

PENGENDALIAN BEBAN DAYA INVERTER PADA SOLAR CELL BERBASIS PLC DI RUANG LABORATORIUM TIMUR GEDUNG BENGKEL LISTRIK POLITEKNIK NEGERI SEMARANG

Oleh: Syahid¹, Ari Santoso², Aji Hari Riyadi³, Juwarta⁴, Agung Prastyo⁵
¹²³⁴⁵Jurusan Teknik Elektro Polines Jln. Prof. Sudarto Tembalang Semarang 50271
Email : syahid@polines.ac.id¹

Abstrak

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya terkait dengan otomasi dan kontrol. Pada penelitian yang sudah pernah dilakukan yaitu terkait dengan rancang bangun monitoring dan kontrol kualitas air di bengkel listrik. Pada Penelitian ini dilakukan penelitian untuk pengendalian beban daya inverter pada Solar Cell. Sistem pengendalian beban daya inverter pada solar cell ini bertujuan mengendalikan beban untuk mengoptimalkan penggunaan energi matahari sebagai sumber pembangkit dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Sistem kontrol ini juga digunakan untuk mengurangi konsumsi energi listrik PLN pada Laboratorium Timur Bengkel Listrik. Hasil dari peneltiandan pengamatan data yang didapatkan kontrol beban daya inverter pada Solar Cell di Laboratorium Timur Bengkel Listrik berhasil dilakukan dan menghasilkan efisiensi penggunaan daya sebesar 60,76%.

Kata kunci : PLC ,solar cell, inverter, beban

Abstract

This research is a continuation of previous research related to automation and control. The research that has been done is related to the design of monitoring and controlling water quality in electrical workshops. In this study, research was conducted to control the inverter power load on the Solar Cell. The inverter power load control system on this solar cell aims to control the load to optimize the use of solar energy as a source of power by using a Solar Power Plant. This control system is also used to reduce the electricity consumption of PLN in the Electrical Workshop East Laboratory. The results of the research and observation of the data obtained that the inverter power load control on the Solar Cell in the East Laboratory of the Electrical Workshop was successfully carried out and resulted in a power use efficiency of 60.76%.

Keywords : PLC, solar cell, inverter, load

1. Pendahuluan

Di Indonesia penggunaan energi berbasis surya masih kecil. Penggunaan energi itu ternyata baru di bawah 100 megawatt (MW). Padahal dari sisi potensinya bisa mencapai 207 gigawatt (GW). Pengembangan energi surya di Indonesia masih jauh tertinggal dibandingkan dengan negara-negara tetangga, seperti Thailand, Filipina, Malaysia, dan Singapura, apalagi bila disandingkan dengan Cina yang sudah mencapai 8.300 MW dan Jepang (6.914 MW). Dan sebagai informasi pengguna tenaga surya dunia saat ini dipegang Jerman dengan kapasitas 32.441 MW, Italia (16.361 MW), dan AS (7.777 MW) (indonesia.go.id)

Pada kegiatan sebelumnya peneliti sudah melakukan penelitian untuk kontrol dan monitoring diantaranya adalah **Rancang Bangun Monitoring dan Kontrol Kualitas Air Purifikasi pada Tandon Penyimpanan Air Minum di Bengkel Teknik Listrik Politeknik Negeri Semarang**. Dalam proposal penelitian ini, peneliti akan melakukan penelitian **Pengendalian Beban Daya Inverter Pada Solar Cell Berbasis PLC Di Ruang Laboratorium Timur Gedung Bengkel Listrik Politeknik Negeri Semarang**. Penelitian ini sejalan dengan Renstra dan Peta Jalan penelitian Politeknik Negeri Semarang. Salah satu Penelitian bidang unggulan Politeknik Negeri Semarang yaitu **Internet Of Things (Iot) For Smart –**

Living sangat erat kaitanya dengan penelitian yang akan dilakukan. Penelitian ini juga sesuai dengan *road map* pengembangan unggulan prodi Sarjana Terapan Listrik yaitu **Otomatasi dalam bidang Listrik**.

2. Metode Pemilihan

Tahapan-tahapan yang dilakukan untuk mencapai hasil yang memuaskan pada penelitian ini dijabarkan dalam metode sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memahami permasalahan yang berkaitan dengan monitoring, kontrol dan sensor dan aplikasinya. Studi literatur ini dilakukan secara bersama-sama oleh ketua dan anggota peneliti yang mempunyai kepakaran (expert) dibidangnya masing- masing. Kegiatan studi literatur ini dengan cara mengumpulkan bahan-bahan pustaka dari berbagai jurnal, buku, majalah ilmiah dan dari website dan melakukan diskusi

b. Perancangan dan pembuatan panel kontrol

Perancangan dan Pembuatan panel kontrol Pengendalian Beban Daya Inverter Pada Solar Cell Berbasis PLC ini dilakukan untuk membuat mengontrol beban listrik di bengkel Teknik Listrik.

c. Pengujian Sistem

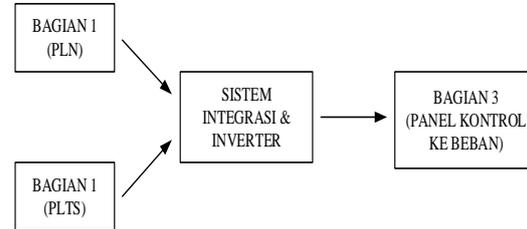
Perancangan dan Pemasangan panel kontrol untuk mengontrol beban daya inverter pada solar cell berbasis PLC yang sudah jadi perlu diuji dengan cara melakukan pengujian terhadap alat yang sudah di pasang Hasil-hasil pengujian dengan menggunakan alat yang sudah terpasang dibuat dokumentasi dan dicatat.

d. Pembuatan Laporan

Seluruh tahap persiapan, pengerjaan, pembuatan hardware dan pengujian serta pengukuran dan hasil- hasilnya akan dibuat dalam suatu laporan akhir Selain dalam bentuk laporan juga akan ditulis

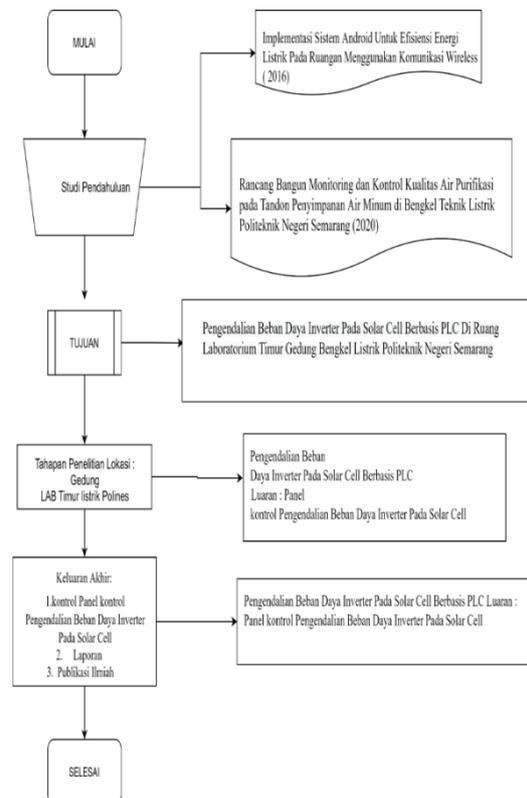
dalam bentuk makalah/paper penelitian yang juga disesuaikan dengan targetnya.

Bagan sistem pengendalian beban daya inverter pada solar cell berbasis PLC dapat terlihat pada gambar 1



Gambar 1. Bagan Sistem Pengendalian Beban Daya Inverter Pada Solar Cell Berbasis PLC

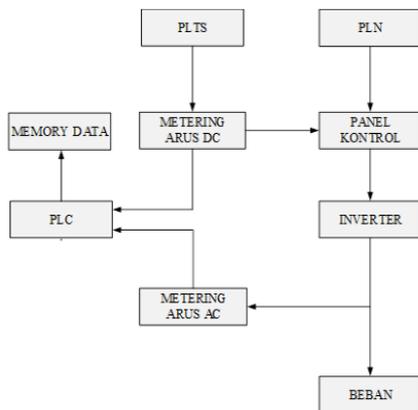
Bagan Alir Penelitian :



3. Hasil Dan Analisa

Tujuan utama dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On Grid* pada dasarnya adalah berusaha untuk mengurangi penggunaan sumber energi (PLN) sehingga biaya yang dikeluarkan dapat berkurang oleh bantuan PLTS dan efisiensi ekonomis pada beban tertentu. Selain itu tujuan utama dari pemasangan

PLTS ini untuk membantu mensukseskan Program *Green Building* yaitu gedung yang ramah lingkungan dan mengaplikasikan energi baru terbarukan. Penelitian menggunakan dua sumber energi yang berbeda yaitu dari sumber Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan sumber PLN. PLTS bekerja dengan memanfaatkan *solar cell* yang berfungsi untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik dan disalurkan pada *Inverter* yang berfungsi sebagai alat untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC sekaligus sebagai kontrol utama sistem PLTS untuk mengintegrasikan dengan sumber kedua yaitu PLN dan menyalurkan ke beban. Untuk menunjang sistem kendali yang handal digunakan panel kontrol yang berfungsi untuk mengendalikan serta sebagai pengaman *Input* dan *Output* PLTS yang dikontrol menggunakan PLC.



Gambar 2. Diagram Blok Pengendalian Beban Daya Inverter Pada Solar Cell Berbasis PLC

Keterangan :

- PLTS berfungsi sebagai pembangkit listrik tenaga surya
- PLN berfungsi sebagai *supply* listrik dari PLN
- Panel kontrol berisi peralatan untuk mengatur dan mengendalikan sistem tenaga listrik pada rancang bangun PLTS
- Metering* arus DC berfungsi sebagai alat untuk *Metering* arus DC dari *Output* PLTS

- Metering* arus AC berfungsi sebagai alat untuk *Metering* arus AC dari *Output* PLTS
- PLC berfungsi sebagai kontroler sistem yang akan dijalankan
- Memory Data berfungsi untuk menyimpan atau mengambil data yang diperoleh dari penggunaan selama sistem berjalan
- Beban adalah peralatan listrik yang di *supply* oleh system

Panel surya yang digunakan berkapasitas 150 Wp atau 150 Wattpeak. Untuk menghitung kapasitas daya keluaran dalam Watt, dapat diasumsikan *peak* 1 hari adalah 5 jam. *Peak* dapat diartikan sebagai lama nya penyinaran maksimum oleh matahari. Untuk menghitung kapasitas daya keluaran panel surya dapat menggunakan rumus:

$$P_m \text{ (Watt)} = \text{Kapasitas Panel Surya} \times t \times \text{Efisiensi}$$

$$P_m \text{ (Watt)} = 150 \text{ Wp} \times 5 \text{ jam} \times 15,4\%$$

$$P_m \text{ (Watt)} = 115,5 \text{ Watthour}$$

Jadi, setelah melakukan perhitungan didapatkan kapasitas daya maksimal panel surya 150 Wp untuk pemakaian 1 hari yaitu sebesar 115,5 Watt.

Kebutuhan Daya Pada Laboratorium Timur gedung Bengkel Listrik Polines seperti tabel 1 dibawah ini

Tabel 1 Perhitungan Daya dan Energi

| Beban | Jumlah | Daya | Durasi | Total Daya dan Total Energi |
|--------------|--------|----------|--------|-----------------------------|
| Lampu | 24 | 20 Watt | 8 jam | P = 576 Watt W = 4608 Wh |
| Kipas | 2 | 35 Watt | 8 jam | P = 70 Watt W = 560 Wh |
| LCD Proyekor | 1 | 330 Watt | 3 jam | P = 330 Watt W = 990 Wh |
| Total | | | | 6158 Wh |

3.1 Analisis Data Pengujian

a. Data Pengujian Hari Pertama

Tanggal Pengujian : Senin, 23 Agustus 2021

Waktu Pengujian : 06.00 - 18.00

Beban : - Lampu

Penerangan 24 Watt 24 buah

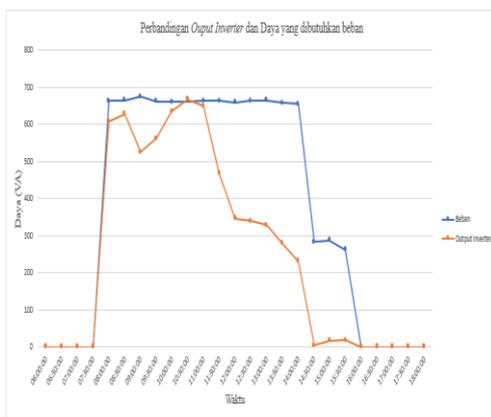
- Kipas Angin

35 Watt 2 buah

Dalam Pengujian ini disimulasikan *On Grid* dari pukul 06.00-18.00 WIB sehingga membebaskan seluruh *Load* ke PLTS. Hasil data pengujian dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3.

Tabel 2. pengujian hari pertama

| Tanggal | Timestamp | Arus Inverter (A) | Arus PV (A) | Tegangan Beban (V) | Arus Beban (A) | Frequency (Hz) | Faktor Daya | Daya Sesa Beban (VA) | Daya Output Inverter (VA) | Daya Aktif (W) | Arus beban Terukur Powermeter (A) |
|------------|-----------|-------------------|-------------|--------------------|----------------|----------------|-------------|----------------------|---------------------------|----------------|-----------------------------------|
| 23-08-2021 | 06:00:00 | 0,00 | -0,02 | 232,74 | 0 | 50 | 0,737 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23-08-2021 | 06:30:00 | 0,00 | -0,02 | 232,39 | 0 | 50,1 | 0,739 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23-08-2021 | 07:00:00 | 0,00 | -0,02 | 230,49 | 0 | 50 | 0,773 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23-08-2021 | 07:30:00 | 0,00 | -0,02 | 231,76 | 0 | 50 | 0,773 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23-08-2021 | 08:00:00 | 2,64 | 11,50 | 230,34 | 2,88 | 50 | 0,884 | 662,47 | 608,11 | 592,25 | 4,67 |
| 23-08-2021 | 08:30:00 | 2,70 | 11,82 | 232,32 | 2,86 | 50 | 0,895 | 664,19 | 627,25 | 594,45 | 4,64 |
| 23-08-2021 | 09:00:00 | 2,27 | 9,23 | 231,12 | 2,92 | 50 | 0,895 | 674,63 | 524,64 | 605,79 | 4,74 |
| 23-08-2021 | 09:30:00 | 2,42 | 10,05 | 231,93 | 2,86 | 50 | 0,896 | 662,17 | 561,28 | 593,3 | 4,64 |
| 23-08-2021 | 10:00:00 | 2,75 | 11,59 | 231,1 | 2,86 | 50 | 0,896 | 660,71 | 635,52 | 592 | 4,64 |
| 23-08-2021 | 10:30:00 | 2,90 | 12,41 | 230,31 | 2,87 | 50 | 0,895 | 661,46 | 667,91 | 592,01 | 4,66 |
| 23-08-2021 | 11:00:00 | 2,83 | 11,92 | 229,39 | 2,89 | 50 | 0,895 | 665,63 | 649,18 | 592,62 | 4,69 |
| 23-08-2021 | 11:30:00 | 2,00 | 11,62 | 233,48 | 2,84 | 50 | 0,895 | 665,55 | 498 | 593,88 | 4,61 |
| 23-08-2021 | 12:00:00 | 1,50 | 9,71 | 231,16 | 2,85 | 50 | 0,895 | 659,79 | 346,2 | 585,3 | 4,63 |
| 23-08-2021 | 12:30:00 | 1,49 | 6,71 | 228,55 | 2,9 | 50 | 0,891 | 663,24 | 339,6 | 590,95 | 4,71 |
| 23-08-2021 | 13:00:00 | 1,44 | 6,51 | 228,47 | 2,91 | 50 | 0,892 | 665,94 | 320,2 | 592,25 | 4,72 |
| 23-08-2021 | 13:30:00 | 1,21 | 5,11 | 230,13 | 2,86 | 50 | 0,894 | 657,95 | 278,46 | 588,21 | 4,64 |
| 23-08-2021 | 14:00:00 | 1,00 | 3,08 | 230,99 | 2,83 | 50 | 0,894 | 654,4 | 230,99 | 583,04 | 4,59 |
| 23-08-2021 | 14:30:00 | 0,02 | 0,49 | 232,96 | 1,22 | 50 | 0,883 | 283,45 | 4,66 | 250,28 | 1,98 |
| 23-08-2021 | 15:00:00 | 0,07 | 0,71 | 233,54 | 1,23 | 50 | 0,833 | 287,43 | 17,17 | 231,67 | 2,00 |
| 23-08-2021 | 15:30:00 | 0,08 | 0,79 | 232,66 | 1,12 | 50 | 0,831 | 261,48 | 18,6 | 214,63 | 1,82 |
| 23-08-2021 | 16:00:00 | 0,00 | -0,02 | 231,36 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23-08-2021 | 16:30:00 | 0,00 | -0,02 | 230,72 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23-08-2021 | 17:00:00 | 0,00 | -0,02 | 230,21 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23-08-2021 | 17:30:00 | 0,00 | -0,02 | 228,98 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23-08-2021 | 18:00:00 | 0,00 | -0,02 | 228,98 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Gambar 3 Grafik Perbandingan Output Inverter dan Daya yang Dibutuhkan Beban Hari Pertama

Kebutuhan daya satu hari (8 jam)

$$= 663,33 + 668,4 + 661,09 + 663,59 + 661,02 + 660,95 + 468,93 + 274,45 = 4.722,76 \text{ VA}$$

Daya dihasilkan PLTS satu hari (8 jam)

$$= 617,68 + 542,96 + 651,71 + 558,59 + 342,9 + 303,33 + 117,825 + 17,89 = 3152,885 \text{ VA}$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Daya dihasilkan}}{\text{kebutuhan daya}} \times 100\% = \frac{3152,885}{4722,76} \times 100\% = 66,75\%$$

Berdasarkan data dan perhitungan diatas menunjukkan bahwa pengujian pada hari pertama PLTS *On Grid* mampu mengurangi pemakaian listrik dari PLN sebesar 66,75%. Pada jam 10.30 PLTS *On Grid* menghasilkan daya puncak namun untuk catatan karena menggunakan *limiter* pada *Inverter* PLTS *On Grid* maka daya yang dihasilkan sudah diatur untuk tidak melebihi daya yang dibutuhkan oleh beban.

b. Data Pengujian Hari Kedua

Tanggal Pengujian : Selasa, 24 Agustus 2021

Waktu Pengujian : 06.00 - 18.00

Beban : - Lampu

Penerangan 24 Watt 24 buah

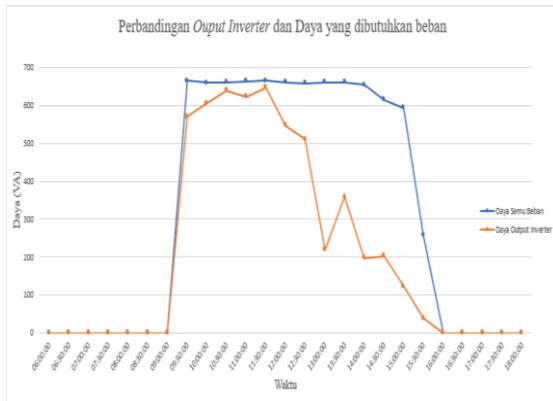
- Kipas Angin 35 Watt

2 buah

Dalam Pengujian ini disimulasikan *On Grid* dari pukul 06.00-18.00 WIB sehingga membebaskan seluruh *Load* ke PLTS. Hasil data pengujian dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Tabel 3. pengujian hari kedua

| Tanggal | Timestamp | Arus Inverter (A) | Arus PV (A) | Tegangan Beban (V) | Arus Beban (A) | Frequency (Hz) | Faktor Daya | Daya Sesa Beban (VA) | Daya Output Inverter (VA) | Daya Aktif (W) | Arus beban Terukur Powermeter (A) |
|------------|-----------|-------------------|-------------|--------------------|----------------|----------------|-------------|----------------------|---------------------------|----------------|-----------------------------------|
| 24-08-2021 | 06:00:00 | 0 | 0 | 233,01 | 0 | 50 | 0,737 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24-08-2021 | 06:30:00 | 0 | 0 | 232,32 | 0 | 50 | 0,737 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24-08-2021 | 07:00:00 | 0 | 0 | 230,99 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24-08-2021 | 07:30:00 | 0 | 0 | 230,65 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24-08-2021 | 08:00:00 | 0 | 0 | 230,23 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24-08-2021 | 08:30:00 | 0 | 0 | 231,81 | 0 | 50 | 0,737 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24-08-2021 | 09:00:00 | 0 | 0 | 230,12 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24-08-2021 | 09:30:00 | 2,45 | 9,94 | 232,48 | 2,86 | 50 | 0,896 | 664,67 | 569,58 | 595,5 | 4,64 |
| 24-08-2021 | 10:00:00 | 2,61 | 11,12 | 231,77 | 2,85 | 50 | 0,897 | 659,63 | 604,93 | 591,7 | 4,63 |
| 24-08-2021 | 10:30:00 | 2,77 | 11,79 | 230,71 | 2,86 | 50 | 0,895 | 660,52 | 639,06 | 622,14 | 4,67 |
| 24-08-2021 | 11:00:00 | 2,7 | 11,41 | 230,42 | 2,88 | 50 | 0,894 | 662,69 | 622,14 | 592,5 | 4,67 |
| 24-08-2021 | 11:30:00 | 2,76 | 12,22 | 234,32 | 2,84 | 50 | 0,897 | 665 | 646,72 | 596,5 | 4,61 |
| 24-08-2021 | 12:00:00 | 2,34 | 9,82 | 233,25 | 2,85 | 50 | 0,895 | 660,65 | 346,45 | 591,3 | 4,59 |
| 24-08-2021 | 12:30:00 | 2,2 | 8,91 | 232,12 | 2,83 | 50 | 0,894 | 657,58 | 310,66 | 587,9 | 4,59 |
| 24-08-2021 | 13:00:00 | 0,97 | 3,25 | 226,15 | 2,82 | 50 | 0,89 | 661,27 | 219,37 | 585,5 | 4,74 |
| 24-08-2021 | 13:30:00 | 1,57 | 6,71 | 228,22 | 2,89 | 50 | 0,893 | 660,23 | 358,3 | 589,6 | 4,69 |
| 24-08-2021 | 14:00:00 | 0,86 | 3,12 | 230,35 | 2,84 | 50 | 0,894 | 653,74 | 198,1 | 584,5 | 4,61 |
| 24-08-2021 | 14:30:00 | 0,88 | 2,57 | 231,56 | 2,65 | 50 | 0,873 | 614,33 | 203,77 | 537,5 | 4,30 |
| 24-08-2021 | 15:00:00 | 0,53 | 1,33 | 231,64 | 2,56 | 50 | 0,948 | 393,43 | 122,77 | 362,6 | 4,15 |
| 24-08-2021 | 15:30:00 | 0,17 | 0,8 | 233,25 | 1,11 | 50 | 0,83 | 259,51 | 39,24 | 213,2 | 1,80 |
| 24-08-2021 | 16:00:00 | 0 | 0 | 232,68 | 0 | 50 | 0,789 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24-08-2021 | 16:30:00 | 0 | 0 | 232,31 | 0 | 50,1 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24-08-2021 | 17:00:00 | 0 | 0 | 230,39 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24-08-2021 | 17:30:00 | 0 | 0 | 231,77 | 0 | 50 | 0,824 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24-08-2021 | 18:00:00 | 0 | 0 | 228,98 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Gambar 4 Grafik Perbandingan Output Inverter dan Daya yang Dibutuhkan Beban Hari Kedua

Kebutuhan daya satu hari (7 jam)
 = 332,34 + 660,1 + 663,85 + 659,12 + 660,75 + 634,04 + 426,37
 = 4036,57 VA

Daya dihasilkan PLTS satu hari (7 jam)
 = 284,79 + 621,99 + 634,43 + 528,55 + 288,97 + 200,94 + 81
 = 2640,68 VA

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Daya dihasilkan}}{\text{kebutuhan daya}} \times 100\% = \frac{2640,68}{4036,57} \times 100\% = 65,42\%$$

Berdasarkan data dan perhitungan diatas menunjukkan bahwa pengujian pada hari kedua PLTS *On Grid* mampu mengurangi pemakaian listrik dari PLN sebesar 65,42%. Pada jam 9.30 PLTS *On Grid* menghasilkan daya puncak namun untuk catatan karena menggunakan *limiter* pada *Inverter* PLTS *On Grid* maka daya yang dihasilkan sudah diatur untuk tidak melebihi daya yang dibutuhkan oleh beban.

c. Data Pengujian Hari Ketiga

Tanggal Pengujian : Rabu, 25 Agustus 2021

Waktu Pengujian : 06.00 - 18.00

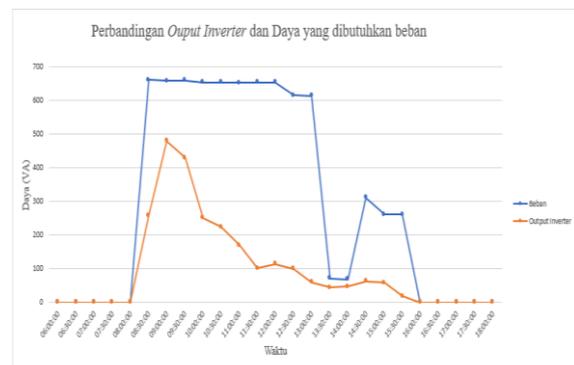
- Beban - Lampu Penerangan 24 Watt 24 buah
- Kipas Angin 35 Watt 2 buah

Dalam Pengujian ini disimulasikan *On Grid* dari pukul 06.00-18.00 WIB sehingga membebaskan seluruh *Load* ke PLTS.

Hasil data pengujian dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 5.

Tabel 4. pengujian hari ketiga

| Tanggal | Waktustart | Arus Inverter (A) | Arus PV (A) | Tegangan Beban (V) | Arus Beban (A) | Frequency (Hz) | Faktor Daya | Daya Semu Beban (VA) | Daya Output Inverter (VA) | Daya Aktif (W) | Arus beban Terukur Powermeter (A) |
|------------|------------|-------------------|-------------|--------------------|----------------|----------------|-------------|----------------------|---------------------------|----------------|-----------------------------------|
| 25-08-2021 | 06:00:00 | 0,00 | 0 | 235,15 | 0 | 50 | 0,789 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25-08-2021 | 06:30:00 | 0,00 | 0 | 232,25 | 0 | 50 | 0,737 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25-08-2021 | 07:00:00 | 0,00 | 0 | 230,86 | 0 | 49,9 | 0,722 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25-08-2021 | 07:30:00 | 0,00 | 0 | 230,4 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25-08-2021 | 08:00:00 | 0,00 | 0 | 229,93 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25-08-2021 | 08:30:00 | 1,12 | 11,07 | 231,63 | 2,86 | 50 | 0,896 | 661,32 | 259,2 | 592,5 | 4,64 |
| 25-08-2021 | 09:00:00 | 2,07 | 9,11 | 231,95 | 2,84 | 50 | 0,894 | 658,27 | 479,4 | 588,5 | 4,61 |
| 25-08-2021 | 09:30:00 | 1,90 | 4,7 | 225,64 | 2,93 | 50 | 0,89 | 660,69 | 429,6 | 588 | 4,76 |
| 25-08-2021 | 10:00:00 | 1,09 | 3,58 | 229,84 | 2,85 | 50 | 0,894 | 654,12 | 251,4 | 584,8 | 4,63 |
| 25-08-2021 | 10:30:00 | 0,98 | 1,91 | 229,62 | 2,85 | 50 | 0,894 | 654,43 | 225 | 585,1 | 4,63 |
| 25-08-2021 | 11:00:00 | 0,74 | 3,38 | 230,9 | 2,83 | 50 | 0,895 | 653,2 | 169,8 | 584,6 | 4,59 |
| 25-08-2021 | 11:30:00 | 0,44 | 2,99 | 230,87 | 2,83 | 50 | 0,894 | 654,04 | 102 | 584,7 | 4,59 |
| 25-08-2021 | 12:00:00 | 0,50 | 2,79 | 231,24 | 2,83 | 50 | 0,902 | 654,18 | 115,2 | 590,1 | 4,59 |
| 25-08-2021 | 12:30:00 | 0,43 | 2,48 | 231,53 | 2,66 | 50 | 0,874 | 615,16 | 99,6 | 537,7 | 4,32 |
| 25-08-2021 | 13:00:00 | 0,26 | 2,47 | 231,61 | 2,65 | 50 | 0,875 | 614,45 | 60,6 | 537,6 | 4,30 |
| 25-08-2021 | 13:30:00 | 0,19 | 1,67 | 233,34 | 0,31 | 50,222 | 0,979 | 71,3 | 45 | 69,81 | 0,50 |
| 25-08-2021 | 14:00:00 | 0,20 | 1,65 | 231,72 | 0,3 | 50 | 0,978 | 69,52 | 46,8 | 67,99 | 0,49 |
| 25-08-2021 | 14:30:00 | 0,27 | 0,73 | 233,77 | 1,33 | 50 | 0,922 | 311,19 | 63,6 | 286,9 | 2,16 |
| 25-08-2021 | 15:00:00 | 0,25 | 0,79 | 233,25 | 1,12 | 50 | 0,831 | 261,48 | 58,8 | 214,6 | 1,82 |
| 25-08-2021 | 15:30:00 | 0,08 | 0,79 | 232,66 | 1,12 | 50 | 0,831 | 261,48 | 18,6 | 214,6 | 1,82 |
| 25-08-2021 | 16:00:00 | 0,00 | 0 | 232,31 | 0 | 50,1 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25-08-2021 | 16:30:00 | 0,00 | 0 | 231,81 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25-08-2021 | 17:00:00 | 0,00 | 0 | 230,29 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25-08-2021 | 17:30:00 | 0,00 | 0 | 231,71 | 0 | 50 | 0,737 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25-08-2021 | 18:00:00 | 0,00 | 0 | 228,98 | 0 | 50 | 0,778 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Gambar 5 Grafik Perbandingan Output Inverter dan Daya yang Dibutuhkan Beban Hari Ketiga

Kebutuhan daya satu hari (8 jam)
 = 330,66 + 659,48 + 654,27 + 653,62 + 634,67 + 342,87 + 190,35 + 261,48
 = 3727,4VA

Daya dihasilkan PLTS satu hari (8 jam)
 = 129,6 + 454,33 + 238,2 + 135,59 + 107,4 + 52,8 + 55,2 + 38,7
 = 1211,82 VA

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Daya dihasilkan}}{\text{kebutuhan daya}} \times 100\% = \frac{1211,82}{3727,4} \times 100\% = 32,51\%$$

Berdasarkan data dan perhitungan diatas menunjukkan bahwa pengujian pada hari ketiga PLTS *On Grid* mampu mengurangi pemakaian listrik dari PLN sebesar 32,51%. Pada jam 09.00 PLTS *On Grid* menghasilkan daya puncak namun untuk catatan karena menggunakan *limiter* pada

Inverter PLTS *On Grid* maka daya yang dihasilkan sudah diatur untuk tidak melebihi daya yang dibutuhkan oleh beban.

$$= \frac{3883,56}{5551,53} \times 100\% = 69,95\%$$

d. Data Pengujian Hari Keempat

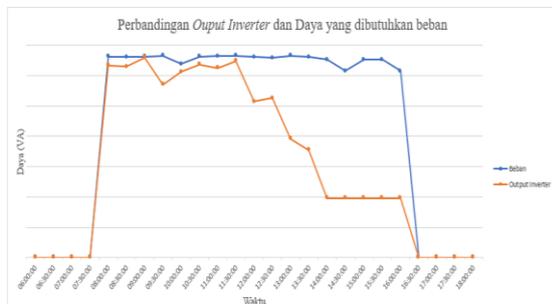
Tanggal Pengujian : Kamis, 26 Agustus 2021

Waktu Pengujian : 06.00 - 18.00
 Beban - Lampu Penerangan 24 Watt 24 buah
 - Kipas Angin 35 Watt 2 buah

Dalam Pengujian ini disimulasikan *On Grid* dari pukul 06.00-18.00 WIB sehingga membebaskan seluruh *Load* ke PLTS. Hasil data pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Gambar 6

Tabel 5 Pengujian Hari Keempat

| Tanggal | Timezone | Arus Inverter (A) | Arus PV (A) | Tegangan Beban (V) | Arus Beban (A) | Frequency (Hz) | Faktor Daya | Daya Sema Beban (VA) | Daya Output Inverter (VA) | Daya Aktif (W) | Arus beban Terukur Powermeter (A) |
|------------|----------|-------------------|-------------|--------------------|----------------|----------------|-------------|----------------------|---------------------------|----------------|-----------------------------------|
| 26.08.2021 | 06:00:00 | 0,00 | 0,00 | 232,84 | 0,00 | 50 | 0,737 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 26.08.2021 | 06:30:00 | 0,00 | 0,00 | 232,25 | 0,00 | 50 | 0,737 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 26.08.2021 | 07:00:00 | 0,00 | 0,00 | 230,83 | 0,00 | 50 | 0,778 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 26.08.2021 | 07:30:00 | 0,00 | 0,00 | 230,14 | 0,00 | 50 | 0,778 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 26.08.2021 | 08:00:00 | 2,74 | 8,61 | 231,02 | 2,86 | 50 | 0,895 | 661,41 | 633,00 | 591,86 | 4,63 |
| 26.08.2021 | 08:30:00 | 2,72 | 8,81 | 231,00 | 2,86 | 50 | 0,895 | 660,44 | 628,33 | 591,09 | 4,64 |
| 26.08.2021 | 09:00:00 | 2,88 | 8,54 | 230,61 | 2,87 | 50 | 0,895 | 668,38 | 659,93 | 591,93 | 4,65 |
| 26.08.2021 | 09:30:00 | 2,45 | 10,05 | 232,40 | 2,86 | 50 | 0,896 | 664,42 | 599,37 | 595,32 | 4,64 |
| 26.08.2021 | 10:00:00 | 2,64 | 10,98 | 231,43 | 2,75 | 50 | 0,894 | 658,90 | 610,88 | 589,39 | 4,47 |
| 26.08.2021 | 10:30:00 | 2,16 | 11,69 | 230,49 | 2,87 | 50 | 0,897 | 661,27 | 656,16 | 592,46 | 4,66 |
| 26.08.2021 | 11:00:00 | 2,71 | 11,61 | 230,54 | 2,85 | 50 | 0,894 | 663,03 | 624,16 | 592,75 | 4,67 |
| 26.08.2021 | 11:30:00 | 2,79 | 12,42 | 232,11 | 2,86 | 50 | 0,895 | 664,54 | 647,99 | 594,76 | 4,65 |
| 26.08.2021 | 12:00:00 | 2,26 | 9,62 | 233,25 | 2,83 | 50 | 0,894 | 660,72 | 511,82 | 590,69 | 4,59 |
| 26.08.2021 | 12:30:00 | 2,27 | 9,31 | 231,62 | 2,84 | 50 | 0,894 | 658,26 | 525,78 | 588,49 | 4,61 |
| 26.08.2021 | 13:00:00 | 1,71 | 7,21 | 228,91 | 2,90 | 50 | 0,893 | 664,30 | 391,44 | 393,22 | 4,71 |
| 26.08.2021 | 13:30:00 | 1,25 | 6,51 | 228,46 | 2,89 | 50 | 0,892 | 660,08 | 353,65 | 358,79 | 4,70 |
| 26.08.2021 | 14:00:00 | 0,85 | 2,28 | 230,34 | 2,83 | 50 | 0,895 | 652,54 | 195,78 | 184,02 | 4,60 |
| 26.08.2021 | 14:30:00 | 0,83 | 2,48 | 231,42 | 2,63 | 50 | 0,874 | 613,96 | 196,11 | 156,60 | 4,31 |
| 26.08.2021 | 15:00:00 | 0,83 | 2,28 | 230,34 | 2,83 | 50 | 0,895 | 652,54 | 195,78 | 184,02 | 4,60 |
| 26.08.2021 | 15:30:00 | 0,85 | 2,28 | 230,34 | 2,83 | 50 | 0,895 | 652,54 | 195,78 | 184,02 | 4,60 |
| 26.08.2021 | 16:00:00 | 0,00 | 0,00 | 231,89 | 0,00 | 50,11 | 0,737 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 26.08.2021 | 17:00:00 | 0,00 | 0,00 | 230,37 | 0,00 | 50 | 0,824 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 26.08.2021 | 17:30:00 | 0,00 | 0,00 | 231,00 | 0,00 | 50 | 0,778 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 26.08.2021 | 18:00:00 | 0,00 | 0,00 | 228,28 | 0,00 | 50 | 0,778 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |



inverter dan Daya yang dibutuhkan beban hari Keempat

Kebutuhan daya satu hari (8 jam)
 = 660,92 + 662,9 + 649,18 + 663,78 + 659,49 + 662,49 + 633,25 + 652,54 + 306,98

$$= 5551,53 \text{ VA}$$

Daya dihasilkan PLTS satu hari (8 jam)

= 630,66 + 614,45 + 623,57 + 636,17 + 519,8 + 372,54 + 196,24 + 195,78 + 98,35

$$= 3883,56 \text{ VA}$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Daya dihasilkan}}{\text{kebutuhan daya}} \times 100\%$$

Berdasarkan data dan perhitungan diatas menunjukkan bahwa pengujian pada hari pertama PLTS *On Grid* mampu mengurangi pemakaian listrik dari PLN sebesar 69,95%. Pada jam 09.00 PLTS *On Grid* menghasilkan daya puncak namun untuk catatan karena menggunakan *limiter* pada *Inverter* PLTS *On Grid* maka daya yang dihasilkan sudah diatur untuk tidak melebihi daya yang dibutuhkan oleh beban.

e. Data Pengujian Hari Kelima

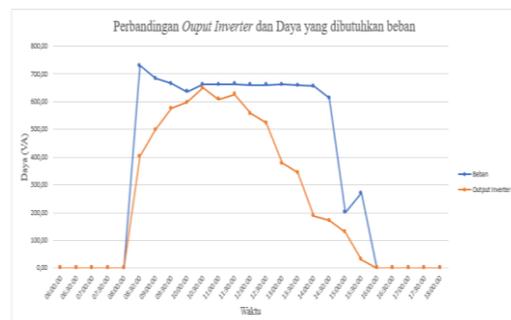
Tanggal Pengujian : Jumat, 27 Agustus 2021

Waktu Pengujian : 06.00 - 18.00
 Beban - Lampu Penerangan 24 Watt 24 buah
 - Kipas Angin 35 Watt 2 buah

Dalam Pengujian ini disimulasikan *On Grid* dari pukul 06.00-18.00 WIB sehingga membebaskan seluruh *Load* ke PLTS. Hasil data pengujian dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 7.

Tabel 6 Pengujian Hari Kelima

| Tanggal | Timezone | Arus Inverter (A) | Arus PV (A) | Tegangan Beban (V) | Arus Beban (A) | Frequency (Hz) | Faktor Daya | Daya Sema Beban (VA) | Daya Output Inverter (VA) | Daya Aktif (W) | Arus beban Terukur Powermeter (A) |
|------------|----------|-------------------|-------------|--------------------|----------------|----------------|-------------|----------------------|---------------------------|----------------|-----------------------------------|
| 27.08.2021 | 06:00:00 | 0,00 | 0,00 | 232,85 | 0,00 | 50 | 0,778 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 27.08.2021 | 06:30:00 | 0,00 | 0,00 | 232,91 | 0,00 | 50 | 0,789 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 27.08.2021 | 07:00:00 | 0,00 | 0,00 | 231,27 | 0,00 | 50 | 0,778 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 27.08.2021 | 07:30:00 | 0,00 | 0,00 | 230,26 | 0,00 | 50 | 0,778 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 27.08.2021 | 08:00:00 | 0,00 | 0,00 | 231,84 | 0,00 | 50 | 0,789 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 27.08.2021 | 08:30:00 | 1,74 | 6,78 | 231,68 | 2,15 | 50 | 0,894 | 662,47 | 608,11 | 592,25 | 4,67 |
| 27.08.2021 | 09:00:00 | 2,16 | 8,69 | 231,23 | 2,56 | 50 | 0,894 | 664,39 | 499,14 | 612,18 | 4,80 |
| 27.08.2021 | 09:30:00 | 2,48 | 10,05 | 232,21 | 2,86 | 50 | 0,895 | 664,82 | 575,89 | 595,02 | 4,65 |
| 27.08.2021 | 10:00:00 | 2,58 | 10,87 | 231,42 | 2,75 | 50 | 0,894 | 655,72 | 597,07 | 588,33 | 4,46 |
| 27.08.2021 | 10:30:00 | 2,82 | 11,90 | 230,61 | 2,87 | 50 | 0,895 | 661,38 | 650,31 | 591,93 | 4,65 |
| 27.08.2021 | 11:00:00 | 2,64 | 11,50 | 230,34 | 2,86 | 50 | 0,894 | 662,47 | 608,11 | 592,25 | 4,67 |
| 27.08.2021 | 11:30:00 | 2,70 | 11,82 | 232,32 | 2,86 | 50 | 0,895 | 664,19 | 627,25 | 594,45 | 4,64 |
| 27.08.2021 | 12:00:00 | 2,38 | 9,71 | 233,89 | 2,83 | 50 | 0,895 | 660,74 | 556,66 | 591,37 | 4,58 |
| 27.08.2021 | 12:30:00 | 2,26 | 9,31 | 231,77 | 2,85 | 50 | 0,894 | 660,54 | 525,80 | 590,53 | 4,63 |
| 27.08.2021 | 13:00:00 | 1,66 | 7,21 | 227,91 | 2,91 | 50 | 0,892 | 662,31 | 378,33 | 396,78 | 4,72 |
| 27.08.2021 | 13:30:00 | 1,50 | 6,60 | 229,67 | 2,87 | 50 | 0,895 | 659,61 | 344,50 | 389,05 | 4,66 |
| 27.08.2021 | 14:00:00 | 0,82 | 1,88 | 230,69 | 2,84 | 50 | 0,894 | 664,39 | 189,16 | 186,11 | 4,61 |
| 27.08.2021 | 14:30:00 | 0,74 | 1,87 | 231,39 | 2,65 | 50 | 0,875 | 612,73 | 171,23 | 156,14 | 4,30 |
| 27.08.2021 | 15:00:00 | 0,56 | 1,03 | 233,15 | 0,86 | 50 | 0,776 | 201,37 | 130,56 | 156,27 | 1,40 |
| 27.08.2021 | 15:30:00 | 0,13 | 0,77 | 233,35 | 1,16 | 50 | 0,831 | 270,15 | 30,76 | 220,31 | 1,88 |
| 27.08.2021 | 16:00:00 | 0,00 | 0,00 | 232,47 | 0,00 | 50 | 0,778 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 27.08.2021 | 16:30:00 | 0,00 | 0,00 | 231,66 | 0,00 | 50 | 0,778 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 27.08.2021 | 17:00:00 | 0,00 | 0,00 | 230,73 | 0,00 | 50 | 0,778 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 27.08.2021 | 17:30:00 | 0,00 | 0,00 | 231,04 | 0,00 | 50 | 0,778 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| 27.08.2021 | 18:00:00 | 0,00 | 0,00 | 228,28 | 0,00 | 50 | 0,778 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |



Gambar 7 Grafik Perbandingan *Output Inverter* dan Daya yang Dibutuhkan Beban Hari Kelima

Kebutuhan daya satu hari (8 jam)
 $= 364,73 + 674,86 + 648,55 + 663,33 + 660,64 + 660,96 + 634,17 + 235,75$
 $= 4542,99 \text{ VA}$
 Daya dihasilkan PLTS satu hari (8 jam)
 $= 201,41 + 537,52 + 623,69 + 617,68 + 540,23 + 361,42 + 180,2 + 80,66$
 $= 3142,81 \text{ VA}$
 Efisiensi $= \frac{\text{Daya dihasilkan}}{\text{kebutuhan daya}} \times 100\%$
 $= \frac{3142,81}{4542,99} \times 100\%$
 $= 69,18\%$

Berdasarkan data dan perhitungan diatas menunjukkan bahwa pengujian pada hari kelima PLTS *On Grid* mampu mengurangi pemakaian listrik dari PLN sebesar 69,18%. Pada jam 10.30 PLTS *On Grid* menghasilkan daya puncak namun untuk catatan karena menggunakan *limiter* pada *Inverter* PLTS *On Grid* maka daya yang dihasilkan sudah diatur untuk tidak melebihi daya yang dibutuhkan oleh beban. Dari lima hari pengujian yang dilakukan didapatkan hasil efisiensi penggunaan daya PLN seperti tabel 7 di bawah ini

Tabel 7 Efisiensi rata-rata penggunaan PLTS

Tabel 7. efisiensi penggunaan daya PLN

| No | Hari ke - | Efisiensi |
|------------------|-----------|---------------|
| 1 | Pertama | 66,75% |
| 2 | Kedua | 65,42% |
| 3 | Ketiga | 32,51% |
| 4 | Keempat | 69,95% |
| 5 | Kelima | 69,18% |
| Rata-rata | | 60,76% |

Efisiensi rata-rata yang didapatkan sebesar 60,76 %, artinya terjadi penghematan sebesar 60,75% dengan menggunakan PLTS .

3.2 Analisis Data Pengujian Keakuratan Pengukuran

Contoh pengujian keakuratan pengukuran sebagai berikut

Tanggal Pengujian : Senin, 30 Agustus 2021

Waktu Pengujian : 14:12–14:21

Beban : Lampu Pijar 2 buah, LCD Proyektor dan Kipas Angin

Dalam analisis ini diambil satu data untuk dapat mengetahui pengukuran alat yaitu

Daya semu terhitung = tegangan x arus
 $= 228,42 \times 2,21$
 $= 504,8 \text{ VA}$

Tingkat kesalahan $= 504,8 - 501$
 $= 3,8$
 $= \frac{3,8}{501} \times 100\%$
 $= 0,8\%$

Akurasi pengukuran $= 100 - 0,8\%$
 $= 99,2\%$



Gambar 8 Grafik Pengujian Untuk Mengetahui Keakuratan Alat Ukur

Berdasarkan hasil data pengujian yang ditunjukkan Grafik 5.8 diatas, dapat di ketahui bahwa dengan 10 kali pengujian terhadap beban berbeda-beda. Terdapat 9 data hasil pengujian dengan tingkat akurasi diatas 94% dan 1 data hasil pengujian dengan tingkat akurasi pengukuran 41% yaitu beban lampu penerangan laboratorium timur. Dari hasil pengujian selama 5 hari data yang terukur oleh *Powermeter* tidak sesuai dengan seharusnya dikarenakan beban lampu laboratorium timur dinyalakan. Jadi jika beban lampu penerangan laboratorium timur dinyalakan akan mengganggu tingkat akurasi yang ditampilkan *Powermeter* dengan tingkat akurasi pengukuran 41%. Apabila beban lampu penerangan laboratorium timur tidak

dinyalakan tingkat akurasi pengukuran *Powermeter* diatas 94%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian dan analisis, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

- a. Berdasarkan data perhitungan beban daya puncak pada laboratorium bengkel listrik didapatkan penggunaan *inverter On Grid* kapasitas 2000VA dengan *solar cell* berkapasitas 1586 Wp.
- b. Untuk merancang Pembangkit listrik Tenaga Surya sebagai Sumber listrik harus dilakukan perhitungan beban yang akan di *supply*. Perhitungan beban meliputi daya, lama pemakaian, dan Wh beban. Total beban yang di *supply* oleh system yaitu 5.390 WH 5,39kWh).
- c. *Inverter* menggunakan sistem *limiter* dimana daya yang di dikeluarkan inverter dibatasi sama dengan atau kurang dari daya yang terbaca pada *limiter* adar tidak terjadi ekspor daya
- d. Efisiensi rata -rata yang didapatkan sebesar 60,76 %, artinya terjadi penghematan sebesar 60,75% dengan menggunakan PLTS
- e. Tingkat akurasi pengukuran beban diatas 94%

DAFTAR PUSTAKA

- Syahid dkk, 2020, “Rancang Bangun Pengereng Gabah Sistem Udara Vacum untuk Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan) Sido Rukun Di Desa Sidomulyo Kecamatan Adimulyo Kabupaten Kebumen”, Proceeding seminar SNPPM Universitas Negeri Jakarta
- Syahid, Bambang Supriyo, 2020, “Rancang Bangun Monitoring dan Kontrol Kualitas Air Purifikasi pada Tandon Penyimpanan Air Minum di Bengkel Teknik Listrik Politeknik Negeri Semarang”, Seminar Nasional Politeknik Negeri Semarang.
- Syahid dkk, 2018, “Rancang Bangun Pintu Otomatis Berbasis Radio Frequency

Identification (RFID) di Laboratorium Teknik Listrik”, Laporan Penelitian Politeknik Negeri Semarang.

Syahid dkk, 2018, “Duble Security System With RFID And Password Based On Arduino Mega 2560”, seminar Internasional ITC, Politeknik Negeri Semarang.

Syahid dkk, 2012, “Rancang Bangun Robot Beroda Berbasis Android Menggunakan Komunikasi USB”, Laporan Penelitian Politeknik Negeri Semarang.

Syahid dkk, 2013, “Rancang Bangun Pengendalian Robot Beroda Berbasis arduino Menggunakan Komunikasi Wireless”, Laporan Penelitian Politeknik Negeri Semarang.

Syahid, Faizal Hermawan, 2015, “Smart Andro House (Kendali Beban Listrik Dengan Android)”, Seminar Nasional Politeknik Negeri Semarang

Syahid, Ainun Widi Cahyaningrum, 2016, “Rancang Bangun Sistem Telemetry Secara Real Time Data Besaran Listrik Di Gedung Bengkel Listrik Politeknik Negeri Semarang ”, Seminar Nasional Politeknik Negeri Semarang

Syahid, 2017, “Rancang Bangun Sistem Monitoring anak menggunakan Kamera CCTV Berbasis Android ”, Seminar Nasional SENTRINOV , Politeknik Negeri Malang

<https://indonesia.go.id/narasi/indonesia-dalam-angka/sosial/penggunaan-panel-surya-terus-didorong>