

## DESAIN INVERTER PWM SINE WAVE PADA PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID PIKOHIDRO DAN PLTS DI DESA PENDEM, KEC. JUNREJO, KOTA BATU.

<sup>1</sup>Kiky Kurniawan Korompis, <sup>2</sup>Widodo Pudji Muljanto, <sup>3</sup>Awan Uji Krismanto  
Teknik Elektro S1, ITN Malang, Malang Indonesia

<sup>1</sup>kikykurniawan0404@gmail.com, <sup>2</sup>widodo\_pm@lecturer.itn.ac.id, <sup>3</sup>awan\_uji\_krismanto@lecturer.itn.ac.id

**Abstrak**— Kebutuhan energi listrik yang sangat tinggi seiring perkembangan jumlah penduduk mengakibatkan konsumsi bahan bakar PLN meningkat dan masih bergantung pada energi fosil. Maka dari itu, pengembangan EBT untuk menjadi sumber energi listrik seperti Pikohidro dan PLTS di Sanggar Latar Seni Winarto Ekram. Sumber energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tersebut masih dalam bentuk tegangan DC, sedangkan peralatan elektronik pada umumnya menggunakan sumber listrik AC. Perancangan Inverter PWM Sine Wave dilakukan untuk merubah tegangan pembangkit DC menjadi tegangan AC, selain itu penggunaan EGS002 dapat menghasilkan tegangan dan frekuensi output stabil yang diterima oleh beban dan berbentuk sinusoidal. Dengan total energi beban 17.120 Wh, beban puncak setiap hari terjadi pada pukul 09.00 sampai 14.00 dengan daya 1.020 maka kapasitas daya inverter yang digunakan 1.500 Watt. Dengan Sumber energi baterai 24 V, maka hasil dari pengujian inverter menggunakan osiloskop dapat menghasilkan gelombang sinusoidal secara sempurna serta menghasilkan tegangan 220 V dan frekuensi 50 Hz.

**Kata kunci** – *inverter, listrik, sine wave*

### I. PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik yang sangat tinggi seiring dengan perkembangan jumlah penduduk dan lingkup kebutuhan lainnya, dan sebagian besar masyarakat bergantung pada sumber energi listrik primer dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), kondisi ini secara langsung menuntut produksi energi listrik yang dihasilkan oleh PLN juga semakin tinggi. Tentu hal ini berdampak pada kualitas sumber daya alam karena konsumsi bahan bakar yang tinggi oleh PLN untuk memenuhi permintaan energi listrik, disamping itu PLN juga masih bergantung pada bahan bakar fosil dalam memproduksi energi listrik sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat. Guna menekan konsumsi energi berbasis fosil memacu dikembangkannya berbagai energi alternatif diantaranya seperti biomassa, panas bumi, energi air, energi angin dan energi surya [1].

PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) adalah peralatan pembangkit listrik yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik. PLTS pada dasarnya adalah dua daya dan

dapat dirancang untuk kebutuhan listrik yang kecil sampai besar, baik secara mandiri, maupun dengan hybrid (dikombinasikan dengan sumber energi lain). PLTS termasuk pembangkit yang tergolong mudah, murah, dan ramah lingkungan dan terbarukan. Pada PLTS terjadi proses penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh modul solar cell atau photovoltaic. Energi yang dihasilkan disimpan pada baterai dalam bentuk elektrokimia [2]. Pada dasarnya peralatan listrik umumnya menggunakan sumber listrik AC (Alternating Current), sedangkan sistem PLTS menghasilkan tegangan DC (Direct Current). Sistem PLTS memiliki beberapa tahapan konversi energi hingga akhirnya dapat disalurkan dan digunakan untuk pemenuhan kebutuhan listrik, salah satu tahapan tersebut adalah pengkonversian energi bentuk DC ke bentuk AC yang dilakukan oleh unit converter daya yang dikenal dengan nama inverter.

Inverter adalah salah satu perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengkonversi tegangan DC menjadi tegangan AC. Output inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (*sine wave*), yaitu inverter yang memiliki tegangan keluaran dengan bentuk gelombang sinus murni. Inverter jenis ini dapat memberikan supply tegangan ke beban (Induktor). Gelombang kotak (*square wave*), yaitu inverter dengan keluaran berbentuk gelombang kotak, inverter jenis ini tidak dapat digunakan untuk mencatu tegangan ke beban induktif. Gelombang sinus modifikasi (*sine wave modified*), yaitu inverter dengan tegangan keluaran berbentuk gelombang kotak yang dimodifikasi sehingga menyerupai gelombang sinus. Inverter juga berfungsi sebagai penyedia listrik cadangan baik di kendaraan maupun di rumah, sebagai emergency power saat aliran listrik rumah padam. Selain itu dimasa mendatang, inverter akan memegang peranan penting dalam mengubah energi DC dari sumber energi terbarukan seperti sel surya menjadi energi listrik AC yang digunakan sehari-hari [3].

Berdasarkan permasalahan kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat, penggunaan sistem PLTS sebagai energi alternatif masih membutuhkan sebuah converter, oleh karenanya peneliti memilih inverter pure sine wave yang

dapat mengkonversi tegangan DC ke tegangan AC untuk pemanfaatan energi surya skala rumah tangga.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini akan Merancang Sistem Pengendali Frekuensi Pembangkit Listrik Tenaga Air skala Pikohidro untuk kebutuhan energi Listrik sehari-hari bangunan Pendopo Sanggar seni Roso Pametri Budoyo di Desa Ngijo, Kec.Karang Ploso, Kab Malang. Selain itu, bagaimana mendapatkan rancangan PLTA yang memiliki kualitas tegangan dan frekuensi yang sesuai,maka dari itu dibutuhkan suatu sistem pengendali frekuensi untuk mengatur kestabilan suatu sistem.

#### B. Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan pada sub-bab latar belakang ditemui beberapa permasalahan :

1. Bagaimana menentukan kapasitas inverter yang diperlukan PLTPH-PLTS.
2. Bagaimana merancang sistem inverter PWM.

Bagaimana menentukan rancangan sistem pengendali frekuensi agar memiliki kualitas tegangan dan frekuensi yang stabil

#### C. Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang kapasistas inverter yang sesuai
2. Menentukan kapasitas inverter yang diperlukan
3. Menentukan sistem pengendali frekuensi agar memiliki kualitas tegangan dan frekuensi yang stabil.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Inverter

Inverter dapat mengubah arus listrik searah menjadi arus listrik bolak-balik, dari tegangan input 12Vdc menjadi tegangan output 220Vac, dengan kebutuhan daya tergantung dari kebutuhan beban yang terpasang pada inverter.Inverter juga berfungsi sebagai panel isolasi dan proteksi terhadap arus atau tegangan lebih sehingga dapat diatur sesuai dengan pemakaiannya agar hasil nya dapat tetap stabil.[1]

Inverter sendiri memiliki prinsip kerja,berikut adalah beberapa prinsip kerja dari Inverter,

1. Penyearah (*Rectifier*): Inverter pertama-tama mengubah arus listrik DC menjadi arus listrik AC menggunakan penyearah. Penyearah ini terdiri dari dioda atau rangkaian dioda yang mengalirkan arus listrik hanya dalam satu arah.
2. Osilator: osilator pada inverter berfungsi sebagai pengatur gelombang atau frekuensi yang diinginkan pada inverter.
3. Pengendali (*Controller*): Pengendali pada inverter berfungsi sebagai pengontrol sinyal yang dihasilkan dari osilator.
4. Transistor *Switching*: Inverter menggunakan transistor sebagai saklar elektronik untuk mengubah arus DC menjadi arus AC.
5. Modulasi Lebar Pulsa (*Pulse Width Modulation/PWM*): Inverter menggunakan metode

modulasi lebar pulsa untuk mengatur kecepatan dan daya *output inverter*.Dalam metode ini,lebar pulsa sinyal yang dikendalikan oleh pengendali diubah-ubah untuk mengontrol daya yang dikirim ke beban.

Menentukan daya Inerter dapat dilihat pada rumus :

$$P_{\text{inverter}} = SF \times PL \quad (1)$$

Dimana :

SF = Safety Factor (1,25)

PL = Peak Load (Beban Puncak)



Gambar 1. Inverter

### B. PWM (Pulse Width Modulation)

Pulse Width Modulation (PWM) dapat diartikan secara garis besar merupakan sebuah metode untuk memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu periode tertentu, yang nantinya digunakan untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang nilainya berbeda-beda.Pembangkitan gelombang PWM dapat dilakukan secara digital menggunakan bantuan microcontroller dengan menggunakan baris coding.

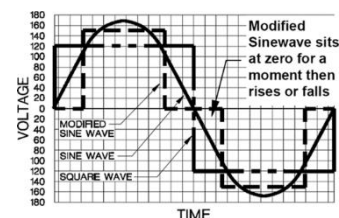
Menentukan besarnya frekuensi dan periode dari gelombang referensi (gelombang sinus) sesuai dengan yang diinginkan, dapat ditentukan dengan mengatur periode gelombang keluaran.[2]

$$T = 1/f \quad (2)$$

Keterangan

f= Frekuensi (Hz);

T= Periode (ms);



Gambar 2. Pulse Width Modulation

### C. Transformator

Transformator DC ke AC merupakan peralatan listrik yang mengubah bentuk energi listrik menjadi suatu bentuk energi listrik yang lainnya. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh transformator ditentukan oleh kebutuhan energi listrik.

Prinsip kerja dari Transformator adalah dengan induksi elektromagnetik.Trafo menggunakan kumparan kawat,yang jika dialiri arus bolak-balik maka akan menciptakan induksi elektromagnetik, sehingga dapat

diartikan bahwa arus listrik pada kawat melingkar menghasilkan medan magnet. Inti besi tempat melilitnya kumparan kawat meningkatkan medan magnet yang dihasilkan dari induksi. Arus listrik AC yang bolak-balik menghasilkan fluks yang berubah. Fluks bolak-balik yang dihasilkan mempengaruhi kumparan sekunder dan menghasilkan gaya gerak listrik juga arus listrik yang dijelaskan oleh hukum Faraday.



Gambar 3. Transformator

#### D. EGS002 Modul Driver Inverter EGS002

EGS002 adalah sebuah modul pembangkit sinyal SPWM yang terdiri dari 1 buah IC EG8010 dan 2 buah IC IR2110S, modul ini berfungsi sebagai driver penggerak mosfet yang dapat menghasilkan gelombang sinus murni pada inverter. Modul ini dapat mengontrol tegangan, arus, suhu, dan kipas serta dapat mengatur konfigurasi frekuensi sebesar 60 dan 50 Hz. EGS002 adalah driver yang dirancang untuk inverter satu fasa dengan gelombang sinus murni. Kelebihan EGS002 adalah dapat meningkatkan kemampuan anti gangguan dengan diberinya LED sebagai tanda ke kesalahan rangkaian, ada pula pengaturan untuk LCD khusus EGS002.



Gambar 4. Modul EGS002

#### E. Kapasitor

Kapasitor atau kondensator adalah komponen listrik yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik. Bentuknya bermacam-macam seperti bulat tipis, persegi empat berwarna-warni merah, hijau, coklat, dan lainnya. Kapasitor juga boleh dibolak-balik karena tidak mempunyai kaki positif dan negatif.



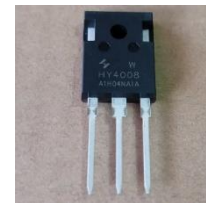
Gambar 5. Kapasitor

#### F. Mosfet HY4008

MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) adalah sebuah perangkat semikonduktor yang

secara luas di gunakan sebagai switch dan sebagai penguat sinyal pada perangkat elektronik. MOSFET adalah inti dari sebuah IC ( integrated Circuit ) yang di desain dan di fabrikasi dengan single chip karena ukurannya yang sangat kecil.

MOSFET memiliki empat gerbang terminal antara lain adalah Source (S), Gate (G), Drain (D) dan Body(B). MOSFET bekerja secara elektronik memvariasikan sepanjang jalur pembawa muatan ( electron atau hole ). Muatan listrik masuk melalui Saluran pada Source dan keluar melalui Drain. Lebar Saluran di kendalikan oleh tegangan pada electrode yang di sebut dengan Gate atau gerbang yang terletak antara Source dan Drain. ini terisolasi dari saluran di dekat lapisan oksida logam yang sangat tipis. Kapasitas MOS pada komponen ini adalah bagian Utama nya.



Gambar 6. Mosfet HY4008

#### G. Ic Regulator

Fungsi IC regulator ada dua. Pertama, mengatur arus listrik yang masuk ke rotor coil sehingga tegangan yang dihasilkan oleh alternator tetap konstan. Kedua, mematikan lampu pengisian jika alternator menghasilkan arus listrik.



Gambar 7. Ic Regulator 7824

#### H. Dioda 1N4007

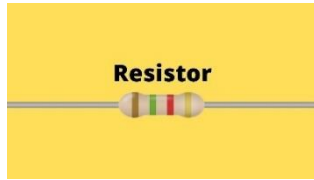
Dioda adalah komponen aktif yang mempunyai fungsi untuk menghantarkan arus listrik ke satu arah Selain itu, untuk Dioda sendiri juga bisa menghambat arus listrik dari arah yang sebaliknya.



Gambar 8. Dioda 1N4007

#### I. Resistor

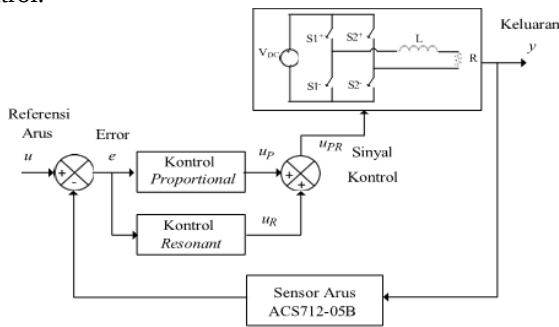
Resistor merupakan komponen yang berfungsi untuk menghambat dan mengatur arus listrik di dalam sebuah rangkaian elektronika. Satuan dari nilai resistor elektronika adalah ohm.



Gambar 9. Resistor

#### J. Kontrol Arus Proportional Resonant pada Inverter Satu Fasa

Sinyal kontrol *proportional resonant* digunakan untuk mengumpukan balikkan nilai keluaran arus dari *inverter* dengan mengontrol variabel sinusoidal yang memiliki frekuensi resonansi di 50 Hz. Nilai *error*  $e(t)$  diperoleh dari hasil pengurangan nilai arus aktual yang diukur oleh sensor arus ( $y$ ) dan nilai referensi arus yang diberikan lewat potensiometer ( $u$ ). Setelah nilai  $e(t)$  didapatkan, kontroler akan menghitung nilai *error* dengan nilai penguatan untuk menghasilkan sinyal kontrol.



Gambar 10. Diagram Blok Kontrol Propotional Resonant

Berikut adalah persamaan kontroler *Proportional Resonant* dalam bentuk transformasi *Laplace* :

$$G_{PR}(s) = K_p + \frac{2K_r \omega_{PRc} s}{s^2 + 2\omega_{PRc} s + \omega_1^2} \quad (3)$$

Fungsi alih dalam domain  $s$  harus didiskritisasi menjadi domain  $k$  agar dapat diolah dalam mikrokontroler. Dengan metode pendekatan *Backward Difference* yang ditunjukkan dalam persamaan.

$$s = \frac{1 - z^{-1}}{T} \quad [3]$$

Berikut ini adalah nilai parameter kontroler *proportional* yang dilakukan dengan metode empiris:

$$K_p = 0,9 \quad (4)$$

Didapat persamaan kontroler *proportional* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} u_P(k) &= K_p \cdot e(k) \\ u_P(k) &= 0,9 \cdot e(k) \end{aligned} \quad (5)$$

Persamaan yang didiskritisasi adalah *gain resonant* karena memiliki sistem orde dua dalam fungsi alih domain  $s$

$$\frac{u_R(s)}{e(s)} = \frac{2K_r \omega_{PR} s}{s^2 + 2\omega_{PR} s + \omega^2} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} u_R(z) &= \left( \frac{1}{1 + 2\omega_{PR} T + \omega^2 T^2} \right) (-u(z) \cdot z^{-2} + u(z) \cdot z^{-1} (2 + 2\omega_{PR} T) \\ &\quad - e(z) \cdot z^{-1} (2K_r \omega_{PR} T) + e(z) (2K_r \omega_{PR} T)) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} u_R(k) &= -\frac{u(k-2)}{1 + 2\omega_{PR} T + \omega^2 T^2} + \frac{(2 + 2\omega_{PR} T) \cdot u(k-1)}{1 + 2\omega_{PR} T + \omega^2 T^2} \\ &\quad - \frac{2K_r \omega_{PR} T \cdot e(k-1)}{1 + 2\omega_{PR} T + \omega^2 T^2} + \frac{2K_r \omega_{PR} T \cdot e(k)}{1 + 2\omega_{PR} T + \omega^2 T^2} \end{aligned} \quad (8)$$

Berikut ini adalah nilai parameter kontroler *resonant* yang dilakukan dengan metode empiris:

$$K_r = 7135,69$$

$$\omega_{PRc} = 0,07$$

$$\omega_1 = 314$$

$$T = 0,0001$$

Berdasarkan persamaan (8) didapat persamaan kontroler *resonant* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} u_R(k) &= -0,999 \cdot u(k-2) + 1,998 \cdot u(k-1) - 0,09998 \cdot e(k-1) \\ &\quad + 0,09998 \cdot e(k) \end{aligned} \quad (9)$$

Setelah itu didapatkan persamaan akhir dari kontroler *Proportional Resonant* sebagai berikut:

$$u_{PR}(k) = u_P(k) + u_R(k) \quad (10)$$

$$u_{PR}(k) = 0,9 \cdot e(k) - 0,999 \cdot u(k-2) + 1,998 \cdot u(k-1) - 0,09998 \cdot e(k-1) + 0,09998 \cdot e(k)$$

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat Pengambilan Data

Penelitian ini dilakukan di Desa Pendem, Kec. Junrejo. Kota Batu tepatnya di Sanggar Latar Seni Winarto Ekram dengan titik koordinat dan Perakitan alat dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Elektrik (KEE) Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang. Pengambilan data berupa debit air, (head) atau tinggi jatuh air, serta total daya beban dilakukan langsung di Sanggar Latar Seni Winarto Ekram. Sedangkan penentuan komponen maupun perakitan alat mengenai Inverter yang akan dipasang pada Sanggar dilakukan di Laboratorium KEE.



Gambar 11. Titik Koordinat dan Lokasi Pengambilan Data

## B. Alat dan Bahan

Untuk alat dan bahan yang diperlukan dalam perakitan alat pada penelitian ini terdiri dari beberapa komponen yaitu:

Tabel 1. Alat dan Bahan

| Nama Perangkat               | Jumlah |
|------------------------------|--------|
| Modul Driver Inverter EGS002 | 1      |
| Transformator CT 24 V        | 1      |
| Kapasitor 35v                | 6      |
| Kapasitor 25V 470µF          | 1      |
| Kapasitor 100µF              | 1      |
| Kapasitor 50V 10µF           | 1      |
| MOSFET HY4008                | 4      |
| Ic Regulator 7824            | 3      |
| Dioda 1N4007                 | 4      |
| Resistor                     | 10     |

Untuk detail spesifikasi alat dan bahan yang dipakai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1. Modul Driver EGS002

Tabel 2. Spesifikasi Modul Driver EGS002

| Nama Perangkat  | Keterangan             |
|-----------------|------------------------|
| IC Utama        | EG8010                 |
| Driver Chip     | IR21105                |
| Tipe Inverter   | Pure Sine Wave         |
| Daya Inverter   | 300 Watt – 10.000 Watt |
| Topologi Mosfet | H-Bridge 4 Mosfet      |

### 2. Transformator CT 24V

Tabel 3. Spesifikasi Transformator CT 12V

| Nama Perangkat     | Keterangan      |
|--------------------|-----------------|
| Tipe Transfoemator | CT (Center Top) |
| Tegangan Input     | 24VDC           |
| Tegangan Output    | 220V AC         |
| Daya               | 5VA – 0.21 A    |

### 3. Kapasitor 35V

Tabel 4. Spesifikasi Kapasitor 35V

| Nama Perangkat  | Keterangan        |
|-----------------|-------------------|
| Kapasitansi     | 390 µF – 100 µF   |
| Tegangan        | 35V DC            |
| Suhu Operasi    | -40° hingga +150° |
| Umur            | 6000 – 10000 jam  |
| Ripple Current  | 1,5 A             |
| Leakage Current | 0.01 CV atau 3 µA |
| Toleransi       | ±20%              |

### 4. Kapasitor 25V 470 µF

Tabel 5. Spesifikasi Kapasitor 25V 470 µF

| Nama Perangkat          | Keterangan        |
|-------------------------|-------------------|
| Kapasitansi             | 470 µF            |
| Tegangan                | 25V DC            |
| Suhu Operasi            | 105°              |
| Umur                    | ±5000jam          |
| Ripple Current (100kHz) | 2235 mA           |
| Impedansi (20° ,100kHz) | 0.01 CV atau 3 µA |
| Toleransi               | ±20%              |

### 5. Kapasitor 100µF

Tabel 6. Spesifikasi Kapasitor 100µF

| Nama Perangkat  | Keterangan        |
|-----------------|-------------------|
| Kapasitansi     | 100 µF            |
| Tegangan        | 35V DC            |
| Suhu Operasi    | -40° hingga +150° |
| Umur            | 1000 – 10000 jam  |
| Leakage Current | 0.01 CV atau 3 µA |
| Toleransi       | ±20%              |

### 6. Kapasitor 50V 10µF

Tabel 7. Spesifikasi Kapasitor 50V 10µF

| Nama Perangkat  | Keterangan        |
|-----------------|-------------------|
| Kapasitansi     | 10 µF             |
| Tegangan        | 50V DC            |
| Suhu Operasi    | -40° hingga +150° |
| Umur            | 1000 – 10000 jam  |
| Leakage Current | 0.01 CV atau 3 µA |
| Toleransi       | ±20%              |

## 7. MOSFET HY4008

Tabel 8. Spesifikasi MOSFET HY4008

| Nama Perangkat                    | Keterangan                 |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Tipe MOSFET                       | N-Channel Enhancement Mode |
| Vds (Drain Source Voltage)        | 80V                        |
| Id (Drain Current)                | 200A                       |
| Rds (on) (On State Resistance)    | 2.9 mΩ                     |
| Vgs (Gate Source Voltage)         | ±25V                       |
| TJ (Maximum Junction Temperature) | 175°                       |
| PD (Maximum Power Dissipation)    | 345W                       |
| EAS (Avalanche)                   | 1496 mJ                    |

## 8. Ic Regulator 7824

Tabel 9. Spesifikasi Ic Regulator 7824

| Nama Perangkat          | Keterangan |
|-------------------------|------------|
| Tipe                    | LM7824     |
| Tipe Paket              | TO-220     |
| Tegangan Input Maksimum | 40 V       |
| Tegangan Output         | 24 V       |
| Arus Output             | 1.5 A      |

## 9. Dioda 1N4007

Tabel 10. Spesifikasi Dioda 1N4007

| Nama Perangkat                    | Keterangan      |
|-----------------------------------|-----------------|
| Tipe Dioda                        | Rectifier Dioda |
| Tegangan Terbalik Maksimum (VRRM) | 1000V           |
| Arus Searah Maksimum (If)         | 1A              |
| Arus Lonjakan Maksimum (Ifsm)     | 30A             |
| Penurunan Tegangan Maju (Vf)      | 1.1 A           |
| Kisaran Suhu Operasi              | -55°- 150°C     |

## C. Perancangan Penelitian

Deskripsi dari sistem yang ada pada penelitian ini adalah membahas Desain Inverter PWM Sine Wave Pada Pembangkit Listrik Hybrid Pikohidro Dan PLTS untuk mengatur frekuensi agar memiliki kualitas tegangan dan frekuensi yang stabil. Penelitian ini bertujuan mengubah tegangan DC dari sumber Pikohidro dan PLTS menjadi tegangan AC dengan bentuk gelombang sinusoidal yang stabil. Hal ini memastikan bahwa beban menerima tegangan yang konsisten dan sesuai dengan kebutuhan.

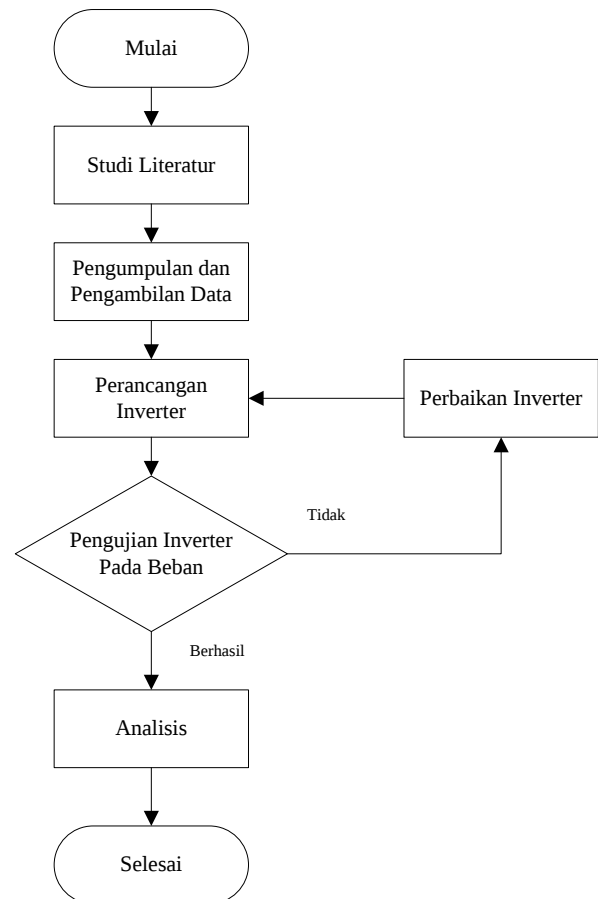
Dengan menggunakan modul driver EGS002 dapat menghasilkan gelombang sinusoidal murni yang penting untuk menjaga kualitas daya yang diterima oleh beban terutama peralatan sensitif, serta dapat menghasilkan tegangan dan arus keluaran yang relatif konstan dengan nilai harmonisa yang kecil sehingga lebih efisien dan aman digunakan untuk berbagai macam peralatan elektronik.

## D. Spesifikasi Sistem

Spesifikasi sistem yang dibuat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Dapat mengubah tegangan DC dari sumber Pikohidro dan PLTS menjadi tegangan AC dengan berbentuk gelombang sinusoidal.
- Mampu menghasilkan tegangan dan frekuensi output yang stabil untuk memastikan kualitas daya yang diterima oleh beban

## E. Flowchart Penelitian



Gambar 12. Flowchart Penelitian

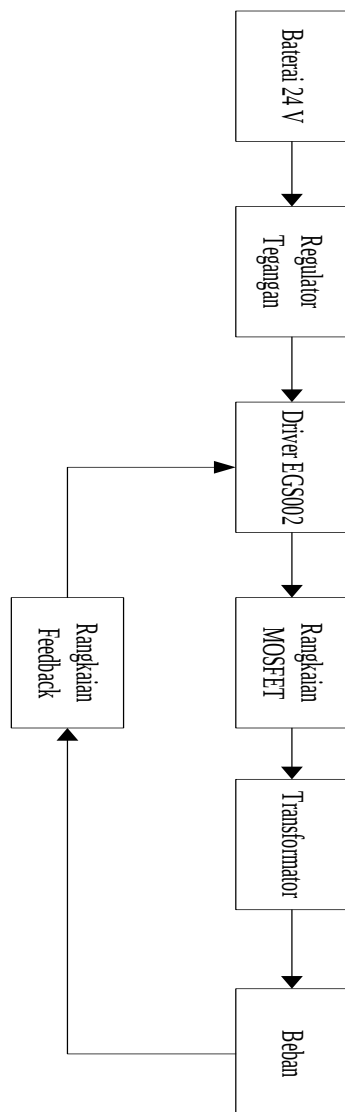
## Penjelasan Flowchart :

- Mulai
- Studi Literatur: Tahap awal ini melibatkan penelaahan literatur yang ada untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang topik inverter PWM sine wave dari sumber jurnal, buku maupun website
- Pengumpulan dan Pengambilan Data: Setelah studi literatur, langkah selanjutnya adalah mengumpulkan dan mengambil data yang relevan untuk desain inverter. Seperti tegangan input, tegangan output, daya input.
- Perancangan Inverter: Dengan data yang telah dikumpulkan, proses berlanjut ke perancangan

inverter PWM sine wave berdasarkan data yang telah diperoleh

5. Pengujian Inverter Pada Beban: Inverter yang telah dirancang akan diuji pada beban untuk memastikan fungsinya sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.
6. Perbaikan Inverter: Jika pengujian tidak berhasil atau mengalami gangguan maka desain inverter akan diperbaiki.
7. Analisis: Apabila berhasil maka dapat dilakukan analisis untuk mengevaluasi kinerja inverter dan memastikan bahwa semua parameter telah terpenuhi.
8. Selesai

#### F. Blok Diagram Alat



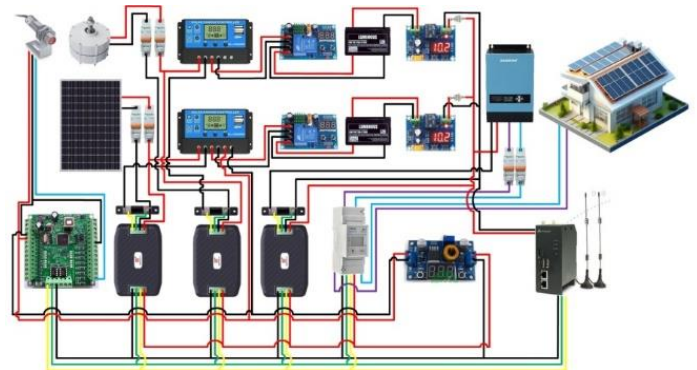
Gambar 13. Blok Diagram Alat

Berikut penjelasan mengenai blok diagram rangkaian alat pada gambar tersebut :

- 1) Beban 24V : Ini adalah sumber daya utama untuk rangkaian desain Inverter PWM Sine Wave dimana Baterai dengan tegangan DC 24 Volt akan diubah menjadi tegangan AC 220 Volt

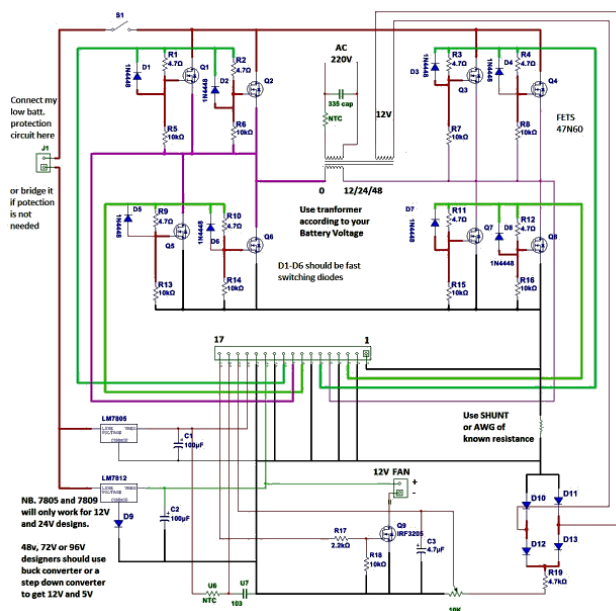
- 2) Regulator tegangan : Tahapan ini mengatur tegangan dari baterai untuk memastikan bahwa tegangan yang stabil dan sesuai diberikan ke rangkaian modul driver EGS002.
- 3) Driver EGS002 : Driver ini mengontrol rangkaian MOSFET berdasarkan sinyal input yang diberikan. EGS002 digunakan untuk menghasilkan gelombang sinus murni dari sumber DC
- 4) Rangkaian MOSFET : MOSFET berfungsi sebagai saklar kontrol oleh driver EGS002 untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Rangkaian ini sering kali terdiri dari beberapa MOSFET yang diatur dalam konfigurasi push-pull atau full-bridge.
- 5) Transformator Step Up : Transformator ini digunakan untuk meningkatkan tegangan AC yang dihasilkan oleh rangkaian MOSFET.
- 6) Beban : Output dari rangkaian ini merupakan peralatan listrik yang memerlukan AC
- 7) Rangkaian Feedback : Rangkaian ini memberikan umpan balik dari output Transformator (Trafo) ke driver EGS002. Umpan balik ini digunakan untuk mengatur output rangkaian sehingga tetap stabil dan sesuai dengan yang diinginkan, bahkan ketika beban berubah.

#### G. Perancangan Pembangkit Listrik Hybrid Pikohidro dan PLTS



Gambar 14. Perancangan Pembangkit Listrik Pikohidro dan PLTS

Perancangan pada gambar 15 yaitu Pembangkit Listrik Hybrid Pikohidro dan PLTS dengan monitoring SCADA, komponen yang digunakan meliputi generator, panel surya, solar charge controller, Low Voltage Driver, High Voltage Driver, Dioda, Baterai, Inverter, MCB, Sensor Proximity, Sensor PZEM, Sensor Thera TEM, Outseal PLC, dan Cbox Haiwel. Dengan rancangan tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik pada Sanggar Latar Seni.



Gambar 15. Perancangan Desain Inverter PWM Sine Wave

Berikut penjelasan berdasarkan rangkain pada gambar diatas dimana Input merupakan titik dimana tegangan DC dari Baterai yang digunakan oleh Pembangkit Pikohidro dan PLTS masuk ke dalam rangkain inverter dan Fuse digunakan untuk melindungi rangkain dari arus berlebih, Dioda akan memastikan arus yang mengalir hanya dalam satu arah dari baterai menuju EGS002, setelah melewati dioda Filter DC berupa kapasitor besar digunakan untuk menyaring dan menstabilkan tegangan, lalu IC EGS002 merupakan komponen yang menghasilkan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) dan akan mengontrol gerbang MOSFET atau IGBT dalam konfigurasi Full-Bridge serta terdapat regulator tegangan yang digunakan untuk menstabilkan tegangan modul EGS002. Di dalam modul EGS002 terdapat osilator yang menghasilkan PWM berdasarkan gelombang sinus referensi. Sinyal ini kemudian digunakan untuk menghasilkan gelombang sinus pada output melalui teknik modulasi lebar pulsa (SPWM). MOSFET atau IGBT yang dikontrol oleh modul EGS002 disusun dalam konfigurasi H-Bridge untuk mengubah sinyal PWM menjadi tegangan AC. Lalu sinyal AC yang masih berbentuk gelombang kotak difilter menggunakan rangkain filter LC (Induktor dan Kapasitor) untuk menghasilkan bentuk gelombang menjadi lebih mendekati gelombang sinus murni pada lilitan primer Transformator. AC tegangan kemudian ditingkatkan menggunakan transformator untuk mencocokkan tingkat tegangan output yang dibutuhkan. Selain itu mengatasi komponen yang menghasilkan panas seperti MOSFET dan IC Kipas (*Fan*) digunakan untuk mendinginkan untuk pencegahan *Overheating* dan Heat sink digunakan untuk membuang panas dari komponen. Tegangan AC yang telah ditingkatkan ini siap untuk digunakan oleh peralatan listrik yang memerlukan tegangan AC dapat menggunakan socket AC

#### A. Total Energi Beban

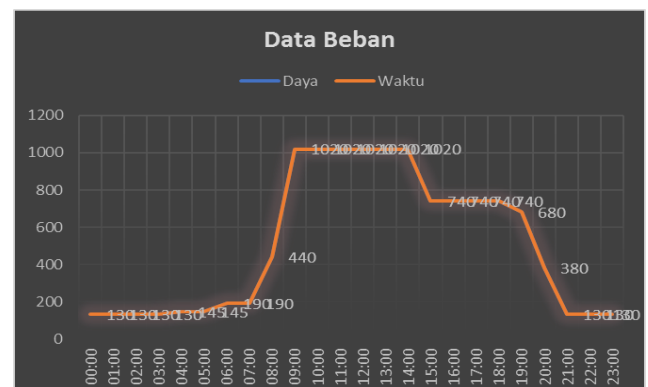
Total Energi Beban mempengaruhi penentuan kapasitas Iverter yang digunakan, karena apabila kapasitas Inverter terlalu kecil maka beberapa peralatan mungkin tidak dapat digunakan.

Berikut dapat dilihat pada tabel berikut untuk total energi beban pada Sanggar Latar Seni Winarto Ekram.

Tabel 11. Data Beban

| No                         | Perangkat    | Daya Satuan (W) | Jumlah | Total Daya (W) | Durasi (Jam) | Total (Wh) |
|----------------------------|--------------|-----------------|--------|----------------|--------------|------------|
| 1                          | Lampu        | 20              | 9      | 180            | 12           | 2160       |
| 2                          | Lampu        | 10              | 4      | 40             | 12           | 480        |
| 3                          | Lampu Jalan  | 15              | 2      | 30             | 12           | 360        |
| 4                          | Lampu Taman  | 15              | 4      | 60             | 10           | 600        |
| 5                          | Kulkas       | 130             | 1      | 130            | 24           | 3120       |
| 6                          | Show Case    | 250             | 1      | 250            | 12           | 3000       |
| 7                          | Rice Cooker  | 180             | 1      | 180            | 5            | 900        |
| 8                          | Televisi     | 100             | 1      | 100            | 5            | 500        |
| 9                          | Sound System | 300             | 2      | 600            | 10           | 6000       |
| Total Penggunaan Daya (Wh) |              |                 |        |                |              | 17120      |

Tabel 11 merupakan total energi beban yang digunakan dalam 1 hari. Untuk mengetahui waktu penggunaan beban beserta data beban maksimal yang dupakai dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 16. Grafik Beban Puncak

Pada grafik tersebut dapat diketahui bahwa beban maksimal yang digunakan pada pukul 09.00 sampai 14.00 dimana total daya beban yaitu 1.020 Watt. Dengan demikian maka kapasitas Inverter dapat diketahui berdasarkan perhitungan berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{Inverter}} &= SF \times PL \\
 &= 1,25 \times 1.020 \text{ Watt} \\
 &= 1.275 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Dalam hal ini kapasitas daya inverter yang digunakan sebesar 1500 Watt. Dalam hal ini penggunaan baterai yang digunakan adalah 24 Volt untuk dijadikan sumber listrik.

#### B. Perancangan Alat

Untuk merancang inverter yang digunakan pada Sanggar Latar Seni Winarto Ekram berikut beberapa komponen yang digunakan Transformator CT 24 V, Kapasitor 35 V, Kapasitor

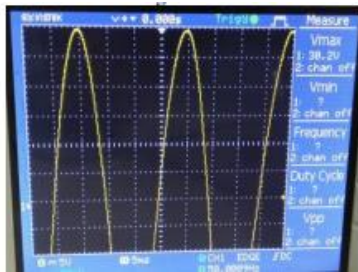
25V 470  $\mu$ F, Kapasitor 100  $\mu$ F, Kapasitor 50 10  $\mu$ F, MOSFET HY4008, Ic Regultor 7824, Dioda 1N4007, Resistor, dan Modul Driver Inverter EGD002. Dalam hal ini sumber daya yang digunakan adalah Baterai 24V, kemudian akan diubah menjadi tegangan 220 V dengan menggunakan transformator Step Up CT 24 V.



Gambar 17. Perancangan Alat Inverter PWM Sine Wave

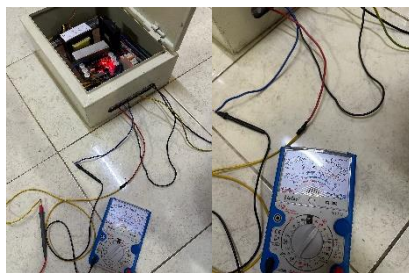
### C. Pengujian Alat Menggunakan Osiloskop

Dalam pengujian alat menggunakan Osiloskop ini dapat dilihat bahwa frekuensi yang dihasilkan bernilai 50 Hz dan gelombang yang dihasilkan berupa gelombang sinusoidal yang sempurna.



Gambar 18. Hasil Pengukuran Inverter Dengan Osiloskop

Sedangkan untuk pengujian Alat menggunakan Volt meter ini dapat dilihat bahwa keluaran tegangan yang dihasilkan oleh Inverter PWM ini menghasilkan nilai 220 Volt.



Gambar 19. Hasil Pengukuran Tegangan Inverter

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa perancangan Inverter PWM Sine Wave berhasil dilakukan , dimana dengan beban 17.120 Watt dan beban puncak 1.020 Watt maka kapasitas Inverter yang digunakan yaitu 1500 Watt dengan menggunakan Modul

Driver EGS002 dan Transformator CT 24 V mampu menghasilkan geklombang sinusoidal sempurna dengan Frekuensi 50Hz dan Tegangan 220VAc

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Offgrid, "Plts offgrid".
- [2] F. N. Ramadhani, M. Luqman, and S. Siswoko, "Modul Inverter Satu Fasa menggunakan Mosfet dengan Driver EGS002 Pure Sin Wave," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 8, no. 2, p. 39, 2021, doi: 10.33795/elk.v8i2.274.
- [3] S. M. Suroso, I. Setiawan, and B. Winardi, "Perancangan Inverter Satu Fasa Off-Grid Menggunakan Dspic30F4011 Dengan Kontrol Arus Metode Proportional Resonant," *Transient*, vol. 7, no. 3, p. 753, 2019, doi: 10.14710/transient.7.3.753-760.

## VII. BIODATA PENULIS



Kiky Kurniawan Korompis, lahir di Batam, 11 Januari 1999. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Harapan Utama Batam Tahun 2017. Penulis melanjutkan Pendidikan Studi di perguruan tinggi swasta Institut

Teknologi Malang program studi Teknik Elektro S-1 dengan konsentrasi Teknik Enegi listrik. Akhir kata dari penulis mengucapkan terima kasih dan rasa syukur yang sebanyak-banyaknya ats selesainya penelitian ini dengan judul "Desain Inverter Pure Sine Wave Pada Pembangkit Listrik Hybrid Pikohidro dan PLTS Di Desa Pendem, Kec. Junrejo, Kota Batu".