

RANCANG BANGUN ALAT TELEMETRI PARAMETER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS IoT

Fikran Fauzy¹
Departemen Teknik Elektro
Universitas Hasanuddin
Makassar
fikranfauzy@gmail.com

Intan Sari Areni²
Departemen Teknik Elektro
Universitas Hasanuddin
Makassar
intan@unhas.ac.id

Indar Chaerah Gunadin³
Departemen Teknik Elektro
Universitas Hasanuddin
Makassar
indarcg@gmail.com

Abstract-- Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji alat telemetri dengan mengukur nilai parameter-parameter komponen PLTS yang bersistem *off-grid*. Pembuatan alat ini diharapkan dapat mempermudah proses monitoring parameter PLTS pada komponen *Photovoltaic*, komponen Baterai, dan komponen Beban menggunakan aplikasi *blynk*. Proses pembuatan alat telemetri PLTS berbasis IoT secara keseluruhan melalui 5 tahapan: (1) studi literatur; (2) identifikasi kebutuhan alat dan bahan dalam merancang alat telemetri; (3) merancang alat telemetri; (4) implementasi alat yang telah di rancang; dan (5) pengujian dan evaluasi alat. Komponen alat telemetri ini terdiri dari PZEM-017 DC, PZEM-016 AC, Modul ESP32, Modul RS-485 TTL *Converter*, dan kabel jumper. Metode penelitian yang digunakan adalah *experiment*, yaitu menguji implementasi alat telemetri yang telah dirancang pada sistem PLTS *off-grid*. Penelitian ini hanya fokus untuk menguji 3 parameter-parameter komponen PLTS yang terdiri dari tegangan, arus dan daya. Alat telemetri ini dapat menampilkan dan menyimpan data parameter komponen PLTS dalam data numerik dan grafik pada aplikasi *blynk*. Pada saat pengujian alat telemetri pada sistem PLTS *off-grid* hasil perbandingan pembacaan nilai (tegangan, arus dan daya) antara alat telemetri dan alat validasi standar (multimeter) memiliki rata-rata tingkat kesalahan pengukuran tegangan sebesar 3,3%, arus sebesar 9,8% dan daya sebesar 12%.

Keywords— *Telemetri, PLTS, Internet of things.*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang dilalui oleh garis khatulistiwa dan beriklim tropis sehingga potensi yang dihasilkan dari energi matahari cukup tinggi. Potensi sumber daya matahari di Indonesia sangat besar apabila dimanfaatkan dengan cara yang tepat. Energi matahari dapat di manfaatkan dengan bantuan *solar cell* atau yang biasa disebut dengan panel surya, dengan bantuan dari *solar cell* sinar matahari dapat dikonversi menjadi energi listrik yang dapat digunakan oleh manusia sebagai energi alternatif pada tempat yang sulit terjangkau oleh PLN. Energi

matahari yang mencapai bumi hanya 30% dan energi yang dihasilkan hanya dapat terpancar selama 30 menit saja namun mampu memenuhi kebutuhan energi di bumi selama setahun. Indonesia memiliki sumber energi matahari yang berlimpah dengan rata-rata intensitas yang dihasilkan sekitar 4,8 kWh/m² perharinya. Kondisi cerah di Indonesia sekitar 2975 jam atau 124 hari dengan rata-rata penyinaran matahari sekitar 8,2 jam per harinya (Anhar, Sara and Siregar, 2017).

Komponen utama dalam PLTS adalah solar cell (*Photovoltaic-PV*) yang mampu mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Pengembangan teknologi solar cell terus mengalami kemajuan, tetapi tidak untuk teknologi optimasi, monitoring dan manajemennya, sehingga tidak heran jika terdapat suatu PLTS dapat mengalami penurunan performansi dan kehilangan kemampuan konversinya. Monitoring secara *real-time* sangat diperlukan untuk mengetahui performa dari sistem PLTS, mengingat bahwa efisiensi dari *solar cell* ini sangat dipengaruhi oleh radiasi matahari dan kondisi *solar cell* itu sendiri (Muttaqin, 2017).

Sistem pembangkit listrik tenaga surya dibedakan menjadi tiga yaitu sistem PLTS yang langsung dihubungkan ke jaringan PLN disebut sistem PLTS *On-grid*. Sistem PLTS yang tidak dihubungkan langsung ke jaringan PLN disebut PLTS *off-grid* dan PLTS yang sistemnya di gabung dengan jenis pembangkit yang lain dinamakan sistem PLTS *hybrid*.

Dalam sistem PLTS *off-grid* ada beberapa parameter yang patut di pantau secara rutin yaitu parameter pada komponen *photovoltaic* (PV) yang dimana dalam menilai kinerja dari komponen *photovoltaic* tersebut dapat bekerja dengan semestinya atau tidak, serta menentukan kualitas dari komponen *photovoltaic* tersebut. Apabila suatu komponen *photovoltaic* memiliki efisiensi yang baik, maka daya yang dihasilkan akan maksimal dan rugi-ruginya semakin kecil. Efisiensi pada suatu komponen *photovoltaic* dapat dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu, radiasi matahari, luas kolektor daya *photovoltaic*

dan kolektor daya maksimum *photovoltaic*. Dan parameter pada komponen baterai di pantau untuk mengetahui kondisi umur baterai dengan memperhatikan daya pengurasan dan daya yang tersimpan saat melakukan pengisian, serta parameter pada komponen beban di pantau untuk mengetahui kondisi maksimal penggunaan beban agar baterai tidak cepat terkuras habis energinya.

Oleh karena itu, pada penelitian ini telah dibuat sebuah alat telemetri PLTS yang sifatnya portabel sehingga dapat memonitoring sistem PLTS yang berbeda-beda dan hasil pengukurannya akan tampil pada aplikasi blynk secara real-time menggunakan sistem IoT sehingga ketika ada kerusakan atau penurunan performa yang terjadi pada sistem PLTS akan segera diketahui

II. STUDI LITERATUR

II.1 Pengertian Telemetri

Telemetri adalah penggunaan telekomunikasi untuk merekam dan mengirimkan sinyal pengukuran secara otomatis dari suatu alat ukur yang berada pada jarak jauh. Selanjutnya informasi hasil pengukuran tersebut dikirimkan dengan berbagai cara menuju user. Sistem telemetri bertujuan untuk mengambil suatu data dari tempat yang lokasinya jauh dan mengirimkannya ke stasiun pusat untuk diolah (Munarso and Suryono, 2014).

II.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS merupakan sumber energi listrik alternatif yang memanfaatkan sinar matahari. Sinar matahari memiliki peranan penting pada proses yang terjadi di alam. Manfaat sinar matahari dapat dirasakan langsung oleh masyarakat, contoh untuk menjemur pakaian atau menjemur hasil bumi. Potensi energi yang dihasilkan oleh matahari sangatlah banyak. PLTS merupakan bentuk pemanfaatan sinar matahari. Pembuatan pembangkit listrik tenaga surya ini menggunakan sistem *photovoltaic* atau biasa disingkat PV.

Kata “photovoltaic” terdiri dari dua kata yaitu photo dan volta. Photo yang berarti cahaya (dari bahasa Yunani yaitu phos, photos: cahaya) dan Volta (berasal dari nama seorang fisikawan Italia yang hidup antara tahun 1745-1827 yang bernama Alessandro Volta) yang berarti unit tegangan listrik. Dengan kata lain, arti *photovoltaic* yaitu konversi cahaya matahari secara langsung untuk diubah menjadi listrik. Oleh karena itu, kata *photovoltaic* biasa disingkat PV. (Ulfah Tian, 2017).

Dalam instalasi pembangkit listrik tenaga surya, ada 4 komponen penting yang harus terpasang agar PLTS dapat berfungsi secara optimal yaitu:

- 1) Panel surya, merupakan komponen utama yang harus ada dalam sebuah sistem PLTS yang berfungsi untuk mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik. Terdapat 2 jenis modul surya, yaitu Modul *Crystalline* dan Modul *Thin Film* Berikut merupakan tabel efisiensi dari setiap modul surya (Latasya *et al.*, 2019):

Tabel 1.1 Perbandingan Efisiensi Modul surya

Jenis Modul Surya	Efisiensi Modul Surya
<i>Monocrystalline</i>	15%-18%
<i>Polycrystalline</i>	13%-16%
<i>Amorphous Silicon</i>	6%-8%
<i>Cadmium Teluride</i>	9%-11%
<i>Copper Indium Gallium Diselenide (CIGS)</i>	10%-12%

- 1) Controller atau sering disebut *Solar Charge Controller* (SCC) merupakan komponen/peralatan pendukung yang berfungsi untuk mengatur *charging* dan *discharging* baterai dengan mengatur energi yang dapat diisi ke baterai setelah diproduksi oleh panel surya dan berapa besar pelepasan energi tersebut ke beban.
- 2) Baterai, merupakan komponen pendukung yang difungsikan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya. Beberapa teknologi baterai yang umum dikenal adalah lead acid, alkalin, NiFe, Ni-Cad dan Li-ion. Masing-masing jenis baterai memiliki kelemahan dan kelebihan baik dari segi teknis maupun ekonomi (Sianipar, 2014).

Adapun faktor yang harus diperhatikan dalam menentukan jenis dan kapasitas baterai untuk suatu PLTS dan pengaruhnya pada umur baterai antara lain:

- a. *Depth of Discharge* (DOD). DOD merupakan penentuan berapa besar daya baterai yang dapat ditransferkan ke beban melalui inverter. Daya dari baterai tidak dapat ditransferkan keseluruhan hingga baterai kosong, ini akan mengurangi kualitas baterai dari segi umur pakai baterai.
- b. *State of charge* (SOC) merupakan penentuan berapa besar daya yang akan tetap tersimpan dalam baterai selama proses pengisian baterai berlangsung. Jika DOD 80%, maka SOC sebesar 20%. Ini artinya, ketika baterai dalam keadaan

terisi penuh 100%, maka hanya 80% yang dapat ditransferkan ke beban (Latasya *et al.*, 2019).

- 2) Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak balik (AC).

Sistem PLTS terdiri dari modul *photovoltaic*, *solar charge controller* atau inverter jaringan, baterai, inverter baterai, dan beberapa komponen pendukung lainnya. Ada beberapa jenis sistem PLTS, baik untuk sistem yang tersambung ke jaringan listrik PLN (*on-grid*) maupun sistem PLTS yang berdiri sendiri atau tidak terhubung ke jaringan listrik PLN (*off-grid*) (Syahwil and Kadir, 2021).

II.3 Komponen – komponen alat

Komponen-komponen penunjang yang ada di dalam alat telemetri PLTS bersistem *off-grid* untuk lebih jelasnya diuraikan sebagai berikut.

1. ESP 32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System* merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam *chip* sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi IoT (Muliadi, Imran and Rasul, 2020).



Gambar 2.1 Modul ESP32
(sumber : www.edukasi-elektronika.com)

2. PZEM-017 DC communication module

PZEM-017 adalah modul komunikasi DC yang dapat mengukur daya DC hingga 300V dan pengukuran arus berlebih pada rentang pemasangan shunt eksternal 50A, 100A, 200A, dan 300A. Modul ini dapat mengukur tegangan, arus, daya dan energi. Meskipun PZEM-017 tidak memiliki display, tetapi PZEM-017 ini memiliki komunikasi RS485 built in menggunakan protokol Modbus-RTU yang mirip dengan kebanyakan perangkat industri. Nilai yang dapat diukur oleh modul ini dapat ditampilkan pada PC/Laptop menggunakan konverter *UART ke RS485 dengan perangkat lunak yang disertakan* (Solarduino, 2020b).



Gambar 2.2 Modul PZEM-017
(sumber: solarduino.com)

3. PZEM-016 AC communication module

PZEM-016 adalah perangkat akuisisi energi AC yang mengukur tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya. Datanya dapat dibaca melalui software RS485 dan aplikasi. Modul ini memiliki keamaan dengan modul PZEM-017 yaitu memiliki komunikasi RS485 built in menggunakan protokol Modbus-RTU yang



mirip dengan kebanyakan perangkat industry (Solarduino, 2020a).

Gambar 2.3 Modul PZEM-016
(sumber: solarduino.com)

4. RS-485 TTL Converter



Gambar 2.4 Modul RS-485
(sumber: solarduino.com)

RS-485 menyediakan komunikasi serial yang kuat untuk jarak jauh hingga 1200 meter (4000') atau di lingkungan yang bising secara elektrik dan biasanya digunakan di lingkungan industri. Ini mendukung kecepatan data hingga 2.5MBit / Detik, tetapi seiring bertambahnya jarak, kecepatan data maksimum yang dapat didukung akan turun. Modul RS-485 menangani konversi sinyal listrik antara TTL dan pensinyalan diferensial yang digunakan oleh RS-485.

Manfaat yang signifikan dari RS-485 adalah mendukung beberapa perangkat (hingga 32) pada kabel yang sama, biasanya disebut sebagai 'multi-drop'. Perangkat ini biasanya diatur dalam konfigurasi Master / Slave dengan satu Master dan satu atau lebih

perangkat Slave. Karena mereka semua berbagi bus yang sama, untuk menghindari konflik perangkat Slave hanya berbicara ketika mereka diminta sesuatu oleh Master (Stevens, 2021).

5. Aplikasi Blynk



Gambar 2.5 Aplikasi Blynk

Blynk adalah platform untuk aplikasi OS Mobile (iOS dan Android) yang bertujuan untuk kendali module Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, WEMOS D1, dan module sejenisnya melalui Internet. Aplikasi ini merupakan wadah kreatifitas untuk membuat antarmuka grafis untuk proyek yang akan diimplementasikan hanya dengan metode drag and drop *widget*. Penggunaannya sangat mudah untuk mengatur semuanya dan dapat dikerjakan dalam waktu kurang dari 5 menit. *Blynk* tidak terikat pada papan atau module tertentu. Dari platform aplikasi inilah dapat mengontrol apapun dari jarak jauh, dimanapun kita berada dan waktu kapanpun. Dengan catatan terhubung dengan internet dengan koneksi yang stabil dan inilah yang dinamakan dengan sistem IoT.

Aplikasi *Blynk* memiliki 3 komponen utama yaitu Aplikasi, Server, dan Libraries. *Blynk* server berfungsi untuk menangani semua komunikasi diantara smartphone dan hardware. *Widget* yang tersedia pada *Blynk* diantaranya adalah *Button*, *Value Display*, *History Graph*, *Twitter*, dan *Email*. *Blynk* tidak terikat dengan beberapa jenis microcontroller namun harus didukung hardware yang dipilih. NodeMCU dikontrol dengan Internet melalui WiFi, chip ESP8266, *Blynk* akan dibuat online dan siap untuk IoT (MANURUNG, 2020).

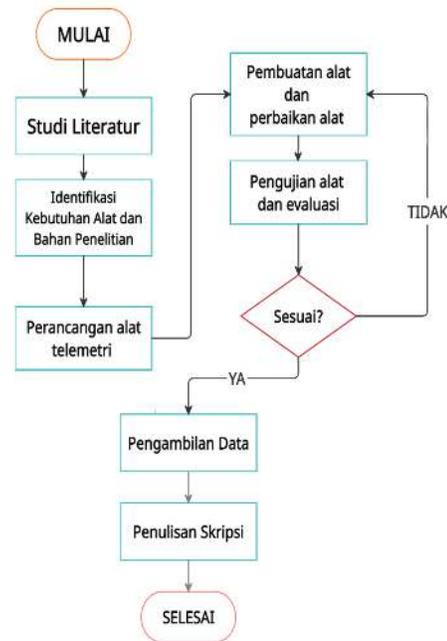
III. METODE PENELITIAN

III.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang penulis ambil merupakan penelitian *experiment*, dimana penelitian ini dilakukan pengujian alat telemetri PLTS dan alat ukur (multimeter) sebagai acuan pembacaan/validasi dari alat yang dibuat. Dimana objek yang akan diamati adalah parameter komponen *photovoltaic*, parameter komponen baterai saat pengisian tanpa beban dan parameter komponen *photovoltaic*, parameter komponen baterai serta parameter komponen beban saat beban aktif pada pembangkit listrik tenaga surya dengan sistem *off-grid*.

III.2 Tahapan Penelitian

Dalam perancangan Alat Telemetri PLTS, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan mulai dari studi literatur sampai penulisan skripsi. Gambar 3.1 memperlihatkan diagram alir tahapan penelitian yang menjelaskan langkah-langkah penelitian dari awal hingga penelitian ini berakhir agar penelitian ini dapat berjalan secara sistematis.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.

III.3 Alat dan Bahan Penelitian

Berikut adalah perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam membuat dan menguji coba alat telemetri PLTS.

Dari segi perangkat keras :

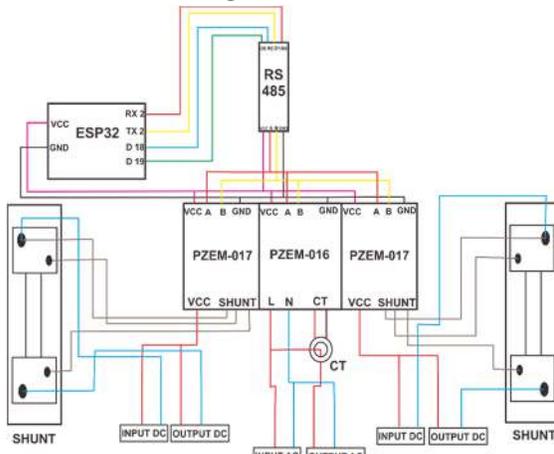
- Modul Esp 32 yang memiliki wifi + bluetooth.
- PZEM-017 DC communication module.
- PZEM-016 AC communication module.
- Modul RS485 TTL Converter Memiliki Kecepatan transfer data 2.5MBit / Detik.
- Kabel Jumper Ukuran 2,5 mm.
- Banana Plug.
- Box Panel ukuran 30 x 40 x 20 cm.
- Steker untuk supply daya.
- Kertas Stiker untuk dekorasi.
- Panel Surya polycrystalline merek Kiseki 50Wp.
- SCC Epever 10A.
- Baterai merek Kayaba (35 Ah; 12 V).
- Inverter merek Matsuyama MSW (*Modified Sine Wave*) (600W ; 12 V).
- Multimeter Digital merek Sanwa (CD771).
- Multimeter Analog merek Sanwa (YX360TRF).
- Kabel jumper ukuran 2,5mm sebanyak 20 buah.
- Beban : Lampu Philips pijar 15 W, Lampu Philips Led 12 W, *Charger* Laptop, kipas angin dan lampu pijar 60 W.

Dari segi perangkat lunak:

- Arduino Ide ver. 1.8.15.
- Corel Draw.

III.4 Tahapan Perancangan

1. Rancangan Alat Telemetri



Gambar 3.2 Rancangan Alat Telemetri PLTS

Dapat dilihat pada gambar 3.2 adalah gambaran umum rangkaian dalam dari alat Telemetri sistem PLTS yang akan di buat, di dalam gambaran umum tersebut terdapat sebuah mikrokontroler ESP32 sebagai inti dari alat ini yang dimana proses pengiriman dan penginputan data dari modul PZEM ke aplikasi *blynk*. Pada rangkaian tersebut terdapat sebuah modul RS-485 mengubah pembacaan dari modul PZEM sehingga dapat dibaca oleh ESP32. Pada gambar 3.2 terdapat modul PZEM-017 yang berfungsi untuk mengukur nilai parameter DC (tegangan, arus, daya, dan energi), sebuah modul PZEM-017 memiliki external shunt yang berfungsi untuk menjaga arus yang masuk ke dalam PZEM-017 agar modul ini melakukan pembacaan secara optimal, dan modul PZEM-016 yang berfungsi untuk mengukur nilai parameter AC (tegangan, arus, daya, energi, frekuensi dan power factor), sebuah modul PZEM-016 memiliki CT yang berfungsi untuk membaca nilai arus beban AC. Digunakan 2 modul PZEM-017 dan 1 modul PZEM-016 karena pada saat melakukan pengukuran terhadap komponen PLTS *off-grid* ada 3 komponen yang akan diukur secara bersamaan (*Photovoltaic*, Baterai dan Beban AC).

2. Rancangan Perangkat Lunak

a. Perancangan Layout

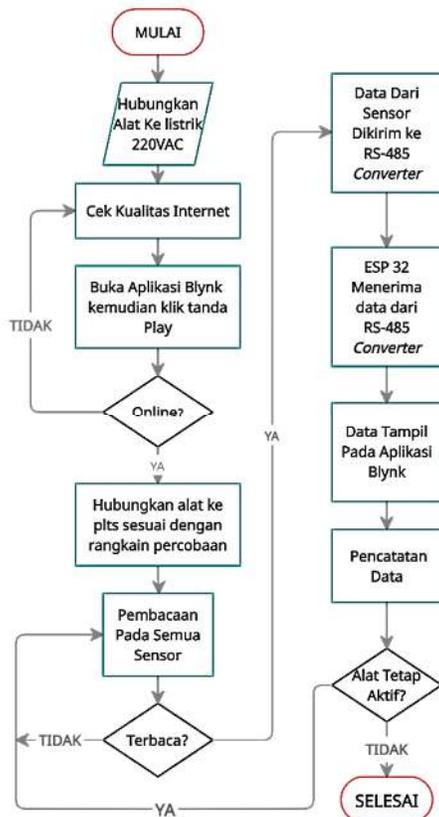
Perancangan layout ini merupakan hal yang tidak boleh di lewatkan dalam merancang alat telemetri PLTS ini. Dalam perancangan tampilan ini penulis menggunakan widget yang tersedia pada aplikasi *blynk* sehingga memudahkan penulis dalam mendesain tampilan pembacaan data pada aplikasi *blynk*. Untuk membuat layout pada aplikasi *blynk* penulis cukup mendrag widget yang telah tersedia pada aplikasi *blynk* dan menyesuaikan dengan bentuk yang kita inginkan. Pada widget di aplikasi *blynk* terdapat widget berupa button, styled button, timer, value display, labeled value, led, lcd, superchart dan widget-widget yang lain yang telah tersedia pada aplikasi *blynk*. Berikut hasil desain layout yang telah di rancang.



Gambar 3.3 Layout Blynk

III.5 Tahapan Pengambilan Data

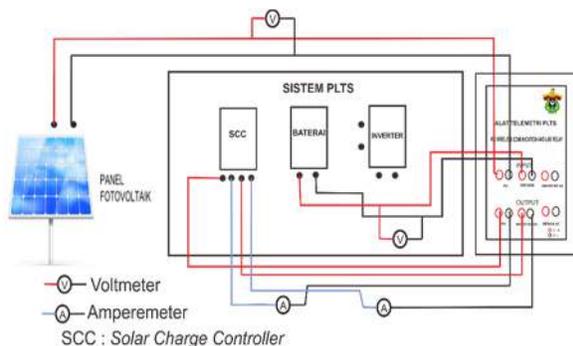
Pada proses pengambilan data alat telemetri PLTS, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan mulai dari mengoprasikan alat hingga pengambilan data selesai. pada gambar 3.4 memperlihatkan *flowchart* tahapan pengambilan data dari awal hingga akhir agar proses pengambilan data ini dapat berjalan secara sistematis.



Gambar 3.4 Diagram Alir Tahapan Pengambilan Data

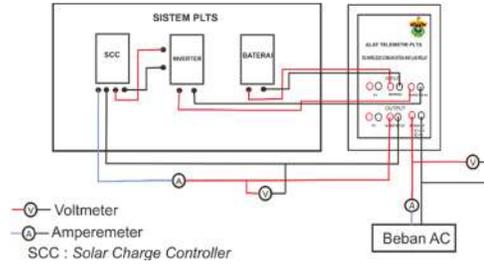
III.6 Metode Pengambilan Data

1. Teknik pengambilan data alat telemetri pada sistem PLTS off-grid saat melakukan Pengisian (Tanpa beban)



Gambar 3.5 Rangkaian Pengujian Pengukuran Sistem PLTS Off-Grid Saat Melakukan Pengisian (Tanpa Beban)

2. Teknik pengambilan data pada sistem PLTS off-grid saat inverter dan beban aktif



Gambar 3.6 Rangkaian Pengujian Pengukuran Sistem PLTS Off-Grid Saat Inverter Dan Beban Aktif

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengukuran Alat Telemetri PLTS Saat Pengisian Baterai tanpa beban

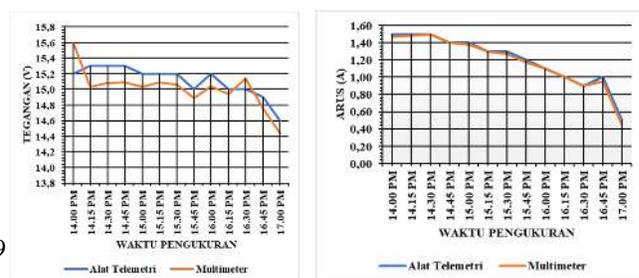


Gambar 4.1 Hasil Pengukuran Alat Dan Multimeter Saat Pengisian

Pada gambar 4.1 adalah hasil perbandingan pengukuran dengan menggunakan alat telemetri dan multimeter, dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa hasil pembacaan tegangan dan arus yang menggunakan alat dari segi parameter komponen photovoltaik adalah 14,03V dan 0,68A dan menggunakan multimeter adalah 13,9V dan 0,68A dan dari segi parameter komponen baterai tegangan yang terbaca pada alat adalah 12,30V dan pada multimeter adalah 12,1V.

Berikut grafik hasil perbandingan pengukuran komponen PV antara alat telemetri dan multimeter saat pengujian pengisian :

Gambar 4.2 Grafik Komponen PV saat Pengisian





Pada gambar 4.2 pengujian saat pengisian. pengujian ini dilakukan pada pukul 14.00 – 17.00 Wita cuaca cerah pada hari itu dimana Alat telemetri ini butuh waktu sekitar 10 detik untuk melakukan pembacaan dan menampilkan datanya pada aplikasi *blynk* tetapi, jika koneksi internet tiba-tiba kurang baik maka alat ini tetap melakukan pengukuran tetapi datanya tidak dapat di teruskan ke aplikasi *blynk*. Pada tabel pengujian PV dan baterai saat pengisian nilai pengukuran tegangan, arus, dan daya pada komponen PV mengalami penurunan hal ini di pengaruhi oleh intensitas matahari semakin berkurang.

B. Hasil Pengukuran Alat Telemetri PLTS saat inverter dan beban aktif



Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Alat Dan Multimeter Pada Parameter Komponen Baterai Saat Inverter Dan Beban Aktif

Pada gambar 4.3 adalah hasil pengujian antara alat dan multimeter yang terjadi pada parameter komponen baterai dapat dilihat pada gambar 4.3 nilai tegangan dan arus yang terbaca di alat adalah 11,82V dan 0,47A dan yang terbaca pada multimeter digital 11,9V dan 0,475A.

Berikut ini adalah tabel perbandingan hasil pengukuran alat telemetri dan multimeter saat pengujian dengan beban dan inveter:

Tabel 4.1 Parameter Komponen Baterai saat diberi Beban

Jenis beban	Tegangan (V)		Error (%)
	Alat Telemetri	Multimeter	
Inverter	12,28	13,30	7,67
Lampu 12 Watt	12,06	12,10	0,33
Lampu 15 Watt	12,02	12,80	6,09
Lampu 15 & 12 Watt	11,87	11,98	0,92
Lampu 60 Watt	11,30	11,71	3,50
Charger laptop	12,01	12,07	0,50
Kipas angin	11,38	11,75	3,15
Kipas angin & lampu 60 Watt	Tidak Stabil	Tidak Stabil	Tidak Stabil
Lampu 60 W & Charger laptop & Kipas	Tidak Stabil	Tidak Stabil	Tidak Stabil
Rata-rata			2,77

Parameter Komponen Baterai			
Jenis beban	Daya (W)		Error (%)
	Alat Telemetri	Multimeter	
Inverter	5,80	6,38	9,15
Lampu 12 Watt	18,20	18,15	0,28
Lampu 15 Watt	21,80	23,17	5,90
Lampu 15 & 12 Watt	35,20	35,46	0,74
Lampu 60 Watt	66,50	66,75	0,37
Charger laptop	23,50	25,11	6,40
Kipas angin	65,20	67,33	3,16
Kipas angin & lampu 60 Watt	Tidak Stabil	Tidak Stabil	Tidak Stabil
Lampu 60 W & Charger laptop & Kipas	Tidak Stabil	Tidak Stabil	Tidak Stabil
Rata-rata			3,25

Parameter Komponen Baterai			
Jenis beban	Arus (A)		Error (%)
	Alat Telemetri	Multimeter	
Inverter	0,48	0,48	0
Lampu 12 Watt	1,52	1,50	1,33
Lampu 15 Watt	1,83	1,81	1,10
Lampu 15 & 12 Watt	2,99	2,96	1,01
Lampu 60 Watt	5,76	5,70	1,05
Charger laptop	1,88	2,08	9,62
Kipas angin	5,79	5,73	1,05
Kipas angin & lampu 60 Watt	Tidak Stabil	Tidak Stabil	Tidak Stabil
Lampu 60 W & Charger laptop & Kipas	Tidak Stabil	Tidak Stabil	Tidak Stabil
Rata-rata			1,90

Pada tabel 4.1 pengujian saat diberi beban peneliti menggunakan jenis beban resistif, induktif, dan kapasitif pada saat diberi beban resistif dan induktif hasil pengukuran parameter pada komponen baterai saat diberi beban untuk tegangan mengalami penurunan, arus dan daya mengalami kenaikan tetapi hal tidak berpengaruh pada beban kapasitif

V. Kesimpulan

1. Alat telemetri sistem PLTS berbasis IoT telah berhasil dibuat dan dapat menampilkan dan menyimpan data parameter PLTS berupa tegangan, arus, dan daya dalam data numerik serta dapat menampilkan grafik pembacaan parameternya pada aplikasi *blynk*.
2. Dari data hasil pengujian alat telemetri ini diketahui bahwa :
 - a) Pada pengujian parameter komponen PV saat pengisian pada pukul 14.00-17.00 Wita nilai tegangan, arus dan daya mengalami penurunan sedangkan suhunya semakin tinggi dengan rata-rata error 1,17% untuk tegangan, 2,01% untuk arus dan 1,98% untuk daya.

- b) Pada pengujian parameter komponen baterai saat diberi beban *resistif* dan *induktif* hasil pengukuran parameter pada komponen untuk tegangan mengalami penurunan, arus dan daya mengalami kenaikan tetapi hal tidak berpengaruh pada beban *capasitif* dimana arus dan dayanya berbeda dari beban lainnya, dengan rata-rata *error* pada pengujian ini yaitu 2,77% untuk tegangan, 1,90% untuk arus dan 3,25% untuk daya.

Referensi

- Anhar, A. S., Sara, I. D. and Siregar, R. H. (2017) 'Desain Prototype Sel Surya Terkonsentrasi Menggunakan Lensa Fresnel', *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*, 2(3), pp. 1–7.
- JakartaHardware (2021) *Digital Multimeter Sanwa CD771 dan Analog Multimeter Sanwa YX360TRF*. Available at: <http://www.jakartahardware.com/products/digital-multimeter-sanwa-cd771-6368.aspx#.YVXNjpoza00> (Accessed: 20 September 2021).
- Jurnal, R. T. (2019) 'KAJIAN SISTEM KINERJA PLTS OFF-GRID 1 kWp DI STT-PLN', *Energi & Kelistrikan*, 10(1), pp. 38–44. doi: 10.33322/energi.v10i1.322.
- Latasya, Z. et al. (2019) 'Analisis Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Off-Grid Terpusat Dusun Ketubong Tunong Kecamatan Seunagan Timur Kabupaten Nagan Raya', *Kitekro*, 4(2), pp. 1–14.
- MANURUNG, F. (2020) 'RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI BANJIR MENGGUNAKAN IoT (BLYNK) BERBASIS ARDUINO UNO', p. 16.
- Muliadi, Imran, A. and Rasul, M. (2020) 'Pengembangan tempat sampah pintar menggunakan esp32', *Media Elektrik*, 17(2), pp. 1907–1728.
- Munarso and Suryono (2014) 'SISTEM TELEMETRI PEMANTAUAN SUHU LINGKUNGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER DAN JARINGAN WIFI', *Youngster Physic Journal*, 3(3), pp. 249–256.
- Munggaran, Z. R. (2017) 'RANCANG BANGUN SISTEM TELEMETERING GARDU DISTRIBUSI PT.PLN BERBASIS ANDROID', (May 2016). doi: 10.13140/RG.2.2.32501.88801.
- Muttaqin, R. (2017) 'Analisa Performansi dan Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Departemen Teknik Fisika FTI-ITS', p. 120. Available at: <http://repository.its.ac.id/47444/>.
- Prastyo, E. A. (2019) *Arsitektur dan Fitur ESP32 (Module ESP32) IoT*. Available at: <https://www.edukasielektronika.com/2019/07/arsitektur-dan-fitur-esp32-module-esp32.html> (Accessed: 1 March 2021).
- Satria, H. and Syafii, S. (2018) 'Sistem Monitoring Online dan Analisa Performansi PLTS Rooftop Terhubung ke Grid PLN', *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 14(2). doi: 10.17529/jre.v14i2.11141.
- Setiadi, D. and Abdul Muhaemin, M. N. (2018) 'PENERAPAN INTERNET OF THINGS (IoT) PADA SISTEM MONITORING IRIGASI (SMART IRIGASI)', *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, 3(2), p. 95. doi: 10.32897/infotronik.2018.3.2.108.
- Sianipar, R. (2014) 'Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya', 11(2), pp. 61–78.
- Solar-thailand (no date) *PZEM-003 / 017 DC communication module*. Available at: <https://www.solar-thailand.com/pdf/PZEM-003-Manual.pdf> (Accessed: 1 March 2021).
- Solarduino (2020a) *PZEM-016 AC Energy Meter Online Monitoring with Blynk App*. Available at: <https://solarduino.com/pzem-016-ac-energy-meter-online-monitoring-with-blynk-app/> (Accessed: 1 March 2021).
- Solarduino (2020b) *PZEM-017 DC Energy Meter with Arduino*. Available at: <https://solarduino.com/pzem-017-dc-energy-meter-with-arduino/> (Accessed: 1 March 2021).
- Stevens, L. (2021) *Modul Antarmuka MAX485 TTL ke RS-485*. Available at: <https://protosupplies.com/product/max485-ttl-to-rs-485-interface-module/> (Accessed: 1 March 2021).
- Syahwil, M. and Kadir, N. (2021) 'Rancang Bangun Modul Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sistem Off-grid Sebagai Alat Penunjang Praktikum Di Laboratorium', 3(1), pp. 26–35.
- Ulfah Tian, S. (2017) 'ROTOPIE SISTEM MONITORING PARAMETER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS INTERNET OF THINGS', *Skripsi*, p. 2. doi: 10.1088/1751-8113/44/8/085201.