

**SKRIPSI**

**PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID*  
TENAGA SURYA DAN PLN**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro



Oleh

**ALBENI FAKHRI**  
**181000220201002**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT  
2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* TENAGA  
SURYA DAN PLN**

Oleh

**ALBENI FAKHRI**  
181000220201002

**Dosen Pembimbing I,**



**Ir. Yulisman, M.T.**  
NIDK. 8808220016

**Dosen Pembimbing II,**



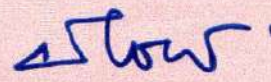
**Herris Yamashika, S.T., M.T.**  
NIDN. 1024038202

**Dekan Fakultas Teknik  
UM Sumatra Barat,**



**Masrif, S.T., M.T.**  
NIDN. 1005057407

**Ketua Program Studi  
Teknik Elektro,**



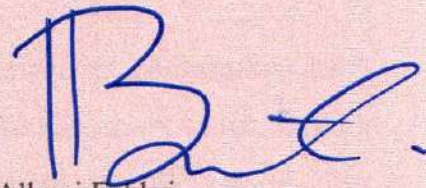
**Herris Yamashika, S.T., M.T.**  
NIDN. 1024038202

## LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal ..... di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatra Barat.

Bukittinggi, 21 Februari 2022

Mahasiswa,




Albeni Fakhri

181000220201002


Disetujui Team Penguji Skripsi :

1. Ir. Yulisman, M.T.
2. Herris Yamashika, S.T., M.T.
3. Mahyessie Kamil, S.T., M.T.
4. Ir. Budi Santosa, M.T.

1. 

2. 

3. 

4. 

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Elektro,



Herris Yamashika, S.T.,M.T.

NIDN. 102403820

## LEMBARAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Albeni Fakhri  
Tempat dan tanggal Lahir : Bukittinggi, 30 November 1997  
NIM : 181000220201002  
Judul Skripsi : Perancangan sistem Pembangkit Listrik Hybrid  
Tenaga Surya Dan PLN

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah di peroleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatra Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 25 Februari 2022

Yang membuat pernyataan,



SEPUULUH RIBU RUPIAH  
1000  
TEL. 20  
METEPAI  
TEMPER  
00AJX650237552

Albeni Fakhri

NIM. 181000220201002

## ABSTRAK

Energi listrik merupakan salah satu energi yang sangat di perlukan. Matahari (sinar matahari) adalah salah satu energy terbarukan, dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik. Indonesia merupakan Negara tropis, sehingga sinar matahari tersedia cukup banyak. Untuk mendapatkan energi listrik yang efisien dan aman (konsisten), dapat digunakan energi matahari yang backup degan energi listrik PLN menggunakan sistem *hybrid*. Sistem *hybrid* yang direncanakan menggunakan solar panel tipe *Poly-crystalline* 100 WP (2 buah ), Baterai 100 Ah 12 V (2 buah). Sistem kontroler *hybrid* menggunakan inverter *hybrid* 1000 watt. Aplikasi yang di rancang digunakan sebagai lampu penerangan labor sebanyak (10 buah) yang membutuhkan daya 1000 watt.

**Kata kunci: Sistem Hybrid, Tenaga Listrik PLN, Panel Surya dan Baterai.**



## ABSTRACT

*Electrical energy is one of the most needed energy. The sun (sunlight) is a renewable energy that can be used to generate electrical energy. Indonesia is a tropical country, so there is quite a lot of sunlight available. In order to obtain efficient and safe (consistent) electrical energy, backup solar energy can be used with PLN's electrical energy using a hybrid system. The planned hybrid system uses 100 WP Poly-crystalline solar panels (2 pieces), 100 Ah 12 V batteries (2 pieces). The hybrid controller system uses a 1000 watt hybrid inverter. Applications that are designed to be used as labor lighting lamps (10 pieces) that require 1000 watts of power.*

**Keywords:** *Hybrid System, PLN Electricity, Solar Panels and Batteries*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan bantuan, dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan Skripsi ini, yaitu kepada :

1. Orang tua, kakak, dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang;
2. Bapak Masril, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
3. Bapak Hariyadi, S.Kom., M.Kom. selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
4. Bapak Herris Yamashika, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, sekaligus Dosen Pembimbing Akademik, dan Dosen Pembimbing II Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
5. Bapak Ir.Yulisman, M.T. selaku Dosen Pembimbing I Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
6. Bapak/Ibu Tenaga Pengajar di Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik UM Sumatera Barat yang telah memberikan dukungan dan ilmunya kepada penulis;
7. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
8. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam Skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa Teknik Elektro.

Bukittinggi, 25 Februari 2022

ALBENI FAKHRI





## DAFTAR ISI

Halaman

|  |             |
|--|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b>   |             |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b>  |             |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN</b>   |             |
| <b>ABSTRAK</b>   |             |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>   | <b>i</b>    |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>  | <b>iii</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>  | <b>iv</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>  | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR GRAFIK.....</b>  | <b>viii</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>   |             |
| 1.1. Latar Belakang .....  | 1           |
| 1.2. Rumusan Masalah .....   | 2           |
| 1.3. Batasan Masalah .....   | 2           |
| 1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....   | 3           |
| 1.5. Sistematika Penulisan .....   | 3           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>   |             |
| 2.1. Penelitian Terdahulu .....  | 5           |
| 2.2. Komponen pada PLTS Hybrid .....   | 6           |
| 2.3. Pengertian dan Prinsip Kerja Sistem Hybrid pada PLTS .....  | 20          |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>   |             |
| 3.1. Lokasi Penelitian .....   | 22          |
| 3.2. Data Penelitian .....   | 22          |
| 3.3. Metode Perancangan .....  | 22          |
| 3.4. Bagan Alir Penelitian .....   | 26          |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>   |             |
| 4.1 Realisasi Hasil Perancangan Sistem Pembangkit Listrik <i>Hybrid</i> ..<br>Tenaga Surya dan PLN ..... | 27          |
| 4.2 Pengujian tegangan, arus, dan frekuensi pada sumber dan beban ..                                     | 32          |

**BAB V PENUTUP**

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| 5.1. Kesimpulan .....       | 50        |
| 5.2. Saran .....            | 50        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> | <b>51</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>       | <b>52</b> |



## DAFTAR TABEL

| No. Tabel  | Halaman  |
|------------|--|
| Tabel 4.1  | Pengukuran Sumber Dengan Beban 1000 watt ..... 33  |
| Tabel 4.2  | Hasil Pengukuran Beban (200 Watt) alat ukur otomatis pada<br>pintu panel ..... 33                    |
| Tabel 4.3  | Hasil Pengukuran Beban (200 Watt) menggunakan alat ukur<br>manual ..... 34                           |
| Tabel 4.4  | Hasil Perbandingan Pengukuran Tegangan (200 Watt) dengan<br>alat ukur otomatis dan manual ..... 35   |
| Tabel 4.5  | Hasil Perbandingan Pengukuran Arus (200 Watt) dengan alat<br>ukur otomatis dan manual ..... 36       |
| Tabel 4.6  | Hasil Pengukuran Beban (400 Watt) menggunakan alat ukur<br>otomatis ..... 34                         |
| Tabel 4.7  | Hasil Pengukuran Beban (400 Watt) menggunakan alat ukur<br>manual ..... 38                           |
| Tabel 4.8  | Hasil Perbandingan Pengukuran Tegangan ( 400 Watt ) dengan<br>alat ukur otomatis dan manual ..... 39 |
| Tabel 4.9  | Hasil Perbandingan Pengukuran Arus ( 400 Watt ) dengan alat<br>ukur otomatis dan manual ..... 39     |
| Tabel 4.10 | Hasil Pengukuran Beban ( 600 Watt ) menggunakan alat ukur<br>otomatis ..... 40                       |
| Tabel 4.11 | Hasil Pengukuran Beban ( 600 Watt ) menggunakan alat ukur<br>manual ..... 41                         |
| Tabel 4.12 | Hasil Perbandingan Pengukuran Tegangan (600 Watt)<br>dengan alat ukur otomatis dan manual ..... 42   |
| Tabel 4.13 | Hasil Perbandingan Pengukuran Arus (600 Watt) dengan alat<br>ukur otomatis dan manual ..... 42       |
| Tabel 4.14 | Hasil Pengukuran Beban (800 Watt) menggunakan alat ukur<br>otomatis pada pintu panel ..... 43        |
| Tabel 4.15 | Hasil Pengukuran Beban (800 Watt) menggunakan alat ukur<br>manual ..... 44                           |

|  |    |
|--|----|
| Tabel 4.16 Hasil Perbandingan Pengukuran Tegangan (800 Watt) dengan alat ukur otomatis dan manual .....                | 45 |
| Tabel 4.17 Hasil Perbandingan Pengukuran Arus (800 Watt) dengan alat ukur otomatis dan manual .....                    | 45 |
| Tabel 4.18 Hasil Pengukuran Beban (1000 Watt) menggunakan alat ukuran otomatis .....                                   | 46 |
| Tabel 4.19 Hasil Pengukuran Beban (1000 Watt) menggunakan alat ukur manual .....                                       | 47 |
| Tabel 4.20 Hasil Perbandingan Pengukuran Tegangan (1000 Watt) dengan alat ukur otomatis dan manual .....               | 48 |
| Tabel 4.21 Hasil Perbandingan Pengukuran Arus (1000 Watt) dengan alat ukur otomatis dan manual.....                    | 48 |
| Tabel 4.22 Pengukuran Berapa Lama Baterai 200 Ah Kondisi Terisi Penuh Bisa display ke beban dengan Beban 300 Watt..... | 49 |



## DAFTAR GAMBAR

| No. Gambar  | Halaman   |
|-------------|---|
| Gambar 2.1  | Modul photovoltaic ..... 8  |
| Gambar 2.2  | Inverter hybrid ..... 9   |
| Gambar 2.3  | Baterai 12V 100Ah ..... 13  |
| Gambar 2.4  | Kontaktor ..... 17  |
| Gambar 2.5  | mcb 1 phasa dan 3 phasa ..... 18  |
| Gambar 2.6  | Skema penyaluran listrik PLN..... 19  |
| Gambar 2.7  | Skema PLTS Hybrid..... 21   |
| Gambar 3. 1 | Diagram blok perangkat keras ..... 23   |
| Gambar 3. 2 | Diagram alir metodologi penelitian..... 26  |
| Gambar 4. 1 | Rangkaian kontrol ..... 28  |
| Gambar 4. 2 | Rangkaian daya ..... 28   |
| Gambar 4. 3 | Rangkaian beban ..... 29  |
| Gambar 4. 4 | Rangkaian pengukuran ..... 29   |
| Gambar 4. 5 | Panel Surya 100 WP 2 buah dihubungkan seri ..... 30                                     |
| Gambar 4. 6 | Bateray 100 Ah 12 V 2 buah dihubungkan seri ..... 31                                    |
| Gambar 4. 7 | Panel Kontrol Sistem Pembangkit Listrik <i>Hybrid</i> Tenaga Surya dan PLN ..... 31     |
| Gambar 4. 8 | Hasil Perancangan Sistem Pembangkit Listrik <i>Hybrid</i> Tenaga Surya dan PLN ..... 32 |

## DAFTAR GRAFIK

| No. Grafik  | Halaman |
|---|---------|
| Grafik 4.1 Hasil Pengukuran Beban ( 200 Watt ) alat ukur otomatis pada pintu panel..... | 34      |
| Grafik 4.2 Hasil Pengukuran Beban ( 200 Watt ) menggunakan alat ukur manual.....        | 35      |
| Grafik 4.3 Hasil Pengukuran Beban ( 400 Watt ) menggunakan alat ukur otomatis .....     | 37      |
| Grafik 4.4 Hasil Pengukuran Beban ( 400 Watt ) menggunakan alat ukur manual.....        | 38      |
| Grafik 4.5 Hasil Pengukuran Beban ( 600 Watt ) menggunakan alat ukur otomatis .....     | 40      |
| Grafik 4.6 Hasil Pengukuran Beban ( 600 Watt ) menggunakan alat ukur manual.....        | 41      |
| Grafik 4.7 Hasil Pengukuran Beban ( 800 Watt ) menggunakan alat ukur otomatis .....     | 43      |
| Grafik 4.8 Hasil Pengukuran Beban ( 800 Watt ) menggunakan alat ukur manual.....        | 44      |
| Grafik 4.9 Hasil Pengukuran Beban ( 1000 Watt ) menggunakan alat ukur otomatis .....    | 46      |
| Grafik 4.10 Hasil Pengukuran Beban ( 1000 Watt ) menggunakan alat ukur manual.....      | 47      |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu faktor utama terjadinya pertumbuhan ekonomi suatu negara. Sumber energi listrik menjadi salah satu kebutuhan utama mengingat banyaknya peralatan saat ini yang sangat memerlukan sumber energi listrik. Energi listrik dimanfaatkan sebagai konsumsi rumah tangga, gedung- gedung sekolah, kantor, maupun sebagai penerangan jalan. Kebutuhan akan energi listrik menjadi semakin kompleks ketika sumber energi listrik hanya bergantung kepada percadangan energi konvensional yang semakin lama semakin habis. Energi seperti ini akan tetap menjadi tema penelitian yang menarik sepanjang peradaban umat manusia. Upaya mencari sumber energi alternatif sebagai pengganti sumber energi konvensional bahan bakar fosil masih tetap ramai dibicarakan. Salah satu sumber energi alam yang tersedia sebagai energi alternatif yang bersih, tidak berpolusi, aman dengan persediaan yang tidak terbatas adalah energi surya.

Energi surya diubah menjadi energi listrik melalui bantuan panel surya (*photovoltaic*). Panel surya berfungsi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Teknologi panel surya merupakan sebuah hamparan semi konduktor yang dapat menyerap *photon* dari sinar matahari dan mengkonversi menjadi listrik. Panel surya biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun parallel.

Oleh karena itu perlunya teknologi baru untuk menggantikan sumber energi listrik dari pembangkit listrik PLN yang berasal dari energi tak terbarukan. Selain itu perlunya ketersediaan energi berkelanjutan yang merupakan faktor penting karena mengingat energi fosil yang cepat atau lambat akan habis, begitu juga dengan dampak perekonomian yang sampai saat ini masih terlalu banyak memakan biaya, begitu juga infrastruktur yang sesuai dalam sistem pelayanan masyarakat dan masalah

dari dampak sosial yang akan terjadi. Solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan *solar cell*, karena energi matahari yang sangat berlimpah dan tidak akan pernah habis jika kita gunakan secara terus menerus<sup>[5]</sup>.

Daerah dataran tinggi sangat cocok untuk menerapkan pembangkit energi listrik dari *photovoltaic* mengingat intensitas cahaya matahari yang bagus. Dengan menggunakan *solar cell* maka didapatkan cara untuk mengurangi pemakaian sumber listrik dari PLN yang terbatas. Salah satu upaya yang akan dikembangkan adalah PLTS *Hybrid* (PV dan PLN) yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya sistem *Hybrid*, dimana sumber listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat digabungkan dengan sumber listrik dari PLN. Dengan demikian secara bergantian kedua sistem ini akan saling menunjang ketika terjadi kekurangan daya listrik atau pemadaman. Dalam sistem ini, sumber energi utama adalah dari panel surya yang dikonversikan dan ditampung ke baterai, dan ketika pemakaian listrik melebihi dari kapasitas baterainya maka secara otomatis listrik dari PLN akan masuk. Dari uraian di atas maka penulis akan melakukan perancangan dan pembuatan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid (PV dan PLN).

## 1.2 Rumusan Masalah

Bedasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana merancang perangkat sistem pembangkit listrik tenaga surya *hybrid* (PV dan PLN).
- b. Bagaimana sistem kerja dari pembangkit listrik tenaga surya *hybrid* (PV dan PLN) untuk melayani beban.

## 1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan ini tidak menyimpang dari topik yang telah ditentukan maka penulis memberi batasan masalah sebagai berikut:



- a. Sistem pembangkit listrik tenaga surya *hybrid* (PV dan PLN) yang dirancang adalah sistem 1 fasa.
- b. Panel surya yang digunakan berada pada posisi tetap mengarah ke arah matahari terbit.
- c. Pelayanan beban dilakukan berdasarkan dari ketersediaan energi yang berasal dari sumber matahari.

## **1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

### **1.4.1 Tujuan**

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengimplementasikan sistem PLTS *hybrid* (PV dan PLN) di laboratorium Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.
- b. Menghitung serta membahas pemanfaatan energi terbarukan yang berasal dari energi matahari untuk sistem PLTS *hybrid* yang dibuat.

### **1.4.2 Manfaat**

Penelitian ini dapat memberikan informasi tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan yang berasal dari energi matahari untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dan akan dapat mengurangi penggunaan energi listrik dari sumber energi fosil.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah dalam pemahaman mengenai bagian pokok Skripsi ini, maka Skripsi ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

### **Bab I   Pendahuluan**

Pada bab ini akan dijelaskan hal-hal yang menjadi latar belakang (masalah), rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### **Bab II   Tinjauan Pustaka**

Pada bab ini akan di bahas tentang kajian penelitian sebelumnya, landasan teori, komponen pada PLTS *Hybrid*, prinsip kerja dari sistem PLTS *Hybrid* (PV dan PLN).

### BAB III Metodologi Penelitian

Pada bab ini akan di bahas dimana lokasi penelitian, data penelitian, metode perancangan, bagan alir penelitian, dan pengujian hipotesis.

### Bab IV Analisa dan Pembahasan

Pada bab ini berisikan tentang perhitungan, dan pembahasan hasil penelitian.

### Bab V Penutup

Bab ini merupakan bab penutup yang berisikan simpulan dari apa yang telah dibahas dari rumusan masalah berdasarkan pada diskusi hasil kajian dan saran yang diberikan.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis berpedoman kepada hasil penelitian dari para peneliti terdahulu yang dapat dijadikan referensi atau acuan dalam penyelesaian penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

Penelitian yang dilakukan oleh M. Rif, S. Hp, M. Shidiq, R. Yuwono, and H. Suyono, yang berjudul “Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas” menjelaskan tentang penggunaan *photovoltaic* dalam skala yang kecil tetapi dengan skala yang kecil sudah bisa menghasilkan energi listrik yang berkapasitas 150-300 Wh, jadi karena skalanya kecil dan hanya dipasang pada tiap rumah dengan satu pembangkit listrik sehingga tidak perlu memerlukan jaringan SHS yang ideal sebagai sumber listrik di pedesaan dimana yang jarak rumahnya agak berjauhan dan kebutuhan listriknya cukup keperluan lampu saja.

Penelitian lain yang dilakukan oleh I. M. A. Nugraha, I. A. D. Giriantari, and I. N. S. Kumara yang berjudul “Studi Dampak Ekonomi dan Sosial PLTS Sebagai Listrik Pedesaan Terhadap Masyarakat Desa Ban Kubu Karangasem” menjelaskan bagaimana cara pemecahan suatu masalah untuk analisis teknik, sosial dan ekonomi dengan metode kuisisioner, wawancara dan observasi. Data dari penelitian ini berdasarkan jawaban setiap koresponden sebanyak 62 orang dengan cara kuisisioner dan wawancara secara langsung di Dusun Cegi dan Dusun Pengalusan. Pemilihan terhadap koresponden yang dilakukan adalah *purposive sampling*. Dari jawaban wawancara dan kuisisioner dilakukan maka setelah itu data tersebut dikumpulkan dan ditabulasikan. Selanjutnya adalah melakukan uji validitas dan juga reliabilitas. Pengujian ini dilakukan secara analisis faktor yaitu mengkorelasikan antara jumlah faktor dan juga skor total dengan menggunakan rumus *Person Product Moment*. Sedangkan

untuk reliabilita dilakukan secara koefisien korelasi *Alpha Cronbach*. Untuk pengujian antara validitas dan pengujian reliabilitas yaitu menggunakan suatu progam yang disebut *SPPS 16.0 for window*.

Penelitian dilakukan oleh L. S. Mulia, I. M. Shidiq, Soeprpto, and J. M. T. Haryono yang berjudul “Analisis Teknik dan Ekonomi Power Hibrida menjelaskan bagaimana cara menganalisis teknik dan ekonomi di bangunan akademik Fakultas Teknik UB Malang, yaitu mulai dari pengumpulan data sampai menganalisis data adalah data yang di ambil langsung di lapangan dari hasil pengamatan, pengukuran dan perhitungan yang terkumpul di aplikasi HOMER secara teknik dan ekonomi. Data yang di ambil. Data tersebut diperoleh dari beberapa komponen yaitu, photovoltaik, baterai, *battery chontroller regulator* dan dari data beban.

## 2.2 Komponen PLTS Hybrid

### 2.2.1 Modul surya (*Photovoltaic*)

*Photovoltaic* atau disebut juga dengan modul surya merupakan bahan semikonduktor yang berfungsi untuk mengubah sinar matahari secara langsung menjadi enrgi listrik. Perubahan sinar matahari menjadi energi listrik ini disebut efek *photovoltaic*. Kinerja *photovoltaic* sendiri sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari karena semakin tinggi intensitas cahaya matahari maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan oleh *photovoltaic*. Di Indonesia umumnya energi surya yang dapat diserap dan dikonversi kedalam energi listrik berlangsung selama 5 jam, karena itu untuk menghitung berapa kebutuhan modul surya adalah dengan cara membagi angka kebutuhan daya tersebut dengan 5 jam per hari.

Berikut ini adalah jenis-jenis modul surya yang biasa digunakan :

#### a. *Mono-crystalline*

Modul surya jenis *mono-crystalline* ini terbuat dari silikon kristal tunggal. Dapat ditemukan secara alami, namun sangat jarang atau juga dapat tumbuh dibuat di laboratorium. Proses ini

dinamakan dengan *recrystallising*, sehingga pembuatan dan harga dari modul jenis ini sangat mahal. Panel dari modul *mono-crystalline* ini lebih halus dibandingkan dengan jenis *poly-crystalline*. Pada panel *mono-crystalline* memiliki efisiensi sebesar 15% pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  dan menurun menjadi 12–15 % pada suhu  $50^{\circ}\text{C}$ . contoh dari modul *mono-crystalline* adalah *CanadianSolar All-Black CS6K-290MS*, *CanadianSolar MaxPower CS6U-340M* dan lainnya. Kelemahan dari jenis *mono-crystalline* yakni tidak berfungsi dengan baik ditempat yang intensitas cahaya matahari yang kurang, dan efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

b. *Poly-crystalline*

Modul surya jenis *poly-crystalline* adalah jenis modul surya yang terbuat dari kristal silikon *block-cast*. Elektron yang ada akan terjebak dalam batas butir kristal individu dalam panel *poly-crystalline*, hal ini menyebabkan efisiensinya lebih rendah dibandingkan dengan *mono-crystalline*. Efisiensi yang dimiliki oleh modul jenis ini hanya berkisar 13,5% pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  dan dapat mengalami penurunan hingga 15-25% pada suhu  $50^{\circ}\text{C}$ . contoh dari modul surya *poly-crystalline* adalah *Canadian Solar Standard CS6P-260*. Tipe ini yang digunakan pada perancangan pembangkit listrik tenaga surya berbasis *hybrid* dikarenakan jenis ini masih dapat menghasilkan daya listrik meskipun cuaca berawan maupun mendung.



Gambar2.1. Modul *photovoltaic*

### 2.2.2 Inverter *hybrid*

*Photovoltaic* yang menangkap sinar matahari dan mengkonversi menjadi listrik dc, inverter lalu mengubahnya ke daya listrik AC yang digunakan peralatan listrik. Daya listrik tersebut dikirim ke panel distribusi, lalu dikirim ke beban yang terpasang. Ketika ada kelebihan daya yang dihasilkan panel surya, inverter mengirimnya ke baterai untuk disimpan. Saat baterai sudah terisi penuh, kelebihan daya akan dikirim ke jaringan.

Apabila *photovoltaic* menghasilkan lebih sedikit dari daya yang di perlukan, misalnya malam hari, listrik akan diambil dari baterai, di konversi dan dikirim ke panel distribusi. Jika daya dari baterai tidak mencukupi atau daya di baterai mau digunakan di waktu lain, maka listrik akan diambil dari jaringan sumber utama yaitu PLN. Saat pemadaman listrik dari PLN listrik masih akan dapat di pasok ke panel distribusi namun terbatas sesuai kapasitas baterai yang terpasang.



Gambar 2.2. *Inverter hybrid*

### 2.2.3 Perbedaan *SCC MPPT* dengan *SCC PWM*

Secara umum *Solar Charge Controller (SCC)* berfungsi untuk mengoptimalkan pengisian baterai. SCC menerima daya dari panel surya dan mengalirkannya ke baterai. Namun sebelum dialirkan ke baterai, SCC melakukan sejumlah konfigurasi seperti dengan mengontrol pengisian hingga menjejak titik- titik energi yang lebih besar. Perlu diketahui bahwa ampere yang dihasilkan panel surya selalu berubah-ubah, baik dalam hitungan jam bahkan menit. Naik turunnya arus ini akan mempengaruhi kinerja pengisian baterai, cepat tidaknya pengecasan terhadap baterai dipengaruhi oleh perubahan arus.

Oleh karena itu peran SCC dalam sistem *PLTS* sangatlah penting, khususnya off grid yang menempatkan baterai sebagai backup satu-satunya saat malam tiba. Agar dapat memperoleh produksi solar panel yang maksimal maka diperlukan SCC yang handal sesuai dengan kebutuhan sistem. Ada beberapa pilihan SCC, diantaranya SCC tipe *PWM* dan tipe *MPPT*. Kedua tipe ini punya kelebihan dan kekurangan tersendiri.

#### 1. *SCC Tipe PWM*

##### a. Pengertian *SCC PWM*

SCC *PWM* adalah alat yang berfungsi mengendalikan keberlangsungan pengisian baterai. *PWM* merupakan singkatan dari *Pulse Width Modulation*, dimana saat baterai

akan penuh perangkat ini perlahan menurunkan jumlah daya yang dikirim ke baterai agar baterai tidak mengalami kejenuhan.

b. Kelebihan *SCC PWM*

1. *Cotroller PWM* memiliki harga lebih murah dibanding jenis *MPPT*
2. *PWM* cocok untuk *PLTS* rumahan yang dibangun dalam skala kecil dengan suhu panel surya sedang hingga tinggi (45°C dan 75°C)
3. *Contoller PWM* dibuat berdasarkan basis teknologi yang lebih dulu sehingga sudah matang dan teruji
4. Tegangan yang dihasilkan panel surya dengan *PWM* tidak berbeda jauh dari tegangan baterai.
5. Bekerja lebih baik pada sistem off-grid dengan kisaran tegangan panel surya 17 – 19 Volt untuk setiap nominal tegangan baterai 12 V

c. Kekurangan *SCC PWM*

1. Untuk menggunakan *PWM*, panel surya dan baterai harus berada pada tegangan yang sama.
2. Cocok dipakai saat kapasitas baterai 80%.
3. Panel surya dihitung pada Ampere saat panel surya bekerja sesuai dengan tegangan baterai.
4. Efisiensi hanya sekitar 75%, ketika cuaca mendung tegangan keluaran Controller PWM akan mengikuti panel surya. Jika panel surya 24v menggunakan baterai 12v maka kelebihan tegangan pengisian akan terbuang.
5. PWM membutuhkan kabel diameter lebih besar sebab cenderung memakai sistem paralel.



## 2. SCC Tipe MPPT

### a. Pengertian SCC MPPT

SCC MPPT adalah alat yang berfungsi menelusuri kekuatan maksimum yang dapat dihasilkan panel surya dan mengontrol pengisian baterai. MPPT adalah singkatan dari *Maximum Power Point Tracking* yang merupakan sistem elektronik yang bekerja untuk melacak keberadaan titik daya maksimum yang diproduksi panel surya. SCC jenis MPPT terdiri atas perangkat elektronik yang tidak hanya berfungsi sebagai pengatur pengisian baterai namun juga bisa mengoptimalkan kinerja antara panel surya dengan bank baterai.

### b. Kelebihan SCC MPPT

1. Panel surya dan baterai tidak harus punya tegangan yang sama, bahkan bisa menggunakan panel surya dengan tegangan lebih tinggi daripada tegangan baterai.
2. Lebih cepat mengisi baterai meski kapasitas baterai masih rendah atau cuaca sedang mendung dengan mengubah kelebihan tegangan menjadi arus.
3. Menghasilkan tegangan yang dapat menyesuaikan kebutuhan baterai dan beban
4. *Controller MPPT* bisa bekerja maksimal meski suhu sel surya di bawah 45°C atau di atas 75°C.
5. Lebih efisien untuk mengisi ulang baterai dengan adanya fitur pembatasan output, sehingga menghindari terjadinya baterai overcharging
6. MPPT dapat memantau dan menyesuaikan input untuk mengatur arus/current, misalnya dengan menurunkan tegangan dan menaikkan arus
7. Efisiensi lebih dari 90% untuk mengisi baterai.

### c. Kekurangan SCC MPPT

8. *Harga Contoller MPPT* lebih mahal daripada *PWM*
9. Bekerja lebih baik pada kapasitas sistem diatas 200W
10. Dapat dipakai untuk sistem *on grid* walaupun kapasitasnya kecil

#### 2.2.4 Baterai

Baterai merupakan sebuah peralatan yang dapat mengubah energi baterai listrik adalah alat yang terdiri dari 2 atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik. Tiap sel memiliki kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda). Kutub yang bertanda positif menandakan bahwa memiliki energi potensial yang lebih tinggi daripada kutub bertanda negatif. Kutub bertanda negatif adalah sumber elektron yang ketika disambungkan dengan rangkaian eksternal akan mengalir dan memberikan energi ke peralatan eksternal. Ketika baterai dihubungkan dengan rangkaian eksternal, elektrolit dapat berpindah sebagai ion didalamnya, sehingga terjadi reaksi kimia pada kedua kutubnya. Perpindahan ion dalam baterai akan mengalirkan arus listrik keluar dari baterai sehingga menghasilkan kerja. Meski sebutan baterai secara teknis adalah alat dengan beberapa sel, sel tunggal juga umumnya disebut baterai.

Baterai untuk *solar cell* sendiri mempunyai dua tujuan penting dalam sistem *photovoltaic*; pertama adalah untuk memberikan daya listrik kepada sistem ketika daya tidak disediakan oleh panel surya, kedua adalah untuk menyimpan kelebihan daya yang ditimbulkan oleh panel surya setiap kali daya itu melebihi beban kapasitas baterai dinyatakan dalam satuan Ah (*Amper-hour*) dan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

Dengan jumlah komponen baterai sebanyak 2 buah, akan dihungkan secara seri karena inverter hybrid membutuhkan tegangan 24 Volt DC maka 2 buah baterai dirangkai secara seri ditunjukkan pada gambar sebagai berikut:



Gambar: 2.3 Baterai 12 V DC 100 Ah 2 buah

### 2.2.5 Kontaktor

Kontaktor adalah perangkat elektronika yang digunakan untuk memudahkan sistem kerja pada pemasangan listrik atau alat yang berkaitan. Kontaktor bekerja dengan prinsip induksi elektromagnetik, yakni kumparan dialiri tenaga listrik dan menghasilkan Kontak bantu NO (Normally open) tertutup dan NC (Normally Close) terbuka. Kontaktor terdiri dari dua jenis, yakni kontaktor utama dan kontaktor bantu. Kontaktor utama digunakan untuk rangkaian daya, sedangkan kontaktor bantu digunakan untuk rangkaian control. Penggunaan dan pemasangan kontaktor harus dilakukan dengan baik agar tidak menimbulkan kerusakan. Kontaktor pertama kali ditemukan pada tahun 1950, alat ini digunakan oleh perusahaan yang mengembangkan produk di bidang elektrikal. Tujuan penggunaan alat ini dimaksudkan untuk membuat alat yang ramah lingkungan dan memiliki harga terjangkau. Dulunya alat ini hanya dipasarkan di benua Amerika Utara, namun kini sudah digunakan hampir di seluruh dunia. Bahkan kontaktor sudah memiliki struktur dengan standar NEMA.

## Bagian Bagian Kontaktor

Sebuah kontaktor tentunya terdiri dari rangkaian komponen komponen didalamnya. Diantara bagian bagian yang ada pada kontaktor adalah sebagai berikut :

### 1. Kontak Utama

Kontak utama atau sering juga dikenal dengan nama RST ini terdiri dari komponen komponen simbol angka yakni L1, L2, L3 dan seterusnya. Kontak utama pada kontaktor ini mempunyai fungsi sebagai saklar penghubung listrik 3 fasa (R, S, dan T). Fungsi ini sama persis dengan MCB 3 *phase*.

### 2. Kontak Output Utama atau UVW

Bagian kontaktor yang satu ini terdiri dari komponen simbol angka T1, T2, T3 dan seterusnya.

### 3. Kumparan Magnet (*Coil*)

Kumparan magnet pada kontaktor memiliki peran sebagai media yang akan dialiri oleh sumber tegangan listrik. Kumparan ini disimbolkan dengan A1 – A2 dan seterusnya.

### 4. Kontak Bantu NO (*Normally Open*)

Kontak bantu NO merupakan bagian kontak yang hanya bekerja jika kontaktor magnet dalam kondisi aktif dan mati jika kontaktor dalam kondisi tidak aktif. Pada bagian ini terdapat komponen-komponen angka 13, 14, 15, dan lain sebagainya.

### 5. Kontak Bantu NC (*Normally Close*)

Kontak bantu NC memiliki prinsip kerja yang berbanding terbalik dengan kontak bantu No. Kontak NC akan bekerjaa hanya saat kontaktor magnet dalam keadaan tidak aktif/ *off*. Memiliki fungsi yang hampir sama dengan bagian Normally Open, untuk *Normally Close* sendiri disimbolkan dengan angka angka 21, 22, dan lain sebagainya.

### **Jenis Kontaktor Listrik**

Di pasaran, kontaktor umumnya menggunakan prinsip dan cara kerja yang sama. Perbedaannya jenisnya didapatkan dari spesifikasi yang dimiliki, yakni:

- a. Kutub kontaktor, merupakan jenis kutub yang menggunakan dua pole, yakni *pole* tiga dan empat. Nama lain dari kutub kontaktor adalah *pole contactor*. Alat ini bisa ditemukan dengan mudah di pasaran.
- b. Kapasitas ampere kontaktor, jenis ini memiliki phase yang lebih besar dibandingkan yang pertama . phase yang paling kecil berukuran 6, sedangkan phase ukuran paling besar memiliki ukuran 200 *ampere*.
- c. Tegangan *coil* kontaktor, terakhir adalah jenis kontaktor yang menggunakan satuan VAC. Satuan ini memiliki tegangan paling rendah 24 Vac dengan tegangan paling tinggi adalah 24 vdc.

Terkait dengan harga kontaktor disarankan menanyakan langsung pada penjual. Harganya bisa menyesuaikan dengan jenis yang Anda beli, sehingga sesuai dengan kapasitasnya. Makin kecil kapasitasnya, tentu makin kecil pula harga yang ditawarkan. Alat ini sudah bisa dibeli dengan cara daring ataupun dengan cara luring.

### **Cara Kerja Kontaktor Magnet**

- a. Cara kerja kontaktor sebenarnya tidak sulit, alat ini menggunakan dua tegangan arus listrik, yakni VAC dan VDC. Pemilihan tegangan tersebut bisa disesuaikan dengan jenis kontaktor yang sedang Anda butuhkan.
- b. Arus yang sudah didapatkan dari kontaktor akan menggerakkan *coil* yang ada di dekatnya.
- c. Arus listrik yang sudah masuk akan membuat medan magnet menarik kontak, kemudian membuat kontaktor berada di posisi NO.

- d. Selanjutnya proses dilanjutkan dan kontaktor berubah menjadi Open.
- e. Waktu yang dibutuhkan kontaktor untuk membuka dan menutup dibutuhkan waktu sekitar 4 -19 ms.
- f. Apabila arus listrik yang digunakan berhenti, maka kontaktor juga akan mati.
- g. Karena itu untuk memastikan bawah tidak ada kerusakan atau eror dalam menggunakan kontaktor.
- h. Anda disarankan terus menyalurkannya dengan listrik. Gunakan bantuan ahli jika Anda tidak bisa mengoperasikannya.

### **Fungsi Kontaktor**

Fungsi utama kontaktor adalah untuk menyambungkan dan memutuskan arus listrik pada rangkaian elektronika. Contoh peralatan yang menggunakan alat kontaktor seperti motor, pemanas/ *heater* dan alat penerangan. Beberapa fungsi lain yang bisa didapatkan dengan penggunaan kontaktor bisa anda lihat pada point point dibawah ini:

- 1) Digunakan sebagai Kontrol Penerangan

Biasanya penerangan yang menggunakan kontaktor merupakan penerangan dengan daya yang besar. Misalnya, listrik di stadion olahraga, di perumahan, ataupun di sebuah konser.

- 2) Digunakan sebagai Kontrol Motor Listrik

Maraknya motor listrik juga membuat kontaktor banyak dimanfaatkan sebagai pelengkap motor listrik. Motor jenis ini menggunakan 3 *phase* daya yang lebih besar, sehingga membutuhkan kontaktor yang bisa menyelesaikan masalah tersebut

- 3) Digunakan sebagai Kontrol *Transfer Switch*

Fungsi lain dari kontaktor adalah dapat digunakan dari berbagai sistem, diantaranya ATS atau *automatic transfer switch*. Dengan menggunakan kontaktor, maka kapasitas control yang didapatkan berbeda karena prosesnya yang lebih cepat dan besar.

- 4) Digunakan sebagai Kontrol Penyambung dan Pemutus Arus Listrik Fungsi magnet kontaktor atau kontaktor magnetik lainnya adalah menyambung dan memutus rangkaian alat listrik. Alat ini dapat dikendalikan dengan jarak jauh, sehingga memudahkan pemakaian. Pergerakan yang terjadi antar kontaktor dan komponen listrik lain dibuat dengan gaya elektromagnetik.



Gambar: 2.4 kontaktor

### 2.2.6. MCB

Pengertian MCB atau kepanjangan dari *Miniatur Circuit Breaker* merupakan komponen dalam instalasi listrik rumah tinggal yang memiliki peran sangat penting. Komponen ini berfungsi sebagai sistem proteksi dalam instalasi listrik bila terjadi beban lebih dan hubungan singkat arus listrik (*short circuit* atau korsleting listrik).

Dasar pemilihan rating arus MCB yang ingin dipakai di Instalasi rumah tinggal tentu disesuaikan dengan besarnya langganan daya listrik PLN yang terpasang. Sebab, PLN menetapkan besar langganan listrik sesuai rating arus dari MCB yang diproduksi untuk pasar dalam negeri.

### Fungsi MCB

MCB sendiri memainkan peran penting dalam hal proteksi arus lebih dan juga sebagai alat *disconnect* pada jaringan listrik. MCB merupakan alat yang didesain untuk mengisolasi rangkaian dari gangguan arus lebih seperti *overload* (beban lebih) dan *short circuit* (hubungan

singkat). Selain itu, MCB juga merupakan alat pemutus yang sangat baik digunakan untuk mendeteksi besaran arus lebih.

Seperti halnya pada *Thermostat Load Relay*, MCB memiliki *Bimetalic*; elemen jika terkena panas akan memuai secara langsung maupun tidak langsung yang diakibatkan dengan adanya arus mengalir, alat *Bimetalic* ini dibuat dan direncanakan sesuai dengan ukuran standar (arus nominal MCB), di mana dalam waktu yang sangat singkat dapat bekerja sehingga rangkaian beban terlindungi.

Sementara itu, MCB juga dilengkapi dengan magnet *tripping* yang bekerja secara cepat pada beban lebih atau arus hubung singkat yang besar, juga dioperasikan secara manual dengan menekan tombol. Secara garis besar MCB memiliki tiga fungsi yaitu sebagai berikut:

1. Membatasi penggunaan listrik
2. Mematikan listrik apabila terjadi hubungan singkat (*korslet*)
3. Mengamankan listrik.



Gambar: 2.5 MCB 1 fase dan 3 fase

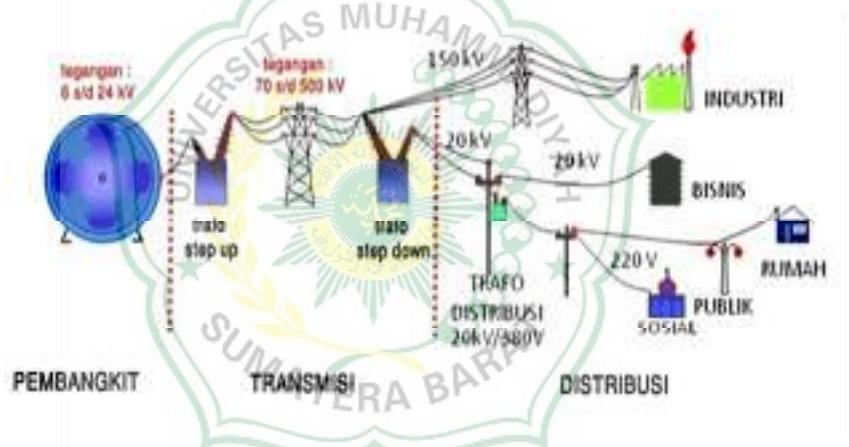
### 2.2.7. Jala-jala PLN

PT PLN (Persero) merupakan sebuah BUMN yang mengurus aspek kelistrikan yang ada di Indonesia. Pembangkit listrik yang dikelola oleh PT PLN (Persero) umumnya bersumber dari energi fosil yang merupakan sumber energi yang lama kelamaan akan habis. Alur listrik PT PLN (Persero) yaitu dari pembangkit, transmisi, distribusi, hingga ke konsumen industri dan rumah tangga. Pembangkit listrik kapasitas besar biasanya



menghasilkan daya listrik dengan tegangan 6 - 24 kV, kemudian dinaikan tegangannya di Gardu Induk oleh *trafo step-up* (penaik tegangan) menjadi 70 kV dan 150 kV untuk tegangan tinggi dan 500 kV untuk saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET).

Dari gardu pembangkit, listrik akan dialirkan ke jaringan transmisi dengan tegangan yang sudah dinaikan. Alasan menaikkan tegangan adalah untuk menurunkan arus agar meminimalisir loss daya, tegangan ini masuk ke Gardu Induk untuk diturunkan menjadi 20 kV dan bisa langsung digunakan oleh industri skala menengah. Alur berikutnya adalah daya listrik dengan tegangan 20 kV dialirkan ke trafo distribusi (*step-down*) untuk diturunkan lagi menjadi 380 volt atau 220 volt. Tegangan 220 volt inilah yang masuk ke rumah kita dan dipergunakan untuk keperluan peralatan yang membutuhkan energi listrik.



Gambar 2.6. Skema penyaluran listrik PLN

### 2.2.8. Beban

Beban yaitu informasi yang berisi tentang besarnya energi yang membebani suatu penyedia listrik, data ini kebanyakan dinyatakan dalam MW, kV, maupun kVA, data beban listrik biasanya dibuat dalam interval waktu tertentu seperti setiap 10, 15, maupun 30 menit.

Karakteristik beban adalah faktor utama yang amat penting dalam perencanaan sistem tenaga listrik hal ini diperlukan agar sistem tegangan dapat dianalisis dengan baik. Selain itu karakteristik sangat penting untuk

menentukan kapasitas pembebanan dan cadangan tersedia dari suatu gardu dan dapat memastikan kapasitas transformator secara tepat dan ekonomis.

Berdasarkan klasifikasi beban, jenis konsumen energi listrik di bagi empat macam antara lain:

- a. Beban rumah tangga, untuk beban rumah tangga biasanya berupa lampu sebagai penerangan, dan alat rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, mixer, oven, pompa air dan sebagainya. Beban rumah tangga biasanya memuncak pada malam hari.
- b. Beban komersial, terdiri atas penerangan untuk reklame, restoran, hotel, dan perkantoran. Puncak beban komersial terjadi di siang hari.
- c. Beban industri, dibedakan menjadi dua yaitu skala kecil dan skala besar. Untuk skala kecil banyak beroperasi di siang hari dan sedangkan untuk skala besar banyak beroperasi sampai 24 jam.

## **2.3 Pengertian dan Prinsip Kerja Sistem *Hybrid* pada PLTS**

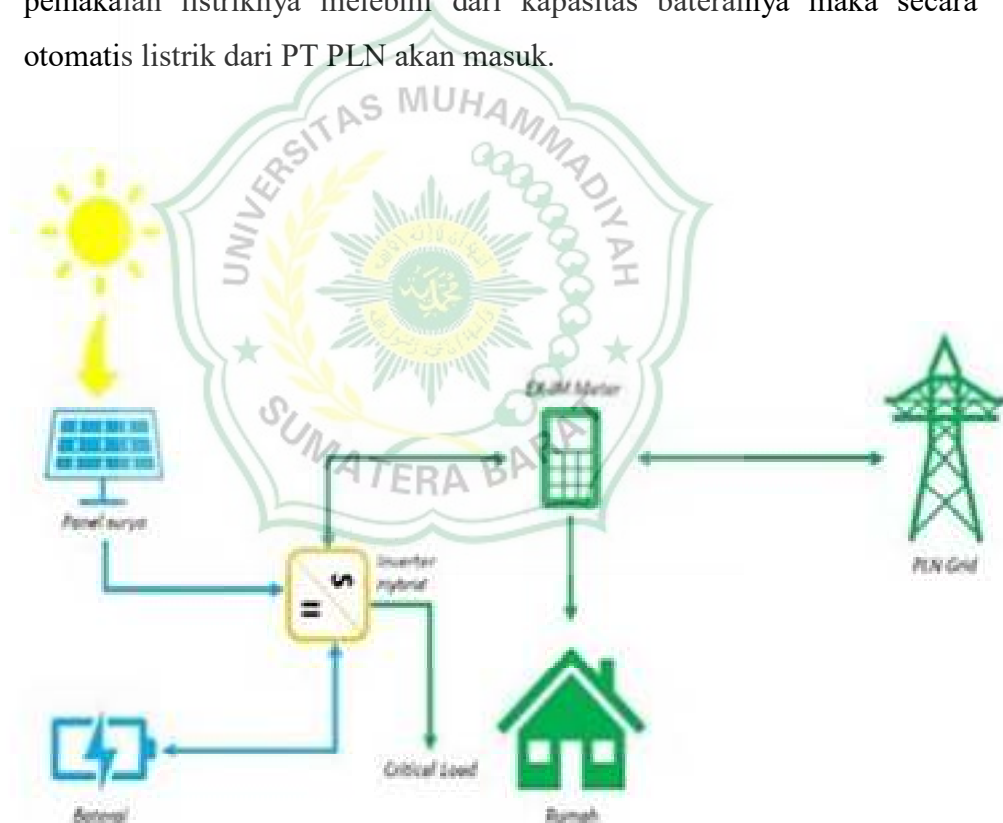
### **2.3.1 Pengertian PLTS *hybrid***

PLTS *hybrid* adalah pembangkit listrik yang menggabungkan sumber energi tenaga surya dengan sumber energi lain. Listrik yang dihasilkan PT PLN tentu tidak hanya dari PLTA, ada juga dari PLTG, PLTD, PLTB, dan lain sebagainya. Inilah yang disebut *hybrid*, karena menggabungkan berbagai sumber listrik dari diesel, gas, panas bumi, dan bayu (angin).

PLTS *hybrid* adalah gabungan sistem PLTS dengan sistem pembangkit listrik energi baru terbarukan lain yang bertujuan untuk menjaga kesinambungan suplai energi dan mengoptimalkan penunggunaan energi hijau. Jika berada pada definisi ini maka PLTS *hybrid* hanya menggunakan sumber energi terbarukan dan tidak memakai energi listrik yang dihasilkan menggunakan minyak, gas, dan batu bara.

Adapula yang mendefinisikan PLTS *hybrid* adalah pembangkit listrik tenaga surya yang mengkombinasikan sistem pasokan energinya dengan baterai tenaga surya, jaringan PLN, dan genset. Singkatnya, PLTS *hybrid* mengeliminasi semua kekurangan dari system *on-grid* dan *off-grid*, kemudian menggabungkan ke-unggulannya menjadi satu.

Definisi sistem PLTS dengan teknologi *hybrid* adalah dimana sumber listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat digabungkan dengan sumber listrik dari PLN. Dengan demikian secara berganti kedua sistem ini akan saling menunjang ketika terjadi kekurangan daya listrik atau pemadaman. Dalam sistem ini, sumber energi utama adalah dari panel surya yang dikonversikan dan ditampung ke baterai, dan ketika pemakaian listriknya melebihi dari kapasitas baterainya maka secara otomatis listrik dari PT PLN akan masuk.



Gambar 2.7. Skema PLTS *Hybrid*

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian ini akan dilakukan untuk perancangan sistem Pembangkit Listrik *Hybrid* tenaga surya dan PLN, pada Laboratorium Teknik Elektro Kampus III Fakultas Teknik UM Sumatera Barat, Bukittinggi.

#### **3.2 Data Penelitian**

##### **3.2.1 Jenis penelitian**

Teknologi yang akan digunakan adalah inverter *hybrid*, dimana inverter *hybrid* ini dapat beroperasi dari sumber jala- jala (PLN), panel surya, dan baterai. Penelitian ini mengembangkan teknologi yang telah ada. Data-data yang diperoleh digunakan untuk memperluas pengetahuan yang telah ada, maka penelitian ini di sebut penelitian kuantitatif pengembangan dikarenakan penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem PLTS *hybrid* di laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.

##### **3.2.2 Sumber data**

Penelitian ini diawali dengan studi literatur. Penelitian ini menggabungkan penggunaan beberapa peralatan dan komponen untuk menghasilkan sistem yang dimaksud. Sumber data yang akan digunakan diperoleh dari studi literatur, dimana ini adalah tahapan awal dalam langkah penelitian. Dalam tahap ini peneliti mengumpulkan referensi atau sumber tertulis lainnya yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Informasi yang diperoleh dari studi literatur tersebut akan dikembangkan dalam penelitian ini.

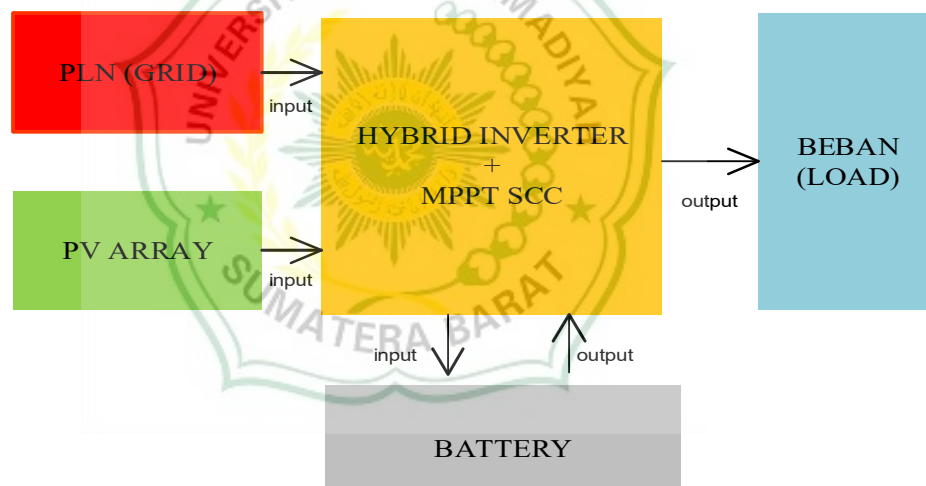
#### **3.3 Metode Perancangan**

##### **3.3.1 Perancangan perangkat keras**

Penelitian diawali dengan perancangan perangkat keras. Konsep rancangan terlihat pada diagram blok pada gambar 3.1. Sumber daya pada

sistim ini terdiri dari panel surya, baterai, dan sumber PLN. Sumber tersebut terhubung ke inverter. dan baterai berfungsi sebagai penyimpan energi matahari yang diperoleh dari panel surya. Besarnya arus pengisian ke baterai diatur oleh MPPT SCC yang ada di inverter. Pada kondisi tidak ada energi matahari, maka baterai akan memasok daya ke beban. Daya dari jaringan PLN akan dipasok ke beban jika tidak ada energi dari matahari dan energi yang tersimpan di baterai.

Disamping perangkat utama seperti yang terlihat pada gambar 3.1. perangkat keras pada penelitian ini menggunakan komponen lain untuk tujuan kontrol, proteksi, dan pengukuran. Jumlah beban yang tersambung ke inverter dikendalikan oleh kontaktor. Nilai parameter listrik diperoleh dari hasil pengukuran sensor arus dan tegangan. Pengaman terhadap hubung singkat menggunakan MCB.



Gambar 3.1. Diagram blok perangkat keras

Sistem ini terdiri dari panel surya, baterai, beban, inverter hybrid, seperti terlihat pada gambar 3.1. Pada perancangan pembangkit listrik tenaga surya berbasis *hybrid* (PV dan PLN) ini akan mensuplai beban sebesar 1000 W yaitu terdiri dari 10 Lampu 100 W. Perancangan ini hanya akan menggunakan satu inverter saja yang mana satu inverter ini terdiri dari 3 panel surya yang berkapasitas 200 Wp dan 2 baterai 12 V 100 Ah.

Pada gambar 3.1. merupakan skema dari perancangan *hybrid* menggunakan visio yang sudah diatur parameter sesuai komponennya. Terlihat pada gambar bawah ini inverter yang digunakan adalah inverter hybrid 1000 w dengan dan Grid. Pada panel surya dan baterai memiliki output daya listrik *direct current* (DC), yang kemudian masuk ke *inverter* untuk diatur daya yang akan disuplai ke beban, disimpan ke baterai atau disumbangkan ke jaringan PLN. Dan beban hanya dapat memperoleh daya listrik berkeadaan *alternating current* (AC).

### 3.3.2 Pengujian alat

Alat yang telah selesai dibuat, dilakukan pengujian untuk memastikan alat tersebut berfungsi sesuai rancangan. Pengujian dilakukan dengan menyambungkan sumber PV, Baterai, PLN, dan beban ke *inverter hybrid*. Setelah semuanya terpasang selanjutnya melakukan uji coba alat dengan cara menaikkan mcb PV, Baterai, PLN, Kontrol dan mcb pengukuran. Dan menaikkan tombol on pada *inverter hybrid* setelah semuanya di on maka sumber listrik yang dihasilkan oleh inverter *hybrid* telah mengalir ke mcb beban dan control selanjutnya memutar scalar auto / manual ke arah manual, kemudian menekan tombol push botton 1,2,3 dan 4 pada pintu panel untuk mengaktifkan kontaktor 1, 2, 3, dan 4 agar bisa mensuplai daya listrik ke beban, berguna untuk menguji sumber dan beban yang telah terpasang.

#### 1) Pengujian sumber

Pengujian sumber dilakukan untuk menguji arus dan tegangan dari PV, baterai, dan PLN menggunakan alat ukur digital yang terpasang di pintu panel dan untuk beban penuh (1000 Watt).

#### 2) Pengujian beban

- a. Pengujian dilakukan untuk mengukur arus, tegangan dan frekuensi yang dihasilkan oleh inverter *hybrid*, dengan beban bervariasi.
- b. Melakukan pengujian berapa lama baterai 200 Ah kondisi terisi penuh bisa disuplai ke beban dengan beban bervariasi.

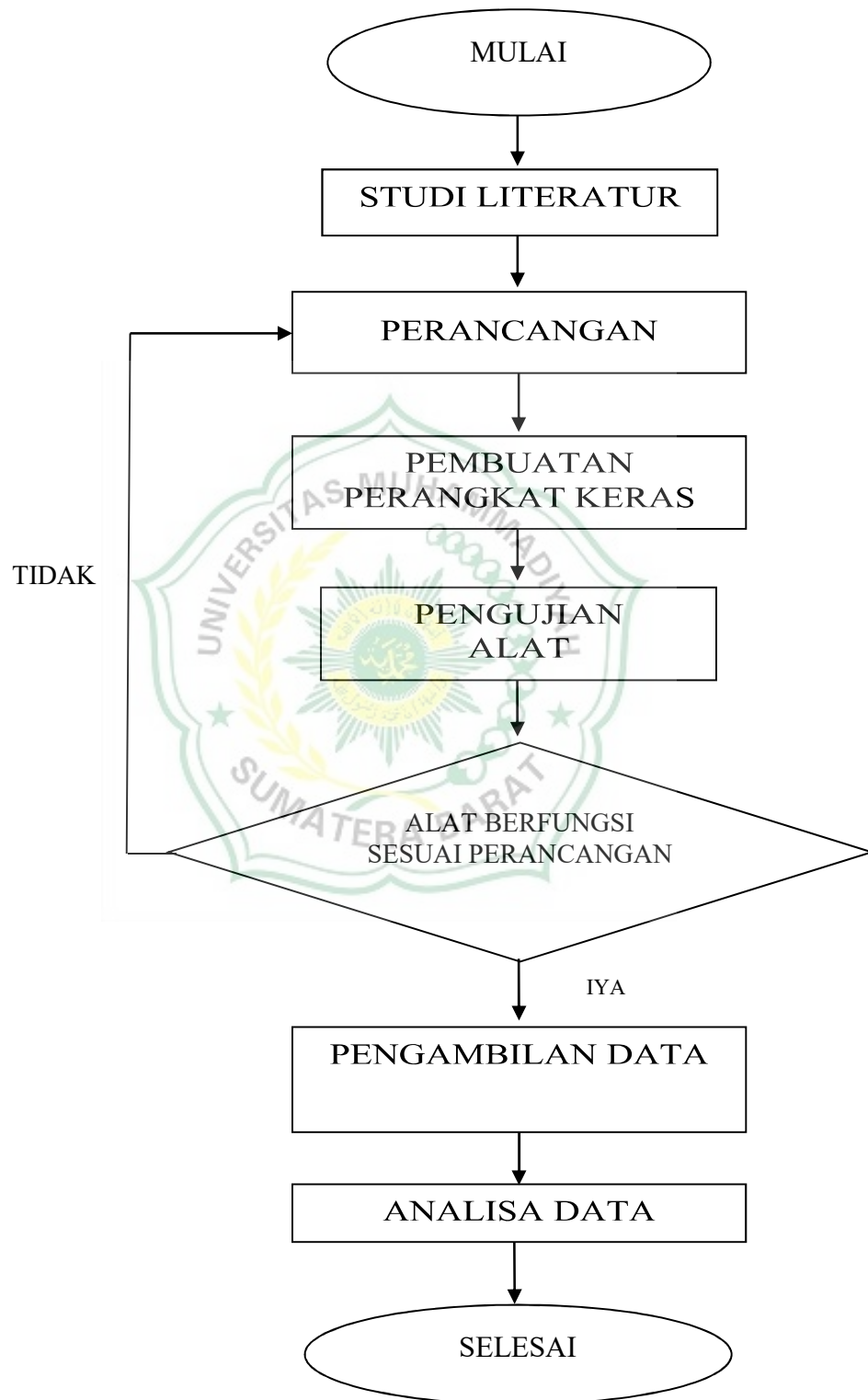
### 3.3.3 Pengambilan data

Setelah pengujian dilakukan dan alat dipastikan berfungsi dengan baik maka penelitian ini dilanjutkan dengan pengambilan data. Data ini diambil dari alat ukur digital yang berbeda : 1) secara manual 2) secara otomatis yang telah terpasang pada pintu panel control. Untuk mengaktifkan lampu pijar yang telah terpasang maka saklar seri dan saklar triple juga harus di onkan. Setelah semua lampu dihidupkan maka dilakukan pengujian sumber tegangan, arus, serta frekuensi yang ada pada sumber dan beban, dengan menggunakan alat ukur manual dan otomatis pada pintu panel yang telah terpasang.



### 3.4 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan sesuai diagram alir metodologi penelitian yang terlihat pada gambar 3.2. berikut :



Gambar 3.2. Diagram alir metodologi penelitian



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

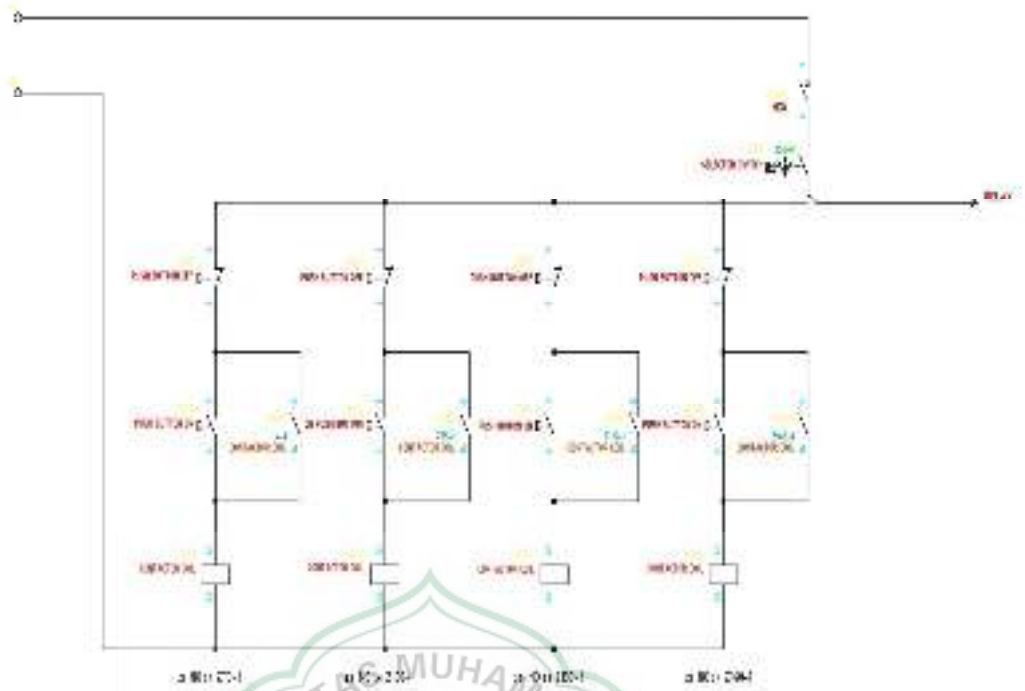
Hasil dan pembahasan dari perancangan sistem pembangkit listrik *hybrid* tenaga surya dan PLN sebagai berikut :

#### **4.1 Realisasi Hasil Perancangan Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid* Tenaga Surya dan PLN.**

##### **4.1.1 Perangkat keras**

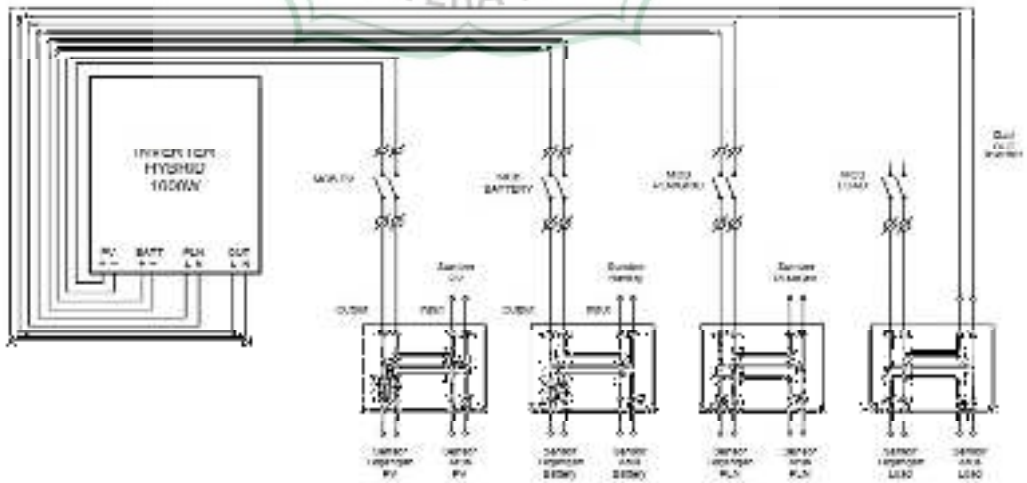
Hasil perancangan skematik diagram perangkat keras mengacu pada gambar rangkaian yang terdiri dari beberapa bagian, yaitu: rangkaian kontrol, rangkaian daya, dan rangkaian single line diagram beban dan rangkaian pengukuran. Rangkaian kontrol berfungsi sebagai pengatur off dan on secara manual, ditunjukkan dengan gambar 4.1. Rangkaian daya adalah rangkaian dimana terjadinya aliran daya dari panel surya, dan PLN menuju inverter *hybrid* dan untuk mengatur pengisian ke baterai, ditunjukkan dengan gambar 4.2. Rangkaian single line diagram beban berfungsi sebagai pensuplai daya listrik dari inverter *hybrid* menuju beban, ditunjukkan dengan gambar 4.3. Rangkaian pengukuran digunakan untuk mengukur nilai tegangan, arus, dan frekuensi masing-masing dari panel surya, PLN, baterai, dan beban. Di tunjukan dengan gambar 4.4. Hasil perancangan sistem pembangkit listrik *hybrid* tenaga surya dan PLN di tunjukkan dengan gambar 4.5.

## 1. Rangkaian kontrol



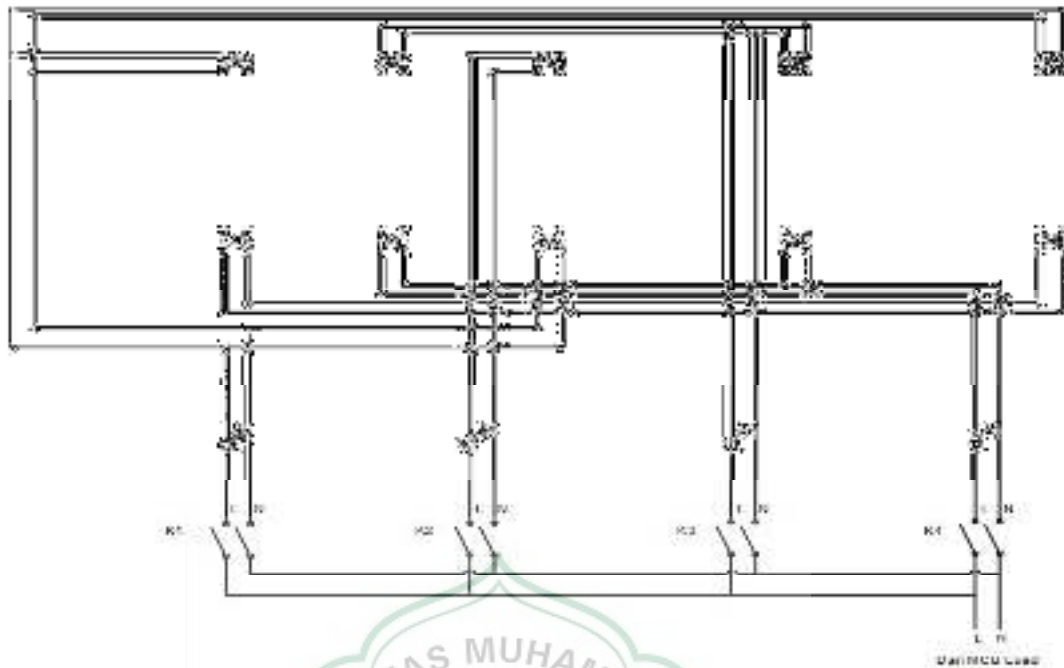
Gambar : 4.1 Rangkaian control

## 2. Rangkaian daya



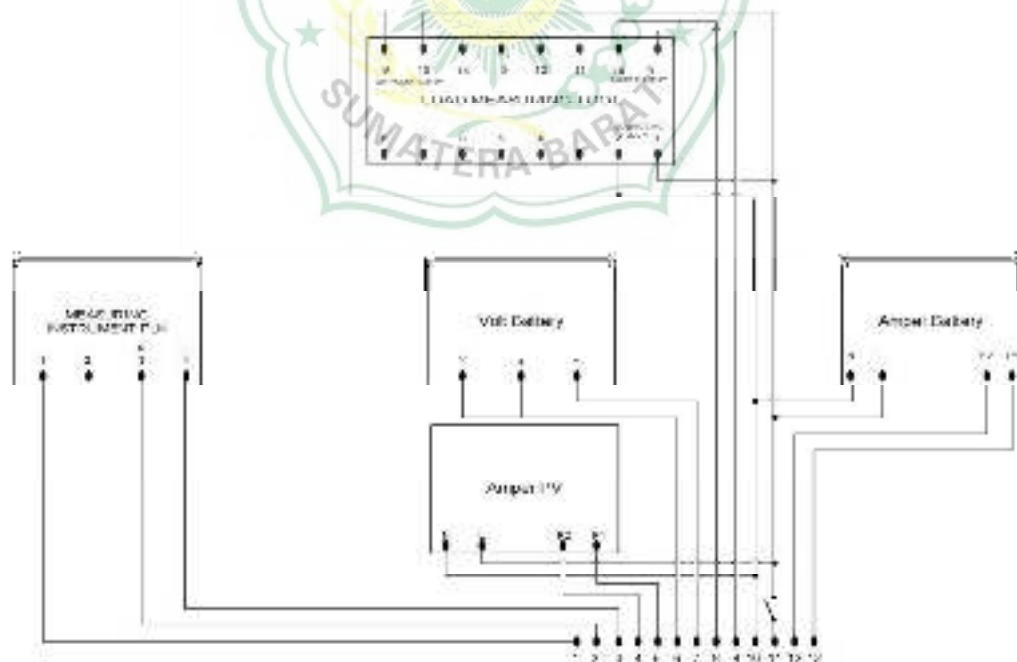
Gambar : 4.2 Rangkaian Daya

### 3. Rangkaian beban



Gambar 4.3 Rangkaian Beban

### 4. Rangkaian pengukuran



Gambar 4.4 Rangkaian Pengukuran

Keterangan :

1. *Output phasa instrument* PLN
2. *Input netral instrument* PLN
3. *Input phasa instrument* PLN
4. *Output amper + PV*
5. *Input amper + pv*
6. *Input + batrai*
7. *Input - batrai*
8. *Output phasa instrument* beban
9. *Input phasa instrument* beban
10. *Input netral instrument* beban
11. *Input phasa mcb instrument* beban
12. *Output amper + batrai*
13. *Input amper + batrai*

#### 4.1.2 Hasil Perancangan Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid* Tenaga Surya dan PLN.



Gambar 4.5 Panel Surya 100 WP 2 buah dihubungkan seri



Gambar 4.6 Baterai 100 Ah 12 V 2 buah yang dihubungkan seri



Gambar 4.7 Panel Kontrol Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid* Tenaga Surya dan PLN



Gambar 4.8 Hasil Perancangan Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid* Tenaga Surya dan PLN

Gambar 4.8 menampilkan realisasi perancangan sistem pembangkit listrik *hybrid* tenaga surya dan PLN, yang telah di realisasikan tersebut terdiri atas komponen utama, yaitu : inverter *hybrid*, panel indikator, baterai, saklar, lampu sebagai beban dan panel surya.

#### **4.2 Pengujian tegangan , arus , dan frekuensi pada sumber dan beban**

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur digital yang berfungsi sebagai alat ukur untuk tegangan, arus, dan frekuensi. agar bisa mengetahui berapa tegangan, arus, dan frekuensi yang di hasilkan oleh pv, pln, batrai dan agar mengetahui berapa daya yang dikeluarkan oleh inverter *hybrid*.

#### 4.2.1. Hasil Pengukuran Sumber Dengan Beban 1000 watt

Tabel : 4.1 Pengukuran Sumber Dengan Beban 1000 watt

| No | Besaran          | Satuan         | Hasil Pengukuran |        | Persentase   |
|----|------------------|----------------|------------------|--------|--|
|    |                  |                | Automatis        | Manual | $\frac{\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil}}{\text{nilai terbesar}} \times 100\%$ |
| 1  | Tegangan PV      | Volt (V)       | 54.6             | 55.5   | 1.62%  |
| 2  | Arus PV          | Ampere (A)     | 2.63             | 2.73   | 3.6 %  |
| 3  | Tegangan Baterai | Volt (V)       | 27.3             | 27.6   | 1 %  |
| 4  | Arus Baterai     | Ampere (A)     | 0.89             | 0.89   | 0 %  |
| 5  | Tegangan PLN     | Volt (V)       | 216              | 219    | 1.3 %  |
| 6  | Arus PLN         | Ampere (A)     | 4.3              | 4.6    | 6.5 %  |
| 7  | Frekuensi PLN    | Frekuensi (Hz) | 49.98            | 50.04  | 0.1 %  |

Dari tabel 4.1 diatas dapat dilihat terdapat perbedaan antara pembacaan nilai tegangan, arus, dan frekuensi antara alat ukur Automatis dengan Manual. Dimana perbedaan tersebut terjadi karena perbedaan sensitifitas pembacaan antara voltmeter dengan multimeter.

#### 4.2.2 Pengujian Hasil Pengukuran Beban Bervariasi

Pengujian dari keseluruhan data keluaran alat ukur digital pada pintu panel untuk pencatatan data yang akan diambil. pengujian dilakukan selama satu hari pada tanggal 02 februari 2022 mulai dari 08.00 pagi hingga 17.00 sore.

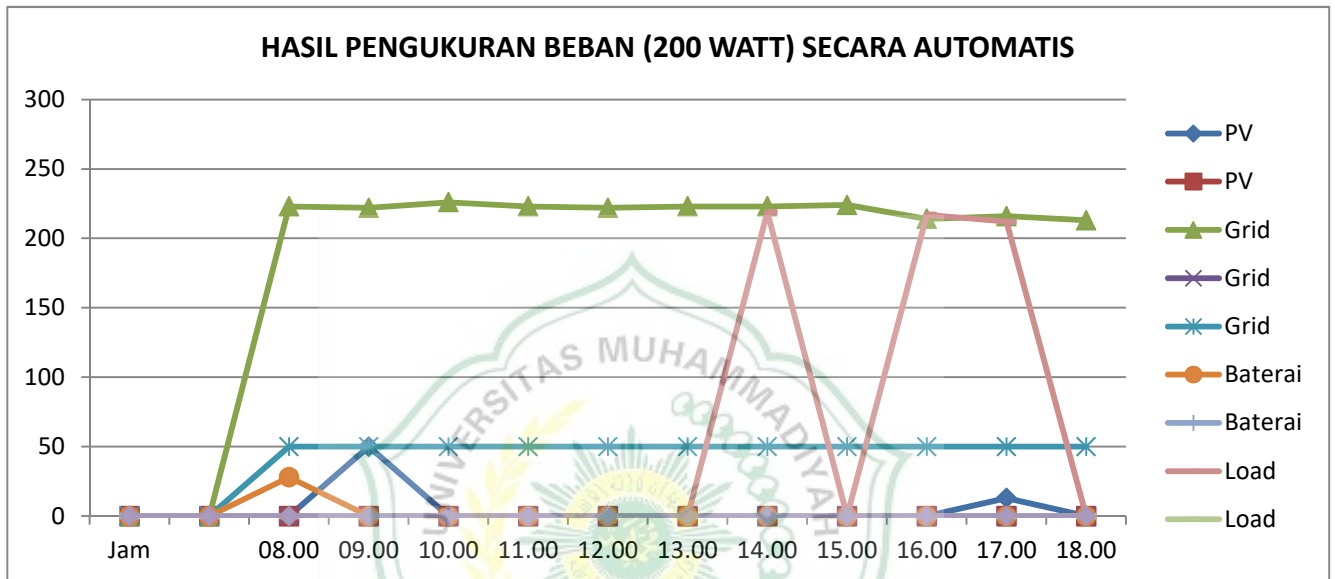
##### 4.2.2.1. Pengujian Hasil Pengukuran Beban 20% ( 200 Watt)

Tabel: 4.2 Hasil Pengukuran Beban ( 200 Watt ) menggunakan alat ukur otomatis pada pintu panel.

| Jam   | PV           |          | Grid         |          |           | Baterai      |          | Load         |          |           |
|-------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|
|       | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) |
| 08.00 | 48.98        | 4.60     | 223          | 1.09     | 50        | 28           | 0.8      | 218.7        | 0.85     | 50.03     |
| 09.00 | 50           | 10.70    | 222          | 1.05     | 50        | 27.4         | 0.76     | 220.5        | 0.88     | 49.91     |
| 10.00 | 49.8         | 0.96     | 226          | 1.21     | 50        | 26.7         | 0.74     | 222.2        | 0.86     | 50.09     |
| 11.00 | 43.2         | 0.07     | 223          | 1.14     | 50        | 27.7         | 0.77     | 219.6        | 0.88     | 50.01     |
| 12.00 | 49.2         | 0.83     | 222          | 1.05     | 50        | 27.3         | 1.08     | 217.4        | 0.88     | 49.91     |
| 13.00 | 55.3         | 1.30     | 223          | 1.21     | 50        | 25.7         | 1.23     | 220.7        | 0.86     | 49.93     |

|       |      |      |     |      |    |      |      |       |      |       |
|-------|------|------|-----|------|----|------|------|-------|------|-------|
| 14.00 | 50.6 | 0.87 | 223 | 1.16 | 50 | 27.9 | 0.74 | 219   | 0.85 | 50.09 |
| 15.00 | 44.3 | 0.86 | 224 | 1.22 | 50 | 28.1 | 0.8  | 218.5 | 0.89 | 50.02 |
| 16.00 | 29.0 | 0.16 | 214 | 1.12 | 50 | 26.1 | 0.23 | 217   | 0.87 | 49.99 |
| 17.00 | 13   | 0.05 | 216 | 1.17 | 50 | 24.2 | 0.34 | 212   | 0.88 | 50.07 |
| 18.00 | 0    | 0    | 213 | 1.13 | 50 | 25.3 | 0.5  | 209.6 | 0.84 | 50.11 |

Grafik : 4.1 Hasil Pengukuran Beban ( 200 Watt ) menggunakan alat ukur otomatis

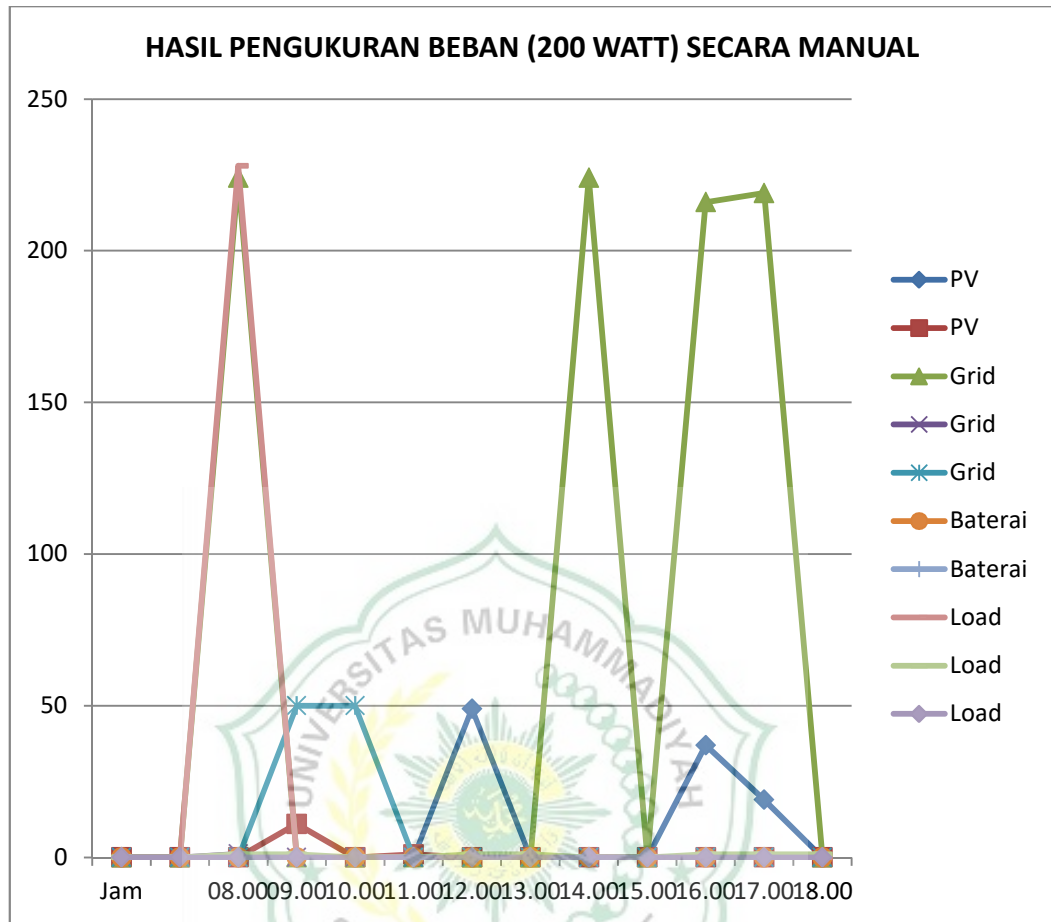


Tabel : 4.3 Hasil Pengukuran Beban ( 200 Watt ) menggunakan alat ukur manual.

| Jam   | PV           |          | Grid         |          |           | Baterai      |          | Load         |          |           |
|-------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|
|       | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) |
| 08.00 | 51.02        | 10.4     | 224          | 1,15     | 50.03     | 28.3         | 0.95     | 228          | 1        | 50.08     |
| 09.00 | 58.63        | 11       | 224.8        | 1.1      | 50        | 28.1         | 0.9      | 225.2        | 1        | 49.91     |
| 10.00 | 59.85        | 1.2      | 227.9        | 1.4      | 50        | 28.09        | 0.8      | 229.1        | 0.9      | 50.06     |
| 11.00 | 42.72        | 1        | 225.6        | 1.2      | 50.07     | 28.09        | 0.8      | 222.7        | 0.9      | 50.06     |
| 12.00 | 49           | 0.9      | 225.6        | 1.1      | 49.91     | 28.36        | 1.8      | 226.3        | 1        | 49.95     |
| 13.00 | 55.3         | 1.3      | 223.1        | 1.3      | 49.9      | 27.02        | 1.7      | 224.3        | 1        | 49.88     |
| 14.00 | 57.01        | 1.24     | 224          | 1.4      | 49.85     | 27.1         | 1.1      | 224.6        | 0.9      | 49.84     |
| 15.00 | 51.24        | 0.9      | 225.5        | 1.3      | 50.09     | 28.42        | 0.8      | 227.6        | 0.9      | 50.12     |
| 16.00 | 37           | 0.31     | 216          | 1.2      | 50.04     | 27.9         | 0.74     | 225.9        | 1        | 50.05     |
| 17.00 | 19           | 0.09     | 219          | 1.3      | 50.1      | 28.24        | 0.78     | 222.6        | 1        | 50.1      |
| 18.00 | 0            | 0        | 214.7        | 1.4      | 50.15     | 27.07        | 0.6      | 217.2        | 1        | 50.15     |



Grafik : 4.2 Hasil Pengukuran Beban ( 200 Watt ) menggunakan alat ukur manual.



Tabel : 4.4 Hasil Perbandingan Pengukuran Tegangan (200 Watt) dengan alat ukur otomatis dan manual

| No  | Jam   | Hasil Pengukuran Tegangan (V) |        | Persentase<br>$\frac{\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil}}{\text{nilai terbesar}} \times 100\%$ |
|-----|-------|-------------------------------|--------|--|
|     |       | Automatis                     | Manual |  |
| 1.  | 08.00 | 218.7                         | 228    | 4 %  |
| 2.  | 09.00 | 220.5                         | 224.1  | 2 %  |
| 3.  | 10.00 | 222.2                         | 2227   | 3 %  |
| 4.  | 11.00 | 219.6                         | 222.7  | 1.3 %  |
| 5.  | 12.00 | 217.4                         | 225.5  | 3.9 %  |
| 6.  | 13.00 | 220.7                         | 224.3  | 1.6 %  |
| 7.  | 14.00 | 219                           | 224.6  | 2.4 %  |
| 8.  | 15.00 | 218.5                         | 227.6  | 3.9 %  |
| 9.  | 16.00 | 217                           | 225.9  | 3.9 %  |
| 10. | 17.00 | 212                           | 222.6  | 4.7 %  |
| 11. | 18.00 | 209.6                         | 217.2  | 3.4 %  |

Tabel : 4.5 Hasil Perbandingan Pengukuran Arus (200 Watt) dengan alat ukur otomatis dan manual

| No  | Jam   | Hasil Pengukuran Arus (A) |        | $\frac{\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil}}{\text{nilai terbesar}} \times 100\%$ |
|-----|-------|---------------------------|--------|--|
|     |       | Automatis                 | Manual |  |
| 1.  | 08.00 | 0.85                      | 1      | 15 %   |
| 2.  | 09.00 | 0.88                      | 1      | 12 %   |
| 3.  | 10.00 | 0.86                      | 0.9    | 4 %  |
| 4.  | 11.00 | 0.88                      | 0.9    | 2 %  |
| 5.  | 12.00 | 0.88                      | 1      | 12 %   |
| 6.  | 13.00 | 0.86                      | 1      | 14 %   |
| 7.  | 14.00 | 0.85                      | 0.9    | 3 %  |
| 8.  | 15.00 | 0.89                      | 0.9    | 1 %  |
| 9.  | 16.00 | 0.87                      | 1      | 13 %   |
| 10. | 17.00 | 0.88                      | 1      | 12 %   |
| 11. | 18.00 | 0.84                      | 1      | 16 %   |

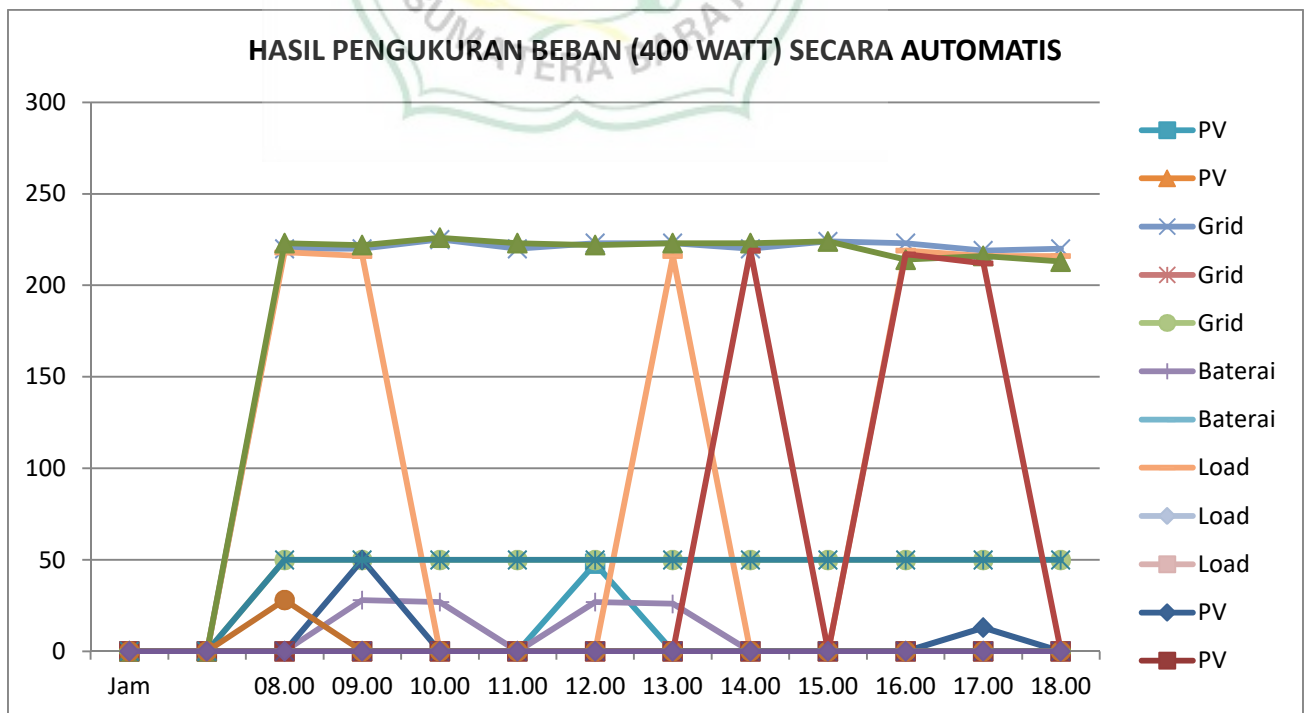
Dari Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 diatas dapat dilihat hasil perbandingan antara pembacaan nilai tegangan dengan arus, antara alat ukur otomatis dengan manual. Dimana perbedaan tersebut terjadi karena perbedaan sensitifitas pembacaan alat. Dari hasil presentase perbandingan adanya penurunan tegangan pada alat ukur otomatis yang berkisar 1.6 % s/d 4.7 % dan juga berpengaruh kepada arus yang menyebabkan menjadi naik, dari persentase perbandingan alat ukur otomatis dan manual mendapatkan hasil berkisar antara 1 % s/d 16 %.

#### 4.2.2.2. Pengujian Hasil Pengukuran Beban 40% (400 Watt)

Tabel : 4.6 Hasil Pengukuran Beban ( 400 Watt ) menggunakan alat ukur otomatis

| Jam   | PV           |          | Grid         |          |           | Baterai      |          | Load         |          |           |
|-------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|
|       | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) |
| 08.00 | 51.6         | 2.10     | 220          | 1.82     | 50        | 28.3         | 0.85     | 218          | 1.76     | 50.02     |
| 09.00 | 58.8         | 2.05     | 220          | 1.9      | 50        | 28           | 0.79     | 216          | 1.74     | 49.88     |
| 10.00 | 57.6         | 1.31     | 225          | 1.94     | 50        | 27           | 0.79     | 221.4        | 1.73     | 49.97     |
| 11.00 | 43.3         | 0.62     | 220          | 1.97     | 50        | 27.4         | 0.78     | 217.4        | 1.75     | 50.1      |
| 12.00 | 48           | 0.80     | 223          | 1.91     | 50        | 27           | 0.8      | 220.6        | 1.78     | 49.96     |
| 13.00 | 51.3         | 1.26     | 223          | 1.86     | 50        | 26           | 0.52     | 216          | 1.72     | 49.94     |
| 14.00 | 52.1         | 1.37     | 220          | 1.87     | 50        | 26.0         | 0.65     | 216.7        | 1.71     | 49.8      |
| 15.00 | 51.3         | 0.81     | 224          | 1.92     | 50        | 26.5         | 0.95     | 219.8        | 1.73     | 50.11     |
| 16.00 | 29.0         | 0.60     | 223          | 1.86     | 50        | 25.3         | 0.55     | 219          | 1.74     | 50.13     |
| 17.00 | 13.2         | 0.50     | 219          | 1.89     | 50        | 24.8         | 0.8      | 216          | 1.72     | 50.09     |
| 18.00 | 0            | 0        | 220          | 1.87     | 50        | 25.2         | 0.77     | 216          | 1.77     | 49.99     |

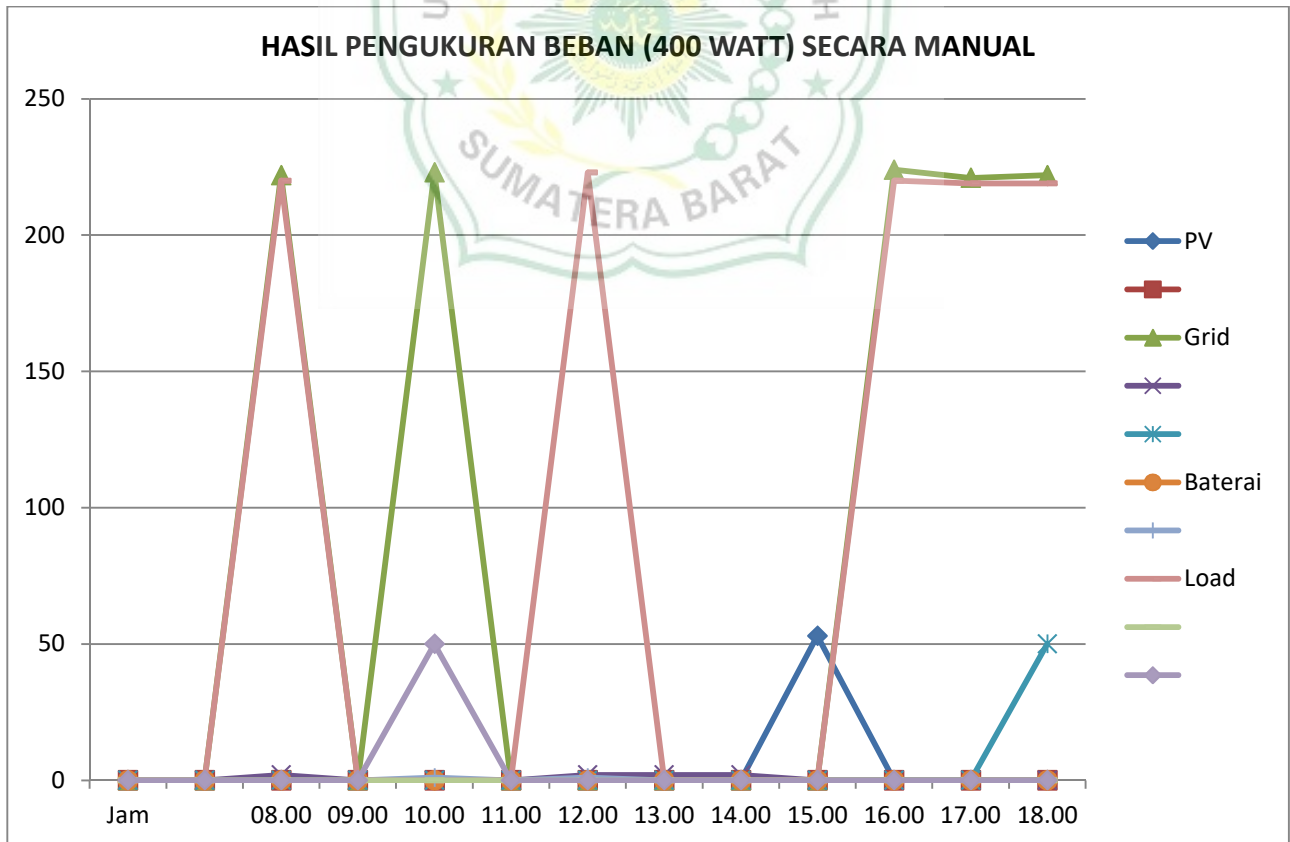
Grafik : 4.3 Hasil Pengukuran Beban ( 400 Watt ) menggunakan alat ukur otomatis.



Tabel : 4.7 Hasil Pengukuran Beban ( 400 Watt ) menggunakan alat ukur manual.

| Jam   | PV              |             | Grid            |             |              | Baterai         |             | Load            |             |              |
|-------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|--------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|--------------|
|       | Tegangan<br>(V) | Arus<br>(A) | Tegangan<br>(V) | Arus<br>(A) | Frek<br>(Hz) | Tegangan<br>(V) | Arus<br>(A) | Tegangan<br>(V) | Arus<br>(A) | Frek<br>(Hz) |
| 08.00 | 52.6            | 2.20        | 222             | 2           | 50.02        | 28.5            | 0.9         | 220             | 1.81        | 49.99        |
| 09.00 | 58.9            | 2.10        | 221.4           | 2.1         | 49.18        | 28.9            | 1.1         | 220.2           | 1.8         | 49.88        |
| 10.00 | 58.1            | 1.52        | 223             | 1.99        | 49.8         | 27.5            | 1           | 224.3           | 1.82        | 50           |
| 11.00 | 46.51           | 0.70        | 226.9           | 2.1         | 50.06        | 28.09           | 0.9         | 221.3           | 1.8         | 49.99        |
| 12.00 | 49.8            | 1.00        | 225.4           | 2           | 49.93        | 27.28           | 1           | 223             | 1.8         | 49.93        |
| 13.00 | 52.53           | 1.40        | 223.9           | 2           | 49.95        | 26.97           | 0.4         | 216.1           | 1.80        | 49.97        |
| 14.00 | 51.87           | 1.50        | 221.6           | 2           | 49.93        | 26.9            | 2.2         | 221.4           | 1.80        | 49.93        |
| 15.00 | 53              | 1.20        | 227.6           | 2.3         | 50.1         | 28.1            | 1.1         | 224.1           | 1.80        | 50.14        |
| 16.00 | 30.0            | 1.10        | 224             | 1.88        | 49.98        | 25.8            | 0.8         | 220             | 1.83        | 50.13        |
| 17.00 | 13.8            | 0.60        | 221             | 1.93        | 49.97        | 25.02           | 0.83        | 219             | 1.80        | 50.06        |
| 18.00 | 0               | 0           | 222             | 1.88        | 50           | 26.7            | 0.8         | 219             | 1.82        | 50.04        |

Grafik : 4.4 Hasil Pengukuran Beban ( 400 Watt ) menggunakan alat ukur manual.



Tabel : 4.8 Hasil Perbandingan Pengukuran Tegangan (400 Watt) dengan alat ukur otomatis dan manual

| No  | Jam   | Hasil Pengukuran Tegangan (V) |        | Persentase   |
|-----|-------|-------------------------------|--------|--|
|     |       | Automatis                     | Manual | $\frac{\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil}}{\text{nilai terbesar}} \times 100\%$ |
| 1.  | 08.00 | 218                           | 220    | 0.9 %  |
| 2.  | 09.00 | 216                           | 220.2  | 1.9 %  |
| 3.  | 10.00 | 221.4                         | 224.3  | 1.2 %  |
| 4.  | 11.00 | 217.4                         | 221.3  | 1.7 %  |
| 5.  | 12.00 | 220.6                         | 223    | 1 %  |
| 6.  | 13.00 | 216                           | 216.1  | 0  |
| 7.  | 14.00 | 216.7                         | 221.4  | 2.1 %  |
| 8.  | 15.00 | 219.8                         | 224.1  | 1.9 %  |
| 9.  | 16.00 | 219                           | 220    | 0.4 %  |
| 10. | 17.00 | 216                           | 219    | 1.3 %  |
| 11. | 18.00 | 216                           | 219    | 1.3 %  |

Tabel : 4.9 Hasil Perbandingan Pengukuran Arus (400 Watt) dengan alat ukur otomatis dan manual

| No  | Jam   | Hasil Pengukuran Arus (A) |        | Persentase   |
|-----|-------|---------------------------|--------|--|
|     |       | Automatis                 | Manual | $\frac{\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil}}{\text{nilai terbesar}} \times 100\%$ |
| 1.  | 08.00 | 1.76                      | 1.81   | 2.7 %  |
| 2.  | 09.00 | 1.74                      | 1.8    | 3.3 %  |
| 3.  | 10.00 | 1.73                      | 1.82   | 4.9 %  |
| 4.  | 11.00 | 1.75                      | 1.8    | 2.7 %  |
| 5.  | 12.00 | 1.78                      | 1.8    | 1.1 %  |
| 6.  | 13.00 | 1.72                      | 1.80   | 4.4 %  |
| 7.  | 14.00 | 1.71                      | 1.80   | 5 %  |
| 8.  | 15.00 | 1.73                      | 1.80   | 3.8 %  |
| 9.  | 16.00 | 1.74                      | 1.83   | 4.9 %  |
| 10. | 17.00 | 1.72                      | 1.80   | 4.4 %  |
| 11. | 18.00 | 1.77                      | 1.82   | 2.7 %  |

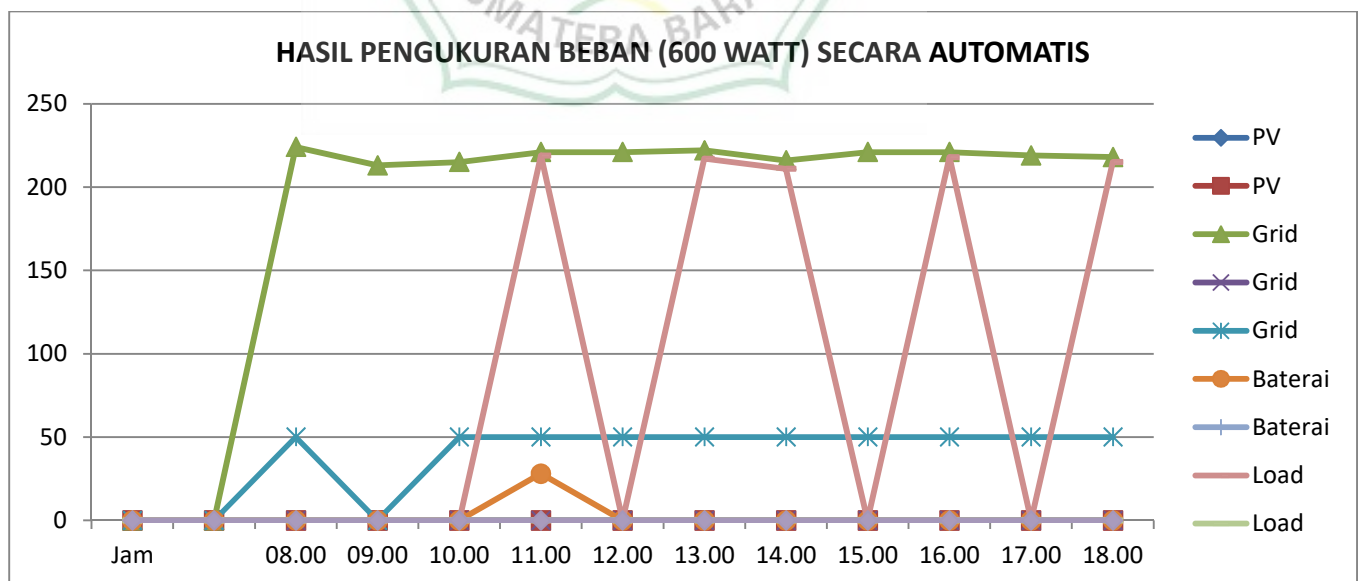
Dari tabel 4.8 dan tabel 4.9 diatas dapat dilihat hasil perbandingan antara pembacaan nilai tegangan dengan arus, antara alat ukur otomatis dengan manual. Dimana perbedaan tersebut terjadi karena perbedaan sensitifitas pembacaan alat. Dari hasil presentase perbandingan adanya penurunan tegangan pada alat ukur otomatis yang berkisar 0.4 % s/d 2.1 % dan juga berpengaruh kepada arus yang menyebabkan menjadi naik, dari persentase perbandingan alat ukur otomatis dan manual mendapatkan hasil berkisar antara 2.7 % s/d 5 %.

#### 4.2.2.3 Pengujian Hasil Pengukuran Beban 60% ( 600 Watt )

Tabel : 4.10 Hasil Pengukuran Beban ( 600 Watt ) menggunakan alat ukur otomatis.

| Jam   | PV           |          | Grid         |          |           | Baterai      |          | Load         |          |           |
|-------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|
|       | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) |
| 08.00 | 46.8         | 0.73     | 224          | 2.86     | 50        | 26.7         | 0.79     | 209.2        | 2.55     | 49.89     |
| 09.00 | 57.3         | 1.36     | 213          | 2.72     | 49.9      | 27.3         | 0.79     | 209.2        | 2.55     | 49.89     |
| 10.00 | 58.4         | 1.36     | 215          | 2.46     | 50        | 26.8         | 0.8      | 213.4        | 2.58     | 49.87     |
| 11.00 | 60.2         | 3.28     | 221          | 2.77     | 50        | 28           | 0.83     | 219          | 2.65     | 49.93     |
| 12.00 | 50.9         | 0.62     | 221          | 2.83     | 50        | 27.2         | 0.75     | 214.6        | 2.6      | 49.93     |
| 13.00 | 50.9         | 0.71     | 222          | 2.78     | 50        | 26.9         | 0.75     | 217          | 2.62     | 49.93     |
| 14.00 | 49.2         | 1.20     | 216          | 2.71     | 50        | 25.9         | 1.57     | 211          | 2.58     | 49.98     |
| 15.00 | 50.9         | 1.31     | 221          | 2.75     | 50        | 26.2         | 1.66     | 217.3        | 2.60     | 49.93     |
| 16.00 | 31.3         | 0.30     | 221          | 2.93     | 50        | 26.8         | 1.15     | 218          | 2.54     | 49.99     |
| 17.00 | 18.3         | 0.15     | 219          | 2.67     | 50        | 27.2         | 1.27     | 216.5        | 2.57     | 49.98     |
| 18.00 | 0            | 0        | 218          | 2.76     | 50        | 26.9         | 1.12     | 215          | 2.60     | 49.99     |

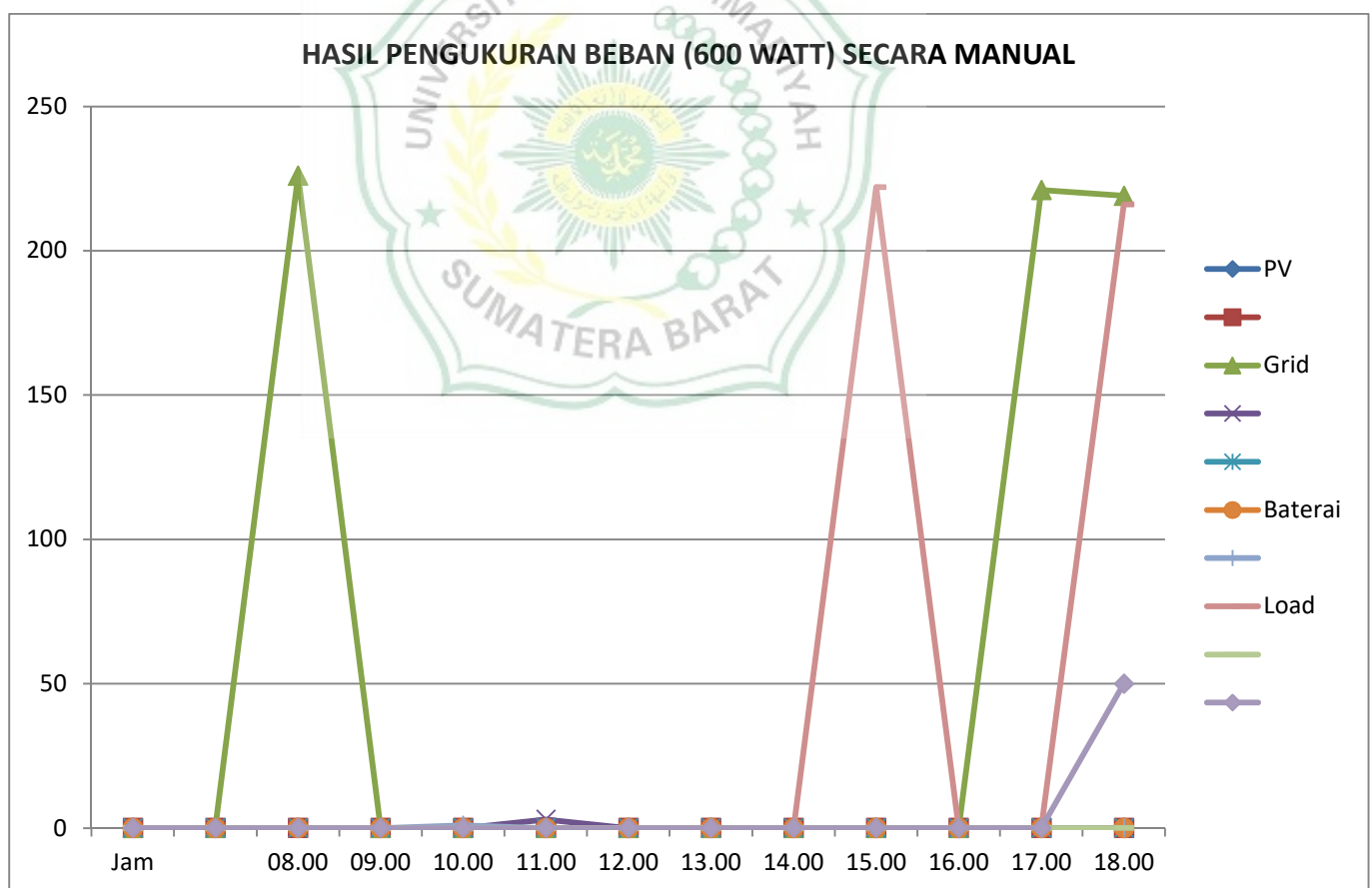
Grafik : 4.5 Hasil Pengukuran Beban ( 600 Watt ) menggunakan alat ukur otomatis



Tabel : 4.11 Hasil Pengukuran Beban ( 600 Watt ) menggunakan alat ukur manual.

| Jam   | PV           |          | Grid         |          |           | Baterai      |          | Load         |          |           |
|-------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|
|       | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) |
| 08.00 | 49.64        | 1.00     | 226          | 3.1      | 50.07     | 28.1         | 0.9      | 214.5        | 2.60     | 49.89     |
| 09.00 | 58.32        | 1.70     | 216.1        | 2.9      | 49.9      | 28.1         | 0.9      | 214.5        | 2.6      | 49.89     |
| 10.00 | 58.89        | 1.60     | 216.3        | 2.8      | 49.84     | 27.21        | 1        | 216.4        | 2.7      | 49.9      |
| 11.00 | 61.02        | 3.34     | 226.4        | 3        | 49.94     | 28.12        | 1.3      | 221.5        | 2.8      | 50.04     |
| 12.00 | 45.6         | 0.80     | 221.5        | 2.9      | 50.04     | 28.13        | 0.8      | 221.2        | 2.7      | 49.95     |
| 13.00 | 51.86        | 0.70     | 225.8        | 3.1      | 49.92     | 28.13        | 0.9      | 213.9        | 2.60     | 49.88     |
| 14.00 | 49.83        | 1.30     | 218.3        | 2.9      | 50.01     | 27.2         | 1.5      | 213.7        | 2.80     | 49.95     |
| 15.00 | 52.23        | 1.40     | 222.8        | 3.1      | 50.01     | 27.19        | 1.7      | 222          | 2.60     | 49.98     |
| 16.00 | 32.0         | 1.20     | 224.2        | 3.03     | 50.02     | 27.4         | 1.2      | 221.6        | 2.89     | 49.96     |
| 17.00 | 18.8         | 0.35     | 221          | 2.96     | 50.02     | 27.6         | 1.4      | 218.5        | 2.79     | 50.01     |
| 18.00 | 0            | 0        | 219          | 2.8      | 50.01     | 27.5         | 1.2      | 216          | 2.65     | 50        |

Grafik : 4.6 Hasil Pengukuran Beban ( 600 Watt ) menggunakan alat ukur manual.



Tabel : 4.12 Hasil Perbandingan Pengukuran Tegangan (600 Watt) dengan alat ukur otomatis dan manual

| No  | Jam   | Hasil Pengukuran Tegangan (V) |        | Persentase   |
|-----|-------|-------------------------------|--------|--|
|     |       | Automatis                     | Manual | $\frac{\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil}}{\text{nilai terbesar}} \times 100\%$ |
|     |       |                               |        |  |
| 1.  | 08.00 | 209.2                         | 214.5  | 2.4 %  |
| 2.  | 09.00 | 209.2                         | 214.5  | 2.4 %  |
| 3.  | 10.00 | 213.4                         | 216.4  | 1.3 %  |
| 4.  | 11.00 | 219                           | 221.5  | 1.1 %  |
| 5.  | 12.00 | 214.6                         | 221.2  | 2.9 %  |
| 6.  | 13.00 | 217                           | 213.9  | 1.4 %  |
| 7.  | 14.00 | 211                           | 213.7  | 1.2 %  |
| 8.  | 15.00 | 217.3                         | 222    | 2.1 %  |
| 9.  | 16.00 | 218                           | 221.6  | 1.6 %  |
| 10. | 17.00 | 216.5                         | 218.5  | 0.9 %  |
| 11. | 18.00 | 215                           | 216    | 0.4 %  |

Tabel : 4.13 Hasil Perbandingan Pengukuran Arus (600 Watt) dengan alat ukur otomatis dan manual

| No  | Jam   | Hasil Pengukuran Arus (A) |        | Persentase   |
|-----|-------|---------------------------|--------|--|
|     |       | Automatis                 | Manual | $\frac{\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil}}{\text{nilai terbesar}} \times 100\%$ |
|     |       |                           |        |  |
| 1.  | 08.00 | 2.55                      | 2.60   | 1.9 %  |
| 2.  | 09.00 | 2.55                      | 2.6    | 1.9 %  |
| 3.  | 10.00 | 2.58                      | 2.7    | 4.4 %  |
| 4.  | 11.00 | 2.65                      | 2.8    | 5.3 %  |
| 5.  | 12.00 | 2.6                       | 2.7    | 3.7 %  |
| 6.  | 13.00 | 2.62                      | 2.60   | 0.7 %  |
| 7.  | 14.00 | 2.58                      | 2.80   | 7.8 %  |
| 8.  | 15.00 | 2.60                      | 2.60   | 0 %  |
| 9.  | 16.00 | 2.54                      | 2.89   | 12.1 %   |
| 10. | 17.00 | 2.57                      | 2.79   | 7.8 %  |
| 11. | 18.00 | 2.60                      | 2.65   | 1.8 %  |

Dari tabel 4.12 dan tabel 4.13 diatas dapat dilihat hasil perbandingan antara pembacaan nilai tegangan dengan arus, antara alat ukur otomatis dengan manual. Dimana perbedaan tersebut terjadi karena perbedaan sensitifitas pembacaan alat. Dari hasil presentase perbandingan adanya penurunan tegangan pada alat ukur otomatis yang berkisar 0.4 % s/d 2.9 % dan juga berpengaruh kepada arus yang menyebabkan menjadi naik, dari persentase perbandingan alat ukur otomatis dan manual mendapatkan hasil berkisar antara 0 % s/d 12.1 %.

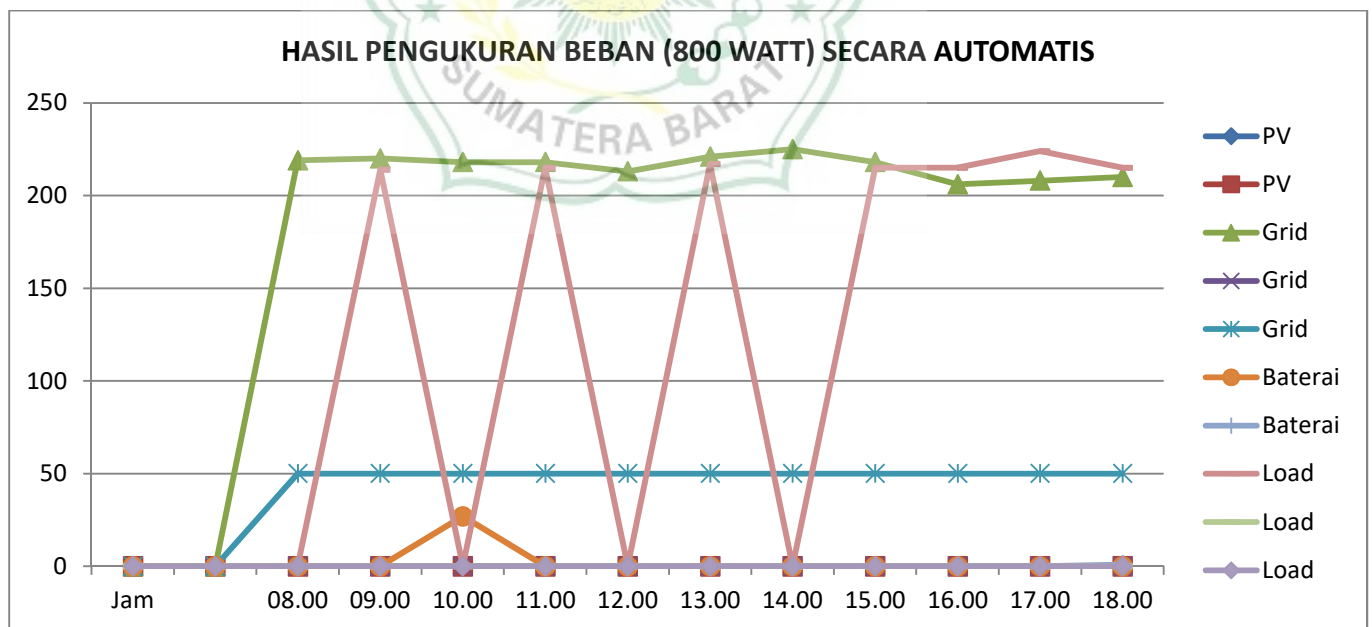


#### 4.2.2.4 Pengujian Hasil Pengukuran Beban 80% ( 800 Watt )

Tabel : 4.14 Hasil Pengukuran Beban ( 800 Watt ) menggunakan alat ukur otomatis pada pintu panel.

| Jam   | PV           |          | Grid         |          |           | Baterai      |          | Load         |          |           |
|-------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|
|       | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) |
| 08.00 | 54.3         | 2.10     | 219          | 3.64     | 50        | 28.5         | 2.2      | 216.3        | 3.54     | 49.99     |
| 09.00 | 50.6         | 0.99     | 220          | 3.52     | 50        | 28.4         | 1.92     | 214          | 3.46     | 49.92     |
| 10.00 | 52.5         | 1.76     | 218          | 3.57     | 50        | 27           | 0.8      | 215.2        | 3.45     | 49.8      |
| 11.00 | 50.8         | 0.57     | 218          | 3.66     | 50        | 27.3         | 0.76     | 215          | 3.45     | 50.01     |
| 12.00 | 50.6         | 1.20     | 213          | 3.47     | 50        | 25.9         | 1.45     | 209.5        | 3.4      | 50.01     |
| 13.00 | 49.5         | 1.16     | 221          | 2.75     | 50        | 25.5         | 1.5      | 217          | 3.55     | 49.87     |
| 14.00 | 41.5         | 0.56     | 225          | 3.7      | 50        | 27.2         | 0.64     | 220.1        | 3.76     | 50.07     |
| 15.00 | 40.5         | 0.33     | 218          | 3.48     | 50        | 25.2         | 0.8      | 215          | 3.42     | 50.03     |
| 16.00 | 30.6         | 0.17     | 206          | 4.6      | 50        | 26.8         | 1.1      | 215          | 3.66     | 50.02     |
| 17.00 | 21.8         | 0.04     | 208          | 4.7      | 50        | 25.9         | 0.8      | 224          | 3.60     | 50.03     |
| 18.00 | 0            | 0        | 210          | 4.4      | 50        | 27.2         | 1        | 215          | 3.70     | 50.05     |

Grafik : 4.7 Hasil Pengukuran Beban ( 800 Watt ) menggunakan alat ukur otomatis

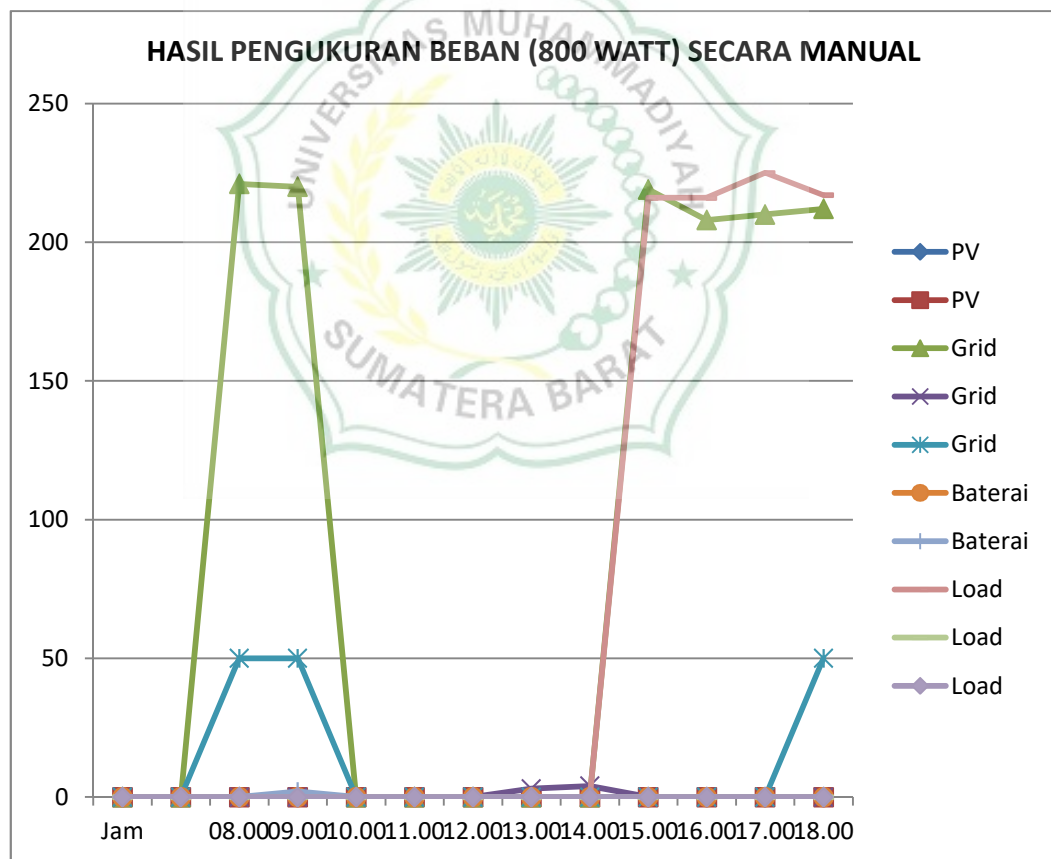


Tabel : 4.15 Hasil Pengukuran Beban ( 800 Watt ) menggunakan alat ukur manual.

|  | PV | Grid | Baterai | Load |
|--|----|------|---------|------|
|--|----|------|---------|------|

| Jam   | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) |
|-------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|
| 08.00 | 56.01        | 2.20     | 221          | 3.7      | 50        | 28.8         | 2.4      | 218.6        | 3.60     | 49.98     |
| 09.00 | 52.3         | 1.10     | 220          | 4.5      | 50        | 28.1         | 2        | 219.3        | 3.7      | 49.91     |
| 10.00 | 52.9         | 1.90     | 218.5        | 3.7      | 49.81     | 28.1         | 0.8      | 220.4        | 3.6      | 49.83     |
| 11.00 | 51.7         | 0.70     | 221.7        | 3.9      | 49.99     | 28.16        | 0.8      | 219.5        | 3.6      | 49.98     |
| 12.00 | 53.62        | 1.30     | 215.9        | 3.7      | 49.9      | 26.84        | 1.6      | 214.2        | 3.7      | 49.88     |
| 13.00 | 53.58        | 1.20     | 219.8        | 3        | 50.01     | 26.73        | 1.6      | 221.5        | 3.6      | 50.03     |
| 14.00 | 39.51        | 0.70     | 226.9        | 4        | 50.13     | 28.1         | 0.8      | 225.2        | 3.70     | 50.08     |
| 15.00 | 42.03        | 0.40     | 219          | 3.6      | 49.99     | 26.05        | 0.9      | 216          | 3.49     | 50.05     |
| 16.00 | 32.0         | 0.20     | 208          | 4.6      | 49.97     | 27.03        | 1.1      | 216          | 3.70     | 49.99     |
| 17.00 | 22.03        | 0.07     | 210          | 4.7      | 50.02     | 26.04        | 0.9      | 225          | 3.65     | 50.04     |
| 18.00 | 0            | 0        | 212          | 4.5      | 50        | 27.5         | 0.8      | 217          | 3.71     | 50.02     |

Grafik : 4.8 Hasil Pengukuran Beban ( 800 Watt ) menggunakan alat ukur manual



Tabel : 4.16 Hasil Perbandingan Pengukuran Tegangan (800 Watt) dengan alat ukur otomatis dan manual

| No  | Jam   | Hasil Pengukuran Tegangan (V) |        | $\frac{\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil}}{\text{nilai terbesar}} \times 100\%$ |
|-----|-------|-------------------------------|--------|--|
|     |       | Automatis                     | Manual |  |
| 1.  | 08.00 | 216.3                         | 218.6  | 1 %  |
| 2.  | 09.00 | 214                           | 219.3  | 2.4 %  |
| 3.  | 10.00 | 215.2                         | 220.4  | 2.3 %  |
| 4.  | 11.00 | 215                           | 219.5  | 2 %  |
| 5.  | 12.00 | 209.5                         | 214.2  | 2.1 %  |
| 6.  | 13.00 | 217                           | 221.5  | 2 %  |
| 7.  | 14.00 | 220.1                         | 225.2  | 2.2 %  |
| 8.  | 15.00 | 215                           | 216    | 0.4 %  |
| 9.  | 16.00 | 215                           | 216    | 0.4 %  |
| 10. | 17.00 | 224                           | 225    | 0.4 %  |
| 11. | 18.00 | 215                           | 217    | 9.2 %  |

Tabel : 4.17 Hasil Perbandingan Pengukuran Arus (800 Watt) dengan alat ukur otomatis dan manual

| No  | Jam   | Hasil Pengukuran Arus (A) |        | $\frac{\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil}}{\text{nilai terbesar}} \times 100\%$ |
|-----|-------|---------------------------|--------|--|
|     |       | Automatis                 | Manual |  |
| 1.  | 08.00 | 3.54                      | 3.60   | 1.6 %  |
| 2.  | 09.00 | 3.46                      | 3.7    | 6.4 %  |
| 3.  | 10.00 | 3.45                      | 3.6    | 4.1 %  |
| 4.  | 11.00 | 3.45                      | 3.6    | 4.1 %  |
| 5.  | 12.00 | 3.4                       | 3.7    | 8.1 %  |
| 6.  | 13.00 | 3.55                      | 3.6    | 1.3 %  |
| 7.  | 14.00 | 3.76                      | 3.70   | 1.5 %  |
| 8.  | 15.00 | 3.42                      | 3.49   | 2 %  |
| 9.  | 16.00 | 3.66                      | 3.70   | 1 %  |
| 10. | 17.00 | 3.60                      | 3.65   | 1.3 %  |
| 11. | 18.00 | 3.70                      | 3.71   | 0.2 %  |

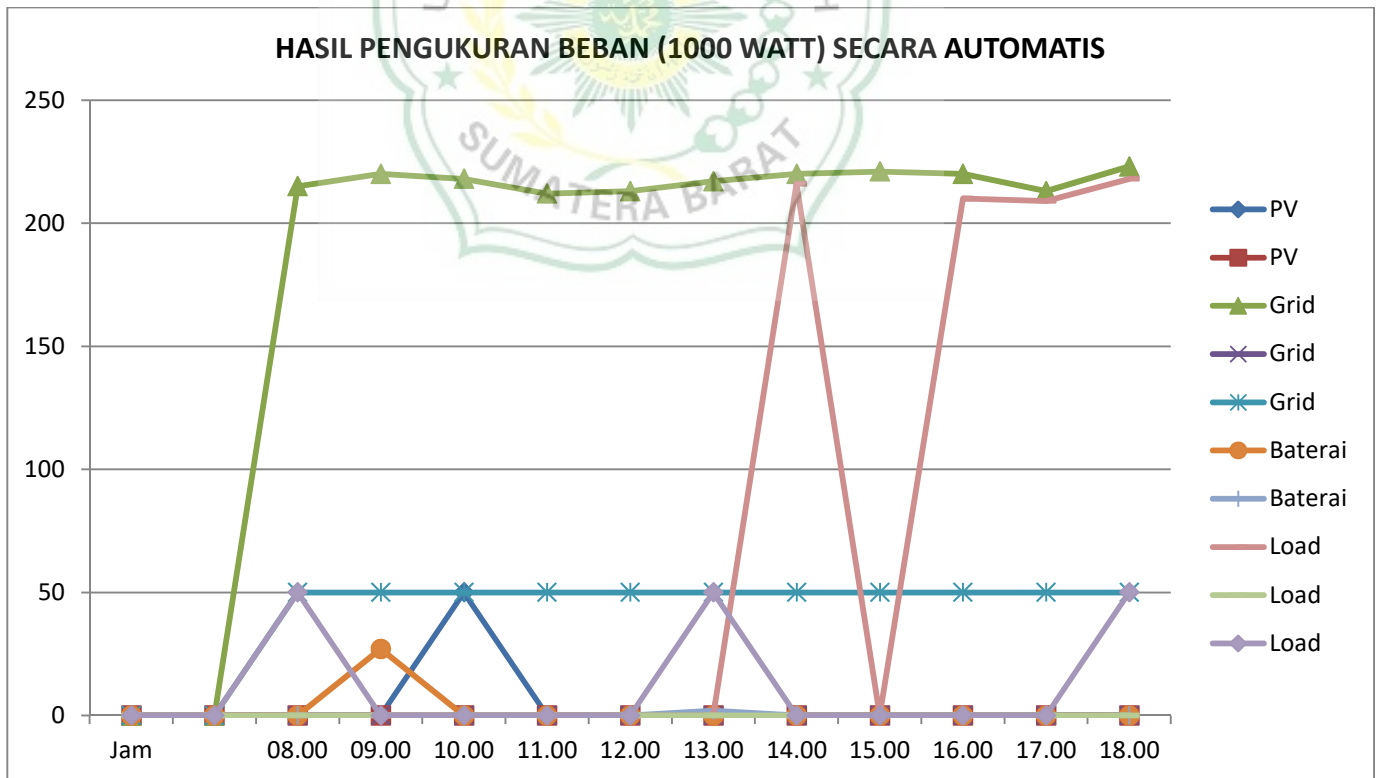
Dari tabel 4.16 dan tabel 4.17 diatas dapat dilihat hasil perbandingan antara pembacaan nilai tegangan dengan arus, antara alat ukur otomatis dengan manual. Dimana perbedaan tersebut terjadi karena perbedaan sensitifitas pembacaan alat. Dari hasil presentase perbandingan adanya penurunan tegangan pada alat ukur otomatis yang berkisar 0.4 % s/d 2.4 % dan juga berpengaruh kepada arus yang menyebabkan menjadi naik, dari persentase perbandingan alat ukur otomatis dan manual mendapatkan hasil berkisar antara 0.2 % s/d 8.1 %.

#### 4.2.2.5. Pengujian Hasil Pengukuran Beban 100% ( 1000 Watt )

Tabel : 4.18 Hasil Pengukuran Beban ( 1000 Watt ) menggunakan alat ukur otomatis.

| Jam   | PV           |          | Grid         |          |           | Baterai      |          | Load         |          |           |
|-------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|
|       | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) |
| 08.00 | 4.3          | 0.60     | 215          | 4.46     | 50        | 26.9         | 0.79     | 210.9        | 4.28     | 50        |
| 09.00 | 50.6         | 1.15     | 220          | 4.4      | 50        | 27           | 2.34     | 215.2        | 4.3      | 50.04     |
| 10.00 | 50           | 0.70     | 218          | 4.48     | 50        | 27.4         | 0.78     | 213.8        | 4.29     | 49.96     |
| 11.00 | 52.7         | 0.77     | 212          | 4.68     | 50        | 26.9         | 0.76     | 210.7        | 4.25     | 49.88     |
| 12.00 | 50.8         | 1.57     | 213          | 4.37     | 50        | 26.2         | 1.98     | 209.4        | 4.23     | 49.9      |
| 13.00 | 53.1         | 1.10     | 217          | 4.65     | 50        | 26.8         | 2        | 214.2        | 4.50     | 50        |
| 14.00 | 50.2         | 1.20     | 220          | 4.53     | 50        | 27.8         | 0.76     | 216          | 4.34     | 50.12     |
| 15.00 | 48.3         | 0.72     | 221          | 4.49     | 50        | 28.1         | 0.73     | 216.4        | 4.32     | 50.13     |
| 16.00 | 34.7         | 0.35     | 220          | 4.61     | 50        | 26.8         | 0.65     | 210          | 4.29     | 50.07     |
| 17.00 | 30.2         | 0.28     | 213          | 4.73     | 50        | 27.2         | 0.75     | 209          | 4.30     | 50.06     |
| 18.00 | 0            | 0        | 223          | 4.55     | 50        | 25.2         | 0.77     | 218          | 4.35     | 50        |

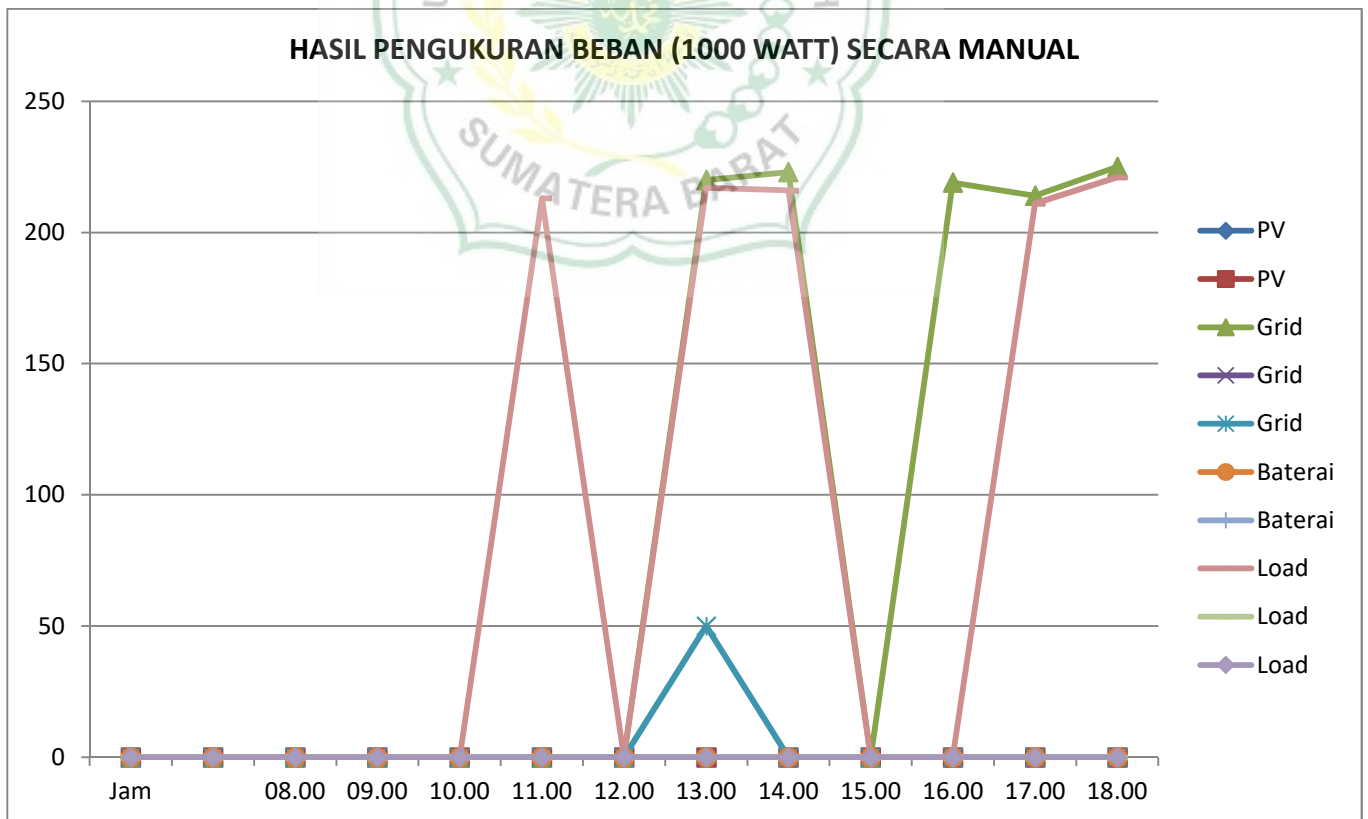
Grafik : 4.9 Hasil Pengukuran Beban ( 1000 Watt ) menggunakan alat ukur otomatis



Tabel : 4.19 Hasil Pengukuran Beban ( 1000 Watt ) menggunakan alat ukur manual.

| Jam   | PV           |          | Grid         |          |           | Baterai      |          | Load         |          |           |
|-------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|--------------|----------|--------------|----------|-----------|
|       | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Frek (Hz) |
| 08.00 | 43.6         | 0.70     | 216.9        | 4.5      | 49.98     | 28.17        | 0.8      | 214.6        | 4.4      | 50.01     |
| 09.00 | 52.2         | 1.20     | 221.6        | 4.9      | 49.99     | 26.6         | 2.9      | 220.6        | 4.4      | 50.05     |
| 10.00 | 52.1         | 0.90     | 221.6        | 4.6      | 49.95     | 28.22        | 0.8      | 218.1        | 4.5      | 49.97     |
| 11.00 | 52.4         | 0.80     | 217.9        | 4.8      | 49.9      | 28.16        | 0.9      | 213          | 4.4      | 49.99     |
| 12.00 | 52.74        | 1.70     | 214.8        | 4.8      | 49.89     | 26.89        | 2.4      | 213.7        | 4.7      | 49.95     |
| 13.00 | 53.6         | 1.15     | 220          | 4.73     | 50        | 27.8         | 2.2      | 217          | 4.55     | 50.09     |
| 14.00 | 50.8         | 0.92     | 223          | 4.62     | 49.99     | 2.8          | 0.8      | 216          | 4.34     | 50.12     |
| 15.00 | 50.91        | 0.80     | 222.8        | 4.9      | 50.19     | 28.18        | 0.8      | 219.5        | 4.40     | 50.2      |
| 16.00 | 34.9         | 0.60     | 219          | 4.9      | 50.02     | 28.19        | 0.8      | 217.8        | 4.50     | 50.01     |
| 17.00 | 31.05        | 0.32     | 214          | 4.9      | 50.03     | 27.6         | 0.8      | 211          | 4.35     | 50.08     |
| 18.00 | 0            | 0        | 225          | 4.6      | 50.06     | 25.6         | 0.78     | 221          | 4.40     | 50.04     |

Grafik : 4.10 Hasil Pengukuran Beban (1000 Watt ) menggunakan alat ukur manual



Tabel : 4.20 Hasil Perbandingan Pengukuran Tegangan (1000 Watt) dengan alat ukur otomatis dan manual

| No  | Jam   | Hasil Pengukuran Tegangan (V) |        | Persentase<br>$\frac{\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil}}{\text{nilai terbesar}} \times 100\%$ |
|-----|-------|-------------------------------|--------|--|
|     |       | Automatis                     | Manual |  |
| 1.  | 08.00 | 210.9                         | 214.6  | 1.7 %  |
| 2.  | 09.00 | 215.2                         | 220.6  | 2.4 %  |
| 3.  | 10.00 | 213.8                         | 218.1  | 1.9 %  |
| 4.  | 11.00 | 210.7                         | 213    | 1 %  |
| 5.  | 12.00 | 209.4                         | 213.7  | 2 %  |
| 6.  | 13.00 | 214.2                         | 217    | 1.2 %  |
| 7.  | 14.00 | 216                           | 216    | 0  |
| 8.  | 15.00 | 216.4                         | 219.5  | 1.4 %  |
| 9.  | 16.00 | 210                           | 217.8  | 3.5 %  |
| 10. | 17.00 | 209                           | 211    | 0.9 %  |
| 11. | 18.00 | 218                           | 221    | 1.3 %  |

Tabel : 4.21 Hasil Perbandingan Pengukuran Arus (1000 Watt) dengan alat ukur otomatis dan manual

| No  | Jam   | Hasil Pengukuran Arus (A) |        | Persentase<br>$\frac{\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil}}{\text{nilai terbesar}} \times 100\%$ |
|-----|-------|---------------------------|--------|--|
|     |       | Automatis                 | Manual |  |
| 1.  | 08.00 | 4.28                      | 4.4    | 2.7 %  |
| 2.  | 09.00 | 4.3                       | 4.4    | 2.2 %  |
| 3.  | 10.00 | 4.29                      | 4.5    | 4.6 %  |
| 4.  | 11.00 | 4.25                      | 4.4    | 3.4 %  |
| 5.  | 12.00 | 4.23                      | 4.7    | 10 %   |
| 6.  | 13.00 | 4.50                      | 4.55   | 1 %  |
| 7.  | 14.00 | 4.34                      | 4.34   | 0  |
| 8.  | 15.00 | 4.32                      | 4.40   | 1.8 %  |
| 9.  | 16.00 | 4.29                      | 4.50   | 4.6 %  |
| 10. | 17.00 | 4.30                      | 4.35   | 1.1 %  |
| 11. | 18.00 | 4.35                      | 4.40   | 1.1 %  |

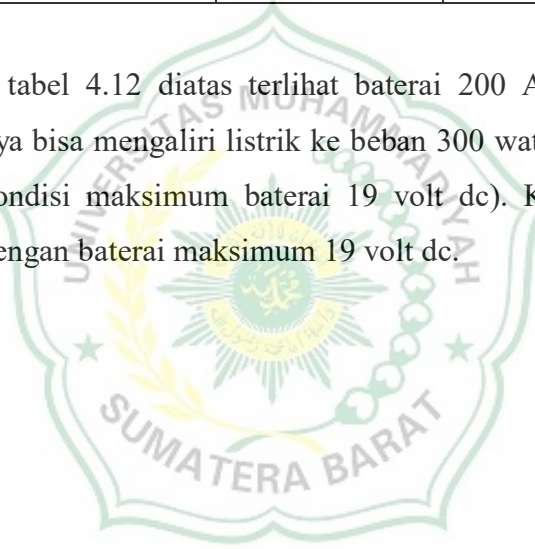
Dari tabel 4.20 dan tabel 4.21 diatas dapat dilihat hasil perbandingan antara pembacaan nilai tegangan dengan arus, antara alat ukur otomatis dengan manual. Dimana perbedaan tersebut terjadi karena perbedaan sensitifitas pembacaan alat. Dari hasil presentase perbandingan adanya penurunan tegangan pada alat ukur otomatis yang berkisar 0 % s/d 3.5 % dan juga berpengaruh kepada arus yang menyebabkan menjadi naik, dari persentase perbandingan alat ukur otomatis dan manual mendapatkan hasil berkisar antara 0 % s/d 10 %.

#### 4.2.2.6 Hasil pengukuran berapa lama baterai 200 Ah kondisi terisi penuh bisa disuplai ke beban dengan beban 300 watt

Tabel : 4.22 Pengukuran berapa lama baterai 200 Ah kondisi terisi penuh bias disuplai ke beban dengan beban 300 watt

| Jam   | Tegangan (V) | Arus (A) | Frekuensi (Hz) | COS p |
|-------|--------------|----------|----------------|-------|
| 8.00  | 216,5        | 1,315    | 50             | 1     |
| 9.00  | 216,5        | 1,317    | 50             | 1     |
| 10.00 | 216,0        | 1,318    | 50             | 0,99  |
| 11.00 | 217,2        | 1,312    | 50             | 1     |
| 12.00 | 216,5        | 1,314    | 50             | 1     |

Dari tabel 4.12 diatas terlihat baterai 200 Ah 24 volt dc kondisi penuh hanya bisa mengaliri listrik ke beban 300 watt dengan waktu 5 jam. (dengan kondisi maksimum baterai 19 volt dc). Karena inverter *hybrid* disetting dengan baterai maksimum 19 volt dc.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem perancangan sistem pembangkit listrik *hybrid* tenaga surya dan pln menggunakan alat ukur digital pada pintu panel yang mana listrik yang digunakan adalah listrik dari keluaran inverter *hybrid*.
2. Lama pemakaian baterai tergantung dari berapa arus yang mengalir ke beban.
3. Alat ukur yang digunakan tidak bisa kalibrasi yang menyebabkan ada perselisihan perhitungan antara otomatis dan manual.

#### **5.2 Saran**

Perancangan sistem pembangkit listrik *hybrid* tenaga surya dan pln ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi kualitas bahan, penampilan dan sistem kinerja dan fungsi. Oleh karena itu diharapkan nantinya alat ini dapat disempurnakan lagi di kemudian hari. Adapun beberapa saran untuk langkah pengembangan dan penyempurnaan alat ini adalah:

1. Disarankan kedepannya alat ini dapat dikembangkan terhadap alat ni sehingga bias menghasilkan alat yang lebih baik lagi. Misalnya dengan mengganti saklar dengan plc agar bisa dikontrol dengan secara otomatis.
2. Disarankan untuk pengambilan data bisa divariasikan dengan kondisi cuaca untuk melihat variasi keluaran arus panel surya berdasarkan amper nya.
3. Alat ukur sebaiknya dikalibrasi agar mendapatkan nilai yang akurat.



## DAFTAR PUSTAKA

- A. P. Prasetyono, “Fatamorgana Kemandirian Energi – Ristekdikti,” 2017. [Online]. Available: <https://ristekdikti.go.id/fatamorgana-kemandirian-energi/>. [Accessed: 10-Jul-2018].
- G. Cook, L. Billman, and R. Adcock, “Photovoltaic Fundamentals,” United States of America, 1995
- G. Widayana, “Pemanfaatan Energi Surya,” vol. 9, no. ISSN 0216-3241, pp. 37–46, 2012.
- I. M. A. Nugraha, I. A. D. Giriantari, and I. N. S. Kumara, “Studi Dampak Ekonomi dan Sosial PLTS Sebagai Listrik Pedesaan Terhadap Masyarakat Desa Ban Kubu Karangasem,” no. November, pp. 14–15, 2013.
- L. S. Mulia, I. M. Shidiq, Soeprpto, and J. M. T. Haryono, “Analisis Teknik dan Ekonomi Power Hibrida (,” pp. 1–6, 2016.
- M. Rif, S. Hp, M. Shidiq, R. Yuwono, and H. Suyono, “Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas,” vol. 6, no. 1, pp. 44–48, 2012.
- T. T. Gultom, “Pemanfaatan Photovoltaic sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” pp. 33–42, 2015.
- W. W. Wenas, “Teknologi Sel Surya: Perkembangan Dewasa Ini dan yang Akan Datang,” 1996
- Yulisman, “Optimalisasi Pembangkit Listrik Tenaga *Hibrida* bagi Pelayanan Beban Berbasis Sistem Kendali Pintar “di Jurusan Tenaga Listrik Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta.



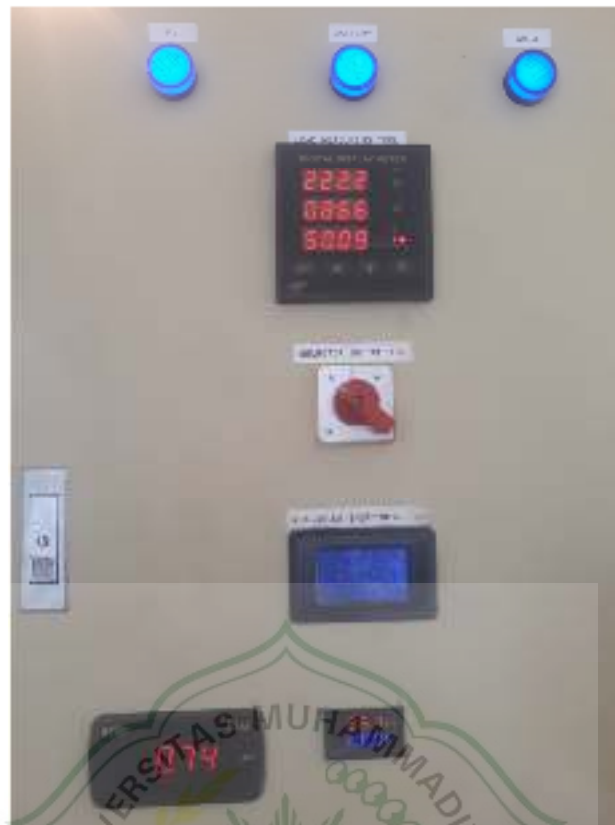
DOKUMENTASI PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID TENAGA SURYA & PLN*



DOKUMENTASI PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID TENAGA SURYA & PLN*

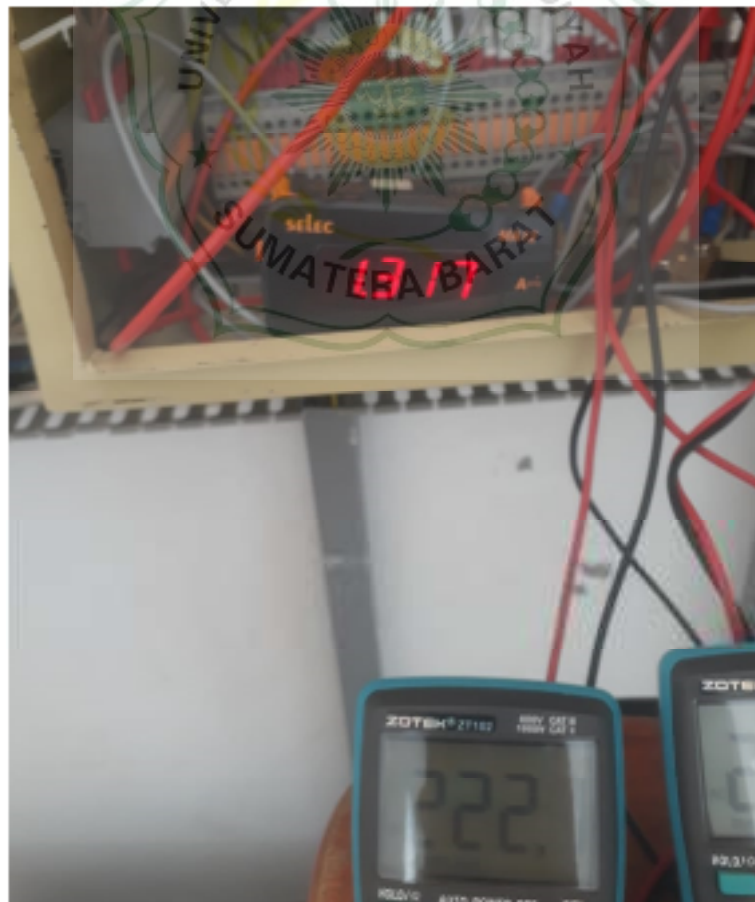


DOKUMENTASI PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID TENAGA SURYA & PLN*





DOKUMENTASI PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID TENAGA SURYA & PLN*



DOKUMENTASI PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID TENAGA SURYA & PLN*







DOKUMENTASI PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID TENAGA SURYA & PLN*



DOKUMENTASI PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID TENAGA SURYA & PLN*



DOKUMENTASI PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID TENAGA SURYA & PLN*



DOKUMENTASI PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID TENAGA SURYA & PLN*



# User Manual

Off-Grid Solar Inverter

200W/500W/1000W/2000W/2500W/3000W



# 1 Safety Information

## 1.1 Safety Instructions



- Due to high voltage inside the inverter equipment, someone who is not a technician or not authorized by the company shall not open the cabinet cover, otherwise risk of electric shock is possible and the eligibility of warranty will be lost.
- This equipment is an energy storage system, so please make sure energy storage battery is installed to ensure safe operation.
- Before using it for following loads, be sure to discuss with your dealer in advance, and special consideration and design shall be made for its application, setup, management and maintenance etc.
  - A medical instrument that is directly related to the patient's life;
  - Elevators and other equipment that may endanger personal safety;
  - Above equipment alike.

## 1.2 Safety Precautions

- When installing this product, please ensure that the monitor and TV are kept at a distance of 50 cm or more.
- The surface temperature of cabinet will rise by 50°C around during use of the product. This is a normal phenomenon.
- Please do not exceed the rated load capacity in use.
- Do not open the inverter housing, otherwise risk of electric shock or other hazards may be caused. For troubleshooting inside the device, please send it to the specified service center.
- Internal short circuit may lead to electric shock or fire. Therefore, to avoid such risks, container with liquid shall not be placed on the product.
- If the device is working abnormally, please turn off the power immediately and contact your dealer.
- Please do not store or use this product in following environments:
  - Places without air convection
  - Places where there are flammable gases, corrosive substances, or a large amount of dust
  - Places of abnormally high or low temperature (40 °C above or below 0 °C),

and high humidity (90% or more)

- Places in direct sunlight or near heating appliances
  - Places with intense vibration
  - Outdoor
- In case of fire around, please use dry powder fire extinguisher. Use of liquid fire extinguishers may pose a risk of electric shock.
- Please attach a miniature circuit breaker to the input end of the product, so that power plug can be disconnected from the outlet to turn off power in case of emergency.

| Symbols  | Descriptions  |
|--|---|
| <br>Warning   | <ul style="list-style-type: none"><li>• The equipment must be grounded, and as AC power supply is connected, be sure to ground the system reliably, and take care not to reverse the neutral wire and live wire.</li><li>• Inverter has a high voltage inside. So, to ensure personal safety, please consult technical staff of this company for any questions.</li></ul> |
| <br>Caution | <ul style="list-style-type: none"><li>• Improper operation may cause enormous loss. Please be sure to operate the device according to instructions.</li><li>• To ensure device safety and personal safety, it must be installed by professionals.</li></ul>   |



## 2 Product Overview

### 2.1 Specifications

**Note:** 2500W is for 110Vac series only, 3000W is for 220Vac series only.

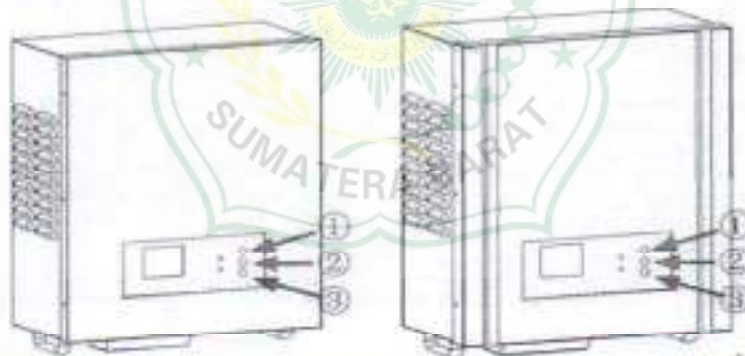
| Model           | 500W                              | 1000W  | 2000W    | 2500W     | 3000W | 200W  |
|-----------------|-----------------------------------|--|----------|-----------|-------|-------|
| Rated voltage   | 12Vdc                             | 24Vdc  | 48Vdc    |           |       |       |
| Battery type    | Pb-Acid                           |  |          |           |       |       |
| Rated capacity  | ≥100AH                            |  |          | ≥150AH    |       |       |
| PV Input        | Max. open circuit voltage         | 60Vdc  | 100Vdc   | 150Vdc    |       |       |
|                 | Optimum operating voltage (Vmp)   | 16-48Vdc                                       | 33-80Vdc | 65-120Vdc |       |       |
|                 | MPPT min. starting voltage        | ≥Ubat*1.25                                     |          |           |       |       |
|                 | MPPT shutoff condition            | Ppv<10W and UpvsUbat*1.1                       |          |           |       |       |
|                 | MPPT max. charging efficiency     | ≥98%   |          |           |       |       |
|                 | Max. charging current             | 50A  | 50A      | 50A       | 65A   | 65A   |
|                 | Recommended electrode plate power | 750W   | 1400W    | 2800W     | 3500W | 3500W |
| Mains Input     | Bypass voltage operating range    | 0-264Vac for 200/220/230/240Vac                |          |           |       |       |
|                 | Input voltage range               | 100V/110V/115/120V or 200/220V/230V/240V±25%   |          |           |       |       |
|                 | Input frequency range             | 50/60Hz±10%±1Hz (5%/15% can be set)            |          |           |       |       |
|                 | Max. charging current             | 20A  | 20A      | 20A       | 30A   | 30A   |
| Inverter Output | Inverter output voltage           | 100V/110V/115V/120V or 200V/220V/230V/240V±2%  |          |           |       |       |
|                 | Stable output voltage range       | 100V/110V/115V/120V or 200V/220V/230V/240V±10% |          |           |       |       |
|                 | Bypass output                     | Same as input voltage range                    |          |           |       |       |






|                    |  |  |                            |                            |                            |            |            |
|--------------------|--|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------|------------|
| Output parameters  | voltage range                                    |  |                            |                            |                            |            |            |
|                    | Conversion time (AC to DC)                       | Typical: 4 ms, Maximum: 10 ms  |                            |                            |                            |            |            |
|                    | Rated power (W)                                  | 500W   | 1000W                      | 2000W                      | 2500W                      | 3000W      | 200W       |
|                    | Power factor                                     | 1  |                            |                            |                            |            |            |
|                    | Rated output frequency                           | 50/60 Hz $\pm$ 1% (Inverter mode)  |                            |                            |                            |            |            |
|                    | Overload protection (linear load)                | $\geq$ 110% for 2 min (power off without mains input)<br>$\geq$ 125% for 1 min (power off without mains input)<br>$\geq$ 150% for 10 s (power off without mains input)<br>$\geq$ 180% loads, power off after 1 s.    |                            |                            |                            |            |            |
|                    | Max. inverter output efficiency (resistive load) | $\geq$ 78%   | $\geq$ 85%                 | $\geq$ 85%                 | $\geq$ 85%                 | $\geq$ 85% | $\geq$ 75% |
|                    | Sleep mode load rate                             | $\leq$ 3% $\pm$ 50% can be set, enter sleep mode after 2 min.  |                            |                            |                            |            |            |
|                    | Output voltage harmonics                         | $\leq$ 3% (linear load)  |                            |                            |                            |            |            |
|                    | Inductive load                                   | Yes ( $\leq$ 30%)  |                            |                            |                            |            |            |
|                    | Half wave load                                   | Yes ( $\leq$ 20%)  |                            |                            |                            |            |            |
| Battery management | Rated battery voltage                            | 12V  | 24V                        | 48V                        |                            |            |            |
|                    | Charging current (setting available)             | 5-60A  |                            |                            | 5-65A                      |            | 3-65A      |
|                    | Charging current (setting available)             | 500W: Lead acid battery: 6 cells, Lithium battery: 4 cells<br>1000W: Lead acid battery: 12 cells, Lithium battery: 8 cells<br>2000/2500/3000/200W: Lead acid battery: 23/24 cells<br>Lithium battery: 14/15/16 cells |                            |                            |                            |            |            |
|                    | Equalizing charge voltage(V)                     | LEAD   | 13.8-15<br>Default: 14.1   | 27.6-30.0<br>Default: 28.2 | 55.2-60<br>Default: 56.4   |            |            |
|                    |  | LIT  | 14.0-16.2<br>Default: 14.8 | 28.0-30.4<br>Default: 29.2 | 56-60.8<br>Default: 58.4   |            |            |
|                    |  | GEL  | 13.8-15.8<br>Default: 14.4 | 27.6-30.0<br>Default: 28.8 | 55.2-60.0<br>Default: 56.4 |            |            |
|                    |  | AGM  | 13.8-16.0<br>Default: 14.4 | 27.6-30.0<br>Default: 28.8 | 55.2-60.0<br>Default: 56.4 |            |            |
|                    |  | Flood  | 13.8-16.2<br>Default: 15.0 | 27.6-30.4<br>Default: 28.8 | 56-60.8<br>Default: 58.0   |            |            |
|                    |  | Other  | 13.8-15.8<br>Default: 14.1 | 27.6-30.0<br>Default: 28.2 | 55.2-60<br>Default: 56.4   |            |            |
|                    | Floating charge                                  | LEAD   | 13.2-13.8<br>Default: 13.6 | 26.4-27.6<br>Default: 27.2 | 52.8-57.6<br>Default: 54.4 |            |            |
| LIT                |  | 13.6-14.8<br>Default: 14.2   | 27.2-29.6<br>Default: 28.4 | 54.4-59.2<br>Default: 56.8 |                            |            |            |
| GEL                |  | 13.2-13.8<br>Default: 13.5   | 26.4-27.6<br>Default: 27.0 | 52.8-57.6<br>Default: 54.0 |                            |            |            |

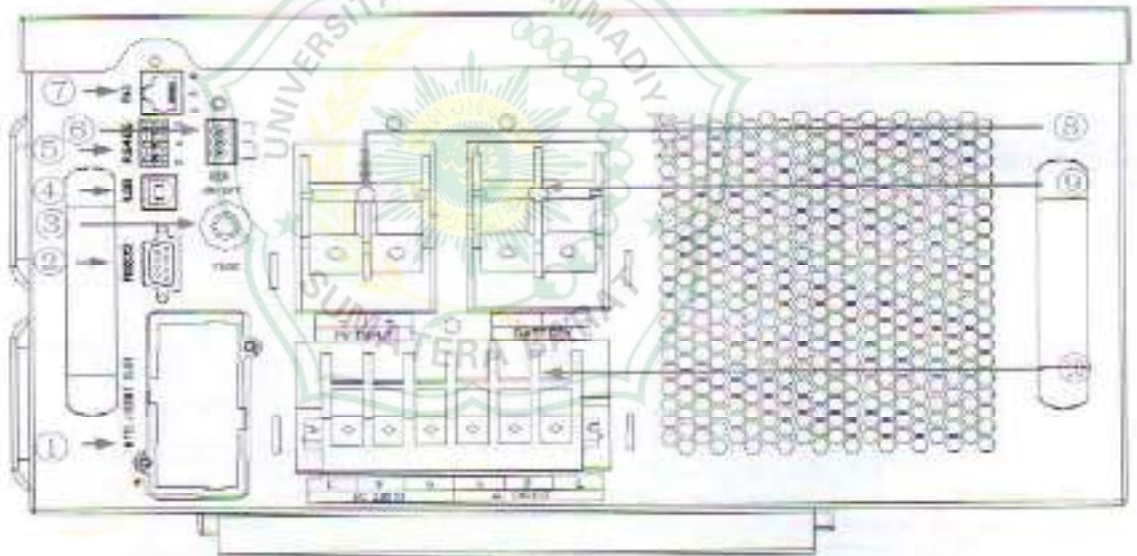
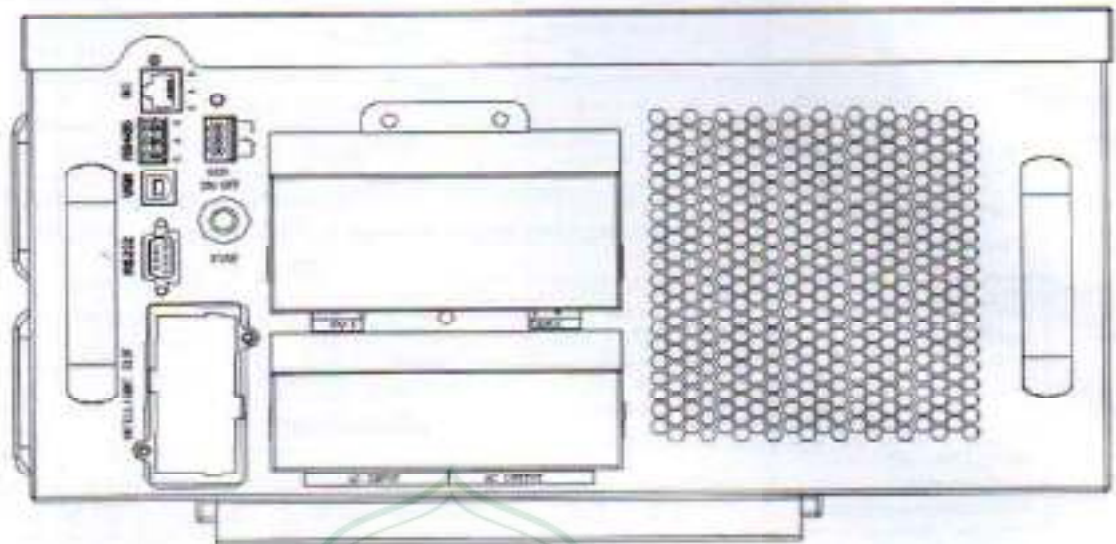
|   |                               |  |                            |                            |
|---|-------------------------------|--|----------------------------|----------------------------|
| voltage (V)                             | AGM                           | 13.2-13.8<br>Default: 13.6   | 26.4-27.8<br>Default: 27.2 | 52.8-57.6<br>Default: 54.4 |
|   | Flood                         | 13.2-14.4<br>Default: 13.8   | 26.4-28.8<br>Default: 27.6 | 52.8-57.6<br>Default: 55.2 |
|   | Other                         | 13.2-13.8<br>Default: 13.6   | 26.4-27.6<br>Default: 27.2 | 52.8-57.6<br>Default: 54.4 |
| Battery under-voltage point (DOD)(V)    | LEAD                          | 10.5-13.2<br>Default: 12.0   | 21.0-26.4<br>Default: 24.0 | 42.0-52.8<br>Default: 48.0 |
|   | LIT                           | 10.4-14<br>Default: 12.4   | 20.8-28.0<br>Default: 24.6 | 41.6-56.0<br>Default: 49.6 |
|   | GEL                           | 10.5-13.2<br>Default: 12.0   | 21.0-26.4<br>Default: 24.0 | 42.0-52.8<br>Default: 48.0 |
|   | AGM                           | 10.5-13.2<br>Default: 12.0   | 21.0-26.4<br>Default: 24.0 | 42.0-52.8<br>Default: 48.0 |
|   | Flood                         | 10.5-13.8<br>Default: 12.6   | 21.0-27.6<br>Default: 25.2 | 42.0-55.5<br>Default: 50.4 |
|   | Other                         | 10.5-13.2<br>Default: 12.0   | 21.0-26.4<br>Default: 24.0 | 42.0-52.8<br>Default: 48.0 |
| Battery end of discharge point (EOD)(V) | LEAD                          | 9.6-12.0<br>Default: 10.5  | 19.2-24.0<br>Default: 21.0 | 38.4-48.0<br>Default: 42.0 |
|   | LIT                           | 9.2-10.8<br>Default: 10.0  | 18.4-21.6<br>Default: 20.0 | 36.8-43.2<br>Default: 40.0 |
|   | GEL                           | 9.6-12.0<br>Default: 10.5  | 19.2-24.0<br>Default: 21.0 | 38.4-48.0<br>Default: 42.0 |
|   | AGM                           | 9.6-12.0<br>Default: 10.5  | 19.2-24.0<br>Default: 21.0 | 38.4-48.0<br>Default: 42.0 |
|   | Flood                         | 9.6-12.0<br>Default: 11.4  | 19.2-24.0<br>Default: 22.8 | 38.4-48.0<br>Default: 45.6 |
|   | Other                         | 9.6-12.0<br>Default: 10.5  | 19.2-24.0<br>Default: 21.0 | 38.4-48.0<br>Default: 42.0 |
| Overcharge protection point (V)         | Equalizing charge voltage*1.1 |  |                            |                            |
| Overcharge recovery point (V)           | Equalizing charge voltage     |  |                            |                            |
| Others                                  | Power saving mode load rate   | ≤3-50% can be set, default rate is 3% (can reduce loss by 85%)   |                            |                            |
|   | No-load shutdown load rate    | ≤3-50% can be set, default rate is 3%  |                            |                            |
|   | Protection functions          | Output overload, output short circuit, battery over-discharge, battery overcharge, battery reversed polarity, PV reversed polarity, over temperature |                            |                            |
|   | Lightening protection level   | Level III  |                            |                            |
|   | Noise reduction function      | Automatic  |                            |                            |
|   | Battery reversed polarity     | Buzzer generates a long sound  |                            |                            |
|   | Class of Pollution            | II   |                            |                            |
|   | IP Rating                     | IP21   |                            |                            |

|                                  |   |      |      |      |      |      |
|----------------------------------|---|------|------|------|------|------|
| Operating temperature            | 0°C-40°C  |      |      |      |      |      |
| Operating humidity               | Relative humidity ≤ 93%   |      |      |      |      |      |
| Noise                            | <50dB   |      |      |      |      |      |
| Communication interface          | RS232, RS485, USB, SNMP(optional), remote control of switching from inverter mode to bypass mode, inverter or power-off |      |      |      |      |      |
| Dimensions (mm)<br>W*D*H         | 365.5x442x210   |      |      |      |      |      |
| Package dimensions (mm)<br>W*D*H | 455x520x280   |      |      |      |      |      |
| Net weight (KG)                  | 16.6  | 19.5 | 30.4 | 32.8 | 38.5 | 13.4 |
| Gross weight (KG)                | 18.1  | 21.0 | 31.9 | 34.3 | 40.0 | 14.9 |
| Outdoor Off-grid Solar Inverter  | Net weight (KG)   |      |      |      | 73.6 | 48.5 |
|                                  | Gross weight (KG)   |      |      |      | 83.1 | 58   |

## 2.2 Panel Features



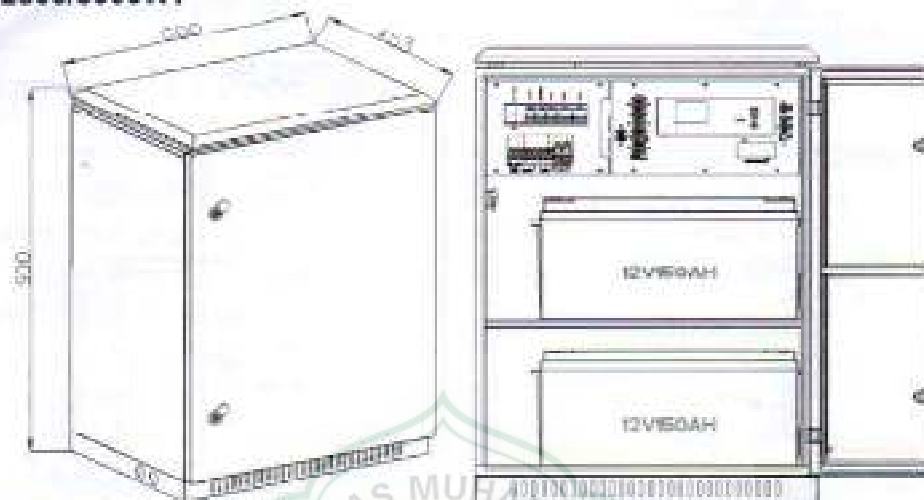
|  |   |
|--|---|
| ① Power ON button   | ③ Page up/down button  |
| ② Power OFF button    | ④ LCD display interface   |
|  +  Enter settings interface / Force quit settings interface |   |



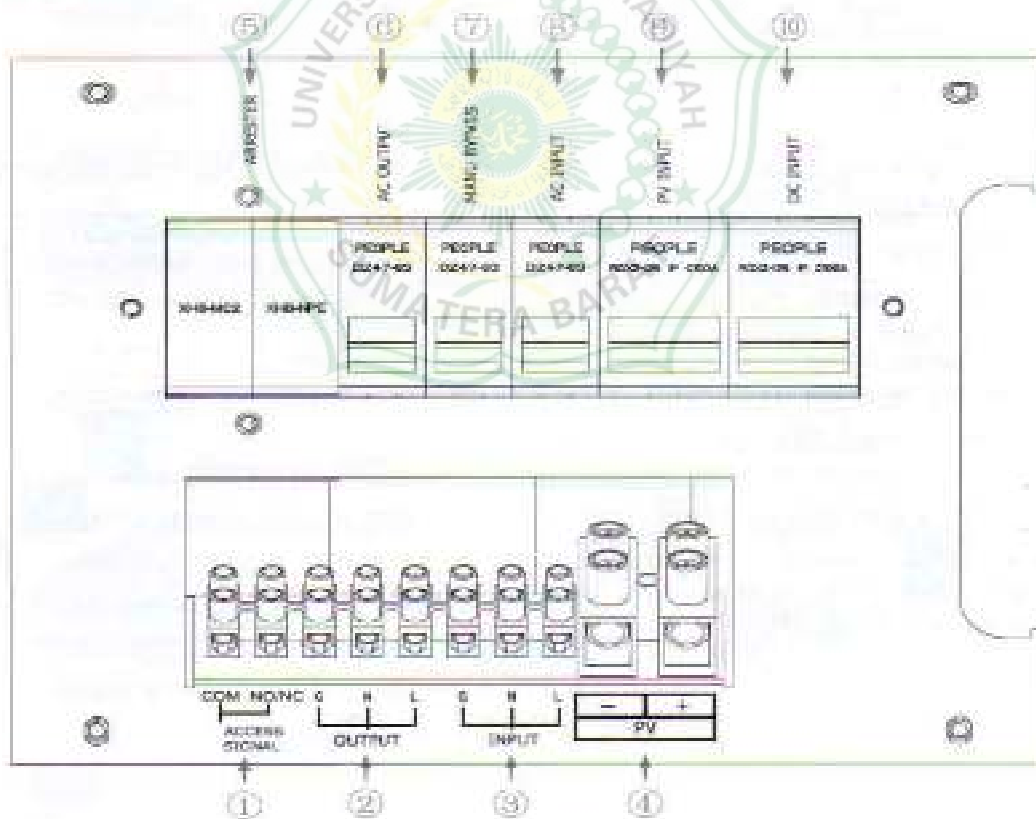
|   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| ① Smart Card Slot                         | ⑥ Generator Dry Contact Interface     |
| ② RS232 Interface for Communication       | ⑦ BMS Interface                       |
| ③ Over-current Protection Circuit Breaker | ⑧ PV Input Wire Terminal Block        |
| ④ USB Interface for Communication         | ⑨ BAT Input Wire Terminal Block       |
| ⑤ RS485 Interface for Communication       | ⑩ AC Input/Output Wire Terminal Block |

## 2.3 Outdoor Off-grid Solar Inverter Panel Features

2000/2500/3000W:





Introduction of connecting terminals:



|                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| ① Access signal terminals | ② AC output terminals |
| ③ AC input terminal       | ④ PV input terminal   |
| ⑤ SPD                     | ⑥ AC output breaker   |
| ⑦ bypass breaker          | ⑧ AC input breaker    |
| ⑨ PV input breaker        | ⑩ battery breaker     |

**Introduction of front panel:**



|  |  |
|--|--|
| ① AC input and output connector. LI/ NI means input, LO/NO means output.   | ② transformer over temperature detection                 |
| ③ door open detection  | ④ Connector of 0V/230V/267V and ground from transformer. |
| ⑤ PV-, battery + and battery - connector   | ⑥ Connector to transformer primary                       |
| ⑦ Smart Card Slot  | ⑧ BMS Interface  |
| ⑨ RS485 Interface for Communication  | ⑩ USB Interface for Communication                        |
| ⑪ RS232 Interface for Communication  | ⑫ Power ON button "ON"                                   |
| ⑬ Power OFF button "OFF"   | ⑭ Page up/down button "▲"                                |
|  +  Enter settings interface / Force quit settings interface |  |

## 3 Installation

### 3.1 Installation Precautions

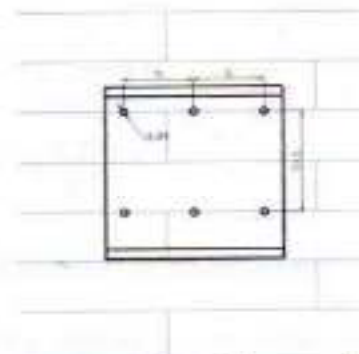
- On-site installation must be performed under the guidance of a authorized professional engineer of our company;
- When carrying out electrical connection, you shall connect the ground wire of inverter first; and make sure that all the switches are turned off before the inverter is installed.
- Installation of the inverter shall be in accordance with the requirements of this manual in conjunction with local setting and use standard.
- Please remove ring, bracelet, watch and other medal ornaments worn on your hands when connecting the battery. Please use tools with insulated handle. In case of electrolyte leak or battery damage, the battery must be replaced and placed in a sulfuric acid-resistant container and disposed according to local regulations. If your skin comes into contact with the electrolyte, please rinse immediately with water.

### 3.2 Installation Location

Following requirements shall be noted when selecting the installation space for inverter:

- Put the product in a ventilated place and ensure that the cooling holes and fan of the housing has a ventilation distance of more than 150 mm.
- The inverter must be installed and used in a clean and dry indoor environment (ambient temperature: 0 ~ 40 °C, relative humidity: 5% to 90%; the best operating temperature is 25 °C). If the indoor temperature reaches 40°C, it is recommended to outfit an air conditioning or enhance ventilation facility.
- When the altitude is over 1000 meters, please use by derating.
- The system shall be attached indoors to the wall or other suitable positions with adequate load-bearing capacity (For the user's convenience in use, height should be  $\geq 1.6$  meters).

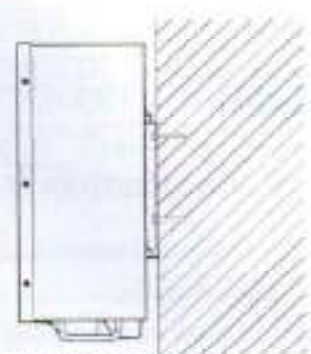




Mounting Hole Size



Mounting Hole Depth



Installation Drawing

### 3.3 Wiring

#### 3.3.1 Prepare For Cables

When designing external wiring cables, you shall consider power, current capacity and the requirement for system's overload capacity, as well as ambient temperature and physical support. To this end, the following table is made to give a suggestion for selection of a reasonable cross section size of the cable. Installation engineer shall carry out comprehensive selection in reference to relevant local standards and the following table. Generally, the length of a connecting cable is 2-10 m. Too long cable will cause voltage drop, resulting in corresponding increase of cable cross-section.

| Name  | Rated capacity<br>Wire grade | 200W  | 500W                    | 1000W | 2000W | 2500W | 3000W |
|---|------------------------------|---|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
|   |                              | 220VAC input and output wire diameter (L+N+G) | GB/T (mm <sup>2</sup> ) | ≥0.75 | ≥0.75 | ≥0.75 | ≥1.5  |
|   | AWG                          | ≥18   | ≥18                     | ≥18   | ≥16   | /     | ≥16   |
| 110VAC input and output wire diameter (L+N+G) | GB/T (mm <sup>2</sup> )      | ≥0.75   | ≥0.75                   | ≥1.5  | ≥2.5  | ≥4    | /     |
|   | AWG                          | ≥16   | ≥16                     | ≥14   | ≥12   | ≥10   | /     |
| Battery input wire diameter                   | GB/T (mm <sup>2</sup> )      | ≥16   | ≥12                     | ≥12   | ≥12   | ≥16   | ≥16   |
|   | AWG                          | ≥4  | ≥6                      | ≥6    | ≥6    | ≥4    | ≥4    |
| PV input wire diameter                        | GB/T (mm <sup>2</sup> )      | ≥12   | ≥10                     | ≥10   | ≥10   | ≥12   | ≥12   |
|   | AWG                          | ≥6  | ≥8                      | ≥8    | ≥8    | ≥6    | ≥6    |

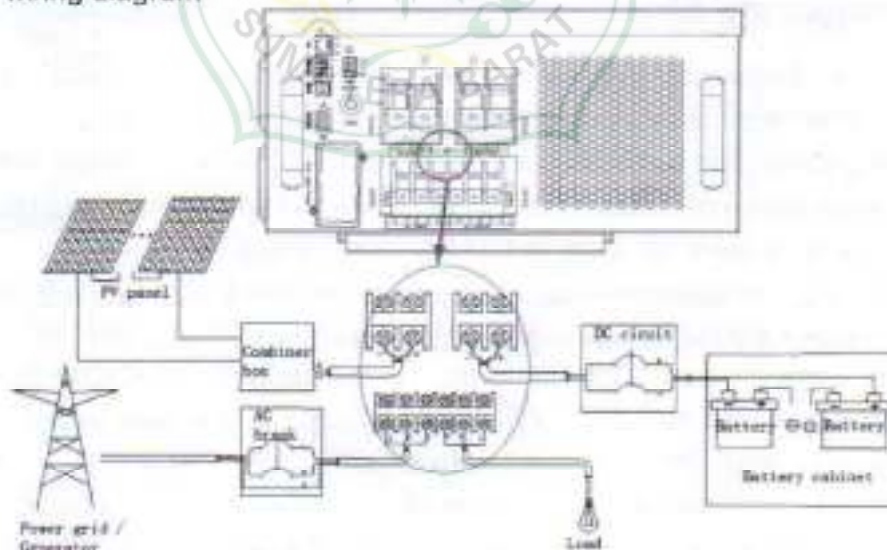
### 3.3.2 Connect Cables

When an appropriate mounting position is selected, the 3 screws on the cover of terminal block as shown in the block diagram below need to be removed to remove the cover and then wiring can be started. Please connect respectively the battery, PV, AC input and output cables according to the corresponding screen print on the terminal block.

Terminal block diagram

| Marking   |     | Description                                |
|-----------|-----|--|
| AC OUTPUT | "L" | Load output live wire (L)                  |
|           | "N" | Load output neutral wire (N)               |
|           | "G" | Load output neutral wire (N)               |
| AC INPUT  | "G" | Mains input ground wire (G)                |
|           | "N" | Mains input neutral wire (N)               |
|           | "L" | Mains input live wire (L)                  |
| PV INPUT  | "+" | PV input wiring terminal "+" polarity      |
|           | "-" | PV input wiring terminal "-" polarity      |
| BATTERY   | "+" | Battery input wiring terminal "+" polarity |
|           | "-" | Battery input wiring terminal "+" polarity |

System wiring diagram



**Note:** select a suitable battery wire to connect the battery and inverter, and a DC air switch (80A – 125A) has to be fitted between the Inverter and battery.

## 4 Operation Instructions

### 4.1 Turn ON/OFF


#### Cautions

When the wiring is completed, please turn on the inverter according to the specified procedures; if the inverter fails to be turned on, please immediately switch off all input power, and then contact the manufacturer.

#### Turn On Procedures

- DC cold start: the inverter is only connected to the battery; press the ON/OFF button  for 3 seconds and then the system powers on; after 15 seconds, the inverter normally supplies power to the loads.
- Routine start: press the ON/OFF button  for 3 seconds and then the system powers on; the inverter normally supplies power to the loads.

#### Turn Off Procedures

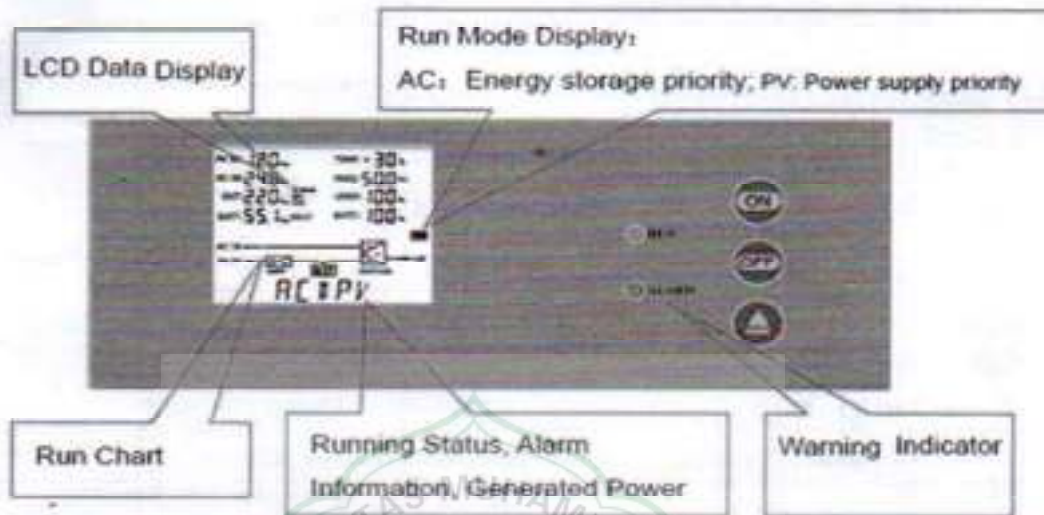
- Press a button to turn off: when the inverter is running, press the ON/OFF button  for 3 seconds and the system powers off; after it enters the initialization mode, turn off the inverter PV input switch, mains input switch and battery input switch.

### 4.2 Emergency Shutdown Operations

- Directly disconnect the loads, then disconnect the PV input, and then disconnect the mains input, and finally disconnect the battery.
- If the product has been not used for more than 3 months, please turn on the PV input switch or mains input switch to power on the system and charge the battery for at least 12 hours so as to prolong battery life.

**WARNING:** the instantaneous impact current of RCD loads comes with uncertain factors. Therefore, overload running is strictly prohibited.

### 4.3 Display Interface




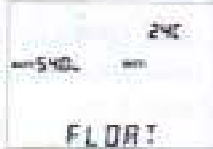



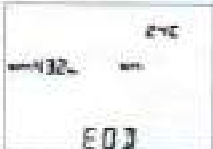

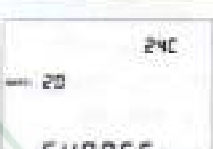

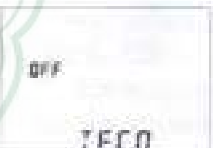


| Indicator      | Indicator status               | Description  | Buzzer status                 |
|----------------|--------------------------------|--|-------------------------------|
| ALARM<br>(Red) | Illuminated continuously       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Output over current, short circuit protection</li> <li>• Over temperature protection</li> <li>• System over voltage protection</li> </ul> | Beep one time every 1 second  |
|                | Flash one time every 2 seconds | Overload, battery under-voltage  | Beep one time every 2 seconds |
| RUN<br>(Green) | Illuminated continuously       | Inverter non-bypass output   | /                             |
|                | Darken                         | Inverter bypass output   | /                             |


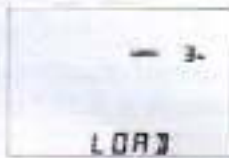

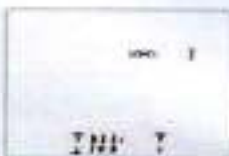

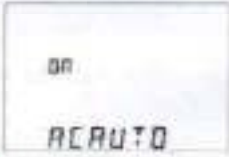

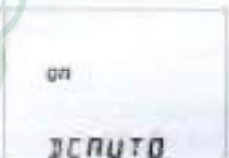

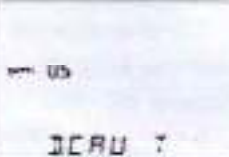
### 4.4 Settings


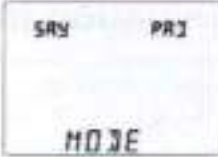


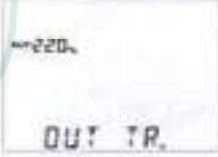

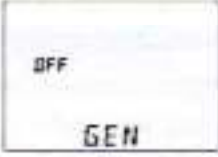

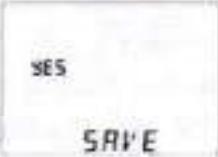
Press the "ON" button + "Page Flip" button for 3 seconds to enter the LCD setting interface. After entering the LCD setting interface, press the "ON" button to perform a setting of parameters increase, press the "OFF" button to perform a setting of parameters decrease and press the "Page Flip" button to switch setting items; press the "ON" button + "Page Flip" button for 3 seconds again to exit setting interface; press the "Page Flip" button to switch to "SAVE" interface, and press the "ON" or "OFF" button to switch to "YES" to save the current settings and exit the setting interface.

**Note:** For the setting options that cannot come into effect in real time, fully turning the power off after saving and exist is required to take effect.

| Operations  | Press  or  to select setting items                          | LCD display   | Effectiveness (When to take effect) |
|---|---|---|-------------------------------------|
|   | OUT: Rated output voltage<br>100V/110V/115V/120V, default 110V<br>200V/220V/230V/240V, default 220V   |    | After restart                       |
|    | INPOWE: Generator input power ratio setting (10% -120%), the default is 120%. When the generator power ≤ system rated power, such setting is needed;<br>Set value = generator power / UPS power / 1.1 (safety factor) * 100%. |    | Immediately                         |
|    | FREQ: Rated output frequency setting, 50HZ/60HZ can be set, the default is 50HZ.  |   | After restart                       |
|    | RANG: Input frequency range setting: (± 5% - ± 15%) can be set, the default is ± 10%.   |  | After restart                       |
|    | BAT TP: Battery type setting: LEAD (Enclosed maintenance-free battery) /LIT (Lithium iron phosphate battery) /GEL (Gel battery) /AGM (Absorbent glass mat battery) Flood(flood battery)/others.                               |  | After restart                       |
|    | CYCLE: Equalizing charge voltage setting (2.30V-2.60V / CELL), * number of cells can be set, the default is 2.36 * unit number.   |  | Immediately                         |
|    | C TIME: Constant voltage charging time setting (H), the default is 0.5 hour.  |  | Immediately                         |

|   |  |   |                    |
|---|--|---|--------------------|
|    | <p>FLOAT: Floating charge voltage setting (2.20V-2.30V / CELL), * number of cells can be set, the default is 2.27 * unit number.</p>   |    | <p>Immediately</p> |
|    | <p>DOD: Depth of discharge setting (1.75V-2.20V / CELL), * number of cells can be set, the default is 2.0 * unit number.</p>   |    | <p>Immediately</p> |
|    | <p>EOD: End of discharge voltage setting (1.80V-2.00V / CELL), * number of cells can be set, the default is 1.75 * unit number.</p>  |    | <p>Immediately</p> |
|    | <p>CHARGE: Charging current setting<br/>500-2000W: settable in 5-50A, the default is 20A<br/>3000W: settable in 5-65A, the default is 20A</p>  |    | <p>Immediately</p> |
|  | <p>IECO: Power saving mode selection (ON/OFF) default OFF; if "ON" is selected, in case of UL power supply and a low load rate of ≤3%, system will enter the sleep mode which can reduce an energy loss by 90%; Add loads by more than 3% after entering sleep mode, the system will automatically wake up.<br/>(When the power saving mode and the auto off function are opened at the same time, the system default is the power saving mode).</p> |  | <p>Immediately</p> |
|  | <p>INLS: Auto Off function selection (ON/OFF) default OFF. if "ON" is selected, please confirm the "INLS (UPS power off load rate) * is in the setting range and the system will power off after the set time (INV T). The load rate that has been set should meet the actual requirements; if not appropriate, please change (only DC power supply is valid).</p>   |  | <p>Immediately</p> |

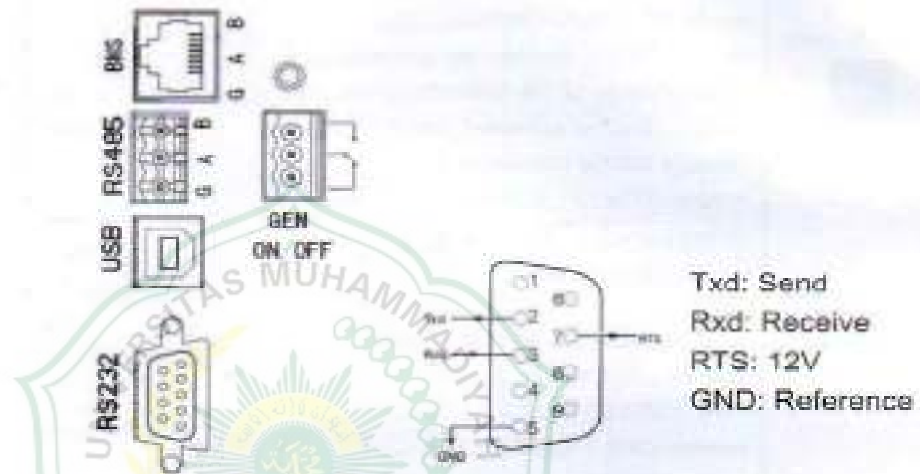
|   |  |   |                    |
|---|--|---|--------------------|
|    | <p>LOAD: UPS auto off load rate setting (3%-50%) default 3%; In service, the load rate that is required for power off on site shall be set (only DC power supply is valid).</p>  |    | <p>Immediately</p> |
|    | <p>INV T: UPS auto off delay time setting (1-99 minutes) default 1 minute; when the load rates set value, the system will power off after the set time (only battery mode is valid).</p>   |    | <p>Immediately</p> |
|    | <p>ACAUTO: AC auto power on function selection (ON/OFF), default "ON"; if "OFF" is selected, when the UPS is off after discharge of battery, it will not automatically restart when the mains power is restored.</p>   |    | <p>Immediately</p> |
|  | <p>DCAUTO: DC auto power on function selection (ON/OFF); if "ON" is selected, when the system powers off after over discharge, it will be in standby mode. After the standby time <math>\geq</math> DC automatic start delay time, if the battery voltage <math>\geq</math> DOD voltage, the system will automatically power on (this function is perfect for a combined solar system or a system with external charging devices).</p> |  | <p>Immediately</p> |
|  | <p>DCAU T: DC auto power on delay time setting (0.5H-8.0H); it is, after the system powers off due to over discharge, the minimum time the external charger charges the battery. (This function is perfect for a combined solar system or a system with external charging devices).</p>  |  | <p>Immediately</p> |

|   |  |   |                    |
|---|--|---|--------------------|
|    | <p>MODE: Run mode setting: SAVPRI (energy storage with priority) and GENPRI (power supply with priority) mode selection.</p>   |    | <p>Immediately</p> |
|    | <p>IN TR: Input voltage display setting, (200-240V model: OFF/100/110/115/120; 100-120V model: OFF/200/220/230/240), default "OFF"; display the current rated voltage of the system; if "100/.../240" is selected, input voltage will be displayed as "100V/.../240V", transformation ratio of the transformer is "set voltage: rated voltage value"</p>   |    | <p>Immediately</p> |
|  | <p>OUT TR: Output voltage display setting, (200-240V model: OFF/100/110/115/120; 100-120V model: OFF/200/220/230/240), default "OFF"; display the current rated voltage of the system; if "100/.../240" is selected, input voltage will be displayed as "100V/.../240V", transformation ratio of the transformer is "set voltage: rated voltage value"</p> |  | <p>Immediately</p> |
|  | <p>This setting is used to identify the generator as the inverter is connected to the generator with AC input; Set "OFF" not to identify, and set "ON" to identify the generator.</p>  |  | <p>Immediately</p> |
|  | <p>SAVE: Save and discard selection (YES / NO) default NO; select "YES" to save the modification information, and select "NO" to discard the changes and continue to set.</p>  |  | <p>Immediately</p> |



## 4.5 Communication Interface

The inverter comes with a variety of communication interfaces including USB, RS232, RS485, SNMP card, BMS and dry contact interface; communication mode is choosing 1 from 4, instead of use of more than two kinds of communication interfaces at the same time; the inverter comes standard with USB, RS232, RS485 communication cables and SNMP card slot.



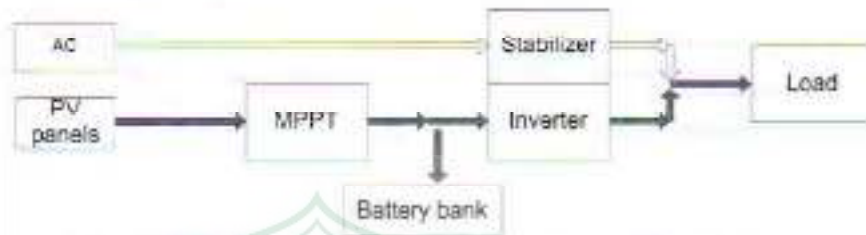
## 4.6 Operating Mode

### 4.6.1 System Operating Mode

- Energy storage as a priority: In this mode, the priority of the system is that PV module is firstly used to charge the battery and secondly charge the loads; when the PV energy is not enough, loads are charged by PV+AC together. If AC power supply is found abnormal, the loads will be powered by PV + battery.
- Power supply as a priority: In this mode, the priority of the system is that PV module is firstly used to charge the battery and secondly charge the loads; when the PV energy is not enough, loads are charged by PV+AC together. When the battery discharges to DOD point, the system switches to AC power supply, and the battery is charged by PV. If there is excess energy in PV charging, PV and AC together supply power to the loads and AC does not charge the battery; as the battery is fully charged (enter floating charge), the system switches back to PV power supply.

### 1) Energy storage as a priority

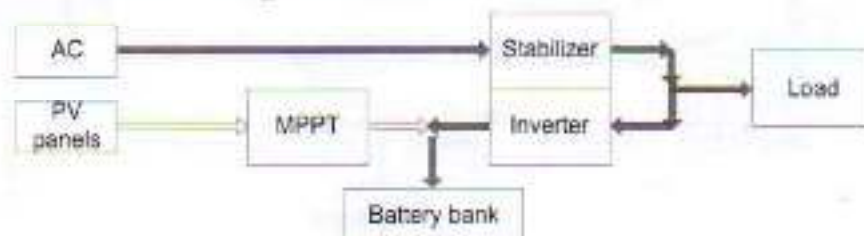
- Daytime, with sufficient sunlight and normal mains input: the solar panel is adjusted to the maximum power supply capacity through the solar controller and supplies the power to loads via the inverter (mains input standby) while charging the battery, with AC input switched off (as shown in the block diagram below);



- Daytime, with insufficient sunlight and normal mains input: the system powers the loads with AC mains input via the voltage stabilizer and PV module is connected to charge the battery with excess energy used to power the loads (as shown in the block diagram below);

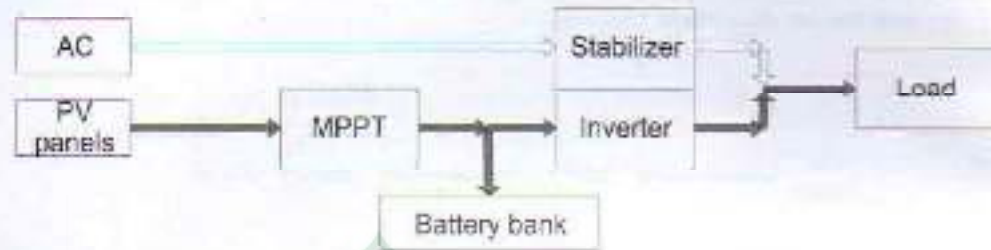


- Nighttime (or rainy day without sunlight), with normal mains input: the system powers the loads with AC mains input via the voltage stabilizer and at the same time charge the loads:

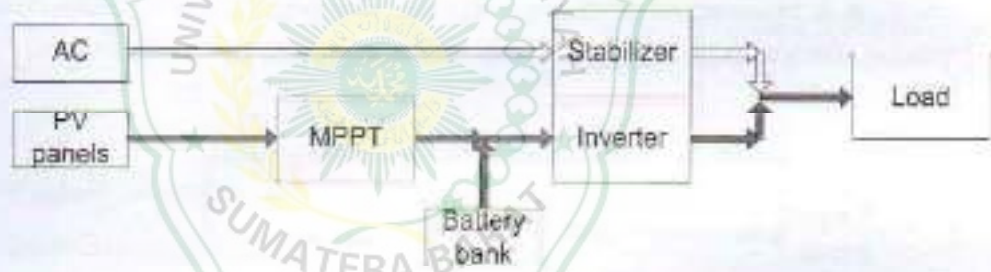


## 2) Power supply as a priority

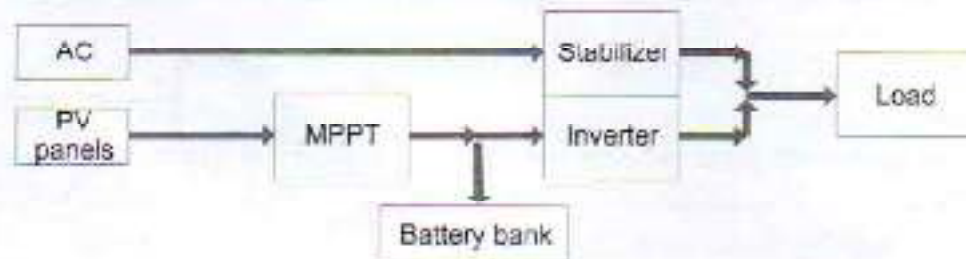
- Daytime, with sufficient sunlight and normal mains input: the solar panel is adjusted by the solar controller to the maximum power supply capacity and power the loads via the inverter (mains input standby) while charging the battery, with AC input switched off (as shown in the block diagram below);



- Daytime, with insufficient sunlight and normal mains input:
  - Battery voltage  $>$  DOD: system supplies power to the loads via PV module and battery (as shown in the block diagram below);

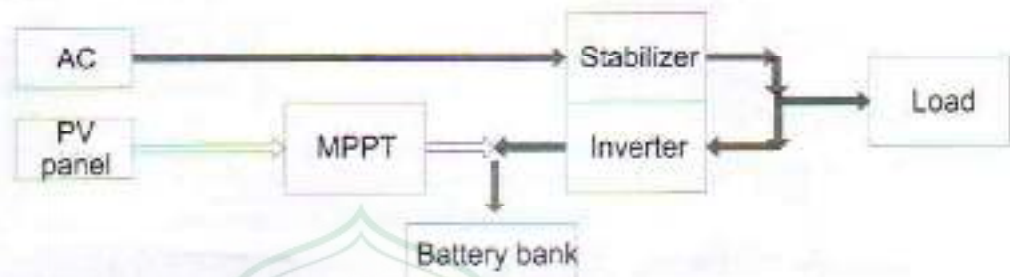


- Battery voltage  $\leq$  DOD: loads are powered by AC mains input and the battery is charged by PV module (as shown in the block diagram below); if charging does not use up the power from PV, loads are powered by PV+AC together and AC mains is disconnected until the battery is fully charged (enter floating charge).

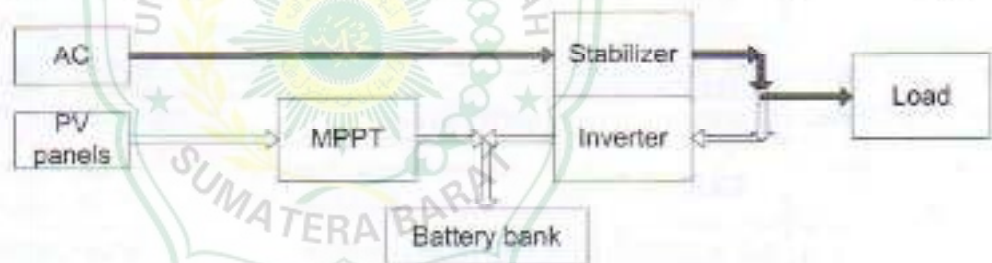


3) **After battery discharge is completed and the mains recovered, the system automatically powers on**

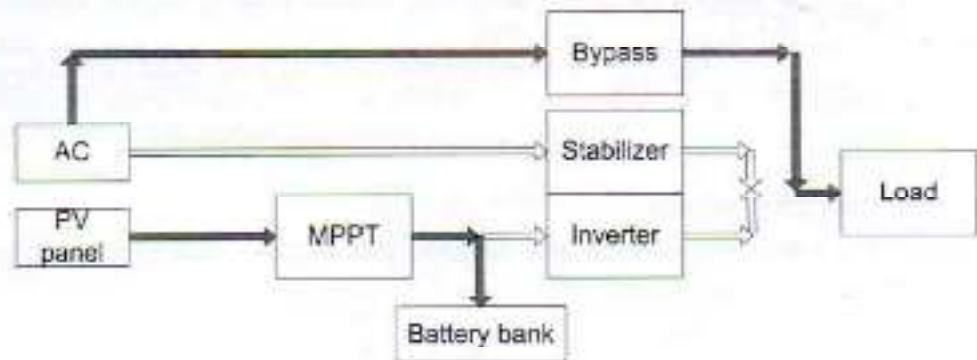
- In the energy storage priority mode, the load is powered by the AC input through the voltage stabilizer while the battery is charged (as shown in the block diagram below);



- In the power supply priority mode, the load is powered by the AC input through the voltage stabilizer while the battery is charged to DOD point before the charger is turned off (as shown in the block diagram below);



4) **The system is not turned on or overloaded, the bypass will power the load while PV module only charges the battery**



## 4.6.2 Operating Mode Description

### LCD displays operating modes

| Operating modes               | Displayed character | Description   |
|-------------------------------|---------------------|---|
| PV normal mode                | PV                  | With sufficient power, PV module powers the loads through the MPPT and inverter (mains standby), while charging the battery(grid off or Power supply as a priority mode)  |
| PV and AC complementary mode  | PV*AC               | In the case of insufficient sunlight and normal mains input, the PV input and AC input are complementary. At this time, the system powers the loads with AC mains input via the voltage stabilizer and PV module charges the battery with excess energy used to power the loads.                  |
| PV and BAT complementary mode | PV*BAT              | In the case of insufficient sunlight, abnormal mains input or power supply priority mode, PV module and battery are complementary in power supplying, and this time the loads are powered by the PV module and battery together.  |
| AC power supply mode          | AC                  | When the battery is discharged, and the power from the PV module is not enough, in the case of AC charging not permitted, the system will run in AC power supply mode. At this point, the load is powered by AC input through the voltage stabilizer, whereas the battery is not charged by that. |
| Battery power supply mode     | BAT                 | When the PV module and AC (utility) are abnormal, the system will enter the battery power supply mode where the loads are powered by battery.   |
| Battery test mode             | TEST                | When the user sends a test signal, the system will enter the test mode where the loads are powered by battery.  |
| Bypass mode                   | BYPASS              | When the system is not turned on or overloaded, the system will enter the bypass mode where the load is powered by the bypass.  |
| Shutdown mode                 | SHUTDN              | This mode appears when there is a PV input or AC input after the mains, PV module and battery execute a shutdown command.   |
| Standby mode                  | NONE                | When the system executes a command to wait for power on (countdown), it will enter this mode, where there is a bypass output as the system is connected to the mains.   |

### Special operating mode

When the generator mode is set as ON, the system operates in "power supply priority" mode.

## 5 Maintenance

### 5.1 Preventive Maintenance

Preventive maintenance carried out for the inverter system ensures high inverter reliability and long service life.

Following inspections can be performed every month:

- Turn off the inverter (see details in operating procedures);
- Inspect to confirm the ventilation holes are not blocked;
- Inspect if there is a large amount of dust on the cover;
- Make sure the product is put in dry places avoiding being affected with damp;
- Turn the power on (Power on/off);

### 5.2 Battery Maintenance

Battery life relies on the storing and operating environment; increase of discharge frequency and degree as well as temperature will shorten the battery life rapidly. It is recommended to minimize discharge frequency and discharge depth of the battery. Dust handling:

- Remove dust and dirt on the battery.
- Check if the internal wiring between battery cells is loose or corroded and replace and repair if necessary.
- Make sure the battery and battery terminals are tightened.

**Note:** In order to better protect the battery, the system logic set is that when the battery discharges to EOD point, inverter is only turned on under energy storage mode and the mains is connected; it is normal that the inverter is not turned on in other cases.

## 6 Troubleshooting

➤ Abnormal information query and handling (press  to flip over)

| No. | LCD display | Abnormal items   | Troubleshooting solutions   |
|-----|-------------|--|---|
| 1   | SHORT       | Inverter output short circuit                          | Check if the load is short circuited, the system is severely overloaded, or the inductive load rate exceeds 30%.  |
| 2   | RELAY       | Relay fault  | Frequent fluctuation of power grid (utility) leads to the end of life of relay, so please contact the supplier.   |
| 3   | LOAD        | System output overload                                 | Check the loads and do not use the system until load rate is decreased.   |
| 4   | PV V H      | PV over voltage  | PV input voltage overruns. Check if the PV input voltage overruns; if not, please contact the supplier;   |
| 5   | SENSOR      | MOS tube temperature probe is not connected            | Check if the internal wires are loose due to vibration. Fasten the wire connecting.   |
| 6   | MOS C       | MOS tube over current                                  | Check if the load is short circuited, overloaded, or the inductive load rate exceeds 30%. After load shedding, if the abnormal situation still exists, please contact the supplier. |
| 7   | MOS T       | MOS tube over temperature/transformer over temperature | Is the fan abnormal? Is the ambient temperature $\geq 40^{\circ}\text{C}$ ? If not, reduce load running; if problem still exists, please contact the supplier.                      |
| 8   | PV MOS T    | PV MOS over temperature                                | Is the fan abnormal?<br>If not, please check if the power of PV panel exceeds given maximum power, and lower the power of panel connecting.   |
| 9   | EOD         | Battery low voltage shutdown                           | Check if the battery is fully discharged or the damaged; charge the battery for 12 hours or replace it.   |
| 10  | INV H       | Inverter high voltage                                  | The inverter is abnormal, please contact the supplier.  |
| 11  | INV L       | Inverter low voltage                                   | The inverter is abnormal, please contact the supplier.  |

|    |        |  |   |
|----|--------|--|---|
| 12 | SOFT   | Inverter soft-start fault                              | Check if the connection between the transformer and the power board is reliable. If there is no abnormality, please contact the supplier. |
| 13 | BUS H  | BUS high voltage (In charging, battery is overcharged) | Restart the inverter; if it is still abnormal, please contact the supplier.   |
| 14 | CHARGE | Charge over current                                    | Restart the inverter; if it is still abnormal, please contact the supplier.   |
| 15 | BAT H  | Battery over voltage                                   | Check if the battery voltage and cell number meet product specifications.   |
| 16 | SPS S  | Auxiliary power failure                                | The inverter is abnormal, please contact the supplier.  |

➤ **Common faults and handling**

Use the table below to solve minor operation problems.

If the problem still exists, please contact the dealer or supplier.

| Problem   | Solution  |
|---|---|
| The mains input is normal while the inverter has no access to the mains.                                  | Please confirm if the system is set as "power supply priority" or "generator mode ON". If yes, when the battery voltage is higher than DOD voltage, the system will run in PV + battery mode; if not, please check if the power cord, over-current protection device is connected.  |
| System is unable to power on with only connection to battery and the buzzer generates a long alarm sound. | Battery wires are reversely connected. Rectify it and restart the system.   |
| There is no display of PV voltage, the PV module is unable to be connected                                | Wires are reversely connected. Rectify it and retry the connection.   |
| When the "ON" button is pressed, the system cannot start up.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pressing time is too short; please press the "ON" button for more than 3 seconds to start the inverter.</li> <li>2. Check if the battery is not connected or the voltage for battery connection does not meet the system requirements.</li> <li>3. If there is a malfunction inside the inverter, please contact the supplier.</li> </ol> |



