

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Tabel 2.1
Penelitian Terkait

No	Judul, Penulis, Tahun	Data Masukan (Data Set)	Model Algoritma	Capaian / Hasil Evaluasi	Research Gap
1	Sistem penyemprotan pestisida otomatis berbasis IoT untuk tanaman hortikultura — Timothy Walukow, Calvin Mamahit, dan Janne Ticoh (2025)[13]	Sensor ultrasonik HC-SR04, NodeMCU ESP8266, relay, pompa, aplikasi Blynk	Otomatis berbasis pembacaan sensor	Sensor ultrasonik memiliki deviasi rata-rata 0,18 cm, pompa optimal pada jarak 10–20 cm, perintah Blynk dapat dieksekusi kurang dari 1 detik, dan tingkat kelayakan sistem mencapai 92%.	Belum menggunakan sensor hujan dan sensor kelembapan tanah sebagai dasar pengambilan keputusan penyemprotan.
2	Pengendali Suhu, Kelembaban Udara, dan Intensitas Cahaya pada Greenhouse untuk Tanaman Bawang	Sensor suhu, kelembapan udara, dan intensitas cahaya, IoT, aplikasi Blynk	Monitoring dan pengendalian lingkungan greenhouse	Kondisi lingkungan greenhouse dapat dijaga secara otomatis sesuai kebutuhan tanaman sehingga	Fokus pada pengendalian lingkungan greenhouse, bukan sistem penyemprotan pestisida otomatis.

	Merah Menggunakan Internet of Things (IoT) — Gardenia Marheta Putra dan Delsina Faiza (2021)[14]			pertumbuhan bawang merah menjadi lebih stabil dan optimal.	
3	Sistem Monitoring Kelembaban Tanah dan Suhu Greenhouse Tanaman Bawang Merah Berbasis IoT — Charles Jhony Mantho Sianturi, Nita Sari Br Sembiring, Mikha Dayan Sinaga, dan Erwin Ginting[15]	Sensor soil moisture dan suhu udara, NodeMCU ESP8266	Monitoring kondisi lingkungan	Sistem membantu petani memantau kelembapan tanah dan suhu udara secara langsung sehingga kadar air lebih terkontrol dan proses pembibitan bawang merah dapat berlangsung lebih baik.	Hanya melakukan monitoring kondisi lahan dan belum dilengkapi pengendalian aktuator/penyemprotan otomatis.
4	Prototipe Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis IoT — Muthmainnah, Aan Syaifudin, dan Ninik Chamidah[16]	Sensor DHT22, NodeMCU ESP8266, aplikasi Blynk	Monitoring real-time	Akurasi pembacaan suhu mencapai 96,36%, sedangkan kelembapan mencapai 95,33%. Data dapat ditampilkan secara stabil dan	Berfokus pada monitoring suhu dan kelembapan serta belum memiliki sistem penyemprotan otomatis.

				konsisten melalui smartphone.	
5	Sistem penyemprotan insektisida otomatis berbasis IoT pada tanaman tomat — Yosep Trindo Anugrahita Sasgitra Ardi, Alfarid Hendro Yuwono, dan Michael Ardita (2024)[17]	Sensor soil moisture YL-69, ESP32, pompa, ThingSpeak	Rule-based / threshold berdasarkan kelembapan tanah	Pompa aktif ketika kelembapan tanah berada di bawah 80% (ADC 817). Data sensor dan status pompa dapat dipantau dengan pembaruan kurang dari 5 detik. Sistem meningkatkan efisiensi penyemprotan dan hasil panen sekitar 10–15%.	Hanya menggunakan satu parameter sensor, yaitu kelembapan tanah, dan diterapkan pada tanaman tomat, belum mengintegrasikan kondisi hujan serta parameter lingkungan lainnya.

Sumber : dikelola peneliti, 2026

Berdasarkan tabel penelitian terdahulu, dapat diketahui bahwa penelitian mengenai penerapan Internet of Things (IoT) dalam bidang pertanian telah dilakukan dengan berbagai pendekatan, sensor, mikrokontroler, dan platform IoT. Penelitian Walukow, Mamahit, dan Ticoh (2025) mengembangkan sistem penyemprotan pestisida otomatis berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04, NodeMCU ESP8266, relay, pompa, dan aplikasi Blynk. Sistem tersebut mampu meningkatkan efisiensi penyemprotan, dengan hasil pengujian menunjukkan deviasi sensor rata-rata 0,18 cm, waktu eksekusi perintah

kurang dari satu detik, serta tingkat kelayakan mencapai 92%. Namun, penelitian tersebut belum memanfaatkan sensor kelembapan tanah dan sensor hujan sebagai dasar pengambilan keputusan penyemprotan [18]. [19].

Penelitian Putra dan Faiza (2021) lebih berfokus pada pengendalian kondisi lingkungan greenhouse untuk tanaman bawang merah dengan menggunakan sensor suhu, kelembapan udara, dan intensitas cahaya yang terhubung dengan aplikasi Blynk. Sistem tersebut mampu membantu menjaga kondisi lingkungan sesuai kebutuhan tanaman sehingga pertumbuhan bawang merah menjadi lebih stabil. Meskipun demikian, penelitian ini belum mengembangkan mekanisme penyemprotan pestisida otomatis karena fokus utamanya adalah pengendalian lingkungan greenhouse [14].

Selanjutnya, penelitian Sianturi dan rekan-rekan mengembangkan sistem monitoring kelembapan tanah dan suhu pada pembibitan bawang merah menggunakan NodeMCU ESP8266. Sistem tersebut membantu petani mengetahui kondisi kelembapan tanah dan suhu secara langsung sehingga pengelolaan kadar air tanaman menjadi lebih terkontrol. Akan tetapi, sistem masih terbatas pada fungsi pemantauan dan belum dilengkapi dengan aktuator untuk melakukan penyemprotan secara otomatis [15].

Penelitian Muthmainnah, Aan Syaifudin, dan Ninik Chamidah mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembapan berbasis IoT menggunakan sensor DHT22 dan NodeMCU ESP8266. Data sensor

dikirimkan ke aplikasi Blynk sehingga dapat dipantau secara real-time melalui smartphone. Hasil pengujian menunjukkan akurasi suhu sebesar 96,36% dan kelembapan sebesar 95,33%. Walaupun memiliki tingkat akurasi yang baik, penelitian tersebut masih berorientasi pada monitoring kondisi lingkungan dan belum mengintegrasikan sistem penyemprotan pestisida otomatis [20].

Sementara itu, penelitian Sasgitra, Yuwono, dan Ardita (2024) memiliki keterkaitan yang lebih dekat dengan penelitian ini karena telah mengembangkan sistem penyemprotan insektisida otomatis berbasis IoT menggunakan ESP32 dan sensor kelembapan tanah YL-69. Sistem menggunakan kondisi kelembapan sebagai dasar untuk mengaktifkan pompa dan dapat dipantau melalui ThingSpeak. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa otomatisasi penyemprotan mampu meningkatkan efisiensi dan hasil panen. Namun, penelitian ini masih menggunakan satu parameter utama, yaitu kelembapan tanah, serta diterapkan pada tanaman tomat [19].

Berdasarkan keseluruhan penelitian tersebut, research gap yang ditemukan adalah belum adanya penelitian yang secara komprehensif mengintegrasikan beberapa parameter lingkungan sebagai dasar pengambilan keputusan penyemprotan pestisida otomatis pada tanaman bawang merah. Penelitian terdahulu sebagian besar hanya menggunakan satu atau dua parameter, berfokus pada monitoring, atau belum mempertimbangkan kondisi musim hujan dan musim kemarau secara

bersamaan. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan melalui integrasi sensor DHT22, soil moisture, dan rain sensor, mikrokontroler ESP32, serta protokol MQTT untuk mendukung sistem Smart Sprayer yang dapat melakukan penyemprotan secara otomatis dan adaptif terhadap kondisi lingkungan pada musim hujan maupun kemarau.

2.1.1 Analisis Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dipaparkan, dapat diketahui bahwa setiap penelitian memiliki karakteristik, metode, komponen perangkat keras, serta platform Internet of Things (IoT) yang berbeda. Masing-masing penelitian memiliki keunggulan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, namun juga masih memiliki beberapa keterbatasan. Oleh karena itu, dilakukan analisis perbandingan untuk menunjukkan posisi penelitian yang dilakukan serta kebaruan (novelty) dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Perbandingan tersebut disajikan pada Tabel 2.1.1.

Tabel 2.1.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian	Sensor	Platform IoT	Penyemprotan	Kekurangan
Walukow dkk. (2025)	HC-SR04	Blynk	Otomatis	Belum menggunakan sensor hujan dan sensor kelembapan tanah sebagai dasar pengambilan keputusan.
Putra & Faiza (2021)	Sensor suhu, kelembapan udara, intensitas cahaya	Blynk	Tidak ada	Penelitian difokuskan pada pengendalian lingkungan <i>greenhouse</i> , bukan sistem

				penyemprotan pestisida.
Sianturi dkk.	Soil Moisture, suhu udara	ESP8266	Tidak ada	Hanya melakukan pemantauan kondisi lahan tanpa pengendalian aktuator.
Muthmainnah dkk.	DHT22	Blynk	Tidak ada	Berfokus pada monitoring suhu dan kelembapan tanpa sistem penyemprotan otomatis.
Sasgitra dkk. (2024)	Soil Moisture (YL-69)	ThingSpeak	Otomatis	Hanya menggunakan satu parameter sensor dan diterapkan pada tanaman tomat.
Penelitian ini	DHT22, Soil Moisture, Rain Sensor	MQTT	Otomatis	Mengintegrasikan tiga sensor lingkungan dengan sistem penyemprotan otomatis yang adaptif terhadap musim hujan dan kemarau pada tanaman bawang merah.

Berdasarkan Tabel 2.1.1, dapat diketahui bahwa penelitian-penelitian sebelumnya telah berhasil menerapkan teknologi Internet of Things (IoT) untuk mendukung kegiatan monitoring maupun penyemprotan otomatis pada sektor pertanian. Akan tetapi, sebagian besar penelitian hanya memanfaatkan satu atau dua parameter lingkungan sebagai dasar pengambilan keputusan, serta belum mengintegrasikan sistem penyemprotan yang mempertimbangkan kondisi musim hujan dan musim kemarau secara bersamaan.

Penelitian Walukow dkk. menitikberatkan pada sistem penyemprotan otomatis menggunakan sensor ultrasonik dan aplikasi Blynk, sedangkan penelitian Putra dan Faiza lebih berfokus pada pengendalian lingkungan greenhouse. Penelitian Sianturi dkk. dan Muthmainnah dkk. hanya mengembangkan sistem monitoring lingkungan tanpa dilengkapi mekanisme pengendalian penyemprotan otomatis. Sementara itu, penelitian Sasgitra dkk. telah menerapkan penyemprotan otomatis berbasis IoT, namun hanya menggunakan sensor kelembapan tanah sebagai parameter utama dan diterapkan pada tanaman tomat.

Berdasarkan perbandingan tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan (novelty) berupa integrasi tiga sensor, yaitu sensor DHT22, sensor soil moisture, dan sensor hujan yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 serta menggunakan protokol MQTT sebagai media komunikasi data secara real-time. Selain itu, sistem Smart Sprayer yang dikembangkan dirancang khusus untuk pengendalian hama kutu pada tanaman bawang merah dengan mekanisme penyemprotan otomatis yang mampu beradaptasi terhadap kondisi lingkungan pada musim hujan maupun musim kemarau. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai sistem monitoring, tetapi juga sebagai sistem pengambilan keputusan otomatis yang lebih komprehensif dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya.

Dari hasil analisis penelitian terdahulu tersebut, penelitian Sasgitra dkk. (2024) dijadikan sebagai rujukan utama karena memiliki kesamaan dalam pengembangan sistem penyemprotan otomatis berbasis Internet of Things (IoT). Sementara itu, penelitian Walukow dkk. (2025), Putra dan Faiza (2021), Sianturi dkk., serta Muthmainnah dkk. digunakan sebagai penelitian pembandingan karena

memberikan referensi mengenai implementasi sensor, platform IoT, dan sistem monitoring yang mendukung pengembangan Smart Sprayer pada penelitian ini.

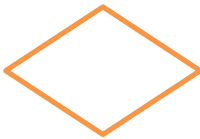
2.2 Landasan Teori

2.2.1 Flowchart

Flowchart adalah diagram yang menggambarkan alur atau urutan langkah dalam suatu proses, sistem, atau algoritma dengan menggunakan simbol-simbol tertentu [21].

Tabel 2.2.1 *Flowchart*

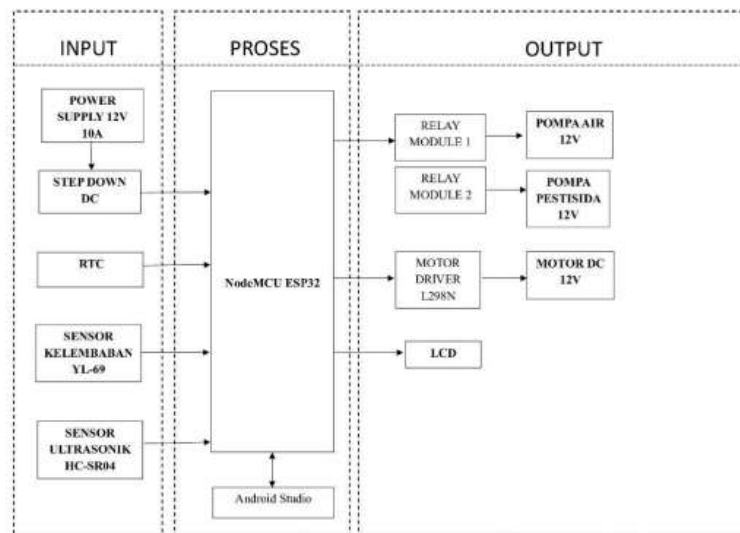
Simbol	Nama	Keterangan
	Start / End	Simbol yang digunakan untuk menunjukkan awal dan akhir proses pada sistem Smart Sprayer IoT.
	Persiapan	Digunakan untuk proses inisialisasi sistem seperti mengaktifkan ESP32, sensor Soil Moisture, sensor hujan, sensor DHT22, relay, dan koneksi IoT.
	Input / Output	Digunakan untuk menerima data dari sensor dan menampilkan atau mengirimkan data hasil monitoring ke platform IoT.
	Proses	Menunjukkan proses pengolahan data sensor oleh ESP32 untuk menentukan

Simbol	Nama	Keterangan
		kondisi lingkungan dan mengontrol pompa sprayer.
	Proses Terdefinisi	Digunakan untuk menjalankan subprogram atau fungsi yang telah dibuat sebelumnya, seperti pembacaan sensor dan pengiriman data ke server.
	Keputusan	Digunakan untuk menentukan percabangan logika, seperti kondisi "Tanah Kering?" atau "Sedang Hujan?".
	Penghubung	Digunakan untuk menghubungkan alur proses yang terpisah agar flowchart lebih rapi dan mudah dibaca.
	Garis Aliran	Menunjukkan arah aliran proses dari satu langkah ke langkah berikutnya dalam sistem.

Berdasarkan Tabel 2.1, setiap simbol memiliki fungsi yang berbeda sesuai dengan tahapan proses dalam perancangan sistem. Penggunaan simbol-simbol tersebut bertujuan untuk memudahkan penyusunan alur kerja sistem Smart Sprayer sehingga proses inisialisasi, pembacaan sensor, pengambilan keputusan, pengendalian pompa, dan pengiriman data ke platform IoT dapat digambarkan secara sistematis dan mudah dipahami.

2.2.2 Diagram Blok

Diagram blok merupakan representasi visual yang menunjukkan hubungan antar komponen penyusun suatu sistem beserta aliran data atau sinyal yang terjadi di dalamnya. Melalui diagram blok, fungsi setiap komponen dapat dipahami secara lebih sistematis sehingga memudahkan dalam menjelaskan cara kerja sistem secara keseluruhan. Pada penelitian ini, diagram blok digunakan untuk menggambarkan hubungan antara sensor, mikrokontroler ESP32, modul komunikasi, aktuator, dan sumber daya yang membentuk sistem Smart Sprayer berbasis Internet of Things (IoT). Rancangan diagram blok sistem Smart Sprayer IoT tersebut disajikan pada Gambar 2.2.2.



Gambar 2.2.2 Contoh Diagram Blok

Berdasarkan Gambar 2.2.2, sistem terdiri atas bagian input, proses, dan output. Bagian input menerima data dari sensor, kemudian data diproses oleh mikrokontroler ESP32 untuk menentukan kondisi penyemprotan.

Selanjutnya, hasil pemrosesan digunakan untuk mengendalikan aktuator berupa pompa sprayer dan mengirimkan informasi ke dashboard IoT.

2.2.3 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat elektronik terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pertukaran data secara otomatis. Dalam sektor pertanian, IoT diterapkan untuk memantau kondisi lingkungan seperti kelembaban tanah, suhu, dan curah hujan secara langsung. Penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan pertanian melalui otomatisasi alat dan pengambilan keputusan yang didasarkan pada data. Hal ini membuat proses seperti penyiraman atau penyemprotan menjadi lebih tepat dan efisien [22].

2.2.4 Tanaman Bawang Merah

Tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum L.*) adalah salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi di Indonesia. Tanaman ini sensitif terhadap kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan curah hujan. Penelitian menunjukkan bahwa ketidakstabilan kondisi lingkungan dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman serta meningkatkan risiko serangan hama dan penyakit, yang berujung pada penurunan hasil panen.

2.2.5 Hama Kutu

Hama kutu daun (*Aphis gossypii*) adalah salah satu hama utama yang sering menyerang tanaman hortikultura, termasuk bawang merah. Hama ini

menyerang dengan cara menghisap sap daun, yang menyebabkan daun menguning, pertumbuhan terhambat, dan kualitas hasil panen menurun. Selain itu, kutu daun juga berfungsi sebagai vektor penyebaran virus yang dapat memperburuk kerusakan tanaman. Maka dari itu, metode pengendalian yang efektif sangat diperlukan untuk mengurangi dampak serangan hama tersebut [23].

2.2.6 Smart Sprayer

Smart sprayer merupakan sistem penyemprotan otomatis yang dibangun dari konsep penyiraman berbasis *Internet of Things* (IoT). Input sistem berasal dari sensor yang membaca kondisi lingkungan, lalu data tersebut diolah oleh mikrokontroler seperti ESP32 DevKit V1 untuk mengatur kerja aktuator berupa pompa air. Dalam beberapa penelitian, sistem penyiraman otomatis berbasis IoT terbukti mampu menyesuaikan proses irigasi dengan kondisi tanah secara otomatis sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien dan waktu penyiraman lebih tepat.

Dari konsep tersebut, prinsip yang sama juga bisa dipakai pada smart sprayer, di mana proses penyemprotan pestisida dijalankan otomatis sesuai kebutuhan tanaman dan kondisi lingkungan yang terdeteksi.

2.2.7 ESP32

ESP32 adalah salah satu mikrokontroler yang sudah mengintegrasikan modul wifi ke dalam chip-nya, membuatnya sangat cocok untuk pengembangan aplikasi berbasis internet. Menurut penelitian oleh Kusmiyati, Arga Dwi Pambudi, Zaenal Arifin, Sari Ayu Wulandari,

Muhammad Agus Purnomo, Kristoforus Adrian Setiadi, dan Nia Yunita Listianingrum (2022), ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama sistem yang dapat menganalisis input dari sensor dengan akurasi tinggi dan memberikan sinyal kepada aktuator seperti relay dan kipas. Dengan dilengkapi fitur seperti 18 ADC dan 16 PWM, ESP32 tidak hanya memiliki fleksibilitas perangkat keras yang tinggi, tetapi juga mampu memproses data dengan cepat untuk menjaga kestabilan suhu pada sistem pengering otomatis [24].

2.2.8 Arduino IDE

Arduino IDE dipakai untuk menulis kode, melakukan pengujian, sampai mengirimkan program ke papan Arduino. Di dalamnya sudah tersedia tampilan yang sederhana sehingga proses membuat aplikasi dan mengatur perangkat keras jadi lebih mudah diikuti. Berbagai pustaka juga disediakan untuk membantu penggunaan komponen seperti sensor dan aktuator tanpa harus membuat semuanya dari awal [25].

Pada tahap kerja sistem, IDE berfungsi sebagai alat utama untuk menyusun program, mengubahnya menjadi kode biner, lalu memindahkannya ke memori mikrokontroler agar bisa langsung dijalankan.

2.2.9 Sensor Soil Moisture

Sensor kelembapan tanah bekerja berdasarkan perubahan Sensor kelembapan tanah beroperasi berdasarkan perubahan resistansi atau konduktivitas yang terjadi pada tanah. Sensor ini berfungsi untuk mengukur tingkat air di dalam tanah untuk menentukan apakah tanah berada dalam

keadaan kering atau basah. Komponen ini menjadi referensi utama dalam pengambilan keputusan untuk penyiraman otomatis [26].

2.2.10 Sensor Hujan

Sensor Hujan merupakan alat *Switching* yang digerakkan Sensor Hujan adalah perangkat *Switching* yang berfungsi berdasarkan tingkat curah hujan (air). Alat ini digunakan untuk mendeteksi dan mengenali magnitudo tertentu. Sensor hujan dirancang dengan memanfaatkan konduktivitas air hujan; ketika air hujan mengenai panel sensor, terjadi proses elektrolisis akibat air tersebut. Sensor hujan berfungsi memberikan nilai input berdasarkan tingkat elektrolisis air, ketika air menyentuh panel sensor. Untuk mencegah karat atau terhalangnya kotoran yang dapat mengganggu kinerja sensor, jalur tersebut perlu dilindungi dengan timah atau bahan lain yang dapat terikat dengan baik pada jalur dan mampu menghantarkan Listrik.

2.2.11 Sensor DHT22

Sensor DHT22 adalah alat digital yang mampu mengukur suhu dan kelembapan udara secara bersamaan. Sensor ini memiliki batas pengukuran suhu antara -40°C hingga 80°C dengan tingkat akurasi sekitar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Sensor DHT22 juga dapat menilai kelembapan udara dalam kisaran 0–100% RH dengan akurasi mencapai $\pm 2\text{--}5\%$ RH. Sensor ini menghasilkan keluaran dalam bentuk sinyal digital sehingga proses penghubungannya ke mikrokontroler seperti ESP32 maupun Arduino menjadi lebih sederhana.

Kondisi ini membuatnya cukup sering dipakai pada sistem pemantauan lingkungan serta berbagai aplikasi berbasis IoT [27].

2.2.12 Relay

Relay berfungsi sebagai switch listrik yang beroperasi dengan sistem elektromagnetik, yang terdiri dari kumparan dan kontak sakelar. Relai ini diaktifkan dengan memberikan arus listrik, contohnya 3,3 V, yang menciptakan medan magnet untuk menarik kontak sakelar, mengubah posisinya dari normal terbuka (NO) menjadi normal tertutup (NC) agar listrik bertegangan tinggi dapat mengalir.

2.2.13 Panel Surya

Pengontrol pengisian solar adalah alat yang berfungsi untuk mengatur aliran energi listrik ke baterai dalam sistem energi matahari. Perangkat ini mencegah baterai dari pengisian berlebih, yang dapat merusaknya, serta dari pengosongan yang terlalu sedikit yang dapat memperpendek masa pakainya. Pada sistem penyiraman otomatis berbasis IoT, pengontrol pengisian tenaga surya berperan penting untuk menjaga kestabilan suplai energi ke komponen seperti pompa air, sensor kelembapan tanah, dan mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32 agar tetap dapat beroperasi. Daya yang tersimpan di baterai dijaga tetap cukup sehingga sistem bisa berjalan otomatis tanpa gangguan, termasuk ketika kondisi cahaya matahari sedang minim.

Keberadaan pengontrol ini juga membuat sistem lebih fleksibel karena dapat dipasang di area yang jauh dari jaringan listrik utama. Hal ini

menjadikan pemanfaatan energi surya sebagai sumber daya pendukung yang lebih efisien sekaligus ramah lingkungan dalam penerapan pertanian modern.