

Rancang Bangun Monitoring Arus dan Tegangan Pada PLTS Sistem *On Grid* Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram

Deni Wijayanto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: deni.18069@mhs.unesa.ac.id

Subuh Isnur Haryudo, Tri Wrahatnolo, Nurhayati

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: subuhisnur@unesa.ac.id, wrahatnolo@yahoo.co.id, nurhayati@unesa.ac.id

Abstrak

Diperlukan monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) agar dapat mempermudah dalam pemantauan arus dan tegangan pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Penelitian ini bertujuan untuk membuat rancang bangun monitoring PLTS sistem *On Grid* PLN berbasis IoT menggunakan aplikasi Telegram. Metode yang digunakan adalah jenis pendekatan eksperimen dengan pengumpulan data melalui pengujian arus dan tegangan secara manual menggunakan multimeter dan pengujian melalui monitoring menggunakan aplikasi Telegram. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tanpa beban dan pengujian berbeban. Pada pengujian tanpa beban diperoleh hasil data tegangan panel mendapatkan rata-rata tegangan sebesar 14,84V dan arus sebesar 0,908A. Pada pengujian berbeban dengan beban lem tembak elektrik 20W mendapatkan rata-rata tegangan sebesar 219,48V dan arus sebesar 0,08A. Hasil pembacaan arus dan tegangan yang dibaca oleh sensor berdasarkan data Telegram dan pengukuran manual menggunakan multimeter tidak berbeda jauh. Nilai presentase rata-rata *error* antara multimeter dengan sensor arus dan tegangan didapatkan 0,14%, dan *Output* arus tegangan AC didapatkan 0,094%. Rancang bangun monitoring arus dan tegangan berbasis IoT sangat efektif karena dapat mempermudah dalam pemantauan PLTS.

Kata kunci: *PLTS On Grid, Internet of Things, Telegram.*

Abstract

Internet of Things (IoT)-based monitoring is needed in order to make it easier to monitor current and voltage in Solar Power Plants (PLTS). This study aims to design an IoT-based PLTS monitoring system for PLN's On Grid system using the Telegram application. The method used is an experimental approach with data collection through manual current and voltage testing using a multimeter and testing through monitoring using the Telegram application. The tests carried out are the no-load test and the loaded test. In the no-load test, the panel voltage data results get an average voltage of 14.84V and a current of 0.908A. In the load test with a 20W electric glue gun, the average voltage is 219.48V and the current is 0.08A. The results of current and voltage readings read by sensors based on Telegram data and manual measurements using a multimeter are not much different. The average percentage value of error between the multimeter and the current and voltage sensors is 0.14%, and the AC output current is 0.094%. The IoT-based current and voltage monitoring design is very effective because it can facilitate the monitoring of PLTS.

Keywords: *PLTS On Grid, Internet of Things, Telegram.*

PENDAHULUAN

Peningkatan populasi penduduk menyebabkan kebutuhan akan energi semakin meningkat, khususnya kebutuhan energi listrik. Peningkatan akan kebutuhan energi sangat berpengaruh pada jumlah ketersediaan energi di Indonesia (Ahmad, dan Zhang, 2020). Terdapat dua jenis energi yang digunakan, yaitu energi konvensional dan energi baru terbarukan (EBT). Energi konvensional merupakan energi yang jumlah ketersediaannya di alam sangat terbatas dan akan habis jika digunakan secara terus-menerus. Selain itu penggunaan energi konvensional dalam jangka waktu panjang akan berdampak pada kerusakan lingkungan (Zhang, dkk, 2021).

Oleh karena itu perlu dikembangkan energi alternatif yang ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan akan energi. Salah satunya adalah pengembangan energi baru dan terbarukan (Al-Shetwi, 2022). Energi baru terbarukan adalah energi yang keberadaannya sangat melimpah di alam. Salah satu bentuk pemanfaatan dari energi baru dan terbarukan adalah pemanfaatan energi matahari yang memiliki potensi untuk dijadikan sumber energi pembangkit (Gielen, dkk, 2019). Sehingga untuk memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut maka dikembangkan sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan dikombinasikan dengan listrik PLN (*On Grid/Hybrid*) (Liu, dkk, 2022).

PLTS *On Grid / Hybrid* merupakan penggabungan sumber energi seperti: panel surya dengan PLN. Kita bisa meng-koneksikan sumber listrik dari panel surya (sumber utama) dan PLN (sumber cadangan). Cara kerja dari rangkaian *On Grid* ini membutuhkan 3 komponen utama yaitu (1) ESP32 sebagai mikrokontroler, (2) sensor tegangan sebagai pengukur tegangan, dan (3) relay sebagai saklar. Apabila panel surya mengalami penurunan tegangan dibawah 12V maka relay otomatis akan pindah ke sumber PLN karena sudah di seting di mikrokontroler (Wijaya, dan Lutfiyani, 2021).

Namun untuk mengetahui kondisi arus dan tegangan pada PLTS biasanya harus di cek secara manual menggunakan multimeter. Oleh karena itu, dengan adanya masalah tersebut diperlukan suatu alat yang dapat digunakan untuk memonitoring arus dan tegangan. Pada penelitian ini dirancang sebuah system pemantauan arus dan tegangan dengan memanfaatkan sensor tegangan sebagai pengukur tegangan sumber, relay berfungsi sebagai saklar sumber, sensor INA219 sebagai pengukur arus dan tegangan DC, sensor PZEM-004T sebagai pengukur arus dan tegangan listrik AC,

ESP32 sebagai mikrokontroler, dan juga sebagai pengirim data sensor ke Telegram.

Sel surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik dengan prinsip fotovoltaik. Modul surya adalah kumpulan beberapa sel surya, dan panel surya adalah kumpulan beberapa modul surya (Yang, dan Pei, 2022).

Charger aki 12V adalah peralatan elektronik yang terhubung dengan listrik PLN. *Charger* ini bekerja apabila tegangan panel surya menurun dibawah 12V, *output* dari *charger* aki ini berfungsi sebagai sumber cadangan panel surya. Sensor tegangan adalah modul yang berguna untuk mengukur tegangan sumber (Han, dkk, 2022).

Relay adalah modul yang dapat diprogram dan dapat dikontrol oleh mikrokontroler ESP32. Relay ini digunakan secara terprogram mengontrol *on/off* perangkat atau sebagai saklar untuk memindahkan sumber listrik utama ke sumber listrik cadangan (Bisoffi, dkk, 2019).

Solar Charger Controller (SCC) adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang di isi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. SCC berfungsi sebagai *charger* baterai dan proteksi baterai. (LokeshReddy, dkk, 2019).

Accumulator (Aki) adalah alat penyimpan energi yang di isi aliran DC dari sumber energi, aki juga berfungsi mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Pada dasarnya aki ada dua jenis yaitu aki primer dan aki sekunder. Umumnya aki / baterai yang digunakan pada peralatan elektronik menggunakan yang primer. Sedangkan untuk PLTS umumnya menggunakan sekunder. Contoh beterei yang cocok digunakan pada PLTS yaitu beterei VRLA AGM yang sering kali di sebut dengan aki kering. Kelebihan aki VRLA ini adalah uap yang keluar sangat sedikit, dan tidak perlu melakukan penambahan cairan atau elektolyte waktu penggunaan baterai (Gurung, dan Qiao, 2019).

Inverter adalah perangkat elektronika daya yang mengkonversi tegangan DC menjadi tegangan AC (Amrouche, dkk, 2019). Sensor INA219 adalah sebuah modul sensor yang digunakan untuk mengukur arus dan tegangan DC. Sensor ini berkerja dengan daya masukan 3-5,5 VDC (Botero-Valencia, dkk, 2022).

Modul PZEM-004T adalah sebuah modul sensor yang berfungsi untuk mengukur arus, tegangan dan daya yang terdapat pada sebuah aliran listrik AC. Modul ini dilengkapi dengan sensor tegangan dan sensor arus yang sudah terintegrasi (Adiwiranto, dan Waluyo, 2021).

ESP32 Devkit V1 adalah salah satu mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif System*. ESP32 ini merupakan penerus dari mikrokontroller ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dan ditambah

Rancang Bangun Monitoring Arus dan Tegangan Pada PLTS Sistem On Grid Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram

dengan BLE (*Bluetooth Low Energy*) dalam chip sehingga sangat mendukung dan dapat menjadi pilihan bagus untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things* (Guevara, dkk, 2022).

Arduino IDE adalah software yang digunakan untuk membuat sketch pemrograman atau dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada board yang ingin diprogram seperti mikrokontroler ESP32 (Gasparic, dkk, 2019). *Internet of Things* (IoT) adalah jaringan yang menghubungkan berbagai objek yang memiliki pengenalan dan alamat IP, sehingga mereka dapat saling berkomunikasi dan bertukar informasi. Objek di IoT dapat menggunakan atau menghasilkan layanan dan kerja sama untuk mencapai tujuan bersama (Atzori, dkk, 2019). Telegram adalah salah satu perkembangan dari IoT. Aplikasi Telegram merupakan software perpesanan yang berfokus pada keamanan, kecepatan, simple, dan gratis. Kelebihan Telegram juga dapat difungsikan dibanyak perangkat mobile secara bersamaan. Selain itu Telegram juga menyediakan wadah bagi pengembang yang ingin memanfaatkan *Open API* (*Application Programming Interface*) dan Protokol yang disediakan melalui pengembangan Telegram *bot* pada *web* resminya. Telegram terdapat fitur *bot* API yang merupakan salah satu fitur pihak ketiga yang beroperasi di dalam aplikasi Telegram. *User* dapat berinteraksi dengan *bot* dengan mengirimkan pesan pada *bot* yang berupa perintah yang telah diatur oleh *user bot* (Ayu, dkk, 2022).

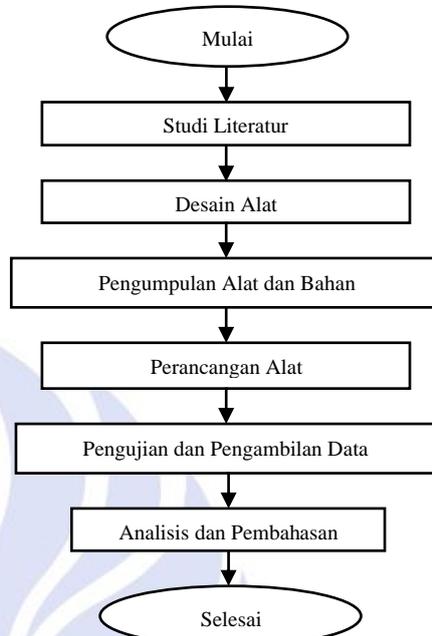
Penelitian tentang PLTS *On Grid* sebelumnya telah dilakukan oleh Hutajulu, dkk (2021). Dan penelitian tentang monitoring arus dan tegangan berbasis IoT menggunakan aplikasi Telegram juga telah dilakukan oleh Zaini, dan Bachrudin (2020). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan rancang bangun monitoring PLTS sistem *On Grid* berbasis IoT menggunakan aplikasi Telegram agar dapat mempermudah dalam pemantauan kondisi PLTS.

METODE PENELITIAN

Analisis Penelitian

Metode yang digunakan adalah jenis pendekatan eksperimen dengan pengumpulan data melalui pengujian monitoring arus dan tegangan menggunakan aplikasi Telegram. Rancangan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian dimulai dengan menganalisa masalah dengan cara studi literatur yaitu mencari penelitian yang relevan terhadap alat yang akan dibuat, kemudian membuat

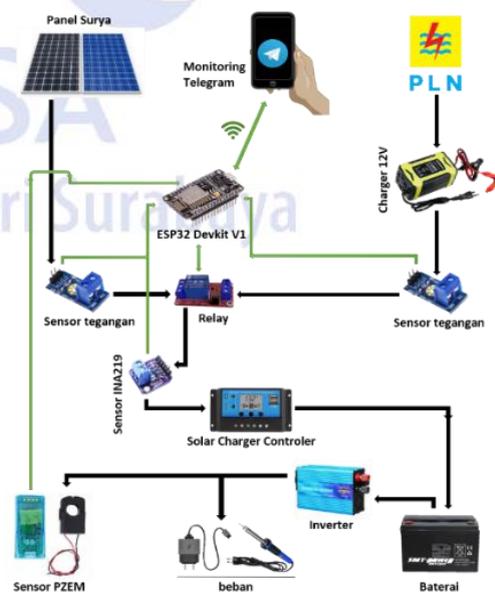
desain alat, dilanjutkan dengan pengumpulan alat dan bahan, kemudian dilakukan rancang alat, dilanjutkan dengan melakukan pengujian dan pengumpulan data, yang terakhir adalah melakukan analisis dan pembahasan terhadap hasil pengujian alat.



Gambar 1. Diagram Blok Rancangan Penelitian

Desain Alat

Pada Gambar 2 merupakan perancangan desain yang disesuaikan dengan tujuan penelitian, yaitu membuat rangkaian PLTS sistem *On Grid* PLN berbasis IoT yang dapat dimonitoring arus dan tegangannya menggunakan aplikasi Telegram.

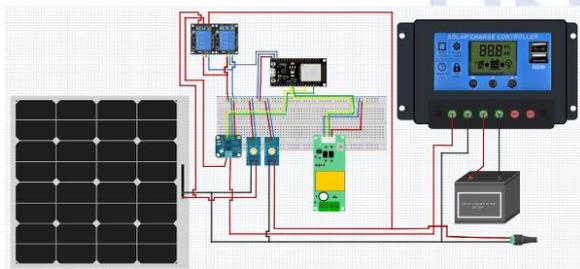


Gambar 2. Desain Alat

Pada Gambar 2 terdapat dua warna jalur, (1) jalur warna hitam merupakan proses aliran listrik mulai dari sumber sampai ke beban, dan (2) jalur warna hijau merupakan proses untuk memonitoring arus dan tegangan mulai dari pengambilan data sensor sampai ke aplikasi Telegram.

Panel surya berperan sebagai sumber energi utama dan PLN sebagai sumber cadangan yang dihubungkan menggunakan *charger* 12V. Sensor tegangan berfungsi untuk membaca tegangan, data tegangan tersebut dikirimkan ke mikrokontroler. Pada saat tegangan dari panel surya yang dideteksi oleh sensor tegangan menurun dibawah 12V maka mikrokontroler memerintahkan relay untuk memindahkan sumber energi utama ke sumber energi cadangan. Sensor INA219 berfungsi untuk membaca arus dan tegangan DC *input* dan data tersebut dikirimkan ke mikrokontroler.

SCC berfungsi sebagai proteksi akibat *overcharging* dan kelebihan voltase dari panel surya. SCC juga mengatur arus dan tegangan yang masuk ke inverter, inverter adalah perangkat elektronika daya yang dapat mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC agar dapat menghidupkan beban AC seperti solder dan lem tembak elektrik. Sensor PZEM-004T berfungsi untuk mengukur arus dan tegangan output dari inverter, data arus dan tegangan tersebut dikirimkan ke mikrokontroler. Setelah semua data didapatkan mikrokontroler (ESP32), lalu data tersebut dikirimkan ke aplikasi Telegram dan dapat ditampilkan di aplikasi Telegram.

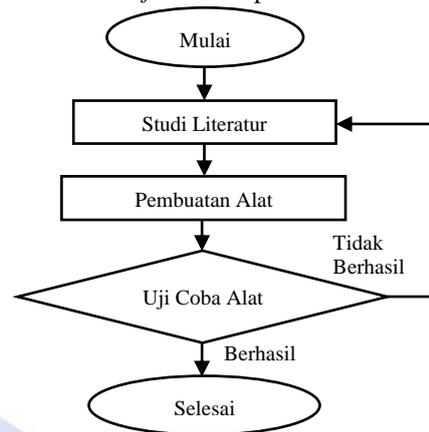


Gambar 3. Desain Pengkabelan

Pengembangan

Perancangan alat dimulai dengan studi literatur, yaitu mencari penelitian yang relevan terhadap alat yang akan dibuat. Setelah itu dilakukan pembuatan alat dan uji coba. Saat terjadi kesalahan pada tahap uji coba maka akan dilakukan kembali studi literatur, pembuatan alat, dan uji coba alat. Apabila uji coba alat berhasil maka perancangan selesai dan alat dapat diujicobakan. Perancangan alat yang akan dilakukan

ditunjukkan melalui *flowchart* pada Gambar 4.



Gambar 4. *Flowchart* Perancangan Alat

Setelah semua alat selesai rangkai dan di seting dengan benar, maka selanjutnya dilakukan pengujian terhadap kerja alat. Adapun pengujian yang dilakukan yaitu uji arus dan tegangan sumber, dan uji *output* inverter secara manual dan monitoring dengan aplikasi Telegram. Setelah melakukan pengujian tersebut maka selanjutnya adalah pengumpulan data. Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan dua cara yaitu : (1) mengukur arus dan tegangan *input* DC yang dibangkitkan oleh panel surya dan *charger* 12V, (2) mengukur arus dan tegangan AC keluaran dari inverter. Pengujian alat dan pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik di Gedung A8.02.13 dan *rooftop* Gedung A8 Unesa.

Hasil penelitian “*Rancang Bangun monitoring arus dan tegangan pada PLTS sistem On Grid Berbasis IoT menggunakan aplikasi Telegram*”. Menghasilkan *output* meliputi arus dan tegangan. Rancang bangun monitoring arus dan tegangan berbasis IoT yang berhasil dibuat ditunjukkan pada Gambar 5.



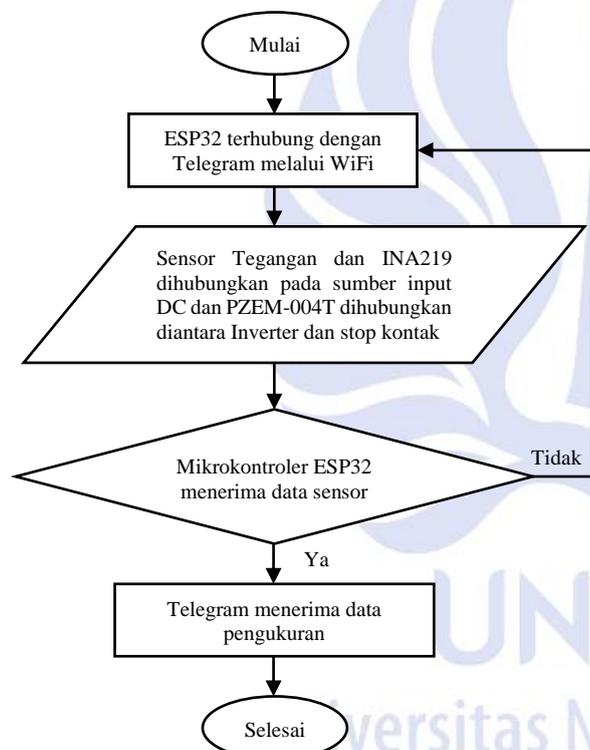
Gambar 5. Rangkaian PLTS *On Grid* berbasis IoT

Pada Gambar 5 merupakan tampilan alat yang sudah selesai dirakit dan siap untuk dijalankan. Penggunaan toolbox didalamnya terdapat SCC, Inverter, modul sensor, mikrokontroler, dan komponen-komponen pendukung

dalam perakitan rancang bangun monitoring arus dan tegangan PLTS berbasis IoT.

Implementasi

Pada Gambar 6 menunjukkan *flowchart* cara kerja mikrokontroler dan Telegram. Mikrokontroler dan aplikasi Telegram harus terkoneksi melalui Wifi terlebih dahulu sebelum dilakukan proses pembacaan data dari sensor. Data hasil pembacaan sensor tegangan, sensor INA219 yang terhubung dengan sumber listrik dan data hasil pembacaan sensor PZEM yang terletak diantara Inverter dan stop kontak dihubungkan menuju ke mikrokontroler. Data pada mikrokontroler berupa data analog yang akan dikirimkan menuju jaringan ESP32 dan diubah menjadi data digital. Data hasil pembacaan sensor yang telah dirubah akan ditampilkan pada Telegram.



Gambar 6. Flowchart Cara Kerja Mikrokontroler dan Telegram

Evaluasi

Setelah dilakukan tahap analisis penelitian dan tahap implementasi, selanjutnya dilakukan tahap evaluasi. Pada tahap evaluasi, perancangan yang dibuat akan diujicoba untuk mengetahui arus dan tegangan yang dibangkitkan oleh panel surya dan *output* Inverter pada saat stop kontak diberi beban.

Rancang bangun monitoring arus dan tegangan PLTS berbasis IoT bergantung pada koneksi internet. Data hasil pembacaan sensor tidak akan dibaca pada aplikasi Telegram ketika ESP32 tidak terhubung dengan koneksi internet.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada kondisi cerah dan panas, panel surya dapat menyerap energi matahari menjadi energi listrik dan *output* panel dialirkan menuju SCC. Selanjutnya dari SCC, output panel akan disimpan ke dalam baterai dan dapat langsung digunakan dengan beban DC atau dialirkan menuju Inverter agar dapat diubah menjadi listrik AC. Pengujian arus dan tegangan pada panel surya ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengukuran arus dan tegangan Panel Surya pada hari pertama.

Waktu	Panel Surya 20WP					
	Monitoring		Manual		Eror%	
	V	A	V	A	V	A
10:30	14,8	0,96	14,5	0,95	0,02%	0,01%
11:30	15,0	0,94	14,9	0,93	0,01%	0,01%
12:30	14,8	0,92	14,7	0,91	0,01%	0,01%
01:30	14,7	0,91	14,5	0,89	0,01%	0,02%
02:30	15,0	0,91	14,8	0,88	0,01%	0,03%

Pada Tabel 1 arus dan tegangan yang diperoleh dari *Solar Cell* sebesar 20WP pada pengukuran manual dengan multimeter mendapatkan rata-rata tegangan sebesar 14,68V serta arus sebesar 0,912A sementara pada sensor didapatkan rata-rata tegangan sebesar 14,86V dan arus sebesar 0,928A. Presentase rata-rata *error* antara multimeter dengan sensor didapatkan 0,014%.

Tabel 2. Hasil pengukuran arus dan tegangan Panel Surya pada hari kedua.

Waktu	Panel Surya 20WP					
	Monitoring		Manual		Eror%	
	V	A	V	A	V	A
10:30	14,5	0,82	14,3	0,81	0,01%	0,01%
11:30	14,8	0,89	14,5	0,87	0,02%	0,02%
12:30	15,3	0,93	15,0	0,92	0,02%	0,01%
01:30	14,9	0,92	14,8	0,90	0,01%	0,02%
02:30	14,6	0,88	14,4	0,87	0,01%	0,01%

Pada Tabel 2 arus dan tegangan yang diperoleh dari *Solar Cell* sebesar 20WP pada pengukuran manual dengan multimeter mendapatkan rata-rata tegangan sebesar 14,6V serta arus sebesar 0,874A sementara pada sensor didapatkan rata-rata tegangan sebesar 14,82V dan arus sebesar 0,888A. Presentase rata-rata *error* antara multimeter dengan sensor didapatkan 0,014%.

Pada Tabel 1 dan 2 merupakan hasil arus dan tegangan dari panel surya. Pengumpulan data dilakukan selama 2 hari dengan interval waktu 1 jam. Diukur secara manual dan monitoring. Kondisi cuaca saat pengumpulan data adalah cerah berawan sehingga arus dan tegangan panel yang dihasilkan tidak stabil.

Tabel 3. Hasil pengukuran arus dan tegangan *Output* Inverter dengan beban lem tembak elektrik 20W.

Menit	Output Inverter					
	Monitoring		Manual		Eror%	
	V	A	V	A	V	A
1	219,8	0,09	218,7	0,08	0,01%	0,12%
2	219,7	0,09	218,5	0,07	0,01%	0,29%
3	219,5	0,08	218,2	0,07	0,01%	0,14%
4	219,4	0,07	218,1	0,06	0,01%	0,17%
5	219,0	0,07	217,8	0,06	0,01%	0,17%



Gambar 7. Tampilan Aplikasi Telegram

Tabel 3 menunjukkan hasil arus dan tegangan *output* Inverter. Pengumpulan data dilakukan selama 5 menit dengan interval waktu 1 menit. Diukur secara manual dan monitoring. Dalam kondisi berbeban menggunakan lem tembak elektrik 20W. Arus dan tegangan yang dikeluarkan inverter pada pengukuran manual menggunakan multimeter mendapatkan rata-rata tegangan sebesar 218,26V serta arus sebesar 0,068A sementara pada sensor didapatkan rata-rata tegangan sebesar 219,48V dan arus sebesar 0,08A. Presentase rata-rata *error* antara multimeter dengan sensor didapatkan 0,094%.

Pada Gambar 7 menunjukkan cara pengoprasian monitoring arus dan tegangan menggunakan aplikasi Telegram. Untuk memulai monitoring kirim perintah /start, setelah itu bot telegram memberi pilihan (1) /tegangan_panel_surya (untuk menampilkan tegangan panel surya), (2) /kondisi_sumber (untuk menampilkan kondisi sumber saat ini beserta arus dan tegangan yang dihasilkan), (3) /beban_ac (untuk menampilkan arus dan tegangan *Output* Inverter).

SIMPULAN

Berdasarkan proses perancangan dan pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan¹ bahwa¹ rancang¹ bangun monitoring¹ arus dan¹ tegangan pada¹ PLTS sistem *On Grid* berbasis IoT dapat berfungsi sesuai dengan tujuan yaitu dapat mempermudah pemantauan arus dan tegangan pada PLTS. Rangkaian ini sangat efektif untuk digunakan pada rangkaian PLTS *On Grid*.

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tanpa beban¹ dan pengujian¹ berbeban. Pada¹ pengujian¹ tanpa beban¹ diperoleh hasil data tegangan panel mendapatkan rata-rata tegangan sebesar 14,84V serta arus sebesar 0,908A. Pada pengujian berbeban dengan beban lem tembak elektrik 20W terjadi penurunan arus dan tegangan aki rata-rata sebesar 0,01A 0.2V dengan interval waktu 1 menit. Hasil *output* Inverter mendapatkan rata-rata tegangan sebesar 218,26V serta arus sebesar 0,068A.

Hasil pembacaan arus dan tegangan yang dibaca oleh sensor berdasarkan data Telegram dengan pengukuran manual menggunakan multimeter tidak berbeda jauh. Nilai presentase rata-rata *error* antara multimeter dengan sensor arus tegangan DC didapatkan 0,14% dan arus tegangan AC didapatkan 0,094%.

DAFTAR PUSTAKA

Adiwiranto, Mohamad Nursamsi, dan Waluyo. Catur Budi. 2021. *Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Serta Estimasi Biaya Pada Peralatan Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things*. Electron: Scientific Journal of Electrical Engineering. Universitas Bangka Belitung.

Ahmad. Tanveer, dan Zhang. Dongdong. 2020. *A Critical Review of Comparative Global Historical Energy Consumption and Future Demand: The Story Told*

Rancang Bangun Monitoring Arus dan Tegangan Pada PLTS Sistem On Grid Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram

- So Far*. Energy Reports. Guangxi University.
- Al-Shetwi. Ali Q. 2022. *Sustainable Development of Renewable Energy Integrated Power Sector: Trends, Environmental Impacts, And Recent Challenges*. Science of The Total Environment. Fahad Bin Sultan University.
- Amrouche. S. O., Belhamel. M., Malek. A., dan Maafi. A.. 2019. *DC/AC Solar Inverter For Solar Applications*. In World Renewable Energy Congress. Université des sciences et de la technologie Houari-Boumediène.
- Atzori. Luigi, Iera. Antonio, dan Morabito. Giacomo. 2019. *The Internet of Things: A Survey*. Computer networks. University of Cagliari.
- Ayu. Humairoh Ratu, Suciwati. Sri Wahyu, Afriyani. Hapin, dan Syahputri. Dwina Nurizky. 2022. *Implementasi Teknologi dan Internet of Thing (IoT) Untuk Otomasi Penyiraman Tanaman Berbasis Telegram di SDN1 Triharjo*. Kaibon Abhinaya: Jurnal Pengabdian Masyarakat. Universitas Lampung.
- Bisoffi. Andrea, Forni. Fulvio, Lio. Da Mauro, dan Zaccarian. Luca. 2019. *Relay-Based Hybrid Control of Minimal-Order Mechanical Systems With Applications*. Automatica. University of Trento.
- Botero-Valencia. J. S., Mejia-Herrera. M., dan Pearce. J. M. 2022. *Low Cost Climate Station for Smart Agriculture Applications With Photovoltaic Energy and Wireless Communication*. HardwareX. Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Gasparic. Marko, Murphy. Gail C., dan Ricci. Francesco. 2019. *A Context Model for IDE-Based Recommendation Systems*. Journal of Systems and Software. University of Bozen-Bolzano.
- Gielen. Dolf, Boshell. Francisco, Saygin. Deger, Bazilian. Morgan D., Wagner. Nicholas, dan Gorini. Ricardo. 2019. *The Role of Renewable Energy In The Global Energy Transformation*. Energy Strategy Reviews. IRENA Innovation and Technology Centre.
- Guevara. Nelson E., Bolaños, Yamir H., Diago. Juan P., dan Segura. Juan M. 2022. *Development of A Low-Cost IoT System Based On LoRaWAN for Monitoring Variables Related to Electrical Energy Consumption in Low Voltage Networks*. HardwareX. Corporación Universitaria
- Autónoma del Cauca.
- Gurung. Ashim, dan Qiao. Qiquan. 2019. *Solar Charging Batteries: Advances, Challenges, and Opportunities*. Joule. South Dakota State University.
- Han. Zhifei, Hu. Jun, Li. Licheng, dan He. Jinliang. 2022. *Micro-Cantilever Electric Field Sensor Driven By Electrostatic Force*. Engineering. Tsinghua University.
- Hutajulu. Albert Gifson, Siregar. Masbah R., dan Pambudi. Mohammad Priyo. 2020. *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid di Ecopark Ancol*. TESLA: Jurnal Teknik Elektro. Universitas Tarumanagara.
- Liu. Zhibin, Liu. Boqian, Ding. Xiaoyin, dan Wang. Fei. 2022. *Research On Optimization of Energy Storage Regulation Model Considering Wind-Solar and Multi-Energy Complementary Intermittent Energy Interconnection*. Energy Reports. North China Institute of Aerospace Engineering.
- LokeshReddy. M., Kumar. P. P., Chandra. S. A. M., Babu. T. S., dan Rajasekar. N. 2019. *Comparative Study On Charge Controller Techniques For Solar PV System*. Energy Procedia. VIT University.
- Wijaya. Ade Riski, dan Lutfiyani. Zakia. 2021. *Rancang Bangun Prototype Kendali Motor Pompa Tendon Air Dengan Automatic Transfer Switch (ATS) PLTS dan PLN*. Jurnal Teknik Elektro Raflesia. Politeknik Rafflesia Curup.
- Yang. Xingbang, dan Pei. Xuan. 2022. *Hybrid System for Powering Unmanned Aerial Vehicles: Demonstration and Study Cases*. In Hybrid Technologies for Power Generation. Beihang University.
- Zaini. M., Safrudin. S., dan Bachrudin. M.. 2020. *Perancangan Sistem Monitoring Tegangan, Arus dan Frekuensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbasis IoT*. TESLA: Jurnal Teknik Elektro. Universitas Tarumanagara.
- Zhang. Haicheng, Zhang. Jiale, Zhou. Xiao, Shi. Qijia, Xu. Daolin, Sun. Ze, Ye. Lu, Wu. Bo. 2021. *Robust Performance Improvement of A Raft-Type Wave Energy Converter Using A Nonlinear Stiffness Mechanism*. International Journal of Mechanical Sciences. Hunan University.