

# KONTROL DAN *MONITORING* DAYA OTOMATIS PADA SISTEM PLTS *ON GRID* DENGAN BATERAI

Yorys Pranatagama<sup>1</sup>, Purwidi Asri<sup>2</sup>, Hendro Agus Widodo<sup>2</sup>, Edy PrasetyoHidayat<sup>2</sup>, Urip Mudjiono<sup>2</sup>, Silvia Fauziah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia

E-mail: [yorys74@gmail.com](mailto:yorys74@gmail.com)<sup>1</sup>, [purwidi@ppns.ac.id](mailto:purwidi@ppns.ac.id)<sup>2</sup>, [edyiph@ppns.ac.id](mailto:edyiph@ppns.ac.id)<sup>4</sup>, [urip@ppns.ac.id](mailto:urip@ppns.ac.id)<sup>5</sup>, [silviafauziah06@student.ppns.ac.id](mailto:silviafauziah06@student.ppns.ac.id)<sup>6</sup>

## Abstrak

Pemanfaatan energi panas matahari untuk menghasilkan energi listrik dapat dihasilkan dengan teknologi sel surya. Pengaplikasian sel surya dapat digabungkan (*hybrid*) dengan sumber energi lainnya sebagai cadangan, contohnya adalah perpaduan sel surya dengan PLN, yang disebut sebagai sistem *on grid*. Sistem PLTS *on grid* dapat menghemat kebutuhan energi listrik dari PLN. Pada sistem PLTS *on grid* terdapat kendala yaitu belum ada suplai cadangan, karena inverter *on grid* hanya bekerja ketika terhubung dengan jaringan listrik PLN. Baterai menjadi pilihan tepat untuk menjadi suplai cadangan karena perawatannya yang mudah. Dengan menggunakan modul *PZEM 004T*, sensor arus *ACS712* dan sensor tegangan DC alat ini mampu membaca kondisi dari panel surya, PLN, baterai dan beban untuk menyesuaikan sumber yang bekerja. Alat ini dilengkapi dengan pengontrolan dan monitoring otomatis yang memudahkan pengguna. Dari hasil pengujian diketahui tegangan *open circuit (Voc)* panel surya sebesar 20,11 volt, arus *short circuit (Isc)* sebesar 4,15 ampere dan daya sebesar 114,14 Watt. Daya yang dibangkitkan panel surya bergantung pada intensitas cahaya matahari, dengan rata-rata 57,46 Lux. Relay untuk perpindahan sumber bekerja dengan baik, yaitu saat kondisi sumber PLN dengan panel surya, PLN dengan baterai, PLN saja dan baterai saja. Data monitoring ditampilkan dalam sebuah aplikasi *blynk*

**Kata kunci:** baterai, *hybrid system*, *monitoring*, PLTS *on grid*

## Abstract

The utilization of solar thermal energy to produce electrical energy can be produced with solar cell technology. The application of solar cells can be combined (*hybrid*) with other energy sources as a backup; for example, the combination of solar cells with PLN, which is referred to as an *on-grid* system. The *on-grid* PLTS system can save electricity needs from PLN. The *on-grid* PLTS system has many problems, including no backup supply, because the *on-grid* type inverter only works when connected to the electricity network from PLN. Batteries are the right choice to be a backup supply because of their easy maintenance. Using the *PZEM 004T* module, *ACS712* current sensor, and DC voltage sensor, this tool can read the condition of the solar panel, PLN, battery, and load to adjust the working source. This tool is included with automatic control and monitoring that can make it easier for users. From the test results, it is known that the open circuit voltage (*Voc*) of the solar panel is 20.11 volts, the short circuit current (*Isc*) is 4.15 amperes and the power is 114.14 Watts. The power generated by the solar panels depends on the intensity of sunlight, with an average of 57.46 Lux. Relays for source switching work well, namely when the source conditions are PLN with solar panels, PLN with batteries, PLN only and batteries only. The required data can be displayed in a *Blynk* application.

**Keywords:** battery, *hybrid system*, *monitoring*, the *on-grid* solar cell system

## 1. Pendahuluan

Energi listrik telah menjadi salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan modern, sehingga peningkatan energi listrik linier dengan laju pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan sektor industri. Pada saat yang bersamaan, pemanfaatan energi di Indonesia hingga hari ini masih mengandalkan energi fosil dan minyak bumi, baik yang disubsidi oleh pemerintah maupun impor. Energi panas matahari adalah salah satu energi baru terbarukan yang potensinya sangat melimpah di iklim tropis seperti Indonesia yang selalu disinari matahari selama sepanjang tahun. Contoh pemanfaatan energi panas matahari adalah untuk menghasilkan energi listrik, sehingga dapat dimanfaatkan pada daerah yang belum terjangkau sumber listrik.

Teknologi sel surya (*solar cell*) merupakan salah komponen utama pada PLTS, berkembang sangat pesat. Perkembangan tersebut dikarenakan konfigurasi yang sederhana namun cukup handal dalam menghasilkan energi listrik. Sel surya menghasilkan tegangan DC yang kemudian akan masuk ke baterai (aki). Pengaplikasian sel surya dapat digabungkan (*hybrid*) dipadukan dengan sumber energi lainnya sebagai cadangan, contohnya adalah perpaduan sel surya sebagai sumber listrik primer dengan PLN sebagai sumber listrik sekunder. Perpaduan kedua sumber energi listrik tersebut dapat bekerja secara bersamaan, yang disebut sebagai sistem *on grid*.

Pada sistem PLTS *on grid* banyak mengalami kendala, diantaranya belum ada suatu suplai cadangan, karena *inverter* jenis *on grid* hanya bekerja optimal ketika terhubung dengan jaringan listrik dari PLN. Dikarenakan ada kondisi PLN tidak dapat menyuplai energi listrik secara kontinyu ke seluruh pelosok Indonesia, sehingga beberapa daerah masih mengalami pemadaman (*blackout*). Tidak adanya suplai cadangan menjadi masalah apabila pengguna PLTS *on grid* ini perlu adanya suplai listrik kontinyu, terutama pada tempat-tempat yang membutuhkan suplai secara kontinyu seperti rumah sakit, *home industry* dan lain-lain.

Baterai menjadi pilihan tepat dikarenakan perawatannya yang mudah, ukuran yang tidak terlalu besar dan harganya yang juga relatif murah. Selain itu, perlu adanya sebuah pengontrolan otomatis yang bisa memudahkan pengguna serta bisa memaksimalkan suplai listrik secara berkelanjutan. Sistem pengontrolan otomatis terjadi dalam beberapa kondisi, yaitu saat intensitas cahaya matahari rendah, kondisi beban puncak serta kondisi dimana PLN dan sel surya tidak dapat menyuplai listrik.

Perpaduan sel surya dan baterai sebagai suplai cadangan ini bisa meningkatkan penghematan dan kehandalan dalam menghasilkan suplai listrik. Didasari oleh permasalahan-permasalahan diatas, maka perlu dibuat rancang bangun kontrol dan monitoring daya otomatis pada sistem PLTS *on grid* dengan baterai berbasis IoT.

## 2. Metode Penelitian

Dalam penyelesaian penelitian ini, diperlukan suatu metodologi penelitian yang berisi langkah-langkah kerja yang harus dilakukan untuk menyelesaikan penelitian. Langkah kerja tersebut ditampilkan dalam bentuk diagram alir atau *flowchart*.

### 2.1. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal pada pengerjaan penelitian ini, dimana penelitian ini bertujuan untuk membuat kontrol otomatis pada sistem *hybrid* PLTS *on-grid* dengan baterai agar memberikan kestabilan terhadap suplai listrik pada sistem, serta mengurangi ketergantungan pada listrik PLN. Saat terjadi tingkat beban seperti biasa, penghematan maka suplai yang bekerja adalah dari PLN dan PLTS. Saat terjadi beban puncak sedangkan intensitas cahaya rendah maka suplai yang bekerja adalah PLN dan baterai. Sedangkan saat kedua sumber baik dari PLTS dan PLN tidak dapat bekerja, maka baterai akan bekerja sebagai *emergency supply* untuk menyuplai beban. Sistem ini juga dilengkapi dengan IoT agar mempermudah dalam monitoring pada sistem PLTS *on grid* dengan baterai.

### 2.2. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan referensi dari jurnal yang didapat dari penelitian sebelumnya dan teori penunjang yang berhubungan dengan topik penelitian ini. Secara umum referensi yang digunakan adalah sistem *hybrid* PLN dengan PLTS dan komponen pendukung lainnya.

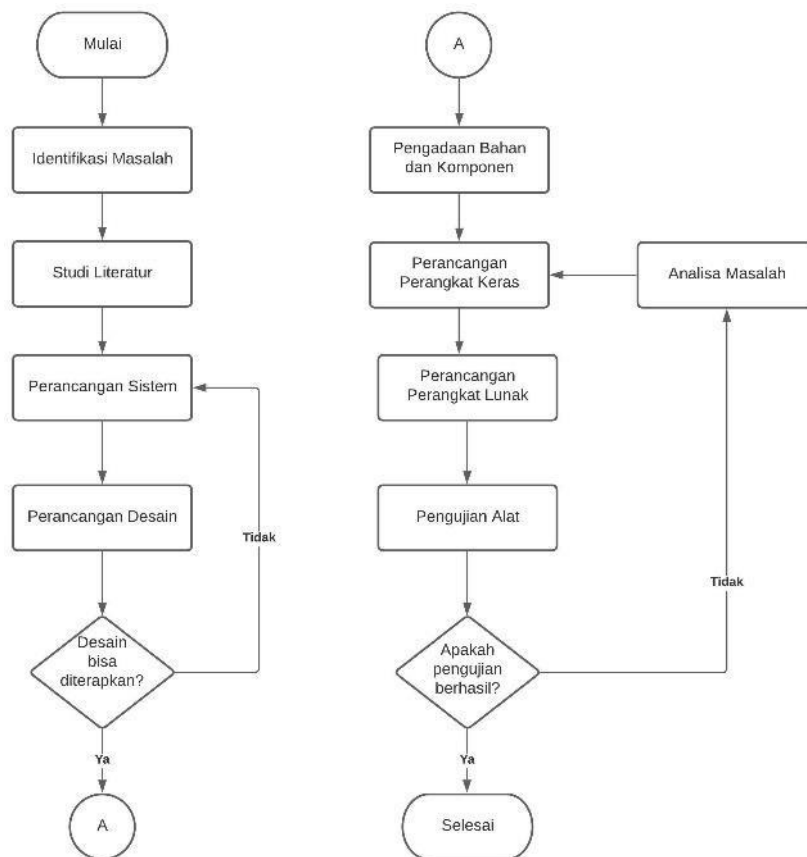
### 2.3. Perancangan Sistem

Kegiatan yang dilakukan pada tahapan perancangan alat adalah membuat desain alat. Langkah yang diambil adalah dengan membuat metode perhitungan, diagram sistem kerja dan *flowchart*. Metode perhitungan merupakan hipotesa perhitungan sistem yang akan dirancang. Diagram sistem kerja yang dibuat menunjukkan rancangan sistem yang akan dibuat, sedangkan *flowchart* menjelaskan sistem kerja keseluruhan alat.

### 2.4. Metode Perhitungan

Metode perhitungan merupakan hipotesa perhitungan sistem yang akan dirancang. Beban-beban yang digunakan pada adalah lampu bohlam dengan spesifikasi daya lampu 12 W sebanyak 3 buah, charger handphone 25 W dan charger laptop 65 W.

Langkah kerja tersebut ditampilkan dalam bentuk diagram alir atau *flowchart* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

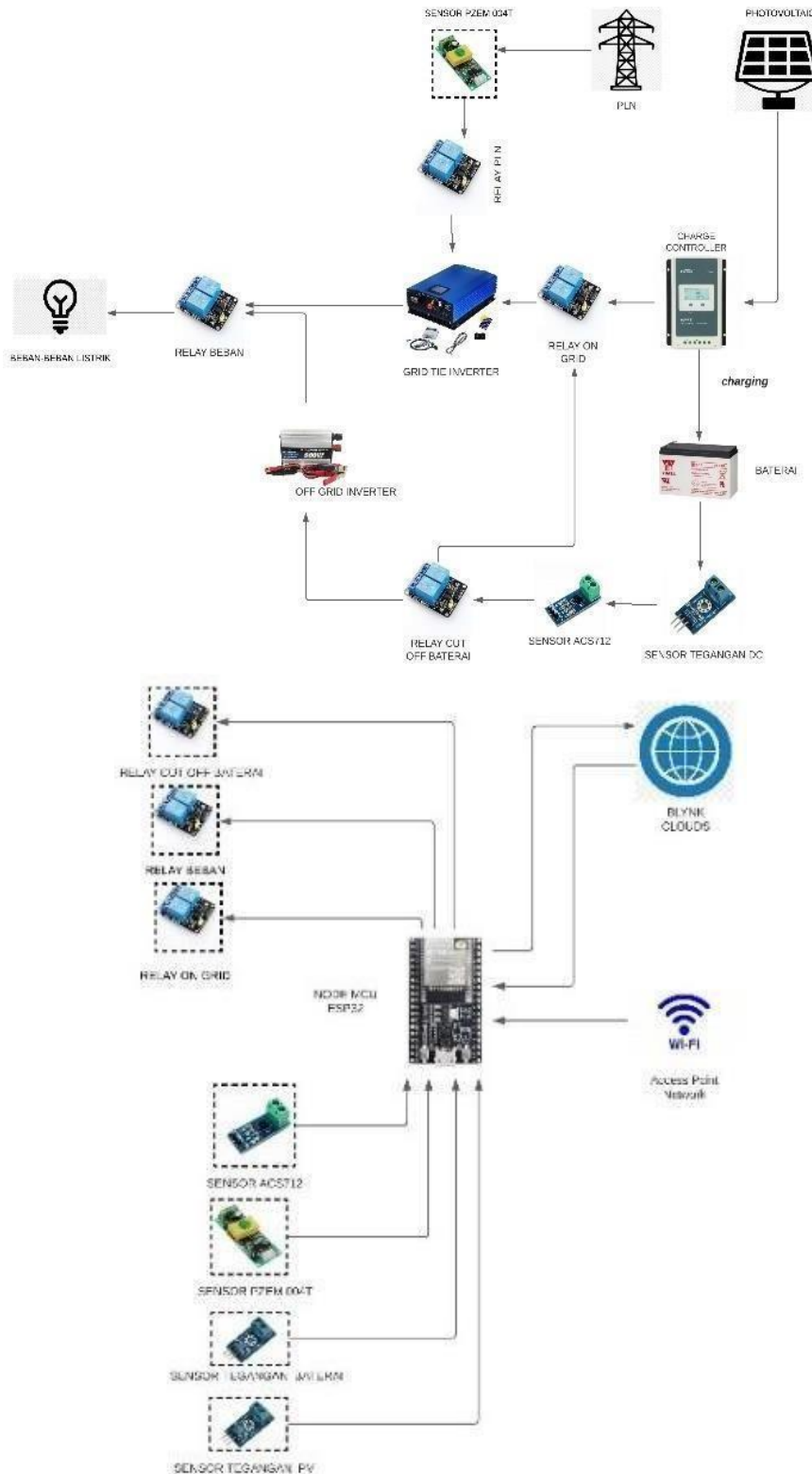


**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah dari rancang bangun kontrol dan monitoring daya otomatis pada PLTS on grid dengan baterai berbasis Iot adalah sebagai berikut:

- Mengidentifikasi masalah dengan mengumpulkan studi literatur maupun jurnal yang sesuai dengan topik penelitian.
- Setelah mengumpulkan literatur atau jurnal kemudian melakukan perancangan sistem lalu membuat diagram sistem kerja peralatan dan diagram alir penelitian.
- Selanjutnya dilakukan perancangan desain *hardware* diagram kemudian mengadakan alat dan bahan sertamelakukan perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak berupa program.
- Setelah selesai merancang perangkat keras dan perangkat lunak kemudian dilakukan penggabungan perangkat keras dan lunak dengan pengujian hingga sistem bekerja dengan baik.
- Apabila seluruh sistem telah bekerja dengan baik maka dilakukan analisa untuk mendapatkan hasil.

Gambar 2 menjelaskan tentang diagram sistem kerja pengontrolan daya otomatis pada PLTS on grid dengan baterai. Diagram sistem kerja digunakan untuk mengetahui alur kerja dari sistem, mulai dari pemasangan sensor, penempatan *relay*, hingga sistem monitoring. Sensor-sensor yang digunakan adalah sensor tegangan DC, sensor arus *ACS712* dan sensor *PZEM 004T*. Sensor tegangan DC digunakan untuk baterai. Sensor tegangan pada baterai difungsikan untuk mengetahui tingkat tegangan pada aki dan nilai *cut off* pada aki. Apabila kapasitas aki >20% maka sensor akan memerintahkan *relay* untuk aktif. *PZEM 004T* memberikan informasi parameter arus, tegangan dan daya pada beban. Semua data tentang sumber mana yang bekerja, parameter-parameter pada beban akan diolah di modul *ESP 32*. *ESP 32* akan mengirimkan data menuju blynk, agar data dapat ditampilkan dan pengguna dapat memantau kondisi sistem secara *real-time*. Pembuatan rancang bangun dilakukan dengan membuat rancangan desain *hardware*. Komponen utama dalam *hardware* sistem ini adalah PLTS, box panel untuk meletakkan komponen-komponen pada PLTS. PLTS ditempatkan sedemikian rupa pada atap rumah, yang dibawahnya telah diberi dudukan khusus. Kemudian panel box yang ditempatkan di bawah PLTS berisi komponen-komponen pada PLTS, seperti *inverter*, *solar charge controller*, mikrokontroler dan *socket*.



**Gambar 2.** Diagram Sistem Kerja Alat

Beban yang digunakan adalah lampu bohlam yang disusun secara paralel terhadap sumber listrik. Beban beserta peralatan kontrol disusun sedemikian rupa dan ditempatkan pada sebuah papan triplek seperti terdapat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Beban serta Peralatan Kontrol

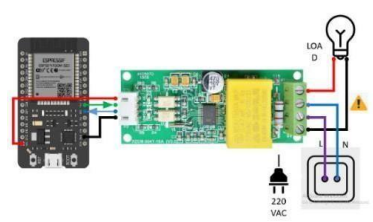
### 3. Hasil dan Diskusi

Hasil dan diskusi bertujuan untuk mengetahui fungsi keseluruhan sistem dapat bekerja dengan baik serta pengujian interface Blynk sebagai monitoring.

#### 3.1. Pengujian PZEM-004T

*PZEM-004T* merupakan sebuah modul yang digunakan untuk mengetahui tegangan, arus, frekuensi dan cos phi. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui rata-rata error dari tegangan, arus dan daya *PZEM 004T*. Pengujian *PZEM 004T* dilakukan dengan menghubungkannya dengan input *ESP32* dan output ke beban listrik. Pengujian *PZEM 004T* dilakukan sebanyak 10 kali dengan beban sebesar 400 Watt. Gambar

4 adalah rangkaian pengujian. Gambar 4 menunjukkan pengujian aktual dan Tabel 4 hingga 6 menunjukkan hasil pengujian dari *PZEM 004T*.



Gambar 4. Rangkaian Pengujian PZEM 004T

Tabel 1. Data Pengujian Tegangan

| Percobaan Ke-   | Tegangan pada PZEM004T (Volt) | Tegangan padaMultimeter (Volt) | Error (%) |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------|
| 1               | 210,3                         | 212,3                          | 0,95      |
| 2               | 211,2                         | 212,1                          | 0,43      |
| 3               | 209,6                         | 212,3                          | 1,29      |
| 4               | 209,1                         | 212                            | 1,39      |
| 5               | 210,7                         | 212,5                          | 0,85      |
| 6               | 209,6                         | 212,4                          | 1,34      |
| 7               | 210,8                         | 212,3                          | 0,71      |
| 8               | 210,9                         | 212,3                          | 0,66      |
| 9               | 211,2                         | 212,5                          | 0,62      |
| 10              | 209,6                         | 212,3                          | 1,29      |
| Rata-Rata Error |                               |                                | 0,95      |

Pada Tabel 1 yaitu pengujian tegangan pada *PZEM 004T*, dilakukan 7 kali pengujian. Dari pengujian tersebut didapatkan hasil *error* tertinggi sebesar 1,34% dan *error* terendah sebesar 0,71%.

**Tabel 2. Data Pengujian Arus**

| Percobaan Ke-   | Arus pada PZEM004T (Ampere) | Arus pada Multimeter (Ampere) | Error (%) |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------|
| 1               | 1,79                        | 1,86                          | 3,91      |
| 2               | 1,8                         | 1,88                          | 4,44      |
| 3               | 1,79                        | 1,85                          | 3,35      |
| 4               | 1,77                        | 1,82                          | 2,82      |
| 5               | 1,79                        | 1,87                          | 4,47      |
| 6               | 1,8                         | 1,88                          | 4,44      |
| 7               | 1,78                        | 1,87                          | 5,06      |
| 8               | 1,8                         | 1,85                          | 2,78      |
| 9               | 1,78                        | 1,86                          | 4,49      |
| 10              | 1,78                        | 1,83                          | 2,81      |
| Rata-Rata Error |                             |                               | 3,85      |

Pada Tabel 2 merupakan pengujian arus pada PZEM 004T, didapatkan hasil error tertinggi sebesar 5,06%. Setelah mencapai nilai error yang tinggi, kemudian nilai error mengalami penurunan. Selain itu rata-rata *error* yang dihasilkan tidak melebihi 5%. Dari analisis tersebut, maka tidak perlu dilakukan pengambilan data ulang.

**Tabel 3. Data Pengujian Daya**

| Percobaan Ke-   | Daya pada PZEM004T (Watt) | Daya pada Multimeter (Watt) | Error (%) |
|-----------------|---------------------------|-----------------------------|-----------|
| 1               | 397,6                     | 394,878                     | 0,68      |
| 2               | 398,5                     | 398,748                     | 0,06      |
| 3               | 393,8                     | 392,755                     | 0,27      |
| 4               | 392,4                     | 385,84                      | 1,67      |
| 5               | 397,2                     | 397,375                     | 0,04      |
| 6               | 398,1                     | 399,312                     | 0,30      |
| 7               | 398,4                     | 397,001                     | 0,35      |
| 8               | 397,5                     | 392,755                     | 1,19      |
| 9               | 398,5                     | 395,25                      | 0,82      |
| 10              | 393,8                     | 388,509                     | 1,34      |
| Rata-Rata Error |                           |                             | 0,67      |

Pada Tabel 3 menunjukkan pengujian daya pada PZEM 004T, didapatkan hasil error tertinggi sebesar 1,67% dan error terendah sebesar 0,35%.

### 3.2. Pengujian Relay

Relay adalah sebuah saklar elektromagnetik, yang berfungsi untuk memutus dan menyambungkan antara sumber listrik dengan beban.

**Tabel 4. Hasil Pengujian Relay**

| Jenis Relay                      | Kondisi Relay | Keterangan                                       |
|----------------------------------|---------------|--|
| Relay <i>on grid</i> Panel surya | <i>On</i>     | Panel surya terhubung ke inverter <i>on grid</i> |
| Relay <i>on grid</i> baterai     | <i>On</i>     | Baterai terhubung ke inverter <i>on grid</i>     |

Pada sumber listrik terdapat 5 relay, yaitu untuk selector antara panel surya dan baterai untuk terhubung ke inverter *on grid*, relay PLN, relay cut off baterai dan relay off grid. Pada beban terdapat 5 relay yang akan bekerja sesuai sumber yang bekerja. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian otomatis pada sistem telah bekerja dengan baik. Pengujian relay dilakukan dengan memberikan perintah untuk relay yang dikontrol oleh ESP 32. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian relay.

**Tabel 5. Kondisi Relay**

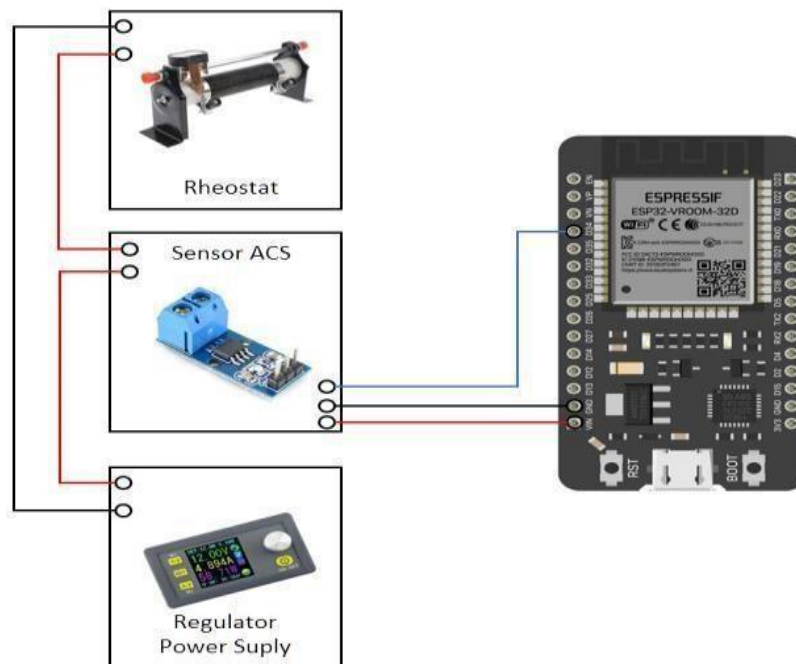
| Jenis Relay    | Kondisi Relay | Keterangan                                    |
|----------------|---------------|---|
| Relay PLN      | <i>On</i>     | PLN terhubung ke inverter <i>in grid</i>      |
| Relay off grid | <i>On</i>     | Baterai terhubung ke inverter off <i>grid</i> |

|                       |    |                                       |
|-----------------------|----|---------------------------------------|
| Relay Cut Off Baterai | On | Relay tidak terhubung dengan inverter |
| Relay Beban           | On | Beban menyala                         |
| Relay Beban           | On | Beban menyala                         |
| Relay Beban           | On | Beban menyala                         |
| Relay Beban           | On | Beban menyala                         |
| Relay Beban           | On | Beban menyala                         |

Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa relay bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya masing-masing. Sehingga dapat disimpulkan bahwa relay layak untuk digunakan dalam penelitian ini.

### 3.3. Pengujian Sensor Arus ACS712

Sensor arus ACS712 merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur arus pada output baterai. Sensor ini difungsikan untuk arus yang dihasilkan oleh baterai. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan merangkai sensor seri terhadap beban. Pada pengujian ini, beban yang digunakan rheostat. Hambatan pada rheostat dibuat konstan 5 ohm, untuk mengatur besarnya arus dilakukan perubahan nilai tegangan sumber. Gambar 5 menunjukkan rangkaian pengujian sensor ACS712. Tabel 6 merupakan hasil pengujian sensor arus ACS712.



**Gambar 5.** Rangkaian Pengujian Sensor ACS712

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712

| Arus Pengukuran (A) | Arus Sensor(A) | Error (%) |
|---------------------|----------------|-----------|
| 0,5                 | 0,50           | 1,20      |
| 1,0                 | 0,95           | 4,38      |
| 1,5                 | 1,51           | 0,72      |
| 2,0                 | 1,97           | 1,35      |
| 2,5                 | 2,49           | 0,37      |
| 3,0                 | 2,99           | 0,34      |
| 3,5                 | 3,49           | 0,05      |
| 4,0                 | 4,01           | 0,17      |
| Rata-Rata Error (%) |                | 1,07      |

Rata-rata error dalam pengujian ACS712 adalah sebesar 1,07% seperti ditunjukkan pada Tabel 6.

### 3.4. Pengujian Daya PLTS

Pengujian sel surya di lokasi yang sudah ditentukan. Pengujian bertujuan untuk mengetahui besaran nilai keluaran dari solar cell yang berupa tegangan (*Voc*), arus (*Isc*) dan daya (Watt). Hasil pengujian daya PLTS seperti ditunjukkan pada Tabel 7 dibawah ini.

**Tabel 7.** Hasil Pengujian panel surya 100 Wp

| Percobaan Ke- | Waktu (WIB) | <i>Voc</i> (Volt) | <i>Isc</i> (Ampere) | Daya (Watt) | Intensitas Cahaya (Lux) |
|---------------|-------------|-------------------|---------------------|-------------|-------------------------|
| 1             | 10.00       | 19,85             | 5,75                | 114,14      | 61,2                    |
| 2             | 11.00       | 20,1              | 5,69                | 114,37      | 62,3                    |
| 3             | 12.00       | 20,22             | 5,63                | 113,83      | 58,3                    |
| 4             | 13.00       | 20,25             | 4,95                | 100,24      | 55,5                    |
| 5             | 14.00       | 20,12             | 4,25                | 85,51       | 50                      |
| Rata-Rata     |             | 20,11             | 5,25                | 105,618     | 57,46                   |

Pengujian sel surya dilakukan di lokasi pengujian, yaitu Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Pengujian ini dilakukan saat cuaca cerah, pada pukul 10.00 – 14.00 WIB. Prosedur pengujian sel surya adalah sebagai berikut:

- Mengukur dan mencatat nilai intensitas matahari menggunakan lux meter
- Mengukur tegangan *open circuit* (*Voc*)
- Mengukur arus *short circuit* (*Isc*) dengan cara menghubungkan singkat panel surya
- Menghitung daya yang dibangkitkan panel surya dari perkalian  $Voc \times Isc$

### 3.5. Pengujian Daya Output setelah Dikonversi Inverter *Off Grid*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja inverter saat digunakan untuk menyuplai beban-beban AC pada kondisi *emergency supply*, yaitu saat PLN mengalami padam. Hasil pengujian inverter *off grid* seperti ditunjukkan pada Tabel 8. Prosedur pengujian dilakukan dengan menginput tegangan DC dari baterai menuju *input* dari inverter. efisiensi dari inverter *off grid* merupakan perbandingan daya output terhadap daya input dikalikan 100 %. Alat ukur yang digunakan adalah power meter DC dan AC. Beban yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 30 Watt.

**Tabel 8.** Pengujian Inverter *Off Grid*

| Percobaan | Tegangan <i>Input</i> (V DC) | Tegangan <i>Output</i> (V AC) | Arus <i>Input</i> (A) | Arus <i>Output</i> (A) | Daya <i>Input</i> (Watt) | Daya <i>Output</i> (Watt) | Efisiensi (%) |
|-----------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
| 1         | 12,47                        | 230                           | 2,66                  | 0,14                   | 33,17                    | 32,2                      | 97,08         |
| 2         | 12,39                        | 230                           | 2,67                  | 0,14                   | 33,08                    | 32,2                      | 97,34         |
| 3         | 12,35                        | 230                           | 2,67                  | 0,14                   | 32,97                    | 32,2                      | 97,65         |
| 4         | 12,3                         | 230                           | 2,68                  | 0,14                   | 32,96                    | 32,2                      | 97,68         |
| 5         | 12,26                        | 229                           | 2,68                  | 0,14                   | 32,86                    | 32,06                     | 97,57         |
| Rata-Rata | 12,35                        | 229,8                         | 2,67                  | 0,14                   | 32,94                    | 26,32                     | 97,44         |

Dari Tabel 8 diatas diketahui rata-rata efisiensi dari inverter sebesar 97,44% dan dapat mengkonversi tegangan DC menjadi AC dengan baik..

### 3.6. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada pengujian ini, beban yang digunakan adalah lampu bohlam, charger handphone dan charger laptop. Beban yang diaktifkan bervariasi, agar mode dalam sumber yang bekerja bisa bervariasi. Sumber yang bekerja ada 3, yaitu PLN dengan panel surya, PLN dengan baterai, PLN saja dan baterai saja. Tabel 9 merupakan data pengujian keseluruhan sistem.

**Tabel 9.** Data Pengujian Keseluruhan Sistem

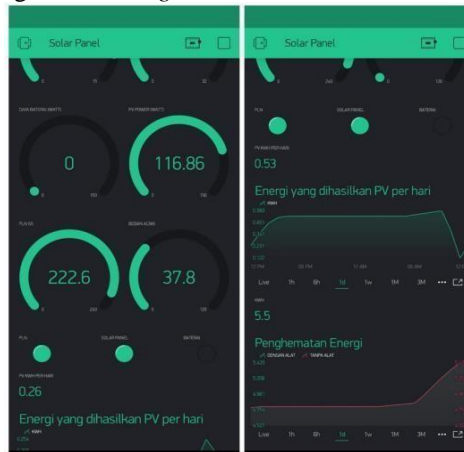
| Jam (WIB) | Beban (Watt) | Sumber yang Bekerja |             |         |
|-----------|--------------|---------------------|-------------|---------|
|           |              | PLN                 | Panel Surya | Baterai |
| 13.00     | 98,1         | √                   | √           |         |
| 13.30     | 97,90        | √                   | √           |         |
| 14.00     | 96,20        | √                   | √           |         |
| 14.30     | 83,40        | √                   | √           |         |
| 15.00     | 91,30        | √                   | √           |         |



|       |        |   |   |
|-------|--------|---|---|
| 15.30 | 107,70 | √ | √ |
| 16.00 | 93,20  | √ | √ |
| 16.30 | 90,50  | √ | √ |
| 17.00 | 94,40  | √ |   |
| 17.30 | 91,10  | √ |   |
| 18.00 | 77,50  | √ |   |
| 18.30 | 78,70  | √ |   |
| 19.00 | 113,50 | √ | √ |
| 19.30 | 51,81  |   | √ |
| 20.00 | 50,7   |   | √ |

### 3.7. Hasil user interface melalui Blynk

*Blynk* digunakan untuk menampilkan tegangan panel surya, tegangan baterai, tegangan pada PLN, daya yang dibangkitkan panel surya, dan penghematan energi listrik yang dikirim oleh *ESP3*. Gambar 6 menunjukkan tampilan pada *blynk* sebagai *monitoring* sistem.



Gambar 6. Hasil Tampilan *Blynk*

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan pembuatan rancang bangun pada penelitian yang telah dilakukan, didapat kesimpulan bahwa rata-rata tegangan *open circuit (Voc)*, arus *short circuit (Isc)* dan daya (P) berturut-turut adalah 20,11 V, 5,25 A dan 105,618 Watt. Semakin tinggi intensitas cahaya matahari maka semakin besar daya yang dapat dihasilkan panel surya. Daya yang dibangkitkan panel surya bergantung pada intensitas cahaya matahari, dengan rata-rata 57,46 *Lux*. Berdasarkan pengujian fungsi sistem, dapat diketahui bahwa relay dapat melakukan perpindahan sumber dengan baik. Perpindahan sumber dilakukan berdasarkan kondisi panel surya, PLN, baterai dan beban.

## 5. Daftar Pustaka

- Anas, Mochamad Azwar, Ir Soeprpto, Ir Unggul Wibawa, M Sc (2014), *Power Management Control Pada Sistem Hibrida Pv-Genset Menggunakan Zelio Logic Smart Relay*, Teknik Elektro, Universitas Brawijaya
- Hariyati, Rinna, Muchamad Nur Qosim, and Aas Wasri Hasanah (2019). "Energi Dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On grid Dengan Gedung STT-PLN Energi Dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah" 11 (1): 17–26.
- Husnayain, F. (2020) "Analisis Rancang Bangun PLTS ON-Grid Hibrid Baterai Dengan PVSYST Pada Kantin Teknik FTUI." *Electricres* 2 (1): 21–29. <http://jurnal.pnj.ac.id/index.php/electricres/article/view/2846>.
- Informatika, Jurnal, and Rekayasa Elektronika. 2020. "ISSN. 2620-6900 (Online) 2620-6897 (Cetak)" 3 (2).
- Manan, S. (2009). "Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif Yang Efisien, Handal Dan Ramah Lingkungan Di Indonesia." *Energi Matahari Sumber Energi Alternatif Yang Efisien, Handal Dan Ramah Lingkungan Di Indonesia*, 31–35. <http://eprints.undip.ac.id/1722>.
- Rhapsody, M Rozy (2017). "Penggunaan IoT Untuk Telemetri Efisiensi Daya Pada Hybrid Power System." *Seminar MASTER 2017 PPNS* 1509: 67–72.
- Ulpah, Nurlaelatul, Lia Kamelia, Toni Prabowo (2020), "Rancang Bangun Penyiraman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Smartphone Design and Implementation of Automatic Watering System Using Smartphone Base on IoT," *Teknik Elektro, Teknik Elektro, and Fakultas Sains*. n.d. no. November 2020: 279–86.