

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PLTS DAN KONTROL PENYIRAMAN OTOMATIS BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32 DAN BLYNK

Malik Mulki Muhaimin; Dr. Agus Ulinuha, S.T., M.T
Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring dan kontrol berbasis Internet of Things (IoT) untuk mengoptimalkan kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi pada sistem penyiraman tanaman otomatis. Sistem menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama, sensor PZEM-017 untuk mengukur parameter kelistrikan berupa tegangan, arus, daya, energi, dan kondisi baterai, serta sensor kelembapan tanah sebagai dasar pengendalian pompa air secara otomatis. Data hasil pengukuran dikirimkan ke platform Blynk sehingga dapat dipantau melalui smartphone atau komputer, serta sistem memungkinkan pengendalian pompa air secara manual dari jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada pengujian pertama panel surya menghasilkan rata-rata 13,92 V, 1,74 A, dan 24,55 W, sedangkan baterai 13,64 V, 1,64 A, dan 22,55 W dengan daya maksimum panel 38,42 W. Pada pengujian kedua diperoleh rata-rata panel 16,04 V, 1,42 A, dan 23,03 W, sedangkan baterai 15,96 V, 1,46 A, dan 23,29 W dengan daya maksimum panel 31,62 W. Pada pengujian ketiga, keluaran panel menurun menjadi rata-rata 14,82 V, 0,98 A, dan 14,69 W, sedangkan baterai 15,07 V, 1,12 A, dan 16,86 W. Selama pengujian, tegangan baterai berada pada rentang 12,58–16,74 V. Perubahan keluaran panel dan baterai menunjukkan adanya variasi kondisi penyinaran dan kondisi operasi sistem selama pengujian. Pengujian penyiraman otomatis menunjukkan bahwa pompa aktif ketika kelembapan tanah berada pada kisaran 34–39% dan mati pada kisaran 44–86%, sehingga diperoleh batas kerja sekitar 40% sebagai ambang pengendalian penyiraman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat menjalankan fungsi monitoring parameter kelistrikan dan pengendalian penyiraman otomatis sesuai dengan rancangan. Sistem menggunakan ESP32, PZEM-017, sensor kelembapan tanah, dan Blynk untuk mendukung proses monitoring serta pengendalian pompa.

Kata kunci: Internet of Things (IoT), PLTS, ESP32, PZEM-017, sensor kelembapan tanah, penyiraman otomatis

Abstract

This study aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based monitoring and control system to optimize the performance of a Solar Power Plant (PV system) as the energy source for an automatic plant irrigation system. The system employs an ESP32 as the main controller, a PZEM-017 sensor to measure electrical parameters including voltage, current, power, energy, and battery condition, and a soil moisture sensor to automatically control the water pump. Measurement data are transmitted in real time to the Blynk platform, enabling monitoring through smartphones or computers as well as remote control of the DC water pump. The test results show that in the first test the solar panel produced average values of 13.92 V, 1.74 A, and 24.55 W, while the battery produced 13.64 V, 1.64 A, and 22.55 W, with a maximum panel power of 38.42 W. In the second test, the panel achieved average values of 16.04 V, 1.42 A, and 23.03 W, while the battery reached 15.96 V, 1.46 A, and 23.29 W, with a maximum panel power of 31.62 W. In the third test, the panel output decreased to 14.82 V, 0.98 A, and 14.69 W, while the battery produced 15.07 V, 1.12 A, and 16.86 W. Despite fluctuations in solar irradiance, the battery voltage remained relatively within the range of 12.58–16.74 V, indicating that the PV system was able to supply energy reliably. The automatic irrigation test showed that the pump was activated when soil moisture ranged from 34% to 39% and turned off when the moisture reached 44% to 86%, resulting in an operating threshold of approximately 40% for irrigation control. Test results indicate that the system can perform electrical parameter monitoring and automatic watering

control functions as designed. The system utilizes an ESP32, PZEM-017, soil moisture sensor, and Blynk to support the monitoring process and pump control.

Keywords: *Internet of Things (IoT), solar power plant, ESP32, PZEM-017, soil moisture sensor, automatic irrigation*

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu teknologi energi terbarukan yang memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan energi listrik. Pemanfaatan PLTS terus berkembang karena bersifat ramah lingkungan, memiliki biaya operasional yang relatif rendah, serta dapat diterapkan pada berbagai sektor, termasuk sektor pertanian. Indonesia sebagai negara yang berada di wilayah khatulistiwa memiliki potensi energi surya yang melimpah sehingga sangat mendukung pengembangan sistem berbasis PLTS untuk berbagai kebutuhan energi (Hasan & Serra Altinoluk, 2023). Agar energi surya yang tersedia dapat dimanfaatkan secara optimal, diperlukan komponen pengatur pengisian daya yang mampu mengelola proses penyaluran dan penyimpanan energi dengan baik. Kinerja SCC yang baik akan meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi surya dan memperpanjang umur baterai sehingga keandalan sistem PLTS dapat terjaga (Putra et al., 2023).

Pada sektor pertanian, kebutuhan air menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi pertumbuhan tanaman. Proses penyiraman yang masih dilakukan secara manual sering kali kurang efisien karena bergantung pada kehadiran operator dan tidak mempertimbangkan kondisi kelembapan tanah secara aktual. Selain itu, penggunaan sumber energi konvensional untuk mengoperasikan pompa air dapat meningkatkan biaya operasional. Oleh karena itu, pemanfaatan PLTS sebagai sumber energi untuk sistem penyiraman tanaman otomatis menjadi solusi yang menarik karena dapat mengurangi konsumsi energi listrik konvensional sekaligus mendukung konsep pertanian berkelanjutan (Ali et al., 2022).

Perkembangan teknologi *Internet of Things (IoT)* memungkinkan berbagai perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan monitoring dan kontrol secara real-time. Dalam aplikasi PLTS, teknologi *IoT* dapat dimanfaatkan untuk memantau parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, energi, dan kondisi baterai secara jarak jauh. Pengguna dapat mengakses informasi sistem melalui smartphone atau komputer sehingga proses pemantauan menjadi lebih mudah dan efisien (Gunoto et al., 2022). ESP32 merupakan salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem *IoT* karena telah dilengkapi modul Wi-Fi terintegrasi, memiliki kemampuan pemrosesan yang baik, serta biaya implementasi yang relatif rendah (Hercog et al., 2023).

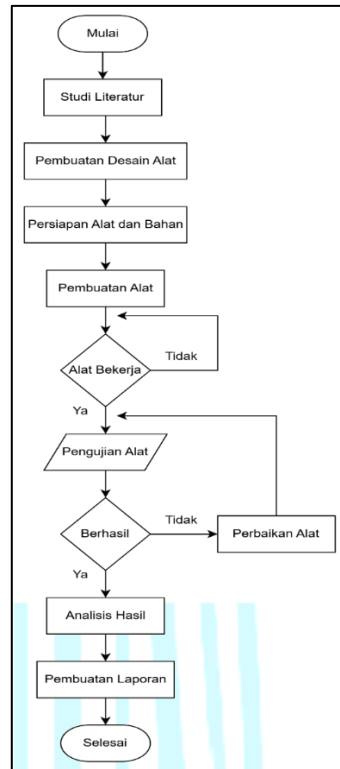
Pada penelitian ini, ESP32 digunakan untuk mengolah data dari sensor **PZEM-017** sebagai pemantau parameter kelistrikan DC dan sensor kelembapan tanah sebagai indikator kebutuhan penyiraman tanaman. Integrasi monitoring PLTS, kontrol SCC, dan sistem penyiraman otomatis diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi surya serta mendukung pengelolaan tanaman yang lebih efektif (Barbosa et al., 2024).

Beberapa penelitian sebelumnya umumnya hanya berfokus pada monitoring PLTS atau sistem penyiraman otomatis secara terpisah. Integrasi antara monitoring parameter kelistrikan PLTS, pengendalian penyiraman berdasarkan kelembapan tanah, dan monitoring berbasis IoT dalam satu sistem terpadu masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring PLTS dan penyiraman otomatis berbasis IoT menggunakan ESP32, sensor PZEM-017, dan sensor kelembapan tanah. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu memantau parameter PLTS secara real-time, mengendalikan pompa air secara otomatis maupun manual melalui aplikasi Blynk, serta meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan air pada aplikasi pertanian cerdas.

2. METODE

2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan secara bertahap dan terstruktur untuk mempermudah pelaksanaan setiap tahapan yang telah direncanakan. Penelitian mencakup perancangan, pengujian, dan evaluasi sistem penyiraman otomatis berbasis PLTS dengan melakukan pengukuran langsung terhadap tegangan, arus, dan daya keluaran panel surya (PV) sebagai sumber energi sistem, serta menganalisis kinerja sensor kelembapan tanah, pompa air, dan modul kontrol dalam menjalankan proses penyiraman otomatis sehingga performa sistem dapat dievaluasi secara menyeluruh. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Metode Pembuatan Alat

Berdasarkan Gambar 1, diagram alir penelitian menunjukkan tahapan penelitian yang dilakukan secara sistematis dimulai dari studi literatur, pembuatan desain alat, persiapan alat dan bahan, dan pembuatan alat, kemudian dilakukan pengecekan apakah alat bekerja sesuai rancangan; jika belum maka dilakukan perbaikan alat, sedangkan jika sudah berfungsi maka dilanjutkan dengan pengujian alat untuk mengetahui kinerja sistem. Hasil pengujian selanjutnya dievaluasi pada tahap berhasil, dan apabila masih terdapat ketidaksesuaian dilakukan perbaikan alat kembali, sedangkan jika sistem telah bekerja dengan baik maka dilakukan analisis hasil dan pembuatan laporan, sehingga penelitian dinyatakan selesai.

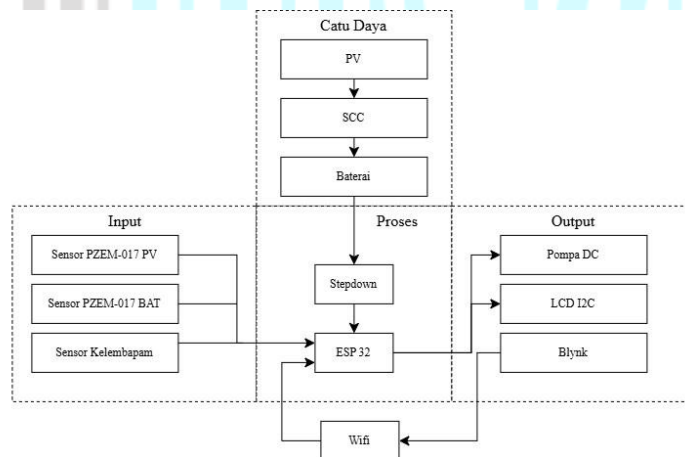
2.2 Perancangan Sistem

Penelitian diawali dengan identifikasi alat dan bahan yang digunakan, kemudian dilanjutkan dengan perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebagai sumber energi untuk sistem penyiraman otomatis. Sistem dilengkapi dengan sensor PZEM-017 untuk melakukan monitoring parameter kelistrikan PLTS, meliputi tegangan, arus, daya, dan energi pada sisi panel surya dan baterai. Selanjutnya, dirancang sistem kontrol penyiraman otomatis berdasarkan kondisi kelembapan tanah, dengan ESP32 sebagai mikrokontroler yang mengolah data sensor dan mengendalikan pompa. Seluruh data hasil monitoring dan kondisi sistem kemudian dikirimkan dan ditampilkan melalui platform Blynk sehingga proses monitoring PLTS dan kontrol penyiraman dapat dilakukan secara real-time berbasis IoT.

2.3.1 Perancangan *Software*

a. Diagram Blok Sistem

Sistem yang dirancang memanfaatkan sensor kelembapan tanah sebagai pendeteksi parameter kelembapan tanah dan juga sensor PZEM-017 untuk monitoring tegangan, arus, daya serta energi pada panel surya dan baterai, sedangkan panel surya 50 Wp berfungsi sebagai sumber energi untuk menyuplai kebutuhan daya seluruh rangkaian. Data kelembapan yang diperoleh sensor kemudian diolah oleh ESP32 sebagai mikrokontroler utama, dan hasil pengolahan tersebut digunakan untuk mengendalikan aktuator berupa pompa DC agar kondisi tanah tetap sesuai dengan kebutuhan tanaman, Semua proses di monitoring menggunakan *Blynk* sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.

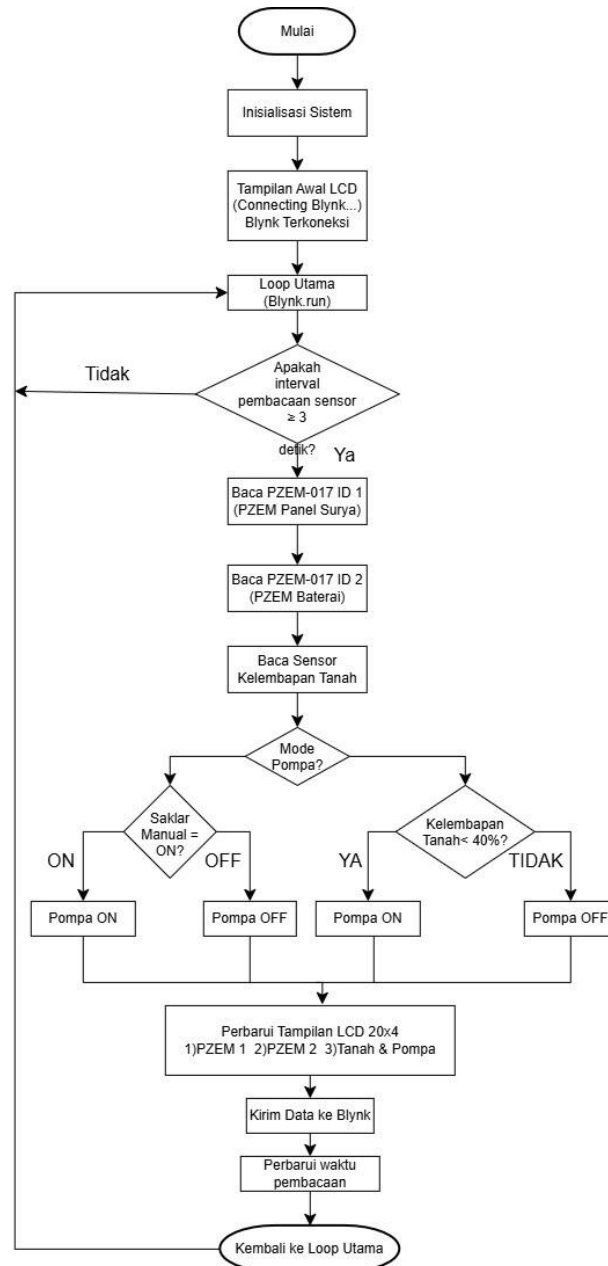


Gambar 2. Blok Diagram Sistem

b. *Flowchart*

Flowchart pada Gambar 3 menunjukkan alur kerja software sistem monitoring PLTS dan penyiraman otomatis berbasis ESP32. Proses diawali dengan inisialisasi perangkat yang meliputi LCD 20×4, koneksi Wi-Fi dan Blynk, komunikasi RS485/Modbus RTU, dua PZEM-017, sensor kelembapan tanah, serta relay pompa. Setelah inisialisasi selesai, ESP32 menjalankan loop utama dan mempertahankan komunikasi dengan Blynk. Secara berkala, ESP32 membaca tegangan, arus, daya, dan energi dari PZEM-017 pada sisi panel surya dan baterai serta membaca kelembapan tanah. Nilai kelembapan kemudian dibandingkan dengan batas pengendalian 40% untuk menentukan kondisi pompa pada mode otomatis. Apabila kelembapan berada di bawah batas tersebut, pompa diaktifkan, sedangkan apabila telah mencapai atau melebihi batas, pompa dimatikan. Pada

mode manual, pengoperasian pompa mengikuti perintah dari Blynk. Selanjutnya, hasil pembacaan dan status pompa ditampilkan pada LCD 20×4 dan dikirimkan ke Blynk. Proses tersebut berlangsung secara berulang selama sistem beroperasi.



Gambar 3. Flowchart Sistem

2.3.2 Perancangan Hardware

a. Alat dan Bahan

Proses perancangan dan penerapan sistem pemantauan PLTS serta penyiraman otomatis memerlukan sejumlah perangkat dan material yang digunakan selama penelitian berlangsung, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

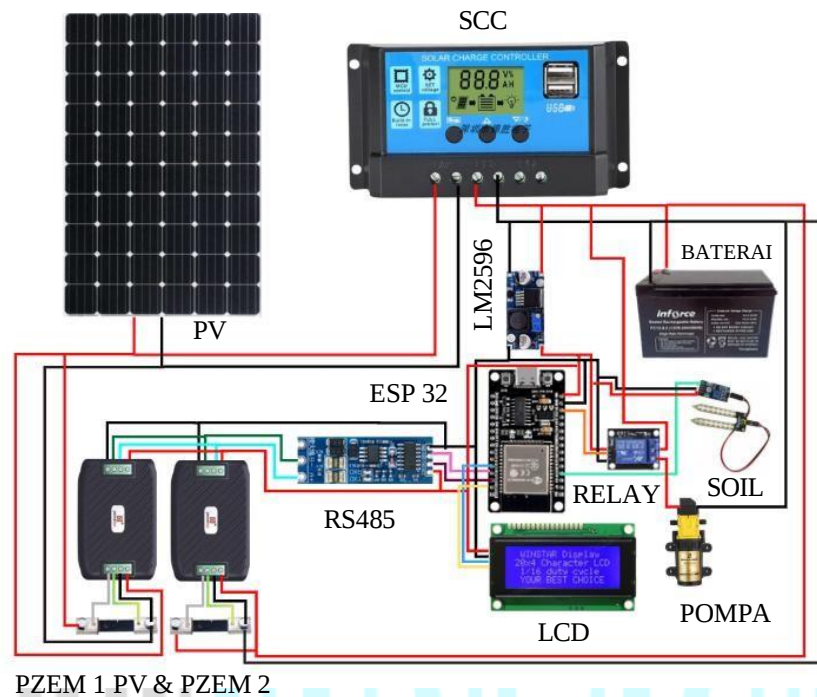
Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Nama Barang	Jumlah
1	Panel Surya 50 WP	1
2	Pompa DC 12V	1
3	Baterai 12V 25AH	1
4	SCC PWM 12V	1
5	Stepdown DC 12V	1
6	Relay 5V	1
7	ESP 32	1
8	PZEM-017	2
9	I2C 20x4 LCD	1
10	Sensor Kelembapan Tanah	1
11	MCB DC 2P 6 A	2
12	Modul RS485	1
13	Panel Box 30x40x15 cm	1

b. Perancangan Elektrikal

Perancangan sistem elektrikal pada penelitian ini mengintegrasikan wiring diagram sistem penyiraman otomatis berbasis panel surya (PV) seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Panel surya dihubungkan ke Solar Charge Controller (SCC) tipe PWM untuk mengatur proses pengisian baterai dan mendistribusikan energi ke seluruh rangkaian. Pada sistem ini digunakan dua modul PZEM-017, yaitu PZEM 1 yang ditempatkan pada jalur keluaran panel surya sebelum SCC untuk memantau parameter kelistrikan yang dihasilkan panel dan PZEM 2 yang ditempatkan pada sisi baterai untuk memantau kondisi kelistrikan baterai selama proses pengisian maupun saat menyuplai beban. Pada SCC tipe PWM, tegangan panel yang terhubung ke baterai pada kondisi tertentu dapat memiliki karakteristik yang mendekati tegangan baterai karena proses pengaturan pengisian dilakukan dengan menghubungkan dan memutuskan hubungan panel terhadap baterai melalui pengendalian pulsa. ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang mengolah data dari sensor kelembapan tanah, mengendalikan pompa air melalui modul relay, serta mengirimkan data monitoring ke platform Blynk. Selain itu, digunakan modul step-down untuk menyesuaikan tegangan agar setiap komponen

dapat bekerja dengan stabil dan terintegrasi. Berdasarkan wiring diagram yang telah dirancang, seluruh komponen kemudian dirangkai sesuai fungsi masing-masing sehingga terbentuk sistem penyiraman otomatis berbasis energi surya yang mampu melakukan monitoring PLTS dan mengendalikan penyiraman secara otomatis dan terintegrasi.



Gambar 4. Wiring Sistem

Tabel 2. Total Daya Beban

No.	Komponen	Jumlah	Daya Total (W)
1	ESP32	1	0,80
2	PZEM-017	2	0,50
3	Modul RS485	1	0,00025
4	Sensor Soil Moisture	1	0,175
5	Modul Relay	1	1,44
6	LCD 20×4	1	0,80
7	Pompa DC	1	11,86
	Total Daya Beban		15,57525

Berdasarkan Tabel 2, total daya beban pada sistem penyiraman otomatis dihitung dari konsumsi daya masing-masing komponen yang digunakan. Komponen dengan konsumsi daya terbesar adalah pompa DC sebesar 11,86 W, sedangkan komponen lainnya terdiri dari ESP32, PZEM-017, modul RS485, sensor soil moisture, relay, dan LCD 20×4. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total daya beban sistem saat pompa beroperasi sebesar 15,58 W.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi *Hardware*

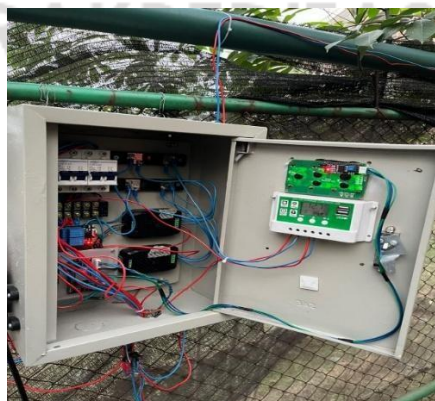
Implementasi perangkat keras dilakukan pada area yang memperoleh paparan sinar matahari yang cukup agar panel surya dapat menghasilkan energi listrik secara optimal untuk menyuplai sistem penyiraman otomatis. Pengujian awal dilakukan untuk memastikan panel surya, Solar Charge Controller (SCC), baterai, sensor kelembapan tanah, sensor PZEM-017 sebagai pemantau tegangan, arus, daya, dan energi pada sistem PLTS, pompa air, relay, ESP32, serta sistem monitoring dan tampilan LCD I2C 20x4 dapat beroperasi dengan baik dan saling terhubung secara stabil. Hasil pengujian tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan kinerja sistem secara keseluruhan. Setelah tahap perancangan dan implementasi rangkaian selesai, seluruh komponen mekanik dan elektrikl dipasang sesuai desain yang telah dirancang sehingga terbentuk sistem penyiraman otomatis berbasis energi panel surya yang mampu bekerja secara otomatis dan terintegrasi. Tampilan hasil implementasi perangkat keras sistem ditunjukkan pada Gambar 5.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Implementasi *Hardware* sistem (a) Sistem Keseluruhan (b) Pemasangan Panel Surya (c) Elektrikal Panel Box

3.2 Implementasi *Blynk*



Gambar 6. Implementasi *Blynk*

Berdasarkan Gambar 6, implementasi Internet of Things (IoT) pada sistem penyiraman otomatis dilakukan menggunakan aplikasi Blynk sebagai media monitoring jarak jauh. Sistem mampu menampilkan informasi hasil pembacaan secara berkala pada platform Blynk, meliputi nilai kelembapan tanah, tegangan, arus, daya, energi, dan status pompa. Ketika kelembapan tanah berada di bawah batas yang telah ditentukan, sistem akan mengaktifkan pompa air dan pada aplikasi Blynk ditampilkan status pompa ON sebagai proses penyiraman, sedangkan saat kelembapan telah mencapai nilai yang ditetapkan, pompa akan dimatikan dan Blynk menampilkan status pompa OFF. Informasi kondisi kelembapan juga ditampilkan untuk menunjukkan apakah tanah berada pada kondisi kering, lembap, atau basah. Hasil implementasi ini menunjukkan bahwa sistem IoT berbasis Blynk dapat berfungsi dengan baik dalam memantau kondisi penyiraman dan kinerja PLTS secara jarak jauh sehingga memudahkan pengguna melakukan pengawasan tanpa harus berada di dekat alat secara langsung.

3.3 Pengujian Awal Sistem

3.3.1 Pengujian Sensor PZEM-017

3.3.1.1 Sensor PZEM-017 Panel Surya

Tabel 3. Pengujian Sensor PZEM-017 Panel Surya

Uji	Tegangan Sensor Pzem-017	Tegangan Multimeter	Error	Arus Sensor Pzem- 017	Arus Multimeter	Error
1	12,92	13,03	0,84	2,89	2,95	2,03
2	12,90	13,04	1,07	2,85	2,92	2,40
3	13,02	13,15	0,99	1,93	2,01	3,98
4	13,02	13,19	1,29	1,92	1,99	3,52
5	13,02	13,14	0,91	1,85	1,87	1,07
Rata-rata	12,98	13,11	1,02	2,29	2,35	2,60

Berdasarkan Tabel 3, hasil Pengujian sensor PZEM-017 pada panel surya menunjukkan bahwa sensor mampu melakukan pengukuran tegangan dan arus dengan tingkat kesalahan yang relatif kecil dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan multimeter sebagai alat acuan. Nilai rata-rata tegangan yang terbaca oleh sensor adalah 12,98 V, sedangkan multimeter menunjukkan 13,11 V, dengan rata-rata error sebesar 1,02%. Pada pengukuran arus, sensor menghasilkan nilai rata-rata 2,29 A, sedangkan multimeter menunjukkan 2,35 A, dengan rata-rata error sebesar 2,60%. Seluruh nilai error masih berada di bawah 5%, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor PZEM-017 menunjukkan kesesuaian pembacaan yang baik terhadap multimeter pada rentang pengujian yang dilakukan.

3.3.1.2 Pengujian Sensor PZEM-017 Baterai

Tabel 4. Pengujian Sensor PZEM-017 Baterai

Uji	Tegangan Sensor Pzem-017	Tegangan Multimeter	Error	Arus Sensor Pzem- 017	Arus Multimeter	Error
1	12,55	12,56	0,08	1,59	1,61	1,24
2	12,57	12,56	0,08	1,81	1,82	0,55
3	12,58	12,59	0,08	1,83	1,82	0,55
4	12,52	12,56	0,32	2,09	2,12	1,42
5	12,52	12,55	0,24	1,69	1,67	1,20
Rata-rata	12,55	12,56	0,16	1,80	1,81	0,99

Pengujian pada Tabel 4 dilakukan untuk mengetahui kesesuaian pembacaan PZEM-017 yang terpasang pada sisi baterai terhadap multimeter sebagai alat ukur pembanding. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembacaan tegangan PZEM-017 memiliki nilai rata-rata 12,55 V, sedangkan multimeter menghasilkan rata-rata 12,56 V, dengan rata-rata error sebesar 0,16%. Sementara itu, rata-rata arus yang terbaca oleh PZEM-017 sebesar 1,80 A dan multimeter sebesar 1,81 A, dengan rata-rata error sebesar 0,99%. Kedua nilai rata-rata error tersebut masih berada di bawah 5%, sehingga PZEM-017 menunjukkan kesesuaian pembacaan yang baik pada rentang tegangan 12,5–13,2 V dan arus 1,59–2,89 A. Sementara itu, pembacaan PZEM-017 di luar rentang tersebut digunakan sebagai data monitoring sistem.

3.3.2 Pengujian Respon Sensor Kelembapan Tanah

Tabel 5. Pengujian Respon Sensor Kelembapan Tanah

Waktu	Rata-rata nilai Kelembapan Sensor	Kondisi Tanah (Soil Meter)
Pagi (08.00)	43,3	Normal
Siang(12.00)	23,2	Kering
Sore(16.00)	63,4	Lembab

Berdasarkan Tabel 5, pengujian Respon sensor kelembapan tanah dilakukan pada tiga kondisi waktu pengamatan untuk melihat perubahan nilai pembacaan sensor terhadap kondisi tanah. Pada pagi hari, sensor menunjukkan nilai kelembapan sebesar 43,3% dengan kondisi tanah normal. Pada siang hari, nilai kelembapan menurun menjadi 23,2% dan dikategorikan sebagai kondisi kering, sedangkan pada sore hari nilai kelembapan meningkat menjadi 63,4% dengan kondisi tanah lembap. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor dapat memberikan perubahan pembacaan sesuai dengan perubahan kondisi kelembapan tanah.

3.4 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem penyiraman otomatis berbasis panel surya (PV). Pengujian meliputi kemampuan panel surya dalam menghasilkan dan menyuplai energi listrik ke baterai dan beban sistem, serta kemampuan sistem dalam menjaga kelembapan tanah sesuai kondisi yang telah ditentukan. Selain itu, dilakukan pengukuran parameter listrik berupa tegangan, arus, dan daya pada sisi panel surya (VIP PV) dan baterai selama proses pengoperasian berlangsung. Pengamatan juga dilakukan terhadap perubahan nilai kelembapan tanah dan kondisi kerja pompa otomatis (ON/OFF) sebagai Respon terhadap

tingkat kelembapan yang terdeteksi oleh sensor. Data hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui performa panel surya, kestabilan suplai daya baterai, efektivitas sistem penyiraman otomatis, serta tingkat keandalan sistem secara keseluruhan dalam mendukung proses penyiraman berbasis energi surya.

3.4.1 Data Pengukuran Panel Surya

3.4.1.1 Hari Pertama

Tabel 6. PLTS Hari Ke-1

Waktu	Panel Surya			Baterai		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
09.00	12,88	1,81	23,31	12,58	1,74	21,89
10.00	14,42	2,41	34,75	14,18	2,27	32,19
11.00	14,61	2,63	38,42	14,38	2,50	35,95
12.00	13,72	1,31	17,97	13,48	1,24	16,72
13.00	14,47	2,24	32,41	14,08	2,03	28,58
14.00	14,21	1,95	27,71	13,82	1,91	26,40
15.00	13,84	1,26	17,44	13,52	1,09	14,74
16.00	13,22	0,33	4,36	13,05	0,30	3,92
Rata-rata	13,92	1,74	24,55	13,64	1,64	22,55

3.4.1.2 Hari Kedua

Tabel 7. PLTS Hari Ke-2

Waktu	Panel Surya			Baterai		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
09.00	14,69	1,02	14,98	14,86	1,92	28,53
10.00	15,24	1,64	24,99	15,64	1,46	22,83
11.00	16,92	1,53	25,89	16,44	1,44	23,67
12.00	17,28	1,83	31,62	16,74	1,70	28,46
13.00	17,10	1,76	30,10	16,58	1,63	27,03
14.00	16,44	1,58	25,98	16,21	1,49	24,15
15.00	15,72	1,21	19,02	15,88	1,18	18,74
16.00	14,96	0,78	11,67	15,32	0,84	12,87
Rata-rata	16,04	1,42	23,03	15,96	1,46	23,29

3.4.1.3 Hari Ketiga

Tabel 8. PLTS Hari Ke-3

Waktu	Panel Surya			Baterai		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
09.00	14,42	0,88	12,69	14,71	1,74	25,60
10.00	14,88	1,36	20,24	15,12	1,32	19,96
11.00	15,21	0,97	14,75	15,34	1,05	16,11
12.00	15,76	1,58	24,90	15,66	1,42	22,24
13.00	15,08	0,82	12,37	15,28	0,96	14,67
14.00	14,86	1,14	16,94	15,11	1,08	16,32
15.00	14,37	0,69	9,92	14,84	0,81	12,02
16.00	13,95	0,41	5,72	14,52	0,55	7,99
Rata-rata	14,82	0,98	14,69	15,07	1,12	16,86

3.4.1.4 Analisa

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8, keluaran panel surya menunjukkan adanya variasi tegangan, arus, dan daya selama waktu pengujian. Pada Hari ke-1, panel menghasilkan rata-rata tegangan 13,92 V, arus 1,74 A, dan daya 24,55 W, dengan daya tertinggi sebesar 38,42 W pada pukul 11.00. Pada Hari ke-2, panel menghasilkan rata-rata tegangan 16,04 V, arus 1,42 A, dan daya 23,03 W, dengan daya maksimum sebesar 31,62 W pada pukul 12.00. Sementara itu, pada Hari ke-3 diperoleh rata-rata tegangan 14,82 V, arus 0,98 A, dan daya 14,69 W, dengan daya maksimum sebesar 24,90 W pada pukul 12.00. Data tersebut menunjukkan bahwa keluaran panel mengalami variasi selama pengujian dan berbeda pada setiap hari pengujian.

Pada Hari ke-1, daya panel relatif tinggi pada pukul 10.00–11.00, yaitu sebesar 34,75 W dan 38,42 W, kemudian menurun pada pukul 12.00 menjadi 17,97 W. Setelah itu, daya kembali meningkat pada pukul 13.00 sebesar 32,41 W sebelum menurun hingga 4,36 W pada pukul 16.00. Pada Hari ke-2, tegangan panel meningkat dari 14,69 V pada pukul 09.00 hingga mencapai 17,28 V pada pukul 12.00. Daya panel juga meningkat dari 14,98 W menjadi 31,62 W pada rentang waktu tersebut, kemudian menurun hingga 11,67 W pada pukul 16.00. Pada Hari ke-3, daya panel berada pada nilai yang lebih rendah dibandingkan dua hari sebelumnya, dengan rata-rata 14,69 W. Nilai daya tertinggi tercatat sebesar 24,90 W pada pukul 12.00, sedangkan nilai terendah sebesar 5,72 W pada pukul 16.00. Perbedaan keluaran panel antahari

menunjukkan adanya perubahan kondisi penyinaran dan kondisi operasi sistem selama pengujian.

Selain parameter panel, hasil pengujian juga menunjukkan adanya variasi pada sisi baterai. Pada Hari ke-1, baterai menghasilkan rata-rata tegangan 13,64 V, arus 1,64 A, dan daya 22,55 W, dengan daya tertinggi sebesar 35,95 W. Pada Hari ke-2, baterai memiliki rata-rata tegangan 15,96 V, arus 1,46 A, dan daya 23,29 W. Sementara itu, pada Hari ke-3 diperoleh rata-rata tegangan 15,07 V, arus 1,12 A, dan daya 16,86 W.

3.4.2 Data Kelembapan Tanah

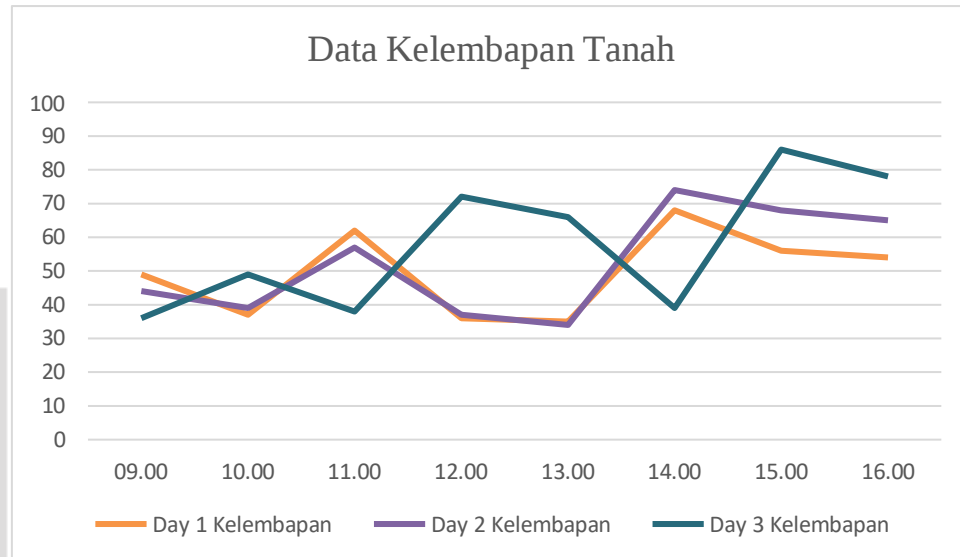
Tabel 9. Kelembapan Tanah dan Pompa

Waktu	Hari ke 1		Hari Ke-2		Hari Ke-3	
	Kelembapan	Pompa	Kelembapan	Pompa	Kelembapan	Pompa
09.00	49	OFF	44	OFF	36	ON

Berdasarkan Tabel 9, sistem penyiraman otomatis menunjukkan bahwa kondisi ON dan OFF pompa berubah mengikuti nilai kelembapan tanah yang terukur. Pada Hari ke-1, pompa berada pada kondisi ON ketika kelembapan tanah sebesar 37% pada pukul 10.00, 36% pada pukul 12.00, dan 35% pada pukul 13.00. Pompa berada pada kondisi OFF pada kelembapan 49%, 62%, 68%, 56%, dan 54%. Pada Hari ke-2, pompa berada pada kondisi ON ketika kelembapan tanah sebesar 39% pada pukul 10.00, 37% pada pukul 12.00, dan 34% pada pukul 13.00, sedangkan kondisi OFF terjadi pada kelembapan 44%, 57%, 72%, 74%, 68%, dan 65%. Pada Hari ke-3, pompa berada pada kondisi ON ketika kelembapan tanah sebesar 36% pada pukul 09.00, 38% pada pukul 11.00, dan 39% pada pukul 14.00, sedangkan kondisi OFF terjadi pada kelembapan 49%, 72%, 66%, 86%, dan 78%. Berdasarkan hasil tersebut, pompa aktif pada nilai kelembapan tanah 34–39% dan berada pada kondisi OFF pada nilai 44–86%. Data tersebut menunjukkan adanya batas pengendalian sekitar 40%, di mana pompa diaktifkan ketika kelembapan berada di bawah batas tersebut dan berhenti ketika kelembapan telah meningkat setelah proses penyiraman. Selain pengendalian pompa secara otomatis berdasarkan nilai kelembapan tanah, sistem juga dilengkapi dengan kontrol pompa secara manual melalui platform Blynk. Pengujian dilakukan dengan memberikan perintah ON dan OFF melalui Blynk

untuk memastikan perintah dapat diterima oleh ESP32 dan diteruskan ke relay sebagai pengendali pompa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perintah ON dapat mengaktifkan pompa, sedangkan perintah OFF dapat menonaktifkan pompa sesuai dengan perintah yang diberikan. Pengujian ini dilakukan secara fungsional untuk memastikan fitur kontrol manual dapat bekerja.

3.4.3 Grafik Data Kelembapan Tanah



Gambar 7. Grafik Kelembapan Tanah

Berdasarkan Gambar 7, perubahan kelembapan tanah selama tiga hari pengujian menunjukkan pola yang berbeda pada setiap hari. Pada Hari ke-1, kelembapan tanah berada pada rentang 35–68%, dengan nilai tertinggi 68% pada pukul 14.00. Pada Hari ke-2, kelembapan tanah berada pada rentang 34–74%, dengan nilai tertinggi 74% pada pukul 14.00. Sementara itu, pada Hari ke-3, kelembapan tanah berada pada rentang 36–86%, dengan nilai tertinggi 86% pada pukul 15.00. Perubahan nilai kelembapan tersebut terjadi seiring dengan kondisi ON dan OFF pompa selama waktu pengujian.

Perbedaan pola kelembapan pada Hari ke-3 dibandingkan dengan Hari ke-1 dan Hari ke-2 dipengaruhi oleh posisi pot yang digunakan selama pengujian. Pada Hari ke-3, pot yang dipasang sensor kelembapan tanah berada pada posisi yang lebih dekat dengan nozel penyiraman. Kondisi tersebut menyebabkan media tanam pada pot menerima air lebih banyak secara langsung ketika pompa aktif, sehingga perubahan kelembapan yang terbaca oleh sensor menjadi lebih besar. Hal ini terlihat dari perubahan nilai kelembapan yang cukup signifikan setelah proses penyiraman, seperti dari 38% menjadi 72% dan dari 39% menjadi 86%. Perbedaan posisi pot terhadap nozel menunjukkan bahwa jarak sensor dari sumber penyiraman dapat memengaruhi nilai kelembapan yang terukur. Oleh karena

itu, penempatan sensor dan posisi nozel perlu diperhatikan agar distribusi air pada media tanam lebih merata.

4. PENUTUP

Berdasarkan serangkaian pengujian yang telah dilaksanakan, performa sistem monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan penyiraman otomatis berbasis IoT dapat disimpulkan bekerja sesuai dengan hasil pengujian yang dilakukan. Keluaran daya panel surya dan baterai menunjukkan variasi selama pengujian yang berkaitan dengan perubahan kondisi penyinaran matahari, dengan tegangan baterai berada pada rentang 12,58–16,74 V. Sementara itu, berdasarkan pemantauan kelembapan tanah, sistem menunjukkan Respon sesuai dengan batas kontrol sekitar 40%, yaitu pompa aktif ketika kelembapan tanah berada di bawah batas tersebut dan berhenti ketika kondisi tanah menjadi lebih lembap. Secara keseluruhan, integrasi antara suplai energi surya, mikrokontroler ESP32, sensor kelembapan tanah, dan pompa air dapat beroperasi sesuai fungsi yang dirancang dalam mendukung sistem penyiraman otomatis. Saran pengembangan penelitian selanjutnya adalah menambahkan sensor suhu dan kelembapan udara, sensor hujan, sensor level air pada tangki, serta sensor debit air untuk meningkatkan akurasi sistem penyiraman otomatis, mencegah pompa beroperasi ketika tidak tersedia air atau sedang terjadi hujan, serta mengetahui volume air yang digunakan selama proses penyiraman.

PERSANTUNAN

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penelitian serta penyusunan naskah publikasi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan naskah ini dilakukan guna memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik UMS.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa keberhasilan penyelesaian naskah ini tidak lepas dari dorongan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, dengan tulus penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Kedua Orang Tua dan Keluarga Tercinta, atas balutan doa yang tiada henti, kasih sayang, serta dukungan moral maupun material yang menjadi pendorong utama dalam setiap langkah penyelesaian studi ini.
2. Bapak Dr. Agus Ulinuha, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing, yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu, memberikan arahan, serta masukan yang sangat berharga sepanjang proses penelitian dan penyusunan naskah ini.
3. Segenap Dosen dan Staf Pengajar Program Studi Teknik Elektro, yang telah membekali penulis dengan wawasan akademis, ilmu pengetahuan, dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan.

4. Rekan-Rekan Seperjuangan dan Seluruh Pihak, yang telah memberikan bantuan, semangat, serta kerja sama baik secara langsung maupun tidak langsung hingga naskah ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa naskah ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Akhir kata, besar harapan penulis semoga hasil penelitian ini dapat memberikan sumbangsih bermanfaat, khususnya dalam memperkaya referensi pengembangan sistem monitoring PLTS dan penyiraman otomatis berbasis teknologi yang efisien dan berkelanjutan.



DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S., Nawaz, R., Azad, S., Orakzai, M. S., Amin, S., Khan, Z. A., Akram, F., & Masud, U. (2022). IOT based solar powered smart irrigation system. *Pakistan Journal of Engineering and Technology (PakJET)*, 24(18), 49–55. <https://doi.org/10.1063/5.0081783>
- Barbosa, A., Mubarak, H., Mohammadi, F., Sanjari, M. J., & Saif, M. (2024). A Real-Time IoT-Based Data Acquisition and Monitoring System for Photovoltaic Applications. *2024 3rd International Conference on Power Systems and Electrical Technology, PSET 2024*, 667–670. <https://doi.org/10.1109/PSET62496.2024.10808965>
- Gunoto, P., Rahmadi, A., & Susanti, E. (2022). Perancangan Alat Sistem Monitoring Daya Panel Surya Berbasis Internet of Things. *Sigma Teknika*, 5(2), 285–294. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v5i2.4555>
- Hasan, M., & Serra Altinoluç, H. (2023). Current and future prospective for battery controllers of solar PV integrated battery energy storage systems. *Current and Future Prospective for Battery Controllers of Solar PV Integrated Battery Energy Storage Systems Mustafa*, 11(February), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1139255>
- Hercog, D., Lerher, T., Truntiç, M., & Težak, O. (2023). Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices. *Sensors*, 23(15). <https://doi.org/10.3390/s23156739>
- Putra, A. S., Afianti, H., & Watiasih, R. (2023). Comparative Analysis of Solar Charge Controller Performance Between MPPT and PWM on Solar Panels. *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, 7(1), 1197–1202. <https://doi.org/10.54732/jeeecs.v7i1.217>

