

DESAIN DAN OPTIMALISASI INVERTER SINUSOIDAL 1300 VA PADA SOLAR RENEWABLE SYSTEM

A. Sofijan^{1*}, H. Alwani¹, M. Suparlan¹

¹ Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: a_sofijan@ft.unsri.ac.id

ABSTRAK: Inverter merupakan salah satu peralatan listrik yang mampu mengubah energi arus searah menjadi arus bolak-balik. Saat ini, inverter telah banyak digunakan dalam pemenuhan kebutuhan listrik sehari-hari seperti penggunaan pada pengisian daya telepon genggam, panel surya dan masih banyak lagi. Namun, kebanyakan inverter yang ada dipasaran memiliki gelombang kotak modifikasi disebabkan biaya yang lebih murah dan mudah dalam proses pembuatannya. Inverter tersebut memiliki kekurangan dalam penggunaan listrik dengan beban induktif yang mengakibatkan munculnya gelombang *harmonic* yang dapat menyebabkan panas pada inverter dan dapat berujung kerusakan pada peralatan elektronik yang digunakan. Penelitian ini menghasilkan desain dan rancangan inverter 1300 VA dengan tegangan keluaran 220 V, arus mencapai 4.09 A, frekuensi 50 Hz dan penambahan kapasitor sebagai *Low Pass Filter* (LPF) 1.5 dan 3 $\mu\text{F} \pm 5\%$ untuk mendapatkan bentuk gelombang yang sinusoidal dengan menggunakan metode *Sinusoidal Pulse Width Modulation* (SPWM) dan konfigurasi *Push Pull*.

Kata Kunci: *Solar Renewable System*, PLTS, Inverter, Daya, Gelombang Sinusoidal

ABSTRACT: Inverter is one of the electrical equipment that is able to convert direct current energy into alternating current. Inverters are widely used in fulfilling daily electricity need now such as the use of mobile phone chargers, solar panels and much more. However, the main inverters on the market today have modified square wave that are supported by lower cost and are easier to make. This inverter has the disadvantage of using electricity with an inductive load that consumes harmonic waves which can cause heat to the inverter and can lead to damage to the electronic equipment used. The result of this research is the design of a 1300 VA inverter with an output voltage of 220 V, current reaching 4.09 A, a frequency of 50 Hz and the addition of capacitors as *Low Pass Filter* (LPF) 1.5 and 3 $\mu\text{F} \pm 5\%$ to obtain sinusoidal waveforms using the *Sinusoidal Pulse Width Modulation* (SPWM) method and *Push Pull* configuration.

Keywords: *Solar Renewable System*, PLTS, Inverter, Power, Sinusoidal Wave

PENDAHULUAN

Semakin menipisnya sumber energi fosil yang digunakan sebagai sumber energi pembangkit listrik, memungkinkan untuk memikirkan potensi sumber energi alternatif yang ada untuk dapat digunakan sebagai sumber energi listrik. Dalam hal ini, sebagai contohnya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang memanfaatkan energi sinar matahari menjadi energi listrik (Arota et al. 2013).

Berdasarkan peta energi matahari di Indonesia, Indonesia memiliki potensi energi matahari yang baik untuk dikembangkan dalam pembangkit listrik (Unggul

dan Andy 2008). Energi matahari tersedia hampir merata sepanjang tahun di Indonesia dengan intensitas radiasi rata-rata 4.8 kWh/m per hari (Maharmi 2017). Energi matahari adalah sumber energi yang paling banyak tersedia dan yang paling penting energi matahari adalah sumber energi non-konvensional dan tidak menimbulkan polusi, bersih dan lain – lain (Aggarwal et al. 2014). Namun, energi yang dihasilkan oleh PLTS ini masih berupa energi listrik searah dan belum bisa dimanfaatkan secara maksimal untuk keperluan maka diperlukan alat yang dapat mengubah energi listrik searah menjadi energi listrik bolak - balik yang dinamakan inverter. Namun, kebanyakan inverter yang ada dipasaran saat ini

memiliki gelombang kotak modifikasi karena biaya yang lebih murah dan mudah dalam proses pembuatannya. Inverter tersebut memiliki kekurangan yaitu dapat mengakibatkan munculnya gelombang *harmonic* dalam penggunaan beban induktif yang dapat menyebabkan panas pada inverter dan dapat berujung kerusakan pada peralatan elektronik yang digunakan (Ghalib dan Abdalla 2013). Pada penelitian ini akan dirancang inverter yang memiliki gelombang keluaran sinusoidal murni dengan menggunakan metode *Single Pulse Width Modulation* (SPWM) dan konfigurasi *Push Pull*. Penggunaan PWM ini akan membangkitkan sinyal yang kemudian akan menjadi pemicu pada penguat akhir yang menggunakan konfigurasi *Push Pull* sehingga arus yang dihasilkan memungkinkan peningkatan efisiensi (Maharmi 2017).

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik seperti pada gambar 1. PLTS pada dasarnya adalah pencatu daya yang sering disebut *solar cell*, *solar energy* atau *photovoltaic* (Jarnawi 2018).



Gambar 1 Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

Pada umumnya, panel surya terbagi menjadi tiga yaitu *monocrystalline*, *polycrystalline*, dan *amorphous* (Bagher 2016). Panel surya merupakan alat yang mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik dan kemudian daya yang dihasilkan akan disimpan pada baterai. Dalam hal ini keluaran dari panel surya dan juga baterai masih bersifat DC sehingga tidak dapat digunakan maksimal untuk peralatan elektronik rumah tangga. Oleh karena itu dibutuhkan alat yang dapat mengubah energi listrik DC menjadi energi listrik AC yang biasa disebut inverter.

INVERTER

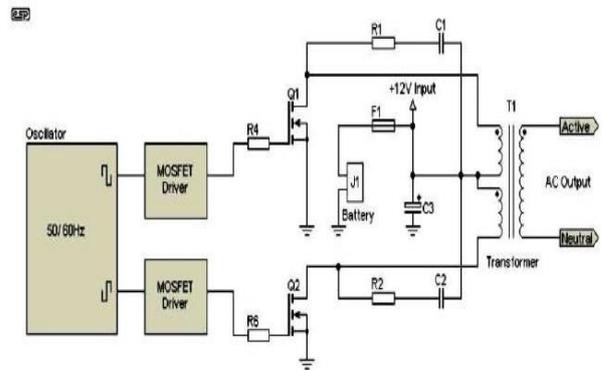
Inverter merupakan suatu alat yang terdiri dari komponen-komponen elektronika yang berfungsi mengubah daya DC menjadi daya AC frekuensi tinggi (Darmawan 2012). Inverter dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuk gelombang yaitu :

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

Inverter juga dapat diklasifikasikan berdasarkan konfigurasi rangkaiannya yaitu:

1. *Push pull inverter*
2. *Full bridge converter*

Push-pull Inverter

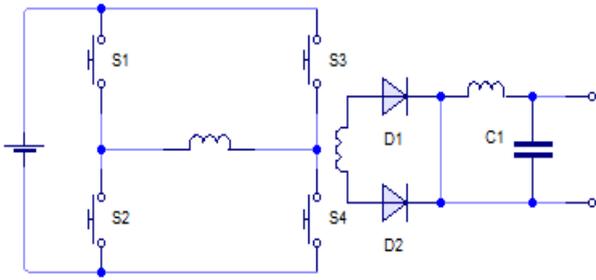


Gambar 2 Konfigurasi rangkaian *push-pull inverter*.

Rangkaian *push-pull inverter* pada gambar 2 bekerja dengan prinsip penyaklaran secara bergantian. Rangkaian *push-pull inverter* dapat diaplikasikan sebagai inverter DC-AC gelombang keluaran kotak dengan frekuensi 50 Hz dan juga sebagai *booster* DC-DC.

Full-bridge Converter

Full-bridge converter merupakan konfigurasi rangkaian *full-bridge* terdiri dari dua pasang saklar yang bekerja secara bergantian seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Tegangan DC diubah menjadi AC dengan cara pembukaan saklar yang ditentukan secara berurutan sehingga membalik polaritas pada beban dengan cepat. Akibatnya, rugi-rugi daya penyaklaran bisa ditekan menjadi sangat rendah. Untuk memahami cara kerja *full bridge converter* maka dapat dianggap sebagai dua buah *half bridge converter* yang menghasilkan gelombang persegi yang berbeda fasa.



Gambar 3 Rangkaian *full bridge converter*.

Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM)

Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM) merupakan rekayasa sinyal sinus hasil dari komparasi sinyal PWM yang dibangkitkan oleh IC Mikrokontroler (Vidyanagar 2017). Mikrokontroler sebagai pemacu pada MOSFET agar MOSFET bisa bekerja secara *switching* sebagai *trigger* transformator *step up*. Teknik modulasi SPWM adalah teknik modulasi dengan membandingkan antara gelombang sinusoidal sebagai sinyal referensi dan gelombang segitiga sebagai sinyal pembawa (*carrier*). Dalam penelitian yang telah banyak dilakukan, metode SPWM *multicarrier switching* dapat menurunkan frekuensi *switching* sehingga dapat menurunkan rugi-rugi dalam proses *switching* (Panggabean et al. 2017).

Osilator

Osilator merupakan rangkaian elektronik yang dapat menghasilkan sinyal walaupun tanpa sinyal masukan. Osilator menghasilkan gelombang yang periodik hanya dengan masukan tegangan searah (DC). Keluaran osilator dapat berupa sinusoidal dan non-sinusoidal tergantung pada tipe dari osilator. Beberapa tipe keluaran osilator yaitu gelombang sinus, gelombang kotak, gelombang segitiga, dan gelombang gigi gergaji (Asad 2012).

IC ICL 8038 merupakan salah satu jenis IC *function generator* tersebut. IC ini memiliki gelombang keluaran sinus, kotak, dan segitiga dengan komponen luar yang minimum (Intersil 2001).

Pulse Width Modulation (PWM)

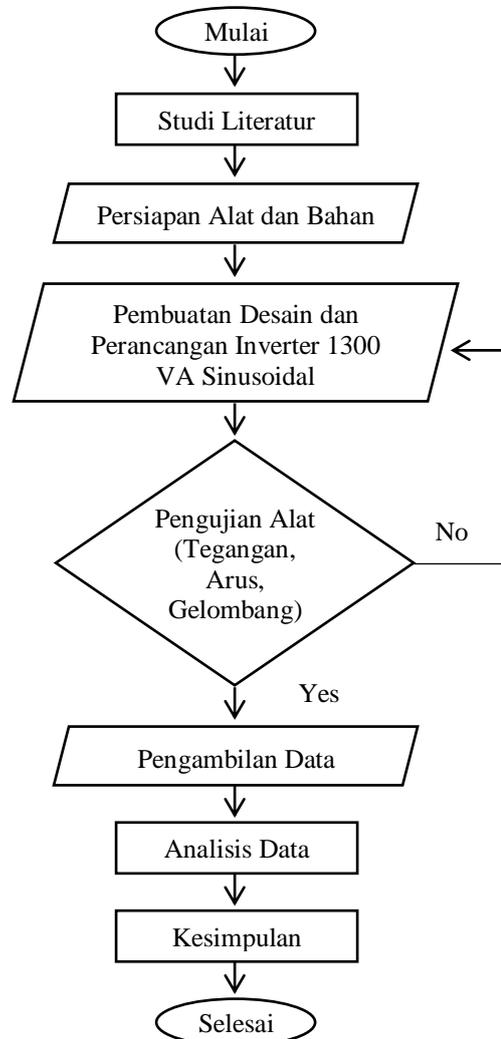
Sinyal PWM dihasilkan dengan cara membandingkan gelombang sinusoidal (gelombang referensi) dengan sinyal segitiga (sinyal *carrier*). Keluaran sinyal membawa nilai frekuensi sinus dan disisi lain frekuensi sinyal segitiga yang juga menjadi frekuensi *switching*. Inverter yang mempunyai keluaran PWM mempunyai rugi-rugi *switching* dan rumit.

Low Pass Filter (LPF)

LPF digunakan untuk mengeliminasi harmonisa yang tidak menguntungkan dari sinyal keluaran. Keluaran dari inverter sebelum diberikan filter tidak sinusoidal, setelah diberikan LPF keluaran menjadi sinusoidal. LPF digunakan untuk menyeleksi frekuensi tinggi yang lebih tinggi dari *cut-off* (Panggabean et al. 2017).

METODE PENELITIAN

Metode riset yang digunakan dalam desain dan perancangan Inverter Sinusoidal 1300 VA adalah metode eksperimen. Gambar 4 merupakan diagram alir penelitian

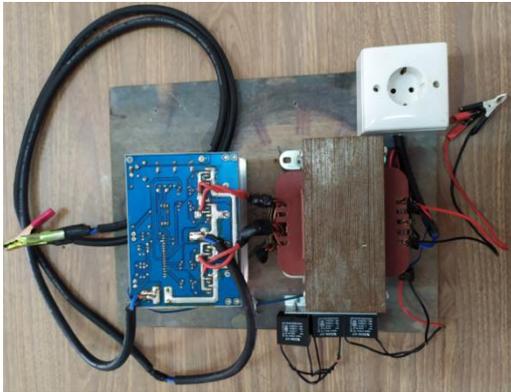


Gambar 4 Diagram alir penelitian inverter sinusoidal 1300 VA pada *solar renewable system*.

Langkah - langkah proses penelitian yang akan dilakukan yaitu :

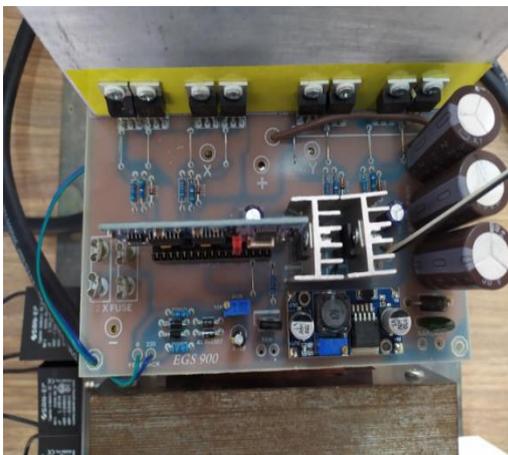
1. Mempersiapkan desain dan rancangan rangkaian yang akan dipakai pada inverter sinusoidal 1300 VA.
2. Mempersiapkan komponen-komponen yang akan digunakan dalam perancangan inverter sinusoidal 1300 VA.
3. Merancang dan membuat inverter sinusoidal 1300 VA yang memiliki gelombang keluaran sinusoidal.
4. Melakukan pengujian pada inverter 1300 VA yang telah dibuat untuk melihat kesesuaian hasil yang dikeluarkan.
5. Melakukan pengambilan data tegangan, arus dan juga gelombang keluaran inverter 1300 VA yang telah dibuat.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 5 Desain inverter sinusoidal 1300 VA.

Desain inverter sinusoidal menggunakan transformator konvensional dengan metode SPWM dengan penambahan kapasitor sebagai *low pass filter* untuk menimbulkan bentuk gelombang keluaran sinusoidal.



Gambar 6 Rangkaian inverter sinusoidal 1300 VA menggunakan modul SPWM EGS002.

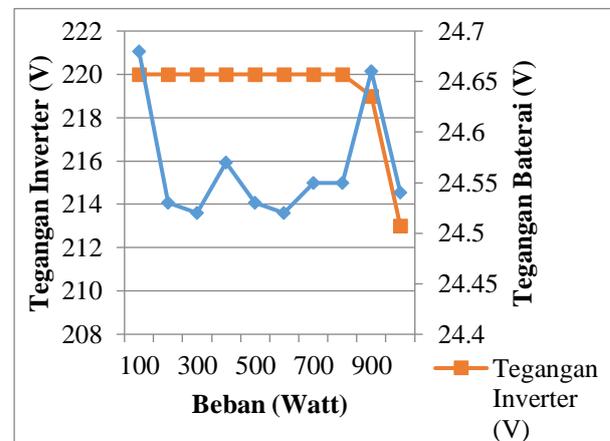
Penggunaan modul SPWM EGS002 merupakan modul yang telah *support* dalam gelombang keluaran yang sinusoidal. Sehingga gelombang keluaran dari inverter ini yaitu sinusoidal yang aman digunakan pada perangkat elektronik.

Pengujian Inverter

Pada pengujian yang dilakukan yaitu menguji tegangan, arus dan gelombang keluaran dari inverter terhadap beban yang diberikan dengan penambahan kapasitor. Daya masukan yang diberikan oleh baterai sebesar 24 V 100 Ah. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban 100 sampai dengan 1000 watt menggunakan lampu pijar PS55 100 watt.

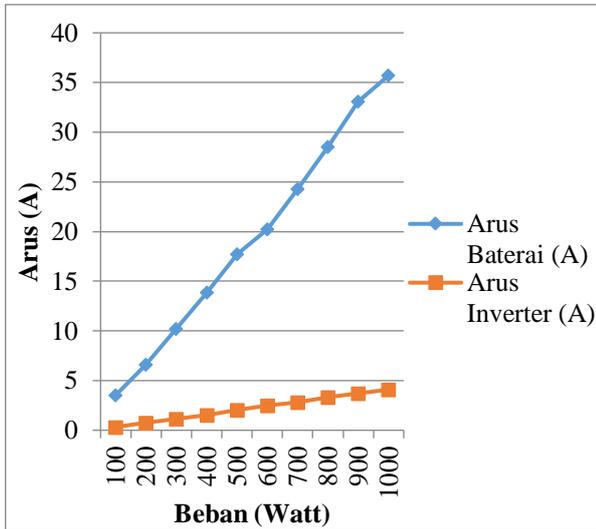
Tabel 1 Pengujian inverter sinusoidal 1300 VA dengan penambahan kapasitor 1,5 uF ± 5 %.

Beban (Watt)	Baterai		Inverter	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
100	24,68	3,53	220	0,332
200	24,53	6,62	220	0,739
300	24,52	10,18	220	1,154
400	24,57	13,84	220	1,555
500	24,53	17,72	220	2,03
600	24,52	20,2	220	2,47
700	24,55	24,3	220	2,8
800	24,55	28,5	220	3,30
900	24,66	33,1	219	3,73
1000	24,54	35,7	213	4,09



Gambar 7 Grafik tegangan keluaran baterai dan tegangan keluaran inverter terhadap beban dengan penambahan kapasitor 1,5 uF ± 5 %.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan seperti pada tabel 1 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran inverter rata-rata 220 V pada beban 100 sampai dengan 800 watt. Pada beban puncak 900 sampai dengan 1000 watt seperti yang terlihat pada gambar 7 tegangan keluaran inverter mengalami penurunan disebabkan penambahan beban yang dilakukan seperti yang terukur pada voltmeter.

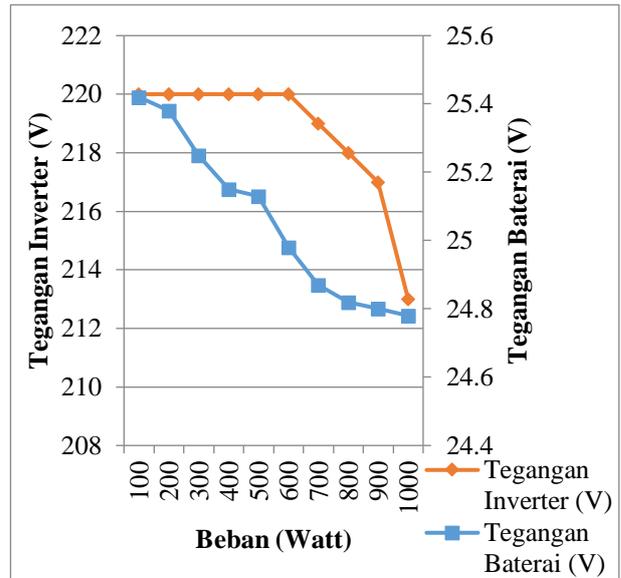


Gambar 8 Grafik arus keluaran baterai dan arus keluaran inverter terhadap beban dengan penambahan kapasitor 1,5 uF ± 5 %.

Dapat dilihat pada gambar 8 bahwa arus keluaran baterai dan arus keluaran inverter mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya beban seperti yang terukur pada tang *ampere*.

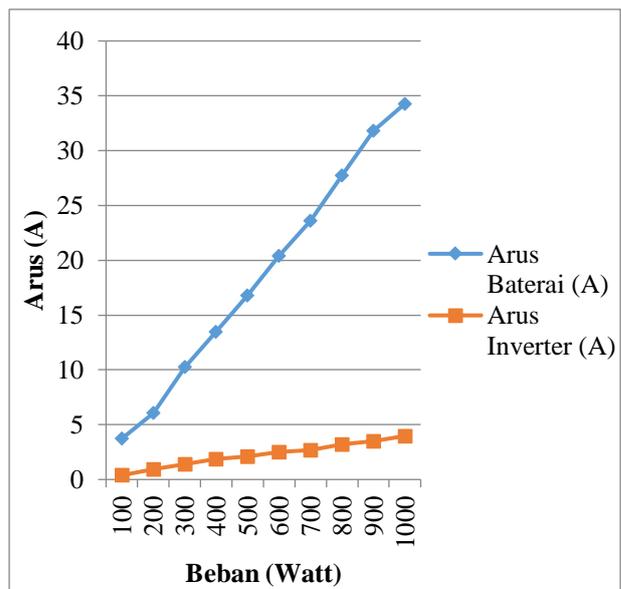
Tabel 2 Pengujian inverter sinusoidal 1300 VA dengan penambahan kapasitor 3 uF ± 5 %.

Beban (Watt)	Baterai		Inverter	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
100	25,42	3,72	220	0,385
200	25,38	6,09	220	0,940
300	25,25	10,25	220	1,375
400	25,15	13,45	220	1,854
500	25,13	16,80	220	2,08
600	24,98	20,38	220	2,52
700	24,87	23,58	219	2,70
800	24,82	27,70	218	3,21
900	24,80	31,83	217	3,52
1000	24,78	34,28	213	3,97



Gambar 9 Grafik tegangan keluaran baterai dan tegangan keluaran inverter terhadap beban dengan penambahan kapasitor 3 uF ± 5 %.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan seperti pada tabel 2 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran inverter stabil 220 V pada beban 100 sampai dengan 600 watt dan mulai mengalami penurunan ada beban 700 sampai dengan 1000 watt seperti pada gambar 9 yang terukur pada voltmeter. Banyak faktor yang mempengaruhi penurunan tegangan inverter salah satu nya penambahan beban dan juga pengkondisian baterai sumber.



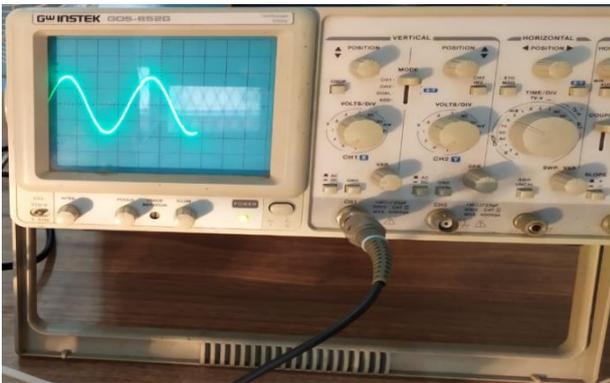
Gambar 10 Grafik arus keluaran baterai dan arus keluaran inverter terhadap beban dengan penambahan kapasitor 3 uF ± 5 %.

Dapat dilihat pada gambar 10 penambahan beban yang dilakukan membuat arus keluaran pada inverter semakin naik seiring dengan meningkatnya pula arus pada baterai sumber. Hal demikian karena besar daya yang digunakan bertambah.

Gambar 11 dan gambar 12 menunjukkan bentuk gelombang keluaran inverter sinusoidal 1300 VA sebelum dipasang LPF dan setelah dipasang LPF.



Gambar 11 Bentuk gelombang inverter sinusoidal 1300 VA tanpa menggunakan kapasitor.



Gambar 12 Bentuk gelombang inverter sinusoidal 1300 VA dengan penambahan kapasitor.

Dapat dilihat seperti pada gambar 11 dan gambar 12 bahwa gelombang keluaran pada inverter 1300 VA sebelum dan setelah pemasangan kapasitor. Sebelum dipasang kapasitor bentuk gelombang sudah mendapatkan bentuk sinus namun diikuti pula dengan gelombang harmonisa. Setelah dipasang kapasitor yang berperan sebagai LPF maka diperoleh bentuk gelombang sinusoidal murni Dengan demikian, inverter ini akan aman digunakan untuk peralatan elektronik karena memiliki keluaran gelombang sinus murni.

KESIMPULAN

Inverter sinusoidal 1300 VA pada *solar renewable system* yang telah dibuat memiliki tegangan rata-rata 220 V AC, frekuensi rata-rata 50 Hz dan bentuk gelombang sinusoidal murni dengan penambahan kapasitor sebagai *Low Pass Filter* (LPF). Kapasitor yang sebagai LPF berperan sangat penting dalam membuat gelombang menjadi sinusoidal. Pada proses pengujian diperoleh tegangan keluaran inverter stabil dengan rata-rata 220 V pada beban 100 sampai dengan 800 watt dan mengalami sedikit penurunan tegangan pada saat diberi beban ≥ 800 watt hingga mencapai tegangan 213 V. Arus yang dihasilkan oleh inverter semakin naik seiring bertambahnya beban yang diberikan dengan arus tertinggi pada beban puncak 1000 watt yaitu mencapai 4,09 A.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, J. and Aggarwal, M. L. (2014). "Harnessing Solar Energy for Every Home: Energy Saving Applications," Conf. Pap. Sci., vol. 2014, pp. 1-3.
- Arota, A. S., Kolibu, H. S., and Lumi, B. M. (2013). Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida (Energi Angin Dan Matahari) Menggunakan Hybrid Optimization Model For Electric Renewables (HOMER). *Jurnal MIPA*, 2(2), 145. <https://doi.org/10.35799/jm.2.2.2013.3193>.
- Asad S, Muhammad. (2012). *Oscillators*. Ferris State University. Michigan. EEET 201-Chapter 16.
- Bagher, M. A. (2016). Types of Solar Cell and Application. *American Journal of Optics and Photonics*, 3(5).94. <https://doi.org/10.11648/j.ajop.20150305.17>.
- Darmawan, I. S, (2012). "Pengembangan Inverter 12 V DC ke 220V AC Dengan Penguat Akhir H-Bridge Mosfet,".
- Ghalib, M. A. and Abdalla, Y. S. (2013). "Design and Implementation of a Pure Sine Wave Single Phase Inverter for Photovoltaic Applications", *Int. Conf. Informatic, Electron.Vis.*, pp. 1-8.
- Intersil. (2001). *Data Sheet CA3240A BiMOS Operation; Amplifier With MOSFET Input/ Bipolar Output*. Intersil Americans Inc, America.
- Jarnawi, A. (2018). "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Desa Lebung Laut Kecamatan Rantau Bayur Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan", pp 1-26.
- Maharmi, B. (2017). "Perancangan Inverter Satu Fasa Lima Level Modifikasi *Pulse Width Modulation*", vol.11, No.1.

- Panggabean, S. Y., Setyawan, F. X. A and Alam, S. (2017) “Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Menggunakan Teknik High Voltage PWM (Pulse Width Modulation)”, vol. 11, No. 2.
- Unggul, W. and Andy, D. (2008). Penerapan Sistem Photovoltaik sebagai Suplai Daya Listrik Beban Pertamanan, EECCIS vol. 11, No.1.
- Vidyanagar, G. (2017). “Electrical Engineering Development and Implementation of Spwm Logic Using Dspic33Fj16Gs404 for Three”, JIKREE, pp 317-322.