



JASEE

Journal of Application and Science on Electrical Engineering

<https://jurnal.widyagama.ac.id/index.php/jasee/index>



PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM POMPA AIR IRIGASI TENAGA SURYA

Fransiskus Bisa¹, Mohammad Mukhsim², Gigih Priyandoko³

^{1,2,3}. Teknik Elektro Universitas Widyagama Malang

Email : bisafransiskus@gmail.com

Abstract

Prototype of a solar-based irrigation water pump system that can be operated automatically via the Internet of Things (IoT). This system uses solar panels as the main energy source and NodeMCU ESP32 as a microcontroller to control the operation of the water pump and integrates soil moisture sensors to regulate irrigation efficiently. Data obtained from sensors and water pump operations can be monitored in real-time via a web platform.

The implementation of this system aims to overcome the limited supply of electrical energy in agricultural areas that are not covered by the PLN network, reduce dependence on fossil fuels, and increase the efficiency of water use. This system is designed to operate in areas with high exposure to solar radiation, such as Indonesia which has an average sun exposure of 4-5 kWh/m² per day.

Test results show that this system is able to provide a stable electricity supply to operate the water pump with high efficiency. IoT-based automated control systems enable remote control and monitoring, thereby reducing the need for manual intervention and operational costs. In addition, this system can detect and resolve problems early, thereby increasing the reliability and sustainability of irrigation operations.

The prototype developed in this research shows great potential in the application of renewable energy technology in the agricultural sector, providing efficient, environmentally friendly and sustainable solutions. The use of this system is expected to help farmers increase productivity and food security, as well as support better management of natural resources.

Keywords: Irrigation, Solar Power, NodeMCU ESP32 Pump, Energy Efficiency, Agriculture



p-ISSN : 2721-3625

e-ISSN : 2721-320X

1. PENDAHULUAN

Penggunaan teknologi dalam bidang pertanian telah menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Salah satu teknologi yang mendapatkan perhatian luas adalah sistem irigasi berbasis Internet of Things (IoT). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa IoT dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan air dalam pertanian [1]. menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis berbasis IoT dapat menghemat penggunaan air hingga 30% dibandingkan dengan sistem irigasi konvensional.

Selain itu [2]. penggunaan sensor kelembaban tanah yang terhubung dengan sistem IoT dapat meningkatkan produktivitas tanaman dengan memberikan informasi real-time kepada petani

<https://doi.org/10.31328/jasee>

Received: 10-07-2024

Revised: 19-07-2024

Accepted: 21-07-2024, published by ©UWG Press tahun

mengenai kebutuhan air tanaman. Penelitian ini juga menekankan pentingnya integrasi antara sensor, aktuator, dan platform IoT untuk menciptakan sistem yang lebih responsif dan efisien.

Namun, di Indonesia, ketahanan pangan masih menjadi tantangan besar, terutama di daerah pedesaan yang sering mengalami keterbatasan suplai listrik. Banyak petani di Indonesia masih bergantung pada pompa air berbahan bakar fosil yang mahal dan tidak ramah lingkungan [3]. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pompa air berbahan bakar minyak (BBM) tidak hanya meningkatkan biaya operasional tetapi juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan.

Untuk mengatasi masalah tersebut, solusi yang lebih berkelanjutan seperti penggunaan energi terbarukan menjadi sangat penting [4]. menunjukkan bahwa penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk menggerakkan pompa air irigasi dapat menjadi alternatif yang efektif dan ramah lingkungan. Meskipun demikian, penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa kendala seperti biaya awal yang tinggi dan kurangnya pengetahuan teknis di kalangan petani.

Meskipun penelitian-penelitian tersebut memberikan kontribusi yang berarti, terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan [4]. tidak secara rinci membahas keberlanjutan operasional sistem irigasi IoT dalam jangka panjang, termasuk perawatan dan penggantian komponen yang rusak [5]. menunjukkan bahwa banyak petani masih bergantung pada BBM, yang harganya fluktuatif dan pasokannya bisa terganggu salah satu hambatan utama dalam adopsi sistem PLTS adalah biaya awal yang tinggi, yang menjadi penghalang bagi petani kecil untuk mengimplementasikannya. Keempat, kurangnya pengetahuan teknis di kalangan petani untuk mengoperasikan dan memelihara sistem irigasi berbasis IoT dan PLTS menjadi kendala yang signifikan dalam penerapan teknologi ini secara luas [6].

Berdasarkan uraian diatas maka untuk mengatasi beberapa kekurangan tersebut dengan mengembangkan sistem irigasi tenaga surya yang lebih efisien dan mudah dioperasikan. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, sistem ini dirancang untuk memberikan kontrol otomatis dan monitoring real-time terhadap penggunaan air dan kinerja sistem irigasi. Sistem ini akan menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler utama dan sensor kelembaban tanah untuk mengatur irigasi secara otomatis.

Diharapkan penelitian ini tidak hanya dapat mengatasi masalah keterbatasan suplai listrik di daerah pedesaan tetapi juga dapat memberikan solusi yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada peningkatan ketahanan pangan dan keberlanjutan pertanian di Indonesia

2. STUDI PUSTAKA

Prinsip utama dari sebuah sel surya adalah efek fotovoltai, yaitu kemampuannya mengubah energi foton dari cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya terbuat dari bahan semikonduktor yang terdiri dari dua lapisan: semikonduktor positif dan semikonduktor negatif. Ketika foton (partikel cahaya) menumbuk bahan semikonduktor, elektron bebas akan bergerak, menghasilkan aliran listrik. Sel-sel surya ini kemudian disusun dalam konfigurasi seri atau paralel untuk membentuk panel surya [9].

Daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya bergantung pada efisiensi sel surya, luas permukaan panel, dan intensitas cahaya yang diserap. Rumus untuk menghitung daya listrik yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$P = I_r \cdot A \cdot \eta \dots\dots\dots 1$$

Dimana:

P = Daya listrik yang dihasilkan

I_r = Intensitas radiasi yang diserap panel

A = Luas penampang efektif panel surya

η = Efisiensi sel surya.

2.2 Baterai/Aki

Baterai atau aki adalah alat penyimpan energi listrik yang dinyatakan dalam satuan Watt Hour. Terdapat dua jenis aki, yaitu aki basah dan aki kering. Aki basah menggunakan cairan sebagai media penyimpanan energi listrik, sedangkan aki kering menggunakan serbuk. Dalam sistem ini, aki digunakan sebagai sumber listrik sementara untuk pompa AC, dan juga diisi ulang menggunakan panel surya [11].

Menentukan kapasitas atau kemampuan baterai dalam menyimpan energi listrik dari panel surya sangat penting untuk memastikan penyediaan daya listrik ke beban secara efisien. Kapasitas baterai menentukan seberapa lama energi dapat disimpan dan digunakan saat dibutuhkan, menjadikannya komponen krusial dalam sistem tenaga surya.

Kapasitas AKI dapat dinyatakan pada persamaan dibawah ini :

$$Ah = I \cdot t \dots\dots\dots 2$$

Dimana :

Ah : Kapasitas AKI aki
I : Kuat arus (Ampere)
t : Waktu (jam/sekon)

2.3 Sensor Step Down DC

Step-down DC atau buck converter menurunkan tegangan DC dari level tinggi ke rendah dengan efisiensi tinggi. Komponen utamanya adalah induktor, saklar (MOSFET), dioda, kapasitor, dan kontroler. Perangkat ini mengatur siklus aktif dan nonaktif untuk menjaga tegangan output stabil. Digunakan dalam pengisian daya elektronik, sistem tertanam, dan otomotif, buck converter menawarkan efisiensi tinggi dan ukuran kecil, memungkinkan penyesuaian tegangan input tanpa mengorbankan efisiensi energi [10].

2.4 Sensor Arus ACS8712

Sensor arus yang digunakan adalah ACS712 (Allegro Current Sensor). Sensor ini mendeteksi besaran arus yang mengalir lewat blok terminal menggunakan rangkaian sensor efek-Hall linier, low-offset, dan presisi. Saat arus mengalir, sensor mengubahnya menjadi tegangan proposional. Karakteristik utama ACS712 meliputi rendah noise, suplai daya 5V, sensitivitas keluaran 66-185mV/A, dan pembacaan arus melalui analog IO port Arduino. Tegangan nol amper diset pada 2,5V, setengah dari tegangan sumber daya VCC 5V [11].

2.5 Sensor Arus INA219 12C

Sensor arus INA219 I2C adalah modul yang mengukur arus, tegangan, dan daya listrik dengan akurasi tinggi melalui antarmuka I2C. Spesifikasinya meliputi tegangan operasi 3V-5.5V, arus maksimal $\pm 3.2A$, dan resolusi 12-bit. Sensor ini ideal untuk monitoring baterai, sistem tertanam, dan proyek IoT karena akurasi tinggi, kemudahan integrasi, dan konsumsi daya rendah [12].

2.6 Sensor Tegangan

Sensor tegangan berfungsi sebagai pendeteksi besaran tegangan pada sistem PLTS. Dalam perancangan tugas akhir ini digunakan modul sensor tegangan DC yang dapat langsung terkoneksi dengan board NodeMCU ESP32. Modul ini menggunakan pembagi tegangan resistif, dengan tegangan input 5V atau 3.3V. Sensor ini dapat membaca tegangan maksimal 25V, atau 5 kali dari VCC. Jika VCC yang digunakan adalah 3.3V, maka tegangan maksimal yang dideteksi adalah 16.5V [13].

2.7 Solar Charger Controller

Solar Charger Controller adalah perangkat elektronik yang mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Alat ini mencegah overcharging dengan mengatur voltase berlebih dari panel surya saat baterai sudah penuh. Solar Charger Controller menggunakan teknologi Pulse Width Modulation (PWM) untuk mengatur pengisian dan pengosongan arus. Panel surya 12V umumnya memiliki tegangan output 16-21V [14].

2.8 Reley

Relay adalah saklar elektrik yang beroperasi secara elektromagnetik menggunakan sinyal elektrik. Relay digunakan dalam logika switching dan membutuhkan daya kecil untuk mengaktifkan kontrolnya, namun mampu mengontrol perangkat dengan daya lebih besar. Berdasarkan contact point-nya, relay dibagi menjadi dua jenis: Normally Open (NO) dan Normally Close (NC).

2.9 Pompa Air

Pompa adalah alat untuk memindahkan cairan melalui pipa dengan menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan. Prinsip kerjanya melibatkan penekanan dan penghisapan fluida untuk menciptakan aliran yang terus menerus [15].

2.10 NodeMCU ESP32

Secara garis besar, NodeMCU adalah platform IoT berbasis ESP32 dengan firmware eLua. Dilengkapi dengan port micro USB untuk pemrograman, NodeMCU memiliki tombol push button untuk reset dan flash. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Lua, yang mirip dengan bahasa C dalam logika dan struktur pemrogramannya [16].

2.11 Liquid Crystal Display (LCD)

LCD (Liquid Crystal Display) adalah komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan data dalam bentuk karakter, huruf, atau grafik. Pada penelitian ini, digunakan LCD 16x2 yang mampu menampilkan karakter saja [17]. LCD ini memiliki spesifikasi dengan 16 kolom dan 2 baris, total 192 karakter yang tersimpan, beroperasi pada tegangan 5V, dan memiliki ukuran yang praktis untuk aplikasi tertentu.

2.12 Keyped Matrix 4x4

Keypad adalah array saklar push button yang disusun matriks untuk menginput data dan berfungsi sebagai antarmuka manusia mesin (HMI). Penelitian ini menggunakan keypad matrix 4x4 untuk berkomunikasi dengan Raspberry Pi. Konstruksi keypad ini terdiri dari 4 baris dan 4 kolom, di mana setiap persilangan baris dan kolomnya dilengkapi dengan saklar push button. Matrix keypad 4x4 memungkinkan konfigurasi fleksibel antara baris dan kolom sebagai input atau output [18].

2.13 Soil Moisture Sensor

Sensor kelembapan tanah adalah perangkat khusus yang digunakan untuk mengukur kadar air atau kelembapan dalam tanah. Fungsinya adalah memberikan informasi mengenai kondisi kelembapan tanah, yang vital dalam bidang pertanian, kebun, dan pengelolaan sumber daya air [19].

2.14 Software Arduino IDE

Arduino IDE adalah perangkat lunak untuk membuat sketsa pemrograman pada papan Arduino. Ini memungkinkan pengeditan, pembuatan, pengunggahan ke papan yang dituju, dan pengkodean

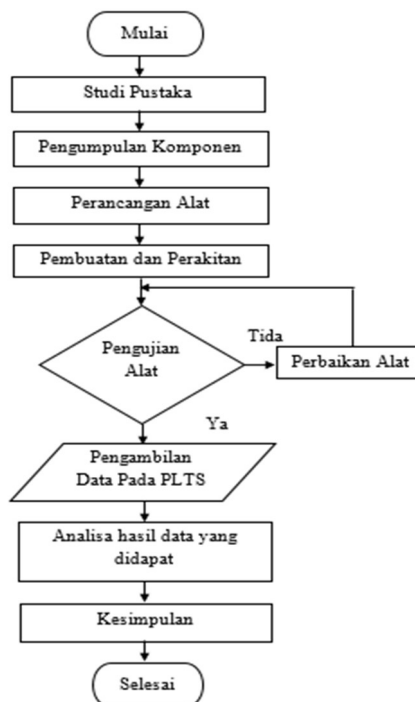
program menggunakan bahasa pemrograman Java dengan dukungan perpustakaan C/C++ (wiring) untuk mempermudah operasi masukan/keluaran [20] .

2.15 Firebase

Firebase adalah API yang disediakan oleh Google untuk menyimpan dan menyinkronkan data dalam aplikasi Android, iOS, atau web. Fitur utamanya termasuk Realtime Database untuk penyimpanan data yang cepat dan sinkron, serta berbagai layanan lain seperti autentikasi, penyimpanan file, hosting, dan pemberitahuan. Firebase memungkinkan integrasi mudah dengan berbagai platform klien seperti Android, iOS, JavaScript, Java, Objective-C, dan Node.js, serta merupakan layanan Database as a Service (DBaaS) dengan pendekatan realtime [20].

3. METODE

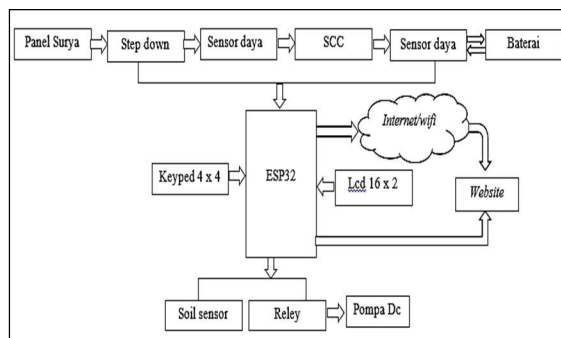
Penelitian ini menggunakan metode perbandingan yang awalnya dikembangkan oleh Thomas L. Saaty untuk membandingkan kelebihan dan kekurangan komponen yang digunakan dalam penelitian sebelumnya. Tujuan dari metode ini adalah untuk menentukan komponen yang paling tepat untuk digunakan dalam membangun prototipe sistem irigasi tenaga surya berbasis.



Gambar 1. Flowchart Tahap Umum Penelitian

3.1 Perancangan Sistem

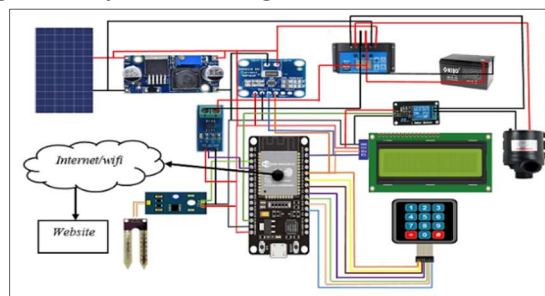
Pada tahap pembuatan desain dan penentuan komponen yang dibutuhkan untuk perancangan prototype sistem pompa air irigasi tenaga surya terlebih dahulu dibuat dalam bentuk blok diagram yang memudahkan pembuatan desain. Adapun rancangan blok diagram sistem ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3.2 Konsep rancangan

Adapun konsep rancangan ditunjukkan dalam gambar 3.



Gambar 3. Konsep Rancangan Sistem

Konsep perancangan prototype sistem pompa air irigasi tenaga surya menggunakan mikrokontroler Arduino dan NodeMCUESP32 yang terhubung dengan sensor kelembapan tanah sensor ini berfungsi untuk mendeteksi tingkat kelembapan tanah. Data dari sensor tersebut akan dikirim ke NodeMCUESP32 melalui Input/uotput digital dan analog, dan selanjutnya diolah oleh mikrokontroler untuk mengambil keputusan berdasarkan kondisi yang terdeteksi. NodeMCUESP32 akan terhubung dengan jaringan internet melalui protokol wifi, dan menggunakan aplikasi web firebase pada handphone atau tablet sebagai antar muka pengguna. Web akan memungkinkan pengguna untuk memonitoring daya, tegangan dan arus secara real-time. Hala ini meningkatkan efisiensi dan kehandalan sistem, dan membatasi pengguna bebar-benar hemat menggunakan sistem ini dengan sadar.

3.3. Perancangan Software Arduino IDE

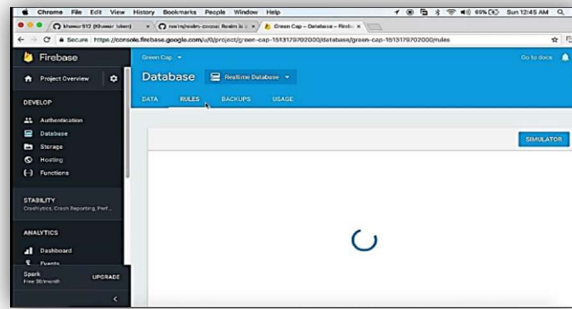
Perancangan yang akan dilakukan yaitu membuat bahasa program sehingga sistem yang dibuat sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan pada perancangan sistem ini.



Gambar 4. Software Arduino IDE

3.4. Perancangan Software Firebase

Firebase adalah *Application Programming Interface (API)* yang disediakan google untuk menyimpan data dan penyelarasan data ke dalam aplikasi Android,ISO, atau web.yang dapat mengontrol Arduino, NodeMCU dan sejenisnya melalui Internet. Firebase dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat hadware, menampilkan monotoring data sensor,menyimpan data, dan lain – lain.



Gambar 5. Tampilan Software awal menu firebase

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Perangkat Keras Secara Keseluruhan

Hasil dari penelitian ini menghasilkan sebuah prototype sistem pompa air irigasi tenaga surya, dalam bentuk replika mini. Dalam sistem ini, terdapat penerapan mikrokontroler NodeMCU ESP32, panel surya, sensor stepdown, sensor daya, scc, sensor daya, baterai, keypad 4x4, lcd 12C, soil moisture sensor, relay, pompa air, serta komponen elektronik lainnya yang saling terhubung. Keseluruhan sistem ini dapat diintegrasikan dengan aplikasi firebase dan juga link. Tampak perangkat prototype sistem pompa air irigasi tenaga surya



Gambar 6. Tampak perancangan alat prototype sistem pompa air irigasi

3.2 Pengujian Sistem

Pengujian setiap komponen yang digunakan dalam sistem adalah proses pengujian dan evaluasi untuk memastikan bahwa komponen-komponen tersebut berfungsi dengan baik dan memenuhi kebutuhan pengguna. Pengujian setiap komponen yang direncanakan meliputi:

1. Pengujian mikrokontroler nodemcu esp32.
2. Pengujian lcd 16x2.
3. Pengujian keypad 4x4.
4. Pengujian sensor soil moisture.
5. Pengujian software web irigasi.
6. Pengujian komunikasi wireless (wifi/bluetooth).
7. Pengujian output panel surya.
8. Pengujian keseluruhan sistem.

Hasil dari pengujian setiap komponen yang digunakan.

3.3 Pengujian Keseluruhan

Pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa semua komponen sistem telah terhubung dengan benar, firebase berfungsi dengan baik, bahwa sistem dapat mengontrol dan memonitoring secara efektif dan akurat. Pada pengujian pompa air irigasi peneliti menentukan penyiraman secara manual menggunakan menu keypad 4x4 dalam menentukan waktu penyiraman dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Pengujian Pompa Menggunakan Tombol Keyped 4x4

3.4 Hasil Pengujian

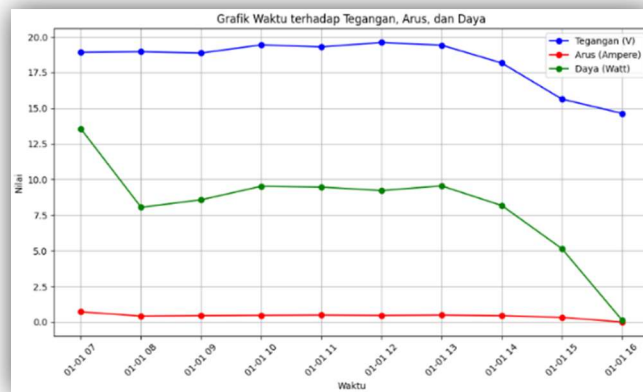
Pengujian keseluruhan data monitoring pada tampilan web irigasi.

Tabel 1. Pengukuran Data Monitoring Di Web

No	Kondisi Terkini	Jam/Tanggal/Tahun	Moisture	pH
1	Kondisi Tanah	08 :00/07-2024	6.26%	7.1
2	Panel Surya	Tegangan	Arus	Daya
		12.7	0.5	14 Watt
3	Batterey	Tegangan	Arus	Daya
		12.6	2.4	44.5

Tabel 2. Pengukuran Panel Surya Tanpa Beban

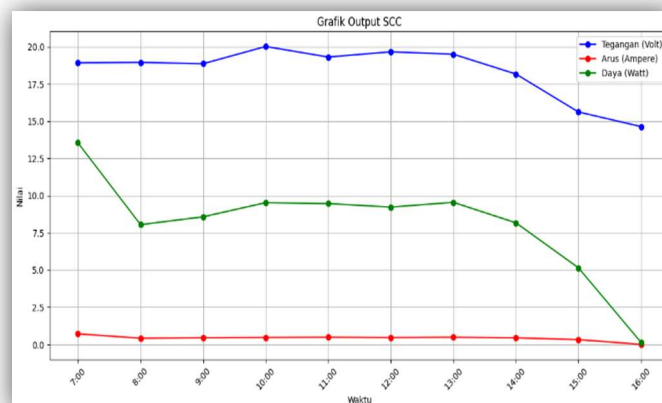
Waktu	Tegangan (V)	Arus (Ampere)	Daya (Wat)
7:00	18.92	0.716	13.5452
8:00	18.96	0.425	8.052
9:00	18.87	0.455	8.5785
10:00	19.44	0.475	9.528
11:00	19.3	0.49	9.467
12:00	19.61	0.47	9.2307
13:00	19.42	0.49	9.5518
14:00	18.17	0.45	8.1765
15:00	15.64	0.33	5.154
16:00	14.64	0.01	0.1464



Gambar 8. Grafik Pengukuran Panel Surya Tanpa Beban

Tabel 3. Hasil Pengukuran SCC

Waktu	Output SCC		
	V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)
7:00	18.92	0.716	13.5452
8:00	18.95	0.425	8.052
9:00	18.86	0.455	8.5785
10:00	20.02	0.475	9.528
11:00	19.31	0.490	9.467
12:00	19.66	0.470	9.2307
13:00	19.50	0.490	9.5518
14:00	18.17	0.450	8.1765
15:00	15.62	0.330	5.154
16:00	14.64	0.010	0.1464



Gambar 9. Grafik Hasil Pengukuran SCC

Tabel 4. Pengukuran Output Aki

Jam	Aki		
	V	I	P
7:00	11.67	5.16	60.2
8:00	12.42	5.06	62.8
9:00	12.22	5.17	63.1
10:00	12.15	5.42	65.8
11:00	12.18	5.53	67.3
12:00	12.22	5.17	63.1
13:00	12.13	4.96	60.1
14:00	12.27	4.79	58.7
15:00	12.04	4.86	58.5
Total	12.144	5.124444	62.17778

Total energi yang digunakan selama 8 jam, kita dapat menghitungnya sebagai berikut:

1. Total energi yang digunakan dalam watt-jam (Wh)
 - a. Energi = Daya x Waktu
 - b. Total Energi = $\sum_{i=1}^n (\text{Daya}_i \times \text{Waktu}_i)$
 - c. Data daya untuk setiap jam, jadi kita bisa mengalikan daya setiap jam dengan 1 jam dengan menjumlahkannya.
2. Energi yang digunakan selama 9 jam :
 - a. Total energi = (60.2 + 62.8 + 63.1 + 65.8 + 67.3 + 63.1 + 60.1 + 58.7 + 58.5) Wh
Total Energi Tersebut :
Total energi = 60.2+62.8+63.1+65.8+67.3+63.1+60.1+58.7+58.5=559.6 Wh
3. Perbandingan dengan kapasitas Aki :
 - a. Kapasitas aki dalam watt-jam (Wh) = Kapasitas (Ah) x Tegangan (V)
 - b. Dengan kapasitas aki 7 Ah dengan tegangan 12 V :
Kapasitas aki = 7 Ah x 12 V :
4. Lama pemakaian berdasarkan energi yang digunakan :
 - a. Lama pemakaian = $\frac{\text{Kapasitas aki (Wh)}}{\text{Total energi yang digunakan (Wh)}} \times \text{Waktu total}$
 - b. Substitusi nilai – nilai yang diketahui :
Lama pemakaian = $\frac{84 \text{ Wh}}{559.6 \text{ Wh}} \times 9 \text{ jam}$
 - c. Hitung lama pemakaian $\frac{84}{559.6 \text{ Wh}} \times 9 = 1.35 \text{ jam}$

Jadi dengan menggunakan aki berkapasitas 7 Ah hanya akan mampu mengoperasikan pompa tersebut selama sekitar 1.35 jam.

5. SIMPULAN

Prototipe sistem pompa air irigasi tenaga surya telah dirancang dan diuji dengan hasil yang memuaskan. Sistem ini menggunakan panel surya 30 WP sebagai sumber daya utama, kontrol otomatis berbasis NodeMCU ESP32 untuk pemantauan jarak jauh, dan kontrol manual menggunakan keypad 4x4 . Implementasi ini meningkatkan efisiensi energi, mengurangi biaya operasional, dan memberikan solusi berkelanjutan untuk kebutuhan irigasi di lahan pertanian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, segala puji dan syukur peneliti panjatkan kepada Allah SWT atas berkah, rahmat, nikmat, kesempatan, kesehatan, dan kekuatan yang diberikan. Shalawat serta salam semoga

senantiasa tercurah kepada Allah SWT. Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Heru Sandi And Y. Fatma, "Pemanfaatan Teknologi Internet Of Things (Iot) Pada Bidang Pertanian," *Jati J. Mhs. Tek. Inform.*, Vol. 7, No. 1, Pp. 1–5, Jan. 2023, Doi: 10.36040/Jati.V7i1.5892.
- [2] A. Rouf And W. Agustiono, "Literature Review: Pemanfaatan Sistem Informasi Cerdas Pertanian Berbasis Internet Of Things (Iot)." Jan. 23, 2021. Doi: 10.31219/Osf.io/S53ge.
- [3] I. Prasajo, P. T. Nguyen, O. Tanane, And N. Shahu, "Design Of Ultrasonic Sensor And Ultraviolet Sensor Implemented On A Fire Fighter Robot Using At89s52," *J. Robot. Control Jrc*, Vol. 1, No. 2, 2020, Doi: 10.18196/Jrc.1212.
- [4] C. H. B. Apribowo, "Prototype Sistem Pompa Air Tenaga Surya Untuk Meningkatkan Produktivitas Hasil Pertanian," Vol. 21, No. 2, 2017.
- [5] A. Faizal And B. Setyaji, "Desain Maximum Power Point Tracking (Mppt) Pada Panel Surya Menggunakan metode Sliding Mode Control," Vol. 14, No. 1, 2016.
- [6] K. Bayu Kusuma, C. G. Indra Partha, And I. W. Sukerayasa, "Perancangan Sistem Pompa Air Dc Dengan Plts 20 Kwp Tianyar Tengah Sebagai Suplai Daya Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Masyarakat Banjar Bukit Lambuh," *J. Spektrum*, Vol. 7, No. 2, P. 46, Jun. 2020, Doi: 10.24843/Spektrum.2020.V07.I02.P7.
- [7] F. Alkarrami, T. Iqbal, K. Pope, And G. Rideout, "Dynamic Modelling Of Submersible Pump Based Solar Water-Pumping System With Three-Phase Induction Motor Using Matlab," *J. Power Energy Eng.*, Vol. 08, No. 02, Pp. 20–64, 2020, Doi: 10.4236/Jpee.2020.82002.
- [8] M. Ulum, H. Haryanto, And D. Neipa Purnamasari, "Smart Monitoring Sistem Panel Surya Berbasis Internet Of Things (Iot)," *Cyclotron*, Vol. 7, No. 01, Pp. 67–70, Jan. 2024, Doi: 10.30651/Cl.V7i01.21175.
- [9] P. Pangaribuan, E. Susanto, And R. A. Pratama, "Perancangan Sistem Panel Surya Terkendali Dalam Dua Sumbu Untuk Peningkatan Efisiensi Pembangkitan Energi Listrik," *J. Rekayasa Elektr.*, Vol. 15, No. 1, Apr. 2019, Doi: 10.17529/Jre.V15i1.12232.
- [10] A. Triyanto And H. Kusnadi, "Rancang Dan Bangun Sistem Pembersih Permukaan Panel Surya Otomatis Dengan Sistem Elektromekanis Cerdas," Vol. 4, No. 3, 2023.
- [11] S. Suratno And B. D. Cahyono, "Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Sebagai Catu Daya Pompa Air Submersible," *J. Tek. Elektro Uniba Jte Uniba*, Vol. 7, No. 2, Pp. 309–319, May 2023, Doi: 10.36277/Jteuniba.V7i2.220.
- [12] W. A. Suteja And A. Surya Antara, "Analisis Sensor Arus Invasive Acs712 Dan Sensor Arus Non Invasive Sct013 Berbasis Arduino," *Protek J. Ilm. Tek. Elektro*, Vol. 8, No. 1, Pp. 13–21, May 2021, Doi: 10.33387/Protk.V8i1.2116.
- [13] H. T. Monda And P. S. Rudati, "Sistem Pengukuran Daya Pada Sensor Node Wireless Sensor Network".
- [14] M. R. A. Haqq, I. Cholissodin, And A. A. Soebroto, "Maximum Power Point Tracking (Mppt) Pada Panel Surya Dalam Kondisi Berbayang Sebagian Dengan Particle Swarm Optimization (Pso)".
- [15] A. N. Syaief, Y. Fitriyani, And M. Taufany, "[No Title Found]," *Elem. J. Tek. Mesin*, Vol. 7, No. 2, Dec. 2020, Doi: 10.34128/Je.V7i2.138.
- [16] Z. Iqtimal, "Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air".
- [17] "16524043.Pdf."
- [18] M. Malik Al Falah, I. N. Satya Kumara, And W. G. Ariastina, "Perkembangan Riset Dan Produk Komersial Sistem Pembersih Panel Surya," *J. Spektrum*, Vol. 8, No. 4, P. 29, Jan. 2022, Doi: 10.24843/Spektrum.2021.V08.I04.P4.
- [19] Kode Pin Dan Multi Sensor Berbasis Mikrokontroller," *J. Ampere*, Vol. 6, No. 1, P. 22, Jun. 2021, Doi: 10.31851/Ampere.V6i1.5980.
- [20] "Mengenal Perangkat Lunak Arduino Ide," Kmttek. Accessed: Jul. 06, 2023. [Online]. Available: <https://www.kmtech.id/post/mengenal-perangkat-lunak-arduino-ide>