

Kinerja Inverter 500 W untuk PLTS Skala Kecil

Slamet Nurhadi^{a)}, Muhammad Fahmi Hakim^{*a)}, Ferdian Ronilaya^{a)}, Rahmania Putri Yulissa^{a)}, Sukamdi^{a)}

(Received 30 desember 2023 || Revised 29 Januari 2024 || Accepted 21 Februari 2024)

Abstract: At Electrical Engineering Department of Politeknik Negeri Malang, there is an EBT learning module in the form of solar panel with small capacity, namely 80 Watts. The only load that can be supplied is DC load because there isn't installed inverter. Therefore, it is necessary to determine the inverter specifications to be installed in small-scale solar system. This research aims to determine the specifications and test the performance of a 500 W inverter integrated with a 50 Wp solar system. Also analyze power quality parameters and efficiency when connected to various load. The test method is no-load and load testing with the parameters measured including current, voltage, power, frequency and THD. Analysis was also carried out on the correlation between efficiency and loading and inverter pins with THD_V and THD_I . In the no-load test, the inverter output voltage waveform was obtained as a pure sine wave with a frequency of 50.10 Hz. In testing the LED and LHE loads, it was found that the inverter was good for use when the load was 50-80% of its capacity. The lowest THD_V value is at a P_{in} value of 26 W, namely a THD_V value of 0.009%. The highest THD_V on the P_{in} is 130 W with THD_V value of 1.9%. The lowest THD_I value is at P_{in} 9.75 W, namely 27.6%. The highest THD_I value on the 130 W P_{in} is 80.9%. The THD limit is still within the IEEE standard limit, namely 5% - 10%.

Keywords: Inverter, performance test, solar system

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi beberapa tahun terakhir semakin bertambah di semua sektor termasuk sektor pendidikan dikarenakan pertambahan jumlah murid/mahasiswa dan sebagai akibat pertambahan jumlah penduduk [1, 2, 3, 4]. Peningkatan kebutuhan energi listrik itu berdampak pada bahan baku energi listrik seperti air, batubara, dan gas bumi tidak mampu lagi mencukupi kebutuhan energi untuk manusia. Oleh karena itu, dalam rangka memenuhi kebutuhan tersebut manusia mulai berupaya mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbarui [5, 6].

Salah satu usaha pemanfaatan energi terbarukan yaitu penggunaan sel surya untuk menghasilkan listrik. Sumber pembangkitan semacam ini dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Prinsip operasi PLTS adalah ketika sinar matahari mengenai panel surya, elektron-elektron di dalam sel surya akan berpindah dari N ke P, menghasilkan energi listrik di terminal keluaran. Jumlah energi yang dihasilkan bervariasi tergantung pada kombinasi sel surya dalam panel surya. Keluaran panel surya ini berupa arus searah (DC) dengan tegangan keluaran yang bergantung pada jumlah sel surya dan intensitas sinar matahari [7, 8]. Untuk mendapatkan keluaran listrik berupa arus bolak-balik (AC), PLTS perlu terhubung ke inverter yang dapat mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) [9, 10].

Pada Politeknik Negeri Malang Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik terdapat sebuah modul pembelajaran praktikum EBT berupa panel surya. Modul pembelajaran panel surya itu dimanfaatkan sebagai PLTS skala kecil karena kapasitas panel surya yaitu 80 Wp. Beban yang disuplai oleh PLTS ini adalah beban AC dan beban DC. Supaya dapat mensuplai beban DC dengan baik maka pada modul pembelajaran ini sudah dilengkapi dengan MPPT dan baterai sebagai penyimpan energi listrik. Namun, modul ini belum mampu mensuplai beban AC karena belum terpasang inverter.

Beberapa penelitian terdahulu pernah merancang inverter untuk PLTS. Arnando et al [11] memanfaatkan inverter 1,5 kW di sistem PLTS kapasitas 250 Wp digunakan untuk menyuplai beban listrik di sebuah *barbershop*. Liestyowati et al [12] mengaplikasikan inverter 1000 Watt untuk PLTS berkapasitas 100 Wp dengan hasil PLTS ini mampu dibebani 3 unit lampu pijar total daya 45 Watt dan

1 unit kipas angin 35 Watt. Yasin et al mensimulasikan dan menganalisis inverter tiga-fasa yang akan digunakan pada sistem PLTS. Disimulasikan sebuah mekanisme yang dapat mendeteksi perbedaan fasa dan mengatur delay pwm sehingga output inverter dan sefasa dengan PLN karena output inverter dan PLN memiliki perbedaan fasa [13]. Mulyadi et al [14] menggunakan inverter 500 W untuk sistem PLTS kapasitas 100 Wp dengan hasil pengujian terhadap inverter mampu menghasilkan daya keluaran sebesar 37,6 watt. Widiarto et al [15] memanfaatkan inverter 20 kW bagi sistem PLTS 40 x 450 Wp untuk menyuplai Gedung Power House Bandara Banyuwangi.

Berdasarkan penelitian tersebut memang sudah banyak penelitian yang memanfaatkan inverter untuk sistem PLTS. Akan tetapi belum ada penelitian yang membahas secara spesifik kinerja dari inverter 500 W terutama untuk PLTS skala kecil. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan melakukan pengujian kinerja inverter 500 W yang diintegrasikan dengan sistem PLTS 50 Wp dan melakukan analisis parameter kualitas daya dan efisiensi jika dihubungkan dengan berbagai variasi beban.

2. Metode

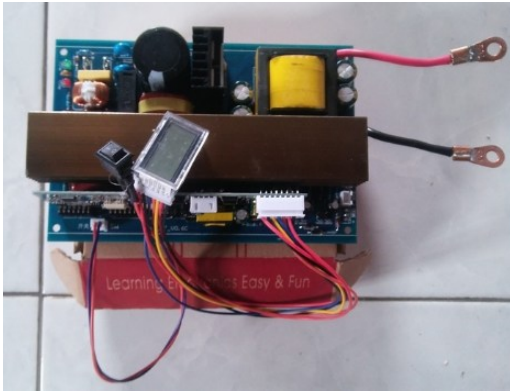
Penelitian ini melibatkan beberapa instrument penelitian utama antara lain sebagai berikut.

2.1 Inverter

Inverter merupakan konverter daya listrik yang mengubah arus searah (DC) menjadi alternating current (AC) [16, 17]. Konversi dapat dilakukan pada setiap tegangan yang diperlukan dan frekuensi dengan penggunaan transformator, *switching*, dan kontrol sirkuit yang tepat. Gambar 2.1 menunjukkan inverter yang digunakan di penelitian ini.

*Korespondensi: m.fahmihakim@polinema.ac.id

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Kota Malang, Indonesia



GAMBAR 2.1 INVERTER PADA PENELITIAN

2.2 Power Quality Analyzer

Power Quality Analyzer adalah alat ukur utama dalam percobaan ini. Alat ini dapat mengukur besarnya tegangan, arus, $\cos \phi$, power faktor, THD arus, THD tegangan, bentuk gelombang listrik, dan sebagainya. *Power Quality Analyzer* yang digunakan pada percobaan ini adalah merek Fluke. Gambar 2.2 merupakan gambar *power quality analyzer* yang digunakan di penelitian ini.



GAMBAR 2.2 POWER QUALITY ANALYZER

2.3 Multimeter

Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan AC maupun DC pada titik-titik pengukuran yang sudah direncanakan.

2.4 Amperemeter

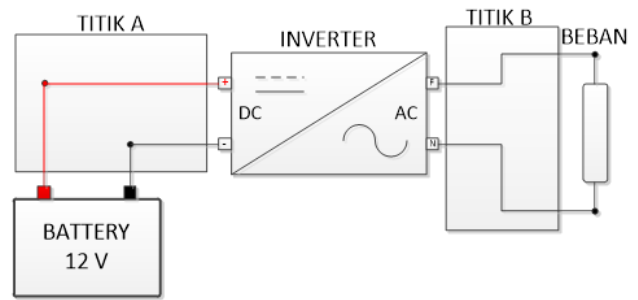
Digunakannya alat ini adalah untuk mengukur arus yang mengalir pada penghantar. Pengukuran arus ini harus dilakukan pada tiga titik dalam satu waktu, sehingga menggunakan amperemeter komersial yang pada tempat penelitian jumlahnya lebih memadai daripada *Power Quality Analyzer*.

2.5 Power Supply Unit

Alat ini digunakan sebagai penyokong daya suplai listrik DC selain dari baterai guna menghindari baterai yang bekerja ekstra keras ketika inverter dibebani secara maksimal hingga batas akhir. Suplai daya dihubungkan secara parallel langsung dengan baterai.

2.6 Rangkaian Percobaan

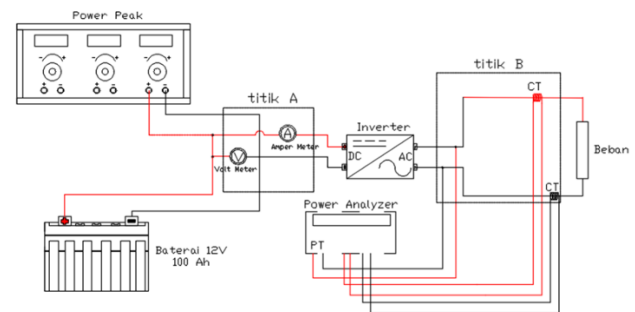
Rangkaian pengujian inverter pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.3.



GAMBAR 2.3 RANGKAIAN PENGUJIAN INVERTER

Pada Gambar 2.3 dapat dilihat terdapat Titik A dan Titik B yang merupakan titik pengukuran. Titik A berada di keluaran sumber DC menuju inverter. Titik ini digunakan untuk mengukur besaran listrik DC dari baterai/accu. Sedangkan Titik B berada di keluaran inverter. Penggunaan titik ini bertujuan untuk mengukur besaran listrik dari inverter.

Posisi alat ukur pada Titik A dan Titik B dapat dilihat di Gambar 2.4.



GAMBAR 2.4 PENEMPATAN ALAT UKUR DI RANGKAIAN PERCOBAAN

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Penentuan Inverter

Inverter berfungsi untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC yang digunakan untuk mensuplai beban tegangan AC. Total daya beban adalah 50 W sehingga dipilih inverter 500 W. Spesifikasi inverter yang digunakan antara lain:

V Input	: 12 V
Output AC Voltage	: 220 V
Peak Power	: 500 Watt
Frekuensi	: 50 Hz

3.2 Penentuan Pengaman

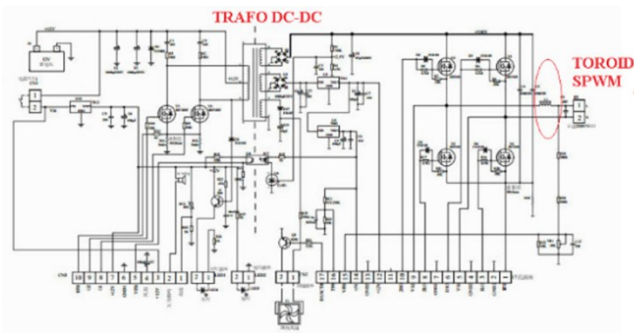
Pengaman sangatlah penting di suatu instalasi atau alat. Pengaman untuk inverter ini disesuaikan dengan kapasitas pembebanan maksimal dari inverter. Hal ini dikarenakan ketika terjadi beban berlebih atau arus hubung singkat, maka inverter tidak mengalami kejadian *self-protection* sehingga pengaman internal dari inverter tidak terputus. Kapasitas pengaman dihitung dengan:

$$= \frac{\text{Kapasitasmaksimal inverter}}{\text{tegangan output inverter}} = \frac{500 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 2,3 \text{ A}$$

Menyesuaikan kapasitas pengaman yang ada di pasaran maka dipilih pengaman sebesar 2 A.

3.3 Prinsip Kerja Inverter

Dalam menganalisis prinsip kerja inverter maka dapat diamati terlebih dahulu Gambar 3.1.



GAMBAR 3.1 RANGKAIAN DRIVER INVERTER

Sumber tegangan inverter berasal dari accu 12V DC kemudian digunakan untuk mencatu modul driver EGS002 yang terdiri dari IC utama EG8010 & 2 buah IC driver IR2110. IC EG8010 merupakan otak dari inverter yang berfungsi untuk menghasilkan Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM). Keluaran SPWM dari IC EG8010 dihubungkan ke 2 buah IC IR2110. IC IR2110 merupakan IC *driver* yang berfungsi sebagai penggerak mosfet yang menghasilkan gelombang sinus murni pada inverter. Pada IC IR2110 terdapat dua output yaitu *High Output* & *Low Output*. *High Output* dari dua buah IC IR2110 digunakan untuk men-switch mosfet V1 dan V2 untuk menghasilkan setengah gelombang sinus *high* dan *low*. Keluaran dari dua buah IC IR2110 digunakan untuk men-switch mosfet V3 dan V4 untuk menghasilkan setengah gelombang sinus *low*. Dari switch mosfet V1, V2 dan V3, V4 yang kondisi ON/OFF-nya bekerja setengah gelombang secara bergantian maka dihasilkan gelombang sinus murni.

Tegangan yang dihasilkan kemudian dinaikkan menggunakan trafo *step-up*/DC 12V – DC 220V *boost converter* yang selanjutnya disearahkan menggunakan FR diode dan difilter menggunakan elco 400V, setelah itu DC tegangan tinggi diumpankan ke mosfet/H-Bridge untuk di-switch menggunakan SPWM yang kemudian menghasilkan tegangan output 220V AC.

3.4 Pengujian Inverter

Pengujian inverter ini dilakukan dengan menggunakan sumber baterai untuk mengetahui apakah arus dan tegangan DC dari baterai dapat dikonversi menjadi arus dan tegangan AC. Selain itu pengujian ini digunakan untuk mengetahui efisiensi inverter dengan memberikan beberapa macam beban.

Pengujian inverter yang dilakukan pada penelitian ini antara lain:

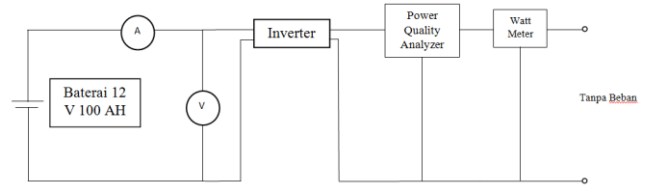
1. pengujian tanpa beban;
2. pengujian dengan beban lampu LHE;
3. pengujian dengan beban lampu pijar; dan
4. pengujian dengan beban lampu LED.

3.4.1 Pengujian Inverter Tanpa Beban

Pengujian pada inverter tanpa beban dilakukan untuk mengetahui kondisi inverter sebelum dibebani. Alat dan bahan yang diperlukan dalam percobaan inverter tanpa beban antara lain:

1. baterai 100 AH;
2. *power quality analyzer*;
3. multimeter;
4. inverter 500 Watt; dan
5. kabel banana.

Rangkaian percobaan inverter tanpa beban dapat dilihat pada



GAMBAR 3.2 RANGKAIAN INVERTER TANPA BEBAN

Tampilan bentuk gelombang keluaran inverter dapat dilihat pada Gambar 3.3.



GAMBAR 3.3 GELOMBANG INVERTER TANPA BEBAN

Sedangkan nilai frekuensi dari gelombang tegangan inverter keluaran tanpa beban dapat dilihat pada Gambar 3.4.



GAMBAR 3.4 FREKUENSI KELUARAN INVERTER

Berdasarkan Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 dapat dilihat bahwa bentuk gelombang tegangan keluaran inverter adalah *pure sine wave* dengan frekuensi sebesar 50,10 Hz.

Bentuk gelombang arus yang ditampilkan oleh *power quality analyzer* pada kondisi tanpa beban dapat dilihat pada



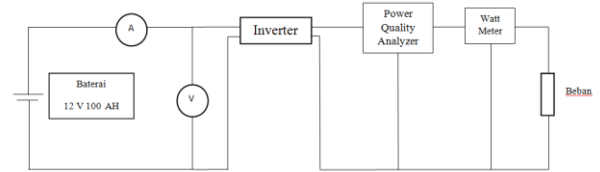
GAMBAR 3.5 GELOMBANG ARUS KELUAR INVERTER TANPA BEBAN

Berdasarkan Gambar 3.5 arus tanpa beban keluaran inverter yang ditunjukkan dengan *power quality analyzer* bernilai 0 A hal ini disebabkan karena rangkaian dalam kondisi terbuka.

3.5 Pengujian Inverter Dengan Beban Lampu LHE dan LED

Pengujian inverter dengan beban lampu LHE dan lampu LED dilakukan untuk mengetahui kondisi inverter setelah dibebani. Alat dan bahan dalam percobaan inverter tanpa beban yaitu: baterai 100 AH, *power quality analyzer*, multimeter, inverter 500 Watt, kabel banana; dan Lampu LED serta LHE.

Rangkaian percobaan inverter dengan beban lampu LHE dan lampu LED dapat dilihat di Gambar 3.6.



GAMBAR 3.6 RANGKAIAN INVERTER DENGAN BEBAN LAMPU LED DAN LHE

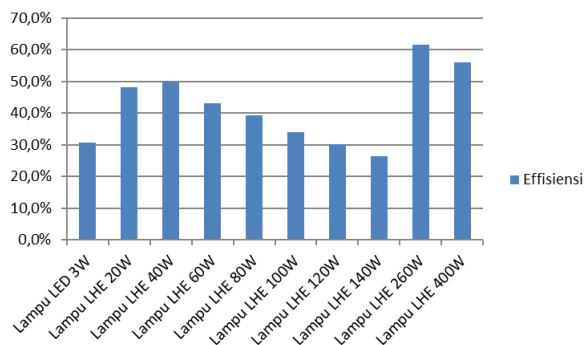
Prosedur pengujian dengan beban Lampu LED dan Lampu LHE adalah sebagai berikut.

1. Menghubungkan sisi input inverter pada baterai 12 Volt 100 Ah.
2. Memasang beban lampu LHE dan beberapa variasi nilai beban pada output inverter.
3. Mengaktifkan inverter, kemudian mengukur beban inverter dari terendah sampai tertinggi.
4. Mengamati nilai yang terukur pada alat ukur dan melihat bentuk gelombang yang dihasilkan pada *power quality analyzer*.

Hasil pengujian inverter dengan beban Lampu LED dan LHE dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.** Berdasarkan Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa terdapat sepuluh jenis beban dengan nilai yang semakin bertambah. Dari Tabel 3.1 dapat dibuat beberapa grafik seperti pada Gambar 3.7 - Gambar 3.9. Pada Gambar 3.7 ditunjukkan hubungan antara kenaikan beban terhadap nilai efisiensi.

TABEL 3.1 HASIL PENGUJIAN INVERTER DENGAN BEBAN LAMPU LED DAN LHE

No.	Beban	INPUT			OUTPUT				Eff (%)	THDv (%)	THDi (%)
		V (V)	I (A)	Pin (W)	Vrms (V)	Irms (A)	PF	Pout (W)			
1	Lampu LED 3W	13	0,75	9,75	224	0,7	0,02	3	0,31	1	27,6
2	Lampu LHE 20W	13	1,28	16,64	223	0,12	0,30	8	0,48	1,1	31,5
3	Lampu LHE 40W	13	2	26	224	0,35	0,17	13	0,50	0,009	46,7
4	Lampu LHE 60W	13	2,5	32,5	222	0,28	0,23	14	0,43	0,009	57,6
5	Lampu LHE 80W	13	3,13	40,69	223	0,28	0,26	16	0,39	0,009	60,5
6	Lampu LHE 100W	13	4,09	53,17	223	0,33	0,24	18	0,34	1	64,6
7	Lampu LHE 120W	13	4,83	62,79	225	0,38	0,22	19	0,30	1,1	69,9
8	Lampu LHE 140W	13	5,7	74,1	224	0,45	0,19	19,5	0,26	1,2	72,8
9	Lampu LHE 260W	13	7	91	220	0,85	0,30	56,1	0,62	1,5	78,8
10	Lampu LHE 400W	13	10	130	221	1,5	0,22	72,9	0,56	1,9	80,9

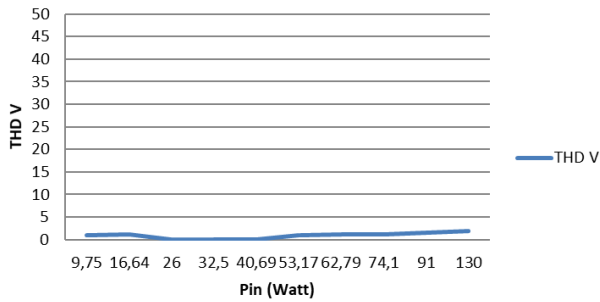


GAMBAR 3.7 HUBUNGAN ANTARA BEBAN LAMPU TERHADAP EFISIENSI

Pada Gambar 3.7 dapat diketahui bahwa nilai efisiensi dominan menurun saat nilai beban semakin besar. Namun, saat beban sekitar 50 – 80% efisiensi naik hingga mencapai 62%. Pada

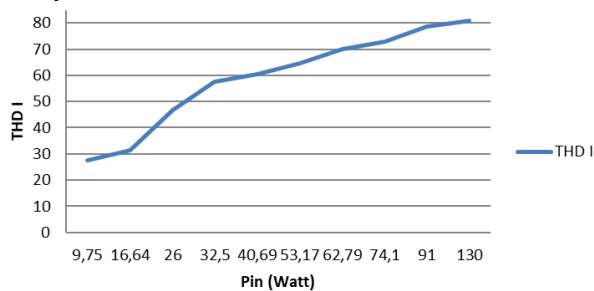
saat pengujian beban kecil yaitu 20 W nilai efisiensi yang terjadi yaitu 0,48%. Dari hasil keseluruhan nilai efisiensi paling tinggi terjadi saat beban bernilai 260 W yaitu mencapai 62 %. Hal ini dapat diartikan bahwa inverter tersebut bagus digunakan pada saat beban bernilai 50-80% dari kapasitasnya.

Pada Gambar 3.8 ditampilkan hubungan antara daya input terhadap THDv. Dapat diketahui dari grafik bahwa nilai THDv cenderung stabil dengan bertambahnya nilai beban. Nilai THDv mengalami sedikit peningkatan seiring bertambahnya nilai Pin. Nilai THDv terendah pada nilai Pin sebesar 26 W yaitu nilai THDv sebesar 0,009 %. THDv tertinggi pada Pin sebesar 130 W dengan nilai THDv sebesar 1,9 %.



GAMBAR 3.8 HUBUNGAN ANTARA DAYA INPUT TERHADAP THD_v

Pada Gambar 3.9 ditampilkan hubungan antara daya input terhadap THD_i. Dapat diketahui dari grafik bahwa nilai THD_i meningkat dengan bertambahnya nilai P_{in} . Nilai THD_i terendah pada P_{in} 9,75 W yaitu sebesar 27,6 %. Nilai THD_i tertinggi pada P_{in} 130 W yaitu sebesar 80,9 %.



GAMBAR 3.9 HUBUNGAN ANTARA DAYA INPUT TERHADAP THD_i

3.5.1 Pengujian Inverter Dengan Beban Lampu Pijar

Pengujian inverter dengan beban lampu pijar dilakukan untuk mengetahui kondisi inverter setelah dibebani. Alat dan bahan

TABEL 3.2 HASIL PENGUJIAN INVERTER DENGAN BEBAN LAMPU PIJAR

No.	Beban	Input			Output				Efisiensi (%)	THD _v (%)	THD _i (%)
		V (V)	I (A)	P _{in} (W)	V _{rms} (V)	I _{rms} (A)	PF	P _{out} (W)			
1.	Lampu Pijar 100W	13	9,2	119,6	224	0,43	0,93	90	75	1,2	2,8
2.	Lampu Pijar 75W	13	7,3	94,9	218	0,34	0,89	66	70	0,5	2,1
3.	Lampu Pijar 60W	13	5,5	71,5	219	0,22	0,91	44	62	0,5	2,1

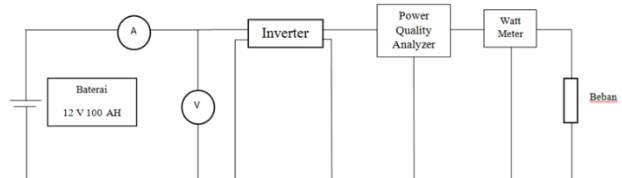
4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa pada pengujian tanpa beban bentuk gelombang tegangan keluran inverter adalah *pure sine wave* dengan frekuensi sebesar 50,10 Hz. Pada pengujian berbeban LED dan LHE diperoleh nilai efisiensi cenderung menurun saat nilai beban semakin besar. Namun, saat beban sekitar 50 – 80% efisiensi naik hingga mencapai 62%. Hal ini dapat diartikan bahwa inverter tersebut bagus digunakan pada saat beban bernilai 50-80% dari kapasitasnya. Nilai THD_v mengalami sedikit peningkatan seiring bertambahnya nilai P_{in} . Nilai THD_v terendah pada nilai P_{in} sebesar 26 W yaitu nilai THD_v sebesar 0,009 %. THD_v tertinggi pada P_{in} sebesar 130 W dengan nilai THD_v sebesar 1,9 %. Nilai THD_i terendah pada P_{in} 9,75 W yaitu sebesar 27,6 %. Nilai THD_i tertinggi pada P_{in} 130 W yaitu sebesar 80,9 %. Batas THD masih dalam batas standart dari IEEE yaitu 5% - 10%.

dalam percobaan inverter tanpa beban yaitu:

1. baterai 100 AH;
2. *power quality analyzer*;
3. multimeter;
4. inverter 500 Watt;
5. kabel banana; dan
6. Lampu LHE serta lampu LED.

Rangkaian percobaan inverter dengan beban lampu pijar dapat dilihat di Gambar 3.10.



GAMBAR 3.10 RANGKAIAN INVERTER DENGAN BEBAN LAMPU PIJAR

Prosedur pengujian dengan beban Lampu LED dan Lampu LHE adalah sebagai berikut.

1. Menghubungkan sisi input inverter pada baterai 12 Volt 100 Ah.
2. Memasang beban lampu pijar dan beberapa variasi nilai beban pada output inverter.
3. Mengaktifkan inverter, kemudian mengukur beban inverter dari terendah sampai tertinggi.
4. Mengamati nilai yang terukur pada alat ukur dan melihat bentuk gelombang yang dihasilkan pada *power quality analyzer*.

Hasil pengujian inverter dengan beban Lampu LED dan LHE dapat dilihat pada Tabel 3.2. Berdasarkan Tabel 3.2 dapat dilihat bahwa terdapat tiga jenis lampu pijar. Semakin kecil beban lampu pijar maka efisiensi semakin menurun.

Referensi

- [1] I. N. Syamsiana, S. S. Wibowo, M. F. Hakim, I. Ridzki dan R. Firjatoella, "Energy Database Management System (EDBMS)-based data acquisition audit for electricity savings analysis," dalam *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021.
- [2] M. B. Fadillah dan e. al., "Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2015-2024 Wilayah PLN Kota Pekanbaru dengan Metode Gabungan," *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, vol. 2, no. 2, pp. 1-10, 2015.
- [3] W. V. Siregar, "Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Kota Subulussalam Sampai Tahun 2020 Menggunakan Metode Analisis Regresi," *Rele (Rekayasa Elektrikal Dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 57-61, 2019.
- [4] M. F. (. Hakim, "Perancangan Rooftop Off Grid Solar Panel Pada Rumah Tinggal Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik," *Dinamika Dotcom: Jurnal Pengembangan*

Manajemen Informatika dan Komputer, 2017.

- [5] S. Nengsih, "Potensi Air Laut Aceh Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif," *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 81-86, 2020.
- [6] M. Al Amin, "Sepeda Statis Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif Dengan Pemanfaatan Alternator Bekas," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 1, no. 2, 2017.
- [7] A. I. Ramadhan, E. Diniardi dan S. H. Mukti, "Analisis desain sistem pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 50 WP," *Jurnal Teknik*, vol. 37, no. 2, pp. 59-63, 2016.
- [8] S. Sukmajati dan M. Hafidz, "Perancangan dan analisis pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 10 MW on grid di Yogyakarta," *Energi & Kelistrikan*, vol. 7, no. 1, pp. 49-63, 2015.
- [9] P. R. Utami dan M. Wijayanti, "Analisa Perhitungan Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Taman Markisa di Wilayah RT 01/RW 08 Kelurahan Mampang, Pancoran Mas, Kota Depok," *Jurnal Abdi Masyarakat Multidisiplin*, vol. 1, no. 2, pp. 42-49, 2022.
- [10] Y. Suprihartini, T. Taryana dan R. Soebiantoro, "Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Offgrid di Hangar Politeknik Penerbangan Indonesia Curug," *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 7, no. 3, pp. 20776-20783, 2023.
- [11] V. Arnando, "Desain Sistem PLTS On-Grid pada Barbershop Gaul dengan menggunakan Helioscope," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy (IJEERE)*, vol. 3, no. 1, 2023.
- [12] D. Liestyowati, I. Rachman, E. Firmansyah dan M. Mujiburrohmah, "Rancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berkapasitas 100 WP dengan Inverter 1000 Watt," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 5, pp. 623-634, 2022.
- [13] M. Yasin, F. A. Samman dan R. S. Sadjad, "Desain dan Analisis Inverter Tiga Fasa untuk Aplikasi Sistem PLTS Terhubung Grid PLN sebagai Referensi," *Jurnal Penelitian Enjiniring*, vol. 21, no. 2, pp. 66-72, 2017.
- [14] M. Mulyadi, N. Hamzah, A. S. Yunus dan R. Effendy, "PENERAPAN PLTS SISTEM OFF-GRID UNTUK LAMPU PENERANGAN BANGUNAN PETERNAK AYAM RAS PETELUR," dalam *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, 2023.
- [15] H. WIDIARTO dan A. SAMANHUDI, "RANCANGAN PEMANFAATAN TENAGA SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI DI GEDUNG POWER HOUSE BANDARA BANYUWANGI," *KNOWLEDGE: Jurnal Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan*, vol. 3, no. 3, pp. 195-204, 2023.
- [16] A. W. Nardi, "ANALISA PEMBANGUNAN PEMBANGKIT PLTS DESA TANAMALALA," *Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 7, pp. 69-89, 2024.
- [17] G. P. C. Handani, B. S. Gumilang dan A. Zuroida, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Suplai Daya Sistem Pemberian Pakan Ikan Otomatis," *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 9, no. 3, pp. 183-187, 2022.