

---

**SMART FARMING TENAGA SURYA BERBASIS IOT SEBAGAI KONTROL DAN MONITORING IRIGASI PADA KEBUN MANGGA DI KECAMATAN BEJI KABUPATEN PASURUAN**

**Alfarid Hendro Yuwono<sup>1\*</sup>, Nafi Isbadrianingtyas<sup>2</sup>, Widodo Pudji Muljanto<sup>1</sup>, Michael Ardita<sup>1</sup>, Rizqi Cahyo M Putra<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Institut Teknologi Nasional Malang, Malang, Indonesia

<sup>2</sup> Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

\*Corresponding Author

Email : [alfaridhendroyuwono@lecturer.itn.ac.id](mailto:alfaridhendroyuwono@lecturer.itn.ac.id)

**Abstrak** – Smart Farming dengan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan jenis sumber energi terbarukan yang saat ini banyak dipakai baik di instansi maupun di masyarakat. Pembangkit ini memiliki potensi untuk menggantikan peran pembangkit listrik fosil yang masih umum digunakan saat ini. Penggunaan PLTS secara khusus cocok untuk aplikasi di sektor pertanian, memberikan peluang kepada para petani untuk memanfaatkan sumber daya energi baru terbarukan (EBT) dengan potensi mencapai 3.686 gigawatt (GW). Dalam upaya meningkatkan efisiensi penggunaan pembangkit listrik tenaga surya diperkenalkan sistem monitoring dan kontrol yang berbasis Internet of Things (IoT). Parameter yang dimonitor melibatkan tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh pembangkit, sementara kondisi area pertanian juga dipantau melalui pengukuran suhu dan kelembapan. Beban yang dikontrol oleh sistem ini adalah pompa air irigasi pertanian.

**Kata kunci:** Smart Farming, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Internet of Thing (IoT)

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki berbagai sumber energi alam yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan, dikenal sebagai Energi Baru Terbarukan (EBT), termasuk energi surya, angin, panas bumi, air, bioenergi, dan energi laut, dengan total potensi mencapai 3.686 gigawatt (GW). Namun, pada tahun 2022, kapasitas pembangkit listrik yang sudah terpasang hanya mencapai 81,2 gigawatt. Saat ini, masyarakat Indonesia masih sangat bergantung pada pasokan listrik dari PLN, yang berasal dari pembangkit konvensional berbahan bakar fosil. Hal ini disebabkan oleh persepsi bahwa beralih ke energi terbarukan dianggap mahal, sehingga masyarakat lebih memilih listrik PLN yang dianggap lebih ekonomis [1].

Meskipun demikian, penggunaan sumber energi terbarukan di Indonesia dapat menjadi alternatif untuk mengurangi dampak negatif eksploitasi sumber daya terhadap lingkungan [2]. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah contoh implementasi upaya tersebut. Pemanfaatan PLTS dan PLTB menjadi relevan, terutama dalam konteks pertanian cerdas di daerah dengan kondisi berangin dan intensitas cahaya yang optimal, seperti di Nganjuk, Jawa Timur, yang terkenal sebagai kota listrik bayu.

Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan jenis pembangkit yang sangat relevan, terutama di sektor pertanian [3]. Kabupaten Pasuruan, yang memiliki potensi unggulan dalam produksi tanaman mangga, merupakan contoh yang sesuai dengan konsep ini. Implementasi PLTS diharapkan dapat memberikan kontribusi positif

dalam memenuhi kebutuhan energi di sektor pertanian, salah satu pilar ekonomi daerah tersebut.

Pertanian seringkali menghadapi kendala dalam sistem pengairan, terutama di wilayah yang jauh dari sumber air. Penggunaan energi terbarukan, seperti PLTS, dalam sistem pengairan lahan pertanian dengan menggunakan pompa, menjadi alternatif yang lebih efektif. Pendekatan ini tidak hanya berpotensi meningkatkan produktivitas pertanian, tetapi juga mengurangi beban kerja petani dan menjamin ketersediaan air yang memadai untuk tanaman.

Keunggulan PLTS adalah kemampuannya yang mudah dipindahkan sesuai kebutuhan para petani. Fleksibilitas ini memberikan kesempatan untuk mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan di berbagai lokasi lahan pertanian, meningkatkan efisiensi operasional, dan mendukung keberlanjutan usaha pertanian. Untuk meningkatkan efisiensi operasional, pembangkit listrik tenaga surya perlu dilengkapi dengan sistem pemantauan tegangan, arus, dan daya. Langkah ini memungkinkan petani untuk memantau sistem secara online, mengontrol beban seperti pompa air, dan memantau kondisi lahan pertanian di area yang memiliki intensitas matahari yang memadai [4]. Oleh karena itu, fokus penelitian diarahkan pada perancangan sistem yang dapat mengatasi tantangan tersebut.

Dalam beberapa situasi tertentu, lahan pertanian yang digunakan untuk tanaman mangga membutuhkan tingkat kelembapan tanah minimal sebesar 60%. Oleh karena itu, ketika tingkat kelembapan tanah turun di bawah ambang tersebut, tindakan penyiraman diperlukan untuk menjaga agar kelembapan tanah tetap optimal [5]. Menariknya, tanaman mangga sebagai komoditas pertanian memiliki kebutuhan air yang relatif rendah selama masa pertumbuhannya. Oleh karena itu, penyiraman tanaman mangga hanya diperlukan dua kali pada awal pertumbuhan dan satu kali setelahnya.

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah jenis pembangkit listrik fotovoltaik yang mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik [6]. Proses kerja PLTS terjadi saat panel surya menangkap radiasi matahari (bukan panas matahari), yang dapat diperoleh dari pagi hingga sore hari. Energi yang diperoleh dari panel surya akan disimpan ke dalam baterai, sehingga dapat dimanfaatkan untuk proses irigasi pada kebun mangga.

Rectifier AC to DC, atau penyearah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC), adalah komponen kunci dalam sistem pembangkit listrik. Fungsinya adalah mengubah arus AC yang dihasilkan oleh pembangkit listrik, baik dari tenaga surya maupun tenaga bayu, menjadi arus DC. Komponen ini memiliki peran penting dalam berbagai aplikasi listrik untuk memastikan keluaran energi sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi perangkat elektronik.

Sensor tegangan adalah modul yang beroperasi berdasarkan prinsip pembagi tegangan resistif. Modul ini menghasilkan tegangan input yang lebih rendah, sekitar lima kali lebih kecil dari tegangan aslinya. Sensor arus INA219 memiliki kemampuan untuk mengukur tegangan dan arus pada sumber daya searah (DC), memberikan fleksibilitas dalam pemantauan dan pengukuran parameter listrik secara simultan.

Solar Charger Controller (SCC) adalah perangkat elektronik yang mengatur arus listrik ke baterai pada sistem panel surya off grid. SCC berfungsi mengoptimalkan dan melindungi baterai dari risiko overcharge dan overdischarge. Perangkat ini juga memberikan informasi tentang status pengisian baterai dan performa panel surya, menjadikannya esensial untuk efisiensi dan keandalan sistem energi surya off grid.

Sensor suhu digital DS18B20 mengadopsi prinsip one wire, memerlukan satu pin sebagai jalur data untuk komunikasi. Kelebihannya meliputi serial 64-bit, memungkinkan penggunaan beberapa sensor pada satu bus daya yang sama. Sensor kelembapan tanah YL-69 dirancang khusus untuk mengukur kelembapan tanah, sering digunakan dalam sistem penyiraman otomatis atau pemantauan langsung kelembapan tanah.

Sensor irradiasi matahari BH1750 adalah modul sensor dengan antarmuka bus I2C yang mengukur cahaya ambien atau intensitas cahaya di sekitarnya. Kemampuan antarmuka I2C memudahkan integrasi dengan mikrokontroler atau perangkat lain yang mendukung protokol komunikasi tersebut.

ESP32 adalah mikrokontroler terintegrasi dengan fitur lengkap dan kinerja tinggi, mendukung konektivitas WiFi dan Bluetooth. ESP8266, atau NodeMCU, juga merupakan mikrokontroler yang lebih canggih dibandingkan Arduino, dengan kemampuan yang lebih luas dan daya yang lebih besar. Keduanya umumnya digunakan dalam proyek pengembangan elektronika dan Internet of Things (IoT).

Thingspeak adalah platform IoT open source yang memfasilitasi pengiriman, penyimpanan, dan pengambilan data dari berbagai perangkat yang terhubung melalui HTTP. Platform ini memungkinkan integrasi dengan berbagai aplikasi dan sistem, memberikan fleksibilitas untuk analisis, pemantauan, dan implementasi aplikasi IoT.

## **METODE**

Pada perancangan smart farming ini membahas tentang komponen-komponen pendukung yang digunakan untuk mengembangkan sistem monitoring dan kontrol berbasis Internet of Things (IoT) pada sistem irigasi pertanian dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga surya. Perancangan sistem ini mencakup dua aspek utama, yaitu rancangan hardware dan rancangan software. Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang kedua rancangan tersebut.

### **1. Rancangan hardware**

Konsep perancangan hardware ini mencakup langkah-langkah di mana penulis merancang suatu sistem monitoring dan kontrol yang terintegrasi, direpresentasikan dalam bentuk diagram blok sistem. Proses perancangan hardware melibatkan pemilihan komponen-komponen fisik yang akan digunakan dalam sistem, serta penentuan hubungan dan koneksi antar komponen tersebut. Diagram blok sistem digunakan sebagai alat visual untuk menggambarkan struktur keseluruhan dari perangkat keras yang akan dikembangkan. Beberapa tahapan perancangan hardware termasuk identifikasi komponen utama yang diperlukan, pemilihan sensor dan perangkat keras yang sesuai, serta merancang hubungan dan koneksi antara komponen-komponen tersebut. Hasil dari perancangan ini tercermin dalam diagram blok sistem, yang memberikan gambaran visual tentang struktur dan interaksi keseluruhan sistem.

Rancangan hardware pada penelitian ini melibatkan dua sistem utama, yaitu sistem monitoring dan sistem controlling. Komponen-komponen sistem monitoring, yang ditandai dengan warna kuning dan merah, difokuskan pada pemantauan pembangkit (PLTS), kondisi tanah pertanian, serta tingkat irradiasi matahari. Beberapa komponen kunci pada sistem monitoring mencakup :

1. Panel Surya yang berperan sebagai sumber energi atau pembangkit listrik.
2. Sensor Tegangan dan Arus yang digunakan untuk mengukur tegangan dan arus dari kedua pembangkit surya (PLTS) menggunakan sensor tegangan DC

dan sensor arus INA219. Data hasil pengukuran digunakan sebagai input untuk pemantauan sistem.

3. Step-down 5V berupa modul yang bertugas menurunkan tegangan untuk menyuplai daya ke sensor dan ESP32, memastikan bahwa tegangan yang dibutuhkan oleh komponen tersebut sesuai.
4. Sensor Kelembapan Tanah dan Suhu berupa Sensor soil moisture yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan tanah, sementara sensor suhu digunakan untuk memantau suhu di area pertanian.
5. Sensor Irradiasi Matahari yang berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya matahari pada lokasi tertentu.
6. SCC dan Boost Converter berupa modul yang berperan sebagai pengatur charger baterai, mengelola tegangan dan arus masukan dari PLTS

## 2. Rancangan software

ESP32 merupakan mikrokontroler ini berperan sebagai otak utama dalam sistem, bertanggung jawab untuk mengumpulkan, memproses data dari sensor, dan mengirimkannya ke sistem kontrol.

Rancangan ini memiliki tujuan utama untuk menghasilkan integrasi yang holistik antara komponen-komponen monitoring, sehingga data yang relevan dapat diakses dan dianalisis secara efektif. Hal ini bertujuan untuk mendukung pengambilan keputusan yang tepat dalam operasional sistem irigasi pertanian yang memanfaatkan pembangkit listrik tenaga surya. Peran sentral ESP32 sebagai pengolah data menjadi kunci dalam mengirimkan data ke cloud, di mana informasi tersebut dapat dipantau dan dianalisis melalui platform Thingspeak.

Pada sisi sistem kontroling, berbagai komponen seperti baterai sebagai sumber daya, step-down 5V sebagai suplai untuk ESP8266 (mikrokontroler), serta relay sebagai pengendali beban, khususnya pompa air, turut berperan dalam menjaga stabilitas dan kendali pada sistem. Adanya step-down 5V sebagai suplai daya untuk ESP8266 memastikan bahwa mikrokontroler dapat mengolah data dengan optimal. Data yang telah diolah oleh ESP8266 kemudian dikirimkan ke cloud, memberikan kemampuan untuk memantau dan mengendalikan sistem melalui perangkat lunak Thingspeak.

Dengan integrasi yang sejalan antara sistem monitoring dan kontroling, diharapkan rancangan ini dapat memberikan solusi yang efektif dan efisien dalam pengelolaan irigasi pertanian, menggabungkan keunggulan pembangkit listrik surya dan teknologi Internet of Things (IoT).

## HASIL KARYA UTAMA DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini pembahasan ini dilakukan perbandingan antara nilai yang dihasilkan oleh sensor dalam sistem dengan nilai yang diukur menggunakan alat ukur konvensional. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk mengevaluasi ketepatan dan akurasi sensor yang digunakan dalam sistem. Perbandingan ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengukur tingkat error yang mungkin terjadi selama proses pengukuran. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai error adalah sebagai berikut:

$$\left| \frac{\text{nilai dari alat ukur} - \text{nilai dari sensor}}{\text{nilai dari alat ukur}} \right| \times 100 \quad (1)$$



**Gambar 1.** Sensor Tegangan dan Multimeter

Pengujian ke -	Sensor Tegangan (V)	Multimeter (V)	Selisih Sensor dan Multimeter	Nilai Error (%)
1	13,42	13,32	0,1	0,75%
2	11,95	11,98	0,03	0,25%
3	11,64	11,73	0,09	0,77%
4	24,39	24,21	0,18	0,74%
5	22,88	23,12	0,24	1,04%

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Sensor Tegangan

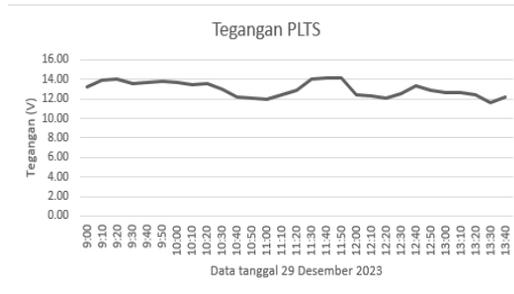
Dari hasil pengujian pada tabel di atas, terlihat bahwa rata-rata nilai error dari selisih pengukuran antara sensor tegangan dengan multimeter sebesar 0,71%. Pengujian sensor tegangan melibatkan variasi suplai tegangan, termasuk dari PLTS, power supply 12V, dan power supply 24V.

Monitoring PLTS 50Wp dilakukan untuk mengambil data tegangan dan arus yang dihasilkan oleh pembangkit. Data ini digunakan baik untuk pengisian baterai maupun langsung oleh beban. Data tersebut mencakup informasi tentang tegangan dan arus yang dihasilkan oleh PLTS. Data ini memiliki signifikansi penting untuk memahami performa PLTS dan memastikan konsistensi serta akurasi pengukuran tegangan menggunakan sensor



**Gambar 2.** Pengujian Monitoring PLTS 50Wp

Gambar yang diberikan mengilustrasikan grafik hasil keluaran tegangan dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 50Wp. Fluktuasi pada grafik ini terkait dengan kondisi cuaca pada saat pengumpulan data, di mana cuaca yang berawan memengaruhi pencahayaan panel surya, sehingga menyebabkan tegangan outputnya mengalami variasi.

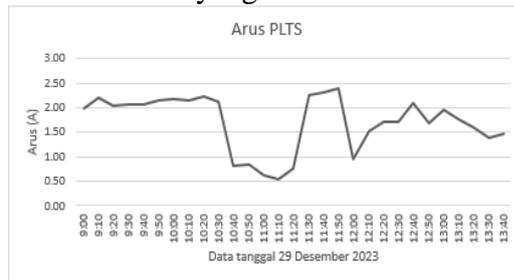


Gambar 3. Grafik Tegangan PLTS 50Wp

Dalam rentang waktu antara jam 09.00 sampai 10.30, terlihat kestabilan pada grafik karena panel surya menerima intensitas matahari yang memadai. Namun, dari jam 10.40 hingga 11.20, terjadi penurunan tegangan akibat kondisi berawan yang mempengaruhi kinerja panel surya.

Pada jam 11.20 hingga 11.50, terjadi peningkatan tegangan dalam waktu singkat, mungkin disebabkan oleh peningkatan intensitas matahari. Namun, setelah jam 12.00, grafik mengalami perubahan yang tidak teratur karena fluktuasi kondisi cuaca yang tidak stabil.

Rata-rata tegangan output yang dihasilkan oleh panel surya 50Wp mencapai 13V. Analisis grafik ini memberikan pemahaman tentang respons PLTS terhadap variasi kondisi cuaca, menunjukkan tantangan yang mungkin dihadapi untuk mendapatkan keluaran yang stabil dalam situasi cuaca yang berubah-ubah.

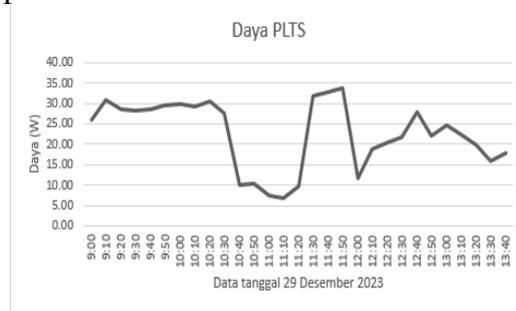


Gambar 4. Grafik Arus PLTS

Grafik di atas mencerminkan data arus yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ketika terhubung ke beban, terutama ke Solar Charger Controller (SCC) untuk proses pengisian baterai. Data arus dari PLTS ini memberikan gambaran karakteristik arus dalam kondisi pengisian baterai, dan sejumlah aspek dapat dianalisis dari grafik tersebut:

1. Arus PLTS mengikuti fluktuasi tegangan yang dihasilkan oleh PLTS. Terlihat bahwa perubahan tegangan secara langsung mempengaruhi arus yang mengalir.
2. Grafik menunjukkan fluktuasi arus selama proses pengisian baterai. Variasi ini mencerminkan respons PLTS terhadap perubahan tegangan dan beban yang terhubung.
3. Korelasi yang jelas terlihat antara tegangan dan arus yaitu peningkatan tegangan menyebabkan peningkatan arus, dan sebaliknya.
4. Rata-rata Arus Pengisian Baterai: Rata-rata arus yang digunakan dalam proses pengisian baterai adalah sebesar 1.71A. Informasi ini memberikan gambaran tentang seberapa besar arus yang diperlukan dalam proses pengisian baterai.

Analisis dari grafik ini memberikan wawasan tentang respons arus PLTS dalam situasi pengisian baterai, memperlihatkan bagaimana fluktuasi tegangan memengaruhi perubahan arus yang dapat diukur.



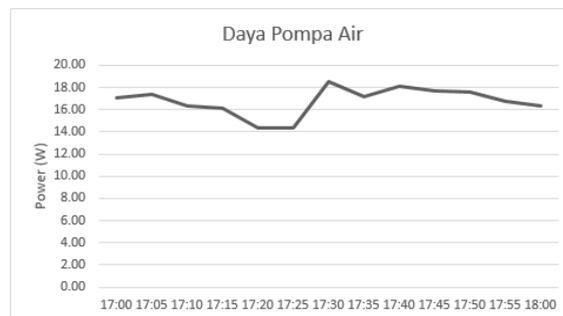
**Gambar 5.** Grafik Daya PLTS 50Wp

Besar daya yang dihasilkan PLTS merupakan perkalian dari tegangan yang dihasilkan dengan Arus yang mengalir pada saat PLTS terhubung ke SCC dan ke baterai. Grafik daya PLTS akan mengikuti grafik daya pada Arus yang dihasilkan PLTS.



**Gambar 6.** Pengujian Beban Pompa Air Listrik

Dalam sistem pengendalian pompa air, pengontrolan dan pemantauan dilakukan melalui Thingspeak, dan daya yang digunakan oleh pompa diukur selama satu jam penggunaan. Hasil pengukuran daya ini memberikan gambaran tentang konsumsi energi selama operasional pompa air selama periode tertentu. Data ini bermanfaat untuk memahami seberapa efisien dan berkelanjutan penggunaan pompa air pada waktu tertentu, serta dapat mendukung pengelolaan dan pemantauan konsumsi energi dalam konteks irigasi pertanian.



**Gambar 7.** Grafik Daya Pompa Air

**KESIMPULAN**

Dari keseluruhan pengujian alat yang telah dilakukan, dapat disimpulkan menjadi berikut :

1. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa sensor-sensor tersebut memiliki nilai

error yang relatif kecil, menandakan akurasi dan keandalan yang memadai untuk pengukuran dalam sistem smart farming.

2. Panel surya lebih efektif pada daerah terpapar sinar matahari dan pada daerah yang lapang (tidak terhalang bangunan atau benda lain), sehingga cocok digunakan pada area perkebunan mangga.
3. Sistem kontrol beban pompa air dengan menggunakan perangkat lunak Thingspeak dapat diakses dari mana saja dengan bantuan Internet of Things (IoT).

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] G. N. Janardana dan I. W. A. Wijaya, "Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Listrik Pada Kelompok Usaha Pertanian," *SPEKTRUM*, vol. VIII, no. 3, p. 54, March 2021
- [2] A. Medina, I. A. D. Giriantari dan I. W. Sukerayasa, "Kajian dan Evaluasi Sistem Suplai Energi Listrik PLTS dan PLTB di Kampus Teknik Elektro Universitas Udayana Bukit Jimbaran Bali," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. XVII, no. 9-12, pp. 311-312, 2018
- [3] F. A. Syuhada dan Z. Fuadi, "Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida untuk Menggerakkan Pompa Air di Area Pertanian," *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah*, vol. IV, no. 6, pp. 1-2, 2016
- [4] Ramadhan dan D. B. Santoso, "Penerapan Internet Of Things Pada Sistem Monitoring Pembangkit Hibrida," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. VIII, no. 8, pp. 170-171, 2022
- [5] A. Rezki, I. G. P. W. W. Wirawan and A. Zubaidi, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Tanaman mangga Berbasis Internet of Things," no. 8, 2021
- [6] AH Yuwono, M Rivai, TA Sardjono, "Solar Panel-based Wireless Battery Charging System using Fuzzy Control Method," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 847 (1), 012088