



Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Daya Berbasis Blynk pada Panel Alat Pengusir Burung Bertenaga Surya (Off Grid)

Mochammad Irsyad Nasrullah, Wildan Surya Wijaya

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

irsyasnasi91@gmail.com, wildansurya@unipasby.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi saat ini terjadi begitu cepat dan luas, menyentuh hampir ke semua aspek kehidupan manusia, termasuk pada teknologi tenaga surya dan internet of things (IOT). Perkembangan teknologi tenaga surya dan IOT menjadi primadona baru di bidang energi listrik, karena menawarkan energi listrik terbarukan yang ramah lingkungan dan efisien, terutama untuk daerah yang susah mendapatkan aliran listrik seperti daerah pertanian dan perikanan. Hal tersebut menjadi peluang bagi pemanfaatan tenaga surya dan IOT, karena sebagai negara yang mengandalkan perekonomiannya pada sektor pertanian dan perikanan, pemanfaatan tersebut mendorong upaya elektrifikasi di sektor tersebut. Indonesia sebagai negara yang mengandalkan sektor pertanian dan perikanan sebagai tulang punggung perekonomian, sudah seharusnya memanfaatkan perkembangan teknologi tenaga surya dan IOT untuk mengakselerasi produksi pangan nasional. Salah satu bentuk pemanfaatan teknologi tenaga surya dan IOT pada sektor pertanian adalah dengan membangun alat pengusir hama yang bertenaga surya dan menggunakan IOT untuk sistem monitoring kualitas dayanya. Alat tersebut dapat dipasang pada area persawahan maupun tambak ikan/udang dengan paparan matahari maksimal. Pemanfaatan tenaga surya pada alat pengendali hama di sektor pertanian dan perikanan sangat tepat, dikarenakan kondisi di lapangan yang tingginya intensitas cahaya matahari sehingga potensi energi listrik yang dihasilkan sangat besar. Namun, pemanfaatan tenaga surya sebagai sumber energi bagi alat pengendali hama memunculkan tantangan dalam monitoring dan perawatan untuk menjaga tingkat efisiensi energi yang dihasilkan sistem tenaga surya.

Kata kunci: PLTS, Alat Pengusir Burung, IoT, Monitoring Daya, Efisiensi Energi

Abstract

The rapid and widespread development of technology has affected almost every aspect of human life, including solar power technology and the Internet of Things (IoT). The development of solar power and IoT has emerged as a promising innovation in the electrical energy sector, as it offers renewable, environmentally friendly, and efficient energy, particularly for areas with limited access to electricity, such as agricultural and fisheries regions. This condition creates opportunities for the utilization of solar power and IoT, as Indonesia relies heavily on the agricultural and fisheries sectors as important contributors to its economy. Therefore, the implementation of these technologies can support electrification efforts in these sectors. As a country that depends on agriculture and fisheries as pillars of its economy, Indonesia should utilize advances in solar power and IoT technology to accelerate national food production. One example of applying solar power and IoT in agriculture is the development of a solar-powered pest repellent device equipped with an IoT-based system for monitoring its power quality. The device can be installed in rice fields, fish ponds, or shrimp ponds with maximum exposure to sunlight. The use of solar power for pest control devices in the agricultural and fisheries sectors is highly appropriate due to the high intensity of sunlight in these areas, which provides significant potential for electrical energy generation. However, using solar power as an energy source for pest control devices also presents challenges in monitoring and maintenance to maintain the efficiency of the energy generated by the solar power system.

Keywords: Solar Power Plant (PLTS), Bird Repellent Device, IoT, Power Monitoring, Energy Efficiency

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini terjadi begitu cepat dan luas, menyentuh hampir ke semua aspek kehidupan manusia, termasuk pada teknologi tenaga surya atau yang biasa disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Perkembangan PLTS menjadi primadona baru di bidang energi listrik, karena menawarkan energi listrik terbarukan yang ramah lingkungan dan efisien, terutama untuk sektor yang susah mendapatkan akses energi listrik seperti daerah pertanian dan perikanan.

Berdasarkan data statistik ketenagalistrikan, pada tahun 2024, total kapasitas pembangkit listrik secara nasional sebesar 100.649 MW. Adapun persentase kapasitas pembangkit listrik terbesar didominasi pembangkit listrik PLTU/MT sebesar 53,99%, PLTG 26%, PLTA 7%, PLTD 5% dan sisanya adalah pembangkit listrik tenaga lainnya. Transisi energi terbarukan menjadi sangat penting dikarenakan kapasitas pembangkit listrik terbesar masih didominasi pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) sebesar 53,99% yang menggunakan bahan bakar fosil atau batubara. Dimana penggunaan bahan bakar fosil tersebut dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dikarenakan bahan bakar tersebut menghasilkan limbah polusi udara, hujan asam serta emisi gas rumah kaca yang dapat memicu pemanasan dan perubahan iklim global.

PLTS merupakan pilihan terbaik pembangkit listrik energi terbarukan bagi sektor pertanian dan peternakan karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan pembangkit listrik energi terbarukan lainnya. Keunggulan utama PLTS meliputi ketersediaan energi matahari yang berlimpah di Indonesia dan relatif lebih ekonomis secara biaya pembangunan dibandingkan dengan pembangkit lainnya. Di sisi lain, biaya operasional dan biaya pemeliharanya juga relatif lebih ekonomis dan tidak memerlukan biaya transportasi sumber energinya. Dari sisi lingkungan, PLTS juga sangat ramah lingkungan karena minim limbah dan kerusakan lingkungan serta tidak menghasilkan emisi.

Menurut Kementerian ESDM (Statistik Ketenagalistrikan 2024), rasio elektrifikasi nasional listrik di Indonesia sudah mencapai 99,83 %. Rasio elektrifikasi sendiri diperoleh dari persentase perbandingan jumlah rumah tangga berlistrik dibagi dengan jumlah rumah tangga nasional. Namun, berbeda dengan elektrifikasi rumah tangga, upaya elektrifikasi di sektor perikanan belum menjadi *concern* serius dari pemerintah. Hal tersebut tentu menjadi potensi yang masih besar terkait banyaknya pelaku usaha di sektor perikanan yang belum merasakan manfaat elektrifikasi.

Indonesia sebagai negara yang mengandalkan sektor perikanan sebagai salah satu tulang punggung perekonomian, sudah seharusnya memanfaatkan perkembangan teknologi PLTS dan IOT untuk mengakselerasi produksi pangan nasional. Salah satu bentuk pemanfaatan teknologi tenaga surya dan IOT pada sektor pertanian adalah dengan membangun alat pengusir hama yang bertenaga surya dan menggunakan IOT untuk sistem monitoring kualitas dayanya. Alat tersebut dapat dipasang pada area maupun tambak ikan/udang dengan paparan matahari maksimal.

Upaya pemanfaatan teknologi tenaga surya dan IOT untuk alat pengendalian hama dipilih karena hama menjadi salah satu faktor permasalahan yang dihadapi oleh petani, baik perorangan maupun badan hukum pertanian. Berdasarkan data Survei Ekonomi Pertanian (SEP) 2024, sebanyak 55,03% usaha pertanian perorangan menganggap hama sebagai salah satu permasalahan produksi yang dihadapi. Sedangkan, sebanyak 49,54% perusahaan pertanian berbadan hukum juga menganggap hama sebagai permasalahan produksi yang dihadapi.

Menurut Ika Merianti dkk, hama yang umum menyerang pada budidaya ikan nila antara lain: *notonecta/bebeasan*, *ucrit/larva cypister*, katak, ular air, linsang dan burung. Salah satu hama yang cukup berpengaruh signifikan terhadap tingkat produksi ikan nila yaitu hama pemangsa (*predator*) burung. Adapun jenis burung yang paling banyak menyerang tambak ikan adalah bangau, kuntul, pelikan, cangkak, blekok dan belibis.

Pemanfaatan tenaga surya pada alat pengendali hama di sektor pertanian dan perikanan sangat tepat, dikarenakan lokasi yang jauh dari akses terhadap energi listrik dari PLN, serta kondisi di lapangan yang tinggi intensitas cahaya matahari sehingga potensi energi listrik yang dihasilkan sangat besar. Namun, pemanfaatan tenaga surya sebagai sumber energi bagi alat pengendali hama memunculkan tantangan dalam monitoring dan perawatannya. Hal tersebut berkaitan dengan tingkat keamanan dan kehandalan sistem, serta menjaga tingkat kualitas daya yang dihasilkan PLTS.

Kualitas daya pada sistem PLTS sangat dipengaruhi oleh cuaca dan kinerja komponen dalam sistem serta beban yang digunakan, seperti fluktuasi sinar matahari yang tidak stabil, komponen pengubah arus dalam inverter serta penggunaan beban induktif atau *switching*. Rendahnya kualitas daya pada sistem PLTS dapat berpengaruh pada sistem PLTS tersebut secara keseluruhan. Adapun dampaknya yaitu tingginya nilai *losses*, timbulnya arus berlebih serta memperpendek usia dan kehandalan komponen pada sistem.

Penelitian ini dibuat dengan tujuan untuk memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi alat pengendali hama menggunakan energi terbarukan yang terintegrasi dengan sistem monitoring kualitas daya. Sistem monitoring yang dibuat tidak hanya sebagai alat ukur, tetapi sebagai sistem evaluasi tingkat efisiensi

performa dan produksi energi yang dihasilkan sehingga alat pengendali hama tersebut dapat bekerja dengan aman dan handal.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun (prototype) yang bertujuan untuk merancang dan menguji sistem monitoring daya serta losses energi pada alat pengusir burung berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, perancangan sistem, pembuatan prototype, pengujian sistem, pengambilan data, dan analisis hasil pengukuran. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari berbagai referensi yang berkaitan dengan PLTS, panel surya, Solar Charge Controller (SCC), baterai VRLA, inverter, sensor PZEM-004T, mikrokontroler ESP32, kualitas daya, serta losses energi. Perancangan sistem dilakukan dengan mengintegrasikan panel surya SP050-18P berkapasitas 50 Wp, SCC PWM 20A, baterai VRLA 12 V 28 Ah, inverter 1.000 W, sensor PZEM-004T, NodeMCU ESP32, LCD TFT 1,8 inch, dan alat pengusir burung sebagai beban. Panel surya berfungsi menghasilkan energi listrik DC yang kemudian diatur oleh SCC dan disimpan pada baterai VRLA. Energi dari baterai selanjutnya dikonversi menjadi energi AC menggunakan inverter untuk menyuplai alat pengusir burung. Sistem monitoring menggunakan ESP32 sebagai pusat pengolahan data, sedangkan sensor tegangan dan arus digunakan untuk mengukur parameter listrik pada sisi panel dan baterai. Sensor PZEM-004T digunakan untuk mengukur parameter pada sisi keluaran inverter yang meliputi tegangan, arus, daya aktif, energi, frekuensi, dan faktor daya. Data hasil pengukuran dikirimkan ke ESP32 untuk diproses dan ditampilkan secara real-time melalui LCD TFT. Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan sistem pada kondisi beban yang telah ditentukan dan melakukan pengukuran secara berkala terhadap tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, daya semu, faktor daya, energi, serta losses. Data pengukuran pada sisi sumber, baterai, dan beban dibandingkan untuk mengetahui besarnya energi yang hilang selama proses konversi dan penyaluran energi. Nilai daya aktif dihitung berdasarkan hubungan antara tegangan, arus, dan faktor daya, sedangkan daya semu diperoleh dari hasil perkalian tegangan dan arus. Daya reaktif ditentukan berdasarkan hubungan daya aktif dan daya semu, sedangkan losses energi diperoleh dari selisih antara energi yang masuk ke sistem dan energi yang digunakan oleh beban. Efisiensi sistem dihitung dengan membandingkan energi keluaran terhadap energi masukan kemudian dikalikan seratus persen. Hasil pengukuran selanjutnya dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui karakteristik kualitas daya, kinerja sistem monitoring, serta tingkat losses energi yang terjadi pada sistem PLTS dalam menyuplai alat pengusir burung.

3. Hasil dan Pembahasan

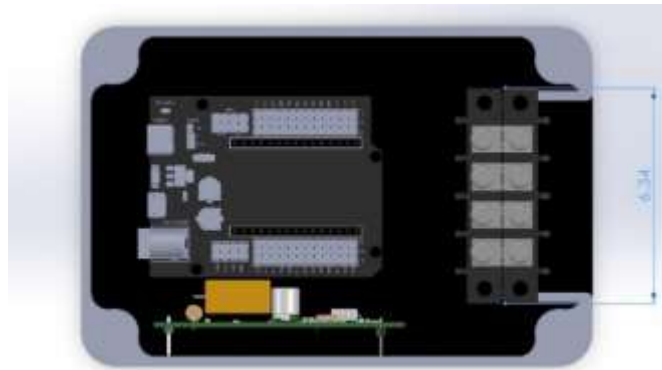
Hasil dan Evakuasi Produk

Pada tahap perancangan, alat monitoring kualitas daya berbasis Blynk pada panel alat pengusir burung bertenaga surya (*off - grid*) ini menggunakan ESP32 dipadukan dengan sensor PZEM – 004T bertujuan untuk mengukur kualitas daya dari sistem panel surya yang digunakan untuk menyuplai energi pada alat pengusir burung. Adapun parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas daya tersebut meliputi parameter tegangan, Arus, Cos Phi, Daya Aktif, Daya Reaktif, Daya Semu dan Losses Beban.

PZEM – 004T sebagai sensor multifungsi yang dapat mengukur parameter tersebut di atas, dapat mengukur secara real time dan memiliki tingkat akurasi tinggi. Oleh karena itu, PZEM – 004T digunakan pada penelitian ini untuk mengukur parameter yang kemudian dianalisa oleh ESP – 32. Setelah itu, data parameter yang telah dianalisa ditampilkan pada layar LCD dan *interface* di aplikasi Blynk.



Gambar 1. Desain Prototype



Gambar 2. Desain Prototype

Berdasarkan desain yang dirancang, sistem monitoring kualitas daya dirancang dalam satu kesatuan prototype yang terdiri dari box print 3D, ESP – 32, PZEM – 004T, *terminal block* dan layar LCD TFT. Penataan alat pada box ditujukan supaya alat terlindungi, praktis dan rapi serta mudah diimplementasikan pada sistem panel surya yang menyuplai energi untuk alat pengusir burung.

LCD TFT dipasang pada bagian luar box sebagai media monitoring lokal untuk menampilkan informasi berupa parameter tegangan, arus, cos phi, daya aktif, daya reaktif, daya semu dan losses beban. Modul ESP – 32 berfungsi menghubungkan sistem ke jaringan WiFi sehingga data dapat dipantau melalui aplikasi Blynk secara *real - time*.



Gambar 3 Dokumentasi Pengujian Alat

Setelah melalui proses perakitan dan pengujian dilakukan, alat monitoring kualitas daya dipastikan dapat bekerja dengan baik. Sistem dapat membaca tegangan, arus, cos phi, daya aktif, daya reaktif, daya semu dan losses beban serta menampilkannya pada layar dan *user interface* aplikasi Blynk.

Instalasi Sistem di Lokasi Tambak

Setelah alat yang telah dirancang dan dirakit, tahap selanjutnya adalah instalasi dan pengujian di lokasi. Lokasi yang dipilih merupakan area tambak ikan nila yang terletak di Desa Banjarpanji Kecamatan Tanggulangti Kabupaten Sidoarjo. Lokasi tersebut dipilih karena memiliki tingkat paparan sinar matahari yang maksimal sehingga dapat memaksimalkan kinerja panel *photovoltaic* untuk menghasilkan energi listrik dari sinar matahari. Di sisi lain, pada lokasi tambak tersebut terdapat banyak sekali burung yang mengganggu proses budidaya ikan karena burung – burung tersebut menjadikan ikan budidaya sebagai makanan utamanya.



Gambar 4. Lokasi Instalasi Panel Surya

Sebelum melakukan instalasi *alat*, terlebih dahulu dilakukan pembangunan sistem panel surya dan alat pengusir burung. Panel surya dipasangkan pada tiang yang dibuat dari pipa galvanised 2" yang telah di fabrikasi sehingga tinggal di pasang di lokasi. Pemasangan dilakukan dengan menggali lubang sedalam 50 cm, setelah tiang berdiri maka selanjutnya dilakukan pengecoran tiang supaya tiang dapat berdiri kokoh.

Setelah tiang berdiri, selanjutnya dilakukan instalasi kabel mulai dari panel surya hingga ke panel utama dan panel baterai. Selanjutnya, alat pengusir burung di pasang pada tiang tempat solar panel berada. Secara teknis, alat pengusir burung dipasang pada ketinggian ± 1.7 meter dan menghadap ke arah tambak ikan. Setelah alat pengusir burung terpasang, dilakukan instalasi dari panel utama dan panel baterai ke alat pengusir burung.

Alat yang telah dibuat selanjutnya dipasang pada samping box panel utama. Instalasi dilakukan dengan mempertimbangkan kerapihan dan keamanan dari box alat monitoring kualitas daya.

Pengujian Sistem Monitoring Kualitas Daya Berbasis Blynk

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur tingkat akurasi sensor dan kemampuan sistem dalam menampilkan hasil pembacaan sensor saat diimplementasikan pada alat pengusir burung bertenaga surya di lokasi tambak. Tampilan media monitoring pada penelitian ini terdapat dua media, yaitu monitoring lokal pada media LCD TFT dan monitoring jarak jauh berbasis Blynk yang dapat dilihat pada aplikasi di *smartphone*. Sedangkan parameter yang diuji meliputi tegangan, arus, cos phi, daya aktif, daya reaktif, daya semu dan losses beban. Parameter tersebut dipilih karena merupakan parameter penting yang memiliki pengaruh signifikan pada sistem energi panel surya.



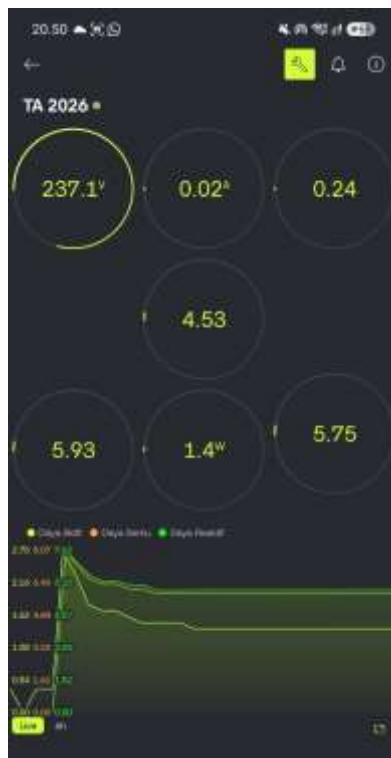
Gambar 5. Pengujian Alat di Lokasi Tambak

Pada pengujian ini, peneliti ingin mengetahui tingkat keberhasilan tampilan dari pembacaan sensor pada alat sistem monitoring kualitas daya. Parameter yang dilihat adalah keberhasilan LCD TFT dan aplikasi Blynk dalam menampilkan data hasil pembacaan sensor. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban alat pengusir burung pada sistem PLTS. Kemudian sensor PZEM – 004T akan bekerja dan mengirimkan data ke mikroprosesor ESP32 untuk ditampilkan. ESP32 kemudian menampilkan data tersebut secara lokal ke layar LCD TFT dan secara jarak jauh ke aplikasi Blynk melalui sambungan internet.



Gambar 6. Tampilan Lokal pada LCD TFT

Gambar 6 menunjukkan tampilan monitoring pada LCD TFT yang digunakan sebagai media monitoring tampilan lokal. Pada layar LCD TFT menampilkan hasil pembacaan sensor berupa data nilai tegangan, nilai arus, nilai power factor, nilai daya aktif, nilai daya reaktif, nilai daya semu dan nilai losses. Dari tampilan layar tersebut, pengguna di lokasi alat dapat mengetahui kondisi kualitas daya pada sistem PLTS saat beban bekerja atau menyala. Gambar di atas juga menunjukkan bahwa data hasil pembacaan sensor dapat ditampilkan oleh LCD dengan baik sesuai program yang telah dirancang.



Gambar 7. Tampilan Jarak Jauh pada Aplikasi Blynk

Gambar 7 menunjukkan tampilan dashboard pada aplikasi Blynk yang dapat diakses melalui *smartphone* android. Pada dashboard tersebut menampilkan data tentang nilai tegangan, nilai arus, nilai power factor, nilai daya reaktif, nilai daya aktif, nilai semu dan *losses* daya. Aplikasi Blynk memungkinkan pengguna untuk mengakses data secara real time dari jarak jauh sehingga tidak perlu berada di lokasi untuk mengetahui kondisi operasional dari sistem PLTS. Hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa data yang ditampilkan pada dashboard aplikasi Blynk sesuai dengan data yang diperoleh dari sensor sehingga sistem monitoring dapat dinyatakan berjalan dengan baik.

Tabel 1 Hasil Uji Monitoring

No	Parameter	LCD TFT	Blynk	Status
1	Nilai Tegangan	Tampil	Tampil	Berhasil
2	Nilai Arus	Tampil	Tampil	Berhasil
3	Nilai Power Factor	Tampil	Tampil	Berhasil
4	Nilai Daya Aktif	Tampil	Tampil	Berhasil
5	Nilai Daya Reaktif	Tampil	Tampil	Berhasil
6	Nilai Daya Semu	Tampil	Tampil	Berhasil
7	Nilai Losses	Tampil	Tampil	Berhasil
8	Pembaruan Data Real-time	Tampil	Tampil	Berhasil
9	Monitoring Jarak Jauh	Tidak	Ya	Berhasil

Berdasarkan Tabel 1 di atas, hasil pengujian menunjukkan bahwa data hasil pembacaan sensor PZEM – 004T dapat ditampilkan dengan baik oleh LCD TFT maupun pada dashboard aplikasi Blynk. Proses pembaruan data juga berlangsung secara real time, sehingga pengguna dapat memantau secara langsung baik melalui tampilan lokal pada LCD TFT maupun dari jarak jauh melalui dashboard Blynk. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fungsi tampilan untuk monitoring pada sistem telah berjalan dengan baik sesuai perancangan.

Pengujian Sensor Alat Monitoring Vs Alat Ukur Multimeter

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor PZEM – 004T dalam mengukur parameter yang telah ditentukan. Data dari sensor tersebut dibandingkan dengan data dan perhitungan yang diperoleh dari alat ukur multimeter sebagai pembanding. Pengambilan data dilakukan secara berkala dalam kurun waktu 10 menit. Pada pengujian ini juga dihitung nilai persentase error untuk mengetahui tingkat penyimpangan data (*error*) hasil pembacaan sensor dibanding dengan alat ukur multimeter. Dikarenakan data yang diambil untuk pengujian tidak terlalu banyak, maka toleransi tingkat error yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 20%. Berikut terlampir data hasil pengujian:

Tabel 2 Hasil Uji Tegangan, Arus dan Cos Phi

Menit ke	Tegangan			Arus			Cos Phi		
	Alat Ukur	Sensor	Error	Alat Ukur	Sensor	Error	Alat Ukur	Sensor	Error
1	234,50	236,80	0,98%	0,019	0,02	5,26%	0,16	0,17	6,25%
2	233,40	235,50	0,90%	0,019	0,02	5,26%	0,17	0,18	5,88%
3	234,40	235,90	0,64%	0,018	0,02	11,11%	0,17	0,17	0,00%
4	235,00	237,00	0,85%	0,018	0,02	11,11%	0,17	0,18	5,88%
5	234,00	236,90	1,24%	0,018	0,02	11,11%	0,18	0,19	5,56%
6	233,70	236,70	1,28%	0,017	0,02	17,65%	0,17	0,19	11,76%
7	234,00	236,40	1,03%	0,018	0,02	11,11%	0,18	0,17	5,56%
8	235,00	236,20	0,51%	0,019	0,02	5,26%	0,18	0,17	5,56%
9	233,40	236,10	1,16%	0,019	0,02	5,26%	0,18	0,19	5,56%
10	232,60	236,00	1,46%	0,018	0,02	11,11%	0,18	0,17	5,56%
Rata - Rata	234,00	236,35	1,00%	0,0183	0,02	9,43%	0,174	0,178	5,76%

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada 14 Juni 2026 pukul 11.20 – pukul 11.30, pada Tabel 4 di atas diperoleh nilai diperoleh data tegangan (*V*) pada alat ukur dengan rata – rata tegangan 234 V, sedangkan pada

sesnsor PZEM – 004T diperoleh nilai rata – rata tegangan sebesar 236,35 V dengan tingkat error sebesar 1%. Tingkat error sebesar 1% tersebut cukup kecil dan dapat disimpulkan data tegangan hasil dari pembacaan sensor pada alat monitoring mendekati nilai referensinya, yaitu alat ukur.

Pada penelitian ini, nilai error dihitung menggunakan nilai mutlak (absolute error) sehingga apabila hasil perhitungan menghasilkan nilai negatif, misal -0,98%, pada tabel dituliskan menjadi 0,98%. Penggunaan nilai mutlak tersebut bertujuan untuk menunjukkan besar penyimpangan antara hasil pengukuran sensor dan alat ukur tanpa memperhatikan arah selisih (positif atau negatif).

Selanjutnya, untuk data arus (I) pada tabel 4 di atas, rata – rata nilai arus pada alat ukur sebesar 0.18 A, sedangkan rata – rata nilai arus hasil pembacaan sensor PZEM – 004T diperoleh nilai sebesar 0.02 A dengan tingkat error nilai arus sebesar 9,43% atau berkisar antara 0,001A – 0,003A. Tingkat error sebesar 9,43% masih masuk dalam batas toleransi error sebesar 20%, sehingga data hasil dari pembacaan sensor bisa dikatakan mendekati nilai referensinya.

Nilai $\cos \phi$ atau *power factor* (PF) pada Tabel 4 di atas diperoleh nilai rata – rata $\cos \phi$ dari alat ukur sebesar 0,174 dan nilai rata – rata $\cos \phi$ dari sensor PZEM – 004T diperoleh nilai 0.178 dengan tingkat error sebesar 5,76%. Tingkat error tersebut juga masih dalam ambang batas toleransi erros, sehingga nilai *power factor* dinyatakan mendekati dengan nilai toleransinya.

Nilai *cos phi* atau *power factor* (PF) diperoleh dari perhitungan sebagai berikut:

$$PF = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Keterangan:

- $PF / \cos (\phi)$ = Faktor daya (tanpa satuan, nilai $0 \leq \text{PF} \leq 1$)
- P = Daya aktif (Watt, W)
- S = Daya semu (Volt-Ampere, VA)

Dari ketiga data parameter yang ditampilkan pada Tabel 4 di atas, ada parameter yang menjadi perhatian yaitu nilai parameter $\cos \phi$ atau *power factor* yang memiliki nilai 0.17 dimana nilai tersebut sangatlah kecil dan dapat menyebabkan penurunan kemampuan sistem PLTS dalam jangka panjang.

Tabel 3. Hasil Uji Daya Aktif, Reaktif, Semu dan Losses Beban

Menit ke	Daya Aktif			Daya Reaktif			Daya Semu			Losses Beban		
	Alat Ukur	Sensor	Error	Alat Ukur	Sensor	Error	Alat Ukur	Sensor	Error	Alat Ukur	Sensor	Error
1	0,9	0,80	11,11%	4,40	4,70	6,86%	4,46	5,00	12,22%	3,56	3,80	6,88%
2	0,8	0,80	0,00%	4,37	4,60	5,26%	4,43	4,70	5,98%	3,63	3,90	7,30%
3	0,9	1,00	11,11%	4,16	4,60	10,64%	4,22	4,70	11,40%	3,32	3,90	17,50%
4	0,8	0,80	0,00%	4,17	4,90	17,55%	4,23	4,70	11,11%	3,43	4,10	19,53%
5	0,8	0,80	0,00%	4,14	4,70	13,44%	4,21	4,70	11,59%	3,41	4,00	17,23%
6	0,8	0,90	12,50%	3,92	4,60	17,49%	3,97	4,70	18,30%	3,17	3,80	19,76%
7	0,7	0,80	14,29%	4,14	4,90	18,27%	4,21	4,70	11,59%	3,51	4,00	13,90%
8	0,9	1,00	11,11%	4,39	4,90	11,56%	4,47	5,00	11,98%	3,40	4,00	17,65%
9	0,7	0,70	0,00%	4,36	4,90	12,33%	4,43	5,00	12,75%	3,73	4,10	9,78%
10	0,7	0,80	14,29%	4,12	4,70	14,12%	4,19	4,70	12,26%	3,49	3,90	11,85%
Rata - Rata	0,8	0,84	7,44%	4,22	4,75	12,75%	4,28	4,79	11,92%	3,47	3,95	14,14%

Berdasarkan Tabel 3 di atas, dapat kita ketahui bahwa nilai rata – rata daya aktif dari alat ukur diperoleh nilai 0,8 W, sedangkan nilai rata – rata daya aktif dari sensor sebesar 0,84 W dengan tingkat error sebesar 7,44%. Nilai rata – rata daya reaktif dari alat ukur diperoleh nilai sebesar 4,22 VAR, sedangkan nilai rata – rata daya reaktif dari sensor sebesar 4,75 VAR dengan tingkat penyimpangan error sebesar 12,75% (selisih rata – rata sebesar 0,53 VAR). Nilai rata – rata daya semu pada alat ukur sebesar 4,28 VA, sedangkan nilai rata – rata daya semu hasil pembacaan sensor sebesar 4,79 VA dengan tingkat penyimpangan error sebesar 11,92% (selisih rata – rata sebesar 0,51 VA). Terakhir, nilai rata – rata *losses* beban hasil alat ukur sebesar 3,47 W, sedangkan nilai rata – rata *losses*

beban dari pembacaan sensor sebesar 3,95 W dengan tingkat penyimpangan error sebesar 14,14% (selisih rata – rata sebesar 0,48 W).

Adapun daya aktif dapat diperoleh dari perhitungan sebagai berikut:

$$P = V \times I \times \cos(\varphi)$$

Dimana :

- P = Daya aktif (Watt, W atau Kilowatt, kW)
- V = Tegangan Root Mean Square (Volt, V)
- I = Arus Root Mean Square (Ampere, A)
- $\cos(\varphi)$ = Faktor daya (power factor)
- φ = Sudut fasa antara tegangan dan arus

Sedangkan daya reaktif diperoleh melalui perhitungan berikut:

$$Q = S \cdot \sqrt{1 - pf^2}$$

Dimana :

- Q = Daya reaktif (Volt-Ampere Reactive, VAR atau kVAR)
- S = Daya semu (Volt-Ampere, VA atau kVA)
- pf = Faktor daya / $\cos(\varphi)$

Untuk *losses* beban dapat diketahui dari :

$$Losses = S - P$$

Dimana :

- S = Daya semu (Volt-Ampere, VA atau kVA)
- P = Daya aktif (Watt, W atau Kilowatt, kW)

Secara umum tingkat toleransi penyimpangan error dari data pada Tabel 4 dan Tabel 5 di atas berada di bawah ambang batas toleransi error pada penelitian ini, yaitu < 20%. Hal tersebut menandakan bahwa sistem monitoring kualitas daya ini dapat melakukan pembacaan parameter kualitas daya dengan tingkat akurasi yang baik. Dengan demikian sensor PZEM – 004T dapat digunakan untuk mengukur kualitas daya pada alat sistem monitoring kualitas daya pada alat pengusir burung bertenaga surya *off grid*.

Adapun perbedaan nilai hasil pembacaan dari alat ukur multimeter dan sensor PZEM – 004T dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama, perbedaan nilai hasil pembacaan tersebut dapat disebabkan karena adanya tingkat toleransi dan akurasi sensor, dimana alat multimeter terutama yang tipe *True RMS* memiliki tingkat presisi yang lebih tinggi. Faktor kedua yaitu kualitas kabel dan komponen yang dapat menyebabkan *noise*. Faktor ketiga yaitu resolusi kalibrasi, dimana PZEM memiliki settingan kalibrasi massal, berbeda dengan alat multimeter yang menggunakan standar laboratorium. Faktor terakhir yaitu fluktuasi beban *real time* dimana pembacaan pada alat ukur multimeter bisa dilakukan pada tingkat mikrodetik, berbeda dengan sensor PZEM.

Berdasarkan data pada Tabel 4 dan Tabel 5 di atas, dapat pula kita analisa parameter kualitas daya hasil pengukuran saat alat pengusir burung dan sistem PLTS di jalankan. Parameter yang kita jadikan acuan adalah fluktuasi tegangan, faktor daya dan *losses* beban. Pada nilai tegangan, hasil pembacaan alat ukur maupun sensor menunjukkan hasil yang cukup baik. Tidak ada fluktuasi signifikan pada nilai tegangan. Sehingga bisa dikatakan parameter fluktuasi tegangan memiliki nilai yang baik pada penelitian ini. Hal tersebut bisa disebabkan karena sistem PLTS memiliki komponen yang baik dan stabil serta beban yang digunakan tidak terlalu besar.

Parameter selanjutnya yaitu parameter $\cos \phi$ atau power factor. Hasil pengukuran parameter tersebut pada penelitian ini menunjukkan nilai yang sangat rendah yaitu rata – rata 0,17 atau 17%. Rendahnya nilai parameter $\cos \phi$ ini menjadi *concern* yang harus dianalisa. Hal tersebut dikarenakan nilai $\cos \phi$ yang rendah dapat menyebabkan pemborosan energi, penurunan efisiensi sistem kelistrikan dan memberikan dampak negatif bagi sistem PLTS dalam jangka panjang. Nilai $\cos \phi$ yang rendah dapat menyebabkan kenaikan suhu menjadi lebih

panas dan menyebabkan kerusakan pada komponen. Selain itu, dapat menyebabkan drop tegangan yang mengakibatkan peralatan listrik tidak dapat bekerja secara optimal dan efisien.

Rendahnya nilai $\cos \phi$ dapat disebabkan oleh penggunaan beban yang menggunakan adaptor dan pemakaian inverter. Penggunaan adaptor dapat menyebabkan distorsi harmonik akibat adanya komponen penyearah, *switching* dan beban non – linier. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang penyebab rendahnya nilai $\cos \phi$ dengan pendekatan *Total Harmonic Distortion* (THD) dan bagaimana mengatasi nilai $\cos \phi$ supaya baik, misal penggunaan kapasitor bank.

Pengujian Delay Tampilan Layar LCD TFT dan Dashboard Blynk

Pada pengujian ini peneliti ingin mengetahui adanya delay (keterlambatan) antara data yang ditampilkan pada LCD TFT dengan data yang ditampilkan pada *dashboard* aplikasi Blynk. Perbandingan dilakukan dengan mencatat waktu menggunakan stopwatch sebagai alat penghitung waktu, kemudian dibandingkan antara waktu yang tercatat saat menampilkan data pada LCD dan saat menampilkan data pada *dashboard* aplikasi Blynk. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali dengan metode memberikan input atau perubahan pada beban dan mencatat lama waktu respon tampilan pada masing – masing media. Pada pengujian ini diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4 Hasil Uji Delay Tampilan LCD & Dashboard Blynk

No.	Layar LCD TFT	Tampilan UI Blynk	Selisih
1	04.13	03.11	01.02
2	03.00	01.92	01.08
3	02.64	02.33	00.31
4	04.50	02.08	02.42
5	02.34	01.58	00.76
6	02.40	01.58	00.82
7	01.55	01.96	00.41
8	02.27	02.00	00.27
9	03.09	02.28	00.81
10	02.58	02.11	00.47
Rata - Rata	02.85	02.10	00.84

Berdasarkan pada Tabel 4 di atas, catatan waktu pengujian delay saat menampilkan data pada layar LCD TFT dan *dashboard* Blynk sangat bervariasi. Catatan waktu penampilan data pada LCD TFT berkisar antara 01.55 detik sampai dengan 04.13 detik, dengan rata – rata catatan waktu tampilan sebesar 02.85 detik. Sedangkan catatan waktu penampilan data pada *dashboard* Blynk berkisar antara 01.58 detik sampai dengan 03.11 detik, dengan rata – rata catatan waktu tampilan sebesar 02.10 detik.

Secara umum, tidak terdapat perbedaan signifikan antara waktu penampilan data pada media LCD TFT dengan *dashboard* Blynk. Terdapat nilai selisih sebesar 00.84 detik, lebih cepat catatan waktu pada penampilan data di *dashboard* Blynk daripada penampilan data pada LCD TFT. Catatan waktu pada penampilan *dashboard* Blynk dapat mencatatkan catatan lebih cepat dikarenakan arsitektur *cloud* Blynk yang lebih cepat merespon dibandingkan dengan ESP32 yang satu prosesor digunakan untuk *multitask* dengan asumsi kondisi sinyal internet cepat dan stabil.

Di sisi lain, jika mikrokontroler terlalu sibuk dengan program lain seperti membaca sensor, maka hal tersebut juga mempengaruhi proses dan waktu *refresh* dalam penampilan data pada LCD TFT. Delay pada LCD TFT dan *dashboard* Blynk dapat diminimalisir dengan melakukan kalibrasi ulang antara antara *hardware* dan aplikasi Blynk.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, pengujian, dan analisis pada sistem monitoring kualitas daya berbasis Blynk pada panel alat pengusir burung bertenaga surya (*off-grid*), dapat disimpulkan bahwa sistem telah berhasil dibangun dan diimplementasikan pada alat pengusir burung yang terpasang di lokasi tambak Desa

Banjarpanji, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo. Sistem mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-004T, LCD TFT, dan aplikasi Blynk sehingga proses monitoring kualitas daya dapat dilakukan secara real-time dan nirkabel dari jarak jauh. Sistem mampu membaca dan menampilkan parameter berupa tegangan, arus, $\cos \phi$, daya aktif, daya reaktif, daya semu, dan losses beban pada LCD TFT maupun *dashboard* Blynk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T memiliki tingkat penyimpangan pengukuran yang masih berada di bawah batas toleransi error yang ditetapkan, dengan rata-rata tegangan pada multimeter sebesar 234 V dan sensor sebesar 236,35 V dengan penyimpangan 1%, rata-rata $\cos \phi$ pada alat ukur sebesar 0,174 dan sensor sebesar 0,178 dengan penyimpangan 5,76%, serta rata-rata losses beban pada alat ukur sebesar 3,47 W dan sensor sebesar 3,95 W dengan penyimpangan 14,14%. Hasil monitoring menunjukkan bahwa tegangan berada pada kondisi relatif stabil, sedangkan nilai $\cos \phi$ yang rendah dan losses beban yang relatif tinggi menjadi perhatian terhadap kinerja sistem PLTS dalam jangka panjang, sehingga diperlukan upaya perbaikan faktor daya, salah satunya melalui penambahan *capacitor bank* atau penggunaan sumber daya DC yang lebih sesuai pada alat pengusir burung. Pengujian waktu tampilan menunjukkan bahwa rata-rata waktu tampilan pada LCD TFT sebesar 2,85 detik dan pada *dashboard* Blynk sebesar 2,10 detik dengan selisih 0,84 detik, sehingga sistem mampu memberikan pembaruan data secara real-time dengan jeda waktu yang relatif rendah. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem disarankan dilengkapi *fuse cut-off* sebagai proteksi terhadap korsleting dan gangguan sistem PLTS, penambahan *capacitor bank* untuk meningkatkan faktor daya, penggunaan parameter *Total Harmonic Distortion* (THD) untuk memperoleh analisis kualitas daya yang lebih komprehensif, serta penambahan fitur *virtual switch* dan sensor suhu agar kemampuan monitoring dan pengendalian sistem PLTS menjadi lebih optimal.

Reference

1. Abdulghani et al. 2025. "Analysis and Implementation of The Internet of Things (IoT) in The Development of Monitoring Solar Power Plants (PLTS) 600 WP". Jurnal Teknik Informatika (JUTIF) Vol. 5, No. 4, August 2024, pp. 673-684.
2. Akhmad Solikin, Wildan Surya, Alim Aktual Iman Qowiyah. 2025. "Implementasi Data Logger Menggunakan Sd Card Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tambak Udang Banjarasri Kecamatan Tanggulangin Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur." 15(2): 130-40.
3. Alfaridzi. 2024. "Analisis Perbandingan Integrated Performa Baterai VRLA 20 Ah Dengan Baterai Lithium-Ion 20 Ah Pada Photovoltaic System."
4. Alfarizi et al. 2025. "Prototype Alat Pengusir Hama Tikus Pada Tanaman Kacang Tanah Dengan Menggunakan Pir Motion Sensor Dan Aplikasi Blynk". JIKTIF: Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Vol. 2, No. 1, Juni 2025, pp. 195 - 202.
5. Andari, Rafika, Sitti Amalia, and Christyan Davis Tinambunan. 2022. "Sistem Monitoring Pengisian Baterai PLTS 100 Wp Menggunakan Sensor PZEM 004T Dan Sensor Tegangan DC." 22: 28-38.
6. Anwar, Salwin, Tri Artono, and A Fadli. 2019. "Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T." 3(1): 272-76.
7. Aripriharta et al. 2022. "Penerapan TTG Koceng 4.0 Sebagai Alat Pengusir Hama Tikus Bertenaga Surya untuk Perlindungan Hama di Desa Mitra Jatirejoyoso Kepanjen". Jurnal At Tamkin.
8. Dahliyah, Samsurizal, Nurmiati Pasra. 2021. "Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp." 11(2): 71-80.
9. Fauzi Fikran, Intan Sari, Indar C. 2022. Rancang Bangun Alat Telemetri Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis IoT. Jurnal EKSITASI Vol. 1 No. 1.
10. Hasrul, Rahmat. 2021. "Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif." 5(2): 79-87.
11. Melipurbowo, B G. 2016. "Pengukuran Daya Listrik Real Time Dengan Menggunakan Sensor Acs712." 12(1): 17-23.
12. Muliadi, dkk. *Alat Monitoring Ketinggian Air Laut Berbasis IOT dengan Nodemcu ESP32 dan HC-SR04*. Jurnal Kolaboratif Sains, Volume 6 Issue 7
13. Noer, Lissa Rosdiana dkk. 2019. "Pemanfaatan Alat Pengusir Burung Untuk Meningkatkan Produktifitas Pertanian di Kecamatan Sukilo Surabaya. Jurnal SEGAWATI DRPM ITS Vol. X No. X.
14. Nugroho, Dimas Adi. 2023. "Peningkatan Efisiensi Sistem PLTS Melalui Optimasi Susunan Array Panel Surya." ELTEK Journal. <https://jurnal.polinema.ac.id/index.php/eltek/article/view/3191>.
15. Oktivira, Annisa Laila and Nur Kholis. 2020. "Prototype Sistem Pengusir Hama Burung Dengan Catu Daya Hybrid Berbasis IOT." Jurnal Teknik Elektro Vol. 9 Nomor 01 Tahun 2020 735 - 741.
16. Putri, Amelia Ocktriviani et al. 2024. "Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Rumah 900VA Berbasis Arduino Uno Dan Node MCU ESP32 Melalui Aplikasi Blynk." : 24-25.
17. Rifaldi, Muhammad et al. 2023. "Analisis Efisiensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan." 1(1): 16-24.
18. Susanto, A., et al. 2025. "Analisis Kinerja Baterai VRLA pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid." *Jurnal Energi dan Kelistrikan*.
19. Tri Ongko Priyono, Guntur Prasetyo. 2022. "Rancang Bangun Sistem Monitoring Berbasis Iot Pada Panel Surya 20 Wp Menggunakan Arduino Mega 2560."
20. Qurnain et al. 2025. "Desain Pengendalian Hama Burung Menggunakan Sensor Berbasis Arduino Uno Pada Tanaman Padi (Oryza Sativa L.)." *Journal of Multidisciplinary Science and Natural Resource Management*. (2025) Vol: 01, Issue: 01.