

Design and Build a 600 Watt Inverter With Sinusoidal Pulse Width Modulation Method

Rancang Bangun Inverter 600 Watt dengan Metode *Sinusoidal Pulse Width Modulation*

Mas Andar Syururi, Bambang Sri Kaloko , Widya Cahyadi

Program Studi Teknik Elektro Universitas Jember, Kampus Tegalboto, Jl. Kalimantan No. 37,

Sumbersari, Krajan Timur, Kec. Summersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121

e-mails : andarnassyururi@gmail.com, kaloko@unej.ac.id, cahyadi@unej.ac.id

Received: 28 July 2022 ; revised: 05 November 2022 ; accepted: 11 December 2022

Abstract — Electrical energy is energy that is needed, but many do not realize that the fuel for electricity generation is running low. So, as the nation's successor by utilizing or looking for solutions using alternative energy. One of them is by utilizing sunlight as an alternative energy using solar panels that can convert sunlight into electrical energy. Where, the electrical energy supplied will be stored in battery batteries or DC power sources, to change the DC source from the battery a device that can convert DC sources to AC is needed, called an inverter. An inverter is an electronic device or voltage converter converting direct current (DC) into *alternating current* (AC) with the working principle of full bridge as a switching technique to produce *alternating current* (AC). The inverter is designed according to the output voltage equivalent to a 220 volt PLN source with a frequency of 50 Hertz, inverter testing is carried out at a load with a maximum power capacity of 600 watts and determines the effectiveness of the power capacity generated by the inverter. The state of the stability level of the inverter output obtained is stable. It has been proven in testing with varied loads that it produces a stable power value and also a stable current value and a voltage value that tends to decrease due to the discharge process or continuous use without charging the battery supply. The effect of loading on the performance of the SPWM inverter can be seen from the wave results obtained in the 500 watt loading test process resulting in a high THD value of around 12.8%.

Key words — inverter, *fullbridge*, *single phase*, *spwm*

Abstrak — Energi listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan, tetapi banyak yang belum menyadari bahwa bahan bakar pembangkit listrik semakin lama semakin menipis. Maka, sebagai penerus bangsa dengan memanfaatkan atau mencari solusi menggunakan energi alternatif. Salah satunya dengan memanfaatkan berupa cahaya matahari sebagai energi alternatif menggunakan panel surya yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Dimana, energi listrik yang disalurkan akan disimpan pada baterai aki atau sumber listrik DC, untuk mengubah sumber DC dari aki diperlukan sebuah perangkat yang dapat mengubah sumber DC menjadi AC disebut dengan inverter. Inverter merupakan sebuah perangkat elektronik atau konverter tegangan mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak balik (AC) dengan prinsip kerja *fullbridge* sebagai teknik pensaklaran menghasilkan arus bolak balik (AC). Inverter dirancang sesuai dengan tegangan keluaran setara sumber PLN 220 volt dengan frekuensi sebesar 50 Hertz, pengujian inverter dilakukan pada pembebanan dengan kapasitas daya maksimal sebesar 600 watt dan mengetahui efektifitas kapasitas daya yang dihasilkan oleh inverter. Keadaan

tingkat kestabilan output inverter yang didapatkan stabil. Dibuktikan pada pengujian dengan beban bervariasi menghasilkan nilai daya yang stabil dan juga nilai arus yang stabil serta nilai tegangan yang cenderung menurun diakibatkan proses *discharge* atau penggunaan secara terus menerus tanpa pengisian pada supply baterai. Pengaruh pembebanan terhadap kinerja SPWM inverter dilihat dari hasil gelombang yang didapatkan pada proses pengujian pembebanan 500 watt menghasilkan nilai THD yang tinggi sekitar 12,8%.

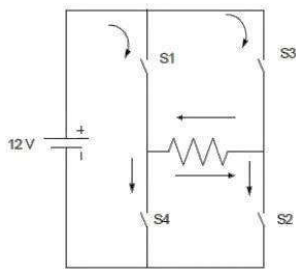
Kata kunci — inverter, *fullbridge*, *single phase*, *spwm*

I. PENDAHULUAN

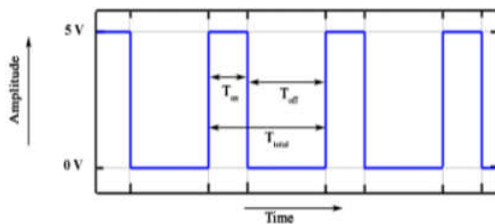
Kemajuan teknologi pada segala aspek kehidupan masyarakat masih menggunakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui berupa minyak dan gas. Ketersediaan minyak bumi yang ada di Indonesia meskipun dapat dilakukan upaya pemanfaatan potensi sumber daya alam yang ada di Indonesia akan terus mengalami penurunan, dimana energi tersebut merupakan energi yang sangat dibutuhkan, tetapi banyak yang belum menyadari bahwa bahan bakar pembangkit listrik semakin lama semakin menipis. Penanganan dalam mengurangi pemakaian sumber daya alam yang semakin habis, yakni menggunakan sumber energi listrik alternatif salah satu contohnya panel surya dengan memanfaatkan cahaya matahari, dan dapat dikonversikan menjadi tegangan yang disimpan pada baterai. Implementasi catu daya tidak dapat langsung digunakan ke peralatan-peralatan elektronik dengan sumber listrik dari PLN yang bermuatan AC 220V. Maka, dibutuhkan peralatan yang dapat mengkonversi sumber listrik searah dari baterai yang bermuatan DC 12V menjadi sumber listrik bolak balik bermuatan AC 220V, yakni sebuah inverter. Berdasarkan uraian diatas, melakukan sebuah Rancang Bangun Inverter Satu Fasa berkapasitas 600 Watt dengan konfigurasi rangkaian *Full Bridge* dan teknik modulasi *Sinusoidal Pulse Width Modulation* (SPWM).

A. Inverter

Inverter merupakan sebuah perangkat elektronik yang memiliki prinsip kerja yaitu untuk mengubah sumber listrik searah *Direct Current* (DC) menjadi sumber listrik bolak-balik *Alternating Current* (AC). Penggunaan inverter dapat digunakan berasal dari sumber listrik searah dari baterai aki



Gambar 1. Prinsip Kerja Inverter



Gambar 2. Sinyal Pulse Width Modulation

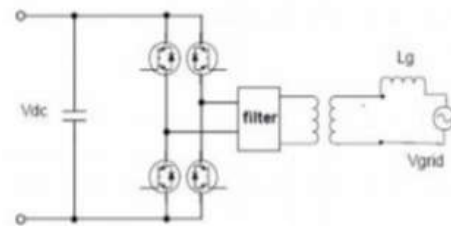
(*accumulator*) atau baterai panel surya dengan inverter yang dapat merubah menjadi catu daya peralatan elektronik dengan masukan listrik bolak-balik Inverter memiliki prinsip kerja menggunakan empat saklar, Ketika saklar S1 dan S2 dalam keadaan ON, maka arus DC akan mengalir dari kiri menuju kanan ke arah beban, Ketika saklar S3 dan S4 dalam keadaan ON, maka arus DC akan mengalir dari kanan menuju kiri ke arah beban.

B. Pulse Width Modulation

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan sebuah metode untuk memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu periode tertentu, yang nantinya digunakan untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang nilainya berbeda-beda. Prinsip kerja PWM yakni membandingkan gelombang sinus dengan gelombang pembawa (*carrier*) secara diskrit, antar gelombang hasil PWM didapatkan deretan gelombang pulsa dengan duty cycle yang berbeda-beda dan frekuensi sinyal pembawanya tentunya kelipatan dari frekuensi sinyal sinusnya agar dapat dihasilkan PWM yang simetris.

C. MOSFET

Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor atau bisa disingkat MOSFET merupakan salah satu golongan jenis transistor yang memiliki bahan dasar semikonduktor berupa silikon serta mempunyai tingkat konsentrasi ketidakmurnian MOSFET terbuat dari bahan silikon yang nantinya dapat digunakan sebagai pembentuk pada bagian-bagian MOSFET itu sendiri, diantaranya dapat digunakan sebagai substrat, *drain*, *source* dan *gate*. MOSFET dibuat sesuai dengan konfigurasi agar ruang antara substrat dengan *gate* dapat dibatasi oleh oksida silikon yang berukuran sangat tipis. Oksida silikon yang membatasi antara substrat dan *gate* tersebut akan diendapkan pada bagian atas sisi kiri dari kanal, sehingga kinerja dari MOSFET tersebut akan memiliki keunggulan jika



Gambar 3. Blok Diagram Filter

dibandingkan dengan transistor tipe BJT atau *Bipolar Junction Transistor* yang nantinya dapat menghasilkan keluaran daya desipasi yang nilainya lebih rendah. MOSFET memiliki ragam jenis yang berbeda-beda dengan dikelompokkan menurut cara kerja serta saluran yang digunakan berdasarkan tingkat kemurnian oleh MOSFET itu sendiri.

D. Low Pass Filter

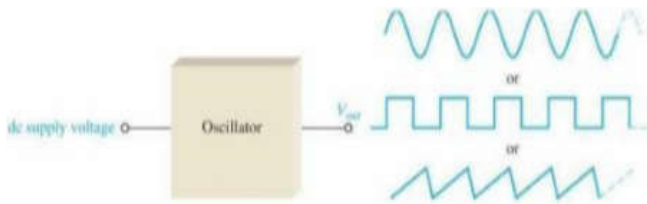
Filter merupakan suatu rangkaian berstruktur paralel atau seri antara komponen kapasitor dan komponen inductor, filter juga berfungsi untuk menyaring masukan terhadap keluaran yang ditentukan. Sebuah struktur rangkaian filter dapat dikonfigurasi pada suatu frekuensi yang tertentu sesuai dengan spesifikasi yang nantinya impedansi dari inductor yang bernilai sama dengan impedansi pada kapasitor. Tingkat keefektifan dari sebuah filter dapat diukur dari perubahan impedansi jaringan atau melalui perhitungan nilai-nilai komponen filter yang dirancang.

Berdasarkan fungsinya, filter memiliki dua ragam jenis, yaitu *high pass filter* dan *low pass filter*. *Low pass filter* merupakan suatu filter yang memiliki fungsi untuk memotong semua harmonisasi yang tidak akan menguntungkan dari sebuah sinyal keluaran yang dihasilkan. Adanya filter ini dapat juga digunakan untuk memastikan tegangan keluaran dan arus keluaran harus berbentuk sinyal murni sinusoidal AC dengann frekuensi kerjanya.

E. Osilator

Osilator merupakan sebuah rangkaian elektronik yang dapat berfungsi untuk menghasilkan sinyal keluaran dengan tidak menggunakan sinyal masukan. Hasil yang dikeluarkan oleh osilator ini akan menghasilkan gelombang dengan bentuk periodik hanya dengan menggunakan tegangan masukan berupa tegangan DC (Panggabean, 2017). Hasil yang dikeluarkan oleh osilator dapat berupa gelombang gigi gergaji, gelombang sinusoidal, gelombang segitiga, dan gelombang kotak. Proses konstruksi dari sebuah osilator pada umumnya dengan menggunakan dengan rangkaian op-amp yang dikombinasikan dengan rangkaian RC.

Berdasarkan prinsip kerjanya, osilator dapat juga diimplementasikan pada sebuah IC function generator yang mempunyai beberapa sinyal keluaran berjenis bipolar yang berbeda-beda, diantaranya gelombang sinusoidal, gelombang kotak, dan gelombang segitiga. Hasil yang dikeluarkan oleh osilator akan menghasilkan gelombang dengan bentuk periodik. Salah satu tipe IC



Gambar 4. Konsep dasar osilator

TABEL I
 SPESIFIKASI INVERTER

Karakteristik	Unit	Variabel
Tegangan	VAC	220 V
Arus	Ampere	3 A
Supply Daya	Watt	600
Frekuensi	Hz	50 hz

yang nantinya dapat digunakan sebagai osilator ialah IC 8038. IC 8038 merupakan salah satu jenis IC function generator yang dapat bekerja dengan frekuensi antara 0 Hz sampai dengan lebih dari 300 kHz yang dapat menggunakan kombinasi nilai resistor dan kapasitor.

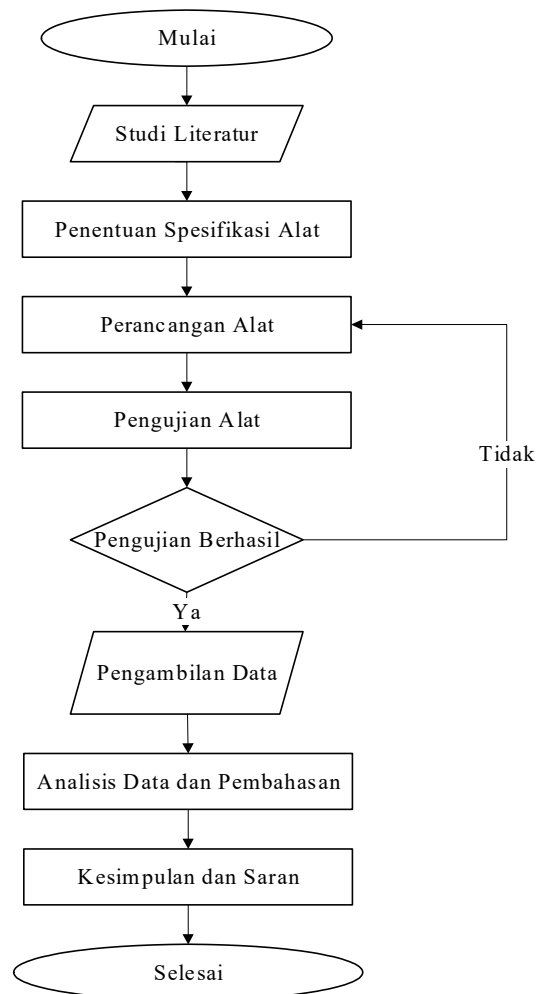
II. METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir Proses Penelitian

Tahapan pertama dalam melakukan sebuah penelitian adalah mencari dan pengumpulan sumber referensi berkaitan dengan tugas akhir yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya melalui buku, jurnal, artikel sebagai panduan atau penunjang dalam pelaksanaan penelitian. Tahapan kedua melakukan perancangan alat dilakukan dengan menentukan spesifikasi alat setiap komponen yang akan dipakai melalui software proteus untuk dilakukan simulasi, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan alat. Setelah perancangan pada aplikasi proteus telah selesai dilakukan, selanjutnya dilakukan pengujian alat bertujuan untuk mendapatkan hasil yang akan dicapai apakah sesuai dengan harapan. Setelah alat penunjang penelitian telah selesai dibangun, selanjutnya pengambilan data dengan data-data yang dibutuhkan untuk menemukan sebuah analisa penelitian yang akurat. Data-data yang dibutuhkan terdiri dari tegangan keluaran, arus keluaran, dan daya keluaran setelah alat diberi pembebanan. Jika semua data yang dibutuhkan telah didapatkan dan dihasilkan, dilanjutkan analisis dan pembahasan terhadap data-data yang telah didapatkan berdasarkan referensi pada literatur yang digunakan sebagai penunjang dalam penelitian inverter ini. Pada tahap terakhir, melakukan kesimpulan dari analisa dan pembahasan dari inverter yang telah dirancang dan dibangun secara singkat dari kinerja alat dan hasil yang diperoleh.

B. Perancangan Inverter

Perancangan dilakukan pada aplikasi proteus untuk membangun skema rangkaian inverter yang akan dibuat dan



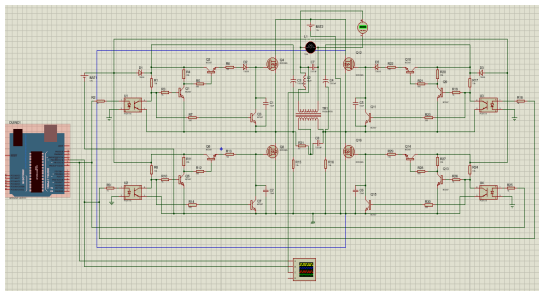
Gambar 5. Flowchart Penelitian

akan dibangun terdiri dari rangkaian *osilator*, rangkaian *gate driver*, rangkaian MOSFET *fullbridge*, dan *low pass filter*. Spesifikasi inverter yang akan dirancang dan dibangun pada penelitian ini sebagaimana gambar 1. Desain skematik rangkaian inverter yang dibuat dan dilakukan pada aplikasi proteus serta dilakukan simulasi seperti pada gambar 6.

Dimana, terdapat 2 buah tegangan input sebesar 12 Volt Dc digunakan sebagai pentriggeran MOSFET dan penyupply tegangan ke MOSFET agar dapat bekerja secara maksimal sehingga dapat menghantarkan arus secara penuh. setelah dari pentiggeran oleh *gate driver* sinyal akan diteruskan ke MOSFET untuk melakukan proses penskalaran *fullbridge* sehingga menghasilkan gelombang SPWM seperti yang dihatapkan. Untuk membangun sebuah inverter dengan komponen yang sesuai cara kerja inverter, maka dilakukan perhitungan bertujuan agar menghasilkan keluaran inverter yang sesuai dengan tabel 1 dengan rumus sebagaimana uraian berikut.

1. Perhitungan Kapabilitas Baterai

Dilihat dari perancangan inverter sebesar 600 watt,



Gambar 6. Skematik rangkaian

dalam penentuan spesifikasi *supply* baterai dengan rumus (1) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 12 \times 50 \\ &= 600 \text{ Watt} \end{aligned} \quad (1)$$

Berdasarkan perhitungan yang didapatkan, dikatakan bahwa *supply* baterai dengan spesifikasi 12 V / 50 Ah dapat mensuplai daya sebesar 600 watt. Hal ini sudah sesuai dengan kebutuhan maksimal daya yang diperlukan inverter sebesar 600 watt.

2. Perhitungan Kebutuhan MOSFET

Dilihat dari kebutuhan daya yang dibutuhkan sebesar 600 Watt dalam memenuhi kebutuhan tersebut MOSFET yang digunakan memerlukan arus sebesar 50 ampere dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ 600 &= 12 \times I \\ I &= 50 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Berdasarkan kebutuhan arus keluaran sebesar 50 ampere yang dibutuhkan dalam melakukan proses *switching* sesuai dengan kebutuhan daya maksimal sebesar 600 watt, maka dibutuhkan tegangan maksimal sebesar 55 volt sehingga dapat mengalirkan arus dari drain menuju source nilai arus sebesar 110 ampere dengan tipe IRF3205, MOSFET dengan tipe ini dapat menghantarkan daya dilihat dari perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 55 \times 110 \\ &= 6050 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, dapat dikatakan MOSFET dapat mensuplai daya sebesar 6050 W. Hal ini sesuai dengan kebutuhan maksimal daya pembebanan yang diperlukan.

3. Perhitungan Filter

Rangkaian inverter yang telah dirangkai dan dilakukan pengujian menghasilkan nilai frekuensi sebesar 5 kHz. Nilai frekuensi yang dihasilkan pada proses *switching* MOSFET cukup besar. Perencanaan frekuensi yang akan dilakukan pada penelitian inverter ini dengan frekuensi yang diharapkan yakni 50 Hz. Dengan frekuensi yang cukup besar, maka diperlukan

sebuah filter *low pass filter* yang memiliki fungsi melewatkan frekuensi rendah serta untuk mengurangi *ripple* gelombang dari hasil proses *switching* MOSFET.

Perancangan filter pada rangkaian inverter ini menggunakan rangkaian filter LC. Pemilihan komponen filter dilihat hasil perhitungan berdasarkan rumus (2) dan (3) sebagai berikut :

$$C = \frac{1}{(2\pi f)^2 \cdot L} \quad (2)$$

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2} \times \frac{1}{C} \quad (3)$$

$$L = \frac{1}{(2 \times 3,14 \times 5000)^2} \times \frac{1}{100 \times 10^{-6}}$$

$$L = 10 \mu\text{H}$$

4. Perhitungan Total Harmonic Distortion

Hasil gelombang yang didapatkan pada proses penskalaan inverter dengan pembebanan yang diujikan menghasilkan spektrum fundamental tegangan yang tertinggi dan juga menghasilkan gelombang harmonisa penyusunnya, maka didapatkan nilai *total harmonic distortion* dengan rumus (4) sebagai berikut.

Fundamental = 100 volt

Harmonisa 3 = 12

Harmonisa 5 = 4

Harmonisa 7 = 2

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{\infty} a_h^2}}{V_1} \times 100\% \quad (4)$$

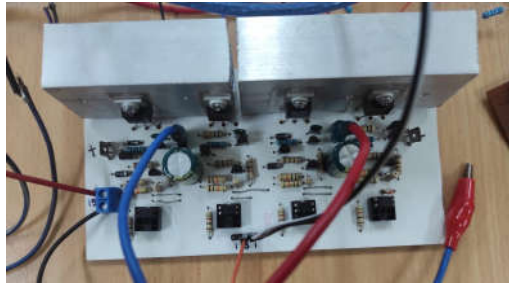
$$\text{THD} = \left[\frac{\sqrt{(12)^2 + (4)^2 + (2)^2}}{100} \right] \times 100\% = 12,8 \%$$

Berdasarkan gambar diatas didapatkan perhitungan nilai THD saat menggunakan beban daya lampu 500 Watt yakni sebesar 12,8%.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian inverter yang telah dirancang dan dibangun menggunakan konfigurasi *full bridge* terdiri dari 4 MOSFET dirangkai secara paralel, sehingga dapat menghasilkan proses pensaklaran dengan efisiensi nilai output tegangan AC yang baik. Konfigurasi rangkaian menggunakan Power MOSFET dengan tipe N-channel yaitu IRF3205. Pemilihan tipe MOSFET ini berdasarkan karakteristik yang mencukupi proses pensaklaran saat mengkonversi tegangan DC menjadi tegangan AC dengan tegangan pemacu 55 V dan arus 110 A dimana dapat bekerja dibawah daya maksimal sebesar 6050 W. Penggunaan MOSFET dalam penskalaan mendapat keandalan yang cukup pada perancangan inverter kali ini.

Perancangan inverter menggunakan arduino uno sebagai pembangkit sinyal PWM, setelah dari Arduino uno dilanjutkan pada rangkaian *gate driver* dengan pentriggeran MOSFET membutuhkan tegangan DC sebesar 12 volt. Pembangkitan



Gambar 7. Rangkaian Inverter

TABEL II
 PENGUJIAN EFISIENSI INVERTER

No	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	E (%)
1	0	0	0	0	0	0	0,00
2	1	0,01	0,01	1	0	0	0,00
3	2	0,03	0,06	1,7	0,02	0,034	56,67
4	3	0,05	0,15	2,7	0,03	0,081	54,00
5	4	0,07	0,28	3,7	0,05	0,185	66,07
6	5	0,07	0,35	4,6	0,06	0,276	78,86
7	6	0,1	0,6	5,5	0,09	0,495	82,50
8	7	0,12	0,84	6,8	0,11	0,748	89,05
9	8	0,14	1,12	7,6	0,13	0,988	88,21
10	9	0,16	1,44	8,7	0,14	1,218	84,58
11	10	0,17	1,7	9,6	0,16	1,536	90,35
12	11	0,19	2,09	10,8	0,16	1,728	82,68
13	12	0,21	2,52	12	0,2	2,4	95,24
14	13	0,22	2,86	12,6	0,21	2,646	92,52
15	14	0,24	3,36	13,2	0,23	3,036	90,36
16	15	0,26	3,9	12,6	0,25	3,4	87,18

sinyal dengan arduino sebagai trigger pada gate MOSFET dalam melakukan *switching* menggunakan gelombang SPWM. Dalam proses *switching* menggunakan arduino sebagai sinyal SPWM bipolar kemudian diterima oleh *gate* MOSFET sebagai trigger untuk mengalirkan arus dari *drain* menuju *source*, kemudian gelombang yang dihasilkan akan mendekati gelombang sinus atau bisa disebut Modified Sine Wave.

1. Pengujian Efisiensi Inverter

Pengujian ini dilakukan guna mengetahui keefisienan hasil keluaran inverter, dimana pengujian ini menggunakan sumber *power supply* bervariasi pada input inverter yang diterima oleh rangkaian, output keluaran inverter dihubungkan dengan beban resistif berupa resistor kapur dengan ukuran 47 ohm 20 watt. Tabel II merupakan tabel pengujian efisiensi inverter dengan data yang telah didapatkan selama proses pengujian disajikan pada Tabel II.

TABEL III
 PENGUJIAN PEMBEBANAN BERVARIATIF

Watt	Input			Output			Frekuensi (Hz)
	V (V)	I (A)	P in (W)	V (V)	I (A)	P out (W)	
0	12,5	0	0	240	0	0	49,70
5	10,5	4,8	50,4	205	0,22	45,1	49,70
15	11,4	4,5	51,3	219	0,21	45,99	49,70
20	10,9	5,26	57,334	213	0,22	46,86	49,70
25	11,2	5,28	59,136	219	0,2	43,8	49,70
30	11	5,5	60,5	216	0,23	49,68	49,70
35	11,3	5,7	64,41	217	0,19	41,23	49,70
40	11,3	5,6	63,28	213	0,19	40,47	49,70
45	10,8	5,9	63,72	209	0,25	52,25	49,70
50	10,7	6,1	65,27	213	0,28	59,64	49,70
100	10,5	6,21	65,205	213	0,3	63,9	49,70
200	10,5	6,3	66,15	210	0,38	79,8	49,70
300	10,3	6,22	64,066	208	0,52	108,16	49,70
400	10	6,34	63,4	208	0,65	135,2	49,70
500	9,8	6,4	62,72	206	0,7	144,2	49,70

Dari data pengujian efisiensi yang telah didapat dengan inputan tegangan bervariasi menghasilkan efisiensi tertinggi 95,24% pada tegangan input 12 volt, didapatkan pada perhitungan (5) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi} &= \left| \frac{P_{out}}{P_{in}} \right| \times 100 \% \quad (5) \\
 &= \left| \frac{2,4}{2,52} \right| \times 100 \% \\
 &= 95,24 \%
 \end{aligned}$$

Nilai efisiensi yang didapatkan berdasarkan kondisi rangkaian inverter, pembacaan hasil keluaran rangkaian inverter yakni tegangan serta arus yang dihasilkan rangkaian inverter. Berdasarkan hasil data pada proses pengujian, saat nilai tegangan input 1 volt nilai tegangan dan arus keluaran bernilai 0, dapat dikatakan efisiensi belum diperoleh. Saat nilai tegangan input 2 volt, didapatkan tegangan serta arus keluaran bernilai 1,7 dan 0,02 dengan efisiensi 56,67% sehingga dapat dikatakan terdapat proses *switching* oleh MOSFET tetapi belum bekerja secara maksimal. Kemudian, saat pengujian rangkaian memberikan sumber tegangan input 12 volt, terdapat *switching* MOSFET sehingga tingkat efisiensi sebesar 95,24%. Sehingga keseluruhan nilai rata-rata efisiensi yang didapatkan rangkaian inverter mencapai 71%.

2. Pengujian Beban Bervariatif

Pengujian pembebanan bervariasi ini dilakukan menggunakan variasi beban daya lampu pijar dengan range pembebanan 5 watt hingga 500 watt yang bertujuan untuk mendapatkan hasil pembebanan yang

dibutuhkan, dapat dilihat pada Tabel III.

Pengujian pembebanan bervariasi melihat dari hasil tegangan, arus serta daya keluaran yang dihasilkan pada keluaran inverter dan transformator. Berdasarkan data pembebanan bervariasi juga melihat dari bentuk gelombang yang dihasilkan serta melihat hasil frekuensi gelombang. Pada tabel data diatas dengan mengambil daya beban lampu terbesar 500 watt terukur pada *power analyzer* sebesar 64 watt, sedangkan perhitungan daya masukan sebagai berikut.

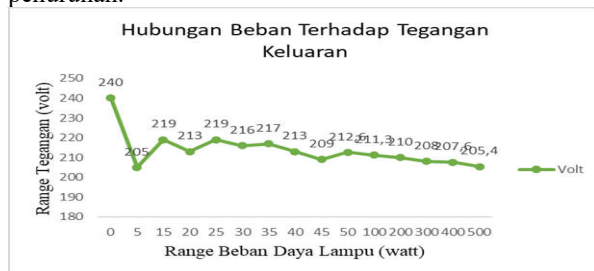
$$\begin{aligned}
 P &= V.I \\
 &= 9,8 \times 6,4 \\
 &= 62,72 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Pada perbandingan nilai yang dihasilkan pada *power analyzer* dengan perhitungan ditemukan nilai *error persen* pada inverter dilihat dengan rumus (6) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 EP\% &= \frac{f_{hitung} - f_{ukur}}{f_{hitung}} \times 100\% \quad (6) \\
 EP\% &= \frac{62,72 - 64}{62,72} \times 100\% \\
 EP\% &= 2\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data yang telah didapatkan pada tabel pengujian disajikan dalam bentuk grafik satuan data keluaran untuk mengerahui hubungan antara tegangan, arus dan daya keluaran terhadap pembebanan bervariasi.

Berdasarkan gambar 8, grafik ini saat melakukan pengujian menggunakan beban resistif lampu pijar 5 watt hingga 45 watt dimana beban ini mempengaruhi tegangan mengalami lonjakan tegangan dan juga mengalami penurunan tegangan. Pada beban lampu 5 watt tegangan mengalami penurunan tegangan yang sangat banyak dikarenakan lampu memiliki efisiensi yang sangat rendah. Pada grafik juga pada penambahan beban lampu hingga 500 watt menyebabkan nilai tegangan keluaran semakin turun, hal ini dipengaruhi juga penggunaan baterai maka mengalami *discharge* atau penurunan tegangan. Oleh karena itu, tegangan masuk yang diberikan ke rangkaian inverter juga mengalami penurunan.



Gambar 8. Grafik hubungan beban terhadap tegangan keluaran



Gambar 9. Grafik hubungan beban terhadap arus keluaran

Berdasarkan gambar 9 grafik penyajian data di atas memaparkan nilai arus yang mengalir atau yang dibutuhkan rangkaian inverter dalam menyuplai ke beban. Dilihat dari grafik semakin besar beban semakin besar pula nilai arus yang dibutuhkan sesuai dengan data yang telah disajikan pada saat diberikan beban lampu sebesar 500 watt menghasilkan arus sebesar 0,76 ampere.

Pengujian ini dilakukan menggunakan trainer kit dengan lampu pijar dengan daya beban hingga 500 watt. Daya terbesar yang dihasilkan sebesar 144,6 watt dengan beban lampu 500 watt, dimana tegangan yang terukur sebesar 206 volt dan arus sebesar 0,7 ampere. Tetapi saat diberi beban dengan daya 5 watt mengalami tegangan drop dimungkinkan efisiensi lampu yang sangat rendah. Kemudian semakin besar beban yang diujikan semakin rendah daya yang dihasilkan disebabkan tegangan yang ada menurun karena aki mengalami *discharge* sehingga tegangan masuk semakin kecil tetapi arus yang mengalir semakin besar. Daya keluaran yang dihasilkan berpacu pada tegangan dan arus yang mengalir pada rangkaian.

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian, dapat dianalisa bahwa saat pengujian sumber tegangan bervariasi dimana beban yang digunakan resistor kapur dengan kapasitas beban 47 ohm dengan daya beban 20 watt, rangkaian inverter mulai bekerja pada tegangan masukan sebesar 3 volt tetapi kinerja rangkaian inverter tidak secara maksimal. Inverter bekerja secara maksimal pada range tegangan sekitar 12 volt hingga 15 volt. Efisiensi tertinggi yang didapatkan dari pengujian sumber tegangan bervariasi ini pada tegangan kerja 12 volt. Kemudian, ketika sumber tegangan yang diberikan semakin besar maka semakin besar juga arus serta daya yang dihasilkan, hal itu juga sebanding dengan efisiensi yang dihasilkan semakin besar. Efisiensi yang diperoleh ini berpacu pada tegangan arus yang dihasilkan.

Pengujian sumber bervariasi berdasarkan data yang diperoleh dapat dianalisa bahwa tegangan keluaran semakin kecil dan arus serta daya keluaran yang dihasilkan semakin besar karena dipengaruhi oleh nilai beban yang semakin besar pula. Data yang diperoleh ini sesuai dengan teori yang mana nilai beban yang diberikan semakin besar maka semakin besar pula arus yang dihasilkan, tetapi berbeda dengan tegangan dimana semakin besar beban yang diberikan semakin kecil nilai tegangan yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa daya berbanding lurus dengan arus, namun berbanding terbalik dengan tegangan. Pada pengujian beban



Gambar 10. Grafik hubungan beban terhadap daya keluaran

bervariatif ini, perancangan inverter yang telah dilakukan sesuai dengan spesifikasi diharapkan. Dimana, dapat dilihat dari pengujian yang dilakukan yakni 600 watt dengan pembuktian pengujian beban dari 5 watt hingga 500 watt. Lama pengujian rangkaian inverter mempengaruhi kapasitas supply baterai, supply baterai mengalami penurunan disebabkan juga oleh beban yang diberikan. Penurunan kapasitas baterai ini disebut juga dengan *discharge* atau tidak dalam kondisi pengisian, sehingga nilai tegangan yang diberikan. Data yang diperoleh juga menghasilkan gelombang keluaran berbentuk *pure sine wave* yang diakibatkan hasil dari *switching* MOSFET dengan masukan sinyal SPWM mikrokontroler. Bentuk gelombang *sine pure wave* ini dihasilkan karena penambahan *low pass filter* memiliki tujuan untuk mengurangi *ripple* atau noise pada gelombang sehingga bentuk gelombang yang tertera pada osiloskop menyerupai gelombang sinus murni.

Nilai Frekuensi yang dihasilkan sebesar 49,7 Hz, sedangkan nilai frekuensi yang diharapkan sebesar 50 Hz. Maka terdapat *error* persen frekuensi yang dihasilkan, dapat dibuktikan melalui rumus sebagai berikut :

$$EP\% = \frac{f_{hitung} - f_{ukur}}{f_{hitung}} \times 100\%$$

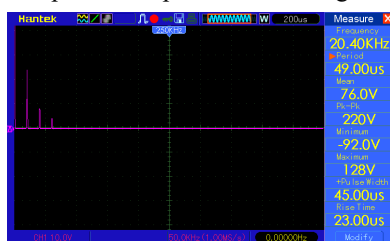
$$EP\% = \frac{50 - 49,7}{50} \times 100\%$$

$$EP\% = 0,6\%$$

Dari hasil perhitungan rumus diatas, maka dapat diketahui nilai error persen pada frekuensi terukur sebesar 0,6%.

3. Pengujian Total Harmonic Distortion Beban Terbesar

Pengujian dengan pembenan bervariatif terbesar yakni 500 watt melakukan pengujian mengenai *total harmonic distortion* yang dilihat pada perangkat osiloskop math menu maka akan muncul spektrum gelombang harmonisa. Nilai *total harmonic distortion* (THD) didapatkan dengan pembacaan spektrum FFT osiloskop. Kemudian dari spektrum dihitung nilai THD. Pengujian ini menghasilkan gelombang SPWM dan juga menghasilkan pembacaan nilai THD pada math menu FFT. Gelombang SPWM ini berupa gelombang kotak hasil dari proses pensaklaran MOSFET. Perhitungan nilai THD ini dapat dilihat pada rumus sebagai berikut.



Gambar 11. Spektrum Harmonisa

$$\text{Fundamental} = 100 \text{ volt}$$

$$\text{Harmonisa 3} = 12$$

$$\text{Harmonisa 5} = 4$$

$$\text{Harmonisa 7} = 2$$

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{100} a_h^2}}{V_1} \times 100\%$$

$$THD = \left[\frac{\sqrt{(12)^2 + (4)^2 + (2)^2}}{100} \right] \times 100\% = 12,8\%$$

Berdasarkan gambar diatas didapatkan perhitungan nilai THD saat menggunakan beban daya lampu 500 Watt yakni sebesar 12,8%.

IV. PENUTUP

Berdasarkan pengujian, analisa serta pembahasan yang dilakukan pada penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Inverter 600 Watt dengan Metode SPWM” disimpulkan

A. KESIMPULAN

Rancang bangun inverter yang dirancang dapat dikatakan berhasil dapat dibuktikan dengan kinerja inverter yang dapat bekerja dengan tegangan keluaran sebesar 220 Volt AC atau setara dengan tegangan PLN. Dibuktikan dengan pengujian rangkaian inverter dengan beban hingga 600 Watt.

Keadaan tingkat kestabilan output inverter yang didapatkan stabil. Dibuktikan pada pengujian dengan beban bervariatif menghasilkan nilai daya yang stabil dan juga nilai arus yang stabil serta nilai tegangan yang cenderung menurun diakibatkan proses *discharge* atau penggunaan secara terus menerus tanpa pengisian pada supply baterai.

Pengaruh pembebanan terhadap kinerja SPWM inverter dilihat dari hasil gelombang yang didapatkan pada proses pengujian pembeban 500 watt menghasilkan nilai THD yang tinggi sekitar 12,8%

B. SARAN

Pengunaan nilai sumber tegangan inverter diperbesar yang berfungsi untuk meningkat daya keluaran yang dihasilkan dan juga dapat memenuhi mensupply daya dengan beban yang besar.

Pemilihan komponen dan beban yang sesuai digunakan memliki efisiensi yang bagus agar kestabilan pada inverter berjalan dengan stabil, hal ini dapat dibuktikan saat menggunakan data beban yang memiliki efisiensi yang kurang bagus sehingga menghasilkan tegangan drop.

DAFTAR PUSTAKA

- Azmi, Khairul. Sara, I. D. S. (2017). *Desain dan Analisis Inverter Satu Fasa dengan Menggunakan Metode SPWM Berbasis Arduino*.
- Desi Wantiyani, N. (2018). *Rancang Bangun Inverter SPWM*.
- Djatmiko. W Istianto. (2010). *Elektronika Daya*.
- Epyk. (2020). *Desain SPWM Single Phase Full Bridge Inverter at Uninterruptible Power Supply System 500 W*.

- Hartono, Bambang. (2017). Analisis Hemat Energi Pada Inverter Sebagai Pengatur Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa.
- Iksan, A. M. (2020). *RANCANG BANGUN INVERTER DC KE AC SATU FASA MODE PUSH PULL BERBASIS ARDUINO*.
- Ismail, N. (2018). *The Effect of Amplitude Modulation Index and Frequency Modulation Index on Total Harmonic Distortion in 1-Phase Inverter*.
- Luqman, M. (2021). Pembangkit SPWM EGS – 002 Sebagai Pengendali Inverter 1000 Watt. Indonesia: Politeknik Negeri Malang.
- Mundus, R. (2019). Rancang Bangun Inverter dengan Menggunakan Sumber Baterai DC 12V. Universitas Tanjungpura.
- Panggabean, S. Y. (2017). Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Menggunakan Teknik High Voltage Pwm (Pulse Width Modulation). *Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Menggunakan Teknik High Voltage PWM (Pulse Width Modulation) Subastian*,
- Quaruzzaman, M. (2015), *Design and Implementation of Single Phase Inverter. Bangladesh: Chittagong University*.
- Rajeev, M. (2017). *Design and Simulation of Three Phase Inverter for grid connected Photovoltaic Sisytems. India: Fr.C.Rodrigues Institute of Technology, Vashi*.
- Rifa’I, Muhammad. (2020). RANCANG BANGUN SPWM INVERTER 3 FASA DAYA KECIL METODE SKALAR.
- Siaahan, Fernando. (2020). Pengukuran Total Harmonic Distortion (THD) Terhadap Lampu Hemat Energi (LHE) dan Light-Emitting Diode (LED).
- Sinaga, Yustinus, A. (2016). *Rancang Bangun Inverter 1 Fasa dengan Kontrol Pembangkit Pulse Width Modulation (PWM)*.



Mas Andar Syururi

Penulis lahir di Desa Kalirejo Kecamatan Dringu Kabupaten Probolinggo Jawa Timur pada tanggal 18 Juni 1999. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SDN Kedung Dalem 2 lulus pada tahun 2013, melanjutkan Pendidikan di SMP

Negeri 5 Probolinggo lulus pada tahun 2015, melanjutkan Pendidikan di SMA Negeri 2 Probolinggo lulus pada tahun 2018 dan akhirnya menempuh pendidikan bangku kuliah di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.

Penulis juga aktif pada organisasi semasa di bangku SMA dan bangku perkuliahan. Dalam dunia organisasi di masa SMA penulis bergadung dalam organisasi Kader Adiwiyata sebagai pelopor sekolah tanpa ada polusi udara saat hari tertentu untuk mengurangi emisi polusi di sekolah.

Sementara pengalaman organisasi penulis di bangku perkuliahan penulis bergabung pada organisasi Himpunan Mahasiswa Elektro sebagai anggota Kominfo dalam mendesain poster berisi informasi yang akan disebar luaskan melalui media sosial Himpunan Mahasiswa Elektro.

Dengan ketekunan, motivasi yang tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah menyelesaikan pengerjaan tugas akhir skripsi. Semoga dengan penulisan artikel skripsi ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia Pendidikan.