

Perancangan Dan Pembuatan Inverter Pure Sine Wave 150WATT Dengan *Feedback* AC 220/50Hz Berbasis Mikrokontroler Arduino

Rafi Akbar Amrullah¹, Herwandi², Agus Pracoyo³

[Submission: 25-07-2021, Accepted: 31-07-2021]

Abstract— In modern times the development of technology is getting faster, the need for electrical energy is increasing. Now many power plants are being developed using solar energy and with the benefit of Indonesia's geographic location and is located in the equatorial area so that Indonesia has quite a lot of solar energy sources, the utilization of this energy uses a solar cell that uses the working principle of converting solar energy into electrical energy, namely the effect photovoltaic. The output from photovoltaic is in the form of DC voltage. But generally electronic devices generally use AC voltage. For that we need a tool to convert DC voltage to AC, namely an inverter. Inverters have imperfect rectangular and sinusoidal wave outputs and have weak harmonics and low efficiency. This weakness can be overcome by using a pure sinusoidal inverter. To get a pure sinusoidal wave, you can use the Sinus Pulse Width Modulation (SPWM) method.

Intisari— Di zaman modern perkembangan teknologi semakin cepat, kebutuhan energi listrik semakin meningkat. Sekarang banyak dikembangkan pembangkit listrik yang bersumberkan energi matahari dan dengan diunggulkannya letak Indonesia secara geografis dan terletak di daerah katulistiwa sehingga Indonesia mempunyai sumber energi matahari yang cukup banyak, pemanfaatan energi ini menggunakan sebuah solar cell yang menggunakan prinsip kerja mengubah energi surya menjadi energi listrik yaitu efek photovoltaic. Keluaran dari photovoltaic berupa tegangan DC. Tetapi umumnya alat elektronik umumnya menggunakan tegangan AC. Untuk itu dibutuhkan sebuah alat untuk mengkonversikan tegangan DC ke AC yaitu inverter. Inverter memiliki gelombang keluaran gelombang kotak dan gelombang sinusoidal yang tidak sempurna dan memiliki kelemahan gelombang harmonisa dan efisiensi rendah. Kelemahan tersebut bisa diatasi dengan menggunakan inverter sinusoidal murni. Untuk mendapatkan gelombang sinusoidal murni dapat menggunakan metode Sinus Pulse Width Modulation (SPWM).

Kata Kunci – Inverter, Sinus Pulse Width Modulation (SPWM), Photovoltaic

I. PENDAHULUAN

Berlimpahnya energi surya di negara Indonesia ini merupakan potensi yang seharusnya dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik secara optimal menggunakan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).[1]

Sinar matahari saat ini pilihan utama sebagai energi alternatif. Hal ini disebabkan karena ketersediannya yang sangat banyak dan panel surya merupakan elemen yang mengubah berkas – berkas cahaya matahari menjadi energi listrik searah yang nantinya akan disimpan menggunakan baterai. Baterai yang digunakan umumnya adalah aki 12V DC. [3] barang – barang elektronika saat ini perkembangannya sangat cepat, Beberapa perangkat pendukung mengalami perkembangan, alat – alat elektronika yang semakin beragam. Salah satu sistem elektronika yang kita kenal adalah inverter yang berfungsi mengubah tegangan DC 12V ke tegangan AC 220 50Hz.[2]

Inverter ini sangat berfungsi sebagai penyedia listrik cadangan baik di kedaraan maupun dirumah, sebagai *emergency power* saat listrik rumah mati. Di masa depan, inverter DC to AC akan memegang peranan penting dalam mengubah energi DC dari sumber energi panas surya menjadi energi listrik AC yang kita gunakan sehari – hari.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Arduino Uno

Arduino adalah pengendali *mikro single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronika dalam berbagai bidang.

¹Mahasiswa, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang. e-mail: rafiamru3@gmail.com

^{2,3}Dosen, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang. e-mail: herwandi@polinema.ac.id, agus.pracoyo@polinema.ac

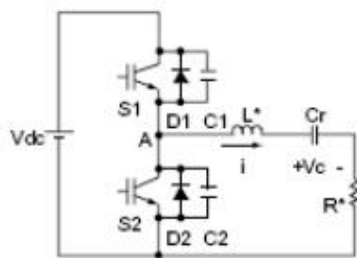


Hardwarenya memiliki prosesor Atmel AVR dan *softwarenya* memiliki bahasa pemrograman sendiri.[4]

Arduino juga merupakan *platform hardware* terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik *interaktif* berdasarkan *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan. *Mikrokontroler* diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema *hardware* arduino dan membangunnya.

B. Inverter

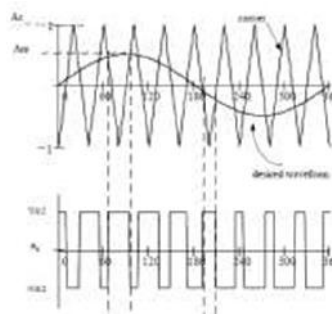
Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (*Direct Current*) menjadi tegangan AC (*Alternating Current*). Output suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (*sine wave*), gelombang kotak (*square wave*) dan sinus modifikasi (*sine wave modified*). Sumber tegangan *input inverter* dapat menggunakan *battery*, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. Inverter dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa *step up transformer*. [5]



Gambar 1. Rangkaian inverter setengah Gelombang [6]

C. SPWM

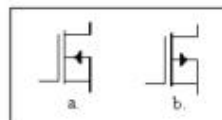
SPWM (*Sinusoidal Pulse Wide Modulation*) adalah teknik modulasi yang paling umum digunakan untuk mengontrol komponen semikonduktor pada inverter. SPWM ini diperoleh dengan cara membandingkan gelombang *sinusoid* dengan gelombang *carrier* yang berupa gelombang segitiga. [7]



Gambar 2. Prinsip dasar modulasi SPWM [8]

D. MOSFET

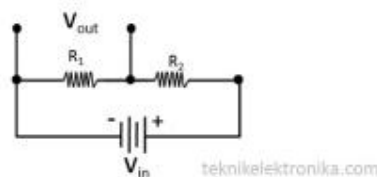
MOSFET merupakan singkatan dari *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* yang merepresentasikan bahan-bahan penyusunnya yang terdiri dari logam, oksida dan semikonduktor. Terdapat 2 jenis MOSFET yaitu tipe NPN atau *N channel* dan PNP atau biasa disebut *P channel*. [9]



Gambar 3. Simbol Transistor MOSFET Mode Depletion (a). *N-Channel Depletion* (b). *P-Channel Depletion* [9]

E. Sensor Tegangan

Pengukuran tegangan AC dapat dilakukan dengan cara dirubah menjadi DC agar lebih mudah dibaca oleh mikrokontroler. Mikrokontroler yang dilengkapi dengan *ADC* (*Analog to Digital Converter*) tidak dapat membaca sinyal negatif, maka dari itu tegangan negatif harus dinaikkan offsetnya menjadi 2,5 V sehingga terdapat perbedaan antara nilai negatif dan positif. Prinsip kerja dasar mengkonversi tegangan dari satu level ke level lainnya, misal akan melakukan pengukuran tegangan dengan range 0V – 40V dapat dikonversikan menjadi 0V – 5V sebagai *ADC* pada *mikrokontroler*, dengan keadaan seperti ini dapat digunakan sebuah pembagi tegangan, sebagai berikut :

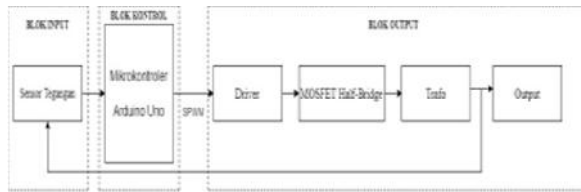


Gambar 4. Pembagi Tegangan [10]



III. METODE PENELITIAN

A. Diagram Blok Sistem

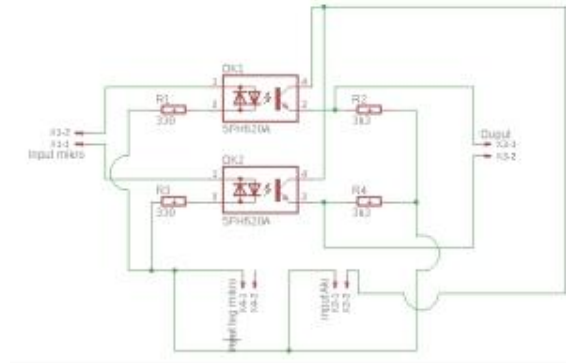


Gambar 5. Diagram Blok

Prinsip Kerja Inverter:

Prinsip kerja Inverter pada umumnya sama dengan *power supply* yaitu menyuplai arus DC ke AC dan juga bekerja untuk merubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Prinsip kerja inverter ini adalah sebagai piranti pengubah frekuensi yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC) dengan metode SPWM. Inverter ini akan memberikan tegangan keluaran berupa tegangan bolak-balik (AC) 1 fasa. urutan pensaklaran akan berjalan sesuai program yang telah di upload pada Arduino. Frekuensi yang dihasilkan dengan adalah sinus yang berasal dari program SPWM. Urutan pensaklaran pada MOSFET nantinya akan membangkitkan gelombang sinus 1 fasa. Sinyal keluaran dari MOSFET yang memiliki frekuensi akan menginduksi kumparan primer transformer sehingga menginduksi GGL medan magnet kumparan sekunder. Dengan demikian akan terjadi perubahan tegangan dari tegangan rendah ke tegangan tinggi. Output yang dihasilkan dari transformer akan di beri *feedback* sensor tegangan, output sensor tegangan akan diolah oleh arduino supaya tegangan yang dihasilkan stabil.

B. Perancangan Elektronik



Gambar 6. Rangkaian Optocoupler

Dari Gambar 6 didapatkan nilai R *pushpull* dengan rumus :

$$R_{pushpull} = \frac{V_{ref}}{I_{ref}} \dots(1)$$

Dimana :

V_{ref} : Tegangan referensi

I_{ref} : Arus referensi

$$R_{pushpull} = \frac{12V}{4mA}$$

Maka nilai R yang didapat adalah 3k3

Dan untuk nilai R Led pada *Optocoupler* dengan rumus:

$$R_{led} = \frac{V_{in} - V_{led}}{I_{ref}} \dots(2)$$

Dimana :

V_{in} : Tegangan Input

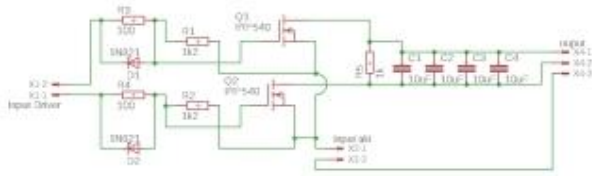
V_{led} : Tegangan Jatuh LED

I_{ref} : Arus Referensi

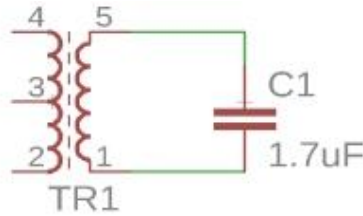
$$R_{led} = \frac{5V - 1.7V}{10mA}$$

Maka didapat R led adalah 330





Gambar 7. Rangkaian Mosfet



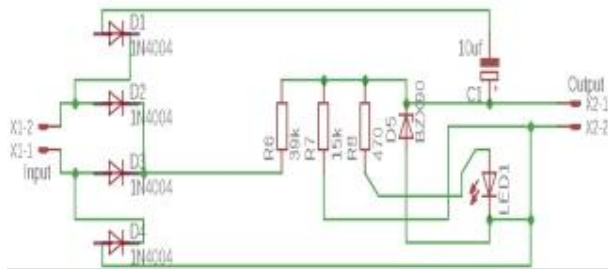
Gambar 8. Rangkaian Filter

Dari Gambar 8 didapatkan persamaan :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots (3)$$

$$50Hz = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot 1.7 \times 10^{-6}}}$$

Maka, nilai L = 5.8H

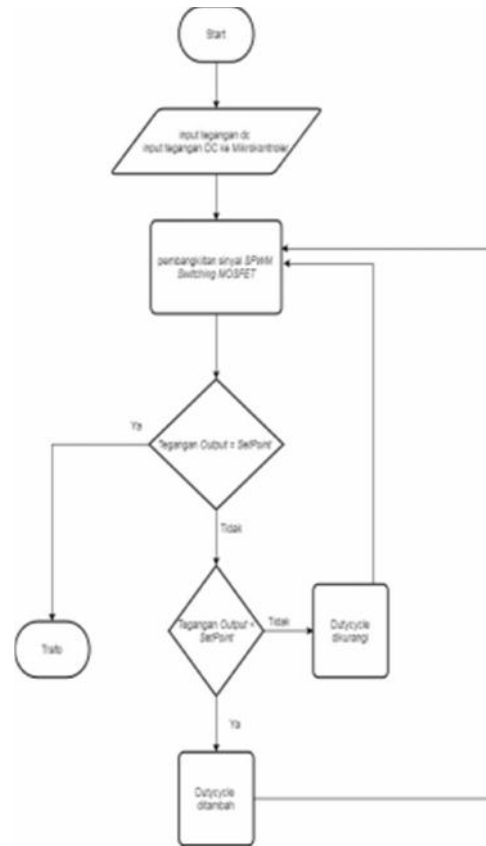


Gambar 9. Rangkaian sensor tegangan

Pada Gambar 7 didapat dari rumus pembagi tegangan

$$V_{out} = \frac{15K}{39K + 15K} \cdot \frac{15K}{39K + 15K} \cdot 12V = 3.3V$$

C. Perancangan Flowchart



Gambar 10. Flowchart

Penjelasan Flowchart:

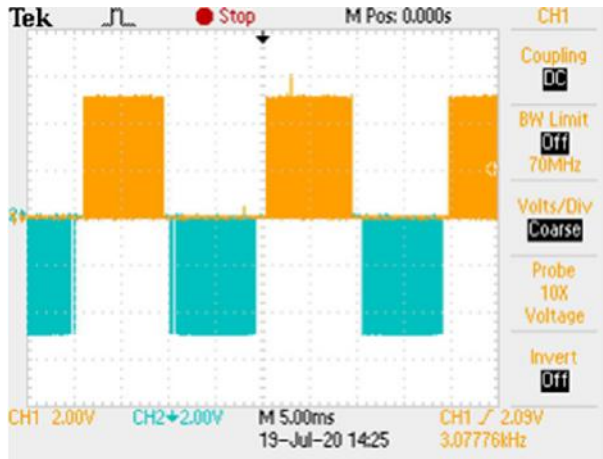
Alur dari flowchart diatas yang pertama start, input tegangan DC 12V ke mikrokontroler, kemudian pada mikrokontroler memproses program pembangkitan sinyal SPWM untuk Switching MOSFET, lalu cek tegangan output, jika tegangan kurang dari setpoint maka dutycycle ditambah, jika tidak maka dutycycle dikurangi. Jika tegan sesuai setpoint maka output ke trafo.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian SPWM pada Arduino

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bentuk gelombang PWM yang akan digunakan untuk men-driver MOSFET pada rangkaian switching inverter H-Bridge.



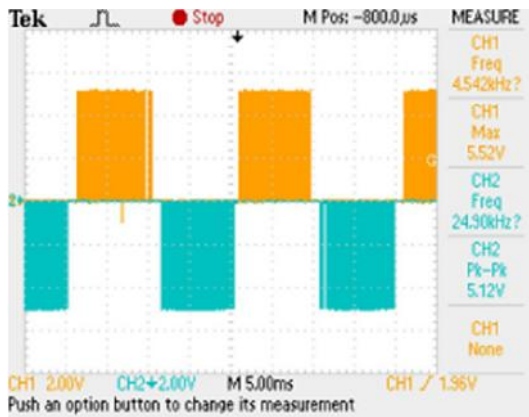


Gambar 11. Sinyal SPWM

Berdasarkan hasil pengujian Gambar 11 telah didapatkan bahwa listing program yang ditanamkan pada mikrokontroler Arduino dapat menghasilkan gelombang SPWM sehingga dapat digunakan untuk men-driver rangkaian *switching* H-Bridge.

B. Pengujian Driver MOSFET

Pada Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian *switching inverter H-Bridge* ini dapat bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dijelaskan sebelumnya. Secara sederhana rangkaian ini berfungsi untuk saklar yang bekerja berpasangan dan bergantian sesuai *trigger SPWM* yang diperoleh dari output mikrokontroler Arduino. Berikut hasil bentuk gelombang yang diperoleh dari output *switching H-Bridge* melalui *output* optocoupler



Gambar 12. Output driver Mosfet

Berdasarkan hasil pengujian Gambar 12 *driver* MOSFET bekerja sesuai dengan keluaran yang diinginkan,

yaitu dapat mengeluarkan output gelombang yang sudah di program pada Arduino.

C. Pengujian Filter

Prosedur filter dilakukan berulang - ulang dengan kapasitor yang berbeda - beda hingga mendapat sinyal yang terbaik.

TABEL 1
PERCOBAAN FILTER

Filter 1 (Input)	Filter 2 (Output)	VAC	Gambar
Tanpa filter	Tanpa filter	600V	
Tanpa filter	Resistor 195Ω	640V	
Capasitor 100uF	Resistor 195Ω	300V	
Capasitor 47uF	Resistor 195Ω	250V	
Capasitor 40uF	Resistor 195Ω	195V	



Capasitor 30uF	Resistor 195Ω	225V	
Capasitor 20uF	Resistor 195Ω	210V	
Capasitor 10uF	Resistor 195Ω	555V	

Dari data percobaan Tabel 1 bisa dilihat nilai tegangan VAC naik turun dan rata – rata nilai terbaiknya saat tegangan 250V dengan nilai capasitor 47uF dan nilai frekuensi 50Hz, dari Gambar sinyal mendekati sinus .

D. Pengujian Inverter dengan beban

TABEL 2.

PENGUJIAN INVERTER MENGGUNAKAN BEBAN SISI SEKUNDER TRAF0

No	Alat yang diuji	Tegangan	Arus	Frekuensi	Daya (Pout)	Kondi si Alat
1.	Tanpa beban	250 V	0.01 A	50 Hz	2.5 Watt	-
1	Lampu pijar (15Watt)	240 V	0.08 A	50 Hz	19.5 Watt	Hidup
2	2 Lampu Pijar(30Watt)	210 V	0.18 A	50 Hz	37.8 Watt	Hidup
3	Solder (20Watt)	203 V	0.15 A	50 Hz	30.4 Watt	Hidup
4	Lampu LED (40Watt)	211 V	0.18 A	50 Hz	37.9 Watt	Hidup
5	Lampu LED dan Lampu Pijar(55Watt)	145 V	0.28 A	50 Hz	40.6 Watt	Hidup
6	Kipas (20watt)	207	0.16 A	50 Hz	33.1 Watt	Hidup

TABEL 3.

PENGUJIAN INVERTER MENGGUNAKAN BEBAN SISI SEKUNDER TRAF0

No	Alat yang diuji	Tegangan	Arus	Daya (Pin)
1	Lampu pijar (15Watt)	12.01 V	1,6 A	20.1 Watt
2	2 Lampu Pijar(30Watt)	12.5 V	3.2 A	40.3 Watt
3	Solder (20Watt)	12.4 V	3.3 A	40.3 Watt
4	Lampu LED (40Watt)	12.5 V	3.6 A	45.1 Watt
5	Lampu LED dan Lampu Pijar(55Watt)	10.06 V	7 A	70 Watt
6	Kipas (20Watt)	12.4 V	3.2 A	40 Watt

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2 dan Tabel 3 yang telah dilakukan maka didapatkan inverter pada masing – masing pengujian adalah berikut :

Pada Beban Lampu Pijar 15 Watt

$$= \frac{P_{out}}{P_{in}} \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots (4)$$

$$= \frac{19.2}{20.1} \frac{19.2}{20.1} \times 100\%$$

$$= 95\%$$

Pada Beban 2 Lampu Pijar 30 Watt

$$= \frac{P_{out}}{P_{in}} \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{37.8}{40.3} \frac{37.8}{40.3} \times 100\%$$

$$= 93\%$$

Pada Beban Lampu LED 40 Watt

$$= \frac{P_{out}}{P_{in}} \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{37.9}{40.1} \frac{37.9}{40.1} \times 100\%$$

$$= 94\%$$

Pada Beban Solder 20 Watt

$$= \frac{P_{out}}{P_{in}} \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$



$$= \frac{30.4}{40.3} \frac{30.4}{40.3} \times 100\%$$

$$= 75\%$$

Pada Beban Kipas 20 Watt

$$= \frac{P_{out}}{P_{in}} \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{33.1}{40} \frac{33.1}{40} \times 100\%$$

$$= 82\%$$

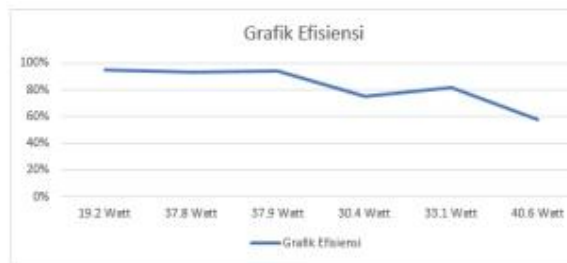
Pada Beban Lampu Pijar dan Lampu LED 55 Watt

$$= \frac{P_{out}}{P_{in}} \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{40.6}{70} \frac{40.6}{70} \times 100\%$$

$$= 58\%$$

Berdasarkan hasil pengujian diatas, terlihat bahwa pada pengujian dengan beban Lampu 15 watt memiliki efisiensi yang lebih tinggi yaitu sebesar 95%. Kemudian akan dijelaskan hubungan efisiensi dengan beban yang dapat dilihat di Gambar bawah ini :



Gambar 13. grafik efisiensi

Bedasarkan Gambar 3 Grafik diatas dapat diamati bahwa efisiensi inverter akan menurun seiring bertambahnya beban dan pada saat beban yang digunakan adalah 19 watt,efisiensinya sangat baik.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa sistem yang

dibuat pada inverter dapat berjalan dengan baik. Berikut kesimpulan yang didapat :

1. Inverter yang dirancang dengan tipe inverter *pull down* dengan sumber baterai 12VDC, tegangan yang dihasilkan 260 VAC dengan frekuensi 50Hz.
2. Gelombang yang dihasilkan dari inverter dengan frekuensi 50Hz hampir mendekati sinus.
3. Inverter yang telah dibuat mampu menghidupkan beban lampu, solder, dan kipas dengan daya yang berbeda.
4. Daya yang dihasilkan inverter tersebut belum mampu mencapai 150watt yang diinginkan, karena pengaruh dari transformer yang dipakai dan 2 MOSFET yang digunakan hanya mampu 55Watt

B. Saran

Perlu adanya perbaikan dan penyempurnaan agar alat ini dapat bekerja optimal. Ada beberapa saran untuk memperbaiki maupun menyempurnakan alat ini, antara lain :

1. Perlu adanya penambahan MOSFET agar daya yang dihasilkan lebih besar
2. Penyempurnaan pada filter yang sesuai pada output inverter agar bentuk gelombang yang dihasilkan sinus sempurna
3. Penyempurnaan pada sensor tegangan agar *output* inverter tetap stabil

Penambahan rangkaian agar MOSFET yang digunakan tidak *overheat*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sapto Prajogo, Sri Utami, Apip Pudim, 2018 “ Pengembangan Sistem Manajemen Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Guna Meningkatkan Kontinuitas Listrik Rumah Tangga”, jurnal Politeknik Negeri Bandung, Bandung
- [2] Ilham Sayekti, 2010 “RANCANG BANGUN MODUL INVERTER GELOMBANG SINUS MENGGUNAKAN LPF ORDE DUA SEBAGAI PENGUBAH GELOMBANG KOTAK MENJADI SINUS” jurnal Politeknik Negeri Semarang, Semarang
- [3] Subastian Yusuf Panggabean, F.X. Arinto Setyawan, Syaiful Alam, “Rancang Bangun *Inverter* Satu Fasa Menggunakan Teknik *High Voltage PWM (Pulse Width Modulation)*”, Universitas Lampung, Bandar Lampung
- [4] [Djuandi, F. \(2011\). Pengenalan arduino. E-book. www. tobuku, 1-24.](http://www.tobuku.com)
- [5] Rashid, Muhammad H, Power Electronics Handbook, Academic Press, Kanada, 2001



- [6] Eko Aptono Tri Yuwono, Agung Warsito, Mochammad Facta, 2011 Inverter Multi Level Tipe Jembatan Satu Fasa Tiga Tingkat Dengan Mikrokontroler AT89S51, *e-journal Universitas Diponegoro Semarang*, Semarang
- [7] Muhammad Syaifulhaq, Agung Warsito, Karnoto, PERANCANGAN INVERTER *HALF BRIDGE ZERO VOLTAGE SWITCHING* PADA APLIKASI BALLAST ELEKTRONIK UNTUK LAMPU *HIGH PRESSURE SODIUM*, *e journal Universitas Diponegoro Semarang*, Semarang
- [8] G. Ledwich, Pulse Width Modulation (PWM) Basics,
<http://www.Powerdesigners.com>, 1998
- [9] Albert Malvino, David Bates “Electronic Pricipel “
- [10] Ir. Tarmukan, MT. , Ir. Tundung Subali, MT. ” Modul Ajar Rangkaian Listrik “ Politeknik Negeri Malang

