

RANCANG BANGUN PENGUKURAN ARUS, TEGANGAN, DAYA PADA SISTEM SOLAR PANEL MENGGUNAKAN JARINGAN NIRKABEL

Pujianto^{1*}, Wasis Waskito Adi¹, Novan Akhiriyanto¹

¹Prodi Instrumentasi Kilang Politeknik Energi dan Mineral Akamigas jalan gajah mada no 36 Cepu. 58312

*E-mail: nama_pujianto1968@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan energi terbarukan seperti solar panel semakin berkembang pesat sebagai solusi untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil. Namun, untuk meningkatkan efisiensi dan pemantauan sistem solar panel, diperlukan pengukuran arus, tegangan, dan daya yang akurat. Penelitian ini merancang dan membangun sistem pengukuran arus, tegangan, dan daya pada solar panel dengan menggunakan jaringan nirkabel. Sistem ini terdiri dari sensor arus dan tegangan, mikrokontroler, dan modul komunikasi nirkabel. Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan ke server pusat untuk pemantauan dan analisis lebih lanjut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengukur arus, tegangan, dan daya dengan tingkat akurasi yang tinggi yaitu Hasil mengukur arus dengan akurasi hingga 98%, tegangan hingga 99%, dan daya hingga 97%. serta dapat diakses secara *real-time* melalui perangkat berbasis internet.

Kata kunci: *Cloud server, Esp 32, Solar Panel*

1. PENDAHULUAN

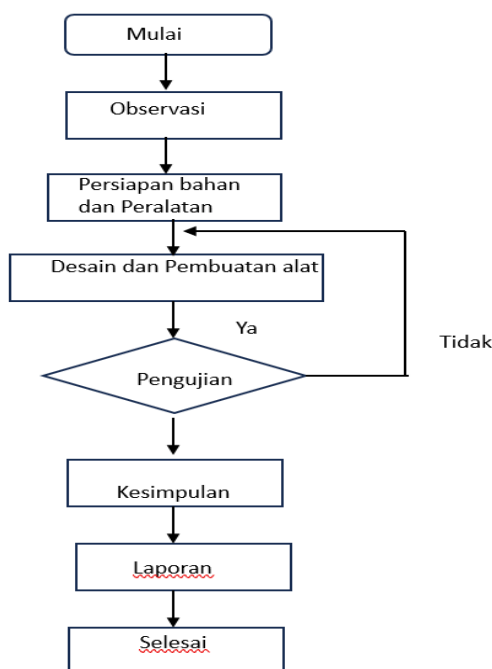
Saat ini banyak sekali pemanfaatan energi terbarukan digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat yang kebutuhannya semakin hari semakin meningkat. Salah satu pemanfaatan energi baru terbarukan adalah karena Pemanfaatan energi matahari menjadi energi listrik.[1] Energi Solar adalah salah satu pemanfaatan energi baru. Energi terbarukan saat ini sedang dikembangkan oleh Pemerintah Indonesia. Indonesia memiliki tingkat radiasi Matahari relatif tinggi, sehingga memiliki potensi untuk menjadi menghasilkan energi listrik. tingkat radiasi rata-rata Indonesia yaitu 4,8 kWh/m²/hari [2] sehingga kita bisa memanfaatkan sumber daya energi yang melimpah tersebut sebagai alternatif energi selain dari PLN. Untuk memanen energi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik, dibutuhkan piranti yang disebut solar panel/panel surya[3]. Untuk memastikan sistem solar panel beroperasi dengan optimal, perlu adanya pemantauan arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan. Pengukuran ini penting untuk mendeteksi adanya masalah dan untuk mengoptimalkan kinerja sistem[4],[5].

Sistem pemantauan konvensional sering kali menggunakan kabel yang memerlukan instalasi rumit dan biaya tinggi dan data hasilkan pengukuran belum bisa ditampilkan secara realtime serta belum tersimpan secara database. Peneliti sebelumnya pemantauan parameter panel surya berbasis arduino secara real time, namun hasil sistem akuisi data pengukuran yang terintegrasi pada spreadsheet excel menggunakan program aplikasi PLX-DAQ dan kartu memori sebagai penyimpan data [6], serta rancang bangun sistem memantau photovoltaik dengan kontrol node MCUESP8266[7]. Namun data pengukuran kurang cepat dan hanya menggunakan kontrol ESP 32. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan yang lebih efisien menggunakan jaringan nirkabel. Pada penelitian ini akan dirancang sebuah sistem yaitu controller ESP 32 yang saling terintegrasi dengan sensor dan bisa memonitoring arus, tegangan,

daya dan energi dari listrik DC yang dihasilkan oleh solar panel secara realtime serta bisa diakses secara web maupun mobile. semua data pengukuran yang terhubung ke sistem ini nanti akan di simpan dalam database dan terkoneksi dengan internet, kemudian data-data tadi bisa diakses menggunakan platform berbasis web ataupun android. Dan yang menjadi objek penelitian atau variabel penelitiannya adalah menampilkan hasil pembacaan sensor ke platform IoT serta merancang Grafik User Interface (GUI) untuk Monitoring Energi, Arus, Tegangan, dan daya dari PLTS menggunakan PHP dan MYSQL.

2. METODE

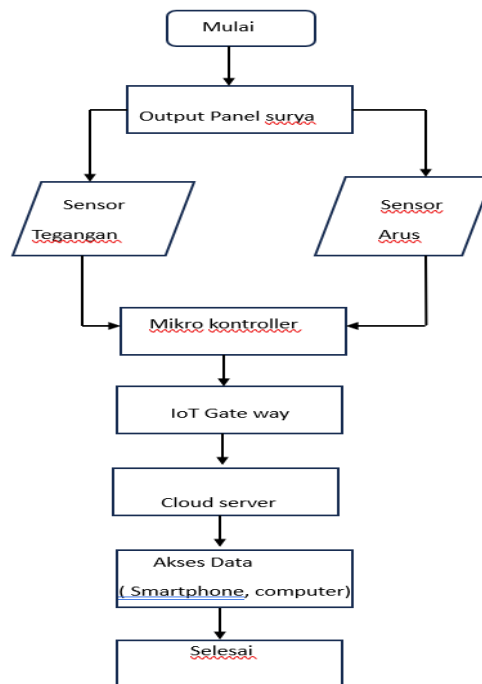
Pembahasan bagian ini meliputi perancangan perangkat keras berupa perangkat sensor dan node sensor nirkabel, perancangan perangkat lunak, dan pengujian ini dilakukan melalui beberapa tahapan utama, yaitu:[8]. Pengujian prototype di lakukan di laboratorium energi dengan sumber cahayanya menggunakan lampu 3 x 300 watt. Sedangkan diagram alir seperti terlihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alur

Tahapan pertama adalah Observasi, ini dilakukan sebagai dasar dalam merancang alat sistem monitoring arus, tegangan dan daya pada sistem solar panel menggunakan jaringan nirkabel. Tahapan ke dua adalah mempersiapkan alat dan bahan untuk mendukung pembuatan rancang bangun sistem monitoring arus, tegangan dan daya pada panel surya. Tahap berikutnya adalah pembuatan alat berupa hardware berupa prototype dan software yang mendukung penelitian tersebut. Pengujian alat mulai dari masing-masing alat sampai setelah di rangkai, dengan tujuan untuk mengetahui apakah alat yang dibuat sudah sesuai dengan yang diharapkan.[9] Jika belum, maka dilakukan perencanaan/ desain ulang. Selanjutnya tahap terakhir adalah kesimpulan dari rancang bangun pengukuran arus, tegangan dan daya pada panel surya.

Flowchart sistem secara detail seperti pada gambar 2 di bawah ini:



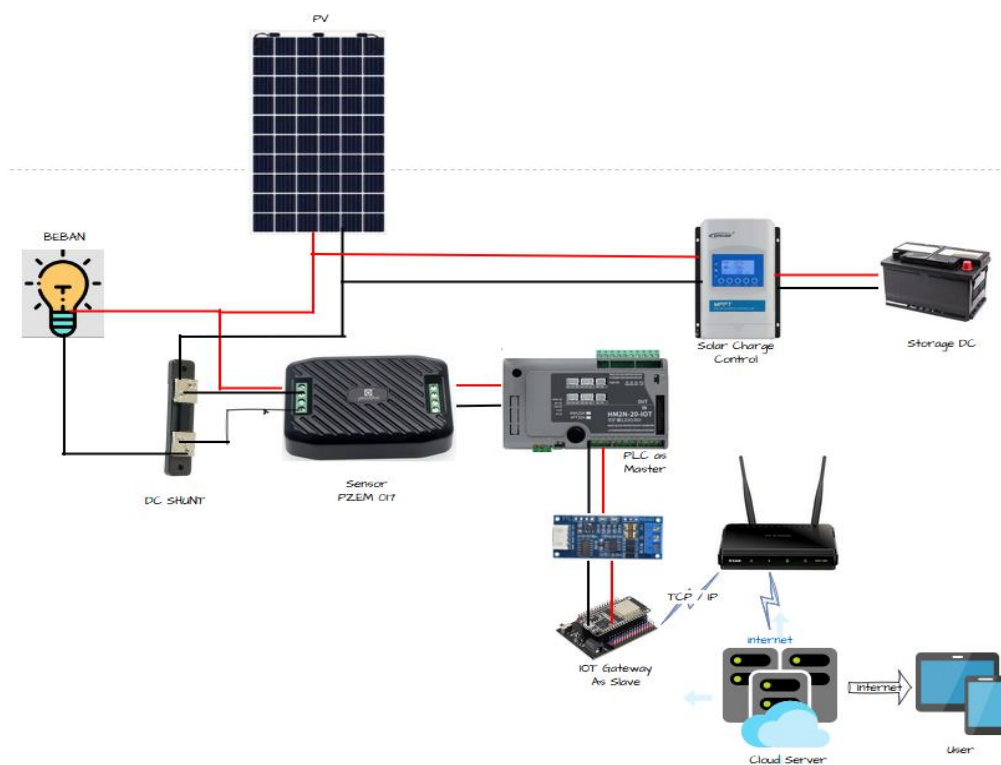
Gambar 2. Flowchart Sistem

Penjelasan Flowchart

1. Mulai
2. Output Panel surya (Arus dan tegangan)
3. Dibaca oleh Senso secara berkala mengambil data arus, tegangan, dan parameter lainnya dari panel surya.
4. Mikrokontroler Menerima Data: Mikrokontroler membaca data dari sensor.
5. Perhitungan Daya: Mikrokontroler melakukan perhitungan daya berdasarkan nilai arus dan tegangan yang didapat.
6. Pengiriman Data: Data hasil pengukuran (arus, tegangan, daya) dikirimkan melalui jaringan nirkabel ke perangkat penerima.
7. Cloud server tempat penyimpanan data-data arus, tegangan daya dan Energi
8. Perangkat Penerima: Perangkat penerima (komputer, smartphone) menerima data dan menampilkannya dalam bentuk yang mudah dipahami
9. Selesai

A. Perancangan sistem

Perancangan sistem terdapat 2 tahap bagian yaitu perancangan hardware dan software [10],[11].Pengukuran arus, tegangan, dan daya pada sistem solar panel menggunakan jaringan nirkabel dapat lihat pada gambar 3. Perancangan wiring sistem adalah perancangan penyambungan hardware secara keseluruhan [12]. Gambar 3 menggambarkan sebuah sistem tenaga surya yang dilengkapi dengan sistem pemantauan berbasis IoT (*Internet of Things*).



Gambar 3. Perencanaan Sistem

Cara Kerja Sistem

1. Pembangkitan Listrik: Panel surya menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik DC.
2. Pengisian Baterai: Listrik DC dari panel surya mengalir ke solar charge controller, yang kemudian mengatur pengisian baterai.
3. Penggunaan Listrik: Beban (lampu) terhubung ke baterai melalui solar charge controller. Ketika ada permintaan listrik, baterai akan memasok energi ke beban.
4. Pemantauan: Sensor PZEM mengukur parameter listrik pada beban dan mengirimkan data tersebut ke PLC.
5. Pengiriman Data: PLC mengumpulkan data dari PZEM dan mengirimkannya ke IoT gateway.
6. Penyimpanan Data: IoT gateway meneruskan data ke cloud server untuk disimpan dan dianalisis.
7. Akses Data: Pengguna dapat mengakses data yang tersimpan di cloud server melalui smartphone atau komputer

B. Langkah-langkah

1. Pemilihan Sensor:
 - Memilih sensor arus, tegangan, dan daya listrik yang sesuai dengan karakteristik panel surya dan memiliki protocol komunikasi modbus RS485.
 - Sensor yang digunakan adalah jenis PZEM 017 dengan mode komunikasi secara half duplex dengan boudrate 9600, 8 databit, parity none dan 1 stopbit.
2. Desain Sistem Pengukuran:
 - Mengintegrasikan sensor dengan solar panel dan controller ESP32
 - Melakukan setting dan konfigurasi pada cloud server
 - Membuat Grafik User Interface untuk menampilkan data-data hasil pengukuran.
3. Integrasi Jaringan Nirkabel:

- Mengintegrasikan node gateway ke cloud server
 - Memastikan keamanan dan kehandalan data melalui jaringan nirkabel.
4. Uji Coba dan Pemantauan:
 - Melakukan uji coba pada sistem pengukuran di lapangan dengan menggunakan panel surya sebenarnya.
 - Memantau kinerja sistem secara real-time.
 5. Analisa data meliputi:
 - Analisis Performa: Data dari pengujian dianalisis untuk mengevaluasi performa pengukuran, ketepatan pengiriman data, dan responsivitas platform pemantauan.
 - Identifikasi Masalah: Masalah-masalah yang ditemukan selama pengujian.

C. Desain Alat

Desain alat meliputi : Pembuatan rangka besi, Panel surya 2 buah masing masing 20 WP/ 12 Volt, PZEM 1 buah, MCB 2 buah,,Microkontroler 1 buah, Sensor arus, dan tegangan dan beban lampu 100 watt serta bantuan lampu 300 Watt sebagai sumber Cahaya pengganti matahari. Seperti terlihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Desain alat secara keseluruhan

3. PEMBAHASAN

A. Kalibrasi Sensor Arus dan Tegangan

Ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa alat ukur, seperti sensor arus dan tegangan, memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan. Dengan kalibrasi, kita dapat membandingkan nilai yang ditunjukkan oleh sensor dengan nilai yang sebenarnya dari besaran yang diukur. Dalam hal ini menggunakan alat ukur multimeter digital standart merk Fluke . Hasil dari pengujian adalah seperti pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Hasil pengujian sensor arus dan tegangan

No	Parameter yang diukur	Penunjukan		Hasil	Tingkat Kesalahan (%)	Keterangan
		Multimeter	Sensor			
1	Nilai Arus	1 Amp	0,998 Amp	0,002 Amp	0,02%	Sensor masih cukup akurat dalam mengukur arus.
2	Nilai Tegangan	12 Volt	12,01 Volt	0,01 Volt	0,08%	Sensor cukup akurat dalam mengukur tegangan.

B. Hasil desain prototype

Hasil desain prototype keseluruhan dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini. Gambar 5 adalah prototype penelitian rancang bangun pengukuran arus, tegangan dan daya pada panel surya menggunakan jaringan nirkabel menunjukkan sebuah sistem tenaga surya sederhana yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Sistem ini merupakan contoh penerapan teknologi energi terbarukan yang semakin populer saat ini.



Gambar 5. Prototype Hasil Penelitian

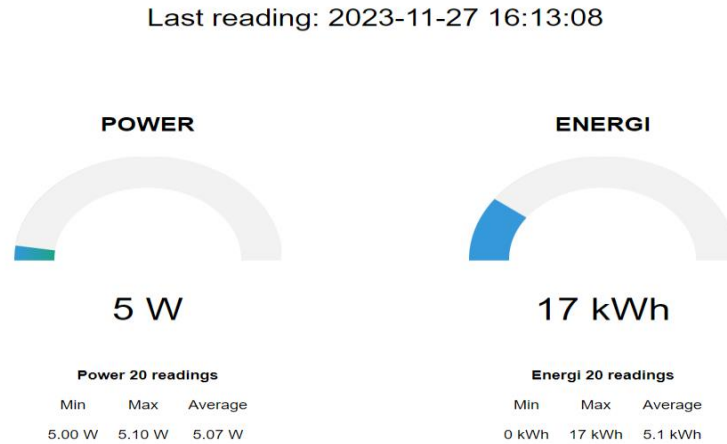
C. Hasil Penelitian

Monitoring pengukuran daya pada Photovoltaik seperti gambar 6 dibawah ini. Dari gambar tersebut didapatkan data bahwa daya yang dihasilkan pada saat pembacaan terakhir adalah 5 W, sedangkan total energi yang telah diakumulasi mencapai 17 kWh. Rentang daya berkisar dari 5 W hingga 5,10 W, dengan rata-rata 5,07 W, menunjukkan stabilitas sistem dalam menghasilkan daya meskipun nilainya relatif rendah.

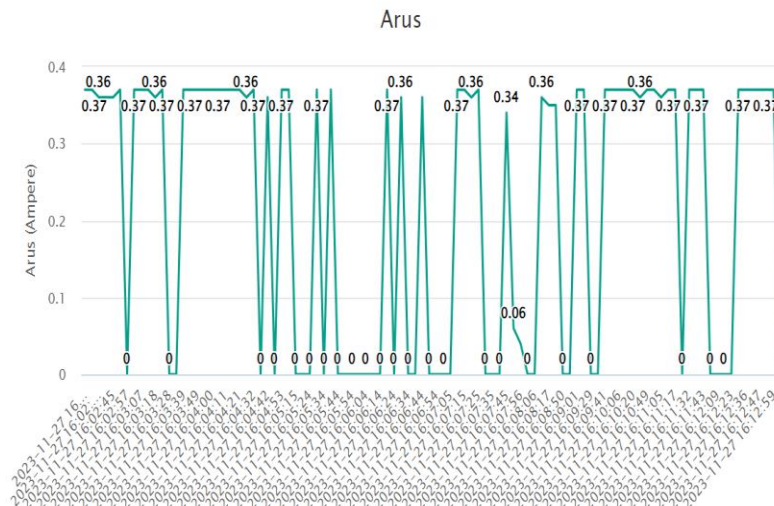
Daya yang dihasilkan saat ini menunjukkan bahwa sistem PV sedang berada dalam kondisi menghasilkan daya rendah, kemungkinan disebabkan oleh intensitas cahaya yang berkurang atau penurunan efisiensi. Namun, energi yang terkumpul menunjukkan adanya pemanenan daya secara konsisten seiring waktu.

Hasil monitoring arus seperti pada gambar 7 di bawah ini. Gambar 7 memperlihatkan perubahan arus yang dihasilkan oleh sistem PV dari waktu ke waktu. Terlihat adanya fluktuasi yang signifikan, dengan arus berkisar di sekitar 0,5 A hingga 0,6 A. Di beberapa titik, terjadi penurunan tajam nilai arus. Fluktuasi ini dapat menunjukkan variasi dalam intensitas cahaya

yang diterima oleh panel surya. Penurunan tajam mungkin terjadi karena gangguan mendadak, seperti bayangan atau awan yang menutupi sinar matahari. Meski ada penurunan sesekali, sistem masih dapat menghasilkan arus dengan konsistensi yang relatif baik di sebagian besar waktu.

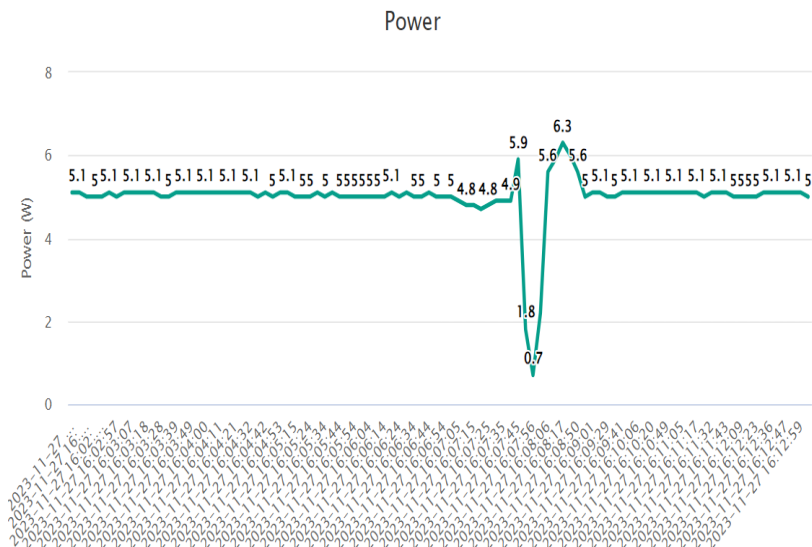


Gambar 6. Monitoring Pengukuran Daya, Energi pada PV



Gambar 7. Monitoring Arus pada PV

Hasil monitoring daya seperti pada gambar 8 di bawah ini. Pada gambar 8 memperlihatkan detail daya yang dihasilkan oleh PV dalam satuan Watt. Terlihat bahwa nilai daya berfluktuasi di sekitar 5 W, dengan beberapa titik ekstrem seperti penurunan daya tajam hingga 0 W di satu titik, dan peningkatan singkat hingga 6,3 W. Penurunan daya ke 0 W bisa disebabkan oleh kondisi lingkungan yang berubah secara drastis, seperti tertutupnya panel oleh bayangan. Namun, pemulihan daya ke nilai normal menunjukkan bahwa sistem tetap dapat beroperasi dengan baik setelah gangguan. Kenaikan singkat hingga 6,3 W mungkin merupakan respons dari panel ketika cahaya matahari menjadi lebih kuat untuk sementara waktu.



Gambar 8. Monitoring Daya pada PV

Baik daya maupun arus mengalami fluktuasi yang signifikan, terutama disebabkan oleh perubahan lingkungan, khususnya intensitas cahaya matahari yang mengenai panel surya. Penurunan dan peningkatan daya/arus yang drastis menunjukkan adanya faktor eksternal seperti bayangan, perubahan cuaca, atau posisi matahari.

Secara keseluruhan, meskipun terjadi fluktuasi, daya dan arus yang dihasilkan oleh sistem tetap berada pada rentang yang relatif konsisten. Energi yang diakumulasi (17 kWh) menunjukkan bahwa meskipun ada gangguan sesekali, sistem secara keseluruhan dapat mengumpulkan energi dalam jumlah yang baik selama operasi.

Berdasarkan fluktuasi ini, dapat disimpulkan bahwa sistem PV berjalan dengan efisiensi yang memadai, namun ada potensi peningkatan efisiensi, misalnya melalui pemeliharaan rutin, penyesuaian sudut panel, atau penerapan teknologi pelacakan matahari (solar tracker) untuk memaksimalkan penyerapan cahaya.

D. Daftar pembacaan sensor arus dan tegangan

Tabel 2 berikut adalah daftar pembacaan sensor 20 terakhir sensor PZEM (sensor arus dan tegangan). Dari tabel 2 ini, dapat melihat bahwa pengukuran dilakukan secara berulang dengan interval waktu yang relatif singkat. Ini menunjukkan bahwa sensor terus memantau kondisi listrik di lokasi tersebut. Nilai tegangan relatif stabil di sekitar 13.95 Volt, hal ini menunjukkan bahwa sumber tegangan di lokasi tersebut cukup stabil. Nilai arus bervariasi antara 0.00 Ampere dan 0.37 Ampere. Fluktuasi ini mungkin disebabkan oleh perubahan beban listrik di lokasi tersebut. Nilai daya umumnya rendah, mengindikasikan bahwa beban listrik yang terhubung dengan sensor tersebut relatif kecil.

Pengukuran arus, tegangan, dan daya dilakukan pada sistem solar panel dengan menggunakan sensor PZEM 017 untuk arus dan voltage divider untuk tegangan. Berikut adalah beberapa temuan utama dari hasil pengukuran:

1. Akurasi Pengukuran Arus dan Tegangan:
 - Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi arus dengan akurasi rata-rata sebesar 98% dibandingkan dengan alat ukur standar (multimeter digital). Hal ini menunjukkan bahwa sensor PZEM 017 mampu bekerja dengan baik dalam mengukur arus.

- Pengukuran tegangan juga menunjukkan hasil yang cukup akurat, dengan tingkat akurasi sebesar 99%. Voltage divider yang digunakan memberikan pengukuran tegangan yang stabil dan konsisten.

Tabel 2. Daftar Pembacaan 20 terakhir sensor

ID	Sensor	Location	Arus	Tegangan	Power	Energi	Timestamp
1542	PZEM	LAB	0.00	13.96	5.00	17	2023-11-27 16:13:08
1541	PZEM	LAB	0.37	13.96	5.10	0	2023-11-27 16:12:59
1540	PZEM	LAB	0.37	13.96	5.10	0	2023-11-27 16:12:53
1539	PZEM	LAB	0.37	13.96	5.10	0	2023-11-27 16:12:47
1538	PZEM	LAB	0.37	13.96	5.10	0	2023-11-27 16:12:42
1537	PZEM	LAB	0.37	13.96	5.10	0	2023-11-27 16:12:36
1536	PZEM	LAB	0.37	13.95	5.10	0	2023-11-27 16:12:30
1535	PZEM	LAB	0.00	13.96	5.00	17	2023-11-27 16:12:23
1534	PZEM	LAB	0.00	13.95	5.00	17	2023-11-27 16:12:17
1533	PZEM	LAB	0.00	13.95	5.00	17	2023-11-27 16:12:09
1532	PZEM	LAB	0.00	13.95	5.00	17	2023-11-27 16:11:55
1531	PZEM	LAB	0.37	13.95	5.10	0	2023-11-27 16:11:43
1530	PZEM	LAB	0.37	13.94	5.10	0	2023-11-27 16:11:38
1529	PZEM	LAB	0.37	13.94	5.10	0	2023-11-27 16:11:32
1528	PZEM	LAB	0.00	13.94	5.00	17	2023-11-27 16:11:26
1527	PZEM	LAB	0.37	13.94	5.10	0	2023-11-27 16:11:17
1526	PZEM	LAB	0.37	13.94	5.10	0	2023-11-27 16:11:11
1525	PZEM	LAB	0.36	13.94	5.10	0	2023-11-27 16:11:05
1524	PZEM	LAB	0.37	13.93	5.10	0	2023-11-27 16:10:59
1523	PZEM	LAB	0.37	13.93	5.10	0	2023-11-27 16:10:49

2. Pengukuran Daya:

- Hasil pengukuran daya menunjukkan bahwa sistem dapat memantau perubahan daya secara real-time dengan akurasi hingga 97%. Perubahan daya yang terjadi akibat variasi intensitas cahaya matahari dapat terpantau dengan baik.
- Pengujian pada kondisi siang hari dengan intensitas cahaya maksimum menunjukkan daya tertinggi yang dapat dihasilkan oleh solar panel.

E. Evaluasi Sistem Komunikasi Nirkabel

Jaringan Nirkabel disini digunakan untuk mengirim data dari jarak jauh tanpa kabel dan menghubungkan berbagai perangkat. Sistem komunikasi nirkabel yang digunakan jenis prosesor dari ESP32 dan sensor jenis PZEM-017. untuk mengirim data pengukuran ke platform pemantauan berbasis web. Beberapa aspek yang dievaluasi adalah:

1. Stabilitas Koneksi Nirkabel:

- Pengujian dilakukan dengan berbagai jarak antara mikrokontroler dan router WiFi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada jarak hingga 50 meter dalam kondisi tanpa halangan, koneksi tetap stabil dan data dapat dikirimkan tanpa adanya packet loss yang signifikan.
- Dalam kondisi terdapat halangan seperti dinding atau perangkat elektronik lainnya, terdapat sedikit penurunan kualitas sinyal. Namun, data masih dapat

dikirim dengan tingkat keandalan yang baik, yaitu sekitar 95% dari total data yang seharusnya dikirimkan.

2. Pemantauan *Real-Time*:

- Data yang diterima oleh server ditampilkan pada platform pemantauan dalam bentuk grafik yang memudahkan analisis. Pengguna dapat melihat perubahan arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan solar panel secara real-time

4. SIMPULAN

Rancang bangun sistem pengukuran arus, tegangan, dan daya listrik pada sistem panel surya dengan jaringan nirkabel berhasil memberikan hasil yang memuaskan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengukur arus dengan akurasi hingga 98%, tegangan hingga 99%, dan daya hingga 97%. Dengan keandalan dan akurasi yang teruji, sistem ini dapat diakses secara real-time, sehingga memudahkan pemantauan dan pengelolaan energi surya secara efisien. Keberhasilan implementasi ini membuka potensi pengembangan lebih lanjut dalam penerapan teknologi jaringan nirkabel pada sistem energi terbarukan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] "1.View of Sistem Monitoring Panel Surya Secara Realtime Berbasis Arduino Uno.pdf."
- [2] A. Bagus Suryanto, "2. View of Sistem Monitoring Panel Surya Berbasis Website.pdf." p. 18.
- [3] P. Gunoto, A. Rahmadi, and E. Susanti, "Perancangan Alat Sistem Monitoring Daya Panel Surya Berbasis Internet of Things," *Sigma Tek.*, vol. 5, no. 2, pp. 285–294, 2022, doi: 10.33373/sigmateknika.v5i2.4555.
- [4] T. Sutikno, J. Alfahri, and H. S. Purnama, "Monitoring Tegangan dan Arus Pada Panel Surya Menggunakan IoT," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 22, no. 1, p. 153, 2023, doi: 10.24843/mite.2023.v22i01.p20.
- [5] E. Unit Three Kartini, Bambang Suprianto, "Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis Internet of Things Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 3, pp. 371–378, 2022.
- [6] M. R. Fachri, I. D. Sara, and Y. Away, "Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 11, no. 4, p. 123, 2015, doi: 10.17529/jre.v11i3.2356.
- [7] A. D. Pangestu, F. Ardianto, and B. Alfaresi, "Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266," *J. Ampere*, vol. 4, no. 1, p. 187, 2019, doi: 10.31851/ampere.v4i1.2745.
- [8] W. Winasis, A. W. W. Nugraha, I. Rosyadi, and F. S. T. Nugroho, "Desain Sistem Monitoring Sistem Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 4, pp. 328–333, 2016, doi: 10.22146/jnteti.v5i4.281.
- [9] H. Suryawinata, D. Purwanti, and S. Sunardiyo, "Sistem Monitoring Pada Panel Surya Menggunakan Data Logger Berbasis Atmega 328 Dan Real Time Clock DS1307," *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 30–36, 2017.
- [10] R. Alfita, K. Joni, and F. D. Darmawan, "Design of Monitoring Battery Solar Power Plant and Load Control System based Internet of Things," *Teknik*, vol. 42, no. 1, pp. 35–44, 2021, doi: 10.14710/teknik.v42i1.29687.
- [11] N. A. Z. Putri, "Sistem Pendeteksi Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things (IoT)," vol. 5, no. 1, pp. 9–17, 2024.
- [12] M. Zaini, S. Safrudin, and M. Bachrudin, "Perancangan Sistem Monitoring Tegangan, Arus Dan Frekuensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbasis Iot," *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 2, p. 139, 2020, doi: 10.24912/tesla.v0i0.9081.