

Rancang Bangun Pencatatan Data Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Berbasis IoT (*Internet of Things*)

Moh. Rizki Imawan^{1*}, Yoedo Ageng Suryo¹, Denny Irawan¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No. 101, Gresik Kota Baru (GKB), Gresik
E-mail: rizkiimawan40@gmail.com

Naskah Masuk: 29 Juni 2023; Diterima: 21 Agustus 2023; Terbit: 28 Agustus 2023

ABSTRAK

Abstrak - Ketergantungan manusia terhadap energi fosil menyebabkan minyak bumi semakin menipis dan polusi udara bertambah parah, ditambah impor BBM Indonesia yang meningkat mengakibatkan beban belanja negara menjadi berat. Oleh karena itu pembangkit listrik ramah lingkungan perlu ditingkatkan salah satunya yaitu pembangkit listrik tenaga surya yang mengkonversi energi matahari menjadi listrik tidak terbatas. Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan untuk membuat sistem pencatatan data dari PLTS *hybrid* yang dapat membantu menganalisa kinerja panel surya. Sistem ini menggunakan panel surya 30Wp dengan kapasitas baterai mencapai 84Wh dan dibantu oleh sistem *internet of things* untuk *monitoring* dan pencatatan data. Sensor yang digunakan terdiri dari *INA219* & *PZEM-004t* sehingga mampu membaca daya yang diproduksi oleh panel surya dan yang dikonsumsi oleh beban. Bagian kontrol alat ini menggunakan *NodeMCU* yang berfungsi untuk mengontrol sensor dan juga mengirim data dari sensor menuju platform *ubidots*. Percobaan dilakukan selama satu hari dan data yang dihasilkan menunjukkan bahwa panel surya dapat menghasilkan daya sebanyak 134.29 w dalam sehari dan data dari *NodeMCU* dapat dikirim dan tersimpan dengan baik pada *database server*. Serta sistem ATS yang berfungsi sebagai kunci rangkaian PLTS *hybrid* bekerja dengan baik, jika *coil* tidak dialiri tegangan maka elektromagnet yang terbentuk menyebabkan perubahan dalam keadaan kontak *relay*.

Kata kunci: PLTS, Pencatatan data, *Internet of Things*, ATS.

ABSTRACT

Abstract - Human dependence on fossil energy has led to the depletion of petroleum reserves and worsening air pollution. Coupled with the increasing import of fossil fuels in Indonesia, this has resulted in a heavy burden on the country's budget. Therefore, environmentally friendly power generators need to be enhanced, one of which is solar power plants that convert unlimited solar energy into electricity. In this study, a design has been carried out to create a data recording system for a hybrid solar power plant (PLTS) that can help analyze the performance of solar panels. This system employs a 30Wp solar panel with a battery capacity of up to 84Wh, assisted by an Internet of Things (IoT) system for monitoring and data recording. The utilized sensors include *INA219* & *PZEM-004t*, enabling the measurement of power generated by the solar panel and consumed by the load. The control part of this tool employs *NodeMCU*, which functions to control the sensors and transmit data from the sensors to the *Ubidots* platform. Experiments were conducted for one day, and the generated data indicated that the solar panel could produce a total power of 134.29 W in a day, while the data from *NodeMCU* could be successfully transmitted and stored in the database server. Additionally, the Automatic Transfer Switch (ATS) system, which functions as the key for the hybrid solar power system, operated effectively. If the coil is not supplied with voltage, the electromagnet formed induces a change in the relay contact state.

Keywords: PLTS, Data Recording, *Internet of Things*, ATS.

Copyright © 2023 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

1. PENDAHULUAN

Teknologi berkembang dengan kecepatan yang lebih cepat dari waktu ke waktu, dan seringkali manusia lepas kendali. Ketergantungan manusia pada energi menyebabkan planet ini kehabisan energi, seperti bahan bakar fosil, karena populasi manusia terus bertambah. Karena berbagai alasan, termasuk fakta bahwa bahan bakar fosil umumnya berbahaya bagi lingkungan dan mengeluarkan gas, dan semakin lama bahan bakar fosil bertahan, semakin besar kemungkinan bahan bakar terbarukan tersedia. Ada banyak jenis energi terbarukan, termasuk energi air, energi angin, panas bumi energi, dan energi matahari atau solar.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu jenis energi yang memiliki banyak potensi untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik.

Menilik informasi dari Dinas Energi dan Aset Mineral (ESDM), pada tahun 2021 harga Indonesian Crude Price (ICP) saja mencapai nilai tengah US\$ 68,47 per barel, jauh di atas praduga dalam RKAP 2021 sebesar US\$ 45 per barel, bahkan atas pengakuan ICP tahun 2020 yang tercatat sebesar US\$ 40,39 per barel [1].

Konsumsi listrik Indonesia diperkirakan akan meningkat pesat hingga tahun 2025, pasokan listrik Indonesia diperkirakan akan melebihi 120 GW [2]. Dibandingkan dengan energi alternatif lainnya, tenaga surya memiliki potensi hingga 207,8 GWp yang dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan serta sebagai energi alternatif. Metode pengurangan konsumsi bahan bakar fosil [3].

Untuk memudahkan dalam menganalisis dan memantau kinerja PLTS, penelitian ini akan membuat rancangan sistem perekaman data produksi PLTS *hybrid* dengan tujuan dapat mendorong perkembangan pembangkit energi ramah lingkungan dan daya yang akan dihasilkan akan disimpan menggunakan bantuan *cloud* atau penyimpanan *database* untuk penyimpanan data, sehingga akan mempermudah proses analisa data dalam jangka waktu yang panjang. PLTS *hybrid* akan menggunakan sistem *automatic transfer switch* (ATS) untuk perpindahan jalur tegangan. Data tersebut akan disimpan dan kemudian dapat diunduh sesuai kebutuhan analisa tanpa memerlukan tempat penyimpanan eksternal, dengan kata lain data dapat diekstrak secara historikal.

2. KAJIAN PUSTAKA

Indonesia merupakan negara tropis dengan banyak potensi energi surya. Sebaran intensitas radiasi matahari di Indonesia ditetapkan sekitar 4,5 kWh/m²/hari di Wilayah Barat Indonesia (KBI) dan 5,1 kWh/m²/hari di Wilayah Timur Indonesia (KTI). Akibatnya, potensi intensitas radiasi matahari rata-rata harian Indonesia adalah 4,8 kWh/m² [3].

Keandalan dan ekonomi adalah dua aspek dari sistem pembangkit energi hibrida yang dapat diperhitungkan ketika mengevaluasi kinerjanya. HOMER, atau Model Optimasi Hibrida untuk Energi Terbarukan Listrik, adalah salah satu perangkat yang dapat digunakan untuk memodelkan tinjauan kinerja ini [4].

Jaringan yang ada dan pengembangan internet membentuk infrastruktur IoT. Hal ini ditandai dengan tingkat otonomi penangkapan data yang tinggi, transfer acara, konektivitas pada jaringan, dan juga interoperabilitas. Kemampuan ini berfungsi sebagai dasar untuk pengembangan layanan dan aplikasi koperasi yang didirikan secara independen. Ini juga menawarkan identifikasi objek, identifikasi sensor, dan kemampuan koneksi. *Internet of Things* (IoT) didefinisikan oleh *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) sebagai jaringan di mana setiap objek memiliki sensor yang terhubung ke jaringan internet [5].

2.1. Ubidots

Aplikasi yang dapat menjalankan konsep IoT adalah *Ubidots*. Tujuan dari aplikasi ini adalah untuk dapat menetapkan tindakan untuk *output* yang diinginkan dan mengambil data dari berbagai *input*. Selain itu, *Ubidots* memiliki fitur yang menyimpan data dalam *database*, memungkinkan pengguna untuk menggunakan data sebelumnya sebagai perbandingan untuk data saat ini [6].

2.2. Panel Surya

Sel surya, juga dikenal sebagai "*sel fotovoltaik*" singkatnya adalah perangkat yang menggunakan efek *fotovoltaik* untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Sel surya menghasilkan tegangan listrik yang sangat rendah sekitar 0,6V tanpa beban atau 0,45V dengan beban. Untuk mencapai tegangan listrik yang diinginkan, diperlukan beberapa sel surya yang disusun seri [7].

2.3. Solar Charger Controller

Dalam instalasi surya apa pun, *Solar Charge Controller* (SCC) adalah komponen penting. Ketika membahas penggunaan tenaga surya, *Solar Charge Controllers* (SCC) bukanlah hal pertama yang terlintas dalam pikiran. Namun, pengontrol muatan menjamin bahwa sistem tenaga surya akan terus berfungsi secara efektif dan aman selama bertahun-tahun yang akan datang.

2.4. Baterai Valve Regulated Lead Acid (VRLA)

Baterai timbal-asam yang dikenal sebagai *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) menggunakan elektrolit yang tidak bergerak untuk menggabungkan kembali hidrogen dan oksigen. Namanya berasal dari desain tertutup dan katup pelepas tekanan, yang mencegah gas keluar. Gas yang dihasilkan tidak dapat membentuk gelembung dan naik ke permukaan elektrolit karena elektrolit tidak lagi dalam keadaan cair, apakah diserap ke dalam tika kaca bertekstur halus atau dicampur dengan bubuk silika untuk membentuk gel. Sebaliknya, gradien tekanan bermuatan memaksa mereka untuk melakukan perjalanan ke kutub yang berlawanan dan menjebak mereka dalam matriks stasioner. Ini tidak mungkin dalam cairan yang bebas.

2.5. Inverter

Inverter adalah salah satu komponen terpenting dan paling kompleks dari sistem independen. Selain mengubah tegangan, *inverter* juga mengubah DC menjadi AC. Dengan kata lain, ini adalah adaptor daya. Hal ini memungkinkan sistem daya independen bertenaga baterai untuk menjalankan peralatan rumah tangga standar melalui kabel rumah standar

2.6. Relay

Komponen Elektromekanis (*electromechanical*), *relay* adalah sakelar yang dioperasikan secara elektrik yang terdiri dari elektromagnet (*Coil*) dan komponen mekanis (*switch*). Kontak Saklar digerakkan oleh *Relay* menggunakan Prinsip Elektromagnetik sehingga dapat menghantarkan listrik pada tegangan yang lebih tinggi dengan arus listrik yang rendah (*low power*).

2.7. NodeMCU

NodeMCU ESP8266 adalah sebuah *platform* Berdasarkan IoT adalah *open source*. Termasuk perangkat keras berupa *System on Chip ESP8266*. Saat ini, *NodeMCU* telah mengalami 3 peningkatan. *NodeMCU* memiliki 17 pin GPIO yang dapat dihubungkan terintegrasi dengan komponen elektronik lainnya. Bekerja pada tegangan 3.3v - 5v, dengan konsumsi daya 10uA~170mA. Kecepatan pemrosesan antara 80 dan 160 MHz dan juga 32 KB + 80 KB RAM *memori flash* hingga 16 MB [8].

2.8. INA219

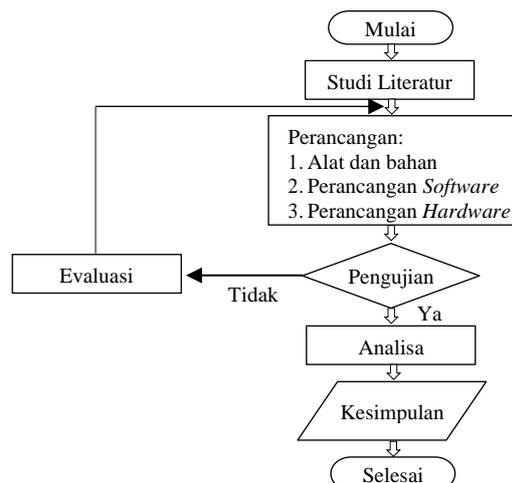
INA219 adalah modul sensor yang bisa monitor tegangan dan arus di sirkuit listrik. *INA219* didukung dengan antarmuka I2C atau KOMPATIBEL SMBUS jika perangkat ini mampu memantau tegangan *shunt* dan tegangan bus listrik, dengan konversi dan penyaringan waktu program. *INA219* memiliki penguat *input* maksimum $\pm 320\text{mV}$, ini berarti dapat mengukur arus hingga $\pm 3,2\text{A}$. Dengan data internal ADC 12-bit, resolusi hingga kisaran $3,2\text{A}$ adalah $0,8\text{mA}$. Dengan kepentingan batin atur ke min div8, arus maks adalah $\pm 400\text{mA}$ dan resolusi $0,1\text{ mA}$. *INA 219* tentukan tegangan paralel pada bus 0 – 26 V [9].

2.9. PZEM-004t

PZEM-004T adalah sensor yang dapat digunakan untuk ukur tegangan RMS, arus RMS, dan daya aktif terhubung melalui *arduino* atau *platform open source* lainnya. Ukuran fisik kartu *PZEM-004T* adalah $3,1 \times 7,4\text{ cm}$. Modul *pzem-004t* disertakan dengan belitan trafo saat ini diameter 3mm dapat digunakan untuk mengukur arus maks 100A [10].

3. METODE PENELITIAN

Desain, metode, atau pendekatan yang digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian dan mencapai tujuan penelitian. Penjelasan meliputi parameter penelitian, model yang digunakan, desain penelitian, metode memperoleh data, analisis data, dan teori yang digunakan untuk melaksanakan penelitian. Diagram alir pada Gambar 1 menggambarkan perkembangan metodologi penyelesaian penelitian ini:



Gambar 1. *Flowchart* metodologi penelitian

Tahap awal penelitian ini yaitu melakukan studi literatur tentang panel surya yang akan dibuat. Kemudian menentukan spesifikasi yang akan dipakai serta aplikasi dan rangkaian elektronika yang akan digunakan. Kemudian merancang semua komponen yang ada hingga menjadi sebuah *prototype* jadi. Kemudian akan

dilakukan pengujian dan evaluasi terkait data yang didapatkan. Jika dirasa data sudah sesuai dengan standar yang dibutuhkan maka akan langsung diambil kesimpulan.

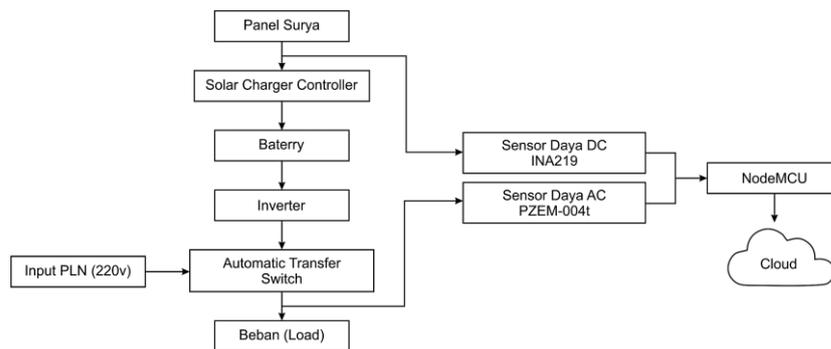
3.1. Studi Literatur

Langkah pertama dalam metode penelitian adalah tinjauan pustaka, yang melibatkan pencarian informasi tentang komponen penelitian dalam publikasi, sumber daya *online*, dan buku. Hasil diskusi dan konsultasi dengan dosen atau pakar dibidang ini menjadi sumber langsung. Literatur penelitian ini adalah:

- a. Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Hybrid*
- b. *Automatic Transfer Switch (ATS)*
- c. *Internet of Things (IoT)*

3.2. Perancangan Sistem

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan sistem pencatatan PLTS *hybrid* berbasis IoT. Sumber tegangan utama yaitu menggunakan PLN yang kemudian akan dibackup oleh baterai jika kondisi listrik sedang padam. Untuk lebih jelasnya bisa lihat pada gambar 2:

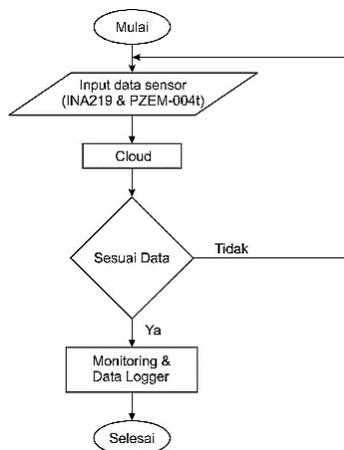


Gambar 2. Diagram blok sistem

Solar panel akan memproduksi daya yang kemudian akan dialurkan ke *solar charger controller* untuk distabilkan tegangannya dan akan dialirkan menuju baterai. Kemudian baterai akan dialirkan menuju *inverter* untuk dikonversi menjadi tegangan AC dan akan diproses oleh *automatic transfer switch*. Untuk sensor yang digunakan yaitu sensor tegangan dan arus DC untuk mengetahui produksi daya dari panel surya, dan sensor tegangan AC untuk mendeteksi daya yang dikonsumsi. Semua data tersebut akan diolah oleh Arduino dan kemudian dikirim ke *nodeMCU* untuk dikirim lagi ke *platform* pihak ketiga untuk dilakukan *monitoring* dan disimpan datanya.

3.3. Perancangan Software

Perancangan *software* yaitu menceritakan tentang alur kerja alat dan digambarkan melalui gambar 3 dalam *flowchart* tersebut akan menjelaskan tentang alur kerja alat tersebut.

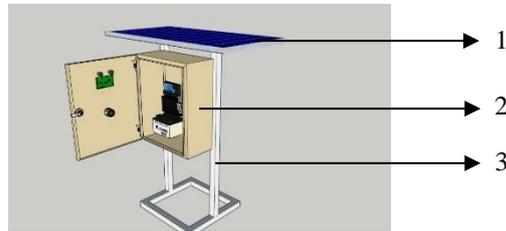


Gambar 3. Flowchart pencatatan data

Terdapat beberapa *input* data yang akan diolah oleh alat antara lain sensor *ina219* untuk mendeteksi daya produksi panel surya dan sensor *pzem-004t* untuk mendeteksi daya konsumsi beban.

3.4. Perencanaan PLTS Hybrid

Pada penelitian ini akan digunakan panel surya bertipe polikristalin sebagai produsen daya pada PLTS. Untuk spesifikasinya yaitu menggunakan panel surya 30 Wp (*Watt Peak*) dengan baterai penunjang 12v (*volt*) 7Ah (*Ampere Hour*) yang berkemungkinan menyimpan daya mencapai 84Wh (*Watt Hour*). Kemudian untuk rangkaian elektronika dan komponen lain akan ditempatkan didalam *box* panel agar dapat melindungi komponen listrik.



Gambar 4. Desain rancangan

Keterangan:

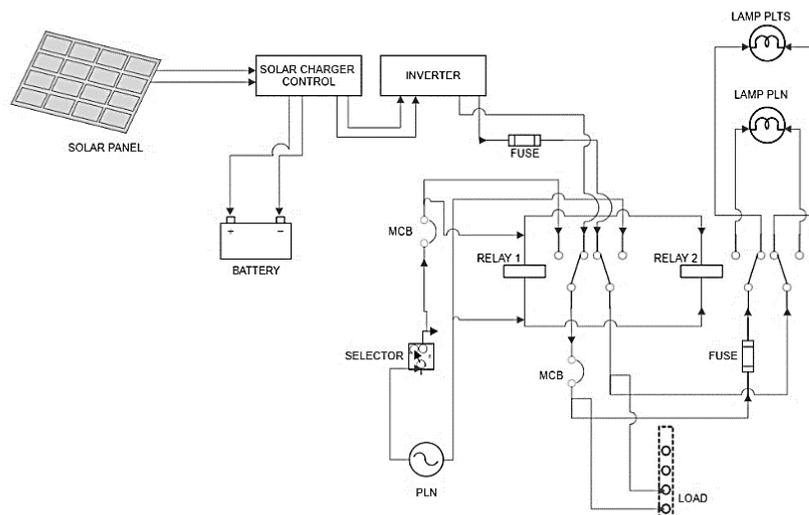
1. Panel Surya sebagai objek utama
2. *Box* Panel sebagai tempat komponen elektronika
3. Besi Penyangga sebagai penompang *prototype*



Gambar 5. Peletakan komponen

Gambar 5 merupakan desain 3D dari sistem perencanaan konstruksi PLTS *hybrid* yang akan dibuat, gambar berikut meliputi desain rancang bangun mekanik dan juga sistem peletakan komponen sensor pada *box* panel.

Untuk gambar 6 merupakan gambar dari *schematic diagram* sistem PLTS *hybrid* yang meliputi kelistrikan panel surya dan sistem ATS.



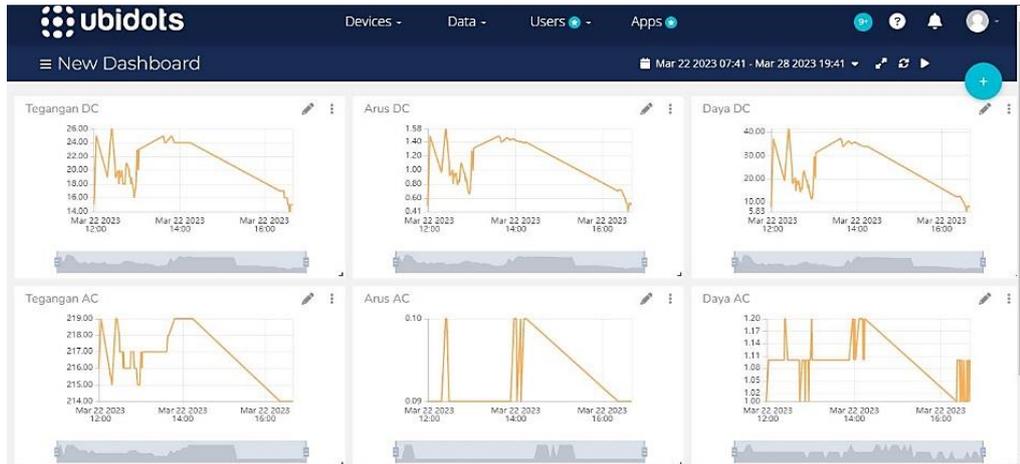
Gambar 6. *Schematic diagram*

Sistem kerja PLTS *hybrid* berdasarkan gambar 6 yaitu *solar panel* akan mengirimkan daya dc ke *solar charger controller* kemudian tegangan dari *solar panel* akan distabilkan sebelum disalurkan ke

baterai, setelah itu tegangan dc dari baterai akan dikonversi ke tegangan ac melalui *inverter* yang kemudian akan diarahkan ke rangkaian ATS menggunakan komponen *relay*. *Relay 1* berfungsi sebagai *relay* utama dalam memindahkan jalur tegangan PLN dan PLTS sedangkan *relay 2* sebagai rangkaian indikator lampu.

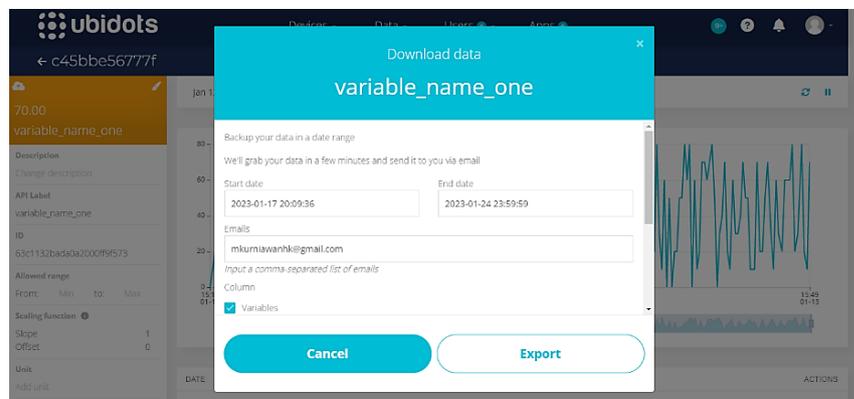
3.5. Perancangan *Ubidots*

Pada penelitian ini menggunakan *platform ubidots* sebagai objek penyimpanan data dari sensor yang dijalankan. *Ubidots* sendiri mampu menyimpan hingga 30 *variabel data* dan juga dapat meng-*ekspor* data yang telah tersimpan pada *database* kemudian dikirim melalui alamat *email* penerima.



Gambar 7. *Dasboard ubidots*

Untuk dapat mendownload data yang telah tersimpan mula-mula harus mempunyai akun *ubidots* terlebih dahulu, kemudian perangkat sensor harus ter-*connect* dengan *server* dan kemudian *setting* data yang mau dikirim seperti pada gambar 8.



Gambar 8. *Export data ubidots*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diambil pada penelitian ini yaitu data tegangan, arus, dan daya pada masing-masing bagian yaitu tegangan dc untuk bagian produksi daya panel surya dan tegangan ac untuk bagian beban yang akan dikonsumsi. Data yang diambil kemudian akan dikirimkan ke *cloud server* melalui modul *esp8266* yang kemudian akan diterima oleh *platform ubidots*. Data yang diterima kemudian akan diolah menjadi bentuk grafik dan dapat diunduh lagi untuk kebutuhan analisa lebih lanjut.



Gambar 9. Rangkaian elektronika dalam panel *box*

Setelah semua perangkat terpasang, dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan. Hal ini untuk memastikan semua sensor dapat bekerja dengan baik. Semua instrumen elektronika terpasang di panel *box* untuk melindungi dari panas maupun hujan. Perangkat di dalam panel *box* terdiri dari *Battery*, *Arduino Uno*, *NodeMCU*, *Solar Charger Controller*, *LCD 20x4*, *INA219*, *PZEM-004t*, *Buck Converter*, *Relay*, *MCB*, *Fuse Pilot Lamp*, *Selector*, *Battery Capacity*, dan *Inverter*.



Gambar 10. Konstruksi alat

Bagian luar terdiri dari panel surya/PV pada bagian paling atas agar agar tidak terdapat gangguan bayangan. Sementara untuk keseluruhan komponen elektronika ditempatkan pada *box* panel agar terlindungi dari berbagai gangguan. Dan untuk tiang penyangga mempunyai ketinggian sekitar 120 cm untuk mempermudah proses pengambilan data dan mobilitas.

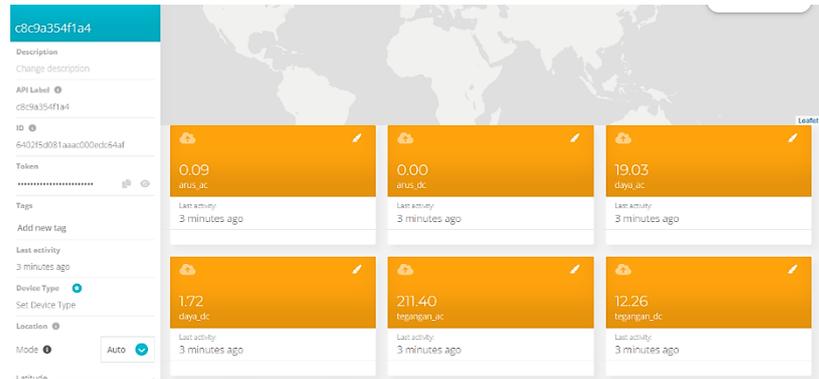


Gambar 11. Tampilan depan *box* panel

Gambar 11 menunjukkan tampilan depan bagian *box panel* yang terdiri dari *pilot lamp*, LCD 20x4, *battery capacity*, dan selector. Untuk tampilan LCD sendiri menampilkan data dari produksi panel surya dan beban konsumsi. Sementara untuk *battery capacity* menampilkan kapasitas baterai yang tersedia.

4.1. Pengujian *Internet of Things*

Pada pengujian yang dilakukan, sistem dapat bekerja dengan baik. Semua sensor dapat membaca parameter sesuai fungsinya masing-masing. Bagian panel surya sudah mampu mensuplai tegangan yang dibutuhkan baterai. Sedangkan bagian IoT perlu dicek melalui PC atau perangkat *mobile* untuk mengetahui proses *record* bekerja atau tidak.



Gambar 12. Tampilan *platform ubidots*

Data yang telah dikirim oleh *nodemcu* akan otomatis diterima oleh *platform ubidots* dan menampilkan data seperti gambar 12. Jumlah data yang diterima ada 6 data seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, *file* data yang telah tersimpan dapat diunduh dalam format *excel* dan dikirim melalui *email* yang telah didaftarkan.

Tabel 1. Contoh hasil data yang tersimpan

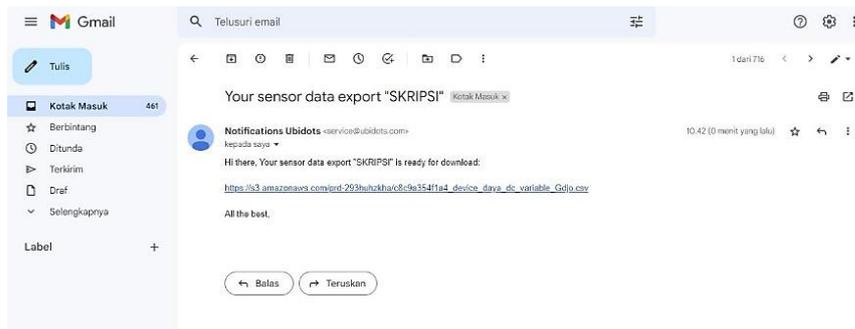
<i>timestamp</i>	<i>tegangan_dc</i>	<i>context_tegangan_dc</i>	<i>date (Asia/Jakarta)</i>
1.67948E+12	15	{}	2023-03-22 16:40:27.925000+07:00
1.67948E+12	15	{}	2023-03-22 16:39:39.478000+07:00
1.67948E+12	15	{}	2023-03-22 16:38:51.123000+07:00
1.67948E+12	15	{}	2023-03-22 16:38:02.802000+07:00
1.67948E+12	15	{}	2023-03-22 16:37:14.422000+07:00



Gambar 13. Tampilan *dashboard ubidots*

Gambar 13 merupakan tampilan *dashboard* dari *platform ubidots* yang memuat data yang telah dikirim dari *nodemcu*. Data yang diterima sejumlah 6 data yang meliputi tegangan dc, arus dc, daya dc, tegangan ac, arus ac, dan daya ac. Sumbu x merupakan waktu data saat melakukan percobaan dan sumbu y merupakan nilai dari tegangan, arus dan daya pada tegangan dc & ac.

Data yang telah diolah pada *platform ubidots* kemudian akan di *export* kedalam format *.csv* dan dapat dibuka pada aplikasi *Microsoft excel*. Data yang telah dikirim kemudian akan diterima oleh *email* yang telah didaftarkan setelah itu *download file* tersebut.



Gambar 14. Kotak masuk email

Gambar di atas menampilkan link yang telah dikirimkan oleh server *ubidots* yang berisi data yang telah kita *export* sebelumnya, klik *link* berikut dan *save* pada perangkat kemudian *file* tersebut dapat dibuka melalui aplikasi *Microsoft excel*.

A	B	C	D	E	F
1	timestamp	daya_dc	context_daya_dc	date (Asia/Jakarta)	
2	1.67921E+12	23.02955055	{}	2023-03-19 13:11:44.067000+07:00	
3	1.67921E+12	23.25132179	{}	2023-03-19 13:10:51.181000+07:00	
4	1.67921E+12	22.67764473	{}	2023-03-19 13:09:59.513000+07:00	
5	1.67921E+12	22.85187149	{}	2023-03-19 13:09:07.017000+07:00	
6	1.67921E+12	23.82384872	{}	2023-03-19 13:08:18.906000+07:00	
7	1.67921E+12	23.87409401	{}	2023-03-19 13:07:31.869000+07:00	
8	1.67921E+12	24.04622078	{}	2023-03-19 13:06:44.907000+07:00	
9	1.67921E+12	23.64147758	{}	2023-03-19 13:05:57.754000+07:00	
10	1.67921E+12	23.76819611	{}	2023-03-19 13:05:10.228000+07:00	
11	1.67921E+12	23.8532505	{}	2023-03-19 13:04:21.152000+07:00	
12	1.67921E+12	23.83379936	{}	2023-03-19 13:03:24.683000+07:00	
13	1.67921E+12	23.77295685	{}	2023-03-19 13:02:37.359000+07:00	
14	1.67921E+12	23.68206978	{}	2023-03-19 13:01:49.973000+07:00	
15	1.67921E+12	23.56312943	{}	2023-03-19 13:00:40.330000+07:00	
16	1.67921E+12	23.46067238	{}	2023-03-19 12:59:52.894000+07:00	
17	1.67921E+12	23.18967438	{}	2023-03-19 12:59:03.511000+07:00	
18	1.67921E+12	23.0007	{}	2023-03-19 12:58:11.508000+07:00	
19	1.67921E+12	22.98845291	{}	2023-03-19 12:57:24.287000+07:00	
20	1.67921E+12	23.14630127	{}	2023-03-19 12:56:34.525000+07:00	
21	1.67921E+12	23.21379852	{}	2023-03-19 12:55:47.131000+07:00	
22	1.67921E+12	23.07013893	{}	2023-03-19 12:54:59.818000+07:00	
23	1.67921E+12	23.21968079	{}	2023-03-19 12:54:12.739000+07:00	
24	1.67921E+12	23.07466316	{}	2023-03-19 12:53:25.729000+07:00	

Gambar 15. Hasil unduh file

Dapat dilihat dari gambar 15 server *ubidots* hanya dapat meng-*export file* satu per satu, dengan kata lain jika ingin menggabungkan *file* menjadi satu harus mengunduh seluruh parameter yang ada pada *ubidots* satu per satu kemudian disatukan secara manual.

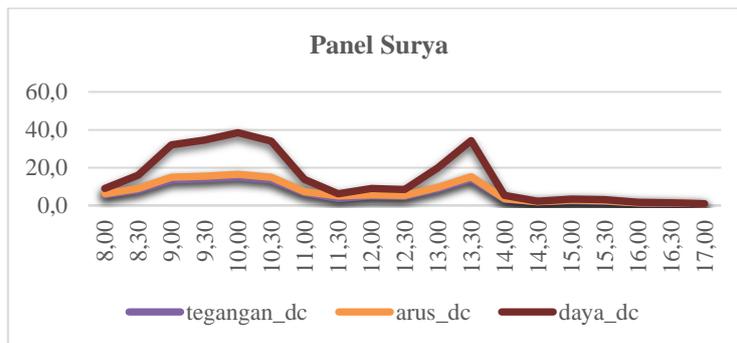
4.2. Hasil Pengujian

Hasil pengujian dibagi menjadi dua yaitu pengujian produksi panel surya dan juga pengujian konsumsi beban. Data yang diambil ada 3 di tiap pengujian, masing-masing yaitu tegangan, arus dan daya. *Interval* pengambilan data yaitu setiap 1 menit dan kemudian dikelompokkan menjadi tiap 30 menit.

Tabel 2. Pengujian panel surya

Waktu	Tegangan_Dc	Arus_Dc	Daya_Dc
8.00	5.6 v	0.53 a	2.97 w
8.30	8.1 v	0.78 a	7.19 w
9.00	13.5 v	1.28 a	17.27 w
9.30	14.0 v	1.38 a	19.25 w
10.00	15.0 v	1.47 a	22.01 w
10.30	13.5 v	1.31 a	19.08 w
11.00	6.6 v	0.63 a	6.41 w
11.30	3.7 v	1.31 a	1.23 w
12.00	5.1 v	0.47 a	3.46 w
12.30	4.8 v	0.45 a	3.05 w
13.00	8.7 v	0.85 a	10.21 w
13.30	13.9 v	1.34 a	18.98 w
14.00	3.4 v	0.28 a	1.58 w

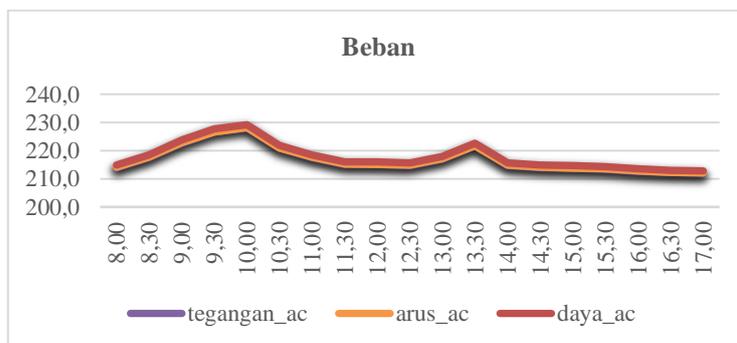
Waktu	Tegangan_Dc	Arus_Dc	Daya_Dc
14.30	1.8 v	0.14 a	0.25 w
15.00	2.6 v	0.19 a	0.51 w
15.30	2.3 v	0.19 a	0.49 w
16.00	1.3 v	0.09 a	0.12 w
16.30	1.2 v	0.08 a	0.1 w
17.00	0.8 v	0.05 a	0.04 w



Gambar 16. Grafik hasil pengujian panel surya

Tabel 3. Pengujian beban

Waktu	Tegangan_Ac	Arus_Ac	Daya_Ac
8.00	214.0 v	0.1 mA	0.8 w
8.30	217.6 v	0.1 mA	0.9 w
9.00	222.7 v	0.1 mA	0.9 w
9.30	226.5 v	0.1 mA	1.0 w
10.00	228.1 v	0.1 mA	1.0 w
10.30	220.8 v	0.1 mA	0.9 w
11.00	217.5 v	0.1 mA	0.9 w
11.30	215.1 v	0.1 mA	0.8 w
12.00	215.0 v	0.1 mA	0.8 w
12.30	214.7 v	0.1 mA	0.8 w
13.00	217.0 v	0.1 mA	0.8 w
13.30	221.6 v	0.1 mA	0.9 w
14.00	214.7 v	0.1 mA	0.8 w
14.30	214.0 v	0.1 mA	0.8 w
15.00	213.7 v	0.1 mA	0.8 w
15.30	213.4 v	0.1 mA	0.8 w
16.00	212.7 v	0.1 mA	0.7 w
16.30	212.2 v	0.1 mA	0.8 w
17.00	212.0 v	0.1 mA	0.7 w



Gambar 17. Grafik hasil pengujian beban

Pada hasil percobaan panel surya menghasilkan total daya sebanyak 134.29 w dalam sehari, dan data tersebut diambil pada kondisi cuaca sedang mendung. Untuk percobaan beban relatif stabil karena hanya menguji beban lampu *led* sehingga hanya menghasilkan rata-rata 0.8 w beban dalam sehari. *Delay* pada rangkaian ATS waktu perpindahan jalur juga berlangsung cepat karena jika *coil* tidak dialiri tegangan maka elektromagnet yang terbentuk menyebabkan perubahan dalam keadaan kontak *relay*.

5. KESIMPULAN

Dari semua perancangan, pembuatan, dan pengujian baik yang dilakukan dengan per bagian ataupun yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Panel surya dapat menghasilkan daya sebanyak 134.29 w dalam sehari meskipun cuaca sedang mendung sehingga dapat menghemat penggunaan listrik yang memakai bahan bakar fosil.
- b. Sistem ATS bekerja dengan baik, jeda antara perpindahan *coil* hanya seper sekian detik sehingga tidak membuat perangkat listrik pada beban mati.
- c. Sistem *monitoring* IoT data bisa dilakukan dari jarak jauh selama perangkat tersambung dengan internet. Dengan menggunakan *ubidots monitoring* data bisa dilakukan lebih efisien dan juga praktis.

REFERENSI

- [1] R. Binekasri, "12 Negara yang Cuan Dari Impor BBM RI, Banyak Tetangga!," 2022. <https://www.cnbcindonesia.com/market/20220907094119-17-369923/12-negara-yang-cuan-dari-imp-or-bbm-ri-banyak-tetangga> (diakses Sep 07, 2022).
- [2] E. P. Aji, P. Wibowo, dan J. Windarta, "Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Sistem On Grid di BPR BKK Mandiraja Cabang Wanayasa Kabupaten Banjarnegara," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 1, hal. 15–27, 2022, doi: 10.14710/jebt.2022.13158.
- [3] E. T. A. Duka, I. N. Setiawan, dan A. I. Weking, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kabupaten Badung," *E-Journal SPEKTRUM*, vol. 5, no. 2, hal. 67–73, 2018, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2018.v05.i02.p09.
- [4] A. N. Azizah dan S. Purbawanto, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PV Dan Mikrohidro) Terhubung Grid," *J. List. Instrumentasi dan Elektron. Terap.*, vol. 2, no. 1, hal. 1, 2021, doi: 10.22146/juliet.v2i1.64365.
- [5] M. Khalidi, Atthariq, dan F. Y. R. F, "Sistem Monitoring Panel Hibrida PLN dan PLTS Berbasis IoT (Internet Of Things)," *J. Teknol. Rekayasa Inf. dan Komput.*, vol. 2, no. 2, hal. 1–8, 2019.
- [6] A. T. Putra dan R. Risfendra, "Penggunaan Aplikasi Ubidots untuk Sistem Kontrol dan Monitoring pada Gudang Gula Berbasis Arduino UNO," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 2, no. 1, hal. 40–48, 2021, doi: 10.24036/jtein.v2i1.120.
- [7] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, dan I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, hal. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emitor.v18i01.6251.
- [8] A. B. P. Manullang, Y. Saragih, dan R. Hidayat, "Implementasi Nodemcu Esp8266 Dalam Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis Iot," *JIRE (Jurnal Inform. Rekayasa Elektron.*, vol. 4, no. 2, hal. 163–170, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire>ISSN.2620-6900.
- [9] H. T. Monda, Feriyonika, dan P. S. Rudati, "Sistem Pengukuran Daya pada Sensor Node Wireless Sensor Network," in *Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2018, vol. 9, hal. 28–31.
- [10] S. Anwar, T. Artono, Nasrul, Dasrul, dan A. Fadli, "Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T," in *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2019, vol. 3, no. 1, hal. 272–276.