

Pemanfaatan Solar Panel Sebagai Studi Efisiensi Penyiraman Tanaman Cabai Berbasis IoT

Fahrul Apriansyah¹, Fery Antony², Hastha Sunardi³

*^{1,2,3}Program Studi Sistem Komputer, Universitas Indo Global Mandiri
Jalan. Jend Sudirman No. 629 Palembang 30129, Sumatera Selatan*

2021310020@student.uigm.ac.id¹), feryantony@uigm.ac.id²), hastha_s@uigm.ac.id³)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memudahkan petani dalam melakukan penyiraman tanaman secara otomatis dan terjadwal, dengan adanya pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi utama. Sistem ini akan dikembangkan untuk tanaman cabai, yang merupakan salah satu komoditas penting dalam kebutuhan pangan masyarakat. Panel surya berfungsi menyerap energi matahari yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik dan disimpan ke dalam baterai melalui *Solar Charge Controller* (SCC), guna menghidupkan seluruh sistem penyiraman. Sistem ini dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor kelembaban tanah (*soil moisture*) dan sensor suhu serta kelembaban udara (DHT11). Mekanisme penyiraman dilakukan secara otomatis berdasarkan pembacaan kelembaban tanah serta jadwal penyiraman yang telah ditentukan. Tanaman cabai idealnya tumbuh pada kelembaban tanah antara 60% hingga 80%, sehingga pompa akan aktif menyiram saat kelembaban berada di bawah 60%, dan berhenti saat mencapai ambang optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik, mampu melakukan penyiraman secara akurat dan efektif sesuai kondisi aktual di lapangan. Dengan adanya sistem ini, diharapkan petani dapat menghemat waktu, tenaga, dan mendukung praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan melalui pemanfaatan energi terbarukan.

Kata kunci: panel surya, *IoT*, ESP32, penyiraman otomatis, tanaman cabai, sensor YL-69, sensor suhu serta kelembaban udara

Abstract

This research aims to facilitate farmers in conducting automatic and scheduled plant watering, by utilizing solar panels as the main energy source. This system is developed for chili pepper plants, which is one of the important commodities in the food needs of the community. Solar panels function to absorb solar energy which is then converted into electrical energy and stored in batteries through the Solar Charge Controller (SCC), to turn on the entire watering system. The system is controlled by an ESP32 microcontroller integrated with soil moisture sensors and air temperature and humidity sensors (DHT11). The watering mechanism is carried out automatically based on soil moisture readings and a predetermined watering schedule. Chili plants ideally grow at soil moisture between 60% to 80%, so the pump will actively water when the humidity is below 60%, and stop when it reaches the optimal threshold. The test results show that the system works well, capable of watering accurately and effectively according to actual conditions in the field. With this system, it is expected that farmers can save time, energy, and support more environmentally friendly agricultural practices through the use of renewable energy.

Keywords: solar panel, *IoT*, ESP32, automatic watering, chili plant, soil moisture sensor, air temperature and humidity sensor.

I. PENDAHULUAN

Panel surya (solar panel) adalah perangkat yang dirancang untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui proses yang disebut efek fotovoltaiik. Panel ini terdiri dari sel-sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor, biasanya silikon, yang dapat menyerap sinar matahari dan

menghasilkan arus listrik searah (DC). Energi surya merupakan energi terbesar di bumi yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik. Energi ini dimanfaatkan oleh manusia dalam memenuhi kebutuhan yang sangat diperlukan pada masa sekarang dan mendatang. Solar panel digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari sistem tenaga surya rumah tangga, lampu taman tenaga surya,

hingga sistem pertanian di daerah terpencil. Keuntungan utama penggunaan panel surya adalah sumber energi yang ramah lingkungan, hemat biaya dalam jangka panjang, serta dapat digunakan di lokasi yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik konvensional [1].

Salah satu jenis panel surya yang umum digunakan untuk kebutuhan ringan adalah solar panel dengan kapasitas 10 Watt peak (10Wp). Panel ini biasanya memiliki tegangan output sekitar 17–18 Volt dan arus maksimum sekitar 0.55–0.6 Ampere. Dimensi fisiknya berkisar antara 35 cm x 25 cm, dengan bobot sekitar 1.5–2 kg, tergantung desain dan bahan bingkai. Panel 10Wp sangat cocok digunakan untuk aplikasi kecil seperti lampu taman, pengisian daya baterai kecil, atau sistem monitoring jarak jauh. Panel ini biasanya memiliki lapisan pelindung kaca tempered dan bingkai aluminium agar tahan terhadap cuaca ekstrem dan memiliki umur pakai yang panjang, umumnya hingga 20–25 tahun [2]. Pertanian urban telah menjadi solusi penting dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat perkotaan yang menghadapi keterbatasan lahan. Namun, tantangan utama dalam budidaya tanaman di lingkungan perkotaan meliputi efisiensi penggunaan sumber daya air dan energi, serta pemeliharaan kondisi lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman. Dalam konteks ini, teknologi *Internet of Things* (IoT) dan pemanfaatan panel surya menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi tantangan tersebut.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam budidaya tanaman cabai. Misalnya, sebuah studi berhasil merancang sistem otomatisasi penyiraman tanaman cabai menggunakan Arduino Uno dan sensor kelembaban tanah, yang mampu menjaga kelembaban tanah pada tingkat optimal dan menghemat penggunaan air hingga 30% dibandingkan metode manual. Namun, penggunaan ESP32 sebagai mikrokontroler menawarkan keunggulan tambahan karena memiliki konektivitas *Wi-Fi* yang lebih stabil, memungkinkan pemantauan jarak jauh dengan lebih efisien [3]. Dengan menggabungkan NodeMCU ESP32, sensor *Soil Moisture* YL-69, sensor DHT11, dan panel surya, efisiensi dalam penggunaan air dan energi dapat dicapai, sekaligus memastikan kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman cabai. Pendekatan ini tidak hanya mendukung keberlanjutan pertanian urban tetapi juga memberikan solusi praktis bagi petani dalam mengelola sumber daya secara efisien.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Solar Panel sebagai Sumber Energi

Pemanfaatan energi surya melalui solar panel menjadi alternatif sumber daya listrik yang ramah lingkungan. Ini merupakan sumber energi bersih dan terbarukan yang dapat digunakan untuk menyalakan sistem elektronik seperti sistem irigasi otomatis. Solar panel berfungsi sebagai sumber energi utama dalam sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT), terutama untuk tanaman cabai. Mereka mendukung mikrokontroler, sensor kelembaban tanah, pompa air, dan komponen lainnya, dan memungkinkan sistem beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada jaringan listrik konvensional. Ini membuatnya ideal untuk digunakan di daerah pertanian terpencil.

Dalam situasi ini, solar panel tidak hanya menghasilkan energi tetapi juga membantu sistem penyiraman otomatis menjadi lebih efisien dan berkelanjutan. Dengan menggunakan energi terbarukan, sistem ini dapat mengurangi biaya operasional dan mengurangi dampak lingkungannya [4].

2.2 Efektivitas

Efektivitas adalah kemampuan untuk mencapai tujuan atau hasil yang diinginkan secara optimal, baik dalam hal kualitas, waktu, maupun sumber daya yang digunakan. Dengan kata lain, efektivitas mengacu pada sejauh mana suatu kegiatan atau proses dapat menghasilkan dampak yang positif dan relevan dengan tujuan yang ditetapkan. Efektivitas dalam konteks sistem penyiraman otomatis tanaman cabai merujuk pada sejauh mana sistem dapat menjalankan fungsinya secara optimal, yaitu menyiram tanaman secara tepat waktu, sesuai kebutuhan air tanaman, dan dengan konsumsi energi yang efisien. Efektivitas tidak hanya dinilai dari keberhasilan menyiram, tetapi juga mencakup seberapa hemat sistem dalam penggunaan air dan energi, serta bagaimana penyiraman berkontribusi pada pertumbuhan optimal tanaman cabai.

Sistem yang efektif harus mampu merespons perubahan kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembaban tanah secara real-time. Dengan dukungan sensor yang akurat dan kontrol otomatis berbasis ESP32, serta pemanfaatan energi terbarukan dari panel surya, efektivitas sistem ini dapat ditingkatkan lebih lanjut karena mampu beroperasi tanpa ketergantungan pada listrik konvensional [5].

2.3 Efisiensi

Secara umum, efisiensi merujuk pada kemampuan untuk mencapai hasil atau keluaran yang diinginkan dengan penggunaan sumber daya yang minimal atau seminimal mungkin. Ini adalah perbandingan antara keluaran yang dicapai dengan masukan yang digunakan. Sumber daya dapat berupa waktu, tenaga, uang, bahan baku, atau energi.

Konsep efisiensi sering kali dinyatakan sebagai rasio antara *output* (hasil) dan *input* (sumber daya). Semakin tinggi rasio ini, semakin efisien suatu proses, sistem, atau entitas.

Efisiensi merupakan perbandingan dari suatu energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya serta irradiansi ataupun jumlah energi yang diperoleh terpapar langsung pada luas permukaan panel. Saat cuaca cerah nilai irradiansi bisa mencapai 1000 W/m², yang berarti bahwa apabila suatu panel mempunyai luasan 1 m² serta efisiensi yang didapat adalah sebesar 10 % maka daya yang dihasilkan sebesar 100 W. suatu panel surya memiliki efisiensi rata – rata sebesar 8-18 %. Jenis panel berbeda akan memiliki efisiensi yang juga berbeda tergantung dari bahan dasar pembuatannya [6].

2.4 Tanaman Cabai

Tanaman cabai (*Capsicum annum L.*) merupakan tanaman hortikultura yang banyak dibudidayakan di Indonesia karena memiliki nilai ekonomi tinggi dan permintaan pasar yang terus meningkat. Cabai termasuk tanaman yang sensitif terhadap perubahan lingkungan, khususnya suhu dan kelembaban tanah. Tanaman ini tumbuh optimal pada suhu antara 25°C hingga 30°C dan membutuhkan kelembaban tanah sekitar 60-80% dari kapasitas lapang. Ketidakseimbangan air, baik kekurangan maupun kelebihan, dapat berdampak pada kesehatan tanaman, pertumbuhan akar, serta kualitas dan kuantitas buah. Karena itu, proses penyiraman menjadi aspek penting dalam budidaya cabai. Namun, penyiraman manual sering kali tidak konsisten dan bergantung pada ketersediaan tenaga kerja serta kondisi cuaca. Oleh karena itu, sistem penyiraman otomatis diperlukan untuk menjaga kelembaban tanah tetap stabil, meningkatkan efisiensi air, dan mengurangi risiko kesalahan manusia, sehingga mendukung pertumbuhan cabai yang optimal dan berkelanjutan [7].

2.5 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang menghubungkan berbagai perangkat melalui internet untuk saling berkomunikasi dan bertukar data. Dalam sektor pertanian, IoT digunakan untuk

meningkatkan efisiensi dan efektivitas melalui otomatisasi dan pemantauan kondisi tanaman secara *real-time*. Mengimplementasikan IoT untuk monitoring tanaman hidroponik menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor *soil moisture* YL-69 untuk mengukur kelembaban air pada tanah dan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara [8].

2.6 Komponen Perangkat Keras (Hardware)

2.6.1 Solar Panel

Pemanfaatan energi surya melalui solar panel menjadi alternatif sumber daya listrik yang ramah lingkungan. Ini merupakan sumber energi bersih dan terbarukan yang dapat digunakan untuk menyalakan sistem elektronik seperti sistem irigasi otomatis. Solar panel berfungsi sebagai sumber energi utama dalam sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT), terutama untuk tanaman cabai. Mereka mendukung mikrokontroler, sensor kelembaban tanah, pompa air, dan komponen lainnya, dan memungkinkan sistem beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada jaringan listrik konvensional. Ini membuatnya ideal untuk digunakan di daerah pertanian terpencil.

Dalam situasi ini, solar panel tidak hanya menghasilkan energi tetapi juga membantu sistem penyiraman otomatis menjadi lebih efisien dan berkelanjutan. Dengan menggunakan energi terbarukan, sistem ini dapat mengurangi biaya operasional dan mengurangi dampak lingkungannya.



Gambar 2. 1 Solar Panel [4].

2.6.2 Solar Charge Controller (SCC)

Solar charge controller adalah perangkat yang berfungsi sebagai pengatur aliran daya listrik ke baterai dalam sistem tenaga surya. Perangkat ini mencegah baterai terisi terlalu banyak, yang dapat merusak baterai, dan mengosongkan terlalu sedikit, yang dapat memperpendek umur baterai. *Solar*

charge controller sangat penting untuk sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* karena mereka memastikan bahwa komponen sistem seperti pompa air, sensor kelembaban tanah, dan mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32. Dengan memastikan bahwa energi yang disimpan dalam baterai cukup dan stabil, sistem dapat beroperasi secara otomatis dan berkelanjutan bahkan ketika tidak ada sinar matahari langsung. Selain itu, pengontrol tenaga surya memungkinkan sistem ditempatkan di lokasi yang jauh dari jaringan listrik konvensional, yang menjadikannya solusi pertanian modern yang ramah lingkungan dan efisien.



Gambar 2.2 Solar Charge Controller [9].

2.6.3 NodeMCU-ESP32

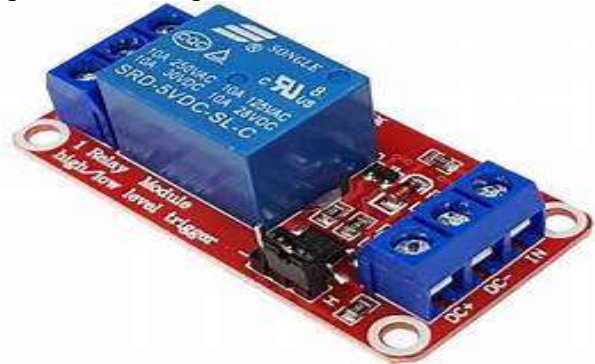
ESP32 adalah mikrokontroler yang memiliki fitur *Wi-Fi* dan *Bluetooth*, sehingga cocok untuk aplikasi IoT. Beberapa penelitian di Indonesia telah memanfaatkan ESP32 dalam sistem pertanian. Merancang alat penyiram tanaman otomatis pada miniatur *greenhouse* berbasis IoT menggunakan ESP32.



Gambar 2. 3 NodeMCU-ESP32 [10].

2.6.4 Relay

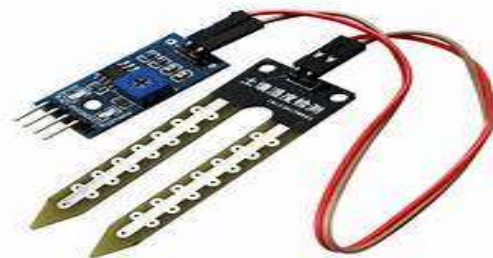
Relay seperti yang dilihat pada gambar 2.4 adalah sebuah jenis saklar magnet yang memanfaatkan sifat magnetis dalam mengubah hubungan kontakannya. Biasanya, relay digunakan dalam pengendalian yang memerlukan tegangan tinggi dan arus kuat. Relay umumnya memiliki satu *koil*, tetapi memiliki banyak kontak yang terkait dengannya. Ketika arus tidak mengalir melalui *koil*, tegangan pegas menyebabkan lengan kontak menjauhi *koil*. Namun, saat arus mengalir melalui *koil*, medan magnet dihasilkan, yang menyebabkan lengan tersebut bergerak karena pengaruh medan magnet ini.



Gambar 2.4 Relay [10].

2.6.5 Sensor Kelembaban Tanah (Sensor *Soil Moisture* YL-69)

Sensor kelembaban tanah YL-69 digunakan untuk mengukur kadar air dalam tanah. Dalam beberapa penelitian sensor ini digunakan untuk mendeteksi kelembaban tanah pada sistem penyiraman otomatis tanaman cabai berbasis mikrokontroler Arduino Uno maupun NodeMCU ESP32.



Gambar 2. 5 Soil Moisture Sensor YL-69 [11].

2.6.6 Sensor Suhu dan Kelembaban Udara (DHT11)

Sensor DHT11 adalah sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara secara bersamaan. Sensor ini memiliki *chip* terintegrasi yang menghasilkan sinyal digital kalibrasi, sehingga

memudahkan pembacaan data oleh mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32. DHT11 terdiri dari komponen thermistor untuk mengukur suhu dan sensor kapasitor untuk mendeteksi kelembaban relatif udara. Sensor ini bekerja pada tegangan 3–5V dan memiliki tingkat akurasi $\pm 2^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dan $\pm 5\%$ RH untuk kelembaban, sehingga cocok untuk aplikasi sederhana seperti sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT. Dalam sistem seperti itu, DHT11 berfungsi memantau kondisi lingkungan sekitar tanaman dan menginformasikan mikrokontroler agar dapat menyesuaikan waktu penyiraman yang ideal. Selain itu, sensor ini hemat daya, mudah dipasang, dan banyak didukung oleh pustaka pemrograman dalam Arduino IDE.

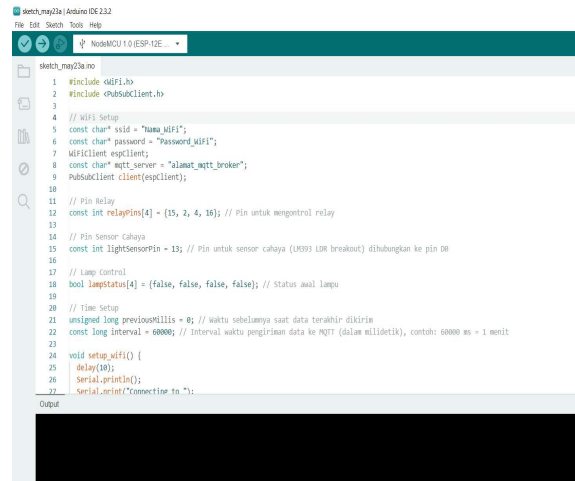


Gambar 2. 6 DHT1 [12].

2.7 Komponen Perangkat Lunak (Software)

2.7.1 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah perangkat lunak resmi yang digunakan untuk menulis, mengedit, dan mengunggah kode program ke papan mikrokontroler Arduino seperti Arduino Uno, Nano, atau ESP8266/ESP32. Arduino IDE menyediakan antarmuka pemrograman berbasis bahasa pemrograman C/C++ dengan sintaks yang telah disederhanakan agar mudah dipahami, bahkan oleh pemula. Fitur utamanya meliputi editor kode, konsol pesan, dan tombol untuk kompilasi serta unggah program ke perangkat keras melalui kabel USB. Selain itu, Arduino IDE juga mendukung berbagai pustaka (*library*) dan board tambahan, yang memungkinkan pengembangan proyek berbasis IoT, seperti sistem penyiraman otomatis tanaman, sensor suhu, sensor kelembaban, hingga kendali pompa air. Keunggulan Arduino IDE terletak pada kemudahan penggunaannya, komunitas pengguna yang luas, serta dokumentasi dan contoh kode yang melimpah.



Gambar 2.7 Arduino IDE [18].

2.7.2 Aplikasi Blynk untuk Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh

Blynk adalah platform IoT yang memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol perangkat melalui *smartphone*. Pada beberapa penelitian, salah satunya untuk pohon mangrove aplikasi Blynk dimanfaatkan untuk monitoring kelembaban tanah dan suhu, sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanaman secara *real-time*.



Gambar 2.8 Blynk [8].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Kerangka Kerja Penelitian

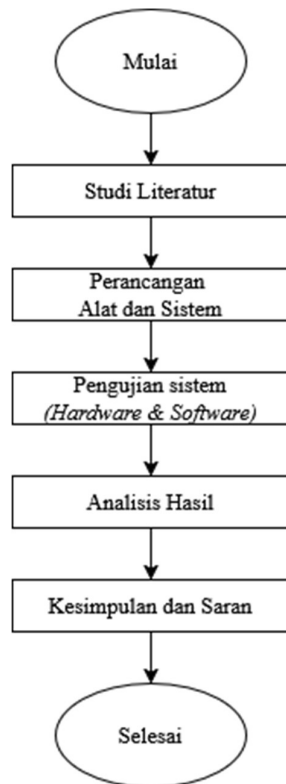
Kerangka kerja menggambarkan tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan tahapan penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.1

Pada gambar 3.1 menunjukkan alur kerja kerangka kerja penelitian. Ini dimulai dengan memeriksa literatur tentang penelitian sebelumnya yang relevan, memeriksa metodologi dan materi penelitian, merancang struktur sistem yang melibatkan

perancangan alat, dan melakukan pengujian perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dibuat. Setelah itu, pengambilan dan pengujian data dilakukan. Pada langkah terakhir, analisis data dilakukan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang topik penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat yang akan membantu petani cabai untuk mengontrol pertumbuhan tanaman cabai dengan memantau suhu dan kelembaban pada tanah. Diharapkan bahwa alat penyiraman ini dapat membantu para petani untuk budidaya tanaman cabai.

3.2 Perancangan Alat

Proses perancangan perangkat keras terdiri dari menyusun setiap komponen menjadi satu kesatuan yang kemudian diintegrasikan untuk memastikan bahwa sistem beroperasi secara optimal. Setelah menyelesaikan perancangan rangkaian dan memperoleh komponen alat yang diperlukan, Perancangan mencakup pembuatan blok diagram untuk setiap rangkaian dan penempatan setiap komponen.



Gambar 3. 1 Kerangka Kerja.

Tabel 3 1 Perangkat Keras Yang Dibutuhkan.

No	Perangkat Keras	Keterangan
1.	Solar Panel	Berfungsi sebagai sumber energi utama untuk mengisi daya pada baterai.
2.	NodeMCU ESP32	Berfungsi sebagai microcontroller yang mengatur semua sensor dan relay.
3.	Sensor DHT11	Berfungsi untuk mendeteksi suhu dan kelembaban udara.
4.	LCD	Berfungsi untuk menampilkan informasi tentang alat aktif.
5.	Relay	Berfungsi sebagai saklar otomatis yang mengatur arus listrik ke pompa.
6.	Breadboard	Berfungsi sebagai pengganti papan PCB.
7.	Kabel Jumper	berfungsi sebagai penghubung komponen yang ada.
8.	Soil Moisture Sensor YL-69	berfungsi untuk mendeteksi kelembaban tanah.
9.	Baterai	Berfungsi sebagai sumber daya cadangan dan menyimpan energi dari solar panel.
10.	Solar Charge	Berfungsi untuk mengatur pengisian daya dari panel surya ke baterai agar tidak overcharge (kelebihan muatan) atau overdischarge (terlalu).
11.	Real Time Clock (RTC)	Berfungsi untuk menyediakan informasi waktu dan tanggal secara akurat meskipun mikrokontroler dimatikan.
12.	Pompa Air	Berfungsi untuk memompa air.

Tabel 3. 2 Perangkat Lunak Yang Dibutuhkan.

No	Perangkat Lunak	Keterangan
1.	Windows 10	Sistem Operasi
2.	Arduino IDE	Text Editor
3.	Aplikasi Blynk	Menampilkan Data

3.2.1 Diagram Blok

Diagram blok merupakan representasi visual dari sistem secara keseluruhan yang menggambarkan hubungan antar komponen utama yang terlibat dalam perancangan sistem.

Berikut adalah penjelasan mengenai setiap blok dalam sistem yang akan diuraikan sebagai berikut :

1. Input

Blok *input* terdiri dari solar panel, sensor DHT11, dan sensor kelembaban tanah. Solar panel berfungsi sebagai sumber energi untuk mengisi baterai, dan kedua sensor ini mengukur suhu dan kelembaban tanah. Mikrokontroler NodeMCU ESP32 akan memproses data yang dihasilkan dan memberikan data persentase kelembaban tanah dan suhu.

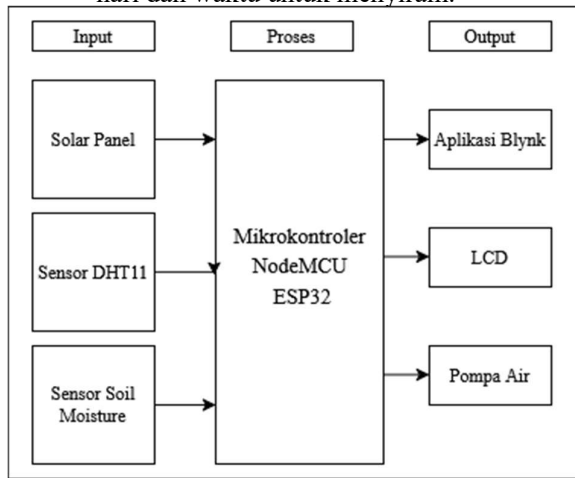
2. Proses

Proses blok dilakukan oleh mikrokontroler NodeMCU ESP32, yang bertindak sebagai

penerima data dari sensor suhu dan kelembaban tanah. Kemudian, mikrokontroler memberikan instruksi berdasarkan data yang diterima.

3. Output

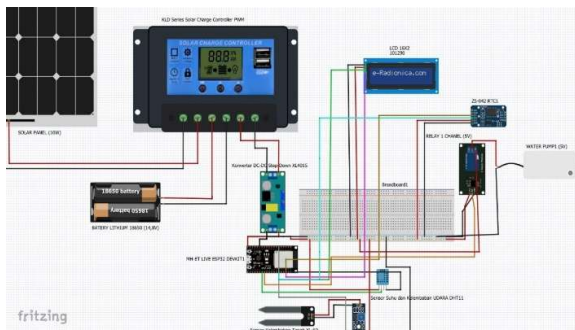
Blok *Output* terdiri dari Aplikasi Blynk, LCD, dan pompa air. Aplikasi Blynk dan LCD berfungsi sebagai *output*, menampilkan data dari pengukuran suhu dan kelembaban. Pompa air adalah perangkat yang digunakan untuk memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain melalui pipa atau saluran, dengan sebelumnya menentukan hari dan waktu untuk menyiram.



Gambar 3. 2 Diagram Blok.

3.3 Skema Rangkaian Alat

Setelah melalui beberapa tahapan perancangan perangkat dan memperoleh komponen yang sesuai dengan kebutuhan, langkah selanjutnya adalah melakukan penyusunan rangkaian perangkat secara menyeluruh. Berikut pada gambar 3.6 skema yang menggambarkan urutan proses dari alat pemanfaatan solar panel terhadap studi efisiensi tanaman cabai berbasis IoT :



Gambar 3. 3 Skema Rangkaian.

Skema rangkaian alat yang digunakan terdiri dari :

1. Solar Panel sebagai sumber daya energi.

2. Solar Charge sebagai penyalur energi yang dihasilkan solar panel.
3. Baterai sebagai penyimpan energi yang akan disalurkan kepada semua komponen yang membutuhkan daya.
4. Sensor DHT11 sebagai input sensor untuk mengukur suhu dan kelembaban pada tanaman cabai.
5. Sensor YL-69 mendeteksi kelembaban tanah jika kelembaban tanah 50%-70% RH tanah basah, maka pompa *OFF*. Ketika kelembaban 20%-30% RH tanah kering, maka pompa *ON*
6. NodeMCU ESP-32 sebagai microcontroller yang mengatur semua sensor dan relay
7. Relay sebagai saklar yang digunakan untuk mematikan atau menghidupkan pompa air sesuai dengan kondisi yang terjadi.
8. *Real Time Clock* untuk menampilkan informasi waktu dan tanggal secara akurat meskipun mikrokontroler dimatikan.
9. Lcd akan menampilkan kelembaban tanah dan suhu yang dikirimkan oleh ESP32 dan juga dikirimkan ke blynk sebagai notifikasi
10. Pompa air sebagai *output*
11. Alat akan Kembali seperti awal dan terus membaca sistem

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancangan Perangkat Keras (Hardware)

Pada tahap pembuatan perangkat keras ini melibatkan perakitan dan pemasangan komponen utama. NodeMCU ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler utama, Sementara itu, Solar panel sebagai penghasil sumber daya utama yang dikontrol melalui SCC (Solar Charge Controller) berfungsi untuk memberikan sumber daya cadangan ke baterai. Pemanfaatan panel surya ini secara langsung meningkatkan efisiensi energi dari sistem secara keseluruhan karena menggunakan sumber daya terbarukan dan mengurangi ketergantungan pada listrik konvensional.

Sensor DHT11 digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban udara, sementara sensor Soil Moisture YL-69 bertugas mengukur kelembaban tanah di are pertumbuhan cabai. Pemasangan setiap komponen dilakukan dengan setiap port ke beberapa alat lainnya sesuai dengan desain alat yang telah ditentukan.

Sistem pengaturan suhu dan kelembaban otomatis untuk pertumbuhan cabai ini menggunakan data dari sensor DHT11 dan YL-69. Data ini kemudian dikirim ke mikrokontroler NodeMCU ESP32.

Mikrokontroler akan mengaktifkan pompa pada waktu yang ditentukan jika kelembaban tanah rendah atau kondisi lain yang membutuhkan penyiraman. Logika ini memastikan efisiensi operasional yang tinggi, karena air hanya digunakan saat dibutuhkan, sehingga mencegah pemborosan air dan energi. Ini memastikan kondisi lingkungan yang ideal untuk pertumbuhan cabai secara efisien dan stabil. Menciptakan kondisi ideal seperti suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah adalah tujuan utama sistem ini.

Sistem ini dirancang untuk memonitor kondisi suhu dan kelembaban secara terus-menerus, menjaga lingkungan pertumbuhan cabai agar tetap sesuai dengan parameter yang diinginkan. Dengan sensor DHT11 dan YL-69 yang sensitif, mikrokontroler dapat responsif terhadap perubahan-perubahan kecil dalam kondisi lingkungan, memastikan bahwa suhu dan kelembaban dijaga stabil dan optimal untuk pertumbuhan tanaman cabai. Kombinasi antara pembacaan suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah untuk mengontrol pompa penyiraman membantu memastikan bahwa pertumbuhan cabai berlangsung dengan efektif dan berhasil. Selain itu pemanfaatan solar panel sebagai sumber daya utama menjadikan sistem ini mandiri secara energi dan ramah lingkungan, yang merupakan studi utama dari efisiensi dan keberlanjutan dalam proyek ini. Pada Gambar 4.1 dibawah ini adalah hasil rancangan alat untuk pemantauan suhu dan kelembaban tanah terhadap pertumbuhan tanaman cabai.

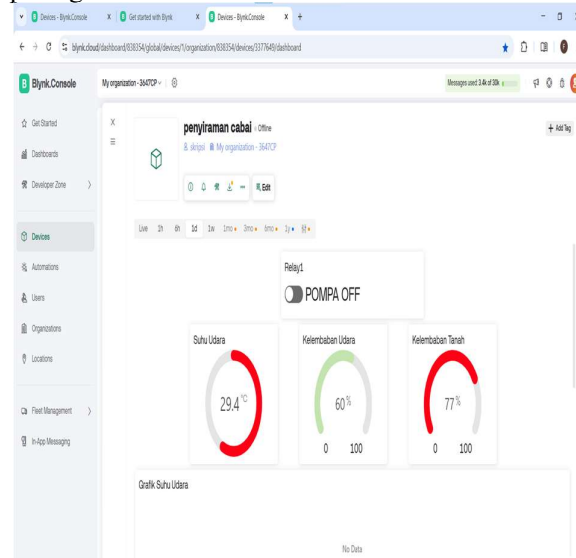


Gambar 4. 1 Rancangan Alat.

Pada Gambar 4.1 diatas ini adalah hasil rancangan alat untuk pemantauan suhu dan kelembaban terhadap pertumbuhan tanaman cabai. Alat ini sudah dirancang dan siap diuji untuk pengambilan data pada tanaman cabai.

4.2 Hasil Rancangan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak ini digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban terhadap pertumbuhan tanaman cabai yang sudah direncanakan dan dibuat dapat diakses melalui situs web utama di <https://blynk.io/getting-started>. Melalui Blynk Pengguna dapat melihat dashboard yang menampilkan informasi tersebut, dapat kita lihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4. 2 Tampilan Halaman Dashboard pada Blynk.

Untuk memantau suhu dan kelembaban kita juga dapat melihat melalui serial monitor pada perangkat yang terhubung, memungkinkan untuk pemantauan dan analisis yang lebih akurat untuk pertumbuhan tanaman cabai. Berikut hasil sistem monitoring yang dapat kita lihat pada gambar 4.3.

Output Serial Monitor X
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7')
13:12:28.659 -> Fuzifikasi: Tanah Normal atau Basah. Pompa OFF.
13:12:38.670 -> Suhu: 29.40 C, Kelembaban Udara: 57.00 %, Kelembaban Tanah: 78 %, Status Pompa: OFF
13:12:38.670 -> Fuzifikasi: Tanah Normal atau Basah. Pompa OFF.
13:12:48.637 -> Suhu: 29.90 C, Kelembaban Udara: 57.00 %, Kelembaban Tanah: 73 %, Status Pompa: OFF
13:12:48.637 -> Fuzifikasi: Tanah Normal atau Basah. Pompa OFF.
13:12:58.656 -> Suhu: 29.90 C, Kelembaban Udara: 57.00 %, Kelembaban Tanah: 75 %, Status Pompa: OFF
13:12:58.656 -> Fuzifikasi: Tanah Normal atau Basah. Pompa OFF.
13:13:08.655 -> Suhu: 29.50 C, Kelembaban Udara: 57.00 %, Kelembaban Tanah: 76 %, Status Pompa: OFF
13:13:08.655 -> Fuzifikasi: Tanah Normal atau Basah. Pompa OFF.
13:13:18.645 -> Suhu: 29.40 C, Kelembaban Udara: 57.00 %, Kelembaban Tanah: 73 %, Status Pompa: OFF
13:13:18.645 -> Fuzifikasi: Tanah Normal atau Basah. Pompa OFF.
13:13:28.644 -> Suhu: 29.40 C, Kelembaban Udara: 57.00 %, Kelembaban Tanah: 72 %, Status Pompa: OFF
13:13:28.644 -> Fuzifikasi: Tanah Normal atau Basah. Pompa OFF.
13:13:38.631 -> Suhu: 29.80 C, Kelembaban Udara: 57.00 %, Kelembaban Tanah: 71 %, Status Pompa: OFF
13:13:38.631 -> Fuzifikasi: Tanah Normal atau Basah. Pompa OFF.
13:13:48.637 -> Suhu: 29.60 C, Kelembaban Udara: 57.00 %, Kelembaban Tanah: 73 %, Status Pompa: OFF
13:13:48.637 -> Fuzifikasi: Tanah Normal atau Basah. Pompa OFF.
13:13:58.632 -> Suhu: 29.70 C, Kelembaban Udara: 57.00 %, Kelembaban Tanah: 74 %, Status Pompa: OFF
13:13:58.632 -> Fuzifikasi: Tanah Normal atau Basah. Pompa OFF.

Gambar 4.3 Tampilan Halaman Serial Monitor.

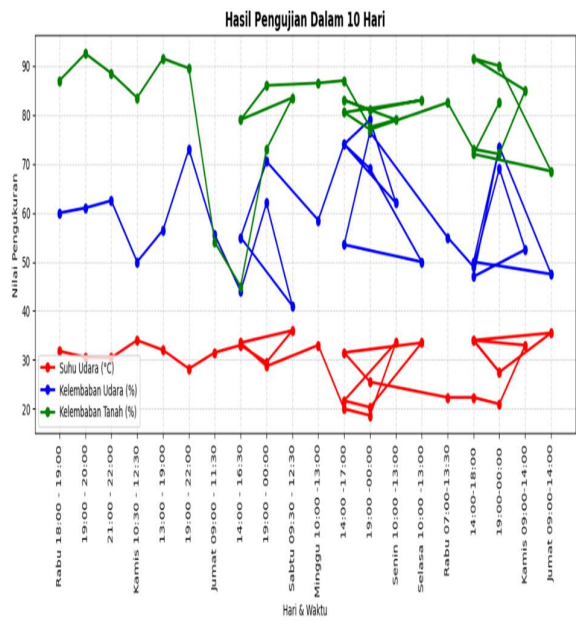
Pada pengujian ini terdapat sensor yang akan diuji yaitu sensor DHT11 dan sensor YL-69 dengan memprogram NodeMCU ESP32 pada aplikasi Arduino IDE. Sensor DHT11 diletakkan pada papan komponen sedangkan untuk sensor YL-69 diletakkan pada tanaman yang akan diukur kelembaban tanah nya agar bisa terbaca, hasil akan ditampilkan pada LCD 16x2 dan juga pada aplikasi yang sudah disambungkan yaitu Blynk. Sensor akan membaca sesuai aturan fuzzy dan akan menyalakan pompa sesuai dengan waktu penyiraman yang sudah ditentukan.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian selama 10 Hari.

Hari	Waktu	Suhu Udara(°C)	Kelembapan Udara	Kelembapan tanah
Rabu	18:00 - 19:00	33.0°C - 30.6°C	- 60%	83% - 91%
	19:00 - 20:00	30.6°C - 30.5°C	- 60% - 62%	91% - 94%
	21:00 - 22:00	30.5°C - 30.4°C	- 62% - 63%	92% - 85%
Kamis	10:30 - 12:30	32.0°C - 36.0°C	- 60%	73% - 94%
	13:00 - 19:00	36.0°C - 28.0°C	- 40%	85% - 98%
	19:00 - 22:00	28.0°C - 28.4°C	- 73.0%	98% - 81%
Jumat	09:00 - 11:30	31.0°C - 32.0°C	- 55%	75% - 95%
	14:00 - 16:30	33.0°C	50%	86% - 80%

	19:00 - 00:00	30.5°C - 28.5°C	- 59%	65% - 66% - 80%
Sabtu	09:30 - 12:30	38.0°C - 34.0°C	- 40%	42% - 92% - 75%
	14:00 - 16:30	37.0°C - 30.0°C	- 40%	70% - 88%
	19:00 - 00:00	29.0°C - 28.4°C	- 70%	71% - 84% - 88%
Minggu	10:00 - 13:00	36°C - 30°C	45%	72% - 84% - 89%
	14:00 - 17:00	28,5°C - 27°C	73%	75% - 88% - 86%
	19:00 - 00:00	27°C - 26,3°C	78%	80% - 70% - 85%
Senin	10:00 - 13:00	34°C - 33°C	59%	65% - 75% - 83%
	14:00 - 17:00	30,5°C - 30°C	73%	75% - 86% - 80%
	19:00 - 00:00	29,5°C - 27°C	66%	72% - 82% - 80%
Selasa	10:00 - 13:00	30°C - 37°C	60%	40% - 82% - 84%
	14:00 - 17:00	34°C - 29°C	42%	65% - 83% - 78%
	19:00 - 00:00	26°C - 25°C	74%	79% - 76% - 78%
Rabu	07:00 - 13:30	28°C - 37,2°C	80%	30% - 90% - 75%
	14:00 - 18:00	36°C - 29,2°C	30%	68% - 76% - 70%
	19:00 - 00:00	29°C - 28,6°C	68%	70% - 71% - 73%
Kamis	09:00 - 14:00	29°C - 37,1°C	70%	35% - 85% - 85%
	14:00 - 18:00	36°C - 32°C	39%	55% - 93% - 90%
	19:00 - 00:00	29°C - 26°C	63%	84% - 92% - 88%
Jumat	09:00 - 14:00	33°C - 38°C	60%	35% - 75% - 62%
	14:00 - 18:00	38°C - 30°C	40%	60% - 62% - 82%
	19:00 - 00:00	29°C - 26°C	63%	84% - 80% - 85%

Pada Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian dalam 10 hari namun pada hari pertama dan kedua masih ada sedikit peyesuaian terhadap sensor DHT11 dan juga sesnor YL-69. Untuk hari-hari selanjutnya semua sistem bekerja dengan baik dan memberikan informasi mengenai suhu dan kelembaban yang berpengaruh pada perkembangan tanaman cabai secara akurat.



Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Selama 10 hari.

V. KESIMPULAN

1. Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis tanaman cabai berbasis IoT dengan memanfaatkan energi dari panel surya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel surya mampu menyuplai energi yang dibutuhkan sistem, baik untuk mikrokontroler ESP32, sesnor, maupun pompa air, dengan bantuan baterai sebagai penyimpanan energi cadangan.
2. Berdasarkan hasil analisis, daya yang dihasilkan panel surya dan daya yang dikonsumsi sistem dapat dibandingkan sehingga diperoleh nilai efisiensi. Nilai efisiensi yang diperoleh menunjukkan bahwa pemanfaatan panel surya masih belum cukup efektif dalam mendukung kebutuhan energi untuk sistem penyiraman otomatis ini.
3. Sistem yang dikembangkan tidak hanya berguna untuk penyiraman otomatis, tetapi juga mampu menyediakan efisiensi energi dan sistem yang digunakan.

REFERENSI

- [1] R. Ferdiansyah, D. N. A. D. Putra, A. D. Nafi, and B. Tamam, "Solar Panel Charger Batery,"

IDENTIK J. Ilmu Ekon. Pendidik. dan Tek., vol. 02, no. 04, pp. 47–55, 2025.

- [2] B. Kusumo, "Rancang Bangun Jemuran Otomatis Berbasis Sensor Water Drop dilengkapi Panel Surya 10 WP," vol. 06, no. 1, pp. 127–145, 2024.
- [3] M. R. Fachri, T. Elektro, and U. I. N. Ar-raniry, "Otomatis Menggunakan Arduino Dan Sensor Moisture Sebagai Pengukur Kelembaban Tanah Untuk," *Konf. Nas. Sos. dan Eng. Politek. Negeri Medan Tahun 2022 Ranc.*, pp. 849–854, 2022.
- [4] F. Alvriddo, "Rancang Bangun Penyiraman Tanaman Cabai Otomatis Berbasis Arduino Dengan Sumber Daya Panel Surya," vol. 3, no. 9, pp. 2330–2338, 2024.
- [5] S. Alim, M. I. Al Faroqi, and R. D. Anggita, "Berbasis Panel Surya Pada Tanaman Cabai".
- [6] D. Dahliya, S. Samsurizal, and N. Pasra, "Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin," *Sutet*, vol. 11, no. 2, pp. 71–80, 2021, doi: 10.33322/sutet.v11i2.1551.
- [7] S. Y. Oh and S. C. Koh, "Fruit development and quality of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) under various temperature regimes," *Hortic. Sci. Technol.*, vol. 37, no. 3, pp. 313–321, 2019, doi: 10.7235/HORT.20190032.
- [8] I. W. Pratiwi, *Implementasi IOT Untuk Monitoring Tanaman Hidroponik (Studi Kasus Prodi Biologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh)*. 2023. [Online]. Available: [https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/35291/%0Ahttps://repositori.yar-raniry.ac.id/id/eprint/35291/1/Icha Widya Pratiwi, 190705072, FST, TI.pdf](https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/35291/%0Ahttps://repositori.yar-raniry.ac.id/id/eprint/35291/1/Icha%20WidyaPratiwi,%20190705072,%20FST,%20TI.pdf)
- [9] M. Rokonzaman *et al.*, "Iot-enabled high efficiency smart solar charge controller with maximum power point tracking—design, hardware implementation and performance testing," *Electron.*, vol. 9, no. 8, pp. 1–16, 2020, doi: 10.3390/electronics9081267.
- [10] N. L. Mauliddiyah, "Analisis struktur kovariansi indikator terkait kesehatan pada lansia yang tinggal di rumah, dengan fokus pada status kesehatan subjektif," vol. 9, no. 1, p. 6, 2021.
- [11] N. N. Tedistya, Winarno, and T. Novianti, "Pengembangan Rancang Bangun Alat Penyiraman Tanaman Cabai Otomatis Pendeteksi Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno (Greenhouse)," *Ilmiah*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2020, [Online]. Available: <https://www.arduinoindonesia.id/2018/08/arduino-uno-r3.html>
- [12] Sarmidi and I. T. Rohmat, "Jurnal Manajemen Dan Teknik," *Jumantaka*, vol. 03, no. 01, pp. 81–90, 2019.
- [13] A. Syofian, Al, and A. Premadi, "Optimalisasi Sistem Penyimpanan Energi Panel Surya Berbasis Kendali Logika Fuzzy," *J. Tek. Elektro Inst. Teknol. PADANG*, vol. 10, no. 2, pp. 86–92, 2021.
- [14] M. Lorin, "FlockLab 2.0: Hardware Design," 2019.
- [15] A. Nahak, Y. P. . Kelen, B. Baso, and W. Sucipto, "Sistem Otomatisasi Pakan Minum dan

- Monitoring Kelembaban Udara berbasis Internet of Things (IoT)," *bit-Tech*, vol. 7, no. 1, pp. 1–9, 2024, doi: 10.32877/bt.v7i1.1226.
- [16] H. Ahmad *et al.*, "Monitoring and controlling the chicken Incubation Process Using the Internet of Things System Monitoring and controlling the chicken Incubation Process Using the Internet of Things System," *J. Agric. Mech.*, vol. 7, no. 1, pp. 73–77, 2021.
- [17] R. Jupita *et al.*, "Rancang Bangun Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Soil Moisture," vol. 2, no. 1, pp. 1–9, 2021.
- [18] G. sari merliana, "Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah," *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 13–17, 2018.
- [19] S. Wahyu, M. Syafaat, A. Yuliana, and R. Meliyani, "Aplikasi Sensor BH1750 Untuk Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Cabai Menggunakan Arduino Bertenaga Surya Terintegrasi Internet of Things (IoT)," *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 9, no. 1, pp. 71–78, 2021, doi: 10.23960/jtaf.v9i1.2713.
- [20] N. Khairunisa, H. Sunardi, and F. Antony, "Implementasi Sistem Alarm Dan Monitoring Kelembaban Tanah Dan Suhu Terhadap Tanaman abai Berbasis Internet of Things (Iot) Menggunakan Logika Fuzzy," *J. Intell. Networks IoT Glob.*, vol. 2, no. 1, pp. 18–29, 2024, doi: 10.36982/jinig.v2i1.4437.
- [21] K. Lahan and P. Cabai, "Sistem iot berbasis arduino cloud untuk monitoring dan kontrol lahan pertanian cabai," vol. 16, no. 1, pp. 86–94, 2025.
- [22] P. Lestari, Tasmi, and F. Antony, "Sistem Penyiraman Budidaya Tanaman Cabai Berdasarkan Pengukuran Suhu Dan Kelembaban Tanah," *J. Intell. Networks IoT Glob.*, vol. 1, no. 1, pp. 20–32, 2023, doi: 10.36982/jinig.v1i1.3080.
- [23] W. A. Saputra *et al.*, "sistem penyiraman otomatis berbasis iot menggunakan esp32 dan google assistant program studi d4 teknik otomasi jurusan teknik elektro politeknik negeri bali 2023," *J. Teknol. dan Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 45–54, 2023, [Online]. Available: <http://eprints.unram.ac.id/id/eprint/1806%0Ahttps://databoks.katadata.co.id%0Ahttps://repository.unhas.ac.id/id/eprint/13163/%0Ahttps://repo.undiksha.ac.id/id/eprint/14820%0Ahttps://jurnal.uisu.ac.id/index.php/semnastek/article/view/4134%0Ahttps://publikas>