

IoT-based PLTS Energy Management for Automatic Water Pump and Valve Design in Hydroponics

[Manajemen Energi PLTS Untuk Perancangan Pompa Air Otomatis dan Valve Pada Hidroponik Berbasis IoT]

Ahmad Muchlason¹⁾, Shazana Dhiya Ayuni^{*,2)}

¹⁾Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: shazana@umsida.ac.id

Abstract. *The diminishing agricultural land due to residential and industrial conversion necessitates innovative horticultural cultivation methods like hydroponics on limited spaces. This study presents advancements in utilizing Internet of Things (IoT) technology for remote monitoring and control of water pumps via mobile phones. The experimental setup includes an ESP32 microcontroller, an ADS1115 module for current and voltage measurements from solar panels, a solar charger controller, and an Anself submersible pump (240L/H). Results demonstrate optimal performance of time-based on/off control and smartphone-based monitoring. The recommended solar panel charging timeframe is 07:00 to 16:00, generating 34Wh of electrical energy with 96.7% current and 97% voltage accuracy readings from the ADS1115 sensor. This research contributes to enhancing hydroponic systems' efficiency and sustainability through IoT integration.*

Keywords – ADS1115; Hydroponic; Management; Solar Panel; Water Pump

Abstrak. *Jumlah lahan pertanian yang semakin menyusut akibat alih fungsi lahan menjadi area hunian dan industri mendorong adanya inovasi metode budidaya tanaman hortikultura (sayur-sayuran) dengan memanfaatkan lahan sempit yang kemudian disebut sebagai metode hidroponik. Penelitian saat ini memberi pembaruan pada beberapa sektor dari penelitian terdahulu seperti pemanfaatan teknologi Internet of Things untuk proses pemantauan dan kendali jarak jauh dari pompa air melalui smarphone. Perangkat yang digunakan adalah mikrokontroler ESP32, modul ADS1115 untuk mengambil data pembacaan arus dan tegangan dari panel surya, solar charger controller, dan pompa submersible Anself dengan output maksimal 240L/H. Hasil penelitian menunjukkan kontrol nyata dan mati serta monitoring berdasarkan waktu dan perintah tombol dari smartphone berfungsi optimal. Waktu efektif untuk pengisian solar panel antara pukul 07:00 hingga 16:00 dengan nilai tegangan 12V dan arus di atas 0.1A sehingga mampu memproduksi energi listrik sebesar 34Wh dengan akurasi pembacaan 96.7% untuk arus dan 97% untuk tegangan dari sensor ADS1115.*

Kata Kunci – ADS1115; Hidroponik; Manajemen; Panel Surya; Pompa Air

I. PENDAHULUAN

Jumlah lahan pertanian yang semakin menyusut akibat alih fungsi lahan menjadi area hunian dan industri mendorong adanya inovasi metode budidaya tanaman hortikultura (sayur-sayuran) dengan memanfaatkan lahan sempit yang kemudian disebut sebagai metode hidroponik [1]. Berbeda dengan metode tanam konvensional yang menggunakan tanah sebagai media tanamnya, metode hidroponik menggunakan media tanam berupa substrat (*rockwool*, pasir, arang sekam) sebagai penopang tanaman dan larutan hara (air yang mengandung nutrisi) sebagai sumber makanannya [2].

Proses pemberian larutan hara dalam skala besar, untuk para pelaku usaha, dilakukan menggunakan pompa air yang dialirkan pada pipa-pipa tanaman secara terus-menerus dari bak penampungan, selama masa tanam hingga masa panen tanaman [3]. Penggunaan pompa air secara kontinyu ini akan berdampak pada meningkatnya biaya penggunaan listrik sehingga dapat mengikis keuntungan yang didapat oleh pelaku usaha. Oleh karena itu, perlu adanya pemanfaatan teknologi serta sumber energi alternatif sebagai investasi jangka panjang, dalam memperoleh hasil panen dan efisiensi biaya yang maksimal di masa depan [4].

Kemajuan teknologi saat ini memungkinkan pelaku usaha untuk memanfaatkan energi terbarukan sebagai sumber daya utama dalam proses perawatan tanaman hidroponik [5]. Salah satu penerapan yang umum dilakukan adalah penggunaan energi sinar matahari yang ditangkap oleh panel surya, kemudian disimpan di baterai, lalu digunakan sebagai sumber daya untuk menyalakan pompa air sehingga sistem berjalan secara mandiri, tidak hanya bergantung pada jaringan PLN, serta mengikis biaya operasional dan jejak karbon (*carbon footprint*) [6].

Beberapa penelitian terdahulu mengenai topik ini telah banyak dilakukan, diantaranya penelitian dari Yunus Pebriyanto (2023) dimana peneliti membangun sebuah sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang

digunakan sebagai sumber energi alternatif pada UMKM yang bergerak di bidang hidroponik. Komponen yang digunakan adalah *photovoltaic* jenis monokristalin dengan kapasitas 100Wp, lalu Solar Charge Controller (SCC), Aki, Inverter DC-to-AC, dan beban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PLTS mampu berfungsi optimal sebagai sumber energi alternatif dalam pembudidayaan tanaman hidroponik [7].

Lalu penelitian dari Moh. Zainul Falah (2023) dimana peneliti menerapkan konsep smart farming yang mengkombinasikan PLTS dengan sensor DS18B20 dan sensor DHT11 untuk memonitoring kondisi suhu dan kelembapan pada lingkup tanaman hidroponik secara *real-time* demi menjaga kondisi hingga masa panen agar tetap optimal [8].

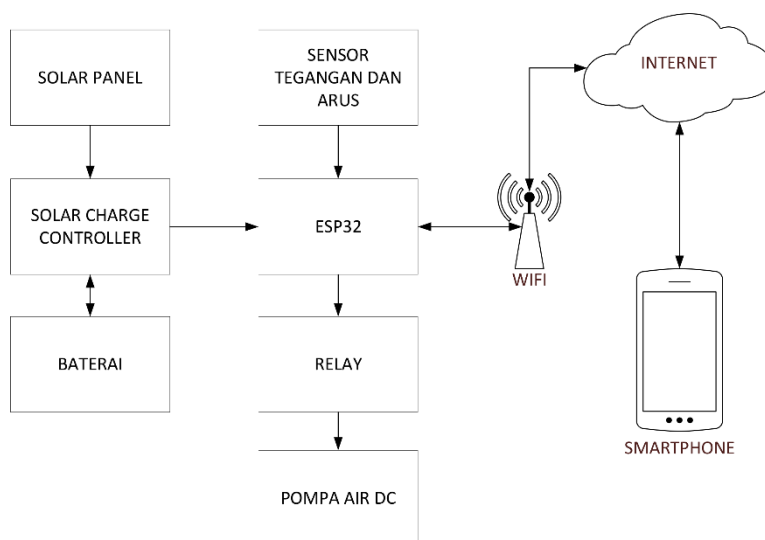
Terakhir, penelitian dari David P. Rumambi (2023) mengenai pemanfaatan PLTS dengan komponen utama berupa SCC, relay, *power supply*, ATS, timer, dan pompa air 12VDC sebagai sumber energi alternatif budidaya tanaman hidroponik yang menggunakan teknik penanaman DFT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pompa air dapat diatur menggunakan *timer* agar menyala selama 30 menit agar sesuai dengan kebutuhan tanaman [9].

Penelitian saat ini memberi pembaruan pada beberapa sektor dari penelitian terdahulu seperti pemanfaatan teknologi Internet of Things untuk proses pemantauan dan kendali jarak jauh dari pompa air melalui smarphone [10]. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 yang memiliki kapabilitas lebih baik daripada pendahulunya, ESP8266 [11]. Lalu modul ADS1115 digunakan untuk mengambil data pembacaan arus dan tegangan yang diperoleh dari panel surya yang dikontrol oleh SCC dan disimpan dalam baterai 12V / 100AH [12]. Pompa air yang digunakan adalah pompa submersible Anself dengan kapasitas output maksimal 240L/H [13]. Nantinya, pompa dapat dikontrol untuk nyala dan mati berdasarkan waktu ataupun melalui perintah tombol dari *smartphone* agar proses pengaliran larutan hara ke tanaman hidroponik berjalan optimal [14].

II. METODE

Penelitian memanfaatkan metode riset dan pengembangan dengan melakukan pengujian keefektifan alat melalui berbagai macam eksperimen, perbaikan, dan finalisasi alat demi mengatasi masalah yang dihadapi dan mencapai tujuan akhir dimana produk berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian [15]. Tahapan-tahapan dalam metode riset dan pengembangan adalah identifikasi masalah (1); studi kepustakaan (2); perancangan (3); pengujian (4); perbaikan (5); dan implementasi (6).

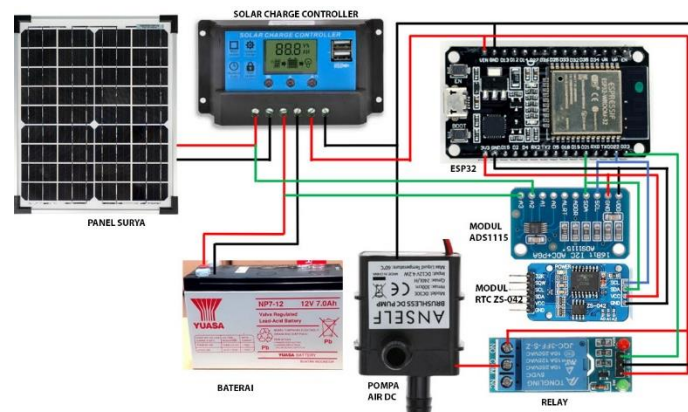
A. Blok diagram



Gambar 1. Blok Diagram

Blok diagram dimulai dengan komponen *input* berupa solar panel, *solar charge controller*, baterai, dan sensor ADS1115 yang kemudian diolah oleh komponen pemroses yaitu mikrokontroler ESP32. *Output* yang dihasilkan adalah kontrol *relay* untuk nyala dan mati pompa air DC12V dan tampilan data ke *smartphone* pengguna.

B. Wiring diagram



Gambar 2. Wiring Diagram

Input arus dan tegangan dari panel surya dihubungkan dengan SCC (Solar Charge Controller) yang kemudian melakukan charge, atau pengisian daya, ke baterai Yuasa NP7-12. Lalu, keluaran SCC dihubungkan dengan pin VIN dan GND dari ESP32 serta pin VCC dan GND dari relay dua channel. Pin SDA dan SCL dari modul ADS1115 dan RTC3231 dihubungkan ke pin D21 dan D22 dari ESP32, lalu pin A2 ADS1115 terhubung ke positif panel surya, dan pin A3 terhubung ke positif baterai. Pompa submersible 12V terhubung secara NO (*normally open*) dengan relay dua channel.

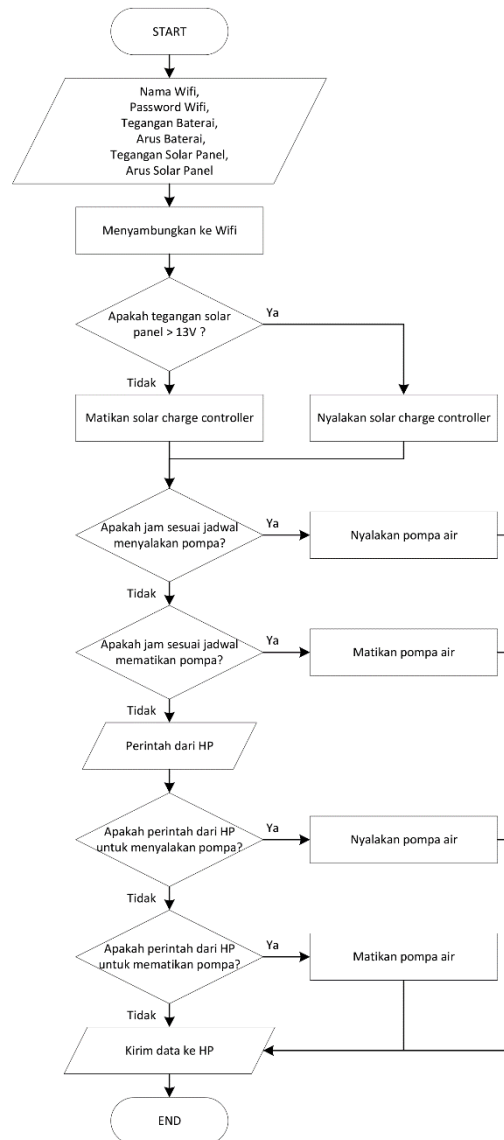
C. Visualisasi desain alat



Gambar 3. Visualisasi Desain Alat

Gambaran alat dalam penelitian ini yaitu bertujuan untuk mengalirkan air sebagai media tanam utama yang dibutuhkan oleh tanaman hidroponik. Air yang berasal dari sumber air seperti sumur atau PDAM akan melewati keran otomatis yang akan menutup jika air dalam bak sudah terisi penuh. Dari bak air akan dipompa menggunakan pompa air DC untuk dialirkan ke hidroponik. Air yang mengalir di hidroponik akan keluar kembali ke bak air yang akan bisa digunakan secara terus-menerus.

D. Flowchart



Gambar 4. Flowchart

Flowchart dimulai dengan inisiasi nama dan password Wi-Fi untuk memastikan alat dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi, kemudian masukan data pembacaan arus serta tegangan dari baterai dan solar panel. Kemudian proses koneksi ke Wi-Fi berjalan yang diproses oleh ESP32. Setelahnya, hasil pembacaan arus dan tegangan menghasilkan decision yang apabila tegangan di solar panel di angka $>13V$ maka nyalakan SCC, jika tidak maka matikan SCC.

Lalu, kendali nyala dan mati dari pompa air memiliki dua jalur. Pertama, melalui jadwal waktu yang telah ditentukan. Apabila jam sesuai maka pompa air akan aktif menyirami tanaman hidroponik, jika tidak maka pompa akan secara default dalam keadaan mati. Kedua, pengguna dapat mengirimkan perintah melalui smartphone untuk melakukan proses penyiraman yang sesuai dengan keinginan pengguna. Data pembacaan arus dan tegangan akan selalu dikirim ke smartphone secara *real-time*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian sensor ADC ADS1115

Sensor ADC ADS1115 merupakan transducer yang mampu mengubah besaran listrik ke nilai digital dengan antarmuka serial I2C. Diperlukan pengujian akurasi dari sensor ADS1115 dengan membandingkan hasil pembacaan dengan avometer tegangan maupun arus.



Gambar 5. Pengujian Pembacaan Sensor ADS1115 Untuk Mengukur Nilai Arus dan Tegangan Pada Solar Panel dan Baterai

Pengujian dilakukan dalam empat bagian utama yaitu pembacaan tegangan dan arus dari solar panel, serta pembacaan arus dan tegangan dari baterai. Hasil pengujian ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Pengujian Pembacaan ADS1115 Tegangan Solar Panel

NO	Tegangan Solar Panel (V)			Error	Akurasi
	ADS1115	AVO Meter	Selisih		
1	12.67	13.05	-0.38	-2.9%	97.1%
2	12.77	13.14	-0.37	-2.8%	97.2%
3	12.79	13.19	-0.40	-3.0%	97.0%
4	12.79	13.16	-0.37	-2.8%	97.2%
5	12.73	13.12	-0.39	-3.0%	97.0%
6	12.81	13.16	-0.35	-2.7%	97.3%
7	12.85	13.18	-0.33	-2.5%	97.5%
8	12.56	12.98	-0.42	-3.2%	96.8%
9	12.62	12.99	-0.37	-2.8%	97.2%
10	12.75	12.95	-0.20	-1.5%	98.5%

Tabel 2. Pengujian Pembacaan ADS1115 Arus Solar Panel

NO	Arus Solar Panel (A)			Error	Akurasi
	ADS1115	AVO Meter	Selisih		
1	0.33	0.28	0.05	17.9%	117.8%
2	0.32	0.27	0.05	18.5%	118.5%
3	0.33	0.28	0.05	17.9%	117.9%
4	0.31	0.26	0.05	19.2%	119.2%
5	0.32	0.28	0.04	14.3%	114.3%
6	0.31	0.26	0.05	19.2%	119.2%
7	0.30	0.26	0.04	15.4%	115.4%
8	0.34	0.29	0.05	17.2%	117.2%
9	0.32	0.27	0.05	18.5%	118.5%
10	0.20	0.15	0.05	33.3%	133.3%

Tabel 3. Pengujian Pembacaan ADS1115 Tegangan Baterai

NO	Tegangan Baterai (V)			Error	Akurasi
	ADS1115	AVO Meter	Selisih		
1	12.72	12.71	0.01	0.08%	100.1%
2	13.03	13.00	0.03	0.23%	100.2%
3	13.01	12.98	0.03	0.23%	100.2%
4	12.55	12.53	0.02	0.16%	100.2%
5	12.77	12.76	0.01	0.08%	100.1%
6	13.04	13.00	0.04	0.31%	100.3%
7	13.07	13.03	0.04	0.31%	100.3%
8	12.56	12.55	0.01	0.08%	100.1%
9	12.96	12.92	0.04	0.31%	100.3%
10	12.71	12.70	0.01	0.08%	100.1%

Tabel 4. Pengujian Pembacaan ADS1115 Arus Baterai

NO	Arus Baterai (A)			Error	Akurasi
	ADS1115	AVO Meter	Selisih		
1	0.07	0.10	-0.03	-30%	70.0%
2	0.26	0.29	-0.03	-10.3%	89.7%
3	0.23	0.26	-0.03	-11.5%	88.5%
4	0.07	0.11	-0.04	-36.4%	63.6%
5	0.05	0.08	-0.03	-37.5%	62.5%
6	0.19	0.22	-0.03	-13.6%	86.4%
7	0.19	0.23	-0.04	-17.4%	82.6%
8	0.05	0.07	-0.02	-28.6%	71.4%
9	0.13	0.11	0.02	18.2%	118.2%
10	0.02	0.03	-0.01	-33.3%	66.7%

Setelah melakukan pengujian, terdapat nilai *error* dari pembacaan masing-masing besaran listrik yaitu pembacaan tegangan solar panel yaitu sebesar -3.2% dan akurasi sebesar 96.7%. Pembacaan arus solar panel mendapatkan error sebesar 33.3% dan akurasi sebesar 133.3%.

Pembacaan tegangan baterai mendapatkan error sebesar 0.31% dan akurasi sebesar 103.1%. Pembacaan arus baterai mendapatkan error sebesar -37.5% dan akurasi sebesar 62.5%. Untuk pembacaan nilai tegangan baterai terdapat error 0.31%. Perbedaan ini disebabkan oleh gangguan sistem *solar charge controller* sebagai pengontrol pengisian energi ke baterai. Sedangkan untuk pembacaan nilai arus solar panel maupun arus baterai mendapatkan error yang tinggi disebabkan oleh kemampuan sensor arus dari ADS1115 sampai 5 Ampere tetapi nilai yang diukur terlalu kecil dibawah 0.5A, sehingga terjadi error yang besar.

B. Pengujian ESP32

Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai jembatan antara data hasil pembacaan sensor dengan antarmuka smartphone pengguna yang digunakan untuk memantau kondisi alat menggunakan protocol *Internet of Things*. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan ESP32 ke jaringan internet Wi-Fi yang berbeda-beda untuk menguji kemampuan koneksi internet ESP32.

Tabel 5. Hasil Pengujian Koneksi ESP32

NO	Nama WiFi	Password WiFi	Hasil	Waktu
1	TA_2024	2024targetku	✓	2.12 s
2	UMSIDA	Univsda23	✓	2.63 s
3	ELEKTRO	prodi_umsida	✓	2.58 s
4	SIDOARJO	sda_jatim	✓	2.60 s
5	TUGAS_AKHIR	tugas_terakhir	✓	2.61 s

Hasil pengujian WiFi ESP32 mendapatkan lama waktu yang dibutuhkan oleh ESP32 untuk bisa tersambung ke WiFi antara 2.12 detik sampai 2.63 detik, kalau diambil nilai rata-rata terhitung yaitu 2.50 detik. Waktu kurang dari 10 detik masih terbilang cukup singkat untuk sehingga ESP32 cukup untuk dipakai pada penelitian ini.

C. Pengujian pengisian baterai solar panel

Alat yang dibuat dalam penelitian ini diharapkan dapat berjalan secara mandiri karena mempunyai sistem PLTS sehingga tidak bergantung dari listrik PLN. Untuk mencapai tujuan tersebut perlu pengujian pemakaian baterai dan pengisian baterai dari solar panel untuk mencari waktu untuk solar panel bekerja secara maksimal dalam pengisian baterai.

Tabel 6. Hasil Pengujian Pengisian Baterai Solar Panel

NO	JAM	SOLAR PANEL		BATERAI		KETERANGAN
		TEGANGAN (V)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	
1	07:00	12.41 V	0.29 A	12.31 V	0.14 A	Charge
2	08:00	12.52 V	0.32 A	12.41 V	0.17 A	Charge
3	09:00	12.51 V	0.26 A	12.4 V	0.12 A	Charge
4	10:00	12.65 V	0.34 A	12.54 V	0.2 A	Charge
5	11:00	12.87 V	0.41 A	12.76 V	0.27 A	Charge
6	12:00	12.8 V	0.28 A	12.7 V	0.14 A	Charge
7	13:00	12.7 V	0.24 A	12.59 V	0.1 A	Charge
8	14:00	12.72 V	0.23 A	12.61 V	0.09 A	Charge
9	15:00	12.61 V	0.17 A	12.51 V	0.04 A	Charge
10	16:00	12.51 V	0.09 A	12.41 V	-0.04A	Discharge

Hasil pengamatan tegangan dan arus setiap jam dari solar panel dan baterai. Dilihat dari tabel tersebut diperoleh waktu efektif solar panel dalam bekerja yaitu antara jam 07:00 sampai jam 16:00 karena dalam waktu tersebut nilai tegangan solar panel di sekitar 12 Volt dan arus di atas 0.1 Ampere.



Gambar 6. Grafik Pengisian Daya Baterai Solar Panel

Gambar di atas menampilkan grafik akumulasi energi solar panel setiap hari dari jam 02:00 sampai jam 16:00. Dari grafik tersebut diperoleh nilai 34 Wh pada jam 16:00 yang artinya setiap hari solar panel mampu memproduksi energi listrik sebesar 34 Wh untuk melakukan pengisian baterai Yuasa NP7-12. Dari grafik energi tersebut dapat dilihat kenaikan nilai yang signifikan terjadi di antara jam 07:00 sampai jam 15:00 dimana waktu tersebut adalah waktu yang tepat untuk melakukan pengisian baterai.

D. Pengujian perangkat lunak smartphone

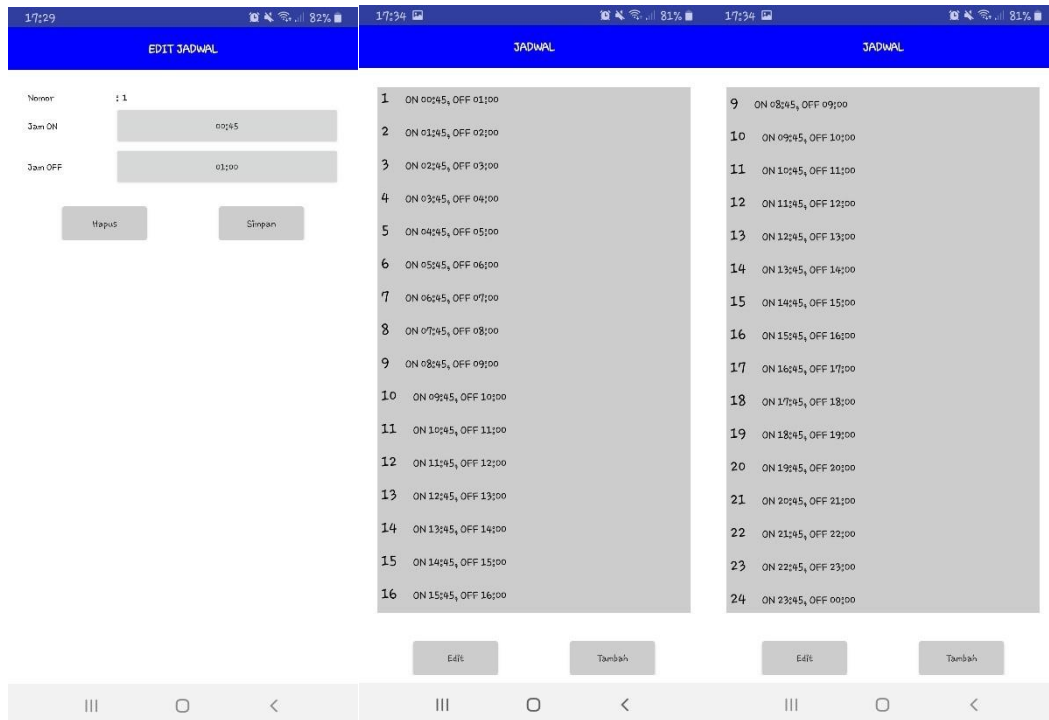
Pengujian dilakukan untuk menguji kesesuaian perangkat lunak dengan algoritma pada diagram alir yang telah dibuat agar dapat mendukung proses penerimaan dan pengiriman data melalui protokol *Internet of Things* ke *smartphone* pengguna. Perangkat lunak dibuat menggunakan *software* Arduino IDE yang dikombinasikan dengan MIT App Inventor. Terdapat dua buah program hasil dari pembuatan perangkat lunak yaitu program jadwal pompa air serta program monitoring ESP32.

Program jadwal pompa air

Program jadwal pompa air dirancang untuk dapat melakukan kontrol nyala dan mati pompa air sesuai jadwal yang dibuat oleh pengguna melalui aplikasi *smartphone*. Jadwal tersebut akan dibatasi hanya sebanyak 24 jadwal yang bisa dibuat dan dihapus oleh pengguna melalui aplikasi *smartphone* dan disimpan di dalam memori EEPROM yang ada di dalam module RTC DS3231. Indikator menyala dan mati pompa air selain dapat dilihat langsung dari alat, juga dapat dilihat dari status pompa di grafik pompa air yang ada di aplikasi *smartphone*.

Tabel 7. Hasil Pengujian Program Penjadwalan Pompa Air

NO	Jadwal	Berjalan
1	Jadwal 00:45 – 01:00	✓
2	Jadwal 01:45 – 02:00	✓
3	Jadwal 02:45 – 03:00	✓
4	Jadwal 03:45 – 04:00	✓
5	Jadwal 04:45 – 05:00	✓
6	Jadwal 05:45 – 06:00	✓
7	Jadwal 06:45 – 07:00	✓
8	Jadwal 07:45 – 08:00	✓
9	Jadwal 08:45 – 09:00	✓
10	Jadwal 09:45 – 10:00	✓
11	Jadwal 10:45 – 11:00	✓
12	Jadwal 11:45 – 12:00	✓
13	Jadwal 12:45 – 13:00	✓
14	Jadwal 13:45 – 14:00	✓
15	Jadwal 14:45 – 15:00	✓
16	Jadwal 15:45 – 16:00	✓
17	Jadwal 16:45 – 17:00	✓
18	Jadwal 17:45 – 18:00	✓
19	Jadwal 18:45 – 19:00	✓
20	Jadwal 19:45 – 20:00	✓
21	Jadwal 20:45 – 21:00	✓
22	Jadwal 21:45 – 22:00	✓
23	Jadwal 22:45 – 23:00	✓
24	Jadwal 23:45 – 00:00	✓



Gambar 7. Pembuatan Jadwal Pompa Air

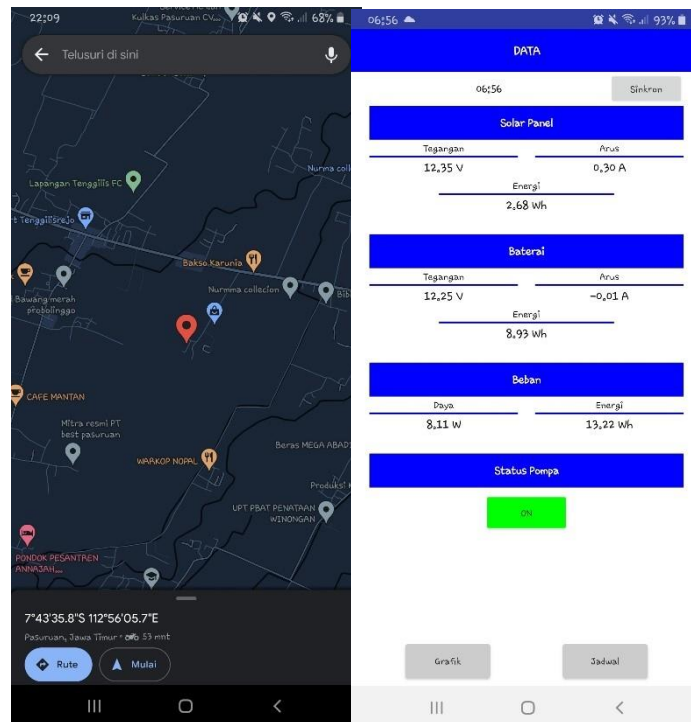
Hasil dari pengujian program jadwal pompa air yaitu program sudah berjalan sesuai perancangan *flowchart* sistem yang mampu menyalakan dan mematikan pompa air sesuai jam yang telah diatur di dalam jadwal. Sehingga dapat ditarik kesimpulan sistem alat dalam penelitian ini berjalan dengan baik.

Program monitoring ESP32

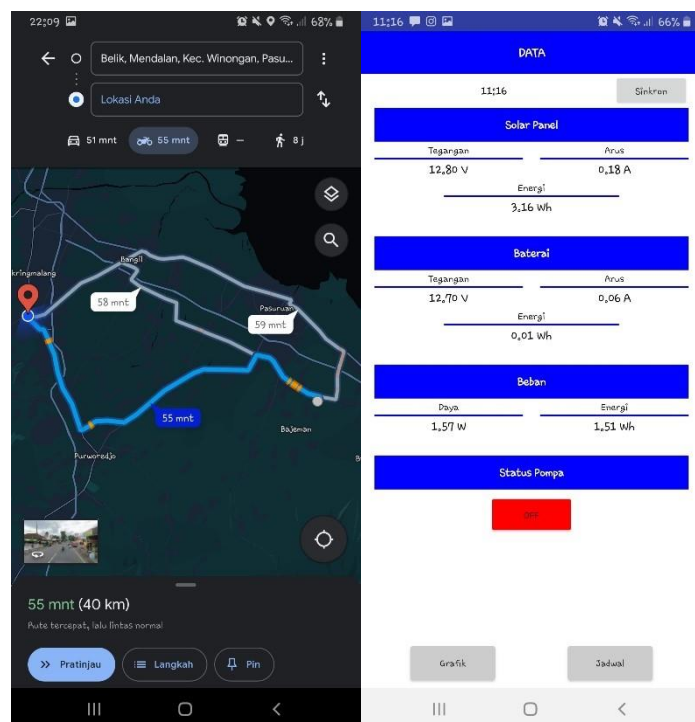
Penelitian ini menggunakan protokol komunikasi Message Query Telemetry Transport (MQTT) yang banyak digunakan dalam dunia IoT karena MQTT merupakan protokol dengan menggunakan data dan bandwidth yang rendah sehingga mempercepat pengiriman dan penerimaan data. Komunikasi MQTT membutuhkan server MQTT yang disebut MQTT Broker, dalam penelitian ini menggunakan MQTT Broker dari salah satu Platform MQTT yaitu EMQX. Untuk menampilkan data yang dikirim oleh ESP32 ke MQTT, dibuatkan sebuah aplikasi single page untuk smartphone Android menggunakan MIT App Inventor.

Tabel 8. Hasil Pengujian Program Monitoring ESP32 Dengan Variasi Lokasi dan Jarak

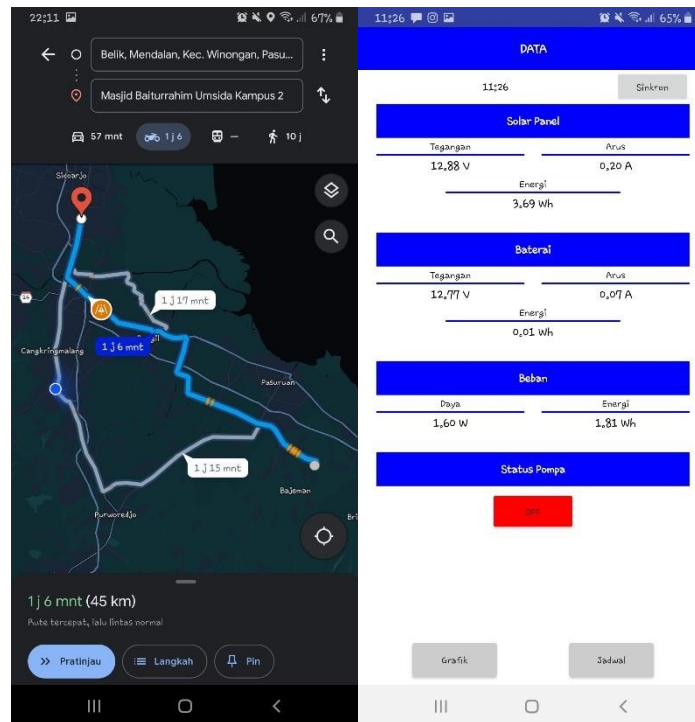
NO	Lokasi Alat	Lokasi Smartphone	Jarak	Hasil
1	Winongan - Pasuruan	Winongan - Pasuruan	0 km	Tersambung
2	Winongan - Pasuruan	Pandaan – Pasuruan	40 km	Tersambung
3	Winongan - Pasuruan	Tanggulangin - Sidoarjo	45 km	Tersambung



Gambar 8. Pengujian Lokasi Pertama



Gambar 9. Pengujian Lokasi Kedua



Gambar 10. Pengujian Lokasi Ketiga

Hasil pengujian program IoT ESP32 menunjukkan alat tetap akan mampu mengirim data ke smartphone meskipun alat dekat dengan smartphone maupun jauh dari smartphone, data akan tetap terkirim selama ada jaringan internet, sehingga pengguna dapat menggunakan smartphone sebagai tampilan monitoring alat. Pengujian program Monitoring IoT ESP32 dilakukan dengan tersambung dengan jaringan internet melalui WiFi untuk alat dan paket data untuk smartphone. Jadi bisa ditarik kesimpulan fungsi sistem IoT pada alat Management Energi PLTS Untuk Perancangan Pompa Air Otomatis Dan Valve Pada Hidroponik Berbasis IoT berjalan dengan baik.

IV. SIMPULAN

Manajemen Energi PLTS Untuk Perancangan Pompa Air Otomatis dan Valve Pada Hidroponik Berbasis IoT mampu menyalakan dan mematikan pompa air sesuai jadwal yang telah dibuat dan algoritma *flowchart* yang telah dirancang oleh peneliti. Fungsi sistem IoT pada alat ini berjalan dengan baik dengan mampu mengirim data meskipun alat berada jauh dari *smartphone*, meski dengan jarak 45km, sehingga pengguna dapat menggunakan *smartphone* sebagai tampilan monitoring alat. Alat yang dibuat dalam penelitian ini memiliki error pengukuran tegangan baterai yang baik di bawah 0.5%, sementara untuk tegangan solar panel belum bisa akurat dikarenakan gangguan dari *solar charge controller*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas bantuan dalam proses penelitian dan pembuatan laporan sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] H. E. M. Abraham, J. N. K. Dumais, and C. B. D. Pakasi, "Analisis Keuntungan Usahatani Sayuran Selada Hidroponik Pada Urban Farming di Batukota Kecamatan Malalayang Kota Manado," *AGRI-SOSIOEKONOMI*, vol. 17, no. 3 MDK, pp. 961–966, 2021, doi: 10.35791/agrsosek.17.3.
- [2] S. Fuada, E. Setyowati, G. I. Aulia, and D. W. Riani, "Narrative Review Pemanfaatan Internet-of-Things Untuk Aplikasi Seed Monitoring and Management System Pada Media Tanaman Hidroponik di Indonesia," *INFOTECH*, vol. 9, no. 1, pp. 38–45, Jan. 2023, doi: 10.31949/infotech.v9i1.4439.

- [3] F. Fadli, S. Suryadi, and E. T. Kembaren, "Pengembangan Kewirausahaan Agribisnis Melalui Pelatihan Kelompok Usaha Hidroponik," *Agrifo : Jurnal Agribisnis Universitas Malikussaleh*, vol. 5, no. 1, pp. 9–13, Aug. 2020, doi: 10.29103/ag.v5i1.2733.
- [4] M. Yustiningsih, Y. G. Naisumu, and A. Berek, "Deep Flow Technique (DFT) Hidroponik Menggunakan Media Nutrisi Limbah Cair Tahu Dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L) Untuk Peningkatan Produktivitas Tanaman," *Jurnal Mangifera Edu*, vol. 3, no. 2, pp. 110–121, Feb. 2019, doi: 10.31943/mangiferaedu.v3i2.25.
- [5] I. Sanubary, P. P. A. Santoso, and D. Mahmuda, "Pembuatan Instalasi Panel Surya pada Sistem Hidroponik di Desa Dalam Kaum," *WIDYABHAKTI Jurnal Ilmiah Populer*, vol. 4, no. 1, pp. 31–35, Nov. 2021, doi: 10.30864/widyabhakti.v4i1.285.
- [6] M. A. Husaini, A. Zulianto, and A. Sasongko, "Otomatisasi Monitoring Metode Budidaya Sistem Hidroponik dengan Internet of Things (Iot) Berbasis Android MQTT dan Tenaga Surya," *Jurnal sostech*, vol. 1, no. 8, pp. 785–800, Aug. 2021, doi: 10.59188/jurnalsostech.v1i8.163.
- [7] Y. Pebriyanto, N. Kurniawati, M. Dirgantara, and D. Monita, "Penerapan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Sumber Energi Alternatif Dalam Budidaya Sistem Hidroponik di UMKM Maestro Borneo Hidroponik Farm Palangka Raya," *J-ABDI*, vol. 2, no. 8, pp. 5725–5732, Jan. 2023, doi: 10.53625/jabdi.v2i8.4485.
- [8] M. Z. Falah, W. T. Handoko, A. I. Syah, F. Z. Azizah, Sujito, and L. Gumilar, "Implementation of Smart Farming Based Solar Cell System in Hydroponic in the Agricultural Area of Blitar Village," *Community Development Journal : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 4, no. 4, pp. 7015–7020, Sep. 2023, doi: 10.31004/cdj.v4i4.18161.
- [9] D. P. Rumambi, D. P. M. Ludong, A. M. Saiya, and F. Paat, "Application Of Solar Panels As A Source Of Electricity For Hydroponic Irrigation Systems," *JAT*, vol. 4, no. 1, pp. 122–129, Jan. 2023, doi: 10.35791/jat.v4i1.46703.
- [10] T. Puspita, Y. R. Denny, and I. A. Darmawan, "Rancang Bangun ESP Berbasis Modul Surya 50 WP Pada Sistem Hidroponik DFT (Deep Flow Technique)," *JURRIT*, vol. 2, no. 2, pp. 01–14, Aug. 2023, doi: 10.55606/jurrit.v2i2.1770.
- [11] H. Hermansyah, K. Kasim, and I. K. Yusri, "Solar Panel Remote Monitoring and Control System on Miniature Weather Stations Based on Web Server and ESP32," *International Journal of Recent Technology and Applied Science (IJORTAS)*, vol. 2, no. 1, pp. 1–24, Mar. 2020, doi: 10.36079/lamintang.ijortas-0201.56
- [12] I. Inayah, N. Hayati, A. Nurcholih, A. Dimiyati, and M. G. Prasetia, "Realtime Monitoring System of Solar Panel Performance Based on Internet of Things Using Blynk Application," *ELINVO*, vol. 7, no. 2, pp. 135–143, Feb. 2023, doi: 10.21831/elinvo.v7i2.53365
- [13] S. D. Ayuni, S. Syahririnni, and J. Jamaaluddin, "Sosialisasi Aplikasi Monitoring Keamanan Tanggul Lapindo via Smartphone di Desa Gempolsari," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Progresif Humanis Brainstorming*, vol. 5, no. 1, pp. 154–161, Jan. 2022, doi: 10.30591/japhb.v5i1.2717
- [14] I. Anshory et al., "Optimization DC-DC boost converter of BLDC motor drive by solar panel using PID and firefly algorithm," *Results in Engineering*, vol. 21, p. 101727, Mar. 2024, doi: 10.1016/j.rineng.2023.101727
- [15] S. Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Bandung: Penerbit Alfabeta, 2015.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.