



# JASEE

## Journal of Application and Science on Electrical Engineering

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



### Implementasi PLTS Pada Sistem Otomatis Pemberian Nutrisi Tanaman Sayur Berbasis LoRa

Muhamad Arifin Prastyono<sup>1</sup>, Gigih Priyandoko<sup>2</sup>, Dedi Usman Effendy<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Elektro Universitas Widyagama Malang

Corresponding author, email: [prasmuhamad0@gmail.com](mailto:prasmuhamad0@gmail.com)

#### Abstract

The agricultural sector deals with most of human food needs; people are starting to think about making new agricultural innovations. Precision Agriculture (PF) is an agricultural land management system that uses technology to make the best decisions for a specific goal and know what is needed for crop growth. This study utilizes LoRa technology as a data transmission medium, enabling users to remotely observe farming conditions and address issues related to crop irrigation. With this technology, the process of plant watering and nutrition delivery will be carried out automatically using predefined time parameters. The results of this study, routine and scheduled nutrition spraying according to the needs of plants done twice a day, is expected to help harvest with optimal yields as well as make it easier for farmers to perform digital care even if farmers are very far away from the garden.

**Keywords:** *PLTS, LoRa, Automatic watering, nutrition system.*



p-ISSN : 2721-3625

e-ISSN : 2721-320X

#### 1. PENDAHULUAN

Masyarakat mulai berpikir untuk membuat inovasi baru dalam sektor pertanian karena pangan merupakan kebutuhan pokok manusia dan sebagian besar dipenuhi oleh sektor pertanian. Perpaduan teknologi energi terbarukan, penyiraman otomatis dan telekomunikasi dalam bidang pertanian memunculkan topik penelitian pertanian modern. Dengan memanfaatkan teknologi dari LoRa (*Long Range*) untuk mengatasi permasalahan pemantauan lahan dalam bidang pertanian khususnya penyiraman dan pemberian nutrisi otomatis pada tanaman. Dengan memanfaatkan teknologi ini, nantinya proses penyiraman dan pemberian nutrisi tanaman akan dipantau dari jarak jauh. Microcontroller Arduino UNO digunakan untuk menjadi pusat kontrol sistem penyiraman ini [1].

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terdiri dari beberapa sel surya yang dipasang secara seri, yang disebut modul surya. PLTS mudah dirawat dan efisien, sehingga dapat digunakan sebagai sumber listrik di daerah yang jauh dari jangkauan listrik PLN. Namun, kondisi arus dan tegangan PLTS biasanya harus diukur dengan datang langsung ke tempat PLTS. Karena masalah tersebut, diperlukan suatu alat yang dapat mengukur arus dan tegangan dari jarak jauh. Dalam penelitian ini, sistem

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

Received: 22-08-2024

Revised: 01-11-2024

Accepted: 09-11-2024, published by ©UWG Press tahun

pemantauan yang menggunakan LoRa (Long Range) dirancang untuk memungkinkan pengawasan secara real time. Dengan menggunakan sensor, sistem ini menganalisis data pada PLTS. Setelah itu, data yang terbaca dikirim menggunakan LoRa pengirim dan ditampilkan di serial monitor oleh LoRa penerima. Sistem pemantauan jarak jauh yang digunakan memungkinkan pengiriman data tanpa menggunakan Internet. Penggunaan internet juga merupakan pilihan lain yang semakin populer akhir-akhir ini. Karena masalah jaringan koneksi internet yang terbatas di wilayah terpencil dan pedesaan. Penggunaan LoRa adalah pilihan yang cukup baik untuk mengatasi kelemahan ini. Perangkat LoRa terdiri dari dua komponen pengirim dan penerima yang terhubung dengan Arduino yang berbeda [1].

Dalam penelitian ini, penerapan PLTS pada sistem pemberian nutrisi otomatis untuk tanaman sayur akan mencakup beberapa komponen yang akan digunakan. PLTS sebagai penyedia sumber listrik, Pompa air yang berfungsi sebagai penyedot air dari bak air kemudian dialirkan ke beberapa cabang selang air, sensor soil moisture sebagai alat untuk mengukur tingkat kelembapan tanah, sensor INA219 untuk mengukur tegangan dan arus, dan sensor Real Time Clock (RTC) yang berfungsi untuk mengatur waktu pemberian nutrisi pada tanaman. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dilakukan penelitian Implementasi PLTS pada Sistem Otomatis Pemberian nutrisi Tanaman Sayur Berbasis LoRa untuk mengatasi permasalahan energi terbarukan dan ketepatan dalam penyiraman dan pemberian nutrisi pada tanaman.

## 2. STUDI PUSTAKA

### 2.1 Nutrisi Tanaman Sayur

Petani sering menghadapi masalah dalam mengatur takaran dan komposisi nutrisi untuk tanaman, karena pemberian nutrisi tanaman pada umumnya memerlukan takaran nutrisi yang tepat untuk pertumbuhan tanaman. Selain itu, sering terjadi masalah dalam mengatur waktu untuk melakukan penyiraman, dengan menggunakan peralatan elektronik yang berfungsi sebagai pengatur untuk melakukan penyiraman.

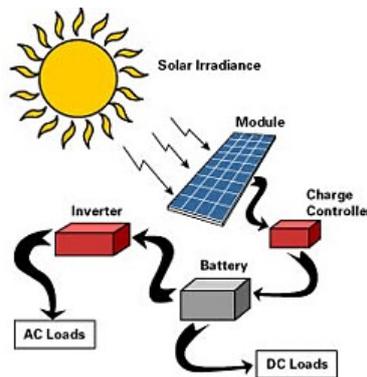


**Gambar 1.** Pupuk AB Mix

Tanaman sayur membutuhkan nutrisi yang cukup, penyiraman yang teratur, dan pencahayaan yang ideal. Nutrisi sangat penting untuk pertumbuhan di sini, jadi dibutuhkan formula nutrisi yang tepat. Salah satu pupuk yang paling umum digunakan adalah pupuk AB mix. Nutrisi AB Mix adalah campuran pupuk majemuk larut air yang mengandung banyak unsur hara yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Untuk memastikan bahwa tanaman tumbuh dengan baik, larutan nutrisi AB Mix harus diterapkan pada media yang tepat.

### 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Fenomena fisis seperti cahaya matahari dapat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Selain itu, matahari adalah sumber energi yang tidak akan habis yang dapat digunakan oleh manusia. Dalam bidang pertanian, radiasi matahari membantu tanaman melakukan fotosintesis, yang dipengaruhi secara signifikan oleh intensitas cahaya. Energi matahari juga dapat diubah menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari manusia [1]. Karena Indonesia adalah negara khatulistiwa yang menerima sinar matahari sepanjang tahun, sumber energi terbarukan yang tidak akan habis ini harus dimanfaatkan untuk menggantikan energi yang dapat habis seperti batu bara. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah salah satu cara untuk menggunakan energi surya [2].



**Gambar 2.** Skema Cara Kerja PLTS

### 2.3 MPPT (*Maximum Power Point Tracking*)

Maximum Power Point Tracking (MPPT) adalah singkatan dari perangkat elektronika yang berfungsi sebagai pengatur pengisian baterai dan memungkinkan sistem untuk mengoptimalkan kinerja antara fotovoltaik (PV) dan baterai [3]. MPPT bukanlah sistem tracking mekanik yang digunakan untuk mengubah posisi modul terhadap posisi matahari untuk mendapatkan energi maksimum, tetapi itu adalah rangkaian yang mengontrol pengisian baterai. Harus diingat bahwa perangkat fotovoltaik memiliki arus tetap.

SCC melindungi panel surya dari overcharge dan overvoltage. SCC juga mengatur arus dan tegangan yang masuk ke inverter. Inverter adalah perangkat elektronika daya yang dapat mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC, yang memungkinkan beban AC seperti solder dan lem tembak elektrik untuk dihidupkan. SCC dengan sistem MPPT dapat mengatasi masalah penurunan daya dengan mengubah tegangan output DC solar cell ke tegangan lebih rendah yang dibutuhkan baterai. Selama proses pengisian, MPPT meningkatkan arus DC ke baterai dengan tegangan tetap 24 volt, sehingga daya solar cell tetap 330 Wp [4].



**Gambar 1.** MPPT SCC

## 2.4 Accumulator (AKI)

Aki adalah alat penyimpan energi yang diisi dengan aliran DC dari sumber energi. Aki juga dapat menghasilkan energi listrik dari energi kimia. Aki primer dan sekunder adalah dua kategori utama aki. Aki dan baterai di peralatan elektronik biasanya menggunakan yang primer. Sementara PLTS biasanya menggunakan sekunder. Salah satu jenis baterai yang dapat digunakan pada PLTS adalah baterai VRLA AGM, juga dikenal sebagai aki kering. Keunggulan aki VRLA adalah bahwa mereka tidak mengeluarkan banyak uap dan tidak memerlukan penambahan cairan atau elektolyte selama baterai digunakan [5].



**Gambar 2.** Baterai Aki Accu

## 2.5 LoRa (Long Range)



**Gambar 3.** LoRa Ra-02 sx1278

Proses perubahan gelombang periodik tertentu untuk menghasilkan sinyal yang mampu membawa informasi dikenal sebagai LoRa (*Long Range*). Gerakan gelombang yang secara teratur disebut gelombang periodik. Perubahan gelombang yang teratur dan berulang-ulang ini berasal dari gangguan yang secara bertahap atau getaran [8]. Perangkat ini berfungsi sebagai pengirim dan penerima data yang dibaca sensor. Tipe Ra-02 sx1278 adalah salah satu jenis modul LoRa yang memiliki beberapa fitur seperti kompatibilitas dengan 1.8V atau 3.7V, model komunikasi jarak jauh nirkabel yang hemat daya tetapi hanya berkomunikasi apabila ada data yang dikirim, murah dan dapat mengurangi biaya, berfungsi di wilayah Asia dengan maksimal jangkauan jaringan 15km dan data yang dapat dikirim berkisar 300Kbps. Selain itu, LoRa dapat digunakan dalam berbagai bidang, seperti dalam pengembangan pertanian, di mana berbagai sensor dapat berinteraksi langsung dengan manusia kapan saja dan di mana saja [6].

## 2.6 Arduino Uno

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang terdiri dari komponen utama, sebuah chip mikrokontroler AVR dari perusahaan ATMEL. Komputer dapat memprogram chip mikrokontroler atau IC (Integrated Circuit). Memasang program pada mikrokontroler memungkinkan rangkaian elektronik untuk membaca input, memproses input, dan

menghasilkan output sesuai keinginan. Mikrokontroler berfungsi untuk mengontrol input, proses, dan keluaran rangkaian elektronik.



**Gambar 6.** Arduino Uno

### **2.7 Relay**

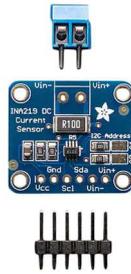
Relay biasanya merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat di dekat solenoid (batang besi). Ketika arus listrik mengalir melalui solenoid, gaya magnetnya menarik tuas, menutup kontak saklar. Namun, ketika arus dihentikan, gaya magnet solenoid akan hilang, sehingga tuas akan kembali ke posisi awalnya, dan kontak saklar akan kembali terbuka [7].



**Gambar 7.** Relay

### **2.8 Sensor INA 219**

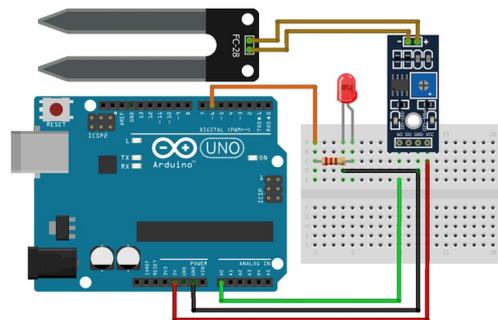
Modul sensor INA219 merupakan servo yang memiliki kemampuan untuk memantau tegangan dan arus rangkaian listrik. INA 219 didukung oleh interface I2C atau SMBUS-COMPATIBLE. Ini memungkinkan peralatan untuk melacak tegangan shunt dan suplai tegangan bus, serta mengubah waktu program dan filtering. Input amplifier maksimum INA 219 adalah  $\pm 320\text{mV}$ , yang berarti dapat mengukur arus hingga  $\pm 3,2\text{A}$ . Dengan data internal 12 bit ADC, resolusi pada kisaran 3.2A adalah 0,8 mA, dan gain internal ditetapkan pada minimum div8, tegangan maksimum saat ini adalah  $\pm 400\text{mA}$  dan resolusi 0,1 mA. INA 219 juga mengidentifikasi tegangan shunt pada bus 0–26 V.



**Gambar 8.4** Skematik Sensor INA 219

## 2.9 Sensor Soil Moisture FC-28

Sensor kelembaban tanah FC-28 adalah sensor yang sangat sederhana yang dapat mendeteksi kelembaban dalam tanah. Ini ideal untuk memantau tingkat air di taman kota atau tanaman pekarangan. Untuk melewati arus melalui tanah, sensor ini memiliki dua probe. Selanjutnya, resistansinya dihitung untuk menghitung tingkat kelembaban. Sensor ini sangat bermanfaat untuk memantau tingkat kelembaban tanah atau mengingatkan tingkat kelembaban pada tanaman. Tanah dengan air lebih mudah menghantarkan listrik, yang dikenal sebagai resistansi kecil.



**Gambar 9.** Sensor Soil Moisture yang terhubung pada Arduino

Sensor soil moisture FC-28, yang terhubung ke Arduino, memiliki tegangan input 3.3V atau 5V, tegangan output 0–4.2V, dan arus 35 mA. Ini juga memiliki rentang nilai ADC 1024–1023 bit.

## 2.10 Water Pump Mini

Pompa air berukuran kecil ini dapat bekerja pada tegangan 2,5 volt hingga 6 volt dan dapat mengalirkan debit air 80 hingga 120 liter per jam. Pompa air ini biasanya digunakan untuk proyek IoT yang membutuhkan pengaliran air, seperti penyiraman tanaman dengan debit air yang kecil [8].

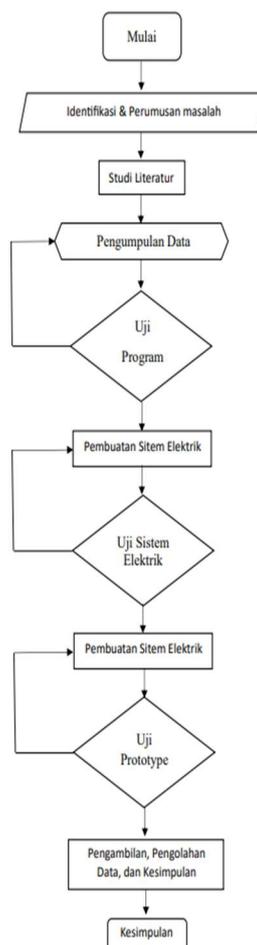


**Gambar 10.** Mini Water Pump

### 3. METODE

#### 3.1. Tahap Pencarian Referensi

Tahapan ini dilakukan dengan mengumpulkan referensi untuk membantu menyelesaikan penelitian. Referensi ini dapat diperoleh dari berbagai sumber, seperti buku, jurnal, tugas akhir, dan internet, serta dengan bertanya langsung kepada pakar. Masalah diidentifikasi dan disusun dalam perumusan masalah yang akan diselesaikan selama pengerjaan penelitian ini. Hal ini dilakukan untuk membuat topik bahasan lebih rinci dan tidak terlalu luas, dan untuk membantu penulis menganalisis masalah dan membuat prototype. Kemudian pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui informasi tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja panel surya, pemberian nutrisi otomatis, dan pengiriman data melalui lora. Setelah itu, persiapan *software* dan pemrograman. Pada tahap ini, program mikrokontroler akan dibuat menggunakan *software* IDE Arduino untuk pengirim dan penerima LoRa.



**Gambar 11.** Flowchart Alur Penelitian

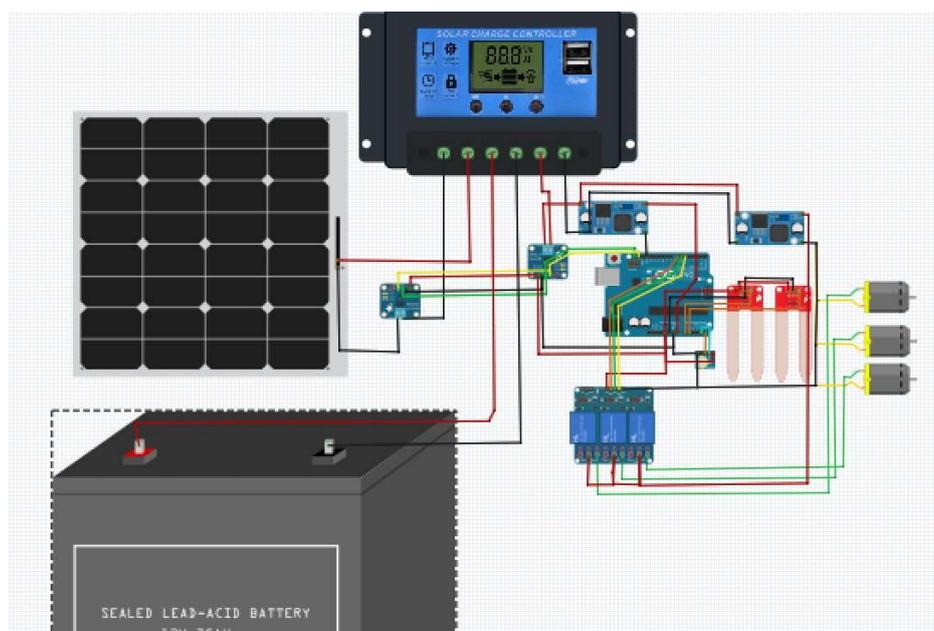
Pengujian program software Arduino setelah membuat program pada Arduino IDE, dilakukan pengujian untuk memastikan tidak ada kesalahan atau kesalahan dalam pembuatan *sketch*. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan menu kompilasi pada software Arduino IDE. Jika pengujian berhasil, maka dapat dilanjutkan ke langkah pembuatan sistem elektrikalnya, tetapi jika tidak, maka langkah sebelumnya harus diulang. Kemudian sistem yang bertanggung jawab untuk menyiramkan dan menjadwalkan pemberian nutrisi dirancang untuk beroperasi dan berjalan dengan baik. Lalu pengujian

komponen pada sensor kelembapan tanah, LoRa, sensor arus dan tegangan, pompa air, SCC, panel surya, dan baterai.

Setelah itu, sistem penyiraman secara keseluruhan dibangun dengan menggabungkan PLTS, LoRa, penyiraman, dan pemberian nutrisi otomatis dengan menggabungkan program ke dalam IDE Arduino, sistem elektrikal, dan sistem mekanik. Lalu dilakukan pengujian keseluruhan, setelah alat selesai secara keseluruhan, pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa alat tersebut dapat berfungsi sesuai dengan harapan. Misalnya, panel surya akan menghasilkan tegangan, kemudian SCC mengisi baterai, sehingga baterai terisi penuh untuk digunakan sebagai sumber listrik untuk sistem penyiraman dan untuk memberikan nutrisi otomatis akan dilakukan pengambilan, pengolahan, dan pengolahan data. Alur dari penelitian ini dapat diamati pada Gambar 13.

### 3.2. Perancangan Elektrikal

Ada tiga langkah yang harus dilakukan sebelum memulai implementasi PLTS pada sistem otomatis pemberian nutrisi tanaman sayur. Pertama, membuat program pada software IDE Arduino, kemudian membuat sistem elektrik, dan akhirnya membuat sistem penyiraman. Untuk membuat sistem elektrik, perlu menggunakan pemrograman Arduino IDE, yang dapat dihubungkan ke mikrokontroler Arduino Uno transmitter dan penerima, serta rangkaian LoRa, sensor kadar air tanah, dan relay pompa air.



**Gambar 12.** Skema Perancangan elektrikal

Pada skema sistem di atas sensor *soil moisture* dipasang pada input Arduino Uno. Arduino Uno akan membaca hasil sensor *soil moisture* terhadap tanah untuk mengetahui tanaman membutuhkan siraman atau tidak, kemudian dijadwalkan untuk pemberian nutrisi. Untuk sumber tegangan dialirkan dari baterai yang dipasang sensor tegangan dan arus untuk bisa mengetahui volt dan arus yang digunakan *waterpump* untuk mengalirkan air, pemantauan jarak jauh menggunakan dua LoRa dan yang berfungsi sebagai *transmitter* dan *receiver*. Mikrokontroler akan memproses nilai dari masing-masing sensor tegangan dan arus yang dipasang pada panel surya menuju baterai dan dari baterai menuju pompa air untuk mengetahui konsumsi tegangan dan arus yang digunakan ketika penyiraman atau pemberian nutrisi terjadi.

### 3.3. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pembuatan *software* meliputi beberapa bagian yaitu membuat program Arduino IDE untuk menjalankan pembacaan sensor tegangan, arus dan penyiraman otomatis serta penjadwalan pemberian nutrisi yang akan di monitor menggunakan LoRa. Pembuatan program untuk lora terbagi menjadi dua, memprogram arduino untuk lora sebagai pengirim dan program arduino untuk lora penerima.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Implementasi PLTS Pada Sitem Otomatis Pemberian nutrisi Tanaman Sayur Berbasis LoRa dimulai dengan memastikan bahwa *solar cell* dan sistem penyiraman otomatis terpasang dengan baik dan siap untuk pengujian. LoRa dipasang sebagai media utama untuk menampilkan pemantauan data yang terbaca. Program diimplementasikan pada Arduino untuk mengendalikan pompa air berdasarkan berdasarkan masukan dari penjadwalan dan sensor *soil moisture*. Arduino kemudian diprogram untuk mengumpulkan data dari sensor *soil moisture* dan sensor tegangan kemudian mengirimkan data tersebut dari LoRa *transmitter* ke LoRa *receiver* agar bisa dimonitoring jarak jauh

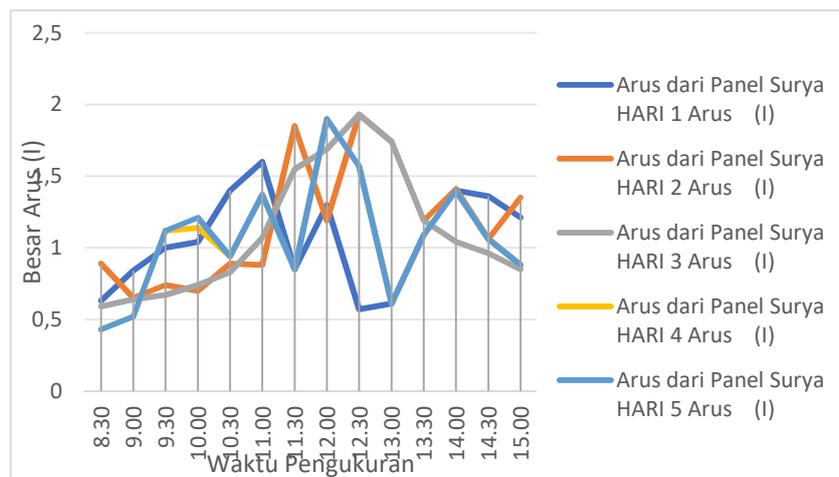


**Gambar 13.** Pengujian Penyiraman Otomatis



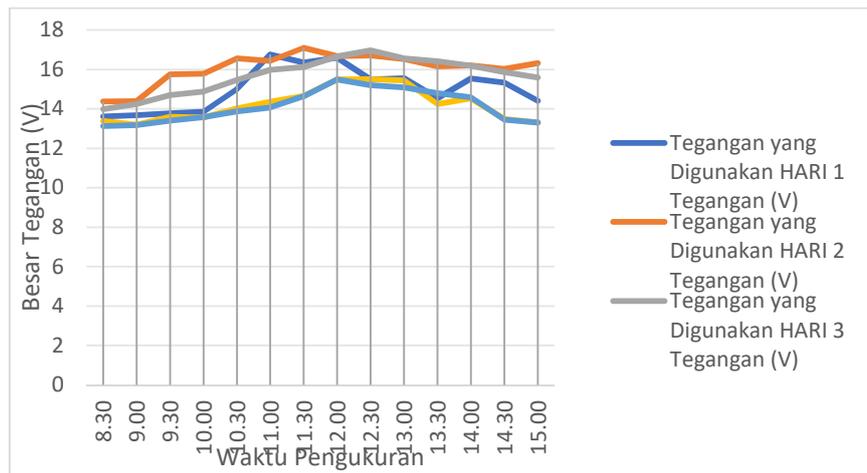
**Gambar 1** Grafik Tegangan yang Dihasilkan Panel Surya

Dari pada gambar grafik 14 tegangan yang di dihasilkan dari panel surya antara jam 09:00 sampai dengan 15:00 tegangan yang di dihasilkan cenderung naik antara jam 09:00 sampai dengan 12:00 kemudian turun kembali hal ini dikarenakan cahaya pada saat siang terik akan sangat terang sehingga tegangan yang di dihasilkan cukup besar



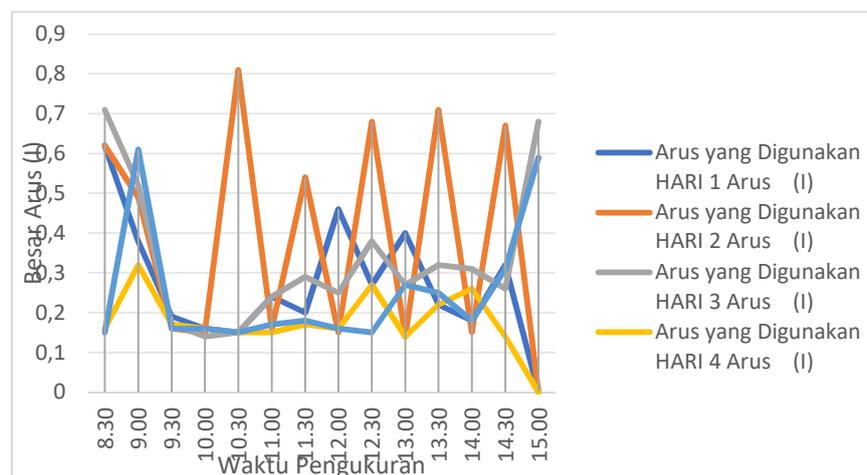
**Gambar 2** Grafik Arus yang Dihasilkan Panel Surya

Pada gambar grafik 15 arus yang di didapatkan dari PLTS cenderung naik turun tapi rata rata mencapai puncak arus yang di dapat pada jam 11:00 sampai 12:30.



**Gambar 36** Grafik Tegangan yang di gunakan

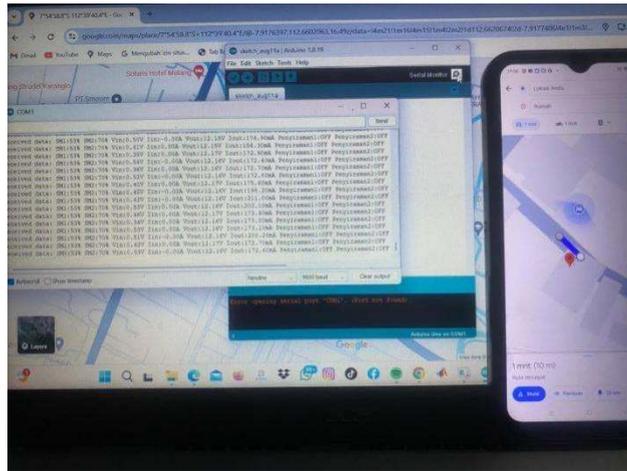
Pada gambar grafik 16 tegangan yang di gunakan cukup tabil dan tidak mengalami peningkatan atau penurun yang signifikan.



**Gambar 47** Grafik Arus yang Digunakan

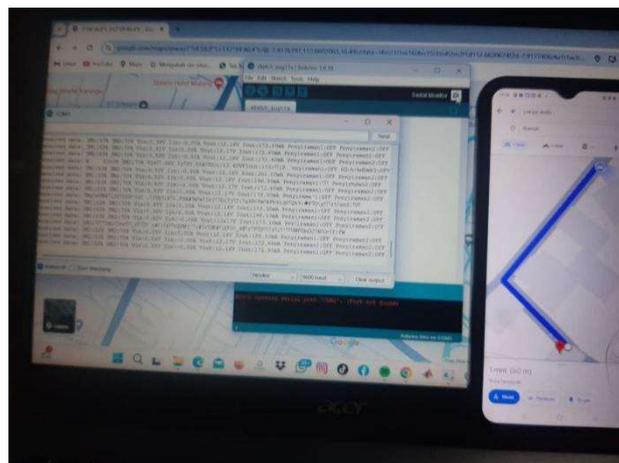
Pada gambar grafik 17 arus yang di gunakan naik turun di karenakan di setiap harinya penyiraman tidak berlangsung di jam yang sama sehingga ada di satu hari arus yang di gunakan cukup tinggi dari hari biasanya di karenakan pompa nyala bersamaan.

Data dari pengujian alat di lokasi kecamatan Singosari desa Banjararum. Data diatas merupakan pengujian yang dilakukan selama 3 hari secara acak selama bulan agustus tahun 2024 dimulai dari pukul 08.30 sampai 15.00 WIB dikarenakan lokasi yang dikelilingi pohon bambu dan pisang maka saat pagi sinar matahari baru terlihat pukul 09:00 dikarenakan sekitar pukul 15.00 sudah terhalang pohon maka pengambilan data sampai pukul 15:00. Pengambilan data menggunakan panel surya 120Wp secara statis. Dapat disimpulkan bahwa untuk panel surya 120wp dan baterai 12v 2A sangat memungkinkan untuk di jadikan sumber listrik utama penyiraman otomatis tanaman sayur di karenakan beban yang tidak begitu besar dan waktu aktif yang relatif lama akibat pengaruh sensor dan penjadwalan sebagai batasan penyiraman.



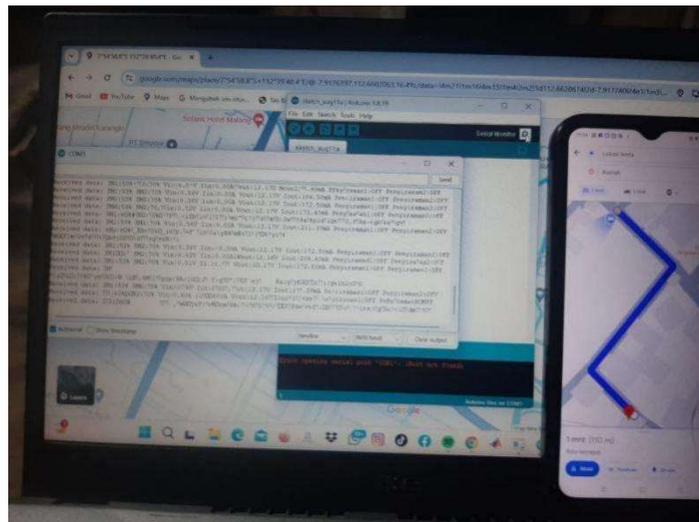
**Gambar 58** Pengambilan Data Jarak 10 Meter

Pada pengujian ini peneliti melakukan pengambilan data dengan jarak tertentu untuk menguji kekuatan konektivitas LoRa pada jarak 10 meter. Untuk menghitung jarak alat ke titik pengujian menggunakan Google Maps seperti pada Gambar 18 Hasil dari pengujian ini, sinyal yang didapatkan untuk pengambilan data yaitu sinyal kuat.



**Gambar 19** Pengambilan Data Jarak 60 Meter

Pada pengujian ini peneliti melakukan pengambilan data dengan jarak tertentu untuk menguji kekuatan konektivitas LoRa pada jarak 60 meter. Untuk menghitung jarak alat ke titik pengujian menggunakan Google Maps seperti pada Gambar 19 Hasil dari pengujian ini, sinyal yang didapatkan untuk pengambilan data yaitu kuat.



**Gambar 20** Pengambilan Data Jarak 110 Meter

Pada pengujian ini peneliti melakukan pengambilan data dengan jarak tertentu untuk menguji kekuatan konektivitas LoRa pada jarak 110 meter. Untuk menghitung jarak alat ke titik pengujian menggunakan Google Maps seperti pada Gambar 20 Hasil dari pengujian ini, sinyal yang didapatkan untuk pengambilan data yaitu sinyal tidak stabil atau terputus.

## 5. SIMPULAN

Pemanfaatan PLTS pada sistem penyiraman dan pemberian nutrisi otomatis sangat membantu, karena dalam sistem penyiraman dan pemberian nutrisi otomatis sangat bergantung pada listrik. Dengan menggunakan PLTS bisa mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik sehingga tidak bergantung pada listrik berbayar. Kelembaban tanah merupakan syarat penting bagi pertumbuhan tanaman dengan pemasangan sensor soil moisture yang terintegrasi dengan pompa air dan arduino sebagai mikrokontroler maka penyiraman dapat dilakukan secara otomatis. Penyiraman akan terjadi jika keadaan tanah terbaca di bawah presentase kelembaban yang sudah di atur sesuai kadar air yang di butuhkan tanaman. Sedangkan untuk pemberian nutrisi di lakukan penjadwalan sesuai dengan nutrisi yang di gunakan. Penggunaan LoRa sebagai pengiriman data menggunakan sinyal radio sangat membantu petani dalam memantau kinerja sistem penyiraman dan pemberian nutrisi otomatis dari jarak jauh tanpa bergantung pada sinyal internet.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] C. Stellastral, Hanafi, and M. Syahroni, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Temperatur dan," *J. Tektro*, vol. 06, no. 01, pp. 45–50, 2022.
- [2] B. Ariananda, T. Nopsagiarti, and Mashadi, "PENGARUH PEMBERIAN BERBAGAI KONSENTRASI LARUTAN NUTRISI AB MIX TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI SELADA (*Lactuca sativa* L.) HIDROPONIK SISTEM FLOATING," *Green Swarnadwipa*, vol. 9, no. 2, pp. 185–195, 2020.
- [3] A. K. Irawan *et al.*, "Design-Construction of a Solar Cell Energy Water Pump as a Clean Water Source for People in Sirnajaya Village, Gununghalu District," *ASEAN J. Sci. Eng. Educ.*, vol. 1, no. 1, pp. 15–20, 2021, doi: 10.17509/ajsee.v1i1.32402.
- [4] M. A. G. De Brito, L. Galotto, L. P. Sampaio, G. De Azevedo Melo, and C. A. Canesin, "Evaluation of the main MPPT techniques for photovoltaic applications," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 60, no. 3, pp. 1156–1167, 2013, doi: 10.1109/TIE.2012.2198036.
- [5] D. Wijayanto, S. I. Haryudo, T. Wrahatnolo, and ..., "Rancang Bangun Monitoring Arus Dan Tegangan Pada Plts Sistem On Grid Berbasis Internet Of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram," *J. Tek. ...*, pp. 447–453, 2022, [Online]. Available:

- <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/49288%0Ahttps://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/download/49288/41004>
- [6] F. Dinegoro, R. Rusnam, and E. G. Ekaputra, "Rancang Bangun Hidroponik Dengan Bantuan Pompa Bertenaga Surya," *J. Tek. Pertan. Lampung (Journal Agric. Eng.,* vol. 10, no. 3, p. 367, 2021, doi: 10.23960/jtep-l.v10i3.367-379.
- [7] F. Hindarti, "Panel Surya (Solar Cell) Sebagai Sumber Energi Alternatif," *J. Teknol. Technoscienti,* vol. 11, no. 1, pp. 29–38, 2018, [Online]. Available: <http://solarsuryaindonesia.com>
- [8] M. I. Muhammad Ivan Fadilah, M. H. Hamaluddin, U. Muhammad, and M. Mukhlisin, "Rancang Bangun Perangkat Komunikasi Wireless Menggunakan LoRa pada Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban dan Kecepatan Angin," *Joule (Journal Electr. Eng.,* vol. 3, no. 2, pp. 180–185, 2022, doi: 10.61141/joule.v3i2.323.
- [9] I. Setyo Wibowo, M. Aditiya Firdaus, and T. Teuja Laksana, "Sistem Monitoring Ruang Server Berbasis Internet of Things Menggunakan Komunikasi Wireless LoRa Ebyte E32," *J. Sist. Cerdas,* vol. 6, no. 3, pp. 222–231, 2023.
- [10] S. Devalal and K. Iot, "LoRa technology-an overview," *2018 Second Int. Conf. Electron. Commun. Aerosp. Technol.,* no. Iceca 2018, pp. 284–290, 2025.
- [11] M. I. Muhammad Ivan Fadilah, M. H. Hamaluddin, U. Muhammad, and M. Mukhlisin, "Rancang Bangun Perangkat Komunikasi Wireless Menggunakan LoRa pada Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban dan Kecepatan Angin," *Joule (Journal Electr. Eng.,* vol. 3, no. 2, pp. 180–185, 2022, doi: 10.61141/joule.v3i2.323.
- [12] I. Setyo Wibowo, M. Aditiya Firdaus, and T. Teuja Laksana, "Sistem Monitoring Ruang Server Berbasis Internet of Things Menggunakan Komunikasi Wireless LoRa Ebyte E32," *J. Sist. Cerdas,* vol. 6, no. 3, pp. 222–231, 2023.
- [13] S. Rehan, A. Alkabair, and E. Hassan, "Energy Efficiency Evaluation of the E32-433T20DC Ebyte LoRa Module in Battery-Powered IoT Applications," *Int. Sci. andTechnology J.,* vol. 25, no. March, pp. 1–18, 2021.
- [14] K. H. Yusof, A. S. Ahmad, M. S. S. M. Basir, N. I. A. Katim, and M. M. M. Zaki, "Smart Lawn with Water Sprinkler for Garden Using Arduino UNO," *J. Phys. Conf. Ser.,* vol. 2312, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2312/1/012090.
- [15] D. Yendri, Adrizal, Derisma, and H. Afif, "Design of cow cattle weighing system technology and automatic giving feed," *2020 Int. Conf. Inf. Technol. Syst. Innov. ICITSI 2020 - Proc.,* pp. 185–191, 2020, doi: 10.1109/ICITSI50517.2020.9264977.