi pada saat pengujian beban resistif 20 watt yaitu sebesar 94,063%, sedangkan untuk efisiensi pengujian terendah terjadi saat menggunakan beban resistif 10 watt. Efisiensi yang terukur paling rendah adalah sebesar 87,722%
3. Perbedaan resistansi lampu yang digunakan, mengakibatkan arus keluaran yg dihasilkan juga berbeda. Semakin kecil hambatan maka arus semakin besar, kemudian apabila resistansinya besar maka arusnya semakin kecil.

5.2 Saran

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

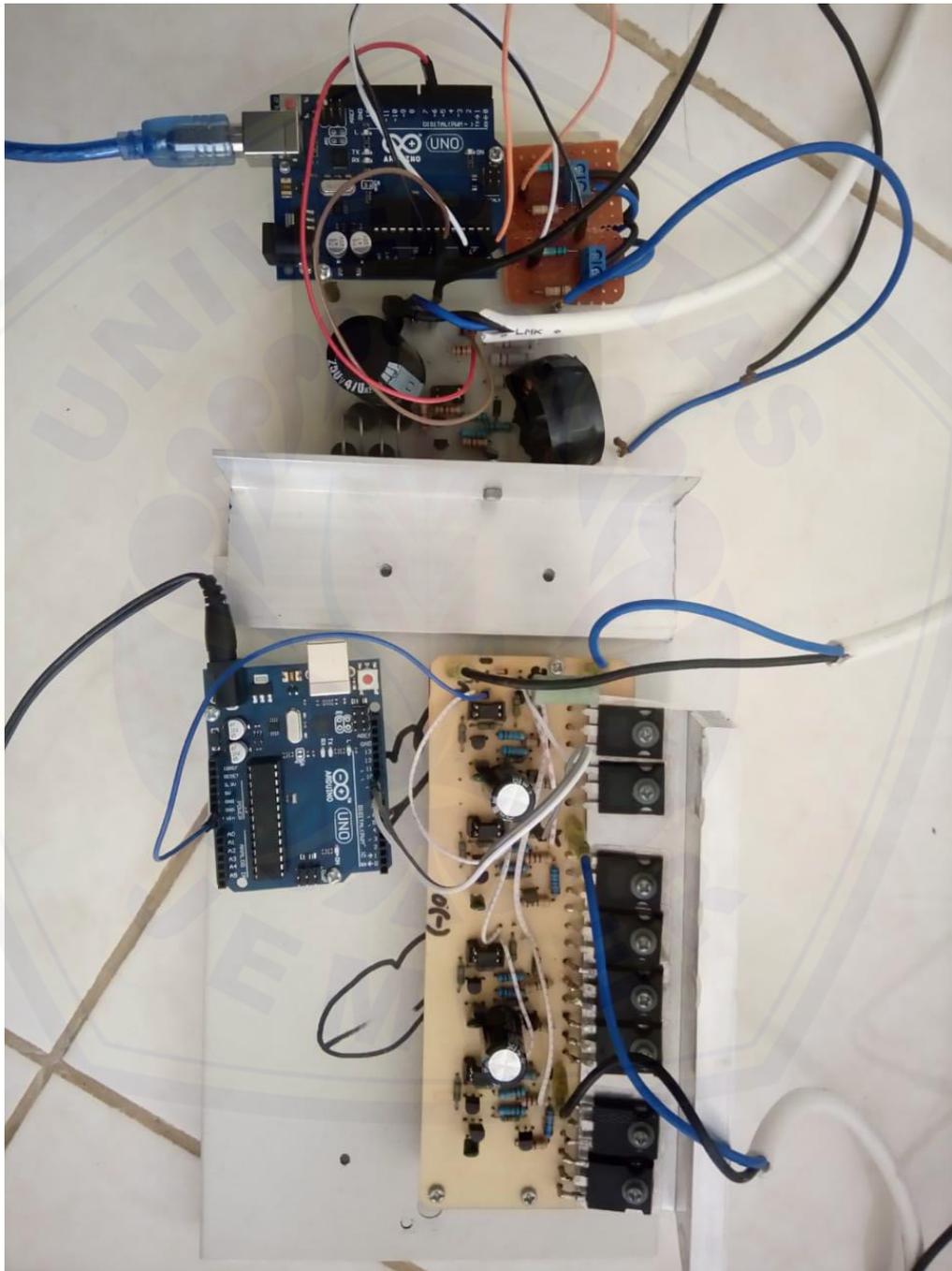
1. Untuk mendapatkan kontroller yang lebih akurat dapat menambahkan rule base pada logika fuzzy.
2. Menggunakan jenis kontrol lainnya seperti ANFIS, Jaringan Syaraf Tiruan, Algoritma Genetika untuk membandingkan unjuk kerja logika fuzzy pada penelitian ini.
3. Perlu adanya penambahan baterai agar inverter dapat digunakan pada waktu malam hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, *et al.*, 2014. Perancangan Simulasi Unjuk Kerja Motor Induksi Tiga Fase Dengan Sumber Satu Fase Menggunakan Boost Buck Converter Regulator Dan Invertertiga Fase Pulse Width Modulation (PWM) Menggunakan Software Matlab. *BERKALA SAINTEK*. II(1): 1-6.
- Ariwibowo, C., Warsiti, A., dan Kartono. 2010. *Perancangan Inverter Dual Conversion Push Pull-Full Bridge Pada Aplikasi Fotovoltaik*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Cecati C., *et al.* 2010. *A Multilevel Inverter for Photovoltaic System With Fuzzy Logic Control*.international Journal IEEE.
- Faturachman Ahmad, A. 2014. Perancangan Boost Converter Untuk Sistem Pembangkit Tenaga Surya, Skripsi, Universitas Jenderal Achmad Yani
- Febrianto Rendi 2018 Rancang Bangun Boost Converter Untuk Proses discharging Baterai Pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya, Laporan Tugas Akhir, Universitas Lampung.
- M A Hannan., *et al.* 2017. *Fuzzy Logic inverter controller in photovoltaic applications: issues and recommendations*. International Journal IEEE.
- MR, Fadhli, *Rancang Bnagun Inverter 12V DC Ke 220V AC Dengan Frekwensi 50Hz dan Gelombang Keluaran Sinusoidal*. Depok: UNIVERSITAS INDONESIA, 2010.
- Mustaffa, Muhammad Faid, *Design The Low Passive Filter For Grid Connected Single Phase Voltage Source Inverter System*. Malaysia: UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA,2014.
- Rifqi, B. 2018. Rancang Bangun Inverter *Full Bridge* Satu Fasa, Laporan Tugas Akhir, Universitas Jember.
- Santoso, S. 2013. *Implementasi Teknik PWM Pada Inverter Satu Fasa Gelombang Penuh pada Beban RC*, laporan Tugas Akhir, Universitas Katolik Soegija Pranata, Semarang
- Suryo M.H., 2014 Rancang Bangun Buck Boost Konverter, Laporan Tugas Akhir, Universitas Indonesia.
- Syaifur Ardianto,2019. Rancang Bangun KY Boost Converter Berbasis Fuzzy Logic Controller Pada Pengisian Baterai Sepeda Listrik, Skripsi, Universitas Jember, Jember

LAMPIRAN

A. Dokumentasi Alat





B. DATA SHEET MOSFET IRF 450



IRF450 Series

Nell High Power Products

**N-Channel Power MOSFET
14A, 500Volts**

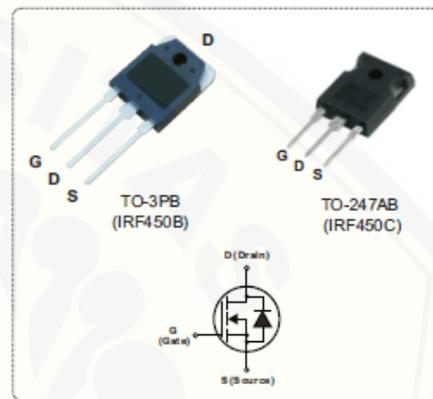
DESCRIPTION

The Nell IRF450 is a three-terminal silicon device with current conduction capability of 14A, fast switching speed, low on-state resistance, breakdown voltage rating of 500V, and max. threshold voltage of 4 volts.

They are designed for use in applications such as switched mode power supplies, DC to DC converters, motor control, circuits UPS and general purpose switching applications.

FEATURES

- $R_{DS(ON)} = 0.40\Omega$ @ $V_{GS} = 10V$
- Ultra low gate charge (150nC Max.)
- Low reverse transfer capacitance ($C_{rss} = 340pF$ typical)
- Fast switching capability
- 100% avalanche energy specified
- Improved dv/dt capability
- 150°C operation temperature



PRODUCT SUMMARY

I_D (A)	14
V_{DSS} (V)	500
$R_{DS(ON)}$ (Ω)	0.40 @ $V_{GS} = 10V$
Q_G (nC) max.	150

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_C = 25^\circ C$ unless otherwise specified)

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	VALUE	UNIT	
V_{DSS}	Drain to Source voltage	$T_J = 25^\circ C$ to $150^\circ C$	500	V	
V_{DGR}	Drain to Gate voltage	$R_{GS} = 20K\Omega$	500		
V_{GS}	Gate to Source voltage		± 20		
I_D	Continuous Drain Current ($V_{GS} = 10V$)	$T_C = 25^\circ C$	14	A	
		$T_C = 100^\circ C$	8.7		
	I_{DM}	Pulsed Drain current (Note 1)			56
	I_{AR}	Avalanche current (Note 1)			8.7
E_{AR}	Repetitive avalanche energy (Note 1)	$I_{AR} = 14A, R_{GS} = 50\Omega, V_{GS} = 10V$	19	mJ	
E_{AS}	Single pulse avalanche energy (Note 2)	$I_{AS} = 14A, L = 7.0mH$	760		
dv/dt	Peak diode recovery dv/dt (Note 3)		3.5	V/ns	
P_D	Total power dissipation	$T_C = 25^\circ C$	190	W	
	Derate above $25^\circ C$		1.5	W/ $^\circ C$	
T_J	Operation junction temperature		-55 to 150	$^\circ C$	
T_{STG}	Storage temperature		-55 to 150		
T_L	Maximum soldering temperature, for 10 seconds	1.6mm from case	300		
	Mounting torque, #6-32 or M3 screw		10 (1.1)	lbf in (N-m)	

Note: 1. Repetitive rating; pulse width limited by junction temperature.
 2. $I_{AS} = 14A, L = 7.0mH, V_{DS} = 50V, R_G = 25\Omega$, starting $T_J = 25^\circ C$.
 3. $I_{SD} \leq 14A, di/dt \leq 130A/\mu s, V_{DS} \leq V_{BR(DSS)}$, starting $T_J = 25^\circ C$.