

SISTEM INTERNET OF THINGS UNTUK PEMANTAUAN DAN PEMUPUKAN OTOMATIS PADA TANAMAN PAKCOY

Afri Yudha^{1,*}, Ilyasa Adam Naufal¹

¹Teknologi Informasi, Universitas Darma Persada, ibnugazali@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring pertumbuhan tanaman pakcoy berbasis *Internet of Things (IoT)* dengan menggunakan sensor cahaya, sensor kelembapan tanah, dan sistem otomatisasi pemberian pupuk cair menggunakan *Real Time Clock (RTC)*. Masalah utama yang dihadapi adalah keterbatasan lahan dan sumber daya dalam budidaya pertanian di wilayah urban. Solusi yang ditawarkan mencakup teknologi *IoT* yang memantau kondisi tanah, pencahayaan, dan pemberian pupuk secara *real-time* untuk mendukung efisiensi dan keberlanjutan. Sistem ini menggunakan perangkat seperti ESP32, sensor LDR, soil moisture sensor, dan *Real Time Clock (RTC)*. Data dari sistem ditampilkan pada aplikasi Android, yang berfungsi untuk memantau kondisi tanaman secara jarak jauh melalui notifikasi. Pengujian menunjukkan peningkatan efisiensi penyiraman, pemupukan, dan produktivitas tanaman pakcoy. Hasil penelitian membuktikan bahwa sistem ini mampu mendukung pertanian skala kecil di lingkungan urban, sekaligus mengoptimalkan penggunaan sumber daya air dan pupuk secara presisi. Temuan ini menunjukkan bahwa perangkat yang diciptakan dapat mendukung budidaya pakcoy skala kecil di lingkungan urban.

Kata Kunci: *Internet of Things (IoT)*, Otomatisasi Pupuk Cair, Pakcoy, Pertanian Urban

ABSTRACT

This study developed a monitoring system for the growth of pakcoy (Brassica rapa L.) based on the Internet of Things (IoT), utilizing a light sensor, soil moisture sensor, and an automated liquid fertilizer system controlled by a Real Time Clock (RTC). The main problem addressed is the limitation of land and resources in urban agriculture. The proposed solution involves IoT-based technology that monitors soil conditions, lighting, and fertilizer application in real time to support efficiency and sustainability. The system is built using components such as ESP32, LDR (Light Dependent Resistor) sensor, soil moisture sensor, and RTC. Data collected from the system is displayed through an Android application, which allows users to remotely monitor plant conditions via notifications. Experimental results show improvements in irrigation efficiency, fertilizer usage, and overall productivity of pakcoy plants. The findings demonstrate that the system is capable of supporting small-scale urban farming by optimizing water and fertilizer usage with precision. This indicates that the developed device can effectively contribute to efficient pakcoy cultivation in limited urban spaces.

Keywords: *Internet of Things (IoT), Liquid Fertilizer Automation, Pakcoy, Urban Farming*

PENDAHULUAN

Berkembangnya teknologi masa kini serta meningkatnya jumlah penduduk telah banyak membuat banyak aspek bertransformasi, tidak terkecuali pertanian. Pertanian masa lalu (konvensional) kurang menjawab kebutuhan akan efisiensi dan keberlanjutan. Penggunaan *IoT (internet of things)* menjadi salah satu pendekatan yang inovatif dan memberikan solusi terhadap keterbatasan sistem pertanian tradisional saat ini. Teknologi IOT yang digunakan dapat melakukan pemantauan keadaan tanaman secara *real-time* dengan sensor cerdas yang terhubung secara otomatisasi, sehingga dapat melakukan

penyiraman air, pemberian pupuk dan lainnya secara akurat, sesuai dengan kebutuhan tanaman pertanian (Putri et al., 2023).

Pakcoy adalah salah satu tanaman yang mempunyai banyak manfaat terhadap tubuh (mencegah berbagai macam penyakit dan sumber vitamin A, B dan C) dan sudah mulai dibudidayakan di Cina pada abad ke 5 (Lisdayani et al., 2019). Di Indonesia, kebutuhan akan tanaman pakcoy terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, dengan produksi tahun 2017 yang mencapai > 583.000 ton sehingga menyebabkan butuh banyak lahan untuk dapat memenuhi kebutuhan pasar (Kementerian Pertanian, 2022).

Peningkatan kebutuhan pakcoy ini tidak sebanding dengan lahan pertanian yang ada, terlebih di wilayah perkotaan. Fenomena urbanisasi yang terjadi di beberapa dekade akhir menyebabkan yang menyebabkan berkurangnya lahan pertanian produktif, sehingga masyarakat perkotaan yang ingin melakukan budidaya sering terkendala oleh keterbatasan lahan yang tersedia. Melihat fenomena yang terjadi, sangat diperlukan inovasi dalam melakukan budidaya sehingga bisa berjalan dengan baik dan efisien tanpa memerlukan lahan yang luas. Berdasarkan tantangan yang terjadi, peneliti ingin merancang sebuah alat khusus otomatis untuk mengukur kelembapan tanah, intensitas cahaya dan pemberian pupuk otomatis. Alat ini juga didukung dengan sistem monitoring yang dapat diakses oleh pembudidaya agar bisa memantau kondisi tanaman dari jarak jauh secara real-time. Harapannya adalah alat dan sistem yang di buat ini dapat menjadi sebuah solusi bagi kegiatan *urban farming* yang lebih praktis, hemat lahan dan tetap ramah terhadap lingkungan.

Kunci penting dalam pertumbuhan tanaman pakcoy adalah kelembapan tanah, pencahayaan (Elisabeth et al., 2024) dan pemberian pupuk yang tepat dan sesuai dengan waktunya (Lisdayani et al., 2019). Kelembapan tanah yang konsisten diperlukan untuk mendukung proses fotosintesis dan penyerapan nutrisi, dimana teknologi sensor kelembapan yang terintegrasi dengan sistem irigasi otomatis dapat mengoptimalkan pengelolaan air, memastikan pakcoy mendapatkan kelembapan yang cukup tanpa pemborosan. Pencahayaan yang cukup juga penting untuk pertumbuhan optimal, dan teknologi penerangan LED dapat membantu meningkatkan cahaya di lingkungan dengan keterbatasan cahaya alami, memberikan spektrum yang diperlukan untuk fotosintesis. Pemberian pupuk yang tepat melalui sistem pemupukan otomatis memungkinkan petani mengatur dosis pupuk secara terjadwal, sehingga memaksimalkan efektivitas dan menghindari kelebihan pemupukan.

Dalam melakukan penelitian ini, beberapa jurnal yang mirip dengan penelitian yang dilakukan, seperti penelitian yang dilakukan oleh (Elisabeth et al., 2024) yang bertujuan untuk melakukan pembuatan alat otomatis pengecekan kualitas air untuk pertumbuhan tanaman pakcoy. Lalu penelitian kedua yang dilakukan oleh (Rahmatullah, 2023) yang bertujuan untuk membuat sensor otomatis pencahayaan dan kualitas air untuk budidaya tanaman pakcoy. Lalu penelitian ketiga yang dilakukan (Dewi et al., 2024) yang berujuan untuk membuat sensor kelembapan tanah dan udara pada budidaya tanama pakcoy.

TINJAUAN PUSTAKA

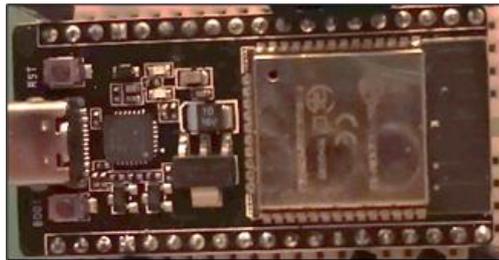
Smart Farming 4.0

Teknologi pertanian cerdas adalah pendekatan kekinian dalam praktek budidaya tanaman yang melakukan integrasi antara kecerdasan buatan dan teknologi digital juga

otomatisasi yang berbasis pada *IoT* untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengolahan pertanian (Syawari et al., 2024)

ESP32

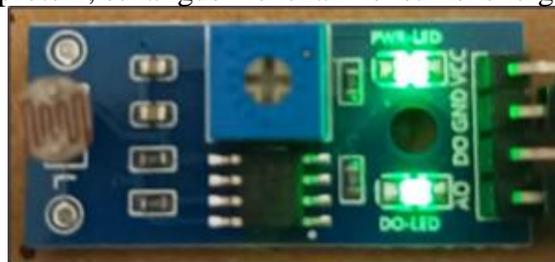
Pada penelitian ini digunakan ESP32 untuk mengontrol dan melakukan monitoring pada sensor-sensor secara *real-time* (Rahmatullah, 2023). Peneliti menggunakan ESP32 juga karena kemampuannya yang dapat terhubung ke WIFI memungkinkan pengembangan sistem otomasi yang dapat dipantau atau dikendalikan dari jarak jauh. Data dari sensor dapat dikirim ke platform *IoT* atau disimpan di cloud, sehingga memungkinkan pemantauan secara *real-time* tanpa memerlukan perangkat tambahan.



Gambar 1. ESP32

Sensor *Light Dependent Resistor (LDR)*

Sebuah perangkat elektro yang berfungsi mengubah cahaya dan intensitasnya menjadi tegangan listrik, sehingga ketika tidak terkena cahaya nilai resistensi *LDR* dapat mencapai $10M\Omega$. Sebaliknya, ketika terkena cahaya, nilai resistansinya menurun hingga sekitar $1k\Omega$ atau bisa dibawahnya (Desmira, 2022). Penelitian yang akan dikembangkan memanfaatkan sensor cahaya untuk memantau intensitas cahaya disekitar, sehingga lampu LED *grow light* dapat menyala dan memberikan pencahayaan kepada tanaman, khususnya pakcoy. Pencahayaan dapat diatur secara optimal sesuai kebutuhan tanaman, seperti durasi ideal 16 jam, untuk mendukung fotosintesis tanpa pemborosan energi listrik. Teknologi ini memungkinkan penciptaan kondisi pencahayaan yang sesuai secara otomatis, sehingga menghasilkan pakcoy berkualitas dengan kandungan gizi tinggi, seperti vitamin C dan protein, sekaligus menekan konsumsi energi.

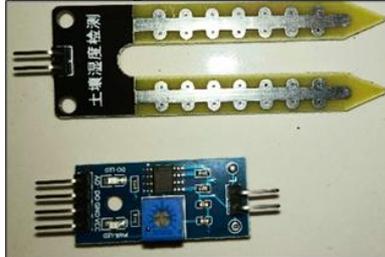


Gambar 2. Sensor LDR

Sensor *Soil Moisture*

Sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan tanah adalah *Sensor Soil Moisture*, berdasarkan resistansi arus listrik, permukaan tanah yang basah memiliki resistansi lebih rendah (makin mudah mengalirkan listrik) dibandingkan tanah kering yang memiliki resistansi lebih tinggi (makin sulit mengalirkan listrik) (Dewi et al., 2024). Cara kerjanya adalah ketika sensor mendeteksi tanah mulai kering, sistem

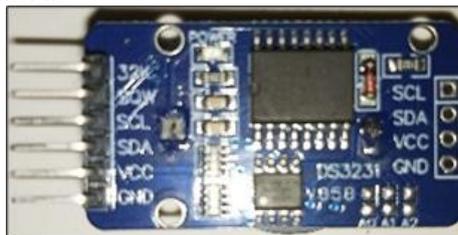
secara otomatis mengaktifkan irigasi untuk menjaga kelembapan optimal. Sebaliknya, ketika tanah cukup basah, sistem menunda pemberian air untuk mencegah kelebihan air yang dapat merusak tanaman. Penelitian yang akan dikembangkan menggunakan sensor kelembapan tanah sangat berkaitan dengan pengelolaan irigasi yang lebih efisien dan tepat waktu. Tanaman Pakcoy, sebagai tanaman sayuran yang membutuhkan keseimbangan air yang optimal, memerlukan kondisi tanah yang cukup lembap untuk mendukung pertumbuhannya. Jika tanah terlalu basah atau terlalu kering, hal ini dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, produktivitas, dan kualitas hasilnya.



Gambar 3. Sensor Soil Moisture

Real Time Clock (RTC)

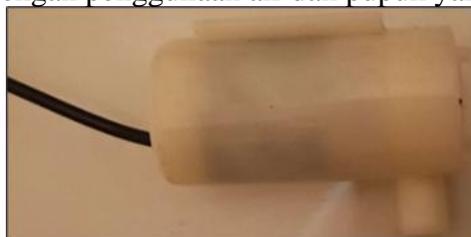
Perangkat yang berfungsi untuk menyimpan dan mengatur waktu dengan akurat, mencakup informasi hari, tanggal, bulan, dan tahun. *RTC* secara otomatis menyesuaikan data waktu, termasuk perbedaan jumlah hari dalam bulan yang memiliki 30 atau 31 hari (Rahardjo, 2021). Pada Penelitian ini, sistem otomatisasi pemberian pupuk cair menggunakan *RTC*, sehingga dapat diatur sesuai jadwal yang telah ditentukan tanpa memerlukan intervensi manual.



Gambar 4. Real Time Clock (RTC)

Pompa Air

Pompa air berfungsi untuk mengedarkan dan mengalirkan air sehingga memungkinkan distribusi air secara efektif dan efisien (Bu'u et al., 2023). Penelitian yang akan dikembangkan menempatkan pompa air sebagai komponen penting, baik dalam sistem penyiraman otomatis untuk tanaman maupun dalam pemberian pupuk cair secara otomatis. Pompa penyiraman diaktifkan berdasarkan data yang dikumpulkan dari sensor kelembapan tanah, sedangkan pompa pemberian pupuk cair bekerja otomatis sesuai jadwal yang diatur melalui *Real Time Clock (RTC)*. Pendekatan ini memastikan efisiensi dalam penyiraman dan pemberian pupuk, sekaligus mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal dengan penggunaan air dan pupuk yang lebih efektif.



Gambar 4. Pompa Air

Arduino IDE

Arduino Integrated Development Environment (IDE) adalah sebuah perangkat lunak yang dirancang untuk mempermudah pengembangan aplikasi mikrokontroler (Hamidah et al., 2023). Penelitian yang akan dikembangkan menggunakan Arduino IDE karena kemudahan dan keandalannya dalam pemrograman mikrokontroler seperti ESP32. Platform ini menyediakan akses ke berbagai library dan contoh kode yang memudahkan pengembangan serta pengujian sistem otomatisasi. Kompatibilitasnya dengan berbagai mikrokontroler, ditambah dengan dukungan komunitas yang luas, memberikan fleksibilitas yang mempermudah penyesuaian perangkat lunak sesuai kebutuhan penelitian.

Kotlin

Kotlin adalah sebuah bahasa pemrograman berbasis JAVA dan menggunakan struktur *OOP (Object Oriented Programming)* berjalan di JVM (*Java virtual Machine*) (Hidayat et al., 2023). Penggunaan kotlin dalam penelitian ini dilandasi karena Kotlin memiliki interoperabilitas penuh dengan Java, memungkinkan integrasi dengan library yang relevan tanpa kendala, sehingga sangat mendukung pengolahan data sensor dalam sistem ini. Dengan sintaks yang ringkas dan efisien, Kotlin dapat mengurangi jumlah kode yang harus ditulis, mempercepat pengembangan, serta meminimalkan potensi bug, terutama dalam aplikasi yang kompleks seperti aplikasi mobile berbasis android.

Firebase

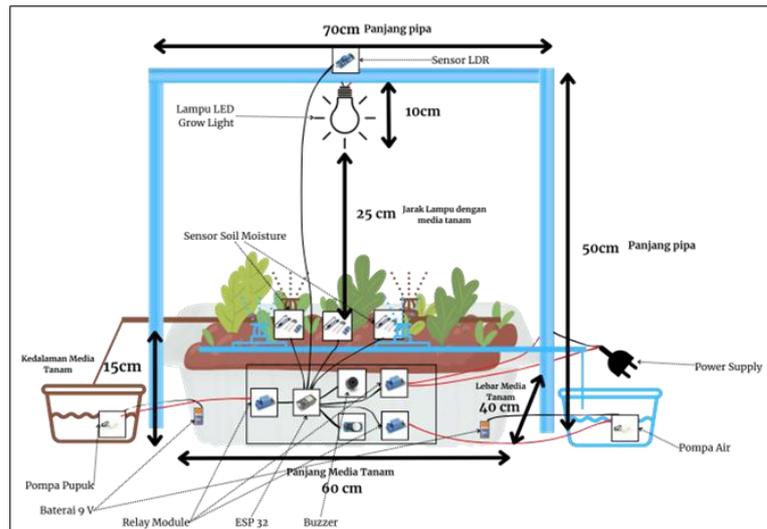
Firebase merupakan layanan online yang diciptakan oleh alphabet (Google) untuk mempermudah dan mengembangkan aplikasi. *Firebase* mempunyai salah satu layanan yang bertujuan untuk melakukan penyimpanan data yang bersifat *NoSQL* dalam bentuk data JSON (Kurniawan et al., 2021). Penelitian yang akan dikembangkan memanfaatkan *Firebase* karena fitur-fiturnya yang meliputi penyimpanan data, otentikasi pengguna, notifikasi, dan berbagai library yang mendukung integrasi dengan platform seperti Android dan iOS. Dengan *Firebase*, peneliti dapat memantau kondisi dan performa sistem melalui aplikasi, sehingga mempermudah evaluasi dan pengumpulan data secara efektif.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang peneliti lakukan masuk ke dalam kategori penelitian terapan, dimana peneliti bertujuan untuk memberikan solusi secara praktis yang dapat langsung digunakan dalam budidaya tanaman pakcoy. Peneliti melakukan pendekatan eksperimental karena melibatkan pengujian dan pengamatan secara langsung terhadap penggunaan sensor cahaya, kelembapan dan otomatisasi pemberian pupuk cair apakah berpengaruh pada pertumbuhan pakcoy dibandingkan dengan metode konvensional.

Perancangan Sistem

Sistem yang akan diciptakan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, yang menerima masukan dari data sensor serta mengirimkannya secara real-time ke cloud. Perangkat keras yang digunakan meliputi ESP32, Sensor *Light Dependent Resistor (LDR)*, Sensor kelembapan tanah, *RTC (real time clock)*, Pompa air, buzzer, pompa pupuk, lampu LED.



Gambar 5. Perancangan sistem

Gambar 5 merupakan perancangan sistem selengkapannya, akan peneliti jabarkan sebagai berikut:

1. Media atau Tempat Sistem, Alat yang diciptakan adalah wadah berbentuk balok dengan dimensi 40 cm (lebar) x 60 cm (panjang) x 22 cm (tinggi). Media yang digunakan berbahan plastik dengan kategori *High-Density Polyethylene (HDPE)*, material ini sendiri merupakan bahan plastik yang sangat kuat dan tahan lama. Bahan ini tahan terhadap suhu tinggi dan bahan kimia, sehingga cocok untuk media dalam penelitian.
2. Tinggi Media, tinggi keseluruhan terbagi menjadi dua bagian. Bagian bawah setinggi 15 cm diisi dengan media tanam berbahan cocopeat dan sekam bakar, yang merupakan media tanam yang cocok untuk tanaman pakcoy karena kemampuannya menyimpan air dan mempertahankan kelembapan. Kedalaman 15 cm ini merupakan kedalaman yang ideal untuk sistem akar tanaman pakcoy. Bagian atas setinggi 25 cm diperuntukkan sebagai ruang tumbuh dan penyiapan panen, dengan jarak yang cukup antara tanaman dan sumber cahaya (*LED*) untuk pertumbuhan optimal pakcoy yang memiliki tinggi sekitar 20-25 cm saat siap panen untuk perancangan lampu menggunakan pipa pvc dimana di kedua sisinya 50 cm dan untuk pipa bagian atas sepanjang 70 cm.
3. Jarak Antar Tanaman, pada gambar, jarak antar tanaman diatur agar tanaman memiliki ruang yang cukup untuk tumbuh tanpa terganggu oleh tanaman lain atau tepi wadah. Jarak antar tanaman, baik secara lebar maupun panjang, adalah 15 cm, sesuai dengan jarak ideal pertumbuhan pakcoy yang berkisar antara 15 cm. Jarak antara tanaman dengan tepi wadah juga diatur 7.5 cm hingga 12.5 cm untuk memberikan ruang bagi perkembangan akar dan daun.
4. Otomatisasi Irigasi, sistem ini dilengkapi dengan sensor kelembapan tanah yang akan memantau tingkat kelembapan. Otomatisasi penyiraman air dilakukan ketika kelembapan tanah turun di bawah 50%, dan penyiraman dihentikan saat kelembapan mencapai 65%. Ini mengikuti rentang kelembapan ideal untuk tanaman pakcoy, yaitu 50%-70%.

5. Otomatisasi Pemberian Pupuk Cair, sistem ini juga dilengkapi dengan otomatisasi pemberian pupuk cair organik menggunakan *RTC (Real Clock Time)*. Pupuk cair organik dengan merek X yang digunakan memiliki perbandingan campuran 2 ml pupuk untuk setiap 1 liter air, dan pemberian pupuk dilakukan sekali seminggu sebanyak 100 ml. Aliran pupuk cair juga diatur dengan pompa air kecil untuk memastikan dosis yang tepat.
6. Penyinaran dengan lampu *LED Grow Light*, penyinaran ideal untuk tanaman pakcoy dalam sistem budidaya indoor menggunakan lampu *LED grow light* adalah selama 16 jam perhari.
7. Penggunaan Sensor cahaya secara otomatis memantau kondisi pencahayaan di sekitar tanaman dan mengatur lampu *LED growlight* harus menyala atau mati. Dengan adanya sensor ini, sistem menjadi lebih efisien dalam memenuhi kebutuhan cahaya tanaman pakcoy.

Pengembangan Perangkat Lunak

Sistem dikembangkan menggunakan Arduino IDE untuk pemrograman mikrokontroler ESP32 (Hamidah et al., 2023); Bahasa pemrograman Kotlin untuk aplikasi Android yang digunakan sebagai antarmuka pengguna (Hidayat et al., 2023); Firebase sebagai platform penyimpanan cloud, notifikasi, dan integrasi aplikasi (Kurniawan et al., 2021).

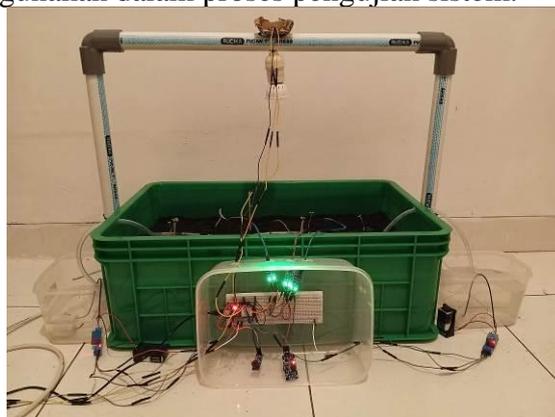
Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Komplek PU Sapta Taruna yang beralamatkan di Jl. Bina Marga Raya, Sumurbatu, Bantargebang. Sistem yang dikembangkan ditujukan untuk penggemar tanaman di perkotaan dengan keterbatasan lahan, khususnya warga Komplek PU Sapta Taruna, yang sering melakukan pembibitan skala kecil di rumah. Sistem ini dirancang untuk membantu mereka merawat tanaman pakcoy secara lebih efisien, terutama bagi yang memiliki keterbatasan waktu atau pengetahuan tentang pemantauan pertumbuhan tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tampilan Hasil Perangkat IO yang telah dirakit

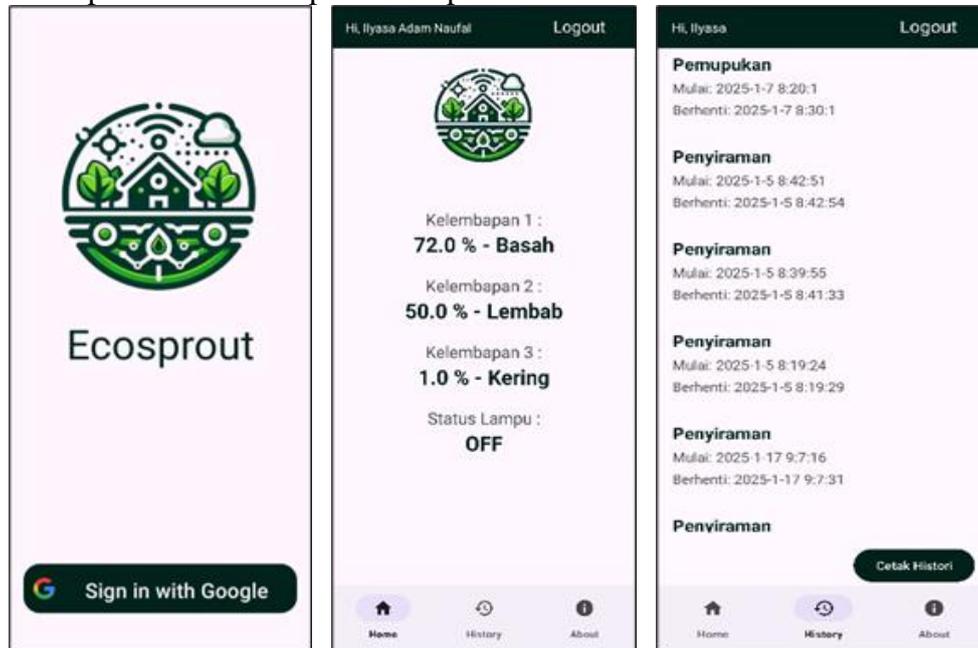
Peneliti telah melakukan perakitan dari semua sensor dan alat termasuk mikrokontroler yang telah disiapkan sebelumnya, Gambar 6 menunjukkan hasil perakitan yang siap digunakan dalam proses pengujian sistem.



Gambar 6. Tampilan Perangkat IoT yang telah dirakit

Tampilan Sistem Monitoring (Aplikasi Mobile)

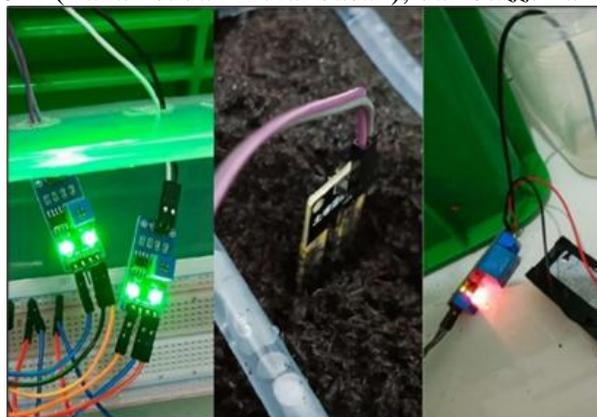
Aplikasi *mobile* yang dikembangkan untuk sistem ini memungkinkan pemantauan real-time terhadap kondisi tanaman pakcoy. Aplikasi ini memberikan notifikasi kepada warga ketika kegiatan penyiraman dan pemupukan telah dilakukan. Tampilan antarmuka aplikasi mobile dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Aplikasi

Pengujian Penyiraman Otomatis Berdasarkan *Sensor Soil Moisture*

Sistem penyiraman otomatis dikatakan bekerja dengan baik jika proses penyiraman berlangsung sesuai dengan setpoint yang telah ditentukan. Oleh karena itu, pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa penyiraman dimulai ketika sensor mendeteksi tingkat kelembapan tanah di $< 50\%$ (tanah sudah mulai kering), yang secara otomatis mengaktifkan pompa air untuk menyiram. Selain itu, *buzzer* akan menyala sebagai indikator suara selama proses penyiraman berlangsung. Pompa air akan berhenti bekerja saat sensor mendeteksi kelembapan tanah mencapai rentang yang telah ditentukan, yaitu $\leq 65\%$ (Tanah sudah mulai basah), dan *buzzer* akan berhenti berbunyi.



Gambar 8. Pengujian Sensor Kelembapan Tanah

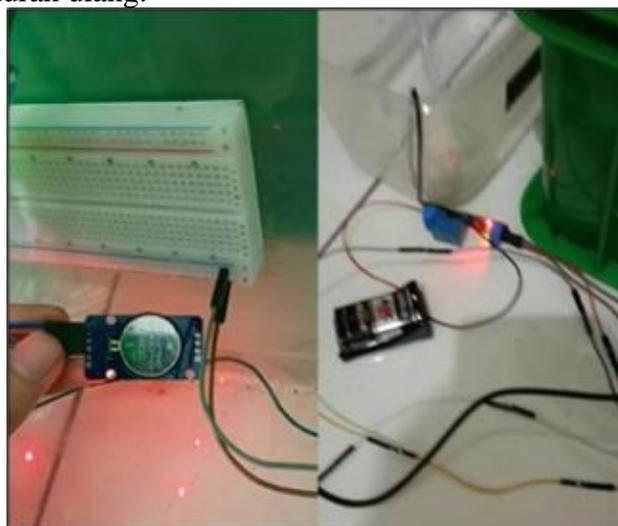
Tabel 1. Pengujian Sensor Kelembapan Tanah

No	Kadar Air di Tanah	Relay	Buzzer	Kondisi Pompa
1	30%	Hidup	Hidup	Menyala
2	40%	Hidup	Hidup	Menyala
3	45%	Hidup	Hidup	Menyala
4	50%	Mati	Mati	Tidak Menyala
5	60%	Mati	Mati	Tidak Menyala
6	70%	Mati	Mati	Tidak Menyala
7	80%	Mati	Mati	Tidak Menyala

Berdasarkan hasil pengujian Tabel 1, dapat disimpulkan sistem penyiraman otomatis pada tanaman berfungsi dengan baik. Relay bekerja sesuai dengan program yang dirancang, yaitu saat sensor soil moisture mendeteksi kelembapan tanah $< 50\%$, relay akan aktif untuk menyalakan pompa air guna melakukan penyiraman. Ketika kelembapan tanah mencapai $\leq 65\%$, relay akan mati sehingga pompa air berhenti. Selain itu, buzzer juga berfungsi dengan optimal, menyala saat penyiraman dimulai dan berhenti ketika penyiraman selesai.

Pengujian Penyiraman Otomatis Berdasarkan *Real Time Clock (RTC)*

Sistem penyiraman pupuk cair otomatis pada tanaman dikatakan berfungsi dengan baik jika proses pemupukan berlangsung sesuai *setpoint* yang telah ditentukan. Oleh karena itu, pengujian dilakukan untuk memastikan pemupukan berjalan sesuai jadwal yang telah diatur. Pemupukan akan dimulai secara otomatis saat hari dan waktu yang telah diatur pada program tercapai, dengan frekuensi pemupukan satu kali seminggu dan berlanjut secara otomatis pada minggu-minggu berikutnya tanpa memerlukan pengaturan ulang.



Gambar 9. Pengujian Pemberian Pupuk Cair Otomatis

Selain itu, *buzzer* ditambahkan untuk memberikan indikator suara bahwa proses pemupukan sedang berlangsung. *Buzzer* akan menyala saat pompa aktif untuk memberikan pupuk cair pada tanaman, memberikan tanda kepada pengguna bahwa pemupukan sedang dilakukan. *Buzzer* akan berhenti berbunyi ketika proses pemupukan selesai dan pompa berhenti, menandakan bahwa pemberian pupuk telah selesai sesuai dengan jadwal yang ditetapkan.

Tabel 2. Pengujian Pemberian Pupuk Cair Otomatis

No	Hari/ Tanggal	Waktu	Relay	Buzzer	Kondisi Pompa
1	Sabtu, 8 February 2025	8:00	Hidup	Hidup	Menyala
2	Sabtu, 15 February 2025	8:00	Hidup	Hidup	Menyala
3	Sabtu, 22 February 2025	8:00	Hidup	Hidup	Menyala

Penyiraman pupuk cair akan dimulai secara otomatis sesuai dengan hari dan waktu yang telah diatur sebelumnya dalam program sebagai contoh jadwal Tabel 2. Secara umum, proses penyiraman pupuk cair dilakukan satu kali dalam seminggu dan akan terus berlanjut secara otomatis pada minggu-minggu berikutnya tanpa memerlukan pengaturan ulang program. Sistem penyiraman pupuk cair pada alat ini berfungsi dengan baik dan bekerja sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan dalam program. Selain itu, *buzzer* juga berfungsi optimal, menyala saat proses pemberian pupuk cair dimulai dan berhenti setelah pemberian pupuk cair selesai.

Pengujian Pencahayaan Otomatis Berdasarkan Sensor *Light Dependent Resistor (LDR)*

Sistem pencahayaan otomatis dikatakan berfungsi dengan baik apabila proses pencahayaan berjalan sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa pencahayaan aktif sesuai *setpoint*, yaitu lampu LED *grow light* akan menyala secara otomatis ketika sensor mendeteksi tingkat intensitas cahaya <60%. Sebaliknya, lampu LED *grow light* akan mati jika sensor mendeteksi tingkat intensitas cahaya > 60%.



Gambar 10. Pengujian Pencahayaan Otomatis

Tabel 3. Pengujian Pencahayaan Otomatis

No	Kadar Cahaya Sekitar	Relay	Kondisi Lampu
1	10%	Hidup	Menyala
2	20%	Hidup	Menyala
3	30%	Hidup	Menyala
4	40%	Hidup	Menyala
5	50%	Hidup	Menyala
6	60%	Mati	Tidak Menyala
7	70%	Mati	Tidak Menyala

Berdasarkan hasil pengujian Tabel 3, dapat disimpulkan sistem pencahayaan otomatis pada tanaman berfungsi dengan baik. Relay bekerja sesuai dengan program yang telah dirancang, yaitu saat sensor *Light Dependent Resistor (LDR)* mendeteksi intensitas cahaya $< 60\%$, relay akan aktif untuk menyalakan lampu *LED grow light*. Sebaliknya, ketika intensitas cahaya melebihi 60% , relay akan mati dan mematikan lampu *LED grow light*.

Hasil Pengujian Keberhasilan Sistem pada Pertumbuhan Pakcoy

Sistem yang dikembangkan dianggap berhasil jika mampu mendukung pertumbuhan batang, jumlah helai daun, dan warna tanaman pakcoy secara optimal. Oleh karena itu, pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat memberikan kondisi yang mendukung perkembangan pakcoy selama masa pertumbuhannya.

Tabel 4. Pengujian Keberhasilan Sistem Pada Pertumbuhan Pakcoy

No	Hari ke-	Rata- Rata Tinggi Batang (cm)	Rata- Rata Diameter Batang (mm)	Rata - Rata Jumlah Helai Daun	Warna Tanaman
1	7	3,94	0,9	1,46	Hijau
2	14	6,81	1,49	2,8	Hijau
3	21	10,2	1,84	4,16	Hijau

Berdasarkan Tabel 4 pengujian di atas, dapat disimpulkan bahwa sistem berhasil mendukung pertumbuhan batang pakcoy secara optimal. Hal ini terlihat dari pertumbuhan batang yang konsisten mulai dari hari ke-7 hingga hari ke-21 dengan rata-rata pertumbuhan tinggi batang sebesar 3,13 cm per minggu. Pada hari ke-21, tinggi rata-rata tanaman mencapai 10,2 cm, yang menunjukkan bahwa sistem mendukung pertumbuhan batang secara stabil. Indikator lain, yaitu diameter batang, juga menunjukkan hasil yang baik. Rata-rata diameter batang pada hari ke-21 adalah 1,84 mm, yang mengindikasikan bahwa sistem mendukung pertumbuhan batang bibit yang kuat dan kokoh. Jumlah helai daun juga menunjukkan perkembangan yang optimal. Rata-rata jumlah helai daun yang tumbuh pada seluruh sampel adalah sebanyak 4,16 helai pada hari ke-21, yang mengindikasikan bahwa sistem berhasil memberikan dukungan yang baik untuk pertumbuhan daun selama masa penyemaian. Selain itu, warna pakcoy yang diamati pada periode panen menunjukkan hasil yang baik, yaitu seluruh sampel berwarna hijau. Warna hijau ini mengindikasikan bahwa pemberian pencahayaan menggunakan *LED Grow light* telah berjalan dengan baik dan mendukung pertumbuhan tanaman yang sehat. Dengan demikian, sistem pencahayaan yang dirancang berhasil memberikan intensitas cahaya yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan pakcoy secara optimal.

Modifikasi atau Optimalisasi dari Sistem Terdahulu

Penelitian ini melakukan sejumlah modifikasi dan penyempurnaan, salah satunya adalah dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32. Mikrokontroler ini memiliki kecepatan pemrosesan yang lebih tinggi serta koneksi Wi-Fi yang lebih andal dibandingkan dengan ESP8266 yang digunakan pada penelitian sebelumnya. Dengan ESP32, sistem menjadi lebih efisien dan responsif.

Pada sistem pencahayaan, digunakan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) untuk mengontrol nyala lampu *LED Grow Light*, memastikan lampu hanya menyala

sesuai kebutuhan berdasarkan pengaturan durasi yang diatur oleh *RTC (Real Time Clock)*. Dengan *RTC*, durasi pencahayaan dapat diatur secara otomatis, sehingga penggunaan energi lebih efisien, mengurangi pemborosan, dan memberikan pencahayaan optimal untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

Sistem pemberian pupuk cair juga diintegrasikan dengan *RTC (Real Time Clock)*, memungkinkan pemupukan dilakukan secara otomatis pada waktu yang telah ditentukan, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman secara maksimal. Pada sistem penyiraman, penelitian ini menggunakan sensor kelembapan tanah tipe resistif. Sensor ini dipilih karena lebih ekonomis tetapi tetap efektif dalam mendeteksi kadar kelembapan tanah, sehingga dapat mengaktifkan penyiraman otomatis dengan tepat waktu dan efisien.

PENUTUP

Simpulan

Alat yang dirancang menggunakan sensor *soil moisture* yang dapat mendeteksi kelembapan tanah sehingga dapat melakukan penyiraman otomatis berdasarkan *setpoint* yang telah dibuat sebelumnya, sensor *Light Dependent Resistor* yang dapat mendeteksi intensitas cahaya disekitar sehingga dapat mengatur pencahayaan otomatis berdasarkan *setpoint* yang telah dibuat sebelumnya, *RTC (Real Time Clock)* digunakan sebagai penjadwalan pencahayaan dan pemberian pupuk otomatis, semua hal tersebut bekerja secara akurat dan tepat waktu. Informasi ini ditampilkan melalui antarmuka aplikasi yang dirancang dengan jelas, memungkinkan warga untuk memonitor kelembapan tanah dan kondisi lampu secara *real-time* untuk meminimalkan kesalahan dalam pengelolaan pertumbuhan tanaman pakcoy.

Dari pengembangan sistem yang sudah dilakukan, didapatkan hasil berupa peningkatan yang mendukung efisiensi pertanian dalam skala kecil, khususnya dalam penanaman tanaman sayur pakcoy. Hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan sistem yang dilakukan telah berhasil diimplementasikan. Keberhasilan ini didukung atas hasil pengukuran indikator tanaman pakcoy yang ditandai dengan pertumbuhan yang baik, meliputi tinggi rata-rata tanaman yang berhasil mencapai 10,2 cm pada hari ke-21, dengan diameter rata-rata tanaman 1,84 mm, jumlah daun rata-rata tanaman 4,16 helai, pertumbuhan daun yang lebat, dan warna hijau yang mengindikasikan bahwa pertumbuhan pakcoy mengalami pertumbuhan yang optimal dan sehat.

Saran

Peneliti menyadari adanya beberapa kekurangan pada alat tersebut dan memberikan saran serta rekomendasi untuk perbaikan dan implementasi yang lebih baik di masa depan dengan menambahkan beberapa sensor untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi sistem, seperti, sensor *DHT22* untuk memantau suhu dan kelembapan, sensor *ultrasonik* untuk mengukur ketinggian air, sensor *GY-49 Lux* untuk intensitas cahaya, serta sensor pH tanah dan NPK untuk memantau kondisi tanah. Selain itu, gunakan lampu *LED grow light* yang lebih bagus dan tambahkan jumlah lebih banyak. Penambahan ini meningkatkan akurasi sistem dan mendukung hasil panen yang optimal. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan menguji sistem modifikasi pada berbagai tanaman, menyesuaikannya dengan kebutuhan spesifik agar lebih fleksibel dan luas penerapannya

REFERENSI

- Bu'u, K. S., Nachrowie, N., & Sonalitha, E. (2023). Monitoring Kualitas Air Pada Aquarium Berbasis Internet of Things (IoT). *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(2), 184–190. <https://doi.org/10.56211/Blendsains.V2i2.321>
- Desmira, D. (2022). Aplikasi Sensor LDR (Light Dependent Resistor) Untuk Efisiensi Energi Pada Lampu Penerangan Jalan Umum. *Prosisko: Jurnal Pengembangan Riset Dan Observasi Sistem Komputer*, 9(1), 21–29. <https://doi.org/10.30656/Prosisko.V9i1.4465>
- Dewi, I. Rusmala, Ramadhan., F., & Cardo, A. (2024). Sistem Pemantau Kelembapan Udara Dan Tanah Untuk Tanaman Hidroponik Pakcoy Di Greenhouse Berbasis Internet of Things (IoT). *Journal Informatika & Komputasi*, 18(1), 1–7.
- Elisabeth, H., Wowor, Rantung, V. P., & Santa, K. (2024). Sistem Kontrol Kualitas Air Berbasis Internet Of Things Menggunakan Metode Prototype Di Desa Pinapalangkow. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4, 14529–14540.
- Hamidah, M. N., Safitri, N. I., Akbar, D. W., Uly, O. S. I., & Kurnianto, D. (2023). Prototype Sistem Monitoring Nutrisi Dan Tingkat Ph Air Pada Budidaya Hidroponik Sayur Pakcoy Menggunakan Teknologi Internet Of Things (Iot). *Elektron : Jurnal Ilmiah*, 15, 13–20. <https://doi.org/10.30630/Eji.15.1.336>
- Hidayat, A. T., Rio, R., & Santosa, I. G. O. (2023). Membershiplication Berbasis Android Dengan Penerapan Kotlin Programming Language Di Wijaya Fitness Center (Wfc). *Jusim (Jurnal Sistem Informasi Musirawas)*, 8(1), 8–15. <https://doi.org/10.32767/Jusim.V8i1.1952>
- Kementerian Pertanian. (2022). Direktorat Jenderal Hortikultura. *Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Hortikultura Tahun*, 53(9), 1689–1699. <https://Hortikultura.Pertanian.Go.Id/Wp-Content/Uploads/2021/07/Lakin-Horti-2017-1.Pdf>
- Kurniawan, T., Samsudin, S., & Triase, T. (2021). Implementasi Layanan Firebase Pada Pengembangan Aplikasi Sewa Sarana Olahraga Berbasis Android. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 6(1), 13. <https://doi.org/10.32493/Informatika.V6i1.10270>
- Lisdayani, Harahap, F. S., & Sari, P. M. (2019). Respons Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Pakcoy (Brassica Rapa L.) Terhadap Penggunaan Pupuk Organik Cair Nasa. *Jurnal Pertanian Tropik*, 6(2), 222–226.
- Putri, R., Fauzia, W., & Cherie, D. (2023). Monitoring And Control System Development On IoT-Based Aeroponic Growth of Pakcoy (Brassica Rapa L.). *Jurnal Keteknik Pertanian*, 11(2), 222–239. <https://doi.org/10.19028/Jtep.011.2.222-239>
- Rahardjo, P. (2021). Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Rtc (Real Time Clock) Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pada Tanaman Mangga Harum Manis Buleleng Bali. *Jurnal Spektrum*, 8(1), 143. <https://doi.org/10.24843/Spektrum.2021.V08.I01.P16>
- Rahmatullah, Z. U. (2023). The Rancangan Bangun Alat Perawatan Dan Pemberian Nutrisi Otomatis Pada Tanaman Pakcoy Hidroponik Berbasis Iot Menggunakan Fuzzy Logic Control. *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali Dan Elektronika Terapan*, 11(1), 63–73. <https://doi.org/10.34010/Telekontran.V11i1.9942>



Syawari, M. Y. A., Wahyu Putri, D., & Hartono. (2024). Sistem Smart Farming Untuk Mewujudkan Pertanian Indonesia Maju, Mandiri, Dan Modern. *Sienna*, 5(2), 142–152. <https://doi.org/10.47637/Sienna.V5i2.1640>