

DESIGN AND DEVELOPMENT OF CONTROL AND MONITORING SYSTEM FOR SMART HOMES USING OFF-GRID PV SYSTEMS

Firnanda Adimas Mahendra^{a,1,*}, Dr. Ir. Hartoyo, S.Pd., M.Pd., M.T.^{b,2}

^a Departement of Electrical and Electronic Engineering, Vocational Faculty, UNY

¹ firmandaadimas.2020@student.unt.ac.id; ² hartoyo@uny.ac.id

* Corresponding Author

ARTICLE INFO

Article History

Received Date Month Year

Revised Date Month Year

Accepted Date Month Year

Keywords

Monitoring;

PLTS;

Blynk;

ABSTRACT

A PV system is a type of power generator that uses renewable energy to meet electricity needs. The electrical energy generated by solar panels is fluctuating, so monitoring is required to determine the performance of the PV system. However, the commonly used monitoring systems are still manual. This is inefficient as it requires a lot of time and the monitoring data is limited. Therefore, a monitoring system that can be monitored remotely and record the monitoring results is needed. The purpose of this final project is to performance of the device. The research stages include needs analysis, design, fabrication, and testing of the device. The result of this research is a smart home control and monitoring system using an off-grid PV system. The functional test results show that the average error value of the voltage sensor and current sensor is below 5%. The performance test results show that the smart home control system can turn the load on or off both remotely and manually. For the monitoring system, the average error value of the voltage in no-load conditions is 0.82%, and for the current is 0%. Meanwhile, under load conditions, the average error value of the voltage is 0.52%, and for the current is 1.96%. This control and monitoring system can function properly and display the monitoring data on the Blynk dashboard, which can be monitored remotely.

PLTS merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang menggunakan energi terbarukan sehingga dapat memenuhi kebutuhan listrik. Energi listrik hasil dari panel surya bersifat fluktuatif, sehingga diperlukan *monitoring* untuk mengetahui kinerja dari PLTS tersebut. Akan tetapi sistem *monitoring* yang biasa digunakan masih secara manual. Hal tersebut kurang efektif karena membutuhkan waktu yang lama dan hasil data monitoring terbatas. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem *monitoring* yang dapat memantau dari jarak jauh sekaligus dapat mencatat hasil proses *monitoring*. Tujuan dari pembuatan proyek akhir ini untuk membuat rancang bangun alat, mengetahui uji fungsi, dan juga menguji kinerja dari alat. Tahap penelitian terdiri atas analisis kebutuhan, perancangan, pembuatan, dan pengujian alat. Hasil dari penelitian ini adalah sistem kendali dan *monitoring smart home* dengan menggunakan PLTS *off grid* berhasil dibuat. Hasil dari uji fungsi menunjukkan nilai rata-rata *error* sensor tegangan dan sensor arus di bawah 5%. Kemudian untuk uji kinerja menunjukkan bahwa sistem kendali *smart home* mampu menghidupkan atau mematikan beban dari jarak jauh maupun secara manual. Sedangkan untuk sistem *monitoring*, rata-rata nilai *error* tegangan dalam kondisi tanpa beban sebesar 0,82%, untuk arusnya sebesar 0%. Sementara itu, kondisi berbeban rata-rata nilai *error* tegangan sebesar 0,52%, untuk arusnya sebesar 1,96%. Sistem kendali dan *monitoring* ini dapat berfungsi sekaligus menampilkan data hasil *monitoring* pada *dashboard Blynk* yang dapat dipantau dari jarak jauh.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



1. Pendahuluan

Seiring bertambahnya zaman, maka perkembangan teknologi juga semakin meningkat. Kemajuan teknologi saat ini membawa dampak beragam, termasuk munculnya sejumlah permasalahan seperti keamanan dan peningkatan kebutuhan energi listrik. Hal ini dapat terjadi karena teknologi sekarang menggunakan energi listrik, sehingga setiap tahun kebutuhan energi listrik terus meningkat. Oleh karena itu, diperlukan suatu upaya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut, salah satunya dengan cara memanfaatkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS ini dapat membangkitkan energi listrik dengan memanfaatkan sinar matahari, sehingga sangat cocok diterapkan di negara Indonesia karena memiliki tingkat pencahayaan sinar matahari yang sangat besar dengan iridiasi harian rata – rata sebesar 4,5 – 4,8 kWh/m² [1].

Menurut Perusahaan Listrik Negara (PLN), kebutuhan listrik nasional mencapai 232.296 TWh pada tahun 2018 dan tumbuh 5,1% per tahun [2]. Peningkatan kebutuhan energi listrik ini disebabkan oleh pertumbuhan penduduk, sektor industri, perubahan gaya hidup, dan penggunaan teknologi yang semakin kompleks. Dalam memenuhi kebutuhan energi tersebut selama ini masih didominasi oleh energi fosil [2]. Sedangkan, sumber energi fosil yang ada di dunia hanya terbatas sehingga diperlukan upaya untuk mengalihkan sumber energi fosil menjadi energi terbarukan dan berkelanjutan.

PLTS merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang menggunakan energi terbarukan, sehingga menjadi solusi dalam pemenuhan kebutuhan listrik yang ada di Indonesia [3]. Energi listrik dan perkembangan teknologi dapat berkontribusi dalam memenuhi berbagai kebutuhan manusia. Meskipun perkembangan teknologi pesat, namun malah menimbulkan permasalahan, seperti lupa mencabut perangkat elektronik dari steker ketika sedang di luar rumah. Perangkat listrik yang tidak dicabut atau dimatikan dari sumber listrik ini dapat menyebabkan terjadinya kebakaran sehingga akan mengalami kerugian yang besar. Salah satu upaya untuk menanggulangi permasalahan keamanan seperti contoh di atas, maka dapat diupayakan dengan menerapkan teknologi seperti rumah pintar (*smart home*).

Sistem *smart home* mengintegrasikan seluruh peralatan listrik yang ada di rumah dengan sebuah mikrokontroler sehingga proses dan pengontrolannya dapat dipantau dari jarak jauh dengan memanfaatkan internet atau dapat disebut dengan *IoT (Internet of Things)* [4]. Pemanfaatan *IoT* ini memerlukan konektivitas internet yang baik sehingga dapat mengintegrasikan peralatan listrik dengan baik dan sesuai dengan yang kita inginkan [5]. Pengintegrasian peralatan listrik secara *IoT* dilengkapi dengan sistem *monitoring* untuk mendapatkan informasi terkait kinerja, keadaan, atau parameter tertentu dari suatu sistem.

Sistem *monitoring* yang biasa digunakan banyak orang masih secara manual, sehingga proses pengukuran dilakukan secara langsung di area pembangkitan energi listrik. Hal ini kurang efektif karena membutuhkan waktu yang lama dan hasil data kurang kompleks sehingga hanya data yang diketahui pada saat waktu itu saja ketika melakukan proses *monitoring* [6]. Oleh karena itu, proyek akhir ini mengambil judul “Rancang Bangun Sistem Kendali dan *Monitoring Smart Home* dengan Menggunakan PLTS *Off Grid*” dengan harapan dapat menciptakan sistem perumahan yang ramah lingkungan, hemat, dan mandiri energi dengan memanfaatkan panel surya berbasis *Internet of Things (IoT)* sehingga dapat meningkatkan kelayakan lingkungan hidup yang berkelanjutan dimasa mendatang.

2. Pendekatan Pemecahan Masalah

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem pembangkit tenaga listrik yang menggunakan sinar matahari untuk menghasilkan energi listrik melalui modul fotovoltaik, yang termasuk ke dalam kategori energi hijau. PLTS ini menggunakan sumber energi yang dapat diperbaharui, lebih efisien, efektif, dapat diandalkan, dan mampu memenuhi kebutuhan energi listrik [1]. Penerapan teknologi PLTS untuk memanfaatkan potensi energi surya yang tersedia merupakan solusi yang tepat dalam mengurangi ketergantungan terhadap penyedia energi PLN [8]. Sistem PLTS ini sangat cocok jika diterapkan di negara Indonesia karena dilewati oleh garis khatulistiwa dan beriklim tropis sehingga memiliki intensitas cahaya matahari yang tinggi [9]. Terdapat 3 jenis

PLTS, salah satunya yaitu PLTS *off grid*, dimana sistem ini membangkitkan energi listrik sendiri tanpa terhubung dengan jaringan listrik PLN. Sistem ini biasanya dipasang pada daerah yang belum terjangkau oleh PLN, sehingga sistem PLTS *off grid* sangat cocok digunakan.

2.2 Sistem Monitoring PLTS

Monitoring merupakan rangkaian kegiatan yang melibatkan pengumpulan, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan terhadap informasi dari suatu proses yang sedang diimplementasikan [10]. Tujuan utama dari kegiatan *monitoring* adalah untuk memastikan bahwa suatu sistem berfungsi sesuai dengan yang diinginkan, mendeteksi potensi masalah, dan memberikan data yang relevan untuk suatu tindakan. Kegiatan *monitoring* yang dilakukan pada sistem PLTS dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem PLTS tersebut, sehingga apabila ditemukan suatu permasalahan dapat segera diatasi sehingga sistem PLTS dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Terdapat dua cara yang dapat dilakukan untuk melakukan kegiatan *monitoring* PLTS, yaitu dengan cara manual dan otomatis dari jarak jauh. Sistem *monitoring* pada proyek akhir kali ini dapat mencatat dan menampilkan data hasil pengukuran pada PLTS dari jarak jauh dengan menggunakan jaringan internet secara *real-time* sekaligus data hasil pengukuran tersimpan sehingga bisa dilihat histori kinerja dari PLTS tersebut.

2.3 Sistem Telemetri

Telemetri merupakan penerapan teknologi telekomunikasi untuk mengambil dan mengirimkan sinyal pengukuran secara otomatis dari suatu perangkat pengukur yang berada pada lokasi yang terpisah. Setelah itu, hasil pengukuran tersebut dikirimkan kepada pengguna melalui berbagai metode komunikasi [7]. Sistem ini dapat digunakan untuk mengukur panas, radiasi, kecepatan, dll. sesuai dengan kebutuhan.

Sistem telemetri terbagi menjadi 2 bagian, yaitu *transmitter* dan *receiver* [11]. *Transmitter* bertugas sebagai pengirim data yang mengubah sinyal dari sensor kemudian dikirimkan melalui saluran komunikasi yang dapat mentransmisikan data tersebut. Sedangkan *receiver* merupakan perangkat yang menerima sinyal yang telah dikirim oleh transmitter

3. Perancangan Alat

Proses pembuatan rancang bangun sistem kendali dan *monitoring smart home* dengan menggunakan PLTS *off grid* terdiri atas beberapa tahap yang terdiri atas analisis kebutuhan, perancangan, pembuatan, dan pengujian. Berikut ini merupakan diagram alir dari proses pembuatan alat:

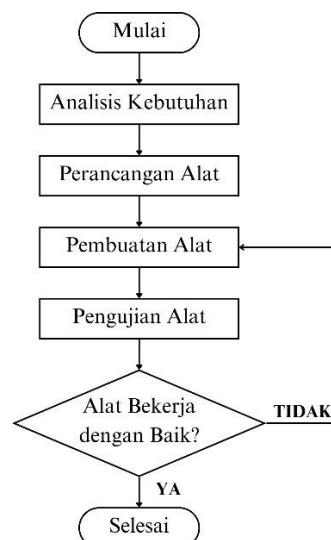


Fig. 1. Diagram Alir Penelitian

Analisis kebutuhan merupakan langkah awal dari perancangan alat, dimana tahap ini dimulai dari observasi lapangan dan studi literatur. Observasi lapangan berlangsung di Departemen Teknik Elektro dan Elektronika dengan mengamati alat yang telah dibuat sebelumnya. Alat yang dibuat masih memiliki kekurangan yaitu belum terdapat sistem *monitoring* PLTS *off grid* yang dapat dipantau dari jarak jauh sekaligus mencatat secara otomatis data hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya dari sistem PLTS *off grid*. Sedangkan studi literatur dilakukan untuk mencari solusi dari permasalahan tersebut yang bersumber dari artikel, jurnal, buku, dan sebagainya.

3.1 Diagram Alir Sistem

Berikut ini merupakan *flowchart* sistem kendali dan *monitoring smart home* dengan menggunakan PLTS *off grid*:

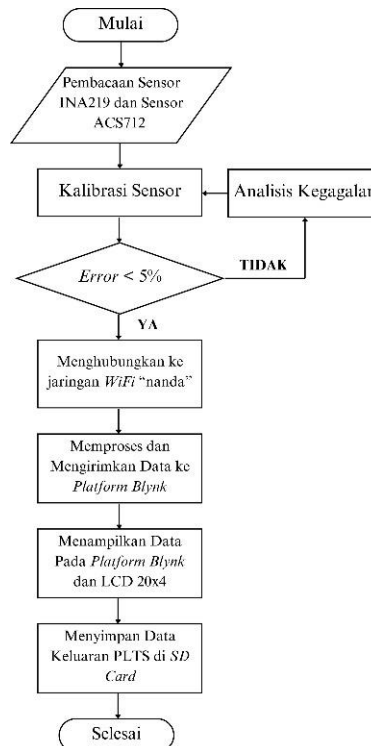


Fig. 2. Diagram Alir Sistem

Gambar di atas merupakan *flowchart* sistem dari rancang bangun sistem kendali dan *monitoring smart home* dengan menggunakan PLTS *off grid*. Berdasarkan gambar tersebut sistem dimulai dari input sensor INA219 dan sensor ACS712. Setelah itu, kedua sensor dikalibrasi agar pembacaan sensor akurat. Apabila pembacaan sensor memiliki nilai *error* kurang dari 5%, maka akan dilanjutkan ke tahap *NodeMCU ESP32* menghubungkan ke jaringan *WiFi*, lalu mengirim data ke platform *Blynk* dan LCD. Data tersebut akan ditampilkan pada platform *Blynk* dan LCD lalu disimpan pada *SD Card*. Apabila pembacaan sensor memiliki nilai *error* lebih dari 5%, maka dilakukan kalibrasi sensor hingga pembacaan akurat atau memiliki nilai *error* kurang dari 5%.

3.2 Desain Hardware

Proses pembuatan *hardware* terdiri atas dua bagian, yaitu pembuatan desain elektrik dan desain mekanikal. Pembuatan desain elektrik mencakup pembuatan *wiring diagram* kelistrikan, sedangkan pembuatan desain mekanikal mencakup pembuatan desain bentuk fisik alat dan komponen mekanik dari alat yang akan dibuat. Berikut ini merupakan hasil pembuatan desain *hardware*:

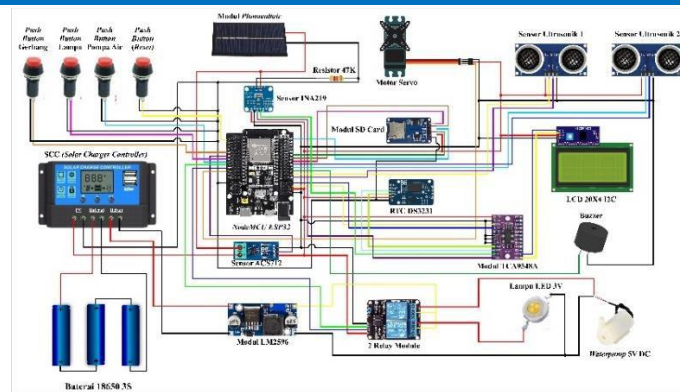


Fig. 3. Wiring Komponen

Gambar 3 di atas merupakan gambar *wiring* dari setiap komponen yang digunakan pada sistem *monitoring*. Komponen utama sistem *monitoring* yang digunakan berdasarkan gambar di atas adalah sensor tegangan INA219, sensor arus ACS712, modul TCA9548A, *NodeMCU ESP32*, *push button*, LCD 20x4, modul LM2596, modul SD Card, modul RTC DS3231, *Relay 2 channel*, *Solar Charger Controller (SCC)*, sensor ultrasonik, *buzzer*, lampu LED, *waterpump DC 5V*, baterai 18650, modul PV dan motor servo.

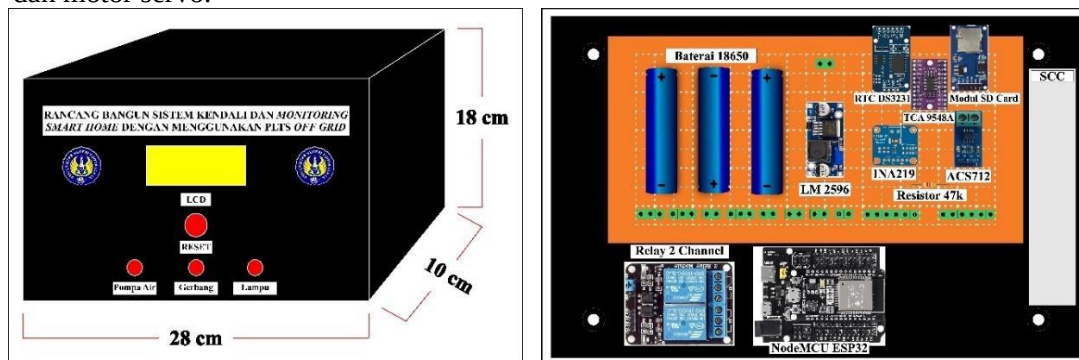


Fig. 4. Desain Alat

Gambar 4 di atas merupakan gambar dari *box* komponen sistem kendali dan *monitoring smart home* dengan menggunakan *PLTS off grid*. *Box* tersebut digunakan untuk meletakkan komponen elektrik yang digunakan pada proyek akhir kali ini.

3.3 Desain Software

Tahap desain dan perancangan *software* yaitu melakukan pembuatan *software* untuk sistem kendali dan *monitoring smart home* dengan menggunakan *PLTS off grid*. Tahap kali ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu pembuatan program menggunakan *software Arduino IDE* dan pembuatan tampilan pada *platform Blynk*.

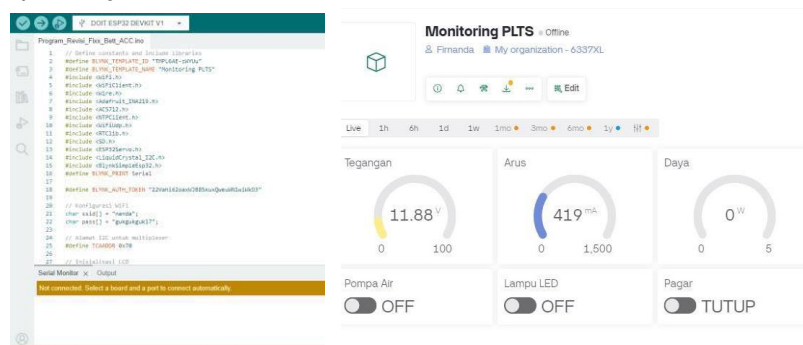


Fig. 5. Aplikasi Arduino IDE dan Platform Blynk

4. Hasil dan Pembuatan

4.1 Hasil Pembuatan *Hardware* Sistem

Hasil pembuatan *hardware* sistem kendali dan *monitoring smart home* dengan menggunakan PLTS *off grid* terdiri atas pembuatan sistem elektrik dan mekanik. Sistem elektrik, yang terdiri dari beberapa komponen, dirancang dalam sebuah PCB agar komponen-komponen tersebut lebih terorganisir dan aman. Setelah itu, komponen elektrik tersebut ditempatkan dalam sebuah box yang telah disiapkan. Berikut ini merupakan gambar dari alat yang telah dibuat:



Fig. 6. Sistem Kendali dan *Monitoring Smart Home* Dengan Menggunakan PLTS *Off Grid*

Gambar 6 di atas merupakan hasil rancang bangun sistem kendali dan *monitoring smart home* dengan menggunakan PLTS *off grid* yang telah dibuat. Berdasarkan gambar di atas, terlihat bahwa bagian depan terdapat sebuah LCD dan empat buah *push button*. Untuk komponen lain seperti sensor, modul, dan mikrokontroler terdapat di dalam *box* sistem *monitoring*.

4.2 Hasil Pembuatan *Software* Sistem

Pembuatan *software* sistem terdiri dari dua bagian, yaitu pembuatan program menggunakan aplikasi *Arduino IDE* dan pembuatan tampilan pada *platform Blynk*. Berikut ini merupakan hasil dari pembuatan program di aplikasi *Arduino IDE*:

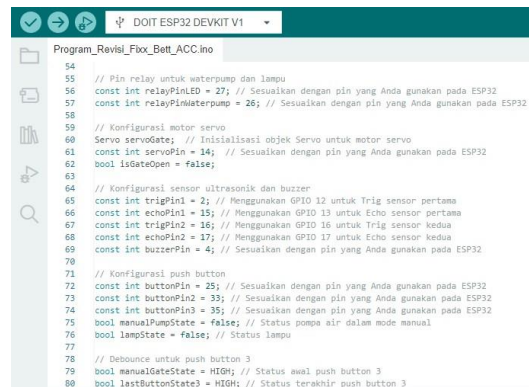


Fig. 7. Program *Arduino IDE*

Gambar 7 merupakan program yang digunakan oleh *NodeMCU ESP32* untuk mengolah data dan mengirimkan data ke *platform Blynk*. Data yang dikirim oleh *NodeMCU ESP32* dapat dilihat pada *dashboard platform Blynk* seperti tegangan, arus, daya, dan 3 buah *switch* untuk mengontrol beban. Data tersebut dapat dipantau melalui *platform Blynk* secara *real-time* dari jarak jauh, dan akan disimpan secara otomatis ke dalam *SD Card* dalam format *.txt*. Berikut ini merupakan tampilan *dashboard platform Blynk* ketika melakukan proses *monitoring*:



Fig. 8. Dashboard Tampilan pada Platform Blynk

4.3 Hasil Pengujian Kinerja

Pengujian kinerja dilakukan untuk mengetahui keandalan sistem kendali beban dan nilai keakuratan sistem *monitoring* hasil pengukuran tegangan dan arus. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran pada sistem dengan hasil pengukuran pada alat ukur standar IEC (*International Electrotechnical Commission*) 13B-23 tentang *electrical measuring instruments*. Berikut ini merupakan hasil pengujian kinerja pada sistem kendali dan monitoring yang dilakukan:

Table 1. Hasil Uji Kinerja Kendali Pompa Air

No	Otomatis				Manual			
	Kondisi Air	Kondisi Pompa	Kondisi Air	Kondisi Pompa	Kondisi Air	Kondisi Pompa	Kondisi Air	Kondisi Pompa
1	Level bawah (2 cm)	Bekerja	Level atas (10 cm)	Mati	Level bawah (2 cm)	Bekerja	Level atas (10 cm)	Mati
2	Level bawah (2 cm)	Bekerja	Level atas (10 cm)	Mati	Level bawah (2 cm)	Bekerja	Level atas (10 cm)	Mati

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian kendali pompa air. Secara otomatis, pompa menyala saat air tandon berada pada ketinggian 2 cm dan mati saat mencapai 10 cm. Secara manual, pompa dapat dinyalakan dengan menekan *push button* pada ketinggian 2 cm dan dimatikan pada ketinggian 10 cm. Kendali pompa ini telah sesuai kinerja yang diinginkan.

Table 2. Hasil Uji Kinerja Kendali Lampu

No	Jarak Jauh		Manual	
	Kondisi Switch Blynk	Kondisi Lampu	Kondisi Push Button	Kondisi Lampu
1	ON	Menyala	ON	Menyala
2	OFF	Mati	OFF	Mati

Tabel 2 di atas menunjukkan hasil pengujian kinerja kendali lampu dari jarak jauh dan manual. Lampu dapat diaktifkan dan dimatikan melalui platform Blynk. Lampu menyala saat *switch platform Blynk* diatur ke "ON" dan mati saat diatur ke "OFF". Secara manual, lampu dapat dikontrol dengan menekan *push button*, lampu menyala saat *push button* "ON" ditekan dan mati saat "OFF". Kendali lampu ini telah sesuai dengan kinerja yang diharapkan.

Table 3. Hasil Uji Kinerja Kendali Motor Servo (Gerbang)

No	Jarak Jauh		Manual	
	Kondisi Switch Blynk	Kondisi Motor Servo	Kondisi Push Button	Kondisi Motor Servo
1	BUKA	Berputar 90° (gerbang terbuka)	BUKA	Berputar 90° (gerbang terbuka)
2	TUTUP	Berputar ke 0° (gerbang tertutup)	TUTUP	Berputar ke 0° (gerbang tertutup)

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian kinerja kendali gerbang dari jarak jauh dan manual. Motor servo aktif dan berputar saat dikendalikan melalui *switch platform Blynk*; saat switch "BUKA", motor servo berputar 90° untuk membuka gerbang, dan saat switch "TUTUP", motor servo kembali berputar ke posisi awal 0° untuk menutup gerbang. Pengujian manual dilakukan dengan menekan *push button* gerbang; saat "BUKA", motor servo berputar 90°, dan saat "TUTUP", motor servo kembali ke posisi awal 0°. Kendali motor servo ini telah sesuai dengan kinerja yang diharapkan.

Table 4. Hasil Uji Kinerja Sistem Keamanan

No	Jarak Terdeteksi	Kondisi Buzzer
1	3 cm	Berbunyi
2	7 cm	Berbunyi
3	12 cm	Berbunyi
4	17 cm	Berbunyi
5	20 cm	Berbunyi

Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian kinerja sistem keamanan pada smart home. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi gerakan dan jarak, yang mengaktifkan *buzzer* saat mendeteksi pergerakan dalam jangkauan sensor. Pengujian dilakukan dengan mendekati sensor ultrasonik pada jarak 3 cm, 7 cm, 12 cm, 17 cm, dan 20 cm. *Buzzer* akan berbunyi selama 5 detik ketika gerakan terdeteksi pada jarak-jarak tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja sistem keamanan telah sesuai dengan yang diharapkan.

Table 5. Hasil Pengujian Sensor Tegangan INA219 Tanpa Beban

Waktu	Hasil Pembacaan Tegangan			
	Pengujian		Selisih	Error (%)
	Tegangan Sistem Monitoring (V)	Multimeter (V)		
21/5/2024 13:19:02	15,77	15,68	0,09	0,57
21/5/2024 13:22:04	15,61	15,52	0,09	0,57
21/5/2024 13:25:07	15,54	15,47	0,07	0,45
21/5/2024 13:28:05	15,25	14,90	0,35	2,34
21/5/2024 13:31:06	15,36	15,13	0,23	1,52
21/5/2024 13:34:01	15,22	15,17	0,05	0,32
21/5/2024 13:37:02	15,37	15,37	0	0
21/5/2024 13:40:03	15,08	14,92	0,16	1,07

Waktu	Hasil Pembacaan Tegangan			
	Pengujian		Selisih	Error (%)
	Tegangan Sistem Monitoring (V)	Multimeter (V)		
21/5/2024 13:43:02	14,54	14,49	0,05	0,34
21/5/2024 13:46:03	15,02	14,87	0,15	1
21/5/2024 13:49:04	15,24	15,35	0,11	0,71
21/5/2024 13:52:08	15,00	15,00	0	0
21/5/2024 13:55:27	15,36	15,23	0,13	0,85
21/5/2024 13:59:12	15,37	15,56	0,19	1,22
21/5/2024 14:01:05	15,46	15,25	0,21	1,37

Tabel 5 di atas menunjukkan hasil pengujian akurasi pembacaan nilai tegangan pada sistem *monitoring* dan membandingkannya dengan multimeter dalam kondisi tidak berbeban. Berdasarkan hasil pengukuran tegangan antara sistem *monitoring* dengan menggunakan multimeter, didapatkan hasil *error* di bawah 5% dan masih sesuai standar IEC 13B-23. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *error* terbesar sebesar 2,34 % yaitu pada pukul 13:28:05 WIB. Sedangkan nilai *error* terkecil hasil perbandingan sensor dengan multimeter yaitu 0 %.

Table 6. Hasil Pengujian Pada *Platform Blynk* Tanpa Beban

Waktu	Hasil Pembacaan LCD	Hasil Pembacaan Blynk	Hasil
	V	V	
21/5/2024 13:19:02	15,77	15,77	Normal sesuai dengan tampilan LCD 20x4 I2C
21/5/2024 13:22:04	15,61	15,61	
21/5/2024 13:25:07	15,54	15,54	
21/5/2024 13:28:05	15,25	15,25	
21/5/2024 13:31:06	15,36	15,36	
21/5/2024 13:34:01	15,22	15,22	
21/5/2024 13:37:02	15,37	15,37	
21/5/2024 13:40:03	15,08	15,08	
21/5/2024 13:43:02	14,54	14,54	
21/5/2024 13:46:03	15,02	15,02	
21/5/2024 13:49:04	15,24	15,24	

Waktu	Hasil Pembacaan	Hasil Pembacaan	Hasil
	LCD V	<i>Blynk</i> V	
21/5/2024 13:52:08	15,00	15,00	Normal sesuai dengan tampilan LCD 20x4 I2C
21/5/2024 13:55:27	15,36	15,36	
21/5/2024 13:59:12	15,37	15,37	
21/5/2024 14:01:05	15,46	15,46	

Tabel 6 di atas merupakan hasil pengujian kinerja pada *Platform Blynk*. Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa hasil pembacaan dari LCD sama dengan nilai yang ditampilkan pada *Platform Blynk*. Sementara itu, dari hasil uji tegangan dan arus pada Tabel 5 dan Tabel 6 dapat divisualisasikan sebagai berikut ini:

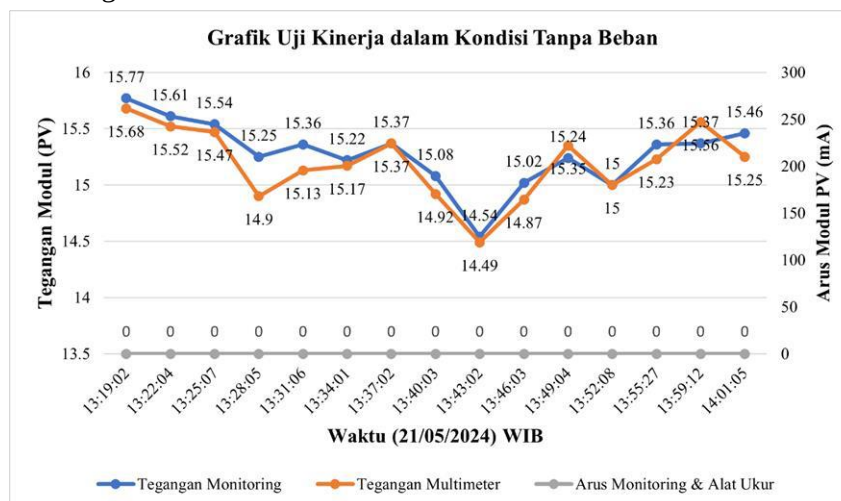


Fig. 9. Grafik Uji Kinerja dalam Kondisi Tanpa Beban

Gambar 9 di atas merupakan grafik parameter modul ketika uji kinerja tanpa beban. Berdasarkan grafik di atas, proses uji kinerja selama 45 menit didapatkan data sebanyak 15 data. Nilai rata-rata tegangan modul PV selama proses pengujian tanpa beban adalah 15,28 VDC, sedangkan untuk arus masih bernilai 0 karena proses pengujian dilakukan tanpa beban sekaligus baterai. Untuk rata-rata nilai *error* pengukuran tegangan sebesar 0,82 %, sedangkan untuk arusnya sebesar 0% (karena masih tanpa baterai dan tanpa beban). Hal ini berarti bahwa alat *monitoring* ini dalam keadaan yang baik karena hasil pengukurannya memiliki nilai yang hampir sama dengan alat ukur dan termasuk ke dalam golongan II dalam standar IEC 13B-23.

Table 7. Hasil Pengujian Sensor Tegangan INA219 Berbeban

Waktu	Hasil Pembacaan Tegangan			
	Pengujian		Selisih	Error (%)
	Tegangan Sistem <i>Monitoring</i> (V)	Multimeter (V)		
22/5/2024 13:47:26	11,72	11,68	0,04	0,34
22/5/2024 13:50:17	11,72	11,66	0,06	0,5
22/5/2024 13:53:00	11,73	11,77	0,04	0,33

Waktu	Hasil Pembacaan Tegangan			
	Pengujian		Selisih	Error (%)
	Tegangan Sistem Monitoring (V)	Multimeter (V)		
22/5/2024 13:56:33	11,68	11,59	0,09	0,77
22/5/2024 13:59:07	11,74	11,62	0,12	1,03
22/5/2024 14:02:14	11,74	11,62	0,12	1,03
22/5/2024 14:05:02	11,74	11,69	0,05	0,42
22/5/2024 14:08:03	11,75	11,79	0,04	0,33
22/5/2024 14:11:05	11,76	11,63	0,13	1,11
22/5/2024 14:14:06	11,76	11,83	0,07	0,59
22/5/2024 14:17:19	11,77	11,67	0,1	0,85
22/5/2024 14:20:02	11,78	11,74	0,04	0,34
22/5/2024 14:23:09	11,77	11,67	0,1	0,85
22/5/2024 14:26:22	11,77	11,75	0,02	0,17
22/5/2024 14:29:12	11,78	11,76	0,02	0,17

Tabel 7 di atas menunjukkan hasil pengujian akurasi pembacaan nilai tegangan pada sistem *monitoring* dan membandingkannya dengan multimeter dalam kondisi berbeban. Berdasarkan hasil pengukuran tegangan antara sistem *monitoring* dengan menggunakan multimeter, didapatkan hasil error di bawah 5% dan masih sesuai standar IEC 13B-23. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *error* terbesar sebesar 1,11 % yaitu pada pukul 14:11:05 WIB. Sedangkan nilai *error* hasil perbandingan sensor dengan multimeter terkecil yaitu 0,17 %.

Table 8. Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712 Berbeban

Waktu	Hasil Pembacaan Arus			
	Pengujian		Selisih	Error (%)
	Arus Sistem Monitoring (mA)	Amperemeter (mA)		
22/5/2024 13:47:26	185	180	5	2,7
22/5/2024 13:50:17	180	180	0	0
22/5/2024 13:53:00	136	140	4	2,85
22/5/2024 13:56:33	180	180	0	0
22/5/2024 13:59:07	141	140	1	0,7
22/5/2024 14:02:14	112	110	2	1,81

Waktu	Hasil Pembacaan Arus			
	Pengujian		Selisih	Error (%)
	Arus Sistem Monitoring (mA)	Amperemeter (mA)		
22/5/2024 14:05:02	107	110	3	2,72
22/5/2024 14:08:03	122	120	2	1,6
22/5/2024 14:11:05	151	150	1	0,6
22/5/2024 14:14:06	136	140	4	2,85
22/5/2024 14:17:19	156	160	4	2,5
22/5/2024 14:20:02	131	130	1	0,76
22/5/2024 14:23:09	136	140	4	2,85
22/5/2024 14:26:22	185	180	5	2,7
22/5/2024 14:29:12	156	150	6	4

Tabel 8 di atas menunjukkan hasil pengujian akurasi pembacaan sensor ACS712 pada sistem kendali dan *monitoring smart home* dengan menggunakan PLTS *off grid* berbeban. Beban yang digunakan berupa 1 buah *waterpump* 5V DC, 1 buah motor servo, dan 1 buah lampu LED 3V yang dinyalakan secara bersamaan. Berdasarkan hasil pengukuran arus antara sistem *monitoring* dengan menggunakan amperemeter, didapatkan hasil *error* terbesar yaitu 4%, sedangkan nilai *error* terkecil yaitu 0%. Sistem *monitoring* ini dalam kondisi yang baik karena memiliki nilai *error* di bawah 5% dan masih sesuai standar IEC 13B-23.

Table 9. Hasil Pengujian Pada Platform Blynk Berbeban

Waktu	Hasil Pembacaan LCD			Hasil Pembacaan Blynk		
	V	I	W	V	I	W
22/5/2024 13:47:26	11,72	185	2,16	11,72	185	2,16
22/5/2024 13:50:17	11,72	180	2,10	11,72	180	2,10
22/5/2024 13:53:00	11,73	136	1,59	11,73	136	1,59
22/5/2024 13:56:33	11,68	180	2,10	11,68	180	2,10
22/5/2024 13:59:07	11,74	141	1,65	11,74	141	1,65
22/5/2024 14:02:14	11,74	112	1,31	11,74	112	1,31
22/5/2024 14:05:02	11,74	107	1,25	11,74	107	1,25
22/5/2024 14:08:03	11,75	122	1,43	11,75	122	1,43
22/5/2024 14:11:05	11,76	151	1,77	11,76	151	1,77
22/5/2024 14:14:06	11,76	136	1,59	11,76	136	1,59

Waktu	Hasil Pembacaan LCD			Hasil Pembacaan <i>Blynk</i>		
	V	I	W	V	I	W
22/5/2024 14:17:19	11,77	156	1,83	11,77	156	1,83
22/5/2024 14:20:02	11,78	131	1,54	11,78	131	1,54
22/5/2024 14:23:09	11,77	136	1,60	11,77	136	1,60
22/5/2024 14:26:22	11,77	185	2,17	11,77	185	2,17
22/5/2024 14:29:12	11,78	156	1,83	11,78	156	1,83

Tabel 9 di atas merupakan hasil pengujian kinerja pada *platform Blynk*. Berdasarkan tabel tersebut, diketahui bahwa hasil pembacaan dari LCD sama dengan nilai yang ditampilkan pada *platform Blynk*. Sementara itu, data dari hasil uji tegangan dan arus pada Tabel 7 dan Tabel 8 dapat divisualisasikan sebagai berikut ini:

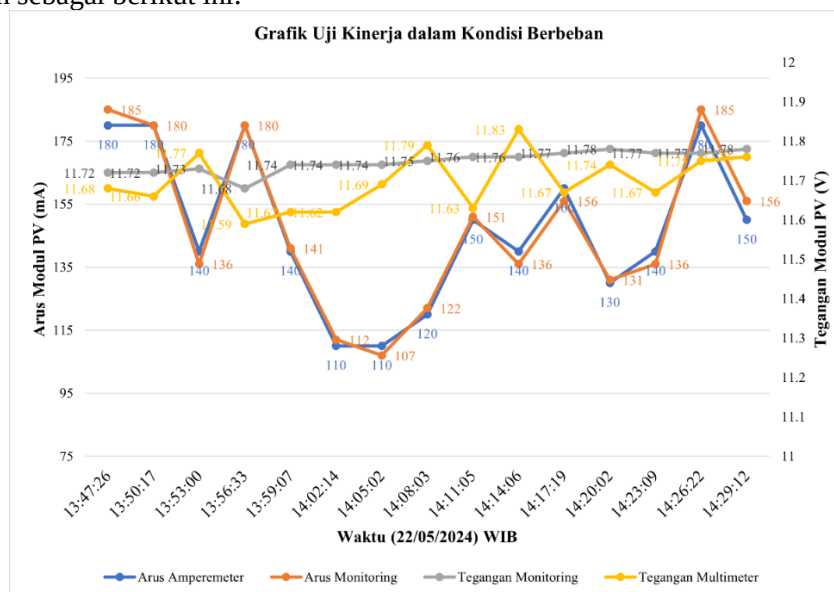


Fig. 10. Grafik Uji Kinerja dalam Kondisi Berbeban

Gambar 10 di atas merupakan grafik parameter modul PV ketika uji kinerja dalam kondisi berbeban (baterai + beban). Berdasarkan grafik di atas, proses uji kinerja selama 45 menit mendapatkan data sebanyak 15 data. Nilai rata-rata tegangan modul PV selama proses uji kinerja dalam kondisi berbeban yaitu sebesar 11,74 V DC, sedangkan rata – rata arusnya sebesar 147,6 mA. Untuk rata-rata nilai *error* antara hasil pengukuran sistem *monitoring* ini dengan hasil pengukuran alat ukur standar yaitu pada pengukuran tegangan sebesar 0,52%, sedangkan untuk pengukuran arus sebesar 1,96%. Hal ini berarti bahwa alat *monitoring* ini dalam keadaan yang baik karena hasil pengukurannya memiliki nilai yang hampir sama dengan alat ukur dan termasuk dalam golongan IV menurut standar IEC 13B-23 (nilai error dibawah 5%).

5. Simpulan

Proyek akhir yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Kendali dan *Monitoring Smart Home* Dengan Menggunakan PLTS *Off Grid*” digunakan untuk melakukan pengendalian beban sekaligus *monitoring* PLTS *off grid* dari jarak jauh dan secara *real-time*. Parameter yang diukur pada sistem *monitoring* ini adalah tegangan dengan menggunakan sensor INA219 dan arus dengan menggunakan sensor ACS712, dan daya. Data hasil pengukuran oleh sensor akan diolah dan dikirimkan ke *platform Blynk* oleh *NodeMCU ESP32* dengan menggunakan jaringan *WiFi*.

Berdasarkan hasil uji kinerja, sistem kendali pada *smart home* dapat melakukan pengendalian beban seperti pompa air, lampu, motor servo, dan sistem keamanan baik dari jarak jauh maupun manual. Sementara itu, sistem *monitoring* dalam kondisi tidak berbeban, sensor tegangan INA219 menunjukkan rata-rata persentase *error* sebesar 0,82%, sedangkan untuk sensor arus ACS712 menunjukkan rata-rata persentase *error* sebesar 0%. Selanjutnya untuk hasil uji kinerja dalam kondisi berbeban, sensor tegangan INA219 menunjukkan rata-rata persentase *error* sebesar 0,52%, sedangkan untuk sensor arus ACS712 menunjukkan rata-rata persentase *error* sebesar 1,96%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komponen berfungsi dengan baik dan sesuai standar IEC 13B-23. Berdasarkan hasil pengujian kinerja ini, sistem kendali dan *monitoring smart home* dengan menggunakan PLTS *off grid* dapat berfungsi dengan baik dan mampu melakukan pengendalian sekaligus pengukuran tegangan, arus, dan daya dari jarak jauh dengan melihat pada *platform Blynk* sekaligus menyimpan data hasil pengukuran tersebut ke dalam *SD Card*.

References

- [1] A. Gifson, M. R. Siregar, and M. P. Pambudi, "RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ON GRID DI ECOPARK ANCOL," *TESLA*, vol. 22, no. 1, pp. 23–33, 2020.
- [2] F. Afif and A. Martin, "Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia," *Jurnal Engine*, vol. 6, no. 1, pp. 43–52, 2022.
- [3] S. Ariyani, D. A. Wicaksono, Fitriana, R. Taufik, and Germenio, "Studi Perencanaan dan Monitoring System Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Remote Area," *Jurnal Ilmiah Elektronika*, vol. 20, no. 2, pp. 113–124, 2021.
- [4] M. Dwiyani, I. Tio Atmaja, Y. Firdaus, and H. Noveansyah, "APLIKASI MULTIPLATFORM PENGENDALI DAN PEMONITOR PERANGKAT LISTRIK PADA MINIATUR SMART HOME," *ELECTRICES*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, Oct. 2019.
- [5] A. B. Lasera and I. H. Wahyudi, "Pengembangan Prototipe Sistem Pengontrolan Daya Listrik berbasis IoT ESP32 pada Smart Home System," *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. 5, no. 2, pp. 112–120, Dec. 2020, doi: 10.21831/elinvo.v5i2.34261.
- [6] S. A. Wibowo and D. Lestari, "Monitoring and Controlling The Hybrid System Using The Internet Of Things For Energy Transaction," *Frontier Energy System and Power Engineering FESPE*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2019.
- [7] F. Fauzy, I. S. Areni, and I. C. Gunadin, "RANCANG BANGUN ALAT TELEMETRI PARAMETER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS IoT," *Jurnal EKSITASI*, vol. 1, no. 1, pp. 14–21, 2022, [Online]. Available: www.edukasielektronika.com
- [8] Aldiansyah, Y. Apriani, and Z. Saleh, "Monitoring Arus Dan Tegangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Internet Of Things," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 8, no. 2, pp. 889–895, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.mdp.ac.id/jatisi@mdp.ac.id2>;
- [9] T. D. Lorobezy and Krismadinata, "Rancang Bangun Sistem Monitoring PLTS Off-Grid Berbasis IoT," *MSI Transaction on Education*, vol. 4, pp. 2721–4893, 2023, doi: 10.46574/mted.v4i2.111.
- [10] M. Y. Albustomi, M. I. Wartana, and A. U. Krismanto, "MERANCANG SISTEM MONITORING DAN MENGANALISA KINERJA REALTIME PADA PLTS SKALA KECIL," *Magnetika*, vol. 7, no. 2, pp. 357–364, 2023.
- [11] H. Susanto, R. Pramana, and M. Mujahidin, "PERANCANGAN SISTEM TELEMETRI WIRELESS UN", *Jurnal Hasil Penelitian & Industri Terapan*, vol. 4, no. 1, 2013