

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SOLAR PANEL ROOFTOP DENGAN PENDINGIN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER BERBASIS IOT

Oleh : Yusnan Badruzzaman¹, Aggie Brenda Vernandez², Septiantar Tebe Nursaputro³, Pangestuningtyas Diah Larasati⁴, Eriko Arvin Karuniawan⁵, Athaillah Ibnu Qodd⁶

^{1,2,4,5}Dosen Prodi S.Tr Teknologi Rekayasa Instalasi Listrik

³Dosen Prodi D3 Teknik Elektronika

⁶Mahasiswa S.Tr Teknologi Rekayasa Instalasi Listrik

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. Sudarto, Tembalang, Kec Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah

Email : yusnan.badruzzaman@polines.ac.id

Abstrak

Energi terbarukan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi fokus utama dalam mengatasi perubahan iklim dan meningkatkan keberlanjutan energi. Masalah yang perlu diatasi melibatkan pemantauan yang akurat terhadap produksi energi PLTS. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring PLTS berbasis Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan operasional PLTS. Sistem ini menggunakan mikrokontroler untuk mengumpulkan data dari sensor PZEM-017 dan PZEM-016, menampilkan parameter listrik dari PV, baterai, dan inverter secara real-time melalui aplikasi Blynk yang dapat diakses melalui smartphone atau PC. Hasil Interface yang ditampilkan aplikasi blynk menampilkan 15 value display yang menampilkan tegangan, arus dan daya PV1, PV2, baterai, tegangan, arus, daya energi, frekuensi dan power faktor output inverter. Dimana pada setiap pengukuran terdapat super chart yang berisi 3 pengukuran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam mengukur tegangan dan arus dengan error rata-rata yang rendah: PV1 (tegangan 1,5%, arus 2,1%), PV2 (tegangan 1,9%, arus 2,3%), baterai (tegangan 1,5%, arus 3,8%), dan output inverter (tegangan 0,7%, arus 0,9%). Faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi termasuk kualitas sensor, kondisi lingkungan, dan beban. Kinerja inverter bervariasi dengan efisiensi tertinggi 94,61% dan terendah 82,57%. Efisiensi pengisian baterai dari PV mencapai 87,41%, dan saat PV dan baterai bekerja bersama mencapai 92,91%.

Kata Kunci : Blynk, Error, IoT, Mikrokontroler, PV, Sistem monitoring,

1. Pendahuluan

Dalam beberapa dekade terakhir, energi terbarukan, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), telah menjadi fokus utama dalam upaya untuk mengatasi tantangan perubahan iklim dan meningkatkan keberlanjutan sumber energi. PLTS menawarkan potensi besar untuk menghasilkan energi bersih dan ramah lingkungan. Namun, efisiensi operasional dan kinerja yang optimal menjadi faktor krusial dalam memaksimalkan kontribusi PLTS terhadap kebutuhan energi global. (Erfan et al., 2024)

Pengembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membawa perubahan mendasar dalam cara kita memahami dan mengelola sistem energi. Integrasi IoT dengan PLTS menawarkan potensi untuk meningkatkan pengawasan, kontrol, dan pengelolaan operasional secara real-time. Sistem Monitoring PLTS berbasis IoT muncul sebagai solusi inovatif untuk mengatasi tantangan yang berkaitan dengan pemantauan yang akurat, manajemen sumber daya yang efisien, dan peningkatan keandalan operasional. (Cheddadi et al., 2020)

Beberapa masalah yang perlu diatasi melibatkan pemantauan yang akurat terhadap produksi energi PLTS, manajemen suhu

panel surya, pengoptimalan penggunaan baterai, dan respons cepat terhadap perubahan kondisi cuaca (Suryana, 2016). Dengan merancang dan membangun Sistem Monitoring dan Kontrol PLTS berbasis IoT, diharapkan akan diperoleh solusi yang dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi pemborosan energi, dan meningkatkan keandalan operasional PLTS.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan Sistem Monitoring dan Kontrol PLTS berbasis IoT sebagai solusi yang dapat memberikan dampak positif pada kinerja PLTS dan kontribusi keseluruhan terhadap keberlanjutan energi. Dengan melibatkan konsep-konsep terkini dalam IoT dan pengelolaan sumber daya, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pemahaman dan pengembangan teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja PLTS sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang berperan penting dalam masa depan energi global.

2. Metode Penelitian

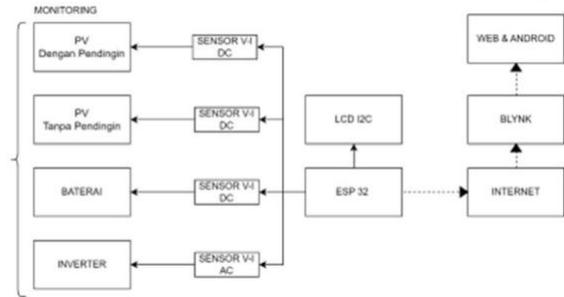
2.1 Tahapan Penelitian

Dalam kegiatan pelaksanaan pembuatan tugas akhir ini memiliki beberapa tahapan yaitu meliputi, tahap perancangan, tahap pengerjaan dan tahap pemasangan yang digambarkan dalam *flowchart* kegiatan berikut:



Gambar 1 Tahapan Penelitian

2.2 Perancangan Sistem IoT Monitoring



Gambar 2 Topologi sistem Monitoring

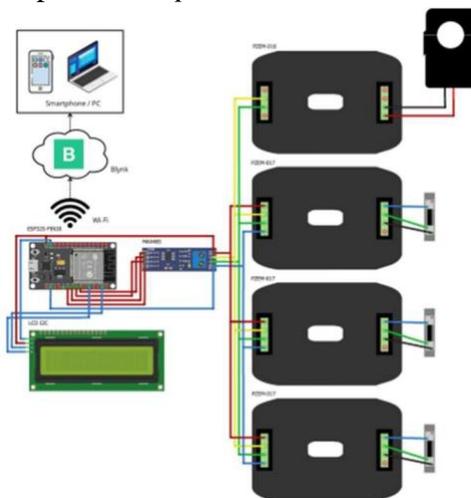
Sistem IoT PLTS yang akan dibuat, yaitu sistem monitoring daya dari PLTS yang telah dilengkapi dengan sistem pendinginan, yang dikelola melalui masing-masing mikrokontroler. Dalam sistem monitoring daya, terdapat alat ukur yang memonitoring daya dari PV dengan pendinginan, PV tanpa pendinginan, baterai, dan inverter. Sedangkan dalam monitoring pendingin, terdapat sensor yang memonitoring suhu dari PV dengan pendinginan, PV tanpa pendinginan. Kedua sistem tersebut akan dihubungkan melalui platform IoT Blynk, yang kemudian dapat diakses melalui web dan aplikasi Android. Selain itu, data dari sistem monitoring juga dapat dilihat secara langsung melalui LCD yang terpasang.

2.3 Desain Rangkaian Sistem Monitoring

Desain monitoring yang dibuat menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan empat buah sensor pengukuran, yaitu tiga PZEM-017 dan satu PZEM-016 yang ditransmisikan datanya melalui modul MAX485 menggunakan protokol RS-485 agar bisa mendukung konfigurasi *multi-drop* di mana beberapa perangkat dapat dihubungkan ke satu jalur komunikasi. Ini memungkinkan beberapa modul PZEM (PZEM-016 dan PZEM-017) dihubungkan dalam satu serial, dengan setiap modul memiliki alamat unik. Monitoring

dapat dilakukan dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk pada *smartphone* maupun PC. Selain itu monitoring juga dapat dilakukan secara langsung melalui display LCD.

Untuk menghubungkan ESP32 dengan Blynk, digunakan perangkat MiFi untuk mendapatkan akses jaringan internet. Dengan tehubungnya jaringan internet maka ESP32 dapat mengirim data monitoring seperti tegangan, arus, daya ,energi, dan suhu yang kemudian ditampilkan melalui aplikasi Blynk pada *smartphone* atau PC.

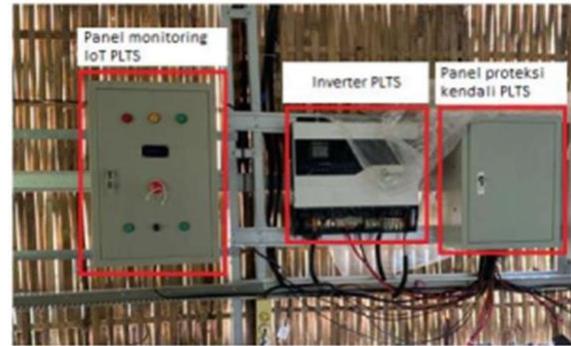


Gambar 3 Desain Rangkaian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Implementasi Hardware

Hasil implementasi hardware meliputi hasil pemasangan instalasi dan konfigurasi berbagai komponen utama yang digunakan dalam sistem monitoring IoT PLTS. Hasil implementasi *hardware* mencakup pemasangan perangkat panel monitoring IoT PLTS, perangkat pengukuran tegangan dan arus (PZEM-017 dan PZEM-016), modul komunikasi, serta perangkat display dan konektivitas IoT.



Gambar 4 Implementasi Hardware

Rangkaian mikrokontroler yang berada didalam panel monitoring IoT PLTS yang terdiri dari:

- 1) *Power supply* yang digunakan untuk menyuplay sistem dengan mengubah AC 220 V ke DC 5 V, sehingga sistem monitoring IoT dapat berkerja.
- 2) ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler utama yang bertanggung jawab untuk mengumpulkan, memproses, dan mengirim data dari berbagai sensor ke platform IoT.
- 3) MAX485 digunakan sebagai antarmuka komunikasi serial untuk memastikan transmisi data yang handal antara sensor pengukuran dan mikrokontroler ESP32.
- 4) PZEM-017 (0x001), digunakan sebagai sensor pengukuran tegangan dan arus pada PV1.
- 5) PZEM-017 (0x002), digunakan sebagai sensor pengukuran tegangan dan arus pada PV2.
- 6) PZEM-017 (0x003), digunakan sebagai sensor pengukuran tegangan dan arus pada baterai.
- 7) PZEM-016 (0x004), digunakan sebagai sensor pengukuran tegangan dan arus pada output inverter.
- 8) Resistor Shunt, digunakan untuk mengukur arus listrik yang mengalir pada PV1 dengan menciptakan penurunan tegangan kecil yang sebanding dengan arus yang mengalir melaluinya, memungkinkan sensor PZEM-017 (0x001) membaca tegangan tersebut dan menentukan besarnya arus.

- 9) Resistor Shunt, digunakan untuk mengukur arus listrik yang mengalir pada PV2, sehingga memungkinkan sensor PZEM-017 (0x002) membaca tegangan tersebut dan menentukan besarnya arus.
- 10) Resistor Shunt, digunakan untuk mengukur arus listrik yang mengalir pada Baterai, sehingga memungkinkan sensor PZEM-017 (0x003) membaca tegangan tersebut dan menentukan besarnya arus.
- 11) MCB DC baterai, digunakan untuk pengaman dan pemutus pengukuran pada baterai
- 12) MCB DC PV1, digunakan untuk pengaman dan pemutus pengukuran pada PV1
- 13) MCB DC PV2, digunakan untuk pengaman dan pemutus pengukuran pada PV2
- 14) MCB AC, digunakan untuk pengaman dan pemutus sistem monitoring IoT PLTS5

- 1. Tegangan, arus, daya dari PV1 dengan supert chart grafik pengukuran tersebut
- 2. Tegangan, arus, daya dari PV2 dengan dengan supert chart grafik pengukuran tersebut
- 3. Tegangan, arus, daya dari baterai dengan supert chart grafik pengukuran tersebut
- 4. Tegangan, arus, daya, energi, frekuensi dan power faktor dari output inverter dengan supert chart grafik pengukuran tersebut

3.3 Hasil Pengujian Akurasi

Error pengukuran antara sistem IoT dan alat ukur konvensional dibandingkan melalui tabel dan grafik. Mendapatkan hasil akhir error sebagai berikut:

Tabel 1 Pengujian Akurasi

NO	KOMPONEN	RATA-RATA ERROR V (%)	RATA-RATA ERROR I (%)	ERROR TERTINGGI V (%)	ERROR TERTINGGI I A (%)
1	PV1 Dengan Pendingin	1,5%	2,1%	4,4%	3,8%
2	PV2 Tanpa Pendingin	1,9%	2,3%	5,4%	8,7%
3	Baterai	1,5%	3,8%	3,9%	7,5%
4	Output Inverter	0,7%	0,9%	0,8%	2,0%

3.2 Hasil Impelementasi Monitoring Iot

Blynk adalah aplikasi yang berfungsi sebagai penyimpanan data dan menampilkan data pada smartphone dari pembacaan sensor yang telah di dapat pada PLTS. Data pengukuran yang terukur melalui sensor PZEM nantinya akan simpan dan ditampilkan melalui aplikasi Blynk.



Gambar 5 Grafik Tegangan Terhadap Waktu

Terdapat total 15 value dengan 7 super chart yang digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran yang didapat yaitu:

Hasil ini menunjukkan bahwasannya sensor pengukuran yang digunakan untuk memonitoring PV1 memiliki nilai rata-rata error tegangan 1,5% dan arus 2,1%, menunjukkan alat ukur sensor PZEM-017 memiliki tingkat akurasi yang baik. akan tetapi pada saat-saat tertentu error pengukuran bisa menjadi lebih tinggi yang disebabkan oleh faktor-faktor tertentu, dalam kasus ini pada sistem kerja PV terpasang dengan inverter berkondisi PV mengisi baterai dengan intensitas cahaya 900,3 W/m², pembacaan error tegangan mencapai 4,4% dan pembacaan arus terjadi pada kondisi sistem kerja PV terpasang dengan inverter berkondisi baterai full, yaitu sebesar 3,8%.

Hasil ini menunjukkan bahwasannya sensor pengukuran yang digunakan untuk memonitoring PV2 memiliki nilai rata-rata error tegangan 1,9% dan arus 2,3% , menunjukkan alat ukur sensor PZEM-017 memiliki tingkat akurasi yang baik. akan

tetapi pada saat-saat tertentu error pengukuran bisa menjadi lebih tinggi yang disebabkan oleh faktor-faktor tertentu, dalam kasus ini terjadi pada pembacaan error tertinggi terjadi pada sistem kerja PV terpasang *dummyload* berkondisi PV dengan suhu permukaan tinggi 55,2 °C, yaitu sebesar 5,4% dan pembacaan arus terjadi pada sistem kerja PV terpasang inverter berkondisi PV tanpa beban, yaitu sebesar 8.7%.

Hasil ini menunjukkan bahwasannya sensor pengukuran yang digunakan untuk memonitoring baterai memiliki nilai rata-rata error tegangan 1,5% dan arus 3,8% , menunjukkan alat ukur sensor PZEM-017 memiliki tingkat akurasi yang baik. akan tetapi pada saat-saat tertentu error pengukuran bisa menjadi lebih tinggi yang disebabkan oleh faktor-faktor tertentu, dalam kasus ini terjadi pada pembacaan error tertinggi terjadi pada sistem kerja baterai tanpa PV berkondisi baterai full dengan beban besar, yaitu sebesar 3,9% dan pembacaan arus terjadi pada sistem kerja baterai tanpa PV berkondisi baterai low dengan beban besar, yaitu sebesar 7,5%.

Hasil ini menunjukkan bahwasannya sensor pengukuran yang digunakan untuk memonitoring Output inverter memiliki nilai rata-rata error tegangan 0,7% dan arus 0,9% , menunjukkan alat ukur sensor PZEM-017 memiliki tingkat akurasi yang baik. akan tetapi pada saat-saat tertentu error pengukuran bisa menjadi lebih tinggi yang disebabkan oleh faktor-faktor tertentu, dalam kasus ini terjadi pada pembacaan error tertinggi terjadi pada kondisi Output Inverter dibebani dengan beban besar, yaitu sebesar 0,8%. dan pembacaan arus terjadi pada kondisi Output Inverter dibebani dengan beban kecil, yaitu sebesar 2,0%.

4. Kesimpulan

Sistem monitoring IoT PLTS yang dilengkapi dengan sistem pendinginan berhasil dirancang dan dibangun

menggunakan mikrokontroler. Semua komponen yang direncanakan berhasil diintegrasikan, termasuk sensor-sensor untuk monitoring. Sistem ini mampu mengukur dan menampilkan parameter penting dari PLTS, seperti tegangan, arus, dan daya pada PV, baterai dan inverter. Data ini dapat ditampilkan secara real-time dan dapat diakses melalui smartphone maupun PC dari aplikasi Blynk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT efektif dalam mengukur tegangan dan arus pada PV, baterai, dan output inverter. Error rata-rata yang tercatat adalah PV1 (tegangan 1,5%, arus 2,1%), PV2 (tegangan 1,9%, arus 2,3%), baterai (tegangan 1,5%, arus 3,8%), dan output inverter (tegangan 0,7%, arus 0,9%). Sensor PZEM-017 menunjukkan akurasi yang baik. Dari penelitian yang dilakukan, beberapa faktor yang mempengaruhi akurasi pengukuran sistem monitoring berbasis IoT yaitu kualitas sensor, kondisi lingkungan seperti cuaca maupun suhu yang berubah-ubah dan kondisi beban. Sensor seperti PZEM-017 memiliki akurasi yang baik akan tetapi jika dipengaruhi oleh kondisi operasi dan lingkungan error yang dihasilkan dapat meningkat, Perubahan ini dapat menyebabkan fluktuasi dalam hasil pengukuran. Pengujian kinerja inverter menunjukkan bahwa inverter memiliki efisiensi yang bervariasi tergantung pada kondisi operasi. Pada kondisi baterai tanpa PV dengan beban kecil, Efisiensi tertinggi dicapai saat baterai tanpa PV mengoperasikan beban besar, yaitu sebesar 94.6%, sementara efisiensi terendah terjadi saat baterai tanpa PV mengoperasikan beban kecil, yaitu sebesar 82.5%. Efisiensi pengisian baterai dari PV cukup baik dengan nilai 87.4%, dan efisiensi sistem saat PV dan baterai bekerja bersama untuk beban besar mencapai 92.9%, Berdasarkan standar industri, hasil efisiensi ini dianggap baik, terutama pada kondisi beban besar dan

kombinasi PV dan baterai. Aplikasi Blynk terbukti efektif dalam menampilkan data parameter seperti parameter pengukuran listrik secara real-time. Aplikasi ini memudahkan pemantauan dan memberikan akses langsung kepada pengguna untuk melihat kondisi sistem tanpa harus menggunakan alat ukur konvensional secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- Agam, M., & Kartini, U. T. (2019). Peramalan Daya Listrik PLTS On Grid Pada Rumah Tinggal Menggunakan Metode k-Nearest Neighbor Decomposition Feed Forward Neural Network Berdasarkan Data Meteorologi. *Teknik Elektro*, 9(October), 241–249.
- Artiyasa, M., Rostini, A. N., Junfithrana, A. P., Studi, P., Elektro, T., & Putra, U. N. (2020). Aplikasi smart home node mcu iot untuk blynk. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra* 7(1), 1–7.
- Espressif Systems. (2024). ESP32 Series.Datasheet. Shanghai.
- Chandra, S. D. (2016). Desain Dan Implementasi Protokol Modbus Untuk Sistem Antrian Terintegrasi Pada Pelayanan Surat Izin Mengemudi (Sim) Di Kepolisian Resort. Surabaya: Sepuluh Nopember Institute of Technology.
- Cheddadi, Y., Cheddadi, H., Cheddadi, F., Errahim, & Najia (2020). Design and implementation of an intelligent low-cost IoT solution for energy monitoring of photovoltaic stations. *SN Applied Sciences*, 2(7), 1–11.
- Dharma, I. P. L., Tansa, S., & Nasibu, I. Z. (2019). Perancangan Alat Pengendali Pintu Air Sawah Otomatis dengan SIM8001 Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik* 17(1), 40–56.
- Ermawati, PujiRahayui, & Faihatas (2017). Perbandingan Solusi Numerik Integral Lipat Dua Pada Fungsi Aljabar Dengan Metode Romberg Dan Simulasi Monte Carlo (1). *Jurnal Msa*, 5(1), 46–57.
- Fauzy, F., Areni, I. S., & Gunadin, I. C. (2022). Rancang Bangun Alat Telemetri Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis IoT. *Jurnal EKSITASI* 1(1).
- Gunoto, P., Rahmadi, A., & Susanti, E. (2022). Perancangan Alat Sistem Monitoring Daya Panel. *Jurnal Teknik Elektro UNISMUH* 5(2), 285–294.
- Hasan, D. A., & Ismaeel, A. (2020). Designing ECG Monitoring Healthcare System Based on Internet of Things Blynk Application. *JAST* 01(02), 106–111.