



**KONTROL TEGANGAN INVERTER *FULL BRIDGE* SATU  
FASA BERBASIS ARDUINO UNO R3 MENGGUNAKAN  
KONTROL PID**

**SKRIPSI**

Oleh

**Raka Aji Suksmayuwana  
NIM 141910201079**

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



**KONTROL TEGANGAN INVERTER *FULL BRIDGE* SATU  
FASA BERBASIS ARDUINO UNO R3 MENGGUNAKAN  
KONTROL PID**

**SKRIPSI**

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

Oleh

**Raka Aji Suksmayuwana  
NIM 141910201079**

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

## PERSEMBAHAN

Dengan berkat rahmat Allah S.W.T. yang telah memberikan segala nikmat serta anugerah-Nya sehingga dapat saya persembahkan skripsi ini kepada :

1. Kedua orang tua, Adji Purwanto dan Anis Kartikowati yang selalu memberikan doa dan dukungannya kepada saya dari kecil hingga saya mencapai gelar sarjana teknik (ST).
2. Kakak saya Alfiana Fitri yang sudah memberikan dukunga kepada saya.
3. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, ST., MT dan bapak Ir. Widyono Hadi, MT terima kasih banyak atas bimbingan, ilmu, dan nasehatnya.
4. Keluarga Besar Teknik Elektro Angkatan 2014, saya bangga menjadi angkatan 2014. Terimakasih atas dukungan dan motivasi yang kalian berikan
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember

**MOTO**

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

*(HR. Turmudzi)*

*Rencanakanlah yang anda akan lakukan, dan lakukanlah yang  
telah anda rencanakan*

*(Mario Teguh)*

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

*(Thomas Alfa Edison)*

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Raka Aji Suksmayuwana

NIM : 141910201079

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis yang berjudul “Kontrol Tegangan Inverter Full Bridge Satu Fasa Berbasis Arduino Uno R3 Menggunakan Kontrol PID” 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 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 di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 Mei 2019

Yang menyatakan,

Raka Aji Suksmayuwana  
NIM. 141910201079

**SKRIPSI**

**KONTROL TEGANGAN INVERTER *FULL BRIDGE* SATU  
FASA BERBASIS ARDUINO UNO R3 MENGGUNAKAN  
KONTROL PID**

Oleh

Raka Aji Suksmayuwana  
NIM 141910201079

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Triwahju Hardianto, ST., MT

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Widyono Hadi, MT

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Kontrol Tegangan Inverter Full Bridge Satu Fasa Berbasis Arduino Uno R3 Menggunakan Kontrol PID” telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Rabu, 26 Juni 2019

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Dr. Triwahju Hardianto, ST., MT

NIP 19700826 199702 1 001

Ir. Widyono Hadi, MT

NIP 19610414 198902 1 001

Penguji I

Penguji II

Dr. Bambang Sri Kaloko, ST., MT

NIP 19710402 200312 1 001

Guido Dias Kalandro., S.ST., M.Eng

NIP 760015734

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM

NIP 19661215 199503 2 001



Kontrol Tegangan Inverter Full Bridge Satu Fasa Berbasis Arduino Uno R3  
Menggunakan Kontrol PID

**Raka Aji Suksmayuwana**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

**ABSTRAK**

Resiko gangguan pada system jaringan listrik semakin meningkat diakibatkan semakin bertambahnya konsumsi energi listrik. Jika gangguan pada system jaringan terjadi maka pemutusan biasanya dilakukan oleh PT. PLN. Kemajuan teknologi memberikan solusi dengan berkembangnya ilmu elektronika daya. Mulai ditemukan rangkaian yang dapat merubah listrik DC ke AC. Listrik berjenis AC dapat dibangkitkan melalui listrik DC (Direct Current) atau listrik bergelombang searah. Tahapan untuk mendapatkan listrik AC dari pembangkitan menggunakan listrik DC dapat menggunakan sistem pembalikan kutup dari hasil keluaran listrik DC yang terhubung dengan beban. Metode tersebut disebut dengan inverter.

Penelitian ini menggunakan inverter dengan rangkaian full bridge. Sumber tegangan inverter menggunakan baterai 12 volt dengan kapasitas 7,2 Ah. Arduino Uno R3 digunakan sebagai kontrol switching rangkaian full bridge dan menjaga kestabilan tegangan dengan menggunakan PID. Setelah rangkaian inverter full bridge, tegangan dinaikan ke 220 volt dengan menggunakan transformator. Dengan menggunakan metode SPWM (*Sine Pulse Width Modulation*) pembagian gelombang frekuensi pada inverter sebesar 50 Hz. Kemudian dilakukan pengontrolan PID karena terjadinya penurunan tegangan setelah keluaran dari transformator. Besaran nilai Kp, Ki, dan Kd yang digunakan adalah 0,068, 0,001 dan 0,04. Tegangan output inverter mampu dijaga hingga tetap stabil sebesar 200v-220v. Efisiensi sistem inverter secara keseluruhan adalah 79,319%

**Kata kunci** : Inverter, Mikrokontroler, *Full Bridge*, *Sine Pulse Width Modulation*, PID



*Voltage Control For Full Bridge Single-Phase Inverter Based On Arduino Uno R3 Using PID Controller*

**Raka Aji Suksmayuwana**

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

**ABSTRACT**

*The risk of disruption to the electricity network system increases due to the increasing consumption of electricity. If a disruption in the network system occurs, the termination is usually carried out by PT. PLN. Technological advancements provide solutions with the development of power electronics. Start to find a circuit that can convert DC electricity to AC. AC type electricity can be generated via DC electricity (Direct Current) or unidirectional corrugated electricity. The stage for obtaining AC electricity from generation using DC electricity can use a closed reversal system from DC electricity output connected to the load. This method is called an inverter.*

*This study uses an inverter with a full bridge circuit. The inverter voltage source uses a 12 volt battery with a capacity of 7.2 Ah. Arduino Uno R3 is used as a control of a full bridge switching circuit and maintaining voltage stability using PID. After a full bridge inverter circuit, the voltage is increased to 220 volts using a transformer. By using the SPWM method (Sine Pulse Width Modulation) the distribution of frequency waves on the inverter is 50 Hz. Then PID control is carried out because of the voltage drop after the output of the transformer. The values of  $K_p$ ,  $K_i$ , and  $K_d$  used are 0.068, 0.001 and 0.04. The inverter's output voltage can be maintained until it remains stable at 200v-220v. The efficiency of the inverter system is 79.319%*

**Key words** : *Inverter, Mikrokontroler, Full Bridge, Sine Pulse Width Modulation. PID*

## RINGKASAN

**Kontrol Tegangan Inverter Full Bridge Satu Fasa Berbasis Arduino Uno R3 Menggunakan Kontrol PID;** Raka Aji Suksmayuwana; 141910201079, 2019; 57 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Resiko gangguan pada system jaringan listrik semakin meningkat diakibatkan semakin bertambahnya konsumsi energi listrik. Jika gangguan pada system jaringan terjadi maka pemutusan biasanya dilakukan oleh PT. PLN. Kemajuan teknologi memberikan solusi dengan berkembangnya ilmu elektronika daya. Mulai ditemukan rangkaian yang dapat merubah listrik DC ke AC. Listrik berjenis AC dapat dibangkitkan melalui listrik DC (Direct Current) atau listrik bergelombang searah. Tahapan untuk mendapatkan listrik AC dari pembangkitan menggunakan listrik DC dapat menggunakan sistem pembalikan kutup dari hasil keluaran listrik DC yang terhubung dengan beban. Metode tersebut disebut dengan inverter.

Inverter adalah sebuah metode untuk mendapatkan tegangan AC dari hasil konversi tegangan DC dengan menggunakan rangkaian elektronika. Penggunaan konfigurasi inverter *full bridge* mempunyai keandalan mempunyai kenadalan. Kekurangan pada sistem inverter adalah masih digunakannya tranformator untuk menaikkan tegangan ke 220volt, karena hal ini sering terjadi penurunan tegangan ketika dilakukan pembebanan

Rangkaian dari inverter dengan menggunakan konfigurasi *full bridge* memiliki kelebihan efisiensi yang baik. Rangkaian inverter full bridge menggunakan 4 buah mosfet dengan dua jenis mosfet yang berbeda yaitu IRF 9540 dan IRF 540. Penggunaan MOSFET irf 9540 untuk memotong sumber positif, sedangkan irf 540 digunakan untuk memotong sumber negatif batrai. Ke 4 buah mosfet ini diatur proses *switching*-nya menggunakan driver MOSFET.

Penggunaan driver MOSFET dengan menggunakan penguat transistor kelas A memiliki kemudahan dan memiliki bentuk gelombang yang sangat baik. Rangkaian utama dari driver mosfet adalah resistor tersebut dihubungkan pada

bagian kolektor transistor. Emitor transistor dihubungkan dengan ground. Rangkaian transistor tersebut memotong tegangan negatif. Penggunaan transistor dengan tipe bd 139 memiliki kecepatan transisi mencapai 100 Mhz. Dengan kecepatan transisi tersebut untuk melakukan switching dengan frekuensi 20 Khz penggunaan bd 139 memiliki keadalan. Tegangan *supply* driver mosfet menggunakan tegangan 12 volt.

Pada penggunaan arduino uno R3 sebagai control digunakan sebagai pembangkitan gelombang PWM untuk mengaktifkan driver inverter. Dari penelitian yang sudah dilakukan gelombang *modified sinewave* yang didapatkan kemudian difilter dengan menggunakan rangkaian *low pass filter* untuk menghilangkan frekuensi yang melebihi daerah *cut-off*. Hasil dari penelitian yang sudah dilakukan didapatkan frekuensi rata-rata inverter sebesar 49,75 Hz. Nilai tegangan yang dihasilkan inverter sebesar 210 pada kondisi tanpa beban dan tidak dilakukan kontrol.

Pengujian inverter dilakukan dengan memberikan beban resistif. Pengujian inverter dilakukan dengan dua keadaan yaitu sebelum proses kontrol dan sesudah kontrol. Pada variable KP, Ki, Kd dilakukan percobaan dengan nilai 0,068, 0,001 dan 0,04. Hasil dari penelitian yang didapatkan setelah proses kontrol frekuensi rata-rata inverter sebesar 49,96 Hz. Nilai tegangan yang dihasilkan inverter dijaga stabil sebesar 200v-220 pada kondisi tanpa beban dan berbeban

Pada pengujian inverter dengan menggunakan resistif ini, ditemukan efisiensi sitem inverter keseluruhan adalah 79,319%. Dengan metode kontrol PID yang digunakan tegangan ouput dapat dijaga stabil dan mempertahankan bentuk sinyal *modified sinewave*.

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan kemudahan, kesempatan dan kelancaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kontrol Tegangan Inverter Full Bridge Satu Fasa Berbasis Arduino Uno R3 Menggunakan Kontrol PID”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Program Studi Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

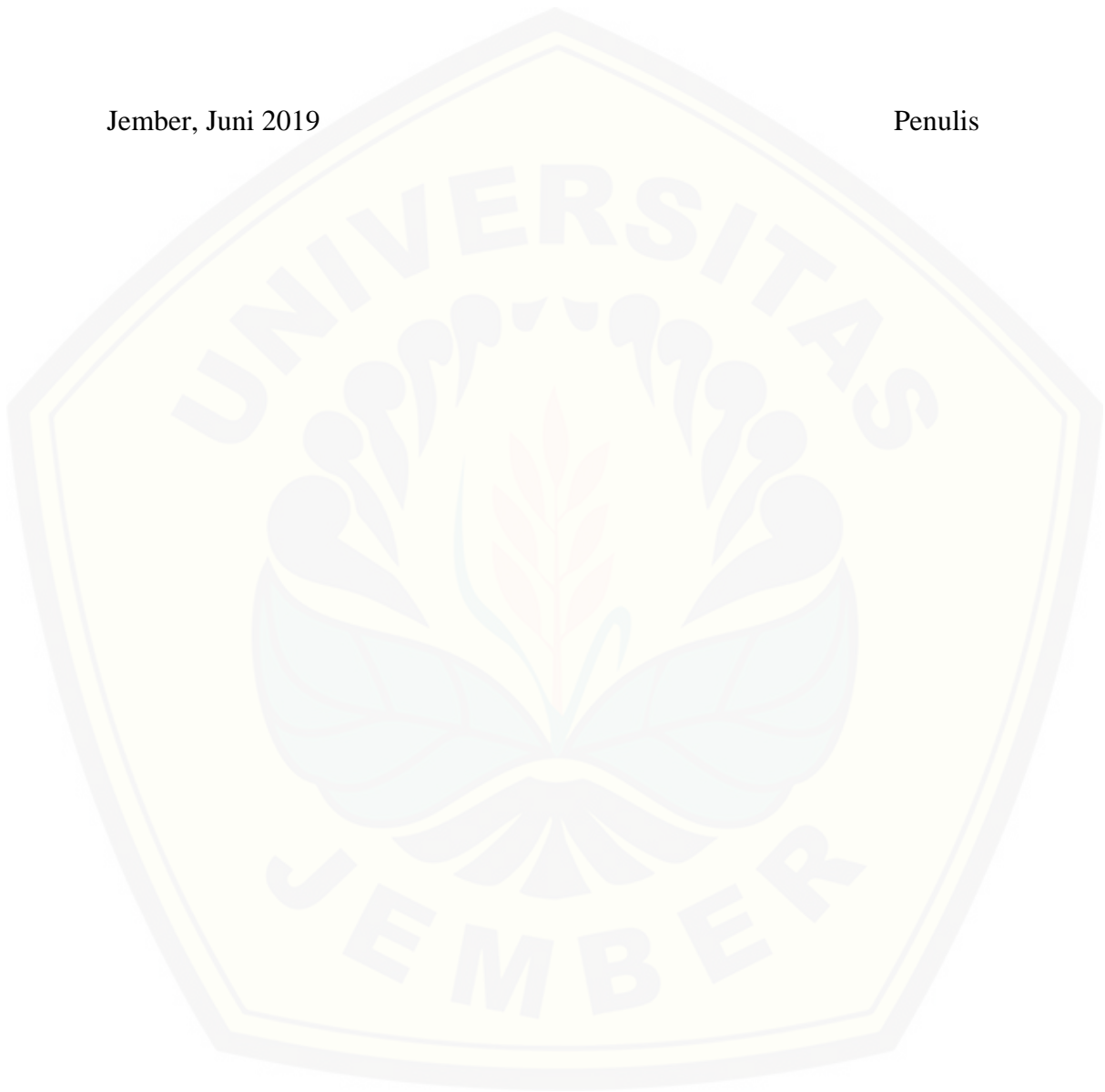
Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu tersusunnya skripsi ini, khususnya kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
3. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Ir. Widyono Hadi, MT. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan pengarahan dan bimbingan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T, M.T. dan Bapak Guido Dias Kalandro,. S.ST,. M.Eng selaku Tim Penguji Skripsi yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan pengarahan dan koreksi demi terselesaikannya penulisan skripsi ini.
5. Ayahanda Adji Purwanto dan Ibunda Anis Kartikowati tercinta, yang telah membantu baik moril dan materiil, mendoakan, mendidik, dan memberi kasih sayang serta pengorbanan yang tidak terhingga selama ini..
6. Keluarga besar Elektro UNEJ, Laboratorium Listrik Dasar, bersama kalian semua merupakan kenangan dan pengalaman yang tak akan pernah terlupakan.
7. Dan rekan-rekan seperjuangan KETEK UJ 2014 yang telah banyak membantu selama saya kuliah disini.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih banyak kekurangan, kritik dan saran tetap diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat. Aamiin

Jember, Juni 2019

Penulis





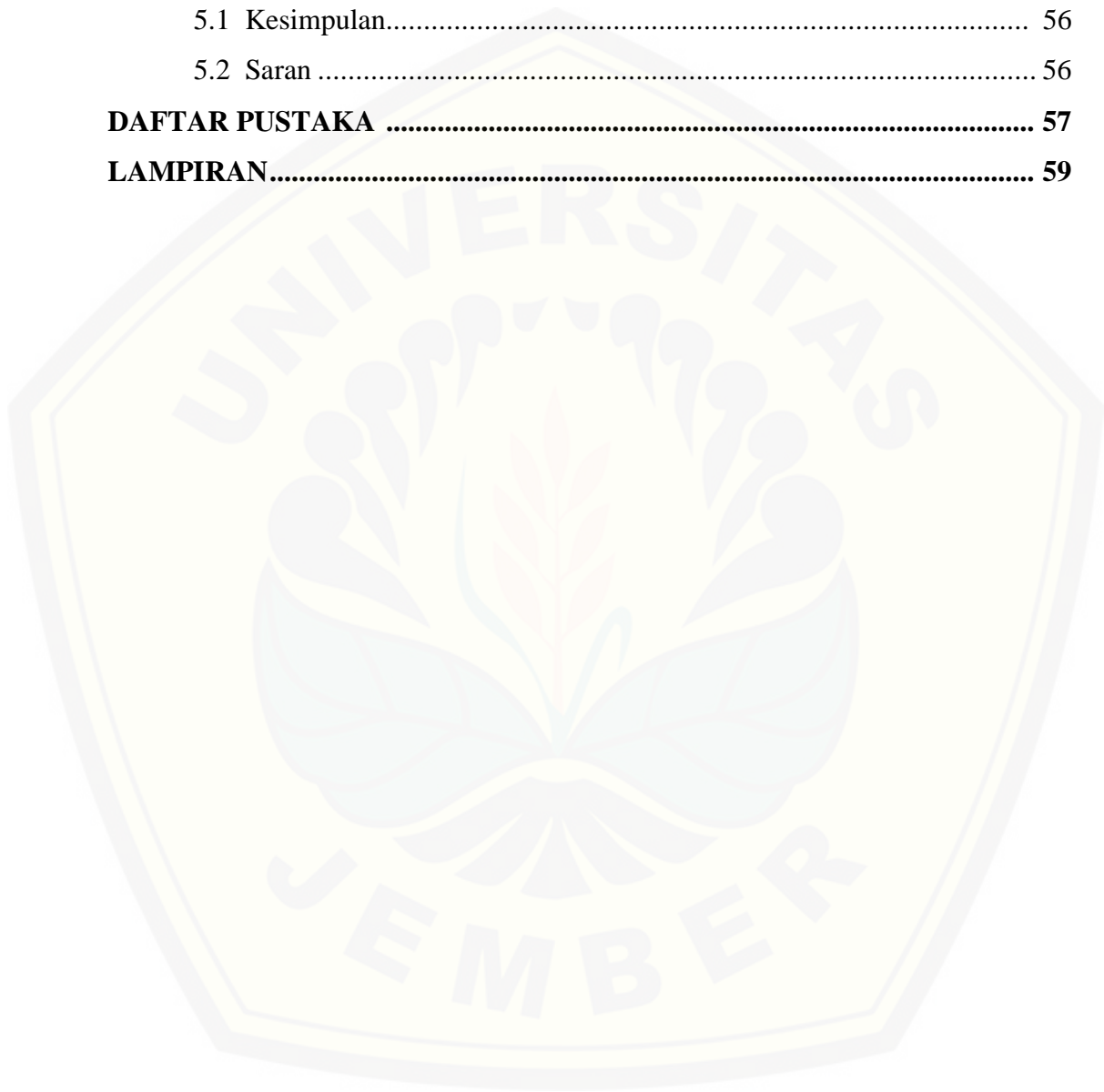
DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBING .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>HALAMAN RINGKASAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>HALAMAN PRAKATA.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penelitian.....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Inverter .....	5
2.2 Pembangkit Sinyal PWM ( <i>Pulse Width Modulation</i> ).....	11
2.3 <i>Low Pass Filter</i> (LPF) .....	13
2.4 MOSFET .....	16
2.5 Transformator .....	18
2.6 Sistem Kendali PID .....	19

<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>21</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	21
3.1.1 Tempat Penelitian .....	21
3.1.2 Waktu Penelitian.....	21
3.2 Alat dan Bahan .....	21
3.3 Tahapan Penelitian .....	22
3.4 Perancangan Inverter .....	24
3.4.1 Diagram Perancangan Inverter .....	24
3.4.2 Rancangan Inverter .....	26
3.4.3 Baterai.....	27
3.4.4 Regulator.....	27
3.4.5 Arduino Uno R3 .....	27
3.4.6 Perancangan <i>Full Bridge</i> ... ..	29
3.4.7 <i>Driver</i> MOSFET .....	30
3.4.8 Perancangan Rangkaian Filter .....	31
3.4.9 <i>Smart Sine</i> .....	32
3.4.10 Perencanaan Sistem Kontrol PID .....	33
3.4.11 Perencanaan Sensor Tegangan .....	34
3.4.12 Transformator .....	35
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>37</b>
4.1 Rangkaian Inverter .....	37
4.1.1 <i>Driver</i> MOSFET .....	37
4.1.2 Inverter Satu Fasa .....	39
4.2 <i>Low Pass Filter</i> .....	40
4.3 Analisa Pengujian Sensor Tegangan .....	41
4.4 Pengujian Rangkaian Inverter .....	42
4.5 Pengujian Inverter Tanpa Kontrol .....	43
4.5.1 Pengujian Inverter Tanpa Kontrol dengan Variasi Beban .....	43
4.5.2 Pengaruh Beban Resistif Terhadap Bentuk Gelombang.....	46
4.6 Analisa Hasil PID .....	47
4.7 Pengujian Akhir Inverter .....	48



4.7.1 Pengujian Inverter dengan Kontrol Pada Variasi Beban .....	48
4.7.2 Pengaruh Beban Resistif Terhadap Bentuk Gelombang .....	50
4.7.3 Efisiensi Inverter .....	52
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>56</b>
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>59</b>



**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Kondisi saklar .....	11
Tabel 2.2 Parameter PID .....	20
Tabel 3.1 Parameter PID .....	34
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Sensor Tegangan .....	41
Tabel 4.2 Data Pengujian Rangkaian Inverter.....	42
Tabel 4.3 Data Pengujian Rangkaian Inverter.....	43
Tabel 4.4 Pengaruh Beban terhadap Bentuk Gelombang .....	46
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kotrol PID .....	48
Tabel 4.6 Pengujian dengan Beban Resistif.....	49
Tabel 4.7 Pengujian terhadap Bentuk Gelombang .....	51
Tabel 4.8 Hasil Efisiensi Inverter .....	53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gelombang Keluaran Inverter .....	6
Gambar 2.2 Gelombang Kotak .....	6
Gambar 2.3 Gelombang <i>Modified Squarewave</i> .....	7
Gambar 2.4 Gelombang <i>Modified Sinewave</i> .....	7
Gambar 2.5 Bentuk Gelombang <i>Pure Sinewave</i> .....	8
Gambar 2.6 Rangkaian Konfigurasi Push-pull Inverter .....	8
Gambar 2.7 Rangkaian full bridge converter satu fasa .....	9
Gambar 2.8 Konfigurasi full bridge (b) S1 dan S4 terhubung (c) S2 dan S3 terhubung (d) S1 dan S3 terhubung (e) S2 dan S4 terhubung .....	10
Gambar 2.9 (a) komparasi sinyal segitiga dengan sinyal sinus (b) Keluaran sinyal PWM sebagai Switching (c) keluaran sinyal PWM sebagai sinyal switching .....	11
Gambar 2.10 Gelombang Kotak .....	12
Gambar 2.11 Low Pass Filter RC .....	13
Gambar 2.12 Low Pass Filter LC .....	15
Gambar 2.13 Sinyal Hasil Filter ( <a href="http://www.analog.com">http://www.analog.com</a> ) .....	16
Gambar 2.14 Kurva karakteristik MOSFET ( <a href="http://elektronika-dasar.web">http://elektronika-dasar.web</a> ) .....	17
Gambar 2.15 Rangkaian sebagai saklar pada kondisi cut-off ( <a href="http://elektronika-dasar.web">http://elektronika-dasar.web</a> ) .....	17
Gambar 2.16 Rangkaian MOSFET dalam kondisi saturasi .....	18
Gambar 2.17 MOSFET (Oscarliang.com) .....	18
Gambar 2.18 Rangkaian Transformator .....	19
Gambar 2.19 Blok Diagram PID .....	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	23
Gambar 3.2 Blok Diagram inverter .....	25
Gambar 3.3 Gelombang keluaran Inverter .....	25
Gambar 3.4 Keluaran Gelombang Full Bridge .....	26
Gambar 3.5 Skema Rangkaian Inverter .....	26
Gambar 3.6 Rangkaian Regulator .....	27

Gambar 3.7 Arduino UNO R3 .....	28
Gambar 3.8 Interface Software Arduino .....	29
Gambar 3.9 Gelombang <i>Modified Sinewave</i> .....	29
Gambar 3.10 Rangkaian Full Bridge .....	30
Gambar 3.11 Rangkaian Driver MOSFET .....	31
Gambar 3.12 Skema Driver Inverter .....	31
Gambar 3.13 Rangkaian <i>Low Pass Filter LC</i> .....	32
Gambar 3.14 <i>Software Smart Sine I</i> .....	33
Gambar 3.15 Grafik Sinus Hasil Konversi .....	34
Gambar 3.16 Rangkaian Sensor Tegangan .....	35
Gambar 4.1 Layout PCB .....	40
Gambar 4.2 Rangkaian Inverter Full Bridge .....	40
Gambar 4.3 Grafik Pengujian Sensor Tegangan dengan Multimeter .....	42
Gambar 4.4 Grafik Pengujian Tgengan Inverter terhadap Beban .....	47
Gambar 4.5 Grafik Pengujian Kontrol PID .....	48
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Tegangan.....	52
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Arus .....	53
Gambar 4.8 Grafik Efisiensi.....	54
Gambar 4.9 Perbandingan Daya Input dan Daya Output .....	54

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi pada peralatan baik industri maupun rumah tangga tidak akan lepas dengan penggunaan listrik AC. Listrik AC merupakan kebutuhan yang paling penting untuk menghidupkan semua perangkat elektronik rumah tangga. Penggunaan listrik AC banyak digunakan oleh masyarakat karena pada awal adanya listrik di Indonesia adalah listrik berjenis *Alternating Current* atau listrik arus bolak-balik. Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan kebutuhan listrik AC pemerintah mengadakan program pembuatan pembangkit tenaga listrik diseluruh Indonesia. Listrik berjenis AC dapat dibangkitkan melalui listrik DC (*Direct Current*) atau listrik bergelombang searah. Tahapan untuk mendapatkan listrik AC dari pembangkitan menggunakan listrik DC dapat menggunakan sistem pembalikan kutub dari hasil keluaran listrik DC yang terhubung dengan beban. Metode tersebut disebut dengan inverter.

Inverter adalah suatu alat yang dapat mengubah tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah dengan frekuensi dan tingkat tegangan yang dapat diatur (Rashid, 1993). Rangkaian inverter terdiri dari tiga bagian, bagian pertama sebuah rangkaian yang terbentuk dari rangkaian konverter yang mengubah sumber tegangan bolak-balik jala-jala menjadi tegangan searah dan menghilangkan riak pada keluaran tegangan searah ini. Bagian kedua adalah rangkaian inverter yang mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik satu fasa dengan frekuensi beragam. Kedua rangkaian ini disebut rangkaian utama. Bagian yang ketiga adalah sebuah rangkaian kontrol berfungsi sebagai pengendali rangkaian utama. Gabungan keseluruhan rangkaian ini disebut unit inverter (FATEC, 2006).

Inverter dapat secara luas diklasifikasikan ke dalam dua tipe, yaitu inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Setiap tipe inverter ini dapat menggunakan piranti terkendali turn-on dan turn-off (seperti BJTT, MOSFET, IGBT, MCT, SIT, GTO) atau thyristor komutasi paksa tergantung pada aplikasinya. Sebuah inverter disebut *voltage fed inverter* (VFI) jika tegangan masukan inverter dijaga konstan, *current*

*fed inverter* (CFI) jika arus masukan *inverter* dijaga konstan dan *variable DC linked inverter* jika tegangan masukannya dapat dikendalikan (Rashid, 1993).

Semakin bertambahnya konsumsi energi listrik menyebabkan resiko gangguan pada sistem jaringan listrik semakin meningkat. Jika gangguan pada sistem jaringan terjadi maka pemutusan biasanya dilakukan oleh PT. PLN. Berbagai terobosan dilakukan termasuk dalam perkembangan elektronika daya khususnya inverter. Pemanfaatan inverter digunakan sebagai pengubah tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah sehingga cadangan supply DC dapat dikonversikan menjadi tegangan AC sebagai pengganti sumber listrik utama dari PT. PLN.

Pembuatan *inverter* pada umumnya yang terdapat dipasar menggunakan konfigurasi *push pull*. Penggunaan konfigurasi ini memiliki kelebihan yaitu biaya untuk produksi cukup murah jika dibandingkan dengan *inverter* yang menggunakan konfigurasi *full bridge*. Penggunaan konfigurasi *full bridge* hanya membutuhkan minimal dua buah transistor untuk melakukan pembalikan kutup pada transformator, sehingga tidak membutuhkan biaya yang lebih banyak jika dibandingkan dengan konfigurasi *full bridge*.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Parbowo RB dengan skripsi yang berjudul “Rancang bangun inverter Full Bridge Satu Fasa”. Salah satu permasalahan yang dihadapi pada perangkaian *inverter* adalah tegangan yang dihasilkan tidak mencapai 220 V atau melebihi 220 V dalam keadaan tak berbeban. Kemudian, terdapatnya ripple pada sinyal sinusoidal mengakibatkan gelombang tidak menyerupai gelombang sinus dan puncak bagian gelombang mengalami penurunan. Terdapat penelitian lain yang dilakukan oleh Effendi Z.M yang berjudul “Rancang Bangun Inverter Multipulsa untuk Beban Penerangan Rumah Tangga Jenis Lampu Pijar”. Pada penelitian ini dilakukan system feedback pada inverter menggunakan kontrol *propotional-integral* (PI). Untuk mengatur agar tegangan keluaran dari trafo sesuai pada ratingnya maka diperlukan PID kontroler berbasis arduino R3. Pengaturan tegangan bertujuan agar jika terjadi penurunan atau kenaikan tegangan keluaran dari system tetap terjaga sesuai ratingnya 220 V.



## 1.2 Rumusan Masalah

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

- a. Bagaimana pengaruh beban AC pada keluaran tegangan inverter *full-bridge satu fasa*?
- b. Bagaimana pengaruh sistem kontrol PID untuk mengontrol kestabilan tegangan keluaran inverter *full-bridge satu fasa* pada kondisi berbeban?
- c. Berapa besar hasil efisiensi menggunakan konfigurasi *full bridge* menggunakan system kontrol PID?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang diusulkan dalam skripsi ini memiliki beberapa tujuan diantaranya:

- a. Mendesain hardware inverter 1 fasa berbasis mikrokontroler dengan kondisi beban yang berubah-ubah.
- b. Dapat menerapkan sistem kontrol PID pada keluaran *Inverter* sehingga diperoleh tegangan yang stabil
- c. Mendapatkan tegangan hasil inverter yang konstan saat tanpa beban maupun berbeban.

## 1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan setelah tujuan penelitian ini tercapai adalah dapat menghasilkan tegangan dan frekuensi yang setabil pada beban yang berubah-ubah menggunakan kontrol PID dan bisa digunakan untuk kebutuhan sehari-hari.

## 1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terdapat pada rumusan masalah terdapat batasan masalah diantaranya:

- a. Penggunaan driver inverter menggunakan mosfet IRF 9540 dan IRF 540
- b. Pembangkit gelombang PWM menggunakan mikrokontroler Arduino uno



- c. Pengujian inverter untuk mengetahui nilai tegangan dan arus serta gelombang sinusoidal yang dihasilkan
- d. Daya yang dihasilkan sebesar 52 watt
- e. Untuk menentukan  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  menggunakan *trial and error*
- f. *Battery* yang digunakan 12 Volt 7,2 Ah



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini adalah hasil pencarian penulis untuk mendukung penelitaian yang dilakukan. Adapun uraian yang ada pada tinjauan pustaka ini merupakan kajian teori yang berhubungan pada tugas akhir yang terdapat pada referensi terdahulu. Tentunya kajian teori yang digunakan adalah permasalahan yang relevan dengan permasalahan yang dibahas. Adapun kajian teori yang digunakan adalah sebagai berikut:

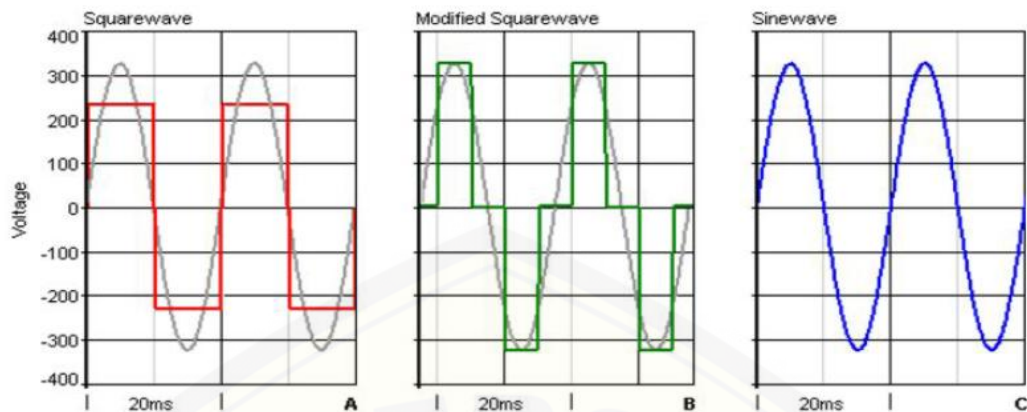
### 2.1 Inverter

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

Terdapat dua perbedaan gelombang pada tegangan AC yang dihasilkan inverter pada umumnya, yaitu keluaran berupa sinyal sinus modifikasi (modified sine wave) dan sinyal sinus murni (pure sine wave). Sinyal sinus modifikasi adalah keluaran inverter yang berupa gelombang kotak (square wave) maupun gelombang kotak termodifikasi yang bentuknya mengikuti pola gelombang sinus. Tipe sinus modifikasi ini lebih mudah dibuat dibandingkan dengan inverter dengan keluaran sinus murni. Inverter sinus murni menghasilkan gelombang keluaran yang identik dengan gelombang yang dihasilkan oleh operator penyedia listrik.

Inverter dapat diklasifikasikan berdasarkan gelombang keluarannya sebagai berikut:

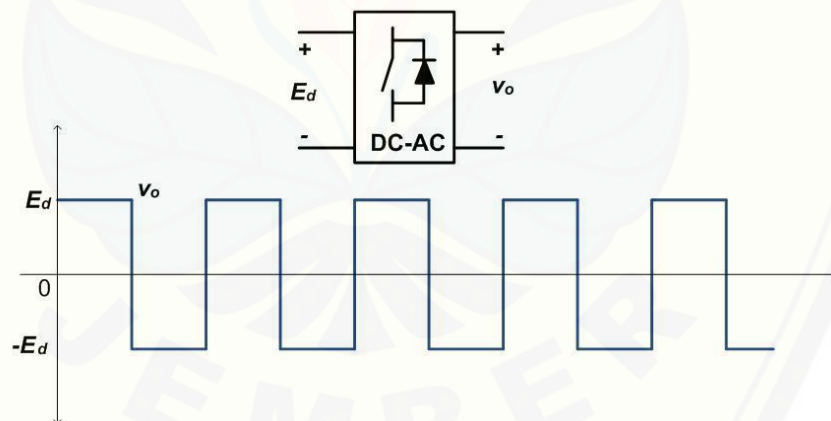
1. Squarewave
2. Modified Squarewave
3. Pure Sinewave



Gambar 2.1 Gelombang Keluaran Inverter

### 1. *Squarewave* Inverter

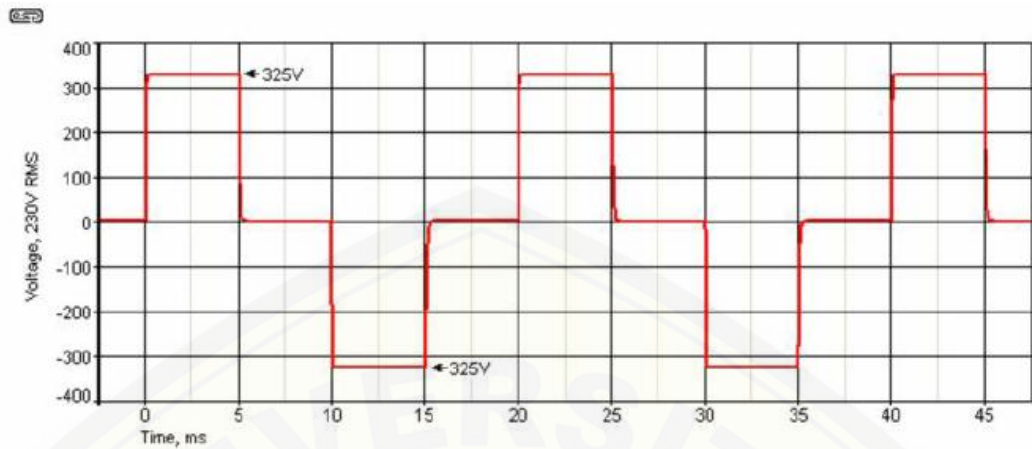
*Squarewave inverter* atau *inverter* gelombang kotak merupakan tipe inverter yang paling sederhana. Karena menggunakan osilator dasar yaitu osilator gelombang kotak sehingga inverter ini lebih mudah dalam pembuatannya. Inverter jenis ini dapat dibuat menggunakan rangkaian inverter push pull. Bentuk gelombang dari inverter gelombang kotak seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Gelombang Kotak

### 2. *Modified Squarewave* Inverter

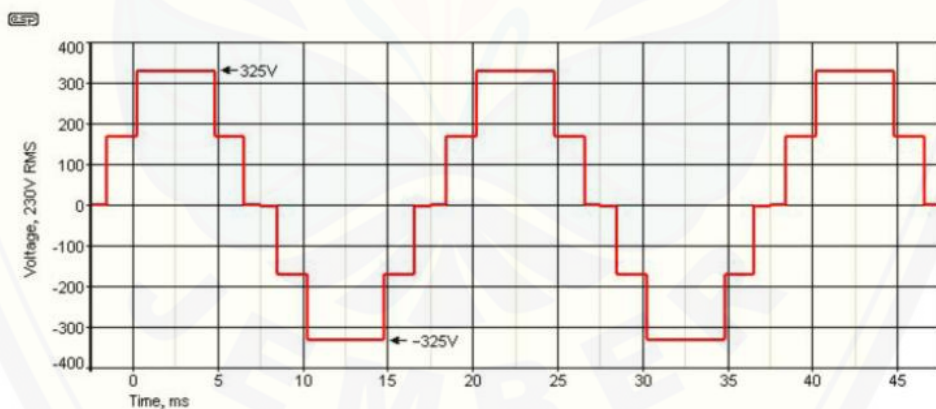
Untuk menghasilkan gelombang keluaran dari inverter yang memiliki tegangan RMS dan tegangan puncak yang sama diperlukan adanya modifikasi dari gelombang keluaran. Modifikasi gelombang ini dapat dilakukan untuk mendapatkan gelombang seperti pada gambar 3.



Gambar 2.3 Gelombang *Modified Squarewave*

### 3. *Modified Sinewave Inverter*

Pada modified sinewave inverter sinyal yang dihasilkan memiliki bentuk yang menyerupai pola sinyal sinus. Modified sinewave dihasilkan dengan menggunakan PWM. Untuk mendapatkan *modified sinewave* digunakan PWM *low speed*.

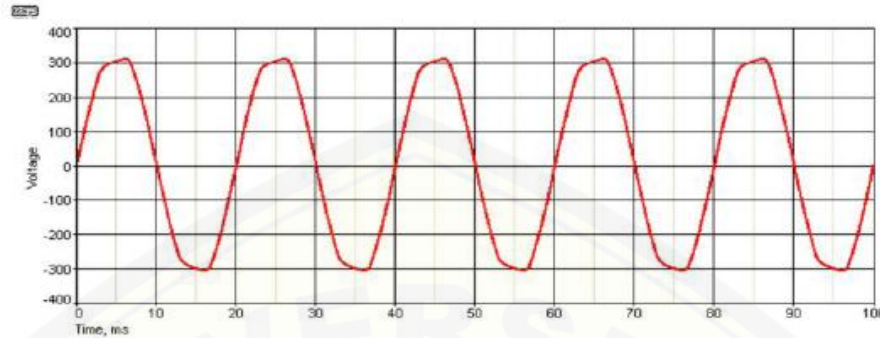


Gambar 2.4 Gelombang *Modified Sinewave*

### 4. *Pure Sinewave Inverter*

Pembuatan sebuah inverter sinus murni sedikit lebih sulit. Dibutuhkan sebuah ascilator sinyal sinur dengan frekuensi yang standar, power amplifier untuk menyediakan arus yang dibutuhkan dan sebuah transformator untuk dapat menghasilkan tegangan 230 V RMS. Pada jenis inverter ini tegangan puncak dan tegangan RMS berbeda dan sinyal ini dapat menggunakan metode SPWM.

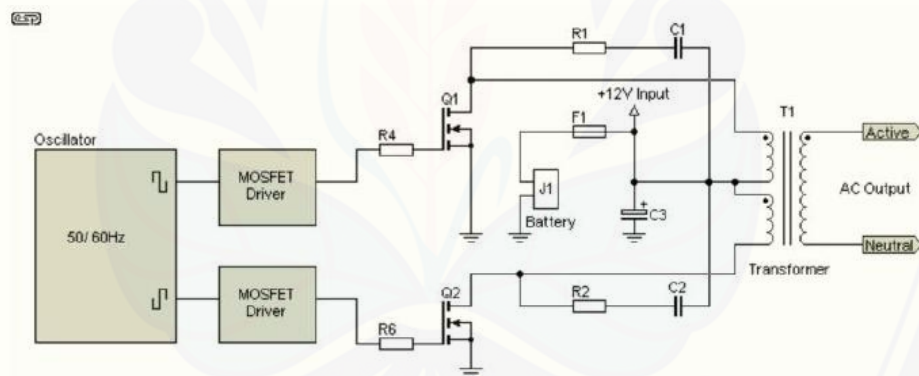
Gelombang sinus keluaran pure sinewave inverter apat terlihat seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bentuk gelombang *pure sinewave inverter*

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

### 1. *Push pull inverter*



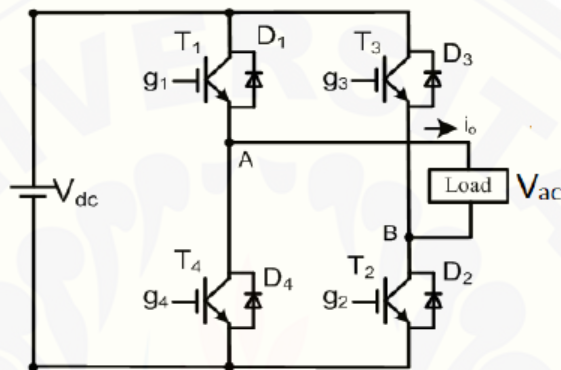
Gambar 2.6 Rangkaian konfigurasi Push-pull inverter

Pada gambar 2 6. Merupakan rangkaian push-pull inverter. Rangkaian ini bekerja dengan prinsip pensaklaran Q1 dan Q2 secara bergantian. Rangkain dengan menggunakan konfigurasi ini untuk mendapatkan tegangna AC yang lebih tinggi digunakan transformator CT seperti pada gambar. Sehingga ketika Q1 aktif akan didapatkan gelombang positif dan ketika Q2 aktif didapatkan gelombang negatif. Konfigurasi dari rangkaian push-pull inverter dapat menghasilkan gelombang *Squarewave* atau gelombang kotak.



## 2. Full-bridge converter

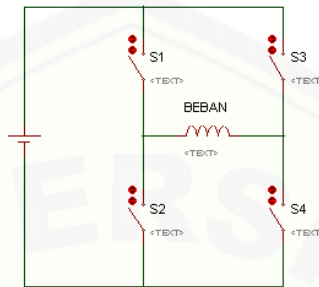
*Full bridge converter* merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengubah tegangan DC ke AC. Konfigurasi ini terdiri dari 2 pasang saklar yaitu S1S2 dan S3S4 yang aktif secara bergantian. Pada konfigurasi *full bridge converter* tegangan DC diubah menjadi AC dengan pensaklaran secara bergantian untuk membalikkan polaritas yang terdapat pada beban dengan cepat. Rangkaian dari *full bridge converter* ditunjukkan pada gambar 7.



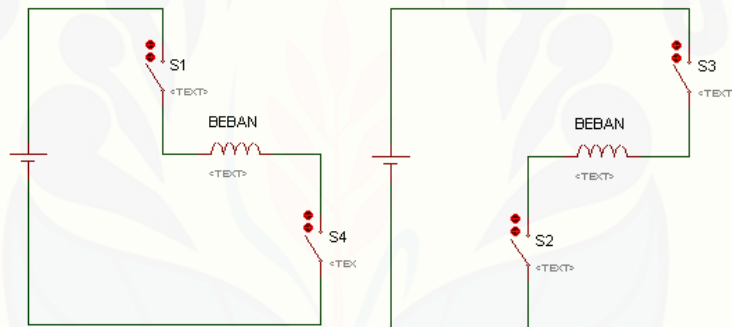
Gambar 2.7. Rangkaian *full bridge converter* satu fasa

Penggunaan konfigurasi *full bridge* membutuhkan empat buah saklar 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 S1 dan saklar S4 harus berada pada kondisi ON (terhubung) dan pada saklar S2 dan S3 harus pada kondisi OFF (terputus) 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 yang berubah menjadi 180 derajat, 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 menjadi OFF. Sehingga beban yang sebelumnya terhubung dengan S1 akan terhubung dengan S2 dan beban yang sebelumnya

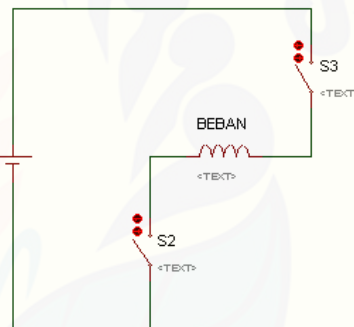
mendapatkan tegangan positif akan terhubung dengan sumber tegangan negatif. Untuk beban yang sebelumnya terhubung dengan S4 akan berubah menjadi terhubung dengan S3 dan kutup beban yang sebelumnya mendapatkan tegangan negatif berubah menjadi tegangan positif.



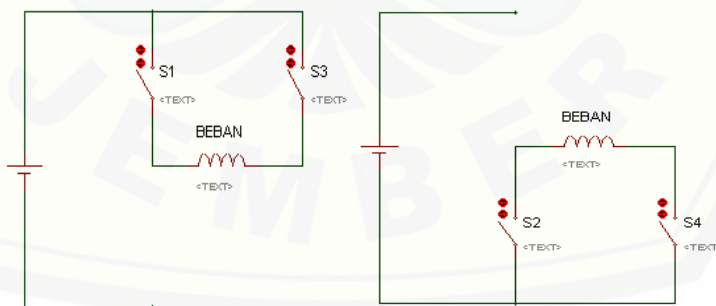
a.



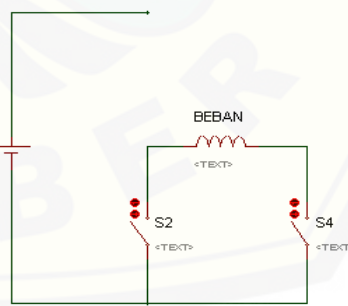
b.



c.



d.



e.

Gambar 2.8 (a) Konfigurasi full bridge (b) S1 dan S4 terhubung (c) S2 dan S3 terhubung (d) S1 dan S3 terhubung (e) S2 dan S4 terhubung

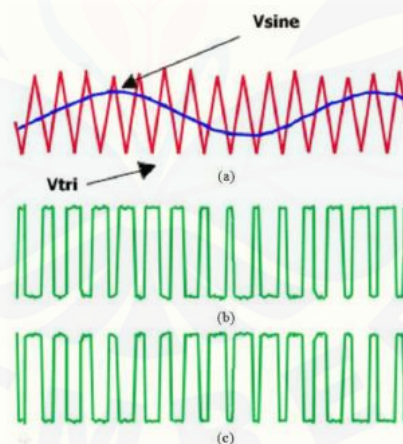


**Tabel 2.1 Kondisi saklar**

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

## 2.2 Pembangkit Sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*)

Pada switching dengan PWM inverter, sinyal PWM dapat dihasilkan dengan cara membandingkan gelombang sinusoidal (gelombang referensi) dengan gelombang sinyal segitiga (sinyal *carrier*). Keluaran pada sinyal membawa nilai frekuensi sinus dan disisi lain frekuensi dari sinyal segitiga yang menjadi frekuensi *switching*.



Gambar 2.9 (a) komparasi sinyal segitiga dengan sinyal sinus (b) Keluaran sinyal PWM sebagai *Switching* (c) keluaran sinyal PWM sebagai sinyal switching.

Pada gambar 2.9 menampilkan proses modulasi dari sinyal PWM dengan membandingkan sinyal sinus dan sinyal segitiga serta sinyal switching. Sinyal PWM digunakan untuk mengatur switching dari saklar. Terlihat bahwa nilai dari amplitudo dan tegangan dari sinyal sinus  $V_{sine}$  lebih rendah dibandingkan dengan

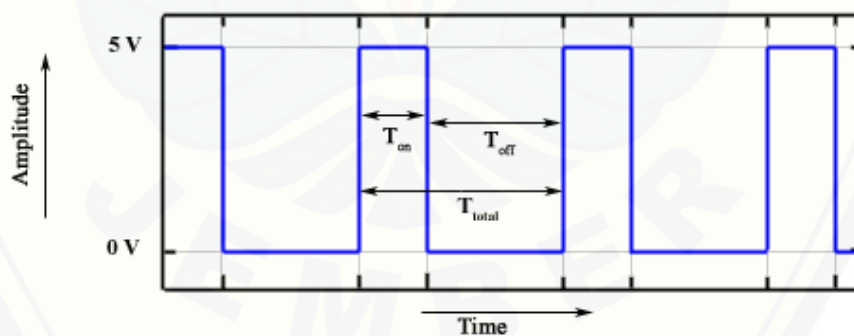
tegangan sinyal segitiga  $V_{tri}$ . Amplitudo modulasi ( $M_a$ ) dan frekuensi modulasi ( $M_f$ ) sangat penting untuk mendapatkan bentuk gelombang keluaran. Amplitudo modulasi adalah rasio dari amplitudo sinusoidal  $V_{sine}$  dan amplitudo sinyal segitiga  $V_{tri}$ . Frekuensi dari sinyal modulasi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

Amplitudo modulasi,  $M_a$  didefinisikan sebagai :

$$M_a = \frac{V_{sine}}{V_{tri}} \quad (1)$$

$$M_f = \frac{F_{sine}}{F_{tri}} \quad (2)$$

Modulasi lebar pulas (PWM) dicapai/diperoleh dengan bantuan sebuah gelombang kotak yang mana siklus kerja (duty cycle) gelombang dapat diubah-ubah untuk mendapatkan sebuah tegangan keluaran yang bervariasi yang merupakan nilai rata-rata dari gelombang tersebut.



Gambar 2.10 Gelombang kotak

$T_{on}$  adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi dan,  $T_{off}$  adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi rendah

$T_{total}$  adalah waktu satu siklus atau penjumlahan antara  $T_{on}$  dengan  $T_{off}$ , biasa dikenal dengan istilah “periode satu gelombang”.

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad (3)$$

Siklus kerja atau duty cycle sebuah gelombang di definisikan sebagai,

$$D = \frac{T_{on}}{(T_{on}+T_{off})} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \quad (4)$$

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

$$V_{out} = D \times V_{in} \quad (5)$$

sehingga:

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \quad (6)$$

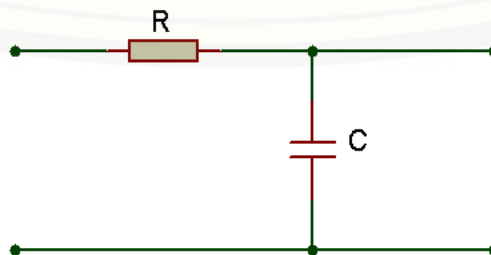
Nilai tegangan keluaran dari PWM dapat diubah-ubah secara langsung dengan mengubah nilai  $T_{on}$ .

Keterangan :

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

### 2.3 Low Pass Filter (LPF)

*Low Pass Filter* (LPF) adalah sebuah rangkaian yang meneruskan sinyal yang memiliki frekuensi dibawah dari frekuensi transisinya dan melemahkan sinyal-sinyal yang memiliki frekuensi diatas dari frekuensi transisinya.



Gambar 2.11 *Low Pass Filter* RC

Adapun rumus dasar untuk mendesain filter adalah sebagai berikut:

$$V_{\text{out}} = V_{\text{in}} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (7)$$

Dimana  $R_1 + R_2 = R_T$ ,

$R_T$  adalah hambatan total dari rangkaian.

Nilai dari reaktansi kapasitif dari kapasitor dalam rangkaian AC adalah

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (8)$$

Dimana :

$X_C$  = Hambatan kapasitor (Reaktansi kapasitif)

$f$  = frekuensi

$\pi$  = 3.14

$C$  = Besaran kapasitor

$$X_L = 2\pi f L \quad (10)$$

Dimana :

$X_L$  = Hambatan induktor (Reaktansi Induktif)

$f$  = frekuensi

$\pi$  = 3.14

$L$  = Besaran Induktor (Henry)

Dari rumus diatas dapat diketahui bahwa nilai hambatan dari induktor berbanding lurus dengan frekuensi, sehingga semakin kecil frekuensi maka hambatan induktor akan semakin kecil. Demikian sebaliknya semakin besar frekuensi maka semakin besar nilai dari hambatan induktor.

Hambatan rangkaian AC pada komponen menghasilkan impedansi yang nilainya bergantung pada besarnya nilai kapasitor dan frekuensi dari sumber tegangan AC. Impedansi pada rangkaian seri dalam rangkaian AC dapat dihitung dengan rumus :

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad (11)$$

dimana :

$Z$  : Impedansi

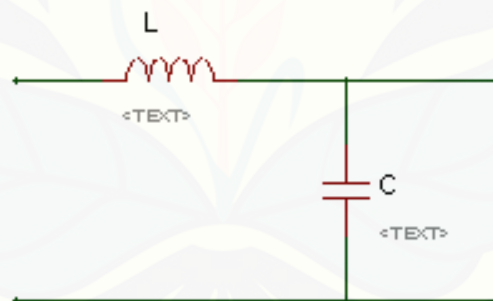
$X_L$  : Hambatan induktor (Reaktansi Induktif)

$X_C$  : Hambatan Kapasitor (Reaktansi Kapasitif)

Kemudian dengan menggantikan persamaan dengan impedansi di atas ke dalam persamaan pembagi potensial resistif didapatkan:

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{X_C}{\sqrt{X_L^2 + X_C^2}} \quad (12)$$

$$V_{out} = V_{in} \frac{X_C}{Z} \quad (13)$$



Gambar 2.12 Low Pass Filter LC

Filter pasif merupakan rangkaian paralel antara komponen induktor L dan kapasitor (C). rangkaian filter dapat ditentukan pada frekuensi tertentu dalam hal ini ditentukan frekuensi pada 50 Hz.

Menghitung nilai induktor :

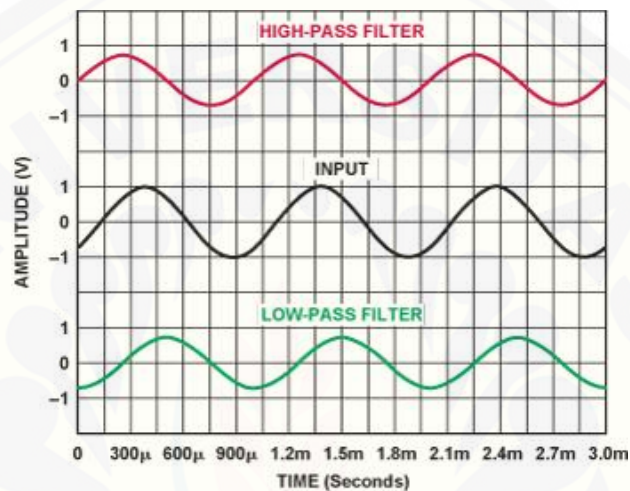
$$L = \frac{1}{4\pi^2 F^2 C} \quad (13)$$

dimana :

L : induktor

F: Frekuensi

C: Kapasitor

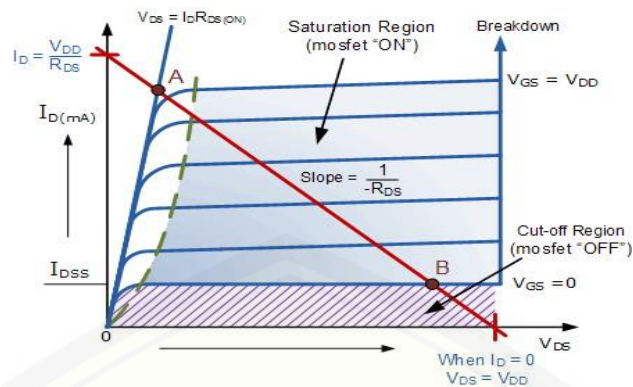


Gambar 2.13 Sinyal Hasil Filter ([www.analog.com](http://www.analog.com))

## 2.4 MOSFET

MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) merupakan salah satu jenis transistor yang memiliki impedansi masukan (gate) sangat tinggi (Hampir tak berhingga) sehingga dapat dengan menggunakan MOSFET sebagai saklar elektronik, memungkinkan untuk menghubungkannya dengan semua jenis gerbang logika. Dengan menjadikan MOSFET sebagai saklar, maka dapat digunakan untuk mengendalikan beban dengan arus yang tinggi dan biaya yang lebih murah daripada menggunakan transistor bipolar. Untuk membuat MOSFET sebagai saklar maka hanya menggunakan MOSFET pada kondisi saturasi (ON) dan kondisi cut-off (OFF).

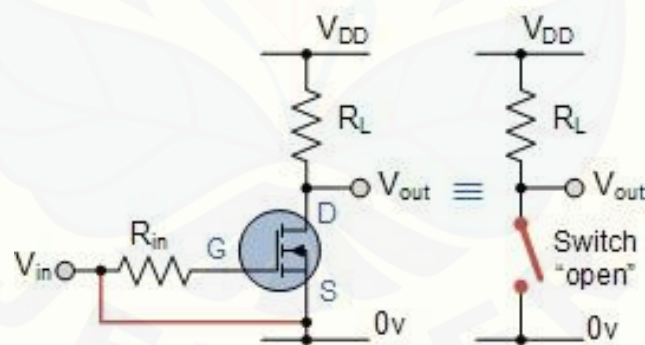




Gambar 2.14 Kurva karakteristik MOSFET (<http://elektronika-dasar.web.id>)

Pada daerah Cut-Off MOSFET tidak mendapatkan tegangan input ( $V_{in} = 0V$ ) sehingga tidak ada arus drain  $I_d$  yang mengalir. Kondisi ini akan membuat tegangan  $V_{ds} = V_{dd}$ . Dengan beberapa kondisi diatas maka pada daerah cut-off ini MOSFET dikatakan OFF (Full-Off).

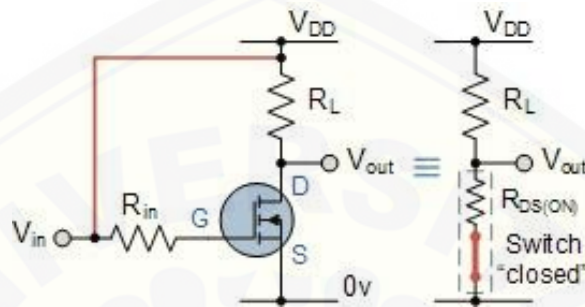
Kondisi cut-off ini dapat diperoleh dengan menghubungkan jalur input (gate) ke ground, sehingga tidak ada tegangan input yang masuk ke rangkaian saklar MOSFET.



Gambar 2.15 Rangkaian MOSFET sebagai saklar pada kondisi cut-off (<http://elektronika-dasar.web.id>)

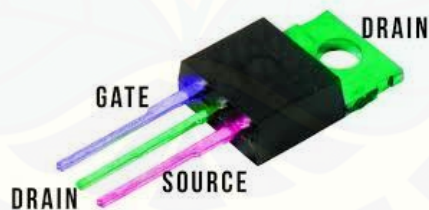
Pada karakteristik MOSFET sebagai saklar pada daerah *cut-off* input *gate* tidak mendapat tegangan bias karena terhubung dengan *ground* (0V), tegangan pada gate lebih rendah dari tegangan treshold ( $V_{gs} < V_{th}$ ) maka MOSFET akan mengalami kondisi *fully-off* pada daerah *cut-off*.

Dengan beberapa karakteristik diatas maka dapat dikatakan bahwa MOSFET pada daerah Cut-Off merupakan saklar terbuka dengan arus drain  $I_d = 0$  Ampere. Untuk mendapatkan kondisi MOSFET dalam keadaan open maka tegangan gate  $V_{gs}$  harus lebih rendah dari tegangan treshold  $V_{th}$  dengan cara menghubungkan terminal input (gate) ke ground



Gambar 2.16 Rangkaian MOSFET dalam kondisi saturasi

Kondisi saturasi MOSFET dapat diperoleh dengan memberikan tegangan input gate yang lebih tinggi dari tegangan tresholdnya dengan cara menghubungkan terminal input ke  $V_{DD}$ . Sehingga MOSFET mejadi saturasi dan dapat dianalogikan sebagai saklar pada kondisi tertutup.



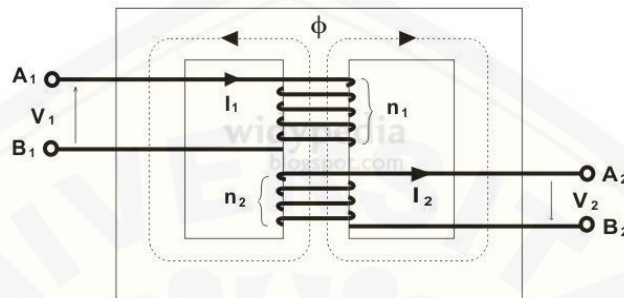
Gambar 2.17 MOSFET (Oscarliang.com)

## 2.5 Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Suatu trafo tidak dapat bekerja jika kumparan primernya

dihubungkan ke sumber tegangan DC. Perbandingan tegangan dan arus pada kumparan primer dan sekunder adalah

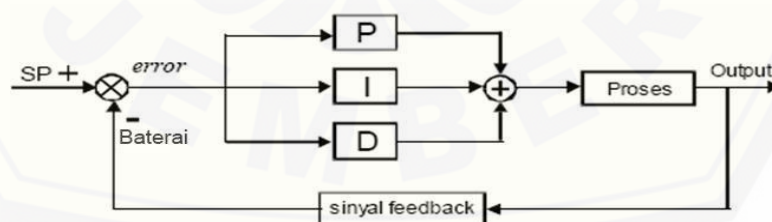
$$\frac{V_1 I_1}{V_2 I_2} = 1 \text{ atau } V_1 I_1 = V_2 I_2 \quad (12)$$



Gambar 2.18 Rangkaian Transformator

### 2.6 Sistem Kendali PID

Kontrol PID (*Proportional Integral Derivative*) adalah sebuah sistem kontrol yang digunakan untuk menambah tingkat kepresisian suatu sistem dengan menggunakan sistem umpan balik (*feedback*) yang terdapat dalam sistem tersebut. Kontrol PID terbentuk dari tiga buah kontrol yaitu kontrol P (*Proportional*), D (*Derivative*) dan I (*Integral*). Dimana setiap kontrol memiliki karakteristik serta kelebihan dan kekurangan. Blok diagram sistem kendali PID ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.19 Blok Diagram Pengendali PID

Adapun persamaan sistem kendali PID adalah:

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

Dengan:

$$PID = \text{output dari kendali PID}$$

$K_p$  = konstanta *proporsional*

$K_i = K_p/T_i$

$T_i$  = konstanta *integral*

$K_d = K_p.T_d$

$T_d$  = konstanta *derivatif*

$e(t)$  = *error*

Untuk mendapatkan respon yang baik dari kontrol PID parameter harus mengatur masing-masing parameter P, I dan D.

Perancangan kontrol PID diskrit diperlukan algoritma program kontrol PID agar menjadi kontrol yang sesuai yang akan dimasukkan ke dalam program arduino.

#### 2.7.1 Metode *Trial and Error*

Ada beberapa cara mentuning parameter dari PID salah satunya yaitu dengan metode *trial and error* dengan cara parameter-parameter PID diubah-ubah dengan melihat tabel respon PID untuk menentukan respon yang diinginkan. Dengan menganalisa respon PID, maka nilai-nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  bisa diubah-ubah sesuai dengan Tabel 2.2. Parameter PID ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Parameter PID

Parameter	Rise Timer	Overshoot	Setting Time	S-S Error
$K_p$	Berkurang	Bertambah	0	Berkurang
$K_i$	Berkurang	Bertambah	Bertambah	Menghilangkan
$K_d$	Minor Change	Berkurang	Berkurang	Minor Change

### **BAB 3. METODE PENELITIAN**

Untuk mencapai hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan yang diharapkan, tahapan dari penelitian ini selanjutnya direncanakan dalam tahap – tahapan yang berisi kegiatan penelitian sebagaimana dijelaskan dalam bagian berikut ini:

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

##### **3.1.1 Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Listrik Dasar jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Slamet Riyadi No.62 Patrang, Jember 68111.

##### **3.1.2 Waktu Penelitian**

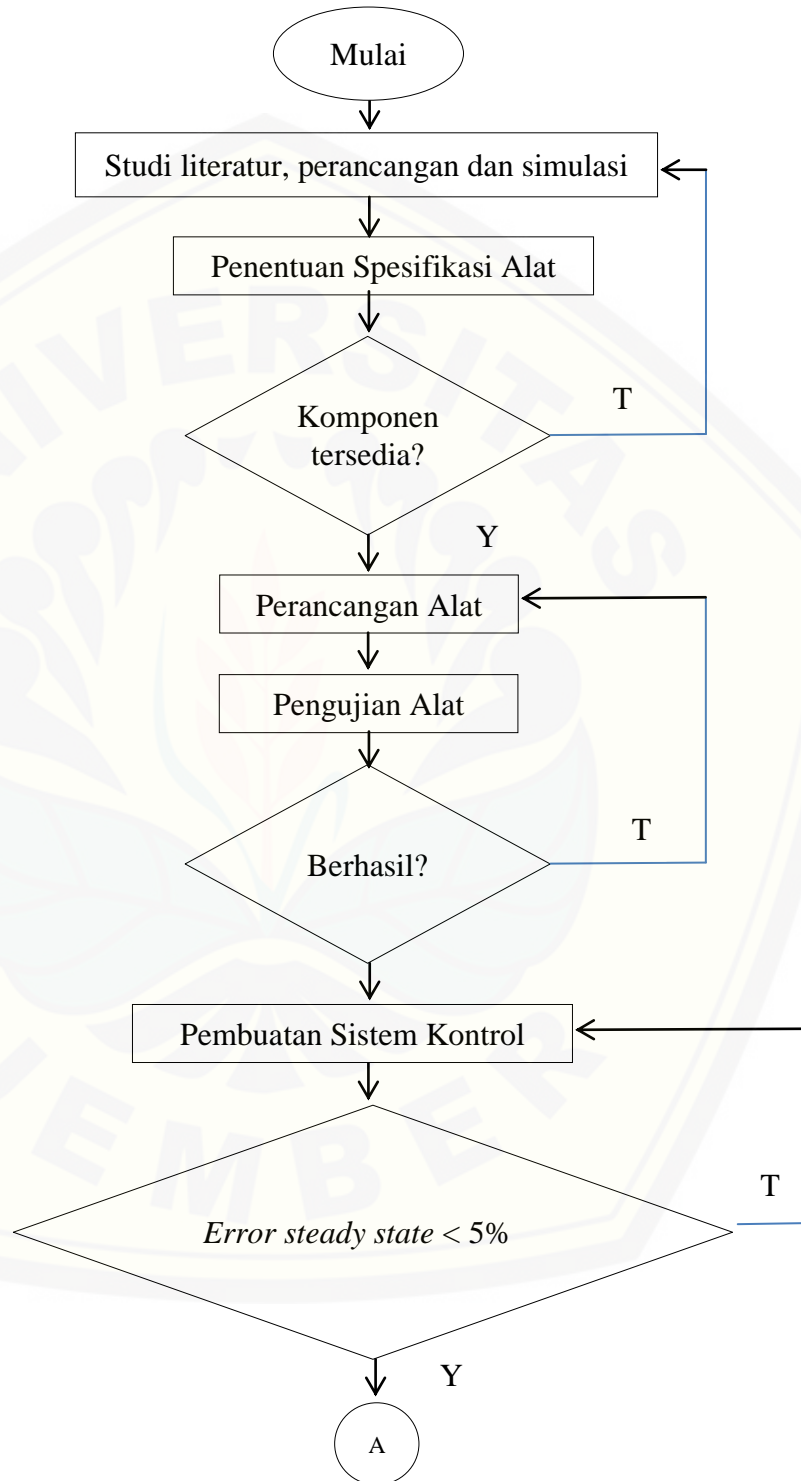
Waktu penelitian dilaksanakan selama 5 bulan. Pada bulan Agustus 2018 sampai Desember 2018.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

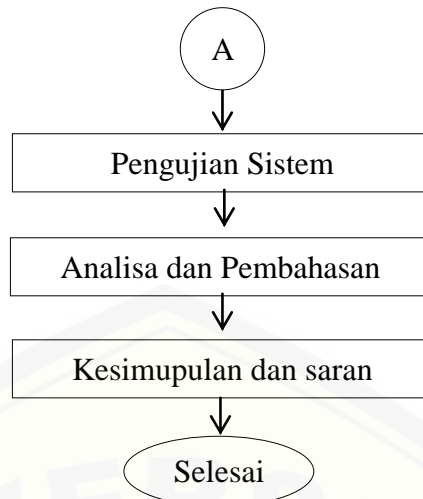
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

- a. Oscilloscope
- b. Multimeter
- c. *Clamp* meter
- d. Arduino Uno R3
- e. Batrai 12 volt
- f. Bohlam LED
- g. Sensor Tegangan
- h. Transformator 10 A
- i. MOSFET 9540 dan 540
- j. Kapasitor 7uF
- k. Induktor inti ferit
- l. Transistor bd 139

### 3.3 Tahapan Penelitian







Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam rancangan tugas akhir ini dibutuhkan langkah-langkah penelitian sebagai berikut :

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 keras

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.

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.

a. Perancangan alat

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.

e. Melakukan pembuatan sistem kontrol PID.

Perancangan plant dan sistem kontrol dimana ditahap ini dilakukan perancangan beberapa komponen pengendali seperti sensor tegangan, *inverter full bridge satu fasa* menggunakan PID

f. Melakukan pengujian pengintegrasian perangkat keras dan perangkat lunak.

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

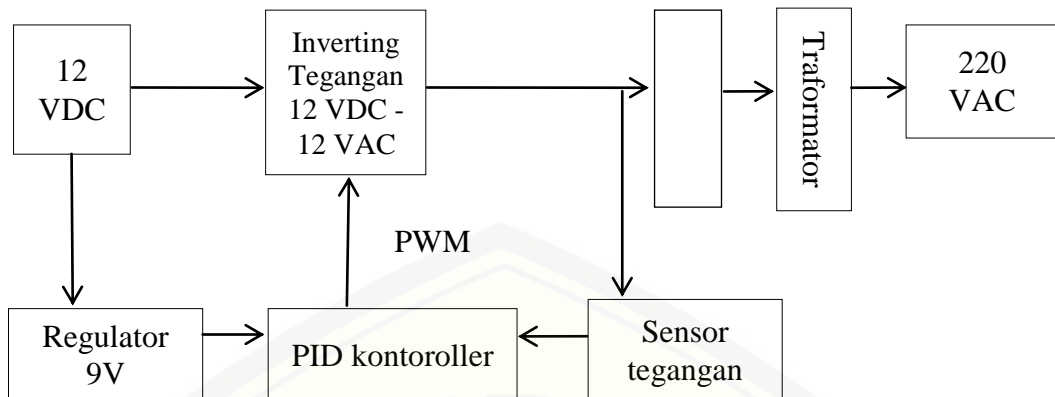
g. Menganalisa data yang telah diperoleh saat pengujian

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 Perancangan Inverter**

#### **3.4.1 Diagram Perancangan Inverter**

Rancang bangun inverter ini terdapat dua rangkaian yaitu rangkaian *power supply* mikrokontroler dan rangkaian *driver* inverter. Blok diagram dari rancangan inverter terdapat pada gambar 3.2.

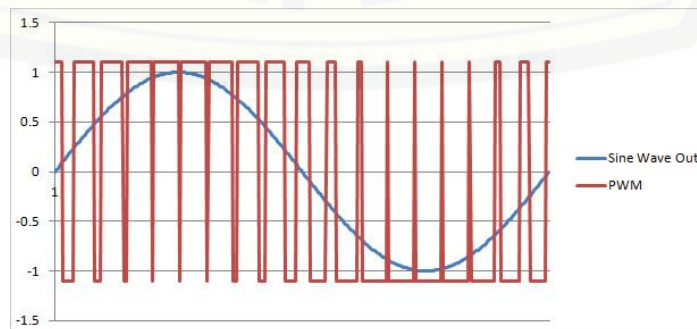


Gambar 3.2 Blok Diagram Inverter

Secara sederhana inverter merubah tegangan DC ke tegangan AC dengan dibantu menggunakan mikrokontroler sebagai *switching* dari mosfet kemudian tegangan keluaran dari mosfet dinaikkan dengan transformator. Driver inverter terdiri dari empat rangkaian mosfet dan rangkaian *low pass filter*. Penggunaan driver ini bertujuan untuk mendapatkan tegangan hasil keluaran adalah tegangan bolak balik.

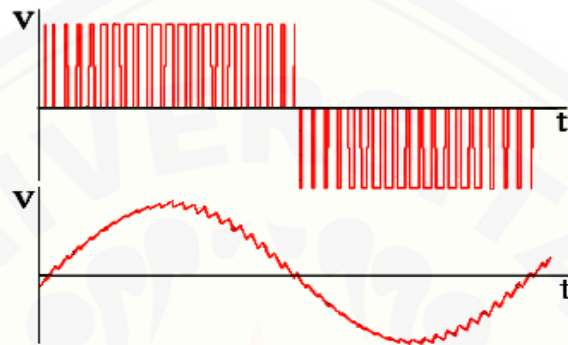
Tegangan keluaran dari transformator akan menjadi masukan kontoler untuk menentukan besar *duty cycle* atau sudut penyalaan mosfet. Ketika terjadi perubahan tegangan pada keluaran transformator maka mikrokontroler akan mendeteksi dan menjadikan sensor tegangan AC *feedback* yang mengirimkan sinyal ke mikrokontroler untuk mengatur *duty cycle*. Besar *duty cycle* kemudian disesuaikan dengan menggunakan PID. Sehingga system akan mengatur tegangan yang dihasilkan sesuai set point 220 V.

Pada inverter full bridge tersebut kemungkinan memiliki gelombang dari hasil inverter seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Gelombang keluaran inverter

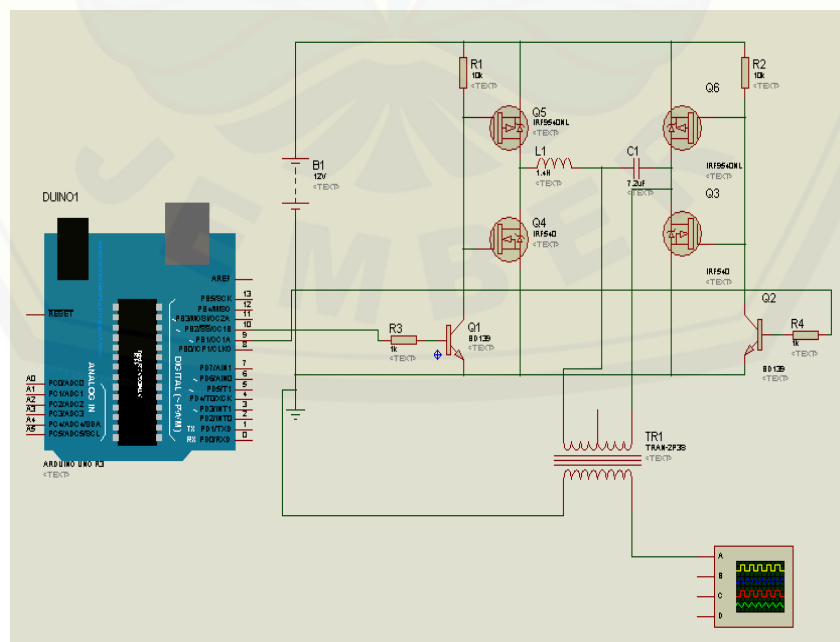
Pada gambar 3.3. Menjelaskan gelombang hasil dari inverter yang dihasilkan. Gelombang warna merah adalah gelombang hasil switching yang dilakukan dengan memanfaatkan metode PWM (Pulse Width Modulation), sehingga hasil dari sinyal modulasi tersebut akan menghasilkan gelombang yang mendekati gelombang sinus murni. Hasil dari gelombang modulasi tersebut ditunjukkan dengan gelombang yang berwarna biru pada gambar 3.3.



Gambar 3.4. Keluaran gelombang full bridge

### 3.4.2 Rancangan Inverter

Perancangan inverter dimulai dengan membuat simulasi. Untuk mencegah terjadinya kesalahan pada perancangan alat, dilakukan simulasi terlebih dahulu menggunakan *software proteus 7.9*



Gambar 3.5 Skema Rangkaian Inverter

Pada gambar 3.5 diketahui bahwa pin 9 dan pin 10 dari Arduino Uno R3 berfungsi untuk memicu gate pada mosfet. Untuk memudahkan proses *switching* pada setiap 1 pin Arduino Uno R3 dihubungkan dengan 2 buah mosfet. Pada rangkaian *full bridge* ini menggunakan 4 buah mosfet. Skema rangkaian pada gambar 3.5 menunjukkan rangkaian inverter secara menyeluruh. Dimulai dari mikrokontroler Arduino R3, driver mosfet, rangkaian *full bridge* 1 fasa, *low pass filter* dan transformator.

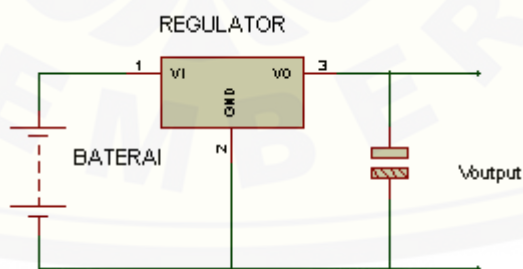
### 3.4.3 Baterai

Baterai yang digunakan pada penelitian ini adalah baterai aki kering dengan tipe VRLA (*Valve Regulated lead Acid*). Baterai ini berfungsi sebagai sumber dari inverter *full bridge* satu fasa. Spesifikasi dari baterai yang digunakan yaitu mempunyai tegangan nominal sebesar 12 volt dengan arus 7,2 Ah.

Pemilihan baterai pada pembuatan rancangan inverter ini memiliki kelebihan antara lain adalah untuk mendapatkan tegangan *input* yang stabil tidak mengalami perubahan secara mendadak.

### 3.4.4 Regulator

Rangkaian regulator digunakan sebagai penurun tegangan untuk menjaga kerja dari mikrokontroler yang digunakan. Pemilihan rangkaian regulator ditentukan sebesar 9 volt



Gambar 3.6 Rangkaian Regulator

Penggunaan regulator 9 volt dianggap ideal untuk beroperasi jika mengikuti *data sheet* dari Arduino. Penurunan tegangan dilakukan dari tegangan 12 volt ke tegangan 9 volt. Mikrokontroler Arduino dapat bekerja pada tegangan 6-12 volt.



Meskipun mikrokontroler dapat bekerja pada tegangan 12 volt, untuk menghindari terjadinya lonjakan tegangan pada aki digunakan regulator 9 volt.

### 3.4.5 Arduino Uno R3

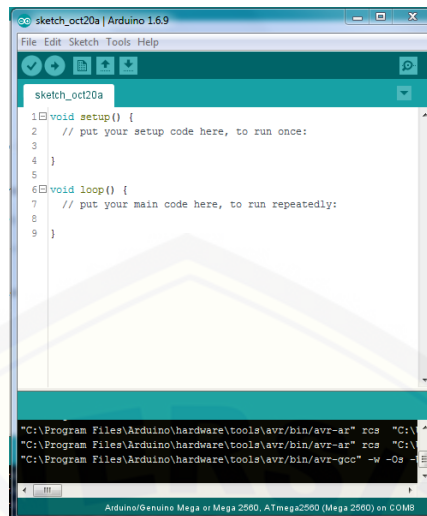
Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan (development board) mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P. Arduino Uno memiliki 14 digital pin input / output (atau biasa ditulis I/O, dimana 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 pin input analog, menggunakan crystal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset. Pada penggunaan arduino sebagai kontrol digunakan sebagai pembangkit gelombang PWM untuk mengaktifkan driver inverter. Frekuensi dari gelombang PWM sebesar 10khz, nilai frekuensi ini didapatkan dengan melakukan menurunkan timer yang terdapat pada mikrokontroler.



Gambar 3.7 Arduino Uno R3(Sumber Arduino.cc)

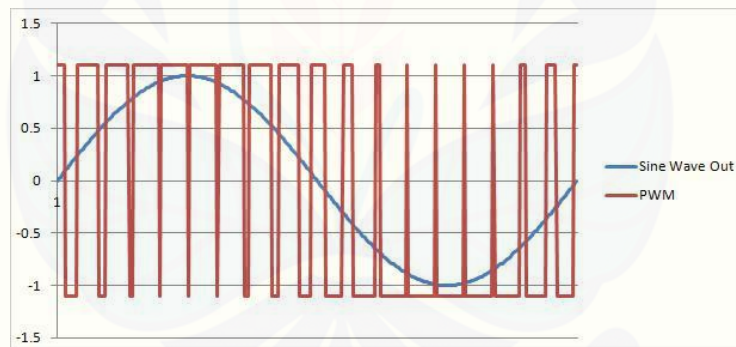
Pada pembuatan rancang bangun inverter satu fasa ini menggunakan pin 9 dan 10 yang nantinya akan dihubungkan dengan driver mosfet. Mikrokontroler arduino uno digunakan untuk switching mosfet sehingga dapat menghasilkan gelombang yang menyerupai sinus atau modified sine wave





Gambar 3.8 Interface software arduino(Sumber Arduino.cc)

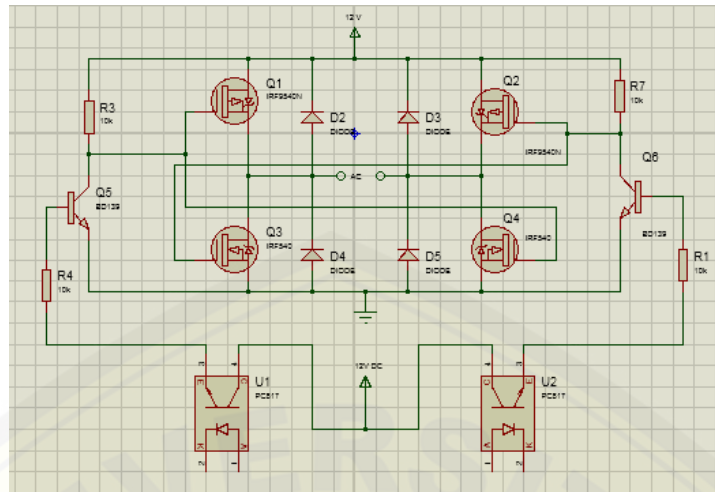
Untuk mendapatkan gelombang sinus dengan frekuensi 50 Hz dengan frekuensi switching 10kHz maka pada setiap satu hertz gelombang sinus terdapat 200 gelombang PWM seperti pada gambar 27.



Gambar 3.9 Gelombang *Modified Sine Wave*

### 3.4.6 Perancangan Full Bridge

Pada rangkaian dengan konfigurasi *full bridge* digunakan untuk mendapatkan gelombang AC dengan menggunakan 2 pasang saklar untuk mengubah polaritas yang terhubung dengan beban. Rangkaian konfigurasi *full bridge* ini menggunakan tegangan masukan sebesar 12V DC untuk diubah menjadi tegangan 12V AC. Komponen utama yang digunakan untuk mendesain yaitu MOSFET dengan tipe IRF 9540 dan IRF 540 sebagai *switching*. Rangkaian dari *full bridge* ditunjukkan pada gambar 3.6.



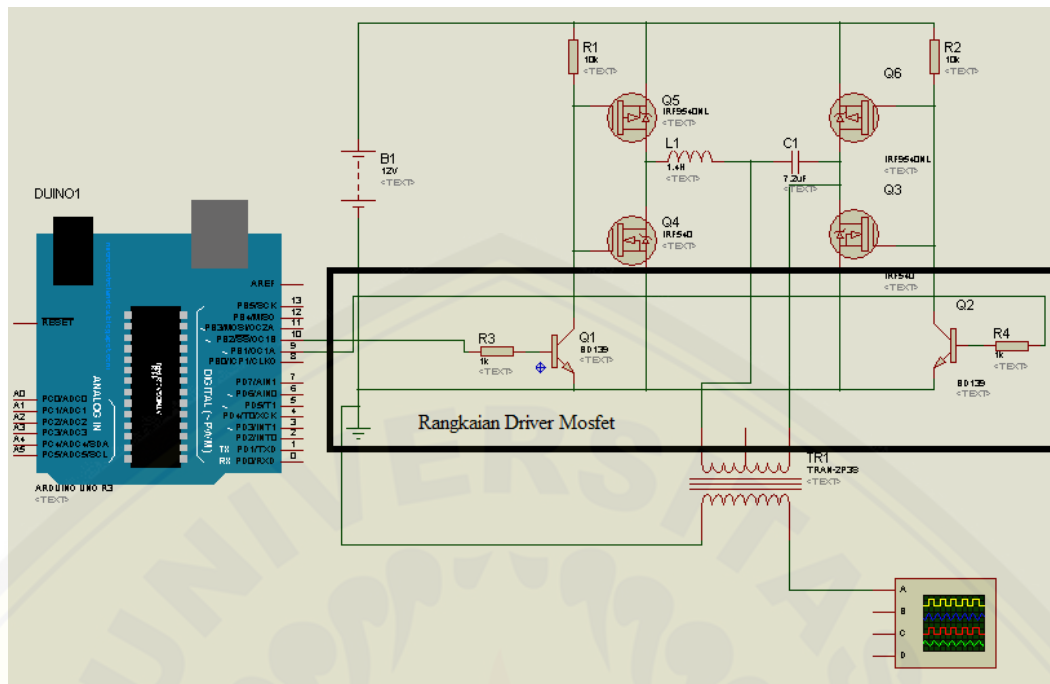
Gambar 3.10 Rangkaian *full bridge*

Pada driver inverter ini menggunakan mosfet IRF 9540 dan IRF540. Mosfet ini memiliki tegangan kerja maksimal 100 volt dan untuk besar arus yang dapat dihantarkan sebesar 23 ampere pada saat kondisi 25°C. Pada resistor pull up mosfet menggunakan nilai 10Kohm kemudian dihubungkan dengan transistor BD139. Untuk mosfet q1 dan q2 mendapatkan tegangan positif drain langsung dari sumber 12 Vdc.

### 3.4.7 Driver Mosfet

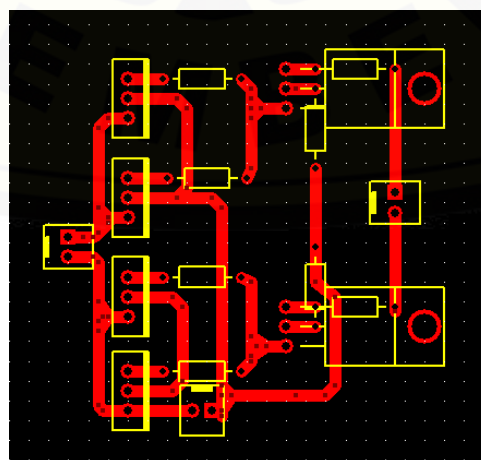
Driver mosfet digunakan dengan tujuan untuk menaikkan tegangan sehingga tegangan pada *gate* mosfet dapat memiliki bukaan yang besar (*full open*).

Rangkaian power dan rangkaian control juga dipisahkan oleh driver mosfet ini agar rangkaian dengan tegangan tinggi dan rangkaian dengan tegangan rendah tetap terjaga. Konfigurasi driver mosfet ini menggunakan penguat transistor jenis BD 139. Penggunaan transistor ini memiliki kecepatan frekuensi *switching* mencapai 1MHz. Untuk resistor penguat menggunakan resistor *pull up* dengan nilai 100 ohm dengan besar daya 2 watt.



Gambar 3.11 Rangkaian Driver MOSFET

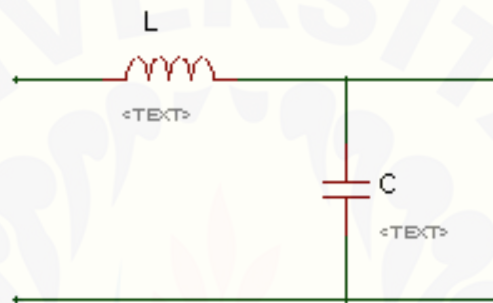
Kelebihan dari transistor ini adalah desain konstruksi yang mudah dan memiliki bentuk gelombang output yang sama dengan gelombang inputnya. Ketika gelombang input bernilai *high* maka gelombang keluarannya akan bernilai *high* dengan nilai amplitudo sesuai dengan tegangan input. Kekurangan dari rangkaian penguat transistor adalah gelombang hasil keluarannya memiliki bentuk gelombang kotak, meskipun gelombang masukannya memiliki bentuk sinus.



Gambar 3.12 Skema Driver Inverter.

### 3.4.8 Perancangan Rangkaian Filter

Untuk mendapatkan hasil gelombang sinus pada hasil pembalikan full bridge diperlukan filter untuk mengurangi ripple. Pada rangkaian filter yang digunakan adalah *low pass filter* yang menggunakan komponen pasif LC. Penggunaan *low pass filter* digunakan untuk melewatkan frekuensi yang berada dibawahnya set poin.



Gambar 3.13 Rangkaian *low pass filter* LC

Penentuan besarnya nilai induktansi menggunakan metode perhitungan dengan menentukan nilai frekuensi *cut-off* Nilai dari frekuensi *cut-off* ditentukan oleh besarnya nilai dari induktor dan kapasitor. Sehingga untuk mendapatkan nilai frekuensi *cut-off* sebesar 50 Hz ditetapkan nilai dari kapasitor sebesar 7uF, maka didapatkan nilai resistor sebesar:

$$L = \frac{1}{4\pi^2 F^2 C} \quad (13)$$

Ditetapkan nilai  $C = 7\mu\text{F}$

$$L = \frac{1}{4\pi^2 F^2 C}$$

$$L = \frac{1}{4\pi^2 (50^2) 7 \times 10^{-6}}$$

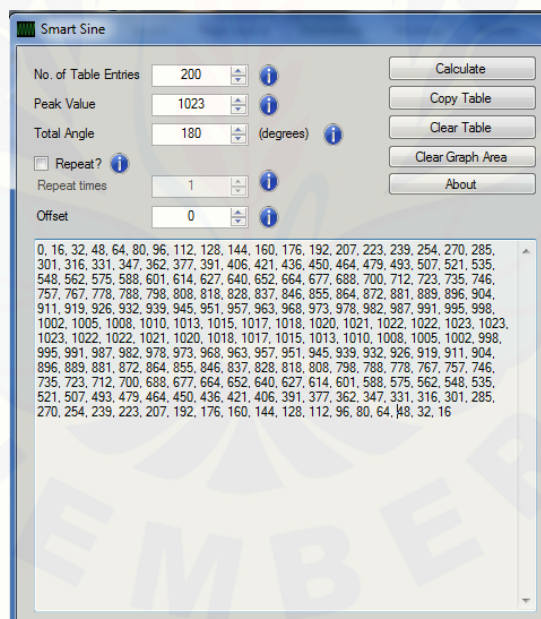
$$L = 144 \mu\text{H}$$

Untuk mendapatkan nilai frekuensi *cut-off* 50 Hz dapat menggunakan komponen resistor sebesar 144 uH dan kapasitor sebesar 7uF.

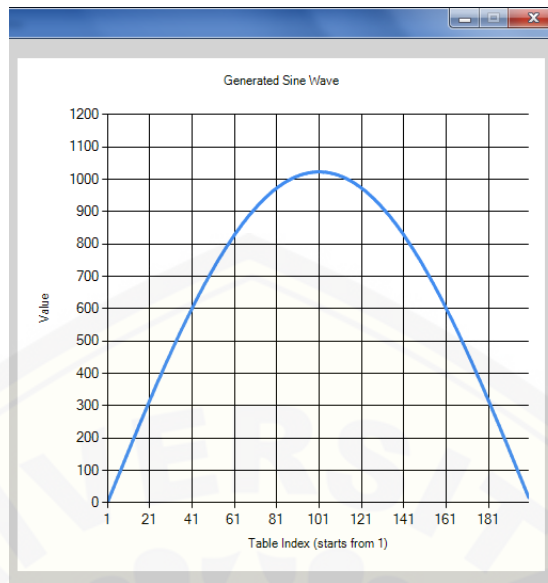
Penggunaan *low pass filter* LC untuk dapat menghasilkan gelombang sinus dengan cara mereduksi frekuensi yang melebihi daerah *cut off*. Desain dari *low pass filter* ini menggunakan induktor dengan menggunakan inti ferit yang memiliki diameter ferit 3 cm. Untuk dapat menghantarkan arus yang besar, kawat email yang digunakan memiliki besar diameter 3 mm.

### 3.4.9 Smart Sine

Penggunaan aplikasi smart sine ini bertujuan untuk mengkonversi nilai dari gelombang sinus yang diinginkan menjadi beberapa sampel untuk dijadikan bilangan ADC (*Analog Digital Converter*). Hasil dari konverter dijadikan data untuk melakukan pemrograman untuk menentukan nilai PWM yang dibangkitkan.



Gambar 3.14 Software Smart Sine



Gambar 3.15 Grafik Sinus hasil konversi

### 3.4.10 Perencanaan Sistem Kontrol PID

Perancangan kontrol PID diskrit diperlukan algoritma program kontrol PID agar menjadi kontrol yang sesuai yang akan dimasukkan ke dalam program arduino. Program algoritma PID pada arduino meliputi proses inialisasi, tuning parameter, akumulasi error dan perhitungan PID sebagai untuk menentukan besar nilai  $K_i$ ,  $K_p$  dan  $K_d$

Proses menentukan parameter yang digunakan pada kontrol PID *trial and error* yaitu dengan penentuan parameter kontrol proposional. Pengujian dilakukan beberapa kali dan mengambil beberapa data perubahan kontrol proposional. Tabel 2.

Tabel 3.1 Parameter PID

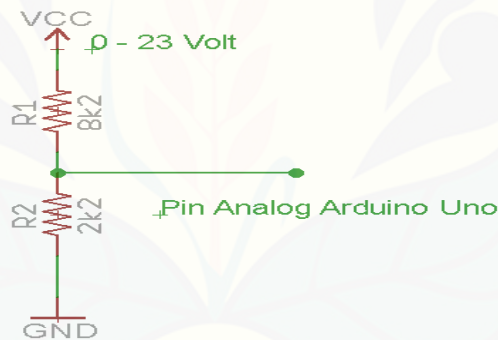
Parameter	Rise Time	Overshoot	Setting Time	S-S Error
$K_p$	Berkurang	Bertambah	0	Berkurang
$K_i$	Berkurang	Bertambah	Bertambah	Menghilangkan
$K_d$	Minor Change	Berkurang	Berkurang	Minor Change



Masukan dari kontrol PID adalah kestabilan tegangan yaitu 220 volt. Jika tegangan  $>220$  volt atau  $< 220$  volt maka sensor akan mendeteksi sehingga mengirimkan umpan balik ke sistem kontrol PID dan diolah dengan menentukan nilai  $K_p, K_i$  dan  $K_d$  sehingga memperbaiki sinyal PWM, dimana *inverter* akan bekerja sesuai dengan sinyal kontroler PWM yang diterima sehingga dapat mengatur *switching* dan akan menghasilkan tegangan keluaran stabil yaitu 220 Volt.

### 3.4.11 Perencanaan Sensor Tegangan

Sensor tegangan berguna untuk mengukur besar nilai tegangan *output* dari *inverter*. Prinsip kerja dari sensor tegangan yang digunakan yaitu menggunakan rumus pembagi tegangan dari dua buah resistor disusun seri yang mempunyai nilai resistansi berbeda seperti pada gambar rangkaian 3.16



Gambar 3.16 Rangkaian Sensor Tegangan

Untuk perhitungan dari perancangan sensor tegangan ini adalah:

$$V_{out} = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} V_i \quad (3.7)$$

dimana,  $V_{out} = 3$ ;  $V_{in} = 12,72$ ;  $R_1 = 10k \Omega$

$$3 = \frac{12,72 \times R_2}{(10k + R_2)}$$

$$3 \times (10k + R_2) = 12,72 \times R_2$$

$$30000 + 3R_2 = 12,72R_2$$

$$30000 = 9,72R_2$$

$$R2 = \frac{30000}{14,72}$$

$$R2 = 2k2 \Omega$$

#### **3.4.12 Transformator**

Transformator dapat digunakan sebagai penaik tegangan atau sebagai penurun tegangan. Pada penggunaan transformator ini digunakan sebagai penaik tegangan dari 12 V menjadi 220V. Transformator bekerja dengan menginduksikan inti untuk menyalurkan daya yang tinggi ke daya yang lebih rendah atau sebaliknya. Penggunaan transformator pada rancang bangun inverter ini untuk menyalurkan daya dari tegangan rendah ke tegangan yang lebih tinggi.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dengan judul “Kontrol Tegangan Inverter Full Bridge Satu Fasa Berbasis Arduino Uno R3 Menggunakan Kontrol PID” diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam keadaan beban yang berubah hasil frekuensi yang dilewatkan ke *low pass filter* dapat dipertahankan dalam bentuk gelombang sinusoidal. Rata-rata frekuensi yang dihasilkan setelah proses kontrol adalah 49,96Hz
2. Sistem kontrol cukup mampu untuk mempertahankan tegangan output inverter pada rentang tegangan 200v-220. Hal ini diakibatkan sistem *feedback* sensor yang terlambat ketika kontrol PID sudah aktif.
3. Efisiensi yang dihasilkan oleh inverter cukup stabil dengan rata-rata 79,319%.

### 5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis menyadari masih adanya kekurangan pada alat dan sistem yang diteliti. Maka untuk tujuan pengembangan dan tperbaikan adapun saran yang dapat digunakan untuk memperbaiki penelitian ini antara lain:

1. Perbaikan pada sensor tegangan agar mampu mersepon dengan baik control yang dijalankan
2. Rugi-rugi yang dihasilkan dari transformator inti besi cukup berdampak pada efisiensi inverter sebaiknya dilakukan pengujian dengan transformator inti ferit

**DAFTAR PUSTAKA**

Adam, Ahmad Antares, Single Phase Inverter Circuit Based on Frequency Variation For Controlling The Speed of a Capacitor Motor. Palu: Universitas Tadulaku, 2015.

Ajitha S.N K.alaiarasi: “Implementation of Full- Bridge Current-Fed Resonant Boost Converter using PIC microcontroller”; 2010 International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 1 – No.

Ariwibowo, C., Warsiti, A., dan Kartono. 2010. Perancangan Inverter Dual Conversion Push Pull-Full Bridge Pada Aplikasi Fotovoltaik, Universitas Diponegoro, Semarang

Chen, Wai Kai. 2000. The VLSI Handbook. Florida: CRC Press.

Effendi, Moh. Zaenal, “Design of inductor”, power point materi kuliah, Surabaya: PENSITS, 2007

Fairchild Semikonduktor. ID Series Datasheet. [www.alldatasheet.com](http://www.alldatasheet.com), diakses tanggal 26 Februari 2012.

FATEC, 2006, “Inverter School Text, Inverter Practical Course”, Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, Japan, p.211.

Grotzbach M, Ried Ch, Investigation of AC/DC Converter Harmonics by an Analytical Based Time-Discrete Approach, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 12, No.2, April 1997

HARSONO,T dan PRATILASTIAR-SO,J, “Harmonisa dan Pengaruhnya pada faktor Daya”, Jurnal IES 2003.

Majhi, Bijoyprakash. 2012. Analysis of Single-Phase SPWM Inverter.

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.

Prabowo, Rifqi Bagus., Bambang Sujanarko, Suprihadi Prasetyo, Design of single phase Full Bridge Inverter. *Institute of electronics, Jember University, 37 Kalimantan, 68121 Jember*, 2018.

Rashid M.H., "Power Electronics: Circuits, Devices and Applications", Prentice Hall, 1988. Fernuniversität-Gesamthochschule Hagen; in Germany Santoso, S. 2013.

Implementasi Teknik PWM Pada Inverter Satu Fasa Gelombang Penuh pada Beban RC, laporan Tugas Akhir, Universitas Katolik Soegija Pranata, Semarang

LAMPIRAN

A. Data Sheet IRF 540

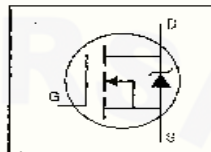
**International Rectifier**

PD-9.373H

**IRF540**

HEXFET® Power MOSFET

- Dynamic  $dv/dt$  Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements



$$V_{DSS} = 100V$$

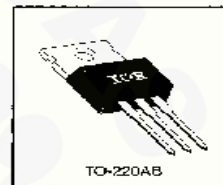
$$R_{DS(on)} = 0.077\Omega$$

$$I_D = 28A$$

**Description**

Third Generation HEXFETs from International Rectifier provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



DATA SHEETS

**Absolute Maximum Ratings**

Parameter	Max.	Units
$I_D$ @ $T_C = 25^\circ C$	28	A
$I_{D,cont}$ @ $T_C = 100^\circ C$	20	A
$I_{DM}$	110	A
$P_D$ @ $T_C = 25^\circ C$	150	W
	1.0	W/°C
$V_{GS}$	±20	V
$E_{AS}$	230	mJ
$I_{AS}$	28	A
$E_{AR}$	15	mJ
$dv/dt$	5.5	V/ns
$T_J$	-55 to +175	°C
$T_{STG}$		°C
	300 (1.6mm from case)	
	10 lbf/in (1.7 N/m)	

**Thermal Resistance**

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{JC}$	—	—	1.0	°C/W
$R_{CS}$	—	0.50	—	°C/W
$R_{JA}$	—	—	52	°C/W



B. Data Sheet IRF 540

SAMSUNG ELECTRONICS INC. 64E D ■ 7964142 0012260 002 ■ SM6K  
**IRF9540/9541/9542/9543** **P-CHANNEL**  
**IRFP9140/9141/9142/9143** **POWER MOSFETS**

**FEATURES**

- Lower  $R_{DS(on)}$
- Improved inductive ruggedness
- Fast switching times
- Rugged polysilicon gate cell structure
- Lower input capacitance
- Extended safe operating area
- Improved high temperature reliability

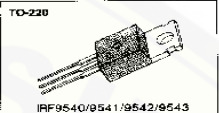
**PRODUCT SUMMARY**


Part Number	$V_{DS}$	$R_{DS(on)}$	$I_D$
	-100V	0.2 $\Omega$	-19A
IRF9541/IRFP9141	-60V	0.2 $\Omega$	-19A
IRF9542/IRFP9142	-100V	0.3 $\Omega$	-15A
IRF9543/IRFP9143	-60V	0.3 $\Omega$	-15A

**MAXIMUM RATINGS**


Characteristic	Symbol	IRF9541 IRFP9141	IRF9542 IRFP9142	IRF9543 IRFP9143	Unit	
Drain-Source Voltage (1)	$V_{DS}$	-100	-60	-100	-60	Vdc
Drain-Gate Voltage ( $R_{GS}=1\ \Omega$ )(1)	$V_{DGS}$	-100	-60	-100	-60	Vdc
Gate-Source Voltage	$V_{GS}$	±20			Vdc	
Continuous Drain Current $T_C=25^\circ\text{C}$	$I_D$	-19	-19	-15	-15	Adc
Continuous Drain Current $T_C=100^\circ\text{C}$	$I_D$	-12	-12	-10	-10	Adc
Drain Current—Pulsed (3)	$I_{DM}$	-70	-70	-60	-60	Adc
Gate Current—Pulsed	$I_{GM}$	±1.5			Adc	
Single Pulsed Avalanche Energy (4)	$E_{AS}$	560			mJ	
Avalanche Current	$I_{AS}$	-19			A	
Total Power Dissipation @ $T_C=25^\circ\text{C}$	$P_D$	125			Watts	
Dissipate above $25^\circ\text{C}$		1.0			W/ $^\circ\text{C}$	
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to 150			$^\circ\text{C}$	
Maximum Lead Temp. for Soldering Purposes, 1/8" from case for 5 seconds	$T_L$	300			$^\circ\text{C}$	

Notes: (1)  $T_J=25^\circ\text{C}$  to  $150^\circ\text{C}$   
 (2) Pulse test: Pulse width $\leq 300\mu\text{s}$ , Duty Cycle $\leq 2\%$   
 (3) Repetitive rating: Pulse with limited by max. junction temperature  
 (4)  $L=3.5\text{mH}$ ,  $V_{GS}=-25\text{V}$ ,  $R_G=25\Omega$ , Starting  $T_J=25^\circ\text{C}$

TO-220  
  
 IRF9540/9541/9542/9543

TO-3P  
  
 IRFP9140/9141/9142/9143

2



225

C. Gambar Percobaan

