



KAJIAN INVERTER *PURE SINE WAVE* TERHADAP BEBAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA KAPASITAS 100 WP

Rawi Lastry Rajagukguk^{a*}, Dini Damaris Br Bangun^a, Dinda Agave Manurung^a, Dicky Kurniawan^a, Jessica Agustina Purba^a

^aProgram Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

*Corresponding authors at: rawirajagukguk@students.polmed.ac.id (Rajagukguk, R.L.) Tel: +62-895-1286-6830

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 23 Mei 2023

Direvisi pada 03 Juli 2023

Disetujui pada 01 Agustus 2023

Tersedia daring pada 15 Agustus 2023

Kata kunci:

Energi, PLTS, inverter, beban, efisiensi

Keywords:

Energy, PLTS, inverter, load, efficiency

ABSTRAK

Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan tetapi dapat dikonversikan dan energi terbarukan dapat diterapkan menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS merupakan salah satu solusi yang bagus untuk mengatasi kesenjangan energi listrik karena listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting untuk masyarakat karena hampir setiap saat manusia menggunakan energi listrik saat melakukan kegiatan. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya adalah arus dan tegangan yang bersifat *direct current* (DC) sedangkan peralatan yang digunakan sehari-hari menggunakan arus dan tegangan yang bersifat *alternating current* (AC). Oleh karena itu, inverter berfungsi untuk mengubah arus dan tegangan DC menjadi arus dan tegangan AC. Efisiensi atau kinerja inverter sangat dipengaruhi oleh besar beban yang diberikan karena semakin besar daya beban yang diberikan maka semakin tinggi efisiensi inverter *pure sine wave*. Penggunaan *pure sine wave* memberikan efisiensi dari beban kipas angin kapasitas 45-Watt sebesar 67,3% dan nilai efisiensi dari beban lampu *Light Emitting Diode* (LED) kapasitas 30-watt sebesar 67%.

ABSTRACT

Energy cannot be created or destroyed; but it can be transformed and converted, and renewable energy can be used in a Solar Power Plant (PLTS). PLTS is one of the good methods for bridging the electrical energy gap since electricity is a very vital need for the community because humans utilise electrical energy virtually every time, they carry out activities. Solar panels generate direct current (DC) electrical energy, whereas everyday equipment generates alternating current (AC) electrical energy. As a result, the inverter converts DC current and voltage to alternating current and voltage. The amount of load applied has a significant impact on the inverter's efficiency or performance since the greater the load, the higher the efficiency or performance. As a result, the inverter converts DC current and voltage into alternating current and voltage. The amount of load delivered has a big influence on the inverter's efficiency or performance because the higher the load power given, the higher the efficiency of the pure sine wave inverter. The use of pure sine wave results in a 45-watt fan load efficiency of 67.3% and a 30-watt Light Emitting Diode (LED) light load efficiency of 67%.

1. PENGANTAR

Energi merupakan suatu kebutuhan yang tak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia apabila terjadi kesenjangan energi maka diperlukan inovasi baru untuk menghasilkan energi. Matahari dapat dijadikan sumber energi yang ramah lingkungan dan terbarukan. Energi baru dan terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi dan gas bumi. Energi surya yang tidak akan habis mempunyai potensi yang sangat besar untuk menjadi energi alternatif sumber energi listrik. Oleh karena itu sel surya berpotensi dinegara yang memiliki pancaran sinar matahari tinggi seperti daerah tropis. Penggunaan listrik merupakan salah satu kebutuhan yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan masyarakat di era globalisasi ini. Masyarakat menggunakan energi listrik mulai dari mengisi ulang baterai ponsel, menyetrika, menonton televisi, mencuci, dan memasak dan lain-lain. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu pembangkit energi yang berasal dari sumber energi terbarukan yang mampu memberikan pasokan energi listrik bagi masyarakat. Di dalam PLTS terdapat beberapa komponen salah satunya ialah *inverter*. PLTS yang dikembangkan yaitu *solar home system* (SHS). SHS umumnya berupa sistem berskala kecil dengan menggunakan modul surya 50–100-watt peak (wp) dan menghasilkan listrik harian sebesar 150-300 Wh. PLTS memiliki *inverter* yang berfungsi sebagai pengubah arus maupun tegangan *direct current* (DC) menjadi arus maupun tegangan *alternating current* (AC) atau lebih sering disebut dengan arus bolak-balik. Bentuk gelombang yang dapat dihasilkan oleh power inverter diantaranya adalah gelombang persegi (*square wave*), gelombang sinus (*sine wave*), gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*) dan gelombang modulasi lebar pulsa (*pulse width modulated* /PWM) tergantung pada desain rangkaian inverter yang bersangkutan (Siti Saodah dan Sri Utami, 2022; Abdul Muis Prasetya dan Sofian, 2021). Jadi *inverter* ini sangat berfungsi karena kebanyakan peralatan elektronik yang digunakan oleh masyarakat memiliki arus dan tegangan bolak-balik dan inverter yang digunakan dalam pembuatan PLTS ini ialah inverter 1 fasa jenis *pure sine wave* (R Dwiki Rachwanto dkk., 2022; Muhazir Baho, 2021; Levin Halim dan Oetomo, 2020).

1.1 Panel Surya

Panel surya merupakan komponen yang sangat penting dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) karena panel surya inilah yang berfungsi untuk menangkap cahaya maupun panas matahari yang kemudian akan dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip kerja P-N junction yang muncul akibat adanya proses *doping*. *Doping* merupakan proses pencampuran material pada salah satu bagian semikonduktor dengan tujuan memperoleh kandungan muatan positif (P) dan juga negatif (N) (Ryan Rezky Ramadhana dkk., 2022). Jenis panel surya yang digunakan pada PLTS ini ialah *Polichrystalline Solar Panels*. Namun disamping itu panel surya memiliki beberapa jenis panel yaitu (Muhajir Baho, 2021):

a. *Monocrystalline Solar Panels*

Jenis panel surya yang menggunakan silikon murni yang dihasilkan dengan proses *crystal-growth* yang cukup rumit dengan ketebalan sekitar 0.2 – 0.4 mm. *Monocrystalline Solar Panels* memiliki efisiensi yang tinggi yaitu sekitar 15%-20%. Biasanya panel surya ini berwarna hitam dan kinerjanya baik pada suhu tinggi.

b. *Polichrystalline Solar Panels*

Merupakan jenis sel surya yang terbuat dari banyak *silicon* yang berwarna biru. *Polycrystalline* juga sering disebut dengan *multi-crystalline* dan harganya lebih murah dibandingkan *Monocrystalline*. Efisiensinya juga relatif rendah, berkisar 13%-16%. Panel surya jenis polikristal biasanya membutuhkan permukaan yang lebih luas untuk memaksimalkan penyerapan cahaya matahari, namun disamping itu panel surya ini juga dapat berfungsi dengan baik apabila cuaca sedang mendung. Panel surya jenis polikristal dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1: *Polichrystalline solar panels*

c. *Thin Film Solar Panels*

Sel surya jenis ini merupakan sel surya yang tidak memiliki kristal nyata, tetapi berupa lapisan tipis silikon dari material seperti metal atau gelas yang bentuk permukaannya bebas. Efisiensinya juga masih cukup rendah yaitu sekitar 5%-8%.

1.2 *Solar Charge Controller* (SCC)

SCC merupakan suatu rangkaian kontrol yang berfungsi untuk mengatur regulasi pengisian dan pengosongan baterai. *Solar Charge Controller* juga mempunyai fungsi yang khusus yaitu mendeteksi kapasitas baterai selain itu SCC juga berfungsi sebagai pendeteksi kerusakan pada saat proses pengisian dan pengosongan baterai. Adapun *Solar Charge Controller* (SCC) yang digunakan pada PLTS ini ialah SCC tipe *pulse width modulation* (PWM). SCC memiliki 2 jenis yaitu (Levin Halim dan Oetomo, 2020):

a. *Maximum Power Point Tracking* (MPPT)

MPPT adalah sebuah *controller* yang bisa digunakan jika tegangan panel melebihi tegangan pada baterai. SCC tipe MPPT bisa menyesuaikan tegangan panel yang lebih tinggi dari tegangan baterai tanpa kehilangan arus pada proses penyesuaiannya. MPPT

merupakan SCC yang paling canggih saat ini, selain itu SCC tipe MPPT ini juga termasuk tipe SCC yang mahal dan mampu mengubah tegangan berlebih menjadi arus listrik. Pada suhu rendah kinerja MPPT ini lebih optimal dibandingkan dengan PWM.

b. *Pulse Width Modulation (PWM)*

PWM merupakan sebuah controller yang fungsinya sama dengan SCC tipe MPPT yaitu berfungsi untuk menyesuaikan pengisian baterai namun SCC tipe PWM ini tidak memiliki koneksi mekanis untuk diputus. Tipe PWM memiliki jenis yang efektif dari segi biaya dan digunakan untuk mencapai pengisian tegangan baterai yang konstan dengan menyesuaikan rasio tugas sakelar (MOSFET). Pada sistem pengontrol PWM, arus dari panel surya mengecil sesuai dengan kondisi dan kebutuhan pengisian baterai. Ketika tegangan baterai mencapai titik setel regulasi, secara perlahan algoritma PWM akan mengurangi pengisian daya arus untuk menghindari pemanasan dan radiasi gas beracun dari baterai. Sistem PWM memiliki keunggulan yaitu efisiensi pengisian lebih tinggi, masa pakai baterai lebih lama, mengurangi pemanasan pada baterai dan meminimalkan tekanan pada baterai. SCC tipe PWM dapat dilihat seperti pada gambar 2.



Gambar 2: Solar Charge Controller

1.3 Baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan daya listrik pada saat panel surya tidak bekerja dan jenis baterai yang digunakan dalam PLTS ini adalah jenis baterai primer. Baterai primer adalah jenis baterai yang dapat diisi ulang dan jenis baterai primer yang digunakan adalah baterai *valve regulated lead acid (VRLA)*. Baterai tipe VRLA dapat dilihat dapat gambar 3 (Rusman, 2015).



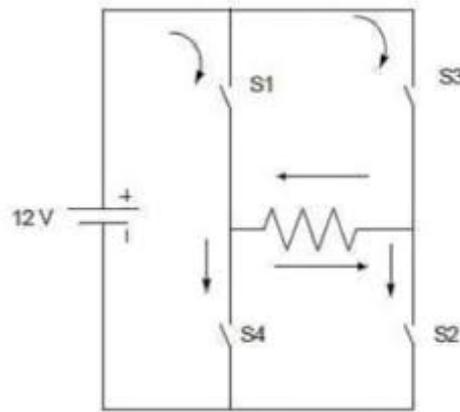
Gambar 3: Baterai VRLA

1.4 Inverter

Inverter ialah sebuah alat elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus searah/*Direct Current (DC)* menjadi arus bolak-balik/*Alternating Current (AC)*. Inverter merupakan alat yang digunakan untuk mengkonversi tegangan DC menjadi tegangan AC pada frekuensi tertentu. Inverter banyak digunakan pada peralatan elektronik seperti pada *charger handphone, charger laptop, computer*, kulkas, AC, TV, pompa air, lampu dan masih banyak lagi yang menggunakan arus listrik AC. Disamping itu inverter juga dapat digunakan untuk mengimpor kelebihan daya yang dihasilkan dari solar panel yang akan disalurkan ke PLN untuk dapat digunakan kembali. Tetapi pada umumnya fungsi dari kedua inverter ini sama yaitu untuk mengubah arus DC menjadi AC. Yang membedakan inverter ini adalah inverter solar panel mempunyai pengendali/pengontrol muatan dan memiliki beberapa rangkaian *switching*. Pada inverter solar panel mempunyai terminal untuk menghubungkan antara baterai dan panel surya dan mensuplai daya ke beban (Abdul Muis Prasetya dan Sofian, 2021).

a. Prinsip kerja *inverter*

Prinsip kerja *inverter* adalah mengkonversikan daya listrik DC menjadi daya listrik AC pada frekuensi tertentu. Panel surya akan menangkap cahaya matahari lalu dikirimkan ke baterai untuk tempat penyimpanan daya listrik dengan bantuan *SSC* dan di dalam baterai masih dilakukan tahap konversi yaitu dari energi kimia menjadi daya listrik DC yang kemudian disalurkan pada *inverter* lalu *inverter* mengkonversi daya listrik DC tersebut menjadi daya listrik AC untuk disalurkan pada beban yang ada. Dengan adanya *inverter* penyaluran listrik dapat berjalan dengan optimal, itulah sebabnya *inverter* sangat dibutuhkan dalam pembangkit listrik tenaga surya. Pada gambar rangkaian dibawah ini apabila saklar S1 dan S2 dihubungkan atau di *on* kan maka arus DC akan mengalir ke beban R, dari arah kiri menuju kanan. Sebaliknya, apabila saklar S3 dan S4 dihidupkan maka arus DC akan mengalir ke beban R, dari kanan ke kiri. Biasanya *inverter* menggunakan rangkaian modulasi lebar pulsa /*Pulse Width Modulation* dalam proses mengkonversi arus DC ke AC. Prinsip kerja inverter dapat dilihat pada gambar 4 (R Dwiki Rachwanto dkk., 2022):



Gambar 4: Prinsip kerja inverter

b. Jenis-jenis inverter

Berdasarkan jumlah fasa *output*nya inverter dibedakan menjadi 2 yaitu inverter *output* 1 fasa mempunyai *output* 1 fasa dengan tegangan listriknya antara 220V-240 v dan pada umumnya inverter *output* 1 fasa ini digunakan pada rumah. Inverter *output* 3 fasa mempunyai *output* 3 fasa dengan yang menghasilkan tegangan listrik sampai 380v dan bisa digunakan untuk kegiatan dibidang industri. Inverter berdasarkan gelombangnya dibedakan menjadi 3 yaitu *inverter pure sine wave inverter* digunakan dalam berbagai macam peralatan elektronika. *Pure sine wave inverter* adalah jenis *inverter* yang mempunyai kualitas terbaik karna dapat menghasilkan gelombang sinus yang sangat murni seperti pada gambar 5. *Inverter* ini dapat mampu memberikan kinerja yang baik terhadap beban induktif maupun motor listrik. *Inverter modified sine wave* sering disebut dengan *inverter* sinus kotak (*modified square wave*) dikarenakan *inverter* ini dapat menghasilkan gelombang berbentuk kotak. Tetapi tingkat efisiensi dari *sine wave modified inverter* masih kategori rendah. *Inverter* ini masih tetap dapat digunakan pada peralatan elektronika namun, tidak dianjurkan digunakan pada peralatan yang sifat bebannya sensitif. *Inverter square wave inverter* adalah jenis *inverter* yang paling sederhana yang mempunyai keluaran gelombang berbentuk kotak. Namun *inverter* ini kurang optimal untuk digunakan karena efisiensi maupun kualitas dari inverter ini masih rendah.



Gambar 5: Inverter pure sine wave

1.5 Beban

Adapun beban yang digunakan dalam pengujian kinerja inverter ini adalah beban motor satu fasa yaitu kipas angin kapasitas 45 watt dan juga beban induktif yaitu lampu LED yang kaasitasnya 30 Watt. Jenis beban yang digunakan dapat dilihat pada gambar 6.



(a)

(b)

Gambar 6: a) Beban lampu LED, b) Kipas angin

2. METODE

2.1 Metode pengkajian efisiensi inverter

Efektivitas dan efisiensi pada inverter *pure sine wave* didapat dari nilai daya keluaran dibagi nilai daya masukan. Perhitungan besarnya daya masukan dan daya keluaran perlu diperhatikan kembali persamaan (1) sebagai berikut (Abdul Muis Prasetya dan Sofian, 2021):

$$P_{\text{aktif}} = V \times I \times \cos \varphi \quad (1)$$

P = daya listrik (watt)

V = tegangan (volt)

I = arus (ampere)

$\cos \varphi$ = Faktor Daya

Pada persamaan 1 disebut tentang faktor daya ($\cos \varphi$), dimana nilai dari faktor daya itu sendiri antara 0 – 1. Untuk mencari nilai faktor daya dapat menggunakan persamaan 2 sebagai berikut (Abdul Muis Prasetya dan Sofian, 2021):

$$\text{Faktor daya} = \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}} = \frac{kW}{kVA} = \frac{V \times I \times \cos \varphi}{V \times I} = \cos \varphi \quad (2)$$

Setelah faktor daya didapat hasilnya maka dihitung nilai daya keluaran inverter kemudian dihitung efisiensinya. Efisiensi inverter merupakan gambaran dari keefektifan kinerja dari inverter untuk mengkonversikan besaran DC menjadi AC. Untuk mencari nilai dari efisiensi inverter maka digunakan persamaan 3 sebagai berikut (Abdul Muis Prasetya dan Sofian, 2021):

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \quad (3)$$

η = efisiensi inverter

P_{in} = daya masuk pada inverter

P_{out} = daya keluaran inverter

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengukuran Inverter

3.1.1 Hasil Pengukuran Inverter Berbeban Kipas Angin

Hasil pengukuran arus dan tegangan inverter sebelum dan sesudah dibebani dilakukan sebanyak tiga kali dikarenakan ada tiga jenis kecepatan yang berbeda-beda. Kipas angin juga mempunyai frekuensi yang sama dan pengukuran ketiga level kecepatan kipas angin itu akan di cari nilai rata-rata daya masukan dan juga daya keluaran inverter ditunjukkan pada tabel 1 sampai tabel 4.

Tabel 1: Data pengukuran kipas angin pada level 1

Waktu	Baterai ke Inverter		Inverter ke Beban		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Cos φ
9:30	11,67	3,70	224,8	0,127	0,93
10:00	11,82	3,64	225,6	0,127	0,93
10:30	11,99	3,65	225,1	0,127	0,94
11:00	12,08	3,61	225,3	0,127	0,94
11:30	11,98	3,71	224,5	0,127	0,96
12:00	11,96	3,65	224,3	0,127	0,94
12:30	11,90	3,68	225,5	0,127	0,96
13:00	11,98	3,62	224,8	0,139	0,93
13:30	11,97	3,62	224,7	0,127	0,99
14:00	11,95	3,63	226,0	0,139	0,95
14:30	11,85	3,67	225,5	0,127	0,99
15:00	11,96	3,64	225,1	0,127	0,93
15:30	11,87	3,70	224,8	0,127	0,96
16:00	11,90	3,65	225,1	0,127	0,94
Jumlah	166,88	51,17	3151,1	1,802	13,29
Rata-rata	11,92	3,65	225,07	0,128	0,94

Tabel 2: Data pengukuran kipas angin pada level 2

Waktu	Baterai ke Inverter		Inverter ke Beban		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Cos ϕ
9:30	11,69	3,77	225,5	0,127	0,97
10:00	11,87	3,73	224,8	0,139	0,97
10:30	11,96	3,70	224,2	0,139	0,97
11:00	12,07	3,72	224,7	0,139	0,96
11:30	11,90	3,74	224,3	0,139	0,98
12:00	11,92	3,73	225,0	0,139	0,97
12:30	11,90	3,70	224,8	0,139	0,96
13:00	11,98	3,69	224,5	0,139	0,96
13:30	11,85	3,74	225,3	0,139	0,97
14:00	11,90	3,67	225,0	0,139	0,96
14:30	11,84	3,70	225,1	0,139	0,96
15:00	11,92	3,70	225,0	0,139	0,97
15:30	11,85	3,68	224,8	0,139	0,96
16:00	11,90	3,72	224,7	0,139	0,97
Jumlah	166,55	51,99	3147,7	1,988	13,53
Rata-rata	11,89	3,71	224,83	0,142	0,96

Tabel 3: Data pengukuran kipas angin pada level 3

Waktu	Baterai ke Inverter		Inverter ke Beban		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Cos ϕ
9:30	11,70	4,02	225,1	0,152	0,97
10:00	11,82	4,01	224,2	0,151	0,97
10:30	11,93	4,03	224,3	0,162	0,97
11:00	12,04	4,00	224,8	0,162	0,97
11:30	11,88	4,01	225,3	0,162	0,97
12:00	11,92	4,06	225,6	0,162	0,97
12:30	11,87	4,05	224,7	0,162	0,97
13:00	11,92	4,01	224,5	0,162	0,97
13:30	11,84	4,04	225,0	0,162	0,97
14:00	11,87	4,01	225,5	0,162	0,97
14:30	11,82	4,07	226,0	0,162	0,97
15:00	11,84	4,01	225,0	0,162	0,97
15:30	11,87	4,05	224,8	0,162	0,97
16:00	11,90	4,07	225,3	0,162	0,98
Jumlah	166,22	56,44	3150,1	2,247	13,59
Rata-rata	11,87	4,03	225,0	0,160	0,97

Tabel 4: Data pengukuran *inverter* berbeban lampu LED 30 watt

Waktu	Baterai ke Inverter		Inverter ke Beban		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Cos ϕ
9:30	11,96	3,41	225,1	0,197	0,63
10:00	11,84	3,44	225,1	0,209	0,60
10:30	12,01	3,46	224,2	0,197	0,63
11:00	12,08	3,48	225,5	0,197	0,62
11:30	12,04	3,51	225,6	0,197	0,62
12:00	11,95	3,41	224,7	0,209	0,60
12:30	11,96	3,52	225,8	0,197	0,63
13:00	11,93	3,52	224,8	0,197	0,64
13:30	11,90	3,44	224,7	0,209	0,61
14:00	11,88	3,54	225,3	0,209	0,60
14:30	11,92	3,47	225,8	0,209	0,60
15:00	11,90	3,45	225,2	0,197	0,61
15:30	11,87	3,50	224,8	0,197	0,64
16:00	11,94	3,42	225,1	0,209	0,62
Jumlah	167,18	48,57	3151,7	2,83	8,54
Rata-rata	11,94	3,46	225,1	0,202	0,61

3.2 Pembahasan

3.2.1 Pengujian Kinerja Inverter Terhadap Beban Kipas Angin 45 Watt

Perhitungan besaran daya *input* dan daya *output* sehingga kinerja inverter dapat diketahui dan dapat dihasilkan pengaruh faktor daya terhadap efisiensi *inverter* menggunakan persamaan 3 sebagai berikut:

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in} \quad (3)$$

$$P_{in} = 11,92 \text{ volt} \times 3,65 \text{ ampere}$$

$$P_{in} = 43,508 \text{ watt}$$

Untuk menghitung nilai dari daya keluaran kipas angin pada posisi level 1 dapat menggunakan persamaan 4.

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out} \times \cos \quad (4)$$

$$P_{out} = 225,07 \text{ V} \times 0,127 \text{ A} \times 0,94$$

$$P_{out} = 26,8688566 \text{ watt}$$

Maka efisiensi *inverter* dari beban kipas angin pada posisi satu dapat dihitung melalui persamaan 5.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\eta = \frac{26,8688566 \text{ Watt}}{43,508 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$$\eta = 61\%$$

1. Perhitungan pada posisi kecepatan dua dari kipas angin menggunakan persamaan 3.

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$P_{in} = 11,89 \text{ volt} \times 3,71 \text{ ampere}$$

$$P_{in} = 44,1119 \text{ watt}$$

Untuk menghitung nilai dari daya keluaran kipas angin pada posisi level 2 dapat menggunakan persamaan 4.

$$P_{out} = 224,83 \text{ volt} \times 0,142 \text{ ampere} \times 0,96$$

$$P_{out} = 30,6501888 \text{ watt}$$

Efisiensi *inverter* dari beban kipas angin pada posisi dua dapat dihitung melalui persamaan 5.

$$\eta = \frac{30,6501888 \text{ Watt}}{44,1119 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$$\eta = 69\%$$

2. Perhitungan pada posisi kecepatan tiga dari kipas angin menggunakan persamaan 3.

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$P_{in} = 11,87 \text{ volt} \times 4,03 \text{ ampere}$$

$$P_{in} = 47,8361 \text{ watt}$$

3. Perhitungan nilai dari daya keluaran kipas angin pada posisi level 3 dapat menggunakan persamaan 4.

$$P_{out} = 225,0 \text{ volt} \times 0,160 \text{ ampere} \times 0,97$$

$$P_{out} = 34,92 \text{ Watt}$$

Efisiensi *inverter* dari beban kipas angin pada posisi tiga dapat dihitung melalui persamaan 5.

$$\eta = \frac{34,92 \text{ Watt}}{47,8361 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$$\eta = 72\%$$

3.2.2 Pengujian Kinerja Inverter Terhadap Beban Lampu LED 30 watt

Perhitungan dari hasil pengukuran beban Lampu LED kapasitas 30 watt menggunakan persamaan 3.

$$P_{in} = 11,94 \text{ volt} \times 3,46 \text{ ampere}$$

$$P_{in} = 41,3124 \text{ watt}$$

Perhitungan nilai dari daya keluaran lampu LED kapasitas 30 watt dapat menggunakan persamaan 4.

$$P_{out} = 225,1 \text{ volt} \times 0,202 \text{ ampere} \times 0,61$$

$$P_{out} = 27,736822 \text{ watt}$$

Efisiensi *inverter* dari beban lampu LED kapasitas 30 watt dapat menggunakan persamaan 5.

$$\eta = \frac{27,736822 \text{ watt}}{41,3124 \text{ watt}} \times 100\%$$

$$\eta = 67\%$$

Panel surya menggunakan SSC berfungsi mengamankan dari kelebihan beban dari panel surya sehingga panel surya tidak cepat rusak (Rahmat Hidayat dkk., 2017). Hubungan baterai dengan beban adalah dihubungkan paralel langsung ke beban. Jika baterai tersebut sudah terisi penuh. Untuk melindungi baterai dari beban yang berlebihan (*over load*) ataupun hubung singkat pada beban, maka sebelum baterai dihubungkan langsung ke beban harus melalui rangkaian proteksi. Fungsi SSC sudah cukup jelas, yaitu untuk memproteksi ataupun melindungi baterai akibat adanya beban berlebih ataupun hubung singkat pada beban (Naim Fadlan Wahidin dkk., 2022; Hanifah Riafinola dkk., 2022). Penelitian menggunakan *inverter square wave* (SW) dengan efisiensi memiliki kisaran dari 40% -80% sedangkan dari hasil pengujian keluaran inverter SPWM memiliki efisiensi kisaran 30% -90 % (R Dwiki Rachwanto dkk., 2022; Abdul Muis Prasetya dan Sofian, 2021; Levin Halim dan Oetomo, 2020). Hasil pengukuran tegangan keluaran *inverter* SW lebih kecil dibandingkan SPMW dan ini sesuai dengan penelitian dimana SPMW lebih besar karena frekuensi tinggi pada sinyal SPWM yang mengganti spesifikasi komponen diode pada modul kontrol tegangan agar kapasitas inverter lebih besar. Hal ini memberikan dampak lebih mudah mengkonversikan AC ke DC mengganti spesifikasi komponen mosfet agar kapasitas daya inverter bisa lebih besar supaya pensaklaran mosfet lebih baik dalam menghasilkan daya lebih besar (Muammar Zainuddin dan Frengki Eka Putra Surusa, 2019).

4. KESIMPULAN

Beban kipas angin kapasitas 45 watt disetiap level kecepatan memberikan efisiensi yang semakin meningkat. Pada level pertama diperoleh efisiensi sebesar 61%, dimana daya *input*nya 43,50 watt dan daya *output*nya 26,86 watt. Pada level kedua efisiensi *inverter* semakin meningkat diperoleh sebesar 69%, pada saat itu daya masukan 44,11 watt dan daya keluarannya 30,65 watt. Pada level ketiga efisiensi *inverter* semakin meningkat yaitu sebesar 72% dan daya masukannya juga semakin meningkat menjadi 47,8361 watt dan daya keluarannya sebesar 34,92 watt. Beban lampu jalan/ lampu LED kapasitas 30 watt diperoleh efisiensi 67% dan daya keluarannya 27,73 watt dan daya *input* yang diperoleh 41,31 watt. Hal ini menunjukkan bahwa variasi beban atau daya beban sangat berpengaruh pada kinerja atau efisiensi *inverter pure sine wave*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur karena berkat dan rahmat Yang Maha Kuasa penulis dapat menyelesaikan artikel ini, serta terima kasih kepada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin yang memberikan dukungan dalam menyelesaikan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Baho, M. 2021. *Analisa Perbandingan Pembangkit Tenaga Listrik Tenaga Surya Jenis Polikristal dengan Monokristal Terhadap Output Inverter Pure Sine Wave*. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik* 2, 1-13.
- Fatahillah, F. (2022). *Analisa Pemanfaatan Motor AC 1Ø Sebagai Beban Pada Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya 200WP*. *Jurnal Jurritek 1*, 1-12.
- Halim, L & Oetomo. (2020). *Perancangan dan Implementasi Awal Solar Inverter Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid*. *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah 12*, 31-38.

- Hidayat, R., Zuraidah, Z., Fadil, J., Firdaus, M., Mursalin, M., Ridwan, M., & Rizki, M. (2017). Modul Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Aplikasi Beban Rendah (600 W). *Jurnal Intekna* 17, 29-36.
- Irsyam, M. 2021. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Sumber Energi Lampu dan *Projector* diruang Kelas Fakultas Teknik Unrika. *Sigma Teknika*, 199-208.
- Prasetia, A.M., Sofian. (2021). Implementasi Inverter Pure Sine Wave Untuk Pemanfaatan Energi Surya. *THETA OMEGA: Journal of Electrical Engineering, Computer, and Information Technology* 1, 1-5.
- Rachwanto, R.D., Saidah, & Amirullah. (2022). Implementasi Inverter Berbasis *Square Wave* dan *Sinusoidal PWM* Menggunakan *Arduino Uno*. *Rekayasa Journal of Science and Technology* 15, 182-191.
- Ramadhana, R.R., Iqbal M., Hafid, A., Adriani. (2022). Analisis PLTS on Grid. *Vertex Elektro Jurnal Teknik Elektro* 14, 12-25.
- Riafinola, H., Suciningtyas, I.K.L.N., Sholihuddin, I., Widya Rika Puspita, W.R. (2022). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Penggunaan Listrik Rumah Tangga. *Journal of Applied Electrical Engineering* 6, 79-84
- Rusman. 2015. Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell dengan Kapasitas 50 WP. *Turbo Jurnal Program Studi Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro* 4, 84-90.
- Saodah, S & Utami, S. (2022). Perancangan Sistem Grid Tie Inverter pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika* 7, 339 – 350.
- Wahidin, N.F., Yadie, E., Putra, M.A. 2022. Analisis Perbandingan *Charging SCC* Jenis PWM Dan MPPT Pada *Automatic Handwasher with Workstation* Bertenaga Surya Politeknik Negeri Samarinda. *PoliGrid* 3, 12-20.
- Zainuddin, M., & Surusa, F.E.P. (2019). Pengaruh *Grid-Connected Photovoltaic (GCPV) Rooftop* Terhadap Jatuh Tegangan dan Stabilitas Tegangan Pada Penyulang Distribusi Radial. *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan* 18, 79-88.