

RANCANG BANGUN ALAT MONITORING PLTS *OFF GRID* BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)* MENGGUNAKAN BLYNK

Firza Imammul Haris; Agus Supardi, S.T., M.T.

Teknik Elektro, Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Pemanfaatan cahaya matahari salah satunya yaitu dengan menggunakan PLTS. PLTS dapat mengubah energi cahaya matahari ke dalam bentuk energi listrik dengan cara menyerap foton melalui sel-sel *photovoltaic* yang ada pada panel surya. Besarnya energi listrik yang dihasilkan dari panel surya tentunya dapat berubah-ubah bergantung pada banyaknya cahaya yang diserap oleh panel surya. Selain itu besarnya energi listrik yang dihasilkan panel surya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitarnya antara lain terkena kotoran yang dapat berupa debu ataupun yang lainnya sehingga perlu dilakukan monitoring secara terus menerus. Penelitian ini akan berfokus pada sistem monitoring dengan bantuan *platform* Blynk sebagai alat untuk memantau data keluaran pada PLTS yaitu arus, tegangan, daya, suhu, dan kelembapan. Pengujian ini bertujuan membandingkan hasil pengukuran manual dengan hasil monitoring dengan objek pembanding sensor INA219, sensor PZEM-004T, dan sensor DHT11. Hasil pengujian yang dilakukan selama dua hari didapatkan nilai galat yang berbeda-beda. Hasil pengujian pada panel surya didapatkan nilai galat rata-rata arus sebesar 1 %, sedangkan nilai galat rata-rata tegangannya sebesar 2,5 %. Hasil pengujian pada keluaran inverter didapatkan nilai galat rata-rata arus sebesar 2,3 %, nilai galat rata-rata tegangan sebesar 0,52 %, dan nilai galat rata-rata frekuensi sebesar 0,3 %.

Kata Kunci: Blynk, *Internet of Things*, Monitoring, PLTS

Abstract

One way of utilizing sunlight is by using PLTS. PLTS can convert sunlight energy into electrical energy by absorbing photons through photovoltaic cells in solar panels. The amount of electrical energy produced from solar panels can of course change depending on the amount of light absorbed by the panels. Apart from that, the amount of electrical energy produced by solar panels is influenced by the conditions of the surrounding environment, including exposure to dirt which can be in the form of dust or other things, so it needs to be monitored continuously. This research will focus on a monitoring system with the help of the Blynk platform as a tool for monitoring output data on PLTS, namely current, voltage, power, temperature, and humidity. This test aims to compare the results of manual measurements with the results of monitoring using the INA219 sensor, PZEM-004T sensor, and DHT11 sensor as comparison objects. The results of tests carried out over two days showed different error values. The test results on the solar panels showed that the average current error value was 1%, while the average voltage error value was 2.5%. The test results on the inverter output showed an average current error value of 2.3%, an average voltage error value of 0.52%, and an average frequency error value of 0.3%.

Keywords: Blynk, Internet of Things, Monitoring, Solar Power Plant

1. PENDAHULUAN

Energi matahari merupakan sumber energi yang dihasilkan dari pancaran cahaya matahari. Sebagai sumber energi yang paling besar di muka bumi ini, cahaya matahari banyak membawa manfaat bagi seluruh makhluk hidup terutama manusia untuk keberlangsungan hidupnya. Cahaya matahari dapat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari baik untuk kebutuhan jangka panjang maupun jangka pendek. Salah satu cara untuk memanfaatkan cahaya matahari yaitu dengan menggunakan PLTS. PLTS dapat mengubah energi cahaya matahari ke dalam bentuk energi listrik dengan cara menyalurkan foton melalui sel-sel *photovoltaic* yang ada pada panel surya (Alfita et al., 2021). Besarnya energi listrik yang dihasilkan dari panel surya tentunya dapat berubah-ubah bergantung pada banyaknya cahaya yang diserap oleh panel surya. Selain itu besarnya energi listrik yang dihasilkan panel surya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitarnya antara lain terkena kotoran yang dapat berupa debu ataupun yang lainnya. Ketika kotoran menumpuk dipermukaan panel surya secara terus menerus akan mengakibatkan penurunan keluaran energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya sehingga perlu dilakukan monitoring secara terus menerus (Maghami et al., 2016).

Umumnya monitoring keluaran energi listrik pada PLTS dilakukan secara tradisional caranya dengan cek data secara manual dan berkala melalui unit yang terpasang sehingga masih tidak efektif dan efisien, apalagi pengaplikasian PLTS dilakukan di lokasi yang terpencil maka akan sulit dilakukan monitoring. Oleh karena itu perlunya dikenalkan dengan teknologi yang cocok diterapkan pada monitoring PLTS yaitu *Internet of Things (IoT)*. IoT merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Pada dasarnya IoT mengacu pada benda yang diidentifikasi secara unik sebagai representasi fisik dalam struktur berbasis internet. Monitoring pada PLTS dengan berbasis teknologi IoT merupakan terobosan teknologi baru untuk memantau data output dari PLTS. Adanya teknologi IoT yang diterapkan pada monitoring PLTS mempunyai keunggulan yaitu data atau informasi dapat dipantau secara jarak jauh dengan hanya menggunakan internet yang dikoneksikan pada *smartphone* atau PC serta data atau informasinya juga dapat diakses secara *real time*. Selain itu dengan adanya monitoring berbasis IoT pada PLTS akan memudahkan pengguna dalam memantau data-data keluaran yang dihasilkannya seperti tegangan dan arus sehingga jika terjadi keanehan dalam sistem maka pengguna akan lebih cepat tahu apa penyebabnya.

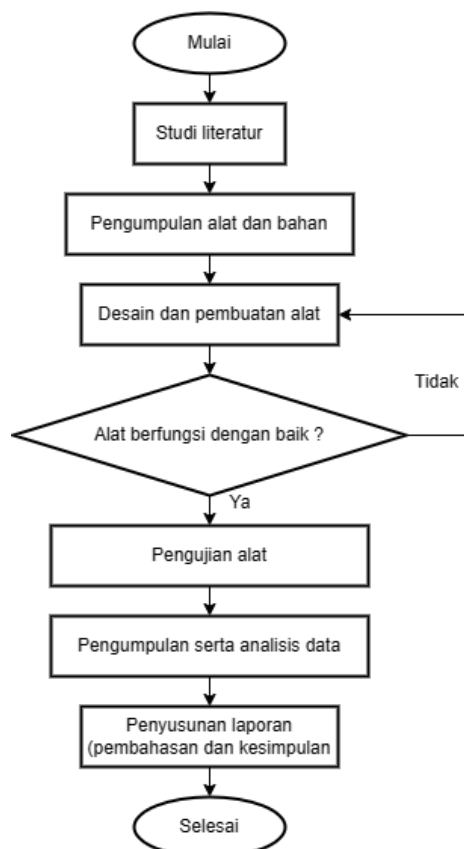
Beberapa penelitian yang sudah-sudah membahas tentang monitoring panel surya dengan IoT menggunakan berbagai macam *platform* sebagai alat pemantauan data seperti Firebase (Mungkin et al., 2020) sedangkan beberapa penelitian yang lainnya menggunakan Thingspeak (Erwanto et al., 2020). Penelitian ini akan berfokus pada sistem monitoring dengan bantuan *platform* Blynk sebagai alat untuk memantau data keluaran pada PLTS yaitu arus, tegangan, daya, suhu, dan kelembapan,

dikarenakan platform ini mempunyai antarmuka grafis lebih *friendly* dengan hanya mode drag and drop widget. Oleh karena itu, dengan terciptanya alat ini diharapkan akan mempermudah penggunaanya dalam memantau data atau informasi.

2. METODE

2.1 Tahapan Penelitian

Adapun untuk menyelesaikan masalah ini akan digunakan alur tahapan penelitian yaitu dimulai dari menganalisis masalah dengan cara studi literatur lewat referensi jurnal-jurnal atau paper terdahulu yang relevan dengan judul penelitian ini, kemudian dilanjutkan dengan persiapan serta pengumpulan alat dan bahan. Setelah semua alat dan bahan siap baru kemudian alat dapat didesain sesuai yang diinginkan dan melakukan perancangan alat. Setelah alat sudah dirancang maka selanjutnya pengujian data. Jika dalam pengujian alat terdapat hal-hal yang sekiranya tidak sesuai yang diharapkan maka perlu untuk merancang ulang alat supaya dapat hasil yang lebih maksimal. Baru kemudian jika alat sudah sesuai dapat melakukan pengambilan data dan diakhiri dengan analisis serta pembahasan terhadap pengujian alat. Penyusunan laporan (pembahasan dan menarik kesimpulan) dapat dikerjakan setelah analisis data selesai. Alur dari tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1.



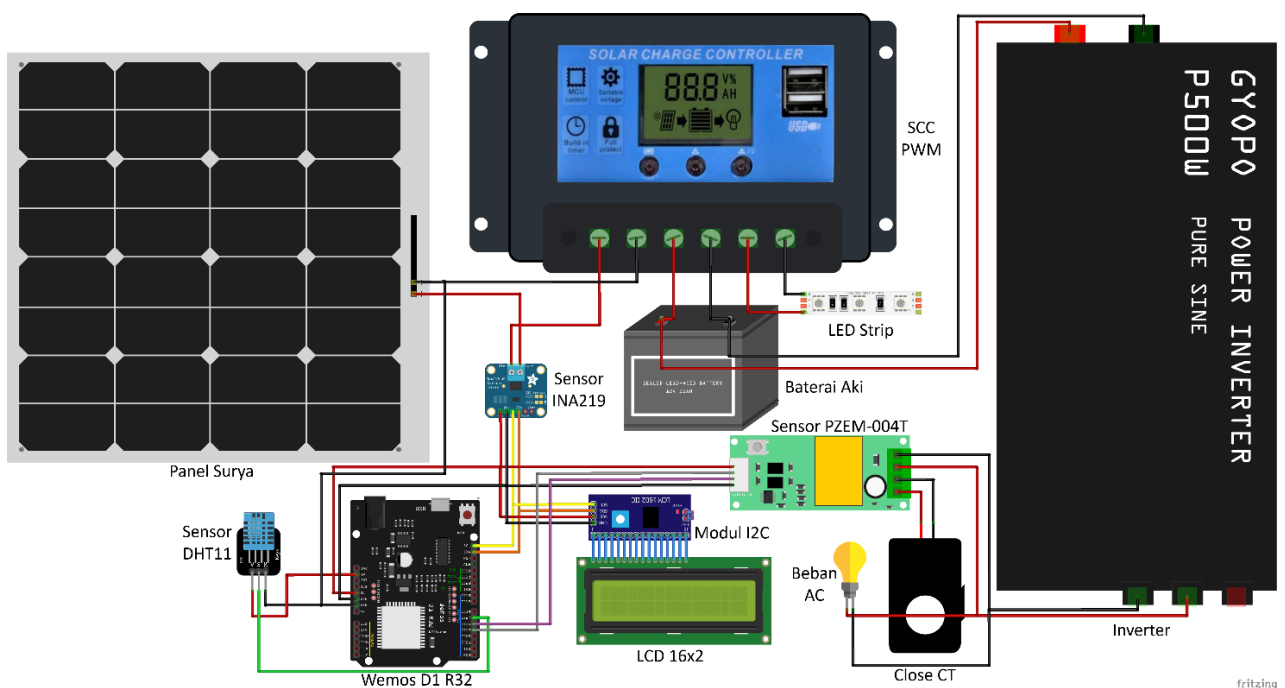
Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu panel surya sebesar 20 Wp di mana keluaran daya listriknya akan ditampung oleh baterai (akumulator) 12 V 7 Ah lewat pengaturan *solar charge controller* (SCC) 10 A. Sensor INA219 dihubungkan antara panel surya dengan SCC untuk mengukur arus dan tegangan listrik DC sedangkan sensor DHT11 akan dipasang diluar box alat monitoring untuk mengukur suhu dan kelembapan. Satu sensor lagi yaitu sensor PZEM-004T akan dihubungkan setelah inverter untuk mengukur arus dan tegangan AC. Sensor tersebut akan mengambil datanya masing-masing kemudian data akan dikirimkan melalui Wemos D1 ESP32 sehingga data dapat dimonitoring lewat internet melalui *software* Blynk. Pada box alat monitoring juga ditampilkan sebuah LCD 16x2 sehingga ketika keadaan darurat sewaktu-waktu dapat di cek secara manual. Alat untuk penelitian ini antara lain solder, timah solder, pasta solder, penghisap solder, lem bakar, *breadboard*, multimeter, tang, penggaris, *cutter*, dan obeng (+) serta obeng (-).

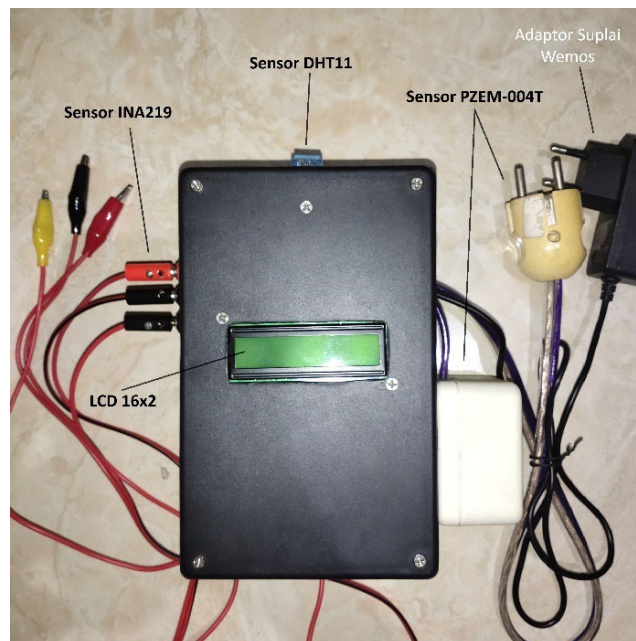
2.3 Perancangan Sistem Elektrikal

Perancangan sistem elektrikal secara keseluruhan ini meliputi komponen sistem elektrikal alat monitoring dan komponen sistem elektrikal PLTS. Komponen sistem elektrikal terdapat mikrokontroler (Wemos D1 R32), Sensor INA219, Sensor PZEM-004T, Sensor DHT11, dan LCD 16x2 I2C sedangkan komponen PLTS terdapat panel surya, *Solar Charge Controller*, Baterai Aki, Inverter, dan LED Strip sebagai beban. Rancangan sistem elektrikal ini dibuatkan *wiring hardware* seperti yang tertampil pada Gambar 2.



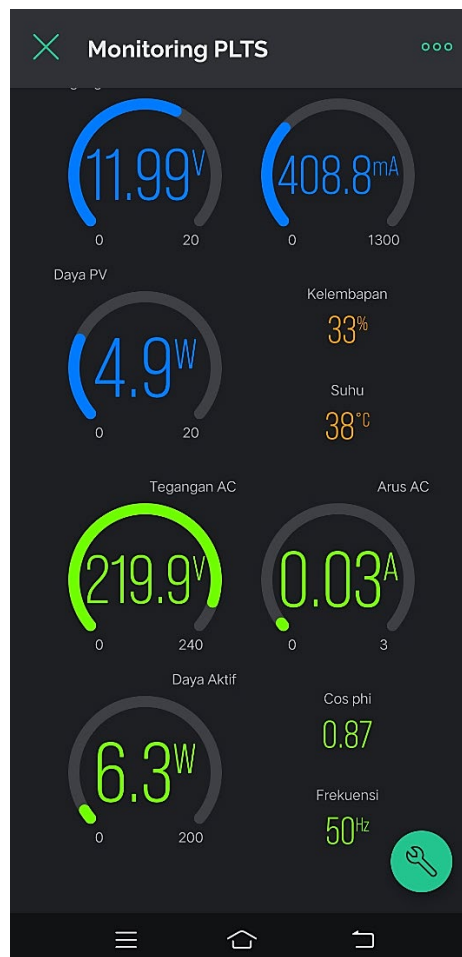
Gambar 2. Rancangan Sistem Elektrikal Keseluruhan

Komponen-komponen sistem elektrik alat monitoring diringkas dalam *box* seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Box Alat Monitoring

2.4 Perancangan Antarmuka Pengguna (Blynk)

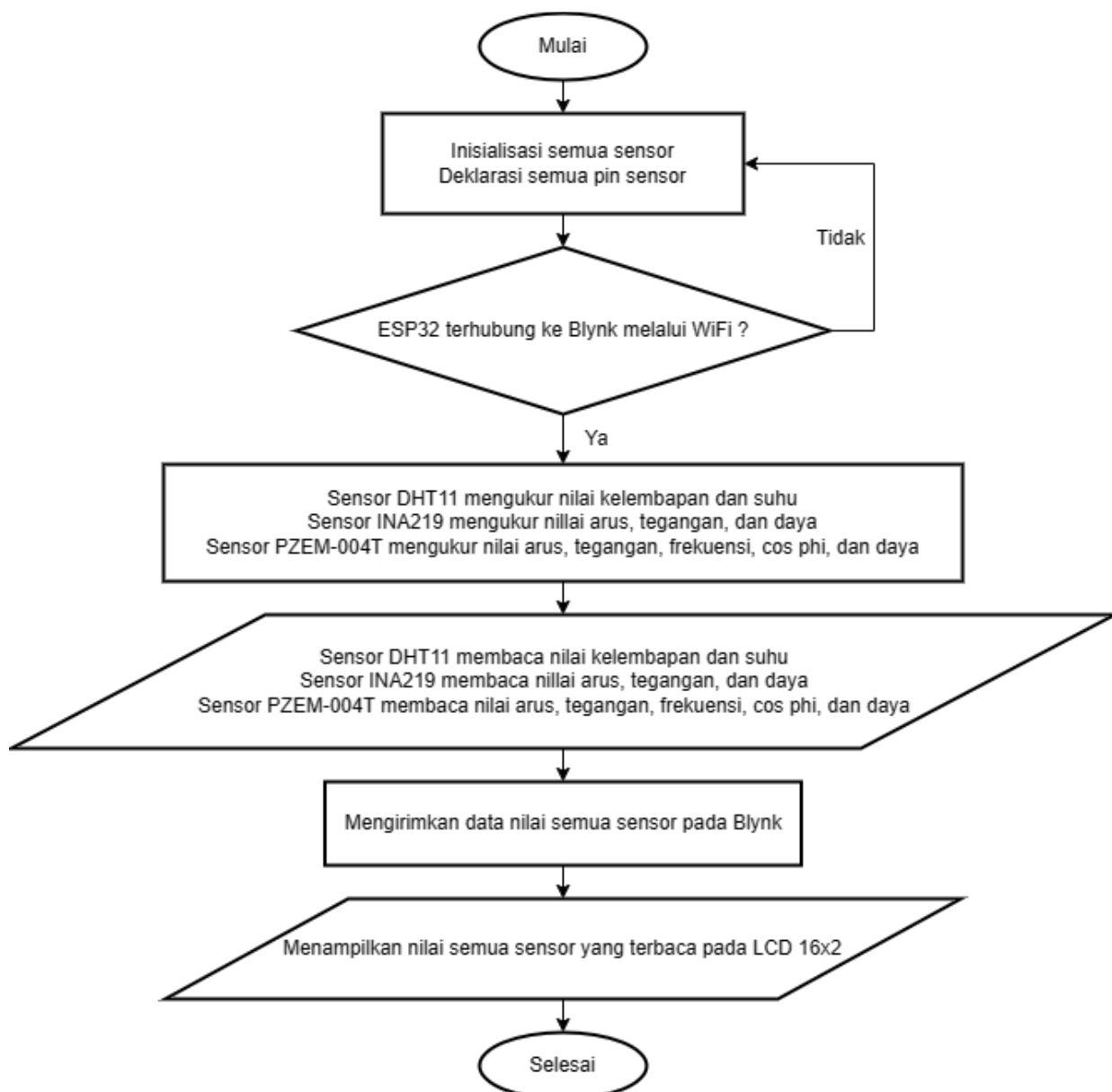


Gambar 4. Antarmuka Pengguna Blynk

Hasil jadi antarmuka pengguna Blynk dapat dilihat pada Gambar 4. Perancangan Blynk ini terdiri dari beberapa tahapan antara lain:

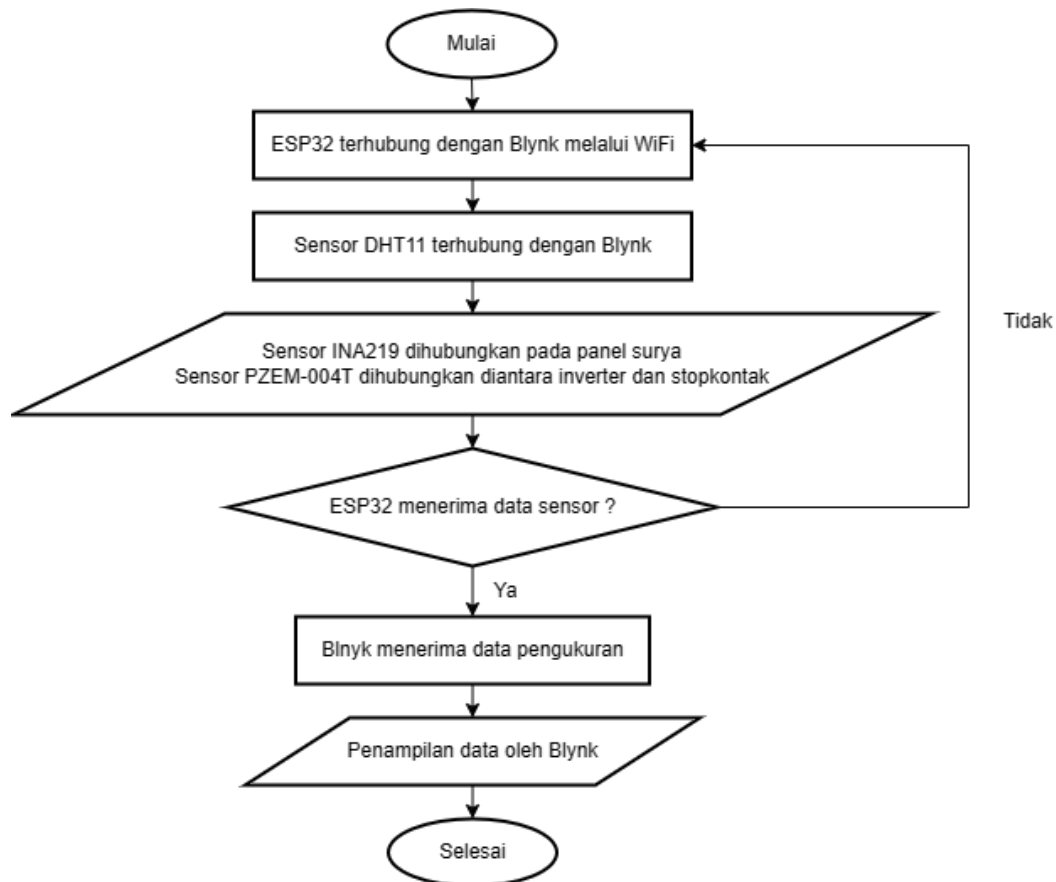
1. Pembuatan *template* di mana pada tahap ini berguna untuk menampilkan data yang akan ditampilkan pada pengguna.
2. Pembuatan *data streams* di mana ini berfungsi sebagai pin-pin virtual yang akan mengirimkan data nilai tegangan, arus, daya, dan lain-lain.
3. Pembuatan *new device* di mana pada tahap ini dibuat supaya *template* dan *data streams* yang sudah dibuat dapat diolah oleh ESP32 sehingga antarmuka pengguna Blynk pada berjalan semestinya.

2.5 Perancangan Sistem Program Monitoring



Gambar 5. Diagram Alir Cara Kerja Program Monitoring

2.6 Cara Kerja Alat



Gambar 6. Diagram Alir Cara Kerja Alat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan pada hari 7 November (hari pertama) dan 8 November (hari kedua) pada rentang waktu 13.55 WIB hingga 16.15 WIB. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan besar tingkat galat antara alat ukur standar yaitu multimeter dengan sensor yang digunakan dalam pengujian yaitu sensor INA219, sensor PZEM-004T, dan sensor DHT11. Hasil semua pengujian terdapat pada Tabel 1. hingga Tabel 6. Tingkat galat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut :

$$Galat = \left| \frac{\text{nilai monitoring} - \text{nilai alat ukur standar}}{\text{nilai alat ukur standar}} \right| \times 100 \% \quad (1)$$

3.1 Pengujian Arus dan Tegangan pada Panel Surya (Sensor INA219)

Tabel 1. Hasil Pengujian Panel Surya Hari Pertama

Waktu (WIB)	Multimeter		Monitoring			Galat	
	I (mA)	V (V)	I (mA)	V (V)	P (W)	I (%)	V (%)
13.55	831	13,90	838	13,34	11,18	0,8	4
14.15	852	13,90	855	13,65	11,67	0,3	1,8
14.35	205	13,30	211	12,88	2,72	2,8	3,1

15.30	552	13,70	567	13,20	7,48	2,6	3,6
15.50	434	13,20	438	13,01	5,69	0,9	1,4
16.10	275	12,80	273	12,60	3,44	0,7	1,5

Tabel 2. Hasil Pengujian Panel Surya Hari Kedua

Waktu (WIB)	Multimeter		Monitoring			Galat	
	I (mA)	V (V)	I (mA)	V (V)	P (W)	I (%)	V (%)
13.55	890	14,00	892	13,80	12,31	0,2	1,4
14.15	832	14,40	831	13,77	11,44	0,1	4,3
14.35	807	13,98	815	13,58	11,07	0,9	2,8
15.30	219	12,91	222	12,73	2,83	1,3	1,4
15.50	517	13,50	521	13,12	6,84	0,7	2,8
16.10	405	13,23	410	12,89	5,28	1,2	2,5

Pada saat monitoring panel surya dengan sensor INA219 didapatkan nilai rata-rata galat arus pada hari pertama yaitu 1,3 % dengan nilai galat tertingginya adalah 2,8 %, sedangkan nilai rata-rata galat arus pada hari kedua yaitu 0,7 % dengan galat tertingginya adalah 1,3 %. Nilai rata-rata galat tegangan pada hari pertama yaitu 2,5 % dengan nilai galat tertingginya adalah 4 %, sedangkan nilai rata-rata galat tegangan pada hari kedua yaitu 2,5 % dengan nilai galat tertingginya adalah 4,3 %.

3.2 Pengujian Arus, Tegangan, dan Frekuensi pada Keluaran Inverter (Sensor PZEM-004T)

Tabel 3. Hasil Pengujian Keluaran Inverter Hari Pertama dengan Beban Lampu

Waktu (WIB)	Multimeter			Monitoring					Galat		
	I (mA)	V (V)	f (Hz)	I (mA)	V (V)	f (Hz)	P (W)	Cos phi	I (%)	V (%)	f (%)
14.00	40	227	50,8	40	225	50,6	6,7	0,75	0	0,9	0,4
14.20	33	223	50,7	35	225	50,5	6,1	0,79	5,7	0,8	0,4
14.40	38	221	50,8	36	220	50,6	6,3	0,81	5,2	0,4	0,4
15.35	33	224	50,5	34	222	50,3	6,3	0,84	2,9	0,9	0,4
15.55	33	222	50,5	34	222	50,3	6,2	0,82	2,9	0	0,4
16.15	32	221	50,2	32	221	50,0	6,2	0,89	0	0	0,4

Tabel 4. Hasil Pengujian Keluaran Inverter Hari Kedua dengan Beban Kipas Angin

Waktu (WIB)	Multimeter			Monitoring					Galat		
	I (mA)	V (V)	f (Hz)	I (mA)	V (V)	f (Hz)	P (W)	Cos phi	I (%)	V (%)	f (%)
14.00	128	228,0	50,8	130	227,0	50,7	15,9	0,54	1,5	0,4	0,2
14.20	129	228,6	50,8	130	226,6	50,7	16,2	0,55	0,8	0,9	0,2
14.40	127	226,1	50,8	130	226,9	50,7	16,2	0,55	2,3	0,3	0,2
15.35	128	218,8	50,8	124	220,5	50,7	15,0	0,55	3,1	0,8	0,2
15.55	120	216,6	50,8	123	215,2	50,7	14,6	0,55	2,4	0,6	0,2
16.15	120	216,0	50,8	121	215,3	50,7	14,6	0,56	0,8	0,3	0,2

Pada saat monitoring keluaran inverter dengan sensor PZEM-004T didapatkan nilai rata-rata galat arus pada hari pertama yaitu 2,8 % dengan nilai galat tertinggi adalah 5,7 %, sedangkan nilai rata-rata galat arus pada hari kedua yaitu 1,8 % dengan nilai galat tertinggi adalah 3,1 %. Nilai galat rata-rata tegangan pada hari pertama yaitu 0,5 % dengan nilai galat tertinggi adalah 0,9 %, sedangkan nilai galat rata-rata tegangan pada hari kedua yaitu 0,55 % dengan nilai galat tertinggi adalah 0,9 %. Nilai galat rata-rata frekuensi pada hari pertama yaitu 0,4 % dengan nilai galat tertinggi adalah 0,4 %, sedangkan nilai galat rata-rata frekuensi pada hari kedua yaitu 0,2 % dengan nilai galat tertinggi adalah 0,2 %.

3.3 Pengujian Suhu dan Kelembapan (Sensor DHT11)

Tabel 5. Hasil Pengujian Kelembapan dan Suhu Hari Pertama

Waktu (WIB)	<i>Hygrometer</i> <i>Thermometer (HTC)</i>		Monitoring		Galat	
	Kelembapan (%)	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Suhu (%)
13.55	34	38	33	37	2,9	2,6
14.15	33	38	32	37	3	2,6
14.35	35	38	34	37	2,8	2,6
15.30	38	36	37	36	2,6	0
15.50	36	36	37	34	2,7	5,5
16.10	38	36	39	35	2,5	2,7

Tabel 6. Hasil Pengujian Kelembapan dan Suhu Hari Kedua

Waktu (WIB)	<i>Hygrometer</i> <i>Thermometer (HTC)</i>		Monitoring		Galat	
	Kelembapan (%)	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Suhu (%)
13.55	33	37	30	37	9,1	0
14.15	32	38	29	37	9,4	2,6
14.35	30	39	28	38	6,6	2,5
15.30	39	36	46	34	15,2	5,5
15.50	39	36	39	36	0	0
16.10	40	35	43	34	6,9	2,8

Pada saat monitoring kelembapan dan suhu menggunakan sensor DHT11 didapatkan bahwa rata-rata nilai galat kelembapan hari pertama yaitu 2,75 % dengan nilai galat tertinggi pada nilai 3 %, sedangkan nilai rata-rata galat kelembapan hari kedua yaitu 7,86 % dengan nilai galat tertinggi pada nilai 15,2 %. Nilai rata-rata galat suhu pada hari pertama yaitu 2,6 % dengan nilai galat suhu tertinggi adalah 5,5 % sedangkan nilai rata-rata galat suhu pada hari kedua yaitu 2,23 % dengan nilai galat tertinggi adalah 5,5 %.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan pada pembuatan sistem monitoring berbasis IoT pada PLTS ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam perancangan sistem alat monitoring IoT ini, seluruh komponen beserta program dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang direncanakan.
2. Monitoring ini dilakukan dua hari dengan waktu antara pukul 13.55 WIB hingga pukul 16.15 WIB dengan sebagian besar daya yang dihasilkan panel surya paling banyak pada pukul 13.55 WIB dan pukul 14.15 WIB yaitu di rentang 11 - 12 Watt. Pada pukul 14.35 WIB hari pertama daya yang dihasilkan hanya sebesar 2,72 watt karena pada waktu tersebut cahaya matahari tertutupi oleh awan sehingga otomatis daya yang dihasilkan kurang maksimal.
3. Hasil pengujian yang dilakukan selama dua hari didapatkan nilai galat yang berbeda-beda. Hasil nilai rata-rata galat arus pada panel surya sebesar 1 % sedangkan nilai rata-rata galat tegangan sebesar 2,5 %. Pada pengujian keluaran inverter didapatkan nilai rata-rata galat arus sebesar 2,3 %, nilai rata-rata galat tegangan sebesar 0,52 %, sedangkan nilai rata-rata galat frekuensi sebesar 0,3 %.
4. Meninjau dari hasil penelitian ini maka beberapa keunggulan dan kekurangan guna meningkatkan perbaikan penelitian berikutnya. Keunggulan yang dilakukan penelitian ini yaitu *platform* IoT (Blynk) yang digunakan familiar dan mudah digunakan oleh siapapun karena antarmuka grafis yang *friendly user*. Selain itu penelitian ini juga mempunyai kekurangan antara lain kegunaan sensor DHT11 yang kurang tepat jika dipakai pada penelitian ini karena sifatnya hanya sebagai pelengkap sehingga baiknya diganti dengan sensor lain seperti sensor pengukur intensitas cahaya matahari. Kekurangan lainnya yaitu spesifikasi bahan PLTS yang kurang memadai seperti panel surya dapat digantikan dengan spesifikasinya yang lebih tinggi, baterai aki juga dapat ditingkatkan spesifikasinya ke yang lebih tinggi lagi.

PERSANTUNAN

Alhamdulillah puji dan syukur yang tak henti penulis panjatkan kepada hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Karunia dan Rahmat-Nya karena atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Alat Monitoring PLTS *Off Grid* Berbasis *Internet of Things (IoT)* Menggunakan Blynk”. Penyusunan Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dalam penyusunannya, penulis menyadari Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena didalamnya masih terdapat banyak kekurangan.

Proses penyusunan Tugas Akhir ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, kerjasama dari berbagai pihak baik moral maupun materi, akhirnya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, diantaranya yaitu kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan Karunia dan Rahmat-Nya.
2. Diri penulis sendiri karena telah berjuang dengan segala kemampuan, kekuatan, dan kesabaran untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Orang tua dan seluruh keluarga yang senantiasa mendukung, mendoakan, dan memotivasi penulis selama menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Agus Supardi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dengan sabar dan selalu memberi masukan yang membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Bapak/Ibu Dosen Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan ilmunya di perkuliahan sebagai bekal dalam penyusunan Tugas Akhir.
6. Semua teman-teman di perkuliahan yang telah saling mendukung, membantu, dan bertukar pikiran baik dalam perihal Tugas Akhir maupun perkuliahan.
7. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfita, R., Joni, K., & Darmawan, F. D. (2021). Design of Monitoring Battery Solar Power Plant and Load Control System based Internet of Things. *Teknik*, 42(1), 35–44. <https://doi.org/10.14710/teknik.v42i1.29687>
- Andreas, Aldawira, C. R., Putra, H. W., Hanafiah, N., Surjarwo, S., & Wibisurya, A. (2019). Door security system for home monitoring based on ESP32. *Procedia Computer Science*, 157, 673–682. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.218>
- Erwanto, D., Widhining K., D. A., & Sugiarto, T. (2020). Sistem Pemantauan Arus Dan Tegangan Panel Surya Berbasis Internet of Things. *Multitek Indonesia*, 14(1), 1. <https://doi.org/10.24269/mtkind.v14i1.2195>
- Gopal, M., Chandra Prakash, T., Venkata Ramakrishna, N., & Yadav, B. P. (2020). IoT Based Solar Power Monitoring System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 981(3). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/981/3/032037>
- Katyarmal, Manish, Walkunde, Suyash, Sakhare, Arvind, S. (2018). Solar power monitoring system using IoT. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 73(Ina 219), 216–224. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59424-8_20
- Kurniawan, N. (2020). Electrical Energy Monitoring System and Automatic Transfer Switch (ATS)

- Controller with the Internet of Things for Solar Power Plants. *Journal of Soft Computing Exploration*, 1(1), 16–23. <https://doi.org/10.52465/joscex.v1i1.2>
- Lambert, J., Monahan, R., & Casey, K. (2021). Power consumption profiling of a lightweight development board: Sensing with the INA219 and Teensy 4.0 microcontroller. *Electronics (Switzerland)*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/electronics10070775>
- Maghami, M. R., Hizam, H., Gomes, C., Radzi, M. A., Rezadad, M. I., & Hajighorbani, S. (2016). Power loss due to soiling on solar panel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1307–1316. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.044>
- Mungkin, M., Satria, H., Yanti, J., Turnip, G. B. A., & Suwarno, S. (2020). Perancangan Sistem Pemantauan Panel Surya Polycrystalline Menggunakan Teknologi Web Firebase Berbasis IoT. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 3(2), 319–327. <https://doi.org/10.31539/intecom.v3i2.1861>
- Olivier, M. M., Kassegne, S., & Muvengei, M. (2020). Real-time monitoring and diagnosis of organic solar cell stability. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(2), 2385–2391.
- Shrestha, R. (2019). Study and Control of DHT11 Using Atmega328P Microcontroller. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 10(4), 518–521. https://www.researchgate.net/profile/Rajesh-Shrestha-4/publication/344087453_Study_and_Control_of_DHT11_Using_Atmega328P_Microcontroller/links/5f635202458515b7cf39b9ea/Study-and-Control-of-DHT11-Using-Atmega328P-Microcontroller.pdf
- Srinivasan, Vimaladevi, & Chakravarthi. (2019). Solar Energy Monitoring System by IOT. *International Journal of Advanced Networking & Applications*, November, 46–51. <https://www.researchgate.net/publication/345382904>
- Tellawar, M. P. (2019). An IOT based Smart Solar Photovoltaic Remote Monitoring System. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8(09), 235–240.
- Wijayanto, D., Haryudo, S. I., Wrahatnolo, T., & ... (2022). Rancang Bangun Monitoring Arus Dan Tegangan Pada Plts Sistem On Grid Berbasis Internet Of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram. *Jurnal Teknik* ..., 447–453. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/49288%0Ahttps://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/download/49288/41004>
- Xu, G., Shi, Y., Sun, X., & Shen, W. (2019). *Internet of Things in Marine Environment Monitoring : A Review*. 1–21. <https://doi.org/10.3390/s19071711>