

DESAIN INVERTER PADA SUMBER LISTRIK PIKOHIDRO

Nizam Mawadzatul F¹, M Jasa' Afroni², Bambang Dwi Sulo³

Universitas Islam Malang

Nizamsadam2@gmail.com, jasaafro@unisma.ac.id, dwisb58@gmail.com

Abstract

Utilization of electrical energy sources, which so far is still dominated by conventional energy sources (fuel oil) creates a difficult dependence on this type of energy whose availability is very limited. In accordance with the National energy policy and to reduce dependence on users of fuel oil, it is necessary to look for other energy sources or alternative energy sources. Some natural resources that are an alternative are using PLTPH which utilizes river water to drive a generator as a source of electricity stored in batteries (*accu*). However, there is a shortage, namely the voltage at the PLTPH still uses a DC voltage. From these problems, this study proposes an inverter design with the type of SPWM (Sinusoidal Pulse-Width Modulation) a switching technique that produces an inverter output waveform with characteristics close to sinusoid. In this study, it begins with a design using Matlab Simulink to be able to design an inverter whose performance can be simulated properly so that it can be realized into an inverter that can work as expected.

Abstraksi

Pemanfaatan sumber energi listrik yang selama ini masih didominasi dari sumber energi konvensional (bahan bakar minyak) membuat ketergantungan yang sulit dihilangkan terhadap jenis energi tersebut yang ketersediaannya sudah sangat terbatas. Sesuai dengan kebijakan energi Nasional dan untuk mengurangi ketergantungan terhadap pengguna bahan bakar minyak, maka harus dicari sumber energi lain atau sumber energi alternatif. Beberapa sumber daya alam yang menjadi alternatif yaitu menggunakan PLTPH yang memanfaatkan air sungai untuk menggerakkan generator sebagai sumber listrik yang disimpan pada baterai (*accu*). Namun terdapat kekurangan yaitu tegangan pada PLTPH masih menggunakan tegangan DC. Dari permasalahan tersebut penelitian ini mengusulkan desain Inverter dengan jenis SPWM (Sinusoidal Pulse-Width modulation) salah satu teknik pensaklaran yang menghasilkan bentuk gelombang keluaran inverter dengan karakteristik mendekati sinusoidal. Pada penelitian ini diawali dengan perancangan menggunakan Matlab Simulink untuk dapat mendesain inverter yang kinerjanya dapat disimulasikan dengan baik untuk dapat direalisasikan menjadi inverter yang dapat bekerja seperti yang diharap.

Kata Kunci—*Energi alternatif, PLTPH, Inverter SPWM.*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang semakin banyak seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk menjadikan konsumsi listrik bertambah. Energi listrik dengan kapasitas penduduk yang semakin banyak menjadikan ketersediaan listrik semakin berkurang. Sesuai dengan kebijakan energi Nasional dan untuk mengurangi ketergantungan terhadap pengguna bahan bakar minyak, maka harus dicari sumber energi lain atau sumber energi alternatif.

PLTPH adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai, atau air terjun alam dengan memanfaatkan tinggi terjunan (Head) dan

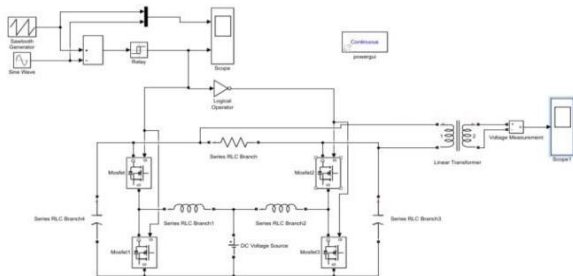
jumlah debit air [1]. PLTPH ini sudah dirancang pada penelitian sebelumnya. Kekurangan pada PLTPH tersebut adalah keluarannya masih berupa arus searah DC (Direct Current). Karena itu listrik yang ada pada PLTPH tidak bisa dikonsumsi langsung karena rata-rata alat elektronik sekarang menggunakan arus AC (Alternating Current).

Desain inverter pada penelitian ini menggunakan jenis SPWM. Sinusoidal pulse width modulation (SPWM) adalah metode control yang digunakan dalam rangkaian inverter elektronika daya. Keunggulan menggunakan jenis inverter SPWM yaitu kerugian switching yang rendah, output memiliki harmonic yang lebih sedikit dan metodenya mudah diimplementasikan [2]. Desain diawali dengan simulasi menggunakan

matlab simulink dengan tujuan memperoleh hasil maksimal serta perbandingan kinerja pada alat khususnya pada keluaran inverter. Dan dilanjutkan dengan implementasi pada rangkaian.

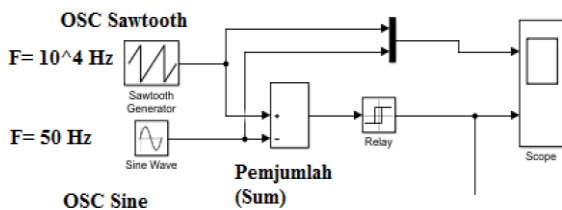
II. METODE PENELITIAN

2.1 Analisis Simulink

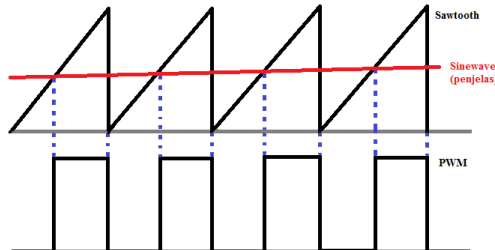


Gambar 2.1 Rangkaian Simulink Matlab

Pada gambar 2.1 ditunjukkan rangkaian untuk simulasi inverter menggunakan simulink matlab. Sawtooth generator dan sine wave generator mengeluarkan gigi gergaji dan sinusoida seperti pada gambar 2.3. Sawtooth generator berfungsi sebagai tegangan carrier, sine wave berfungsi sebagai pembanding terhadap sawtooth, dimana hasil perbandingan tersebut digunakan untuk mengatur lebar sinyal pwm yang berfungsi sebagai trigger mosfet.



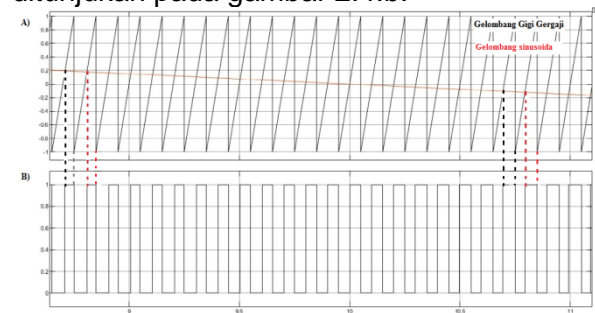
Gambar 2.2 rangkaian osilator



Gambar 2.3 Gelombang Gigi Gergaji, Sinusoida, dan PWM.

Pada gambar 2.2 sinyal sawtooth berfrekuensi tinggi yaitu 10 kHz dikurangi sinyal sinusoida berfrekuensi rendah yaitu 50 Hz pada block sum (penjumlahan). Hasil

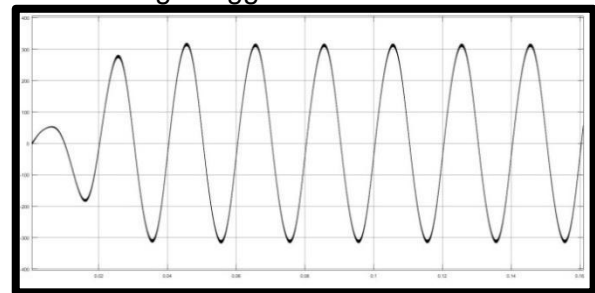
penjumlahan tersebut di diskritisasi menggunakan block relay, sehingga output berlogika 1 apabila nilai sinyal gigi gergaji lebih dari nilai sinyal sinusoida dan 0 apabila nilai sinyal gigi gergaji kurang dari nilai sinyal sinusoida. Dari proses tersebut diperoleh sinyal pwm seperti pada gambar 2.3 dikarenakan nilai yang berubah terhadap waktu, maka lebar pulsa sinyal PWM juga berubah terhadap waktu seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4.b.



Gambar 2.4 a) Gelombang Sawtooth dan Sine wave, b) sinyal PWM.

Pada gambar 2.4 diatas ditunjukkan 2 gelombang, pada gambar a) terdapat gelombang gigi gergaji sebagai tegangan carrier atau pembawa tegangan yang dibandingkan dengan sinusoida. Pada gambar b) terdapat gelombang PWM yang diperoleh dari hasil perbandingan sinyal sawtooth dengan sinyal sinusoida.

Kemudian dari rangkaian osilator diatas, gelombang masuk pada gerbang logika operator NOT (Pembalik). Gerbang logika NOT (Pembalik) digunakan untuk mentrigger 4 MOSFET secara bergantian (2 On dan 2 Off) sehingga membentuk sinyal PWM sebagai trigger MOSFET.



Gambar 2.5 Output Gelombang Inverter pada Simulasi Matlab.

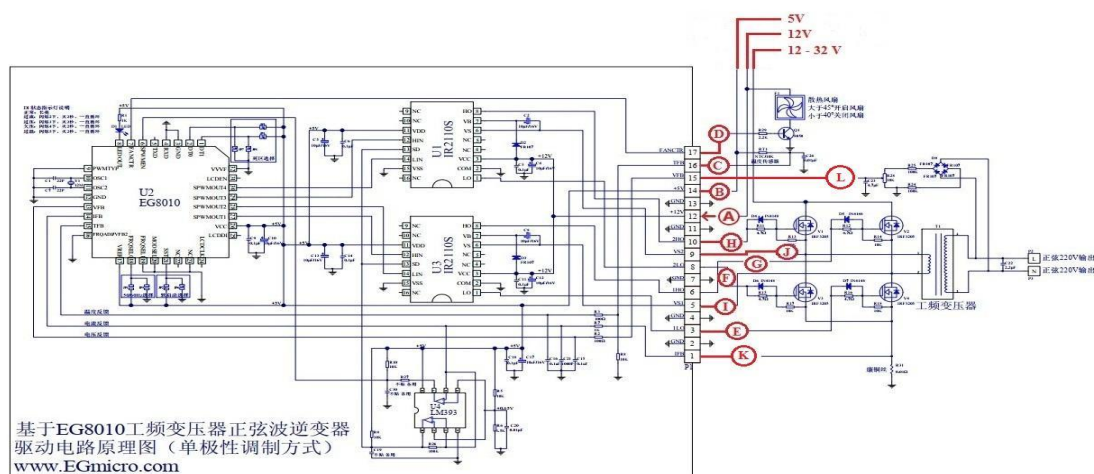
Pada gambar 2.5 ditunjukkan output pada gelombang simulasi inverter yaitu Gelombang sinusoida yang tidak murni dan terjadi tegangan ripple di dalam gelombang sinusoidal yang berbentuk gigi gergaji. Tegangan ripple terjadi akibat adanya induksi

pada lilitan konduktor, ketika tegangan On maka pada konduktor terisi (charge) dan ketika Off maka melepaskan (discharge). Tegangan V_{rms} pada gelombang bernilai 221 VAC dan V_{pp} bernilai 648VAC dengan frekuensi 50 Hz. Gelombang juga mengalami soft start guna untuk membatasi arus ketika start (menyala).

2.2 Implementasi Pada Hardware

EGS002 adalah pembangkit pulsa switching yang merupakan bagian utama pada rangkaian ini, EGS002 dikonfigurasi sebagai astable multivibrator untuk memberikan pulsa

switching berkelanjutan, dua transistor mosfet switching MOSFET IRF150N untuk mengubah arus DC ke AC lalu dimasukkan pada transformator. Transformator memiliki rentang tegangan 220 V primer dan 12 V sekunder tetapi terhubung terbalik, sehingga dapat bekerja sebagai transformator step up. Menerapkan bias dari input 12 V DC ke sirkuit ini dan mendapatkan output 110V – 220V AC dengan frekuensi 50Hz hingga 60Hz output SPWM inverter, dalam hal ini akan memberikan sinyal tegangan AC bolak-balik.

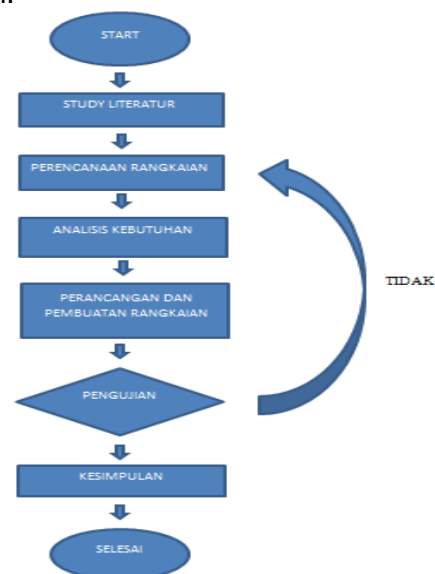


Gambar 2.6 Rangkaian Inverter

Pada gambar 2.6 ditunjukkan inputan 5V dari IC 7805 (tidak ditunjukkan pada gambar) masuk pin B yang tersambung dengan VCC pada komponen EG8010 sebagai tegangan supply. EG8010 adalah pusat kontrol pembangkit SPWM berfrekuensi tinggi. Pin OSC terhubung dengan osilator external yang membangkitkan frekuensi tinggi (gelombang carrier). Sinyal dari osilator tersebut dikombinasi dengan sinyal dari blok state machine akan diproses oleh SPWM generator untuk membangkitkan sinyal SPWM. Ada 4 pin output SPWM yang mengeluarkan sinyal SPWM. Sinyal tersebut diteruskan ke IC IR2110S untuk mendriver MOSFET sedemikian rupa sehingga akan mengeluarkan sinyal sinusoida tegangan rendah. Sinyal sinusoida ini diperbesar oleh transformator step up sehingga menjadi 220 V.

Tahap-tahap pengerjaan penelitian ini meliputi mendesain simulasi menggunakan simulink matlab, perancangan alat prototype setelah itu pengujian pada inverter guna melihat kinerja prototype dan ketika sudah

sesuai masuk kesimpulan atau ketika hasil tidak sesuai maka kembali pada perencanaan rangkaian.



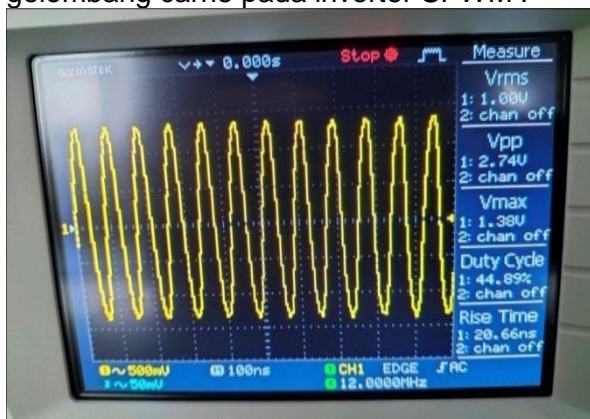
Gambar 2.2 blok diagram penyelesaian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah awal pada penelitian ini adalah simulasi menggunakan simulink matlab untuk mengetahui keluaran berupa bentuk gelombang tegangan yang dihasilkan pada inverter dengan tegangan input 12 VDC. Pada rangkaian inverter terdapat 3 bagian komponen penting yaitu : pusat kontrol, pensaklaran (switching), dan transformator.

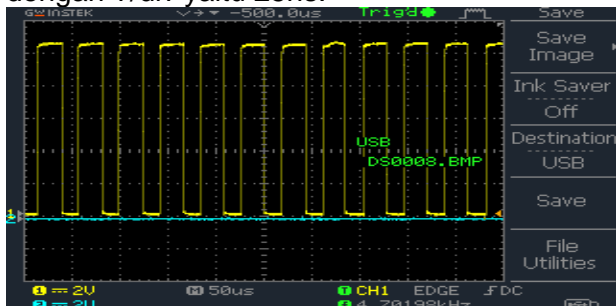
3.1 Pengujian Gelombang

Pengujian gelombang dari rangkaian inverter dilakukan dengan menggunakan osiloskop: pada langkah awal pengujian pada sisi osilator pada modul EGS002, setelah itu pengukuran pada sisi output modul, setelah itu pengukuran keluaran switching, dan yang terakhir output gelombang trafo. Berikut gelombang carrie pada inverter SPWM :



Gambar 3.6 gelombang osilator pada modul

Dari gambar 3.6 merupakan hasil pengujian gelombang inverter pada keluaran osilator dari EGS002. Pengujian gelombang menggunakan osiloskop dengan tipe Gwinstek GDS-110-U menghasilkan gelombang sinus dengan tegangan peak to peak sebesar 1.74 V. Frekuensi yang dihasilkan yaitu 12 MHz dengan T/div yaitu 25ns.



Gambar 3.7 gelombang pin 1FB dan 1LO

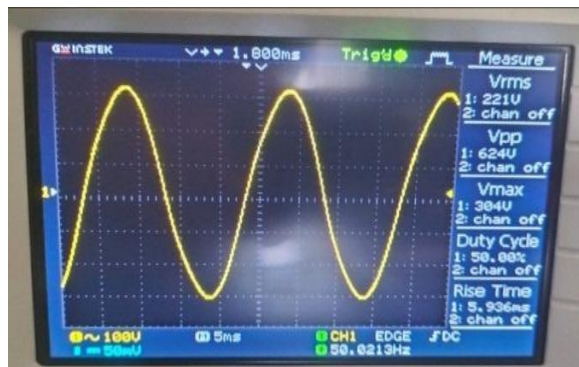
Gambar 3.7 menunjukkan hasil pengujian gelombang inverter pada keluaran

SPWM pin IFP dan pin 1ILO dari EGS002. menghasilkan gelombang PWM dengan tegangan peak to peak sebesar 12,4 V dan nilai Vrms 7,2 V. Frekuensi yang dihasilkan yaitu 50 Hz dan t/div dengan nilai 16 ns.



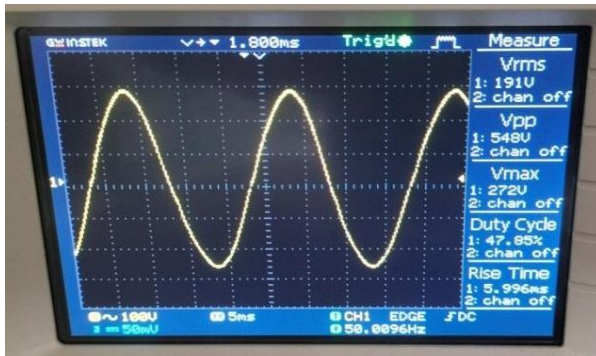
Gambar 3.8 gelombang switching

Gambar 3.8 merupakan hasil pengukuran gelombang inverter pada keluaran dari switching mosfet. Menghasilkan gelombang sinus dengan tegangan peak to peak sebesar 25,78 V dan nilai Vrms 12 V. Frekuensi yang dihasilkan yaitu 50 Hz dan nilai t/div yaitu 5ms. Tegangan yang dihasilkan driver sudah berupa tegangan AC.



Gambar 3.9 gelombang output inverter

Pengujian hasil gelombang yang dihasilkan dari keluaran inverter dapat dilihat pada gambar 3.9 bahwa bentuk gelombang berupa sinusoida dan mengalami perubahan gelombang peak to peak setelah melewati trafo yaitu 628V dengan nilai Vrms 221 V. Tegangan mengalami kenaikan dari tegangan peak to peak rangkaian switching dan frekuensi 50Hz.



Gambar 3.10 pengujian dengan beban 500 Ω pada gambar 3.10 ditunjukkan gelombang keluaran dengan menggunakan resistor kapur 500 Ω pada keluaran inverter menghasilkan gelombang sinusoida. Gelombang masih sama seperti sebelum ada beban, namun tegangan peak to peak mengalami penurunan dari 632 V menjadi 528 V dan frekuensi yang dihasilkan 50Hz. penurunan tegangan puncak disebabkan aki dengan beban tidak sama dan aki mengalami drop tegangan.

Tabel 3.1 pengujian gelombang output

N	Pengujian	Vpp (V)	Frekuensi (Hz)
1.	Osilator EGS002 pin OSC1 dan pin OSC2	1,7 V	12 MHz
2.	Output SPWM pin IFP dan pin 1ILO	12 V	50 Hz
3.	Output switching mosfet	25 V	50 Hz
4.	Output inverter trafo	624 V	50 Hz
5.	Output diberi beban resistif 500 Ω	548 V	50

3.2 Pengujian Beban Menggunakan Resistor Kapur

Pengujian inverter dengan beban adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah inverter dapat bekerja secara maksimal atau tidak. Untuk pembebanan dilakukan dengan beban yang berbeda-beda. Tabel daya input beban inverter . ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 tabel beban resistif sumber DC.

No	Beban Resistif (Ω)	Daya (P)	Tegangan (V_{DC})	Arus (I)
1.	5000	12,18	12,18	1
2.	4000	14,53	12,11	1,2
3.	3000	20,4	12	1,7
4.	2000	32,4	12	2,7
5.	1000	70,32	11,88	5,92
6.	900	72,87	11,85	6,15
7.	800	78,32	11,81	6,61
8.	700	86,89	11,79	7,37
9.	600	87,91	11,88	7,4
10.	500	92,43	11,7	7,9

Pada tabel 3.2 diperoleh dari pengukuran tegangan dan arus menggunakan alat ukur pada bagian input. Pada pembebanan menggunakan resistor kapur dengan nilai 5000 Ω sampai 500 Ω . Ketika kapasitas resistor berkurang maka arus akan naik dan tegangan akan turun. Daya maksimal adalah 92,43 W, lebih dari itu maka sistem akan off.

Dari pengukuran daya input kemudian dilakukan pengukuran daya output inverter. Berikut tabel pembeban pada daya output.

Tabel 3.3 Rangkaian Daya Output

N	Beban resistif (Ω)	Daya (P)	Tegangan (V_{AC})	Arus (I)	faktor Daya (ϕ)
1.	5000	8,7	221	0,04	0,99
2.	4000	11	223	0,05	0,99
3.	3000	15,52	224	0,07	0,99
4.	2000	24,5	225	0,11	0,99
5.	1000	51,29	223	0,23	0,99
6.	900	52,27	220	0,24	0,99
7.	800	57,73	216	0,27	0,99
8.	700	63,55	214	0,3	0,99
9.	600	65,34	200	0,33	0,99
10.	500	73,74	191	0,39	0,99

Pada tabel 3.3 menunjukkan nilai pembebanan resistif dengan nilai yaitu 5000 Ω sampai 500 Ω . Ketika kapasitas resistor berkurang maka arus akan naik dan tegangan akan turun. Daya

maksimal sebesar 73,74 dicapai pada saat resistor berkapasitas 500Ω.

Dari tabel 3.2 dan 3.3 yang ditunjukkan dapat melakukan perbandingan untuk mengetahui efisiensi pada inverter. Setelah

3.3 Efisiensi Daya

Setelah mendapatkan data pengukuran input dan output inverter maka dilakukan perhitungan efisiensi inverter. Berikut tabel efisiensi inverter:

Tabel 3.4 efisiensi inveter

No	Beban Resistansif (Ω)	Daya Output (P _{out})	Daya Input (P _{in})	Efisiensi (100%)
1.	5000	8,7	12,18	71 %
2.	4000	11	14,53	75 %
3.	3000	15,52	20,4	76 %
4.	2000	24,5	32,4	76 %
5.	1000	51,29	70,32	72 %
6.	900	52,73	72,87	72 %
7.	800	57,73	78,32	73 %
8.	700	63,55	86,89	73 %
9.	600	65,34	87,91	74 %
10.	500	73,74	92,43	80 %

Pada perhitungan efisiensi inverter saat pembebanan menggunakan beban resistif dapat diketahui efisiensi tertinggi dicapai saat pembebanan sebesar 500 Ω dengan nilai efisiensi 80%. Dan efisiensi terendah terjadi saat inverter dibebani sebesar 5000 Ω dengan nilai 71%. Dapat disimpulkan bahwa efisiensi rata-rata saat inverter berbeban adalah 74,2%.

$$\eta_{rata-rata} = \frac{\eta_{total}}{\text{jumlah pembebanan}}$$

$$\eta_{rata-rata} = \frac{742\%}{10}$$

$$\eta_{rata-rata} = 74,2\%$$

Setelah melihat dari hasil tabel 3.4 perbedaan efisiensi pada inverter mendapatkan rata-rata 74,2%. Perbedaan tersebut dipengaruhi dari kapasitas-kapasitas komponen yang tidak sesuai atau belum sesuai yang mengakibatkan selisih terlalu besar serta toleransi alat ukur juga dapat mempengaruhi nilai efisiensi. Kemudian perbedaan daya pada inverter juga terjadi drop tegangan pada sumber (aki) sehingga akan mempengaruhi daya beban yang bekerja pada inverter. Dimana Daya (P) akan berbanding lurus dengan tegangan (V) dan arus (I) beban. Sehingga semakin tinggi daya beban maka

tegangan akan turun dan arus akan bertambah tinggi, karena pada inverter masih mengalami drop meski tidak begitu besar. Daya maksimal pada pengujian menggunakan beban-beban yang masih rendah dibawah 100 watt dikarenakan sumber baterai yang tidak memadai untuk beban yang lebih besar.

IV. KESIMPULAN

1. Desain inverter dilakukan dengan menggunakan simulink matlab berjenis SPWM. Gelombang osilator yang digunakan adalah gelombang gigi gergaji dan gelombang sinusoida. Rangkaian switching menggunakan sistem H-Bridge dengan menggunakan 4 mosfet. Komponen StepUp menggunakan jenis non CT untuk menaikkan tegangan 12 V menjadi 220 V.

2. Gelombang sawtooth digunakan sebagai tegangan carrier dan sine wave sebagai pembanding terhadap sawtooth, hasil pembanding tersebut digunakan untuk mengatur lebar pulsa sinyal PWM yang berfungsi sebagai trigger. osilator sawtooth berfrekuensi tinggi dikurangi sinusoida berfrekuensi rendah pada block sum. Penjumlahan tersebut didiskritisasi sehingga nilainya hanya berlogika 1 dan 0. Kemudian dari rangkaian switching masuk komponen StepUp yaitu trafo untuk menaikkan nilai tegangan dari 12 V menjadi 220 V.

3. Desain rangkaian prototype inverter berjenis SPWM dengan menggunakan modul EGS002, switching mosfet IRFP150n, dan trafo StepUp bekas UPS dengan kapasitas 600 VA. Input dan output terdapat fuse untuk proteksi bila terjadi short sistem. Input ditambah rangkaian penstabil tegangan di nilai 12 VDC dan 5 VDC. Filtrasi menggunakan kapasitor milar dengan nilai 220Ω untuk mengurangi harmonisa pada gelombang output. Kemudian penambahan rangkaian Full-Bridge untuk mengatur tegangan serta pengecasan baterai.

4. gelombang output terdapat harmonisa sedikit tapi gelombang masih berbentuk sinusoida. Gelombang osilator terdapat gelombang sinusoida dengan frekuensi 12 MHz dan pada sisi output modul terdapat gelombang PWM dengan frekuensi 50 Hz dan tegangan 7,2 Vrms. pada sisi switching bertegangan 12 V dan berfrekuensi 50 Hz. Pada output trafo bertegangan 221 Vrms dan frekuensi 50 Hz. Beban resistif bernilai 500Ω gelombang mengalami drop pada nilai 191 Vrms. efisiensi terendah yaitu 5000Ω dengan nilai efisiensi 71 % dan tertinggi 500Ω dengan

efisiensi 80%. Rata-rata efisiensi rata-rata pada inverter yaitu 74,4%.

[10] Egmicrocorp.,(2014). *ASIC for single-phase SPWM control* "EG8010 Datasheets". <https://www.egmicro.com>

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kasmin, L. A. J., Sulo, B. D., & Jasa'Afroni, M. PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO (PLTPH) MENGGUNAKAN TURBIN REAKSI UNTUK DAYA 100 WATT.

[2] Ferdiansyah, I., Sudiharto, I., Sunarno, E., & Muhammad, M. G. (2021). Desain SPWM Single Phase Full Bridge Inverter pada Sistem Uninterruptible Power Supply 500W. *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, 7(1), 10-16.

[3] Iskandar, M., Afroni, M. Y., & Basuki, B. M. (2021). RANCANG BANGUN INVERTER PURE SINE WAVE SATU FASA BERBASIS ARDUINO UNO. *SCIENCE ELECTRO*, 13(3).

[4] Viminawati, S., Basuki, B. M., & Sulo, B. D. (2020). RANCANG BANGUN INVERTER SATU FASA BERKAPASITAS 100 WATT. *SCIENCE ELECTRO*, 12(2).

[5] Hannan, S., Aslam, S., & Ghayur, M. (2018, February). Design and real-time implementation of SPWM based inverter. In *2018 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET)* (pp. 1-6). IEEE.

[6] Yang, Y. R. (2015, November). Design of current-fed push-pull resonant inverters for cold cathode fluorescent lamps. In *IECON 2015-41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society* (pp. 002042-002046). IEEE.

[7] Przystupa, K., & Koziel, J. (2018, September). Analysis of the quality of uninterruptible power supply using a UPS. In *2018 Applications of Electromagnetics in Modern Techniques and Medicine (PTZE)* (pp. 191-194). IEEE.1,.

[8] Hidayat, I., Mahdali, A., & Afandy, M. (2022). Analisis Perbandingan Inverter Satu Phasa PWM dan SPWM dengan Trafo. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(1), 27-32.

[9] Nasukha, T., Hermawan, H., & Afrisal, H. (2022). PERANCANGAN INVERTER SATU FASA JEMBATAN PENUH DENGAN TRANSFORMATOR FREKUENSI TINGGI MENGGUNAKAN IC EGS002. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 10(4), 578-584.