

# Perencanaan dan Implementasi Inverter Satu Fasa Pada Pembangkit Listrik Tenaga PikoHidro di Air Terjun Watu Lumpang Mojokerto

Rhezal Agung Ananto <sup>\*a)</sup>, Naufal Ramadhani Akbar <sup>\*a)</sup>, Sapto Wibowo <sup>\*a)</sup>

(Artikel diterima: Agustus 2022, direvisi: Oktober 2022)

**Abstract:** Renewable energy is a real source of energy that is easy and cheap to use, especially water, therefore it is often used for electrical energy generation systems by utilizing river or waterfall flows. One form of utilization is the PicoHydro Power Plant (the smallest-scale power plant). Where there is energy potential in an area but has not been utilized optimally, by utilizing the flow of waterfalls in Watu Lumpang Pacet Waterfall Tourism Mojokerto Regency using turbines as a drive and generator as a generator. However, because it is generated in the form of *Direct Current* (DC) electricity, it takes an inverter as a converter that can convert DC voltage to *Alternating Current* (AC). So it can be used to supply loads that mostly require AC electricity to operate.

**Keywords :** PicoHydro Power Plants, Inverter.

## 1. Pendahuluan

Wisata Air Terjun Watu Lumpang merupakan wisata alam yang memberikan sajian pesona air terjun. Di daerah wisata tersebut masih belum teraliri listrik sehingga pukul 16.00 sore kondisinya gelap. Dengan memanfaatkan kondisi air terjun dan aliran air yang ada dilokasi wisata tersebut, maka dengan dibangunnya Pembangkit Listrik Tenaga PikoHidro (PLTPH) pada kawasan tersebut dapat membantu memberi pencahayaan di area wisata dan juga jalan di kawasan wisata ketika malam hari.

Pembangkit Listrik Tenaga PikoHidro salah satu jenis pembangkit listrik dengan menggunakan tenaga air sebagai sumber penggerak turbin. Hasil gerak atau putaran turbin tersebut digunakan sebagai pemutar rotor generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan berupa arus searah (*Direct Current*), yang disimpan pada baterai. Baterai yang digunakan pada umumnya adalah aki 12V DC. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah alat yang dapat mengubah sumber listrik searah dari baterai 12V DC menjadi 220V AC agar dapat mensuplai beban yang membutuhkan tegangan AC, yang dikenal dengan inverter. Inverter adalah alat yang digunakan untuk mengubah tegangan input *Direct Current* (Arus Searah) menjadi tegangan output *Alternating Current* (Arus Bolak-Balik). Dari paparan diatas, penulisan skripsi ini mengambil judul "PERENCANAAN DAN IMPLEMENTASI INVERTER 1 FASA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO DI AIR TERJUN WATU LUMPANG MOJOKERTO" sebagai upaya untuk membantu menyuplai daya listrik pada wisata air terjun.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga PikoHidro

Pembangkit Listrik Tenaga PikoHidro (PLTPH) merupakan suatu pembangkit yang dapat menghasilkan energi listrik yang diklasifikasikan sebagai pembangkit berskala kecil. Prinsip pembangkitan tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu sehingga air

tersebut akan memutar turbin lalu turbin akan memutar generator yang sudah dikopel dengan turbin sehingga generator dapat menghasilkan listrik (Silvester,2016:7).

Keunggulan menggunakan PLTPH sebagai pembangkit berskala kecil adalah energi air yang tersedia tidak akan habis atau berkelanjutan selagi siklus dapat kita jaga dengan baik, mengurangi tingkat konsumsi energi fosil, dan ukurannya yang kecil cocok digunakan di daerah pedesaan yang belum terjangkau aliran listrik PLN.

Kelemahan menggunakan PLTPH sebagai pembangkit berskala kecil adalah daya yang bisa di produksi tergantung pada ketersediaan air sepanjang hari. Bila terjadi pada musim kemarau dan debit airnya akan menurun, akibatnya cadangan air akan sangat berkurang. Hal tersebut berpengaruh secara otomatis terhadap penurunan kapasitas listrik yang dihasilkan sedangkan aktivitas tetap berjalan dengan kebutuhan seperti biasanya. Selain itu biaya investasi untuk Pembangkit Listrik Tenaga PikoHidro masih tinggi.

Pada pemakaian PLTPH juga mempunyai kekurangan seperti sumber pembangkit berupa air, besarnya listrik yang dihasilkan PLTPH bergantung pada tinggi jatuhnya air dan volume air. Pada musim kemarau kemampuan PLTPH akan menurun karena jumlah air biasanya berkurang dan ukuran generator tidak menunjukkan kemampuan produksinya karena semuanya tergantung pada jumlah air dan ketinggian jatuh air sehingga ukuran generator bukan penentu utama kapasitas PLTPH.

### 2.2 Pengertian Inverter Satu Fasa

Inverter adalah rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah listrik DC menjadi listrik AC baik satu maupun tiga fasa dengan tegangan dan frekuensi yang dapat diatur. Inverter adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah tegangan input DC (*Direct Current*) menjadi tegangan output AC (*Alternating Current*) secara statis, yaitu tanpa mesin atau sakelar mekanis. Konfigurasi rangkaian daya inverter terdiri dari perangkat semikonduktor yang berfungsi sebagai sakelar statis, yaitu sakelar tanpa kontak yang bergerak. Inverter juga memiliki sirkuit control switching yang menyediakan pulsa yang diperlukan untuk menghidupkan dan mematikan setiap elemen switching statis

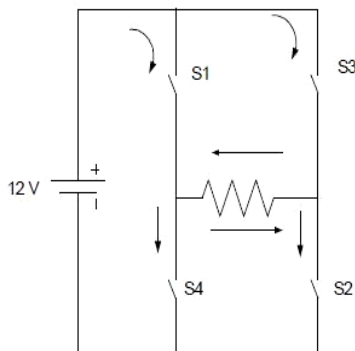
\* Korespondensi: [rhezal.agung@polinema.ac.id](mailto:rhezal.agung@polinema.ac.id).

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.  
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

dengan waktu dan urutan yang benar. Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan baterai, cell bahan bakar, tenaga surya, aki, atau seumber tegangan DC lain.

### 2.3 Prinsip Kerja Inverter

Inverter adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah tegangan input DC menjadi tegangan output AC secara statis, yaitu tanpa mesin berputar atau sakelar mekanis. Konfigurasi rangkaian daya inverter terdiri dari perangkat daya semikonduktor yang berfungsi sebagai sakelar statis, yaitu sakelar tanpa kontak yang bergerak. Inverter juga memiliki sirkuit kontrol switching yang menyediakan pulsa yang diperlukan untuk menghidupkan dan mematikan setiap elemen setiap switching statis dengan waktu dan urutan yang benar.



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Inverter

Prinsip kerja inverter dapat dijelaskan pada gambar 2.1 dengan menggunakan 4 sakelar. Bila sakelar S1 dan S2 dalam kondisi on maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kiri ke kanan, jika yang hidup adalah sakelar S3 dan S4 maka akan mengalir arus DC ke baban R dari arah kanan ke kiri. Inverter biasanya menggunakan rangkaian modulasi lebar pulsa pulse width modulation (PWM) dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC dengan bentuk gelombang mendekati sinus.

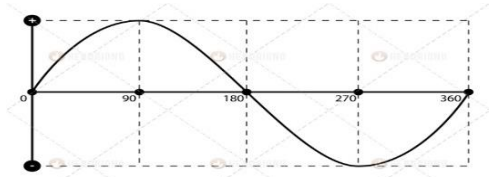
Hal-hal yang harus diperhatikan dalam memilih inverter DC ke AC diantaranya adalah:

1. Kapasitas beban yang akan disuplai oleh inverter dalam watt, usahakan memilih inverter yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang hendak kita gunakan agar efisiensi kerjanya maksimal.
2. Sumber tegangan input inverter yang akan digunakan.
3. Bentuk gelombang output inverter, sine wave atau square wave untuk tegangan output AC inverter. Hal ini berkaitan dengan kesesuaian dan efisiensi inverter DC ke AC tersebut.

### 2.4 Jenis-jenis Inverter Yang Digunakan Berdasarkan Gelombang Output

#### 2.4.1 Sine Wave Inverter

Inverter yang memiliki tegangan output dengan bentuk gelombang sinusoidal murni, sehingga lebih efisiensi dari pada jenis inverter yang lain. Inverter jenis ini dapat memberikan supply tegangan ke beban induktor/motor listrik dengan efisiensi daya yang baik. Bentuk gelombang sinusoidal seperti gambar dibawah ini:



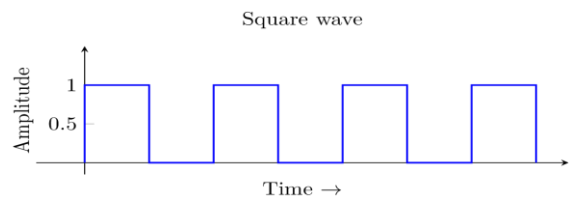
Gambar 2.2 Gelombang Sine Wave

Kelebihan dan kekurangan inverter gelombang sinusoidal adalah sebagai berikut:

- a) Kelebihan dari inverter gelombang sinus:
  1. Dapat mensuplai beban induktif dengan efisiensi yang baik
  2. Tidak merusak perangkat elektronik industri seperti motor kipas, lampu neon, audio amplifier, dll.
  3. Memiliki efisiensi yang baik dibandingkan dengan inverter yang lain.
- b) Kekurangan dari inverter gelombang sinus antara lain:
  1. Gelombang sinus yang di modifikasi tidak akan berfungsi dengan baik pada laser printer, mesin fotocopy mesin jahit elektronikm dll.
  2. Gelombang sinus yang di modifikasi dapat meningkatkan gangguan pada radio, efek pemanasan yang lebih tinggi pada motor atau microwave.

#### 2.4.2 Square Wave Inverter

Inverter ini yang hasilnya arus kontennya sangat stabil. Iverter dengan tegangan output berbentuk gelombang kotak. Pada umumnya inverter jenis ini tidak bisa digunakan pada alat elektronik rumah tangga karena outputnya bukan berupa gelombang sinus, bentuk output gelombang ini berbentuk kotak seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2.3 Gelombang Square Wave

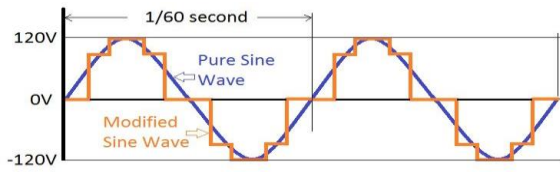
Kelebihan dan kekurangan inverter gelombang square wave adalah sebagai berikut:

- a) Kelebihan dari inverter gelombang sinus:
  1. Rangkaian sederhana tidak banyak membutuhkan komponen
  2. Komponen murah dan mudah didapat dipasaran
- b) Kekurangan dari inverter gelombang sinus antara lain:
  1. Bentuk gelombang keluaran kotak, tidal cocok untuk beban induktif.
  2. Daya yang dihasilkan masih terbatas.
  3. Efisiensi kurang baik dibandingkan dengan sine wave

#### 2.4.3 Modified Sine Wave

Inverter jenis ini menghasilkan arus yang kurang lebih sama dengan inverter square wave, hanya saja menghasilkan arus yang akan menghilangkan (novoltasi) beberapa saat sebelum menjadi arus positif dan negatif. Inverter jenis ini sangat sederhana dan

ekonomis, sangat cocok digunakan di berbagai jenis perangkat elektronik.



Gambar 2.4 Modified Sine Wave

### 3. Metode Penelitian

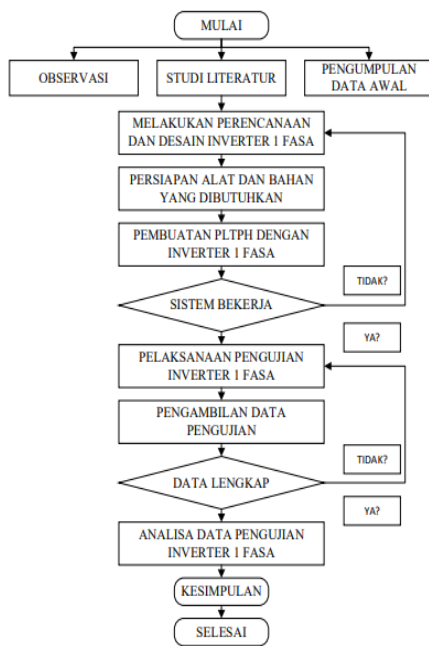
#### 3.1 Waktu dan Tempat

Tempat penelitian berada di Air Terjun Watu Lumpung Kabupaten Mojokerto. Waktu penelitian berlangsung pada semester 8 & 9.

#### 3.2 Objek Penelitian

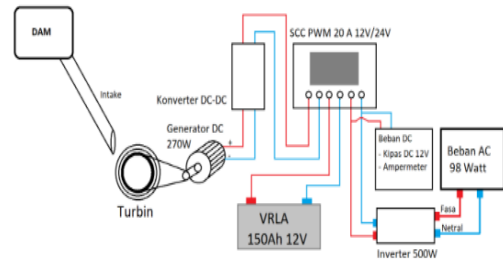
Pada proses pengerjaan Laporan Skripsi ini yang menjadi objek penelitian yaitu merencanakan dan mengimplementasikan Inverter 1 Fasa sebagai upaya untuk membantu menyuplai daya listrik pada kawasan wista Air Terjun Watu Lumpung dan sekitarnya.

#### 3.3 Diagram Metodologi Perencanaan



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Inverter 1 Fasa pada PLTPH di Area Air Terjun Watu Lumpung Mojokerto.

#### 3.4 Skema Rangkaian



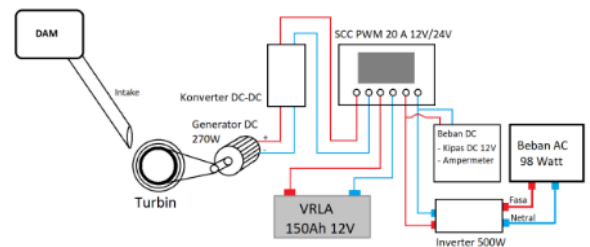
Gambar 3.2 Skema Rangkaian

Dapat dilihat pada gambar secara sederhana skema perencanaan pada PLTPH di Air Terjun Watu Lumpung Mojokerto ini menggunakan aliran air terjun sebagai penggerak turbin air untuk memutar generator dengan kapasitas 500W 3,5A yang dihubungkan menggunakan pulley dan belt pada pada turbin. Kemudian output pada generator dihubungkan pada converter dc to dc buck 40V 15A untuk menyetabilkan tegangan dan arusnya dikarenakan apabila kondisi debit tidak menentu akan berpengaruh pada output yang dihasilkan dari generator sehingga output generator tidak stabil, setelah itu outputan dari converter masuk pada input charge controller jenis pwm dengan kapasitas 20A agar tegangan charging pada baterai stabil, setelah dari charge controller daya diteruskan ke baterai dengan kapasitas 150Ah. Kemudian dari charge controller juga dihubungkan ke inverter dengan kapasitas 500W untuk merubah arus dc menjadi ac kemudian dimanfaatkan untuk pembebanan.

### 4. Pembahasan

#### 4.1 Desain Pembangkit Listrik Tenaga PikoHidro di Air Terjun Watu Lumpung

Berdasarkan hasil dari observasi di Area Air Terjun Watu Lumpung Mojokerto dan membaca studi literatur yang berkaitan dengan pembahasan tentang Pembangkit Listrik Tenaga PikoHidro (PLTPH) yang telah banyak diterapkan di Indonesia maupun global, kami selalu penulis mencoba membuat desain instalasi Pembangkit Listrik Tenaga PikoHidro untuk diterapkan di area Air Terjun Watu Lumpung Mojokerto. Adapun desain instalasi Pembangkit Listrik Tenaga PikoHidro di area Air Terjun Watu Lumpung Mojokerto adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1 Desain Instalasi PLTPH di Area Air Terjun Watu Lumpung Mojokerto

Desain instalasi PLTPH ini akan digunakan sebagai acuan dalam proses pengujian dan analisa dari alat yaitu inverter. Pengujian ini bertujuan untuk menganalisa efisiensi alat dan rangkaian yang digunakan sehingga langkah yang dilakukan dalam pengambilan data sesuai dengan yang diharapkan dengan tujuan laporan skripsi ini.

#### 4.2. Perhitungan Daya Beban

Berdasarkan hasil observasi di Area Air Terjun Watu Lumpang Mojokerto didapatkan data berupa beban yang digunakan untuk menunjang keperluan dalam kegiatan observasi dan penangkaran lutung yaitu sebagai berikut.

Diketahui,  
 lampu penerangan 6 watt : 7 pcs  
 lampu inkubator lutung 9 watt : 4 pcs  
 KK 10 watt : 2 pcs

Maka total daya beban keseluruhan yang harus disuplai melalui inverter yaitu,

$$P_{total} = (\text{jumlah lampu penerangan} \times \text{daya lampu penerangan})W + (\text{jumlah lampu penerangan} \times \text{daya lampu penerangan})W + (\text{jumlah kk} \times \text{daya kk})W$$

$$P_{total} = (7 \times 6)W + (4 \times 9)W + (2 \times 10)W$$

$$P_{total} = 98W$$

#### 4.3. Perhitungan Sizing Inverter

Berdasarkan inverter tipe pure sine wave yang banyak beredar di pasaran, pada umumnya memiliki tingkat efisiensi pada range 70% - 85%. Adapun setelah melakukan perhitungan, besar total daya beban yang harus disuplai melalui inverter sebesar 98W. Maka besar daya inverter (*Continuous Power*) yang dibutuhkan apabila efisiensi inverter dianggap sebesar 70% yaitu,

$$P_{inverter} = P_{total} / \text{efisiensi inverter}$$

$$P_{inverter} = 98W / 70\%$$

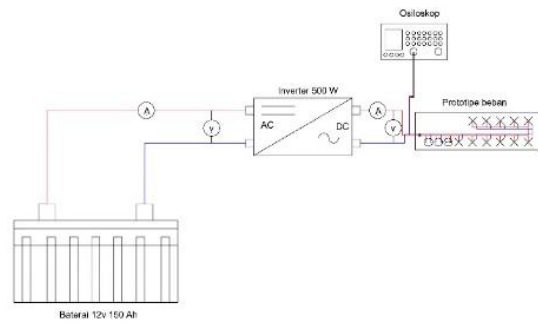
$$P_{inverter} = 140W$$

Jadi, spesifikasi minimal dari inverter yang akan digunakan yaitu memiliki besar daya inverter (*continuous power*) sebesar 150W dengan efisiensi sebesar 70%. Untuk pemilihan inverter tidak menggunakan 200W karena terlalu dekat dengan beban yang dibutuhkan dan untuk beban berkelanjutan maka dipilihlah inverter dengan daya sebesar 500W dengan efisiensi diatas 85%.

#### 4.4. Pengujian Inverter

Pemilihan inverter dengan spesifikasi yang tepat merupakan alasan utama untuk mengetahui kualitas parameter tegangan output dan arus output dari inverter. Untuk pembuktian parameter yang dihasilkan sesuai dengan sesungguhnya maka perlu diadakan percobaan pengujian pembebanan inverter dengan beban bervariasi.

Pengujian inverter ini dilakukan dengan cara memberikan tegangan input yang didapat dari baterai untuk menghasilkan tegangan keluaran yang sesuai dengan tegangan kerja yang ada di air terjun watu lumpang mojokerto. Kemudian mengukur tegangan, arus, dan bentuk gelombang yang keluar ke beban. Pengujian pembebanan menggunakan jenis beban lampu pijar, lampu led, dan beban kk untuk cas *handphone*.

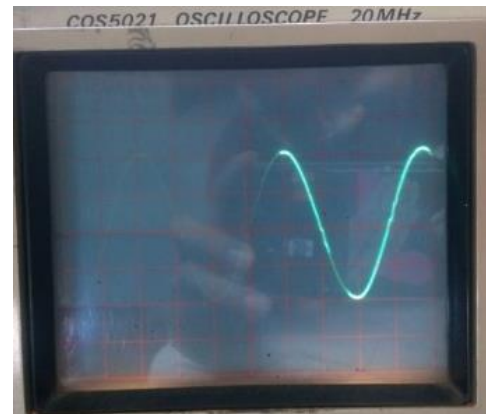


Gambar 4.2 Rangkaian Pengujian Inverter dengan Beban Lampu Pijar, Lampu LED, Beban Kotak Kontak, dan Tanpa Beban

#### 4.5. Data Hasil Pengujian

##### 4.5.1 Pengujian Inverter *Pure Sine Wave* Tanpa Beban

Percobaan pengujian keadaan tanpa beban guna mengetahui parameter output inverter sesuai dengan data sheet yang tercantum maupun sesuai dengan standart yang ditetapkan. Berikut ini adalah bentuk gelombang ketika inverter tanpa beban.



Gambar 4.3 Gelombang Keluaran Inverter Tanpa Beban  
 Gambar diatas merupakan bentuk tegangan keluaran tanpa beban inverter *pure sine wave*, dimana mempunyai bentuk gelombang sinus.

##### 4.5.2 Pengujian Inverter *Pure Sine Wave* Menggunakan Beban Lampu Pijar

Pengujian dengan beban lampu pijar dilakukan untuk mengetahui kestabilan inverter terhadap beban yang berbeda beda. Lampu pijar memiliki karakteristik beban resistif murni. Jika lampu pijar dengan daya berbeda-beda dilakukan pengambilan daya, maka didapatkan pula beban resistansi yang berbeda-beda. Adapun hasil dari pengujian adalah sebagai berikut:

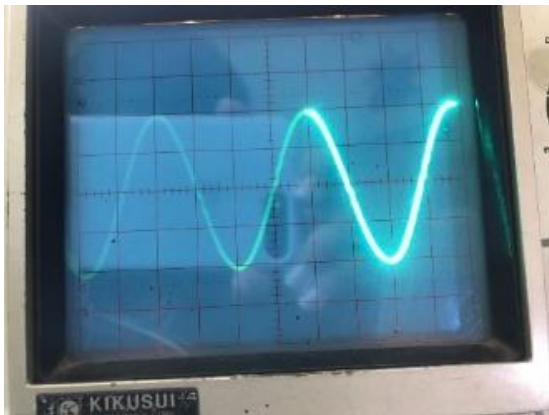
No.	Beban	Input Sumber DC			Output Inverter			Eff %	PF	Bentuk Gelombang Keluaran
		V	I	P	V	I	P			
1	5W	12,69	1,63	20,68	228,7	0,059	13,49	65,23	1	Sinus
2	10W	12,64	2,84	35,90	225,4	0,120	27,05	75,35	1	Sinus
3	15W	12,61	3,91	49,31	224,7	0,178	40,00	81,12	1	Sinus
4	20W	12,56	5,23	65,69	224,1	0,244	54,68	83,24	1	Sinus
5	25W	12,53	6,36	79,69	225,8	0,303	68,42	85,85	1	Sinus
6	30W	12,50	7,60	95,00	225,2	0,364	81,97	86,29	1	Sinus

Berdasarkan hasil percobaan dengan menggunakan beban lampu

pijar dapat diketahui bahwa :

1. Bentuk gelombang keluaran dari tegangan dan arus output beban yaitu berbentuk sinus.
2. Tegangan output rata-rata yang dihasilkan dalam percobaan beban lampu pijar sebesar 225,65V, tegangan paling terendah 224,1 V, dan tegangan tertinggi 228,7 V, dimana tegangan tersebut masih sesuai dengan SPLN NO. 1 tahun 1995, tentang variasi tegangan pelayanan +5% dan -10%. Pada tegangan rendah,  $5\% \times 230 \text{ V} = 11,5 \text{ V}$  ,  $10\% \times 230 \text{ V} = 23 \text{ V}$ . Tegangan terendah yang diizinkan yaitu 207V sampai tegangan tertinggi yaitu 241,5V.
3. Berdasarkan hasil data dari input inverter dapat diketahui bahwa semakin besar daya dari beban percobaan yang diuji maka cenderung semakin terjadinya drop tegangan yang dihasilkan dan meningkatnya arus yang mengalir. Sedangkan besar arus output dari inverter berbanding lurus dengan besar daya beban, semakin besar daya beban maka semakin besar pula arus output inverter

Berikut adalah bentuk gelombang ketika inverter dengan keadaan beban lampu pijar:



Gambar 4.4 Gelombang Keluaran Lampu Pijar

#### 4.5.3 Pengujian Inverter Pure Sine Wave Menggunakan Beban Lampu LED

Lampu LED merupakan lampu dengan konsumsi daya sedikit akan tetapi memiliki cahaya yang dihasilkan optimal. Lampu ini bersifat campuran resistif, induktif, dan kapasitif. Dalam pengujian ini menggunakan daya lampu 5W dengan jumlah 6 buah. Adapun hasil dari pengujian adalah sebagai berikut:

No.	Beban	Input Sumber DC			Output Inverter			Eff %	PF	Bentuk Gelombang Keluaran
		V	I	P	V	I	P			
1	5W	12,74	0,96	12,23	227,5	0,037	4,78	39,09	0,568	Sinus
2	10W	12,72	1,17	14,88	226,6	0,050	8,53	57,33	0,753	Sinus
3	15W	12,70	1,49	18,92	225,5	0,064	11,96	63,23	0,829	Sinus
4	20W	12,68	1,81	22,95	227,5	0,077	15,91	66,56	0,872	Sinus
5	25W	12,66	2,27	28,74	226,4	0,096	19,37	67,39	0,891	Sinus
6	30W	12,65	2,62	33,14	225,6	0,129	24,15	72,88	0,830	Sinus

Berdasarkan hasil percobaan dengan menggunakan beban lampu led dapat diketahui bahwa :

1. Bentuk gelombang keluaran dari tegangan dan arus output beban yaitu berbentuk sinus.
2. Tegangan output rata-rata yang dihasilkan dalam percobaan beban lampu led sebesar 226,6V, tegangan paling terendah 225,5 V, dan tegangan tertinggi 228 V, dimana tegangan tersebut masih sesuai dengan SPLN NO. 1 tahun 1995,

tentang variasi tegangan pelayanan +5% dan -10%. Pada tegangan rendah,  $5\% \times 230 \text{ V} = 11,5 \text{ V}$  ,  $10\% \times 230 \text{ V} = 23 \text{ V}$ . Tegangan terendah yang diizinkan yaitu 207V sampai tegangan tertinggi yaitu 241,5V.

3. Berdasarkan hasil data dari input inverter dapat diketahui bahwa semakin besar daya dari beban percobaan yang diuji maka cenderung semakin terjadinya drop tegangan yang dihasilkan dan meningkatnya arus yang mengalir. Sedangkan besar arus output dari inverter berbanding lurus dengan besar daya beban, semakin besar daya beban maka semakin besar pula arus output inverter.

Berikut adalah bentuk gelombang ketika inverter dengan keadaan beban lampu led:



Gambar 4.5 Gelombang Keluaran Lampu LED

#### 4.5.4 Pengujian Inverter Pure Sine Wave Menggunakan Beban Kotak Kontak

Beban kotak kontak merupakan beban yang digunakan di air terjun watu lumpang untuk mengecah handphone. Perencanaan beban kotak kontak yang dipasang 2 buah dengan daya masing – masing 10 watt. Pengujian ini dilakukan agar mengetahui efisiensi dan kestabilan inverter pure sine wave pada sistem PLTPH. Adapun hasil dari pengujian adalah sebagai berikut:

No.	Beban	Input Sumber DC			Output Inverter			Eff %	PF	Bentuk Gelombang Keluaran
		V	I	P	V	I	P			
1	cas hp 1	12,75	1,01	12,88	227	0,056	6,31	48,96	0,496	Sinus
2	cas hp 2	12,72	1,30	16,54	226	0,082	9,66	58,39	0,521	Sinus

Berdasarkan hasil percobaan dengan menggunakan beban kotak kontak dapat diketahui bahwa :

1. Bentuk gelombang keluaran dari tegangan dan arus output beban yaitu berbentuk sinus.
2. Tegangan output rata-rata yang dihasilkan dalam percobaan beban kotak kontak sebesar 226,5V, tegangan paling terendah 226 V, dan tegangan tertinggi 227 V, dimana tegangan tersebut masih sesuai dengan SPLN NO. 1 tahun 1995, tentang variasi tegangan pelayanan +5% dan -10%. Pada tegangan rendah,  $5\% \times 230 \text{ V} = 11,5 \text{ V}$  ,  $10\% \times 230 \text{ V} = 23 \text{ V}$ . Tegangan terendah yang diizinkan yaitu 207V sampai tegangan tertinggi yaitu 241,5V.
3. Berdasarkan hasil data dari input inverter dapat diketahui bahwa semakin besar daya dari beban percobaan yang diuji maka cenderung semakin terjadinya drop tegangan yang dihasilkan dan meningkatnya arus yang mengalir. Sedangkan besar arus output dari inverter berbanding lurus dengan besar daya beban, semakin besar daya beban maka

semakin besar pula arus output inverter dan tegangan semakin turun.



Gambar 4.6 Gelombang Keluaran Kotak Kontak

#### 4.6 Pengujian Inverter *Pure Sine Wave* di Air Terjun Watu Lumpung Mojokerto

Pengujian Inverter *Pure Sine Wave* Tanpa Beban:

No.	Sumber	Input Sumber DC			Output Inverter			Eff %	PF
		V	I	P	V	I	P		
1	Tanpa Beban	12,36	0,92		224,1				

Pengujian inverter *pure sine wave* beban lampu led dan kotak kontak:

No.	Beban	Input Sumber DC			Output Inverter			Eff %	PF	Lok
		V	I	P	V	I	P			
1	9W	12,36	1,04	12,85	224,1	0,044	8,71	67,73	0,883	Teras Pos
2	6W	12,36	1,04	12,85	224,1	0,044	8,71	67,73	0,883	Gapura Depan
3	6W	12,36	1,09	13,47	226,4	0,047	9,45	70,14	0,888	Pos Dalam
4	9W	12,31	1,30	16,00	224,8	0,063	12,94	80,89	0,914	KM. Pos
5	6W	12,30	1,32	16,24	227,9	0,064	13,35	82,20	0,915	Gapura Tengah
6	9W	12,27	1,56	19,14	226,6	0,078	16,40	85,69	0,928	KM. Tengah
7	6W	12,23	1,91	23,36	227,2	0,095	20,25	86,67	0,938	Teras Mushola
8	6W	12,18	2,23	27,16	227,7	0,113	24,01	88,38	0,933	Mushola
9	9W	12,11	2,81	34,03	226,9	0,154	30,68	90,16	0,878	Gazebo Atas
10	6W	12,03	3,41	41,02	226,9	0,203	37,72	91,96	0,819	KM1
11	6W	12	3,89	46,68	228,1	0,228	43,22	92,58	0,831	KM2
12	KK - Cas HP	11,95	4,27	51,03	226,8	0,254	47,58	93,25	0,826	Pos
13	KK - Cas HP	11,90	4,61	54,86	225,6	0,282	51,53	93,93	0,810	Mushola

Berdasarkan hasil percobaan pengujian inverter *pure sine wave* di air terjun watu lumpung mojokerto pada tabel diatas dapat diketahui bahwa:

Dilihat dari hasil pengukuran pada nilai tegangan dan input inverter, semakin besar daya beban maka semakin kecil pula tegangan yang diserap oleh inverter, jadi semakin besar daya yang terpakai maka tegangan keluaran baterai tersebut akan menurun dan akan cepat habis kapasitasnya. Sedangkan pada sisi arus inputan inverter, arus semakin tinggi seiring dengan besarnya daya pada beban yang terpasang. Hal ini disebabkan karena besar nilai arus berbanding terbalik dengan besar nilai tegangan. Hal ini dapat dibuktikan dengan menggunakan rumus  $P = V \cdot I$ . Pada pengukuran outputan inverter, besar tegangan yang dikeluarkan terlihat berubah-ubah tidak konstan. Sedangkan pada arus yang dihasilkan oleh inverter tersebut semakin tinggi seiring dengan besarnya daya pada beban terpasang.

Dilihat dari data diatas juga, tegangan keluaran rata-rata yang dihasilkan dari percobaan langsung sebesar 226,4 V, tegangan paling tinggi 228,1 V, dan tegangan paling rendah 224,1 V. Dimana tegangan tersebut masih sesuai dengan SPLN NO.1 tahun 1995, tentang variasi tegangan pelayanan +5% dan -10%. Pada tegangan rendah,  $5\% \times 230 \text{ V} = 11,5 \text{ V}$ ,  $10\% \times 230 \text{ V} = 23 \text{ V}$ . Tegangan terendah yang diizinkan yaitu 207 V sampai tegangan tertinggi yaitu 241,5 V.

#### 4.7 Pengujian Pengaruh Fluktuasi Tegangan Input terhadap Stabilitas Tegangan Output

Pengujian ini dilakukan agar mengetahui pengaruh fluktuasi tegangan input terhadap stabilitas tegangan output pada efisiensi inverter di sistem PLTPH. Pengujian inverter ini dilakukan

dengan mengatur nilai masukan inverter yang bervariasi dengan mengatur kapasitas isi aki. Adapun beban yang di gunakan dalam pengujian ini yaitu lampu led daya 5 watt (5 buah), lampu led daya 6 watt (2 buah), lampu led daya 9 watt (2 buah), lampu led daya 10 watt (2 buah), dan kotak kontak daya 10 watt (2 buah) sehingga didapatkan data besar tegangan inverter, arus input inverter, 70 tegangan output inverter, dan arus output inverter. Adapun hasil dari pengujian adalah sebagai berikut:

Isi Aki	Tegangan Input Inverter	Arus Input Inverter	Tegangan Output Inverter	Arus Output Inverter	EFISIENSI (%)	PF
13,1	12,84	6,33	225,9	0,439	86,87	0,712
13	12,76	6,38	226,9	0,437	86,48	0,710
12,9	12,77	6,39	228,4	0,444	93,21	0,750
12,8	12,5	7,15	228,4	0,444	85,10	0,750
12,7	12,45	7,03	228,3	0,428	83,28	0,746
12,6	12,34	6,83	229,5	0,424	85,44	0,740
12,5	12,20	6,84	226,3	0,467	93,97	0,742
12,4	12,08	6,45	228,7	0,428	92,96	0,740
12,3	11,99	6,47	227,5	0,431	92,04	0,744
12,2	11,86	7,25	227,8	0,428	83,80	0,739
12,1	11,80	7,18	228	0,432	86,03	0,740
12	11,68	7,28	226,6	0,456	91,51	0,753
11,9	11,57	7,53	228,3	0,427	82,58	0,738
11,8	11,46	7,62	228,1	0,425	82,26	0,741
11,7	11,41	7,51	227,6	0,425	83,65	0,741

Berdasarkan data yang telah terdapat pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi inverter mengalami kenaikan dan penurunan berdasarkan kapasitas isi aki. Rata – rata nilai efisiensi dari pengujian tersebut adalah 87,41%. Dilihat dari data diatas juga, tegangan keluaran rata-rata yang dihasilkan inverter *pure sine wave* sebesar 227,75 V, tegangan paling tinggi 228,7 V, dan tegangan paling rendah 225,9 V, dimana tegangan tersebut masih sesuai dengan SPLN NO.1 tahun 1995, tentang variasi tegangan pelayanan +5% dan -10%. Pada tegangan rendah,  $5\% \times 230 \text{ V} = 11,5 \text{ V}$ ,  $10\% \times 230 \text{ V} = 23 \text{ V}$ . Tegangan terendah yang diizinkan yaitu 207 V sampai tegangan tertinggi yaitu 241,5 V.

#### 5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat ditarik perhitungan dan analisis diatas adalah sebagai berikut:

- Bentuk gelombang dari tegangan output dan arus output beban dari percobaan menggunakan beban lampu Pijar dan TL berbentuk sinus. Hal ini dikarenakan beban tersebut merupakan beban resistif yang merupakan beban linier dan Lampu Pijar memiliki  $\cos \phi$  1.0, sedangkan Lampu TL memiliki  $\cos \phi$  0.8.
- Bentuk Gelombang dari tegangan output dan arus output dari percobaan menggunakan beban DC berbentuk sinus dan terdapat harmonisa yang disebut dengan ripple. Hal ini dikarenakan beban DC merupakan beban non linear dan memiliki arus output yang lebih besar dibandingkan lampu pijar dan TL. Hal ini disebabkan karena nilai arus berbanding terbalik dengan besar nilai tegangan.
- Berdasarkan hasil data dari input inverter dapat diketahui semakin besar daya dari beban, maka cenderung memiliki drop tegangan dan arus yang mengalir semakin besar. Besar drop tegangan menggunakan beban DC lebih kecil dikarenakan terdapat kapasitor yang berfungsi untuk menaikkan faktor daya, sehingga drop tegangan yang terjadi lebih kecil dan efisiensi meningkat.

Dari seluruh proses perencanaan dimulai hingga selesai, maka tim penulis dapat mengemukakan beberapa saran sebagai berikut :

1. Diperlukan penelitian dan observasi yang lebih mendalam agar dapat menyajikan data yang lebih detail dan akurat sehingga memudahkan dalam proses analisa
2. Diperlukan perawatan berkelanjutan oleh penjaga di wisata air terjun watu lumpang mengenai seluruh alat pembangkit listrik tenaga pikoHidro terutama inverter agar terciptanya kerja inverter secara maksimal.

---

#### Daftar Pustaka

- [1] Fardan Maulana N.H., Hapy Putra P., Retar Deni K., (2020). "Perencanaan Ulang dan Implementasi Inverter 1 Fasa Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 400 WP Di Javan Langur Center Batu".
- [2] Vithayathil, Joseph. (1995) "Power Electronics Principles and Applications", Internasional Edition. McGraw-Hill Inc. New York.
- [3] Kris, D., Widodo, G., & Ma'ruf, R., (2017). "Implementasi Inverter Satu Fasa Type Pure Sine Wave Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Politeknik Negeri Malang", Kota Malang: Politeknik Negeri Malang.
- [4] Rashid M. H., (2004) "Power Electronics – Circuits, Devices and Applications", 3rd Edition Chapter 5&14. Pearson Prentice Hall. United States.
- [5] Djiteng, M. (2011). *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga
- [6] Akinwale, O. (2018). *Design and Simulation of a 1kVA Arduino Microcontroller Based Modified. Electrical & Electronic Systems*, 1
- [7] Pangabean, Y., Setyawan Arianto, F., & Alam, S. (2017). *Rancang bangun Inverter Satu Fasa Menggunakan Teknik High Voltage PWM (Pulse Widht Modulation)*. *Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 73.
- [8] Sayekti, Ilham. (2015). *Rancang bangun modul inverter gelombang sinus menggunakan lpf orde dua sebagai pengubah gelombang kotak menjadi sinus*.
- [9] Muhamad, Ali. (2018). *Aplikasi Elektronika Daya pada Sistem Tenaga Listrik*, Ed.1, Cet 1, Yogyakarta: UNY Press.
- [10] Quaschnig, V. (2005). *Understanding Renewable Energy System*. London: Earthscan Publication.
- [11] Kholid, A. (2005) "Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Penerapannya untuk Daerah Terpencil. *Jurnal Dinamika Rekayasa*.
- [12] Rico Alvin, I. K. (2016) "Perancangan Inverter untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga.
- [13] Mudaris, Ruhul (2020) "Analisis Penggunaan Inverter Pure Sine Wave (PSW) Satu Fasa 500 Watt Terhadap Efisiensi Beban RLC pada PLTS Kapasitas 100WP.