



Rancang Bangun Alat Penyiraman Cabai dalam Sistem Irigasi Berbasis IoT

Muhammad Rizky^{1*}, Syarifah Aini², Meilyana Winda Perdana³

Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang, Jl. Jendral A. Yani, Kel. 13 Ulu, Seberang Ulu II, Palembang, Indonesia 30263.
Email Korespondensi: muhmmadrizky300924@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya produktivitas cabai (*Capsicum annuum L.*) di Indonesia akibat sistem irigasi yang masih dilakukan secara manual dan kurang efisien. Kondisi tersebut menimbulkan kebutuhan akan inovasi teknologi yang dapat mengotomatisasi proses penyiraman untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat penyiraman cabai berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan metode prototyping. Sistem yang dikembangkan terdiri atas mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, motor DC gearbox untuk pergerakan, relay sebagai pengendali aliran listrik, dan pompa air celup 12V sebagai penyiram utama yang dioperasikan melalui aplikasi Blynk IoT pada smartphone. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat dapat bergerak ke berbagai arah dan melakukan penyiraman secara otomatis, meskipun debit air masih terbatas akibat keterbatasan daya. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan IoT pada sistem irigasi mampu meningkatkan efisiensi waktu, tenaga, dan produktivitas dalam budidaya cabai, serta menjadi solusi alternatif terhadap permasalahan irigasi manual yang selama ini menjadi kendala utama petani.

Kata kunci: Internet of Things; ESP32; Blynk IoT; Sistem Irigasi Cabai.

Design and Construction of a Chili Watering Device in an IoT-Based Irrigation System

Abstract

*This study was motivated by the low productivity of chili (*Capsicum annuum L.*) in Indonesia, which is largely caused by inefficient and manually operated irrigation systems. This condition highlights the need for technological innovation to automate the watering process, thereby improving efficiency and reducing reliance on human labor. Therefore, this research aims to design and develop an IoT-based chili watering device using the prototyping method. The system utilizes an ESP32 microcontroller as the control center, a DC gearbox motor for movement, a relay for power control, and a 12V submersible pump as the main watering mechanism, all operated through the Blynk IoT smartphone application. The test results indicate that the device can move in multiple directions and perform watering automatically, although water flow remains limited due to power constraints. The implications of this study demonstrate that the application of IoT in irrigation systems can enhance time efficiency, reduce labor dependency, and improve productivity in chili cultivation, offering an effective solution to the limitations of conventional manual irrigation.*

Keywords: Internet of Things; ESP32; Blynk IoT; Chili Irrigation System.

How to Cite: Rizky, M., Aini, S., & Perdana, M. W. (2025). Rancang Bangun Alat Penyiraman Cabai dalam Sistem Irigasi Berbasis IoT. *Empiricism Journal*, 6(3), 1487–1497. <https://doi.org/10.36312/ej.v6i3.3790>



<https://doi.org/10.36312/ej.v6i3.3790>

Copyright© 2025, Rizky et al.

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Cabai (*Capsicum annuum L.*) termasuk genus *Capsicum* dan merupakan tanaman perdu yang dikenal luas karena cita rasa pedas akibat kandungan capsaicin. Sebagai komoditas hortikultura bernilai tinggi, cabai memainkan peran strategis dalam perekonomian rumah tangga petani dan ketahanan pangan, mengingat permintaan pasar domestik yang terus meningkat baik untuk konsumsi segar maupun olahan (Kusmana et al., 2018; Alamsyah, 2021). Selain aspek ekonominya, cabai juga memiliki kandungan gizi seperti kalori, protein, lemak, karbohidrat, serta vitamin A, B1, dan C yang menjadikannya penting dalam pola konsumsi sayur masyarakat (Prasetyo & Agustinur, 2022). Namun demikian, kinerja usaha tani cabai masih dihadapkan pada fluktuasi harga, risiko produksi, dan variasi produktivitas antardaerah, sehingga inovasi budidaya yang meningkatkan efisiensi dan stabilitas hasil menjadi semakin urgen.

Produktivitas cabai di tingkat petani bervariasi dipengaruhi oleh faktor varietas, teknik budi daya, hama-penyakit, serta manajemen air. Di beberapa wilayah, produktivitas rata-rata dilaporkan masih rendah (sekitar 6,7 ton/ha) sehingga belum mencerminkan potensi agronomisnya (Aziz et al., 2024). Studi lain menunjukkan rentang produktivitas dapat meningkat ketika praktik budi daya diperbaiki; laporan agronomis nasional menyebutkan capaian 8,8–10,8 ton/ha pada sistem pengelolaan yang lebih intensif, bahkan varietas tertentu seperti Lembang-1 dapat mencapai sekitar 11 ton/ha (Susila et al., 2023; Suparwoto et al., 2021). Penerapan teknik modern misalnya irigasi tetes, pemupukan organik/berimbang, serta penggunaan varietas unggul telah terbukti berkontribusi pada peningkatan hasil (Selvia et al., 2024; Yuniati et al., 2024; Aminah et al., 2022). Namun adopsinya di tingkat petani kecil masih terkendala oleh pembiayaan, akses teknologi, dan pengetahuan teknis, sehingga kesenjangan kinerja tetap nyata di lapangan.

Dimensi ekonomi komoditas cabai juga relevan dalam memformulasikan solusi teknis. Nilai jual cabai sangat sensitif terhadap musim, kualitas, dan dinamika permintaan, yang pada gilirannya memengaruhi pendapatan petani serta indikator kesejahteraan seperti nilai tukar petani (NTP). Penelitian di beberapa sentra menunjukkan bahwa cabai merah keriting berpotensi menghasilkan pendapatan yang tinggi bagi petani yang mengelola usahatani secara efektif (Jumaguni et al., 2024; Wehfany et al., 2022). Karena itu, peningkatan efisiensi produksi khususnya pada faktor pembatas utama seperti air menjadi kunci untuk menekan biaya, mempertahankan kualitas, dan menstabilkan margin keuntungan (Sa'diyah et al., 2024; Hamjaya et al., 2022). Seiring meningkatnya tantangan lingkungan (perubahan iklim, anomali cuaca, dan dinamika serangan organisme pengganggu tanaman), agenda intensifikasi berkelanjutan melalui teknologi tepat guna semakin mendesak (Moekasan et al., 2016; Rusdan et al., 2023).

Air merupakan faktor pembatas paling kritis dalam budi daya cabai di iklim tropis lembap. Sistem penyiraman yang efektif diperlukan untuk menjaga kelembapan tanah pada zona perakaran, mendukung penyerapan hara, dan mengoptimalkan proses fisiologis tanaman. Praktik penyiraman manual yang masih dominan di banyak kebun kecil membutuhkan tenaga kerja besar dan waktu lama, dengan konsistensi aplikasi air yang sering kali tidak seragam. Ketidakefisienan ini meningkatkan risiko kekeringan pada musim kemarau serta genangan pada musim hujan, yang berujung pada stres tanaman dan kehilangan hasil (Mediawan, 2018; Anugrah et al., 2021). Di sisi lain, pemanfaatan teknologi irigasi yang terukur dan responsif baik dari sisi volume, waktu, maupun frekuensi dapat mengurangi variabilitas kelembapan tanah, memperbaiki efisiensi penggunaan air, dan menstabilkan hasil.

Sensitivitas *Capsicum annuum* terhadap kelembapan tanah telah banyak dilaporkan dalam kajian fisiologi tanaman. Ketersediaan air memengaruhi pembukaan stomata, laju transpirasi, difusi CO₂, dan pada akhirnya laju fotosintesis serta pertumbuhan biomassa. Pengaturan stomata yang tidak optimal dalam kondisi defisit maupun kelebihan air berujung pada gangguan metabolisme, penurunan luas daun efektif, dan peningkatan aborsi bunga/fruit set yang rendah (Nurhaya et al., 2022; Pratama et al., 2023). Karena itu, penentuan ambang kelembapan tanah yang sesuai fase pertumbuhan mulai dari vegetatif hingga generatif menjadi prasyarat penting bagi strategi irigasi yang efisien. Dalam konteks praktik lapang, pemahaman tentang dinamika kelembapan antar-lapisan tanah serta peran mulsa, tekstur tanah, dan suhu udara perlu diintegrasikan ke dalam pengambilan keputusan penyiraman.

Sejumlah penelitian eksperimental menegaskan bahwa stres air berdampak nyata terhadap pertumbuhan dan kualitas buah cabai. Pengurangan irigasi hingga ±40% dari kebutuhan optimal dilaporkan menurunkan hasil dan mengubah komposisi makro-hara pada beberapa genotipe, menunjukkan kepekaan genetik terhadap defisit air (Ntanasi et al., 2025). Kajian lain menyoroti bahwa waterlogging pada fase kritis juga menurunkan produktivitas dan meningkatkan kejadian penyakit akar (Fernández-Zambrano et al., 2022). Sebaliknya, penerapan irigasi tetes ketika dirancang dengan jadwal berbasis kebutuhan air tanaman terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan air (water use efficiency/WUE) dan mempertahankan hasil di tengah fluktuasi kelembapan (Kumar et al., 2025; Rekha et al., 2017). Teknik pendukung seperti penjadwalan irigasi berbasis fase tumbuh, pengaturan debit, dan pemanfaatan mulsa plastik berwarna untuk memoderasi suhu/kelembapan tanah, dilaporkan memperbaiki respons fisiologis dan menekan stres (Sagar & Singh, 2022; Verema et al., 2024; Laulina et al., 2019; Rameshwaran et al., 2016). Perspektif keberlanjutan juga

menuntut strategi adaptasi yang meningkatkan toleransi tanaman terhadap variabilitas pasokan air, terutama pada skenario perubahan iklim (Kalpana & Vrinda, 2023).

Dalam dekade terakhir, Internet of Things (IoT) muncul sebagai pendekatan kunci untuk memoderasi ketidakpastian pasokan air melalui pemantauan dan kontrol irigasi secara waktu nyata. IoT memungkinkan integrasi sensor (misalnya kelembapan tanah), perangkat kendali (mikrokontroler/aktuator), koneksi nirkabel, dan aplikasi seluler/komputasi awan untuk pengambilan keputusan yang lebih cepat, akurat, dan terdokumentasi. Dalam praktiknya, sistem IoT irigasi memungkinkan penyiraman otomatis maupun semi-otomatis berbasis ambang, serta kendali jarak jauh bila diperlukan. Beberapa studi menunjukkan potensi penghematan air dan efisiensi kerja yang substansial dibandingkan praktik manual (Selay et al., 2022). Di sisi platform, ESP32 banyak digunakan karena ketersediaan Wi-Fi/Bluetooth terintegrasi, konsumsi daya relatif rendah, dan dukungan ekosistem pengembangan yang luas; integrasinya dengan aplikasi seluler seperti Blynk memudahkan antarmuka pengguna untuk pemantauan dan kontrol pompa/katup berbasis relay (Nizam et al., 2022).

Meski demikian, sebagian implementasi IoT irigasi yang dilaporkan di literatur masih menargetkan lahan berskala besar atau sistem tetes permanen pada kebun yang telah tertata rapi. Konteks petani kecil di Indonesia menghadirkan tantangan berbeda: distribusi jaringan air yang belum standar, patch kerja yang sempit dan heterogen, keterbatasan sumber daya listrik, serta kebutuhan mobilitas peralatan. Aspek biaya awal, kemudahan perawatan, ketersediaan komponen lokal, dan keandalan koneksi juga berpengaruh terhadap adopsi. Banyak sistem pintar memfokuskan pada pemantauan, tetapi belum mengutamakan desain perangkat penyiraman yang portabel/bergerak dan mudah dikonfigurasi ulang untuk berbagai petak lahan pada satu kebun kecil. Di sisi lain, kajian teknis soal kompromi antara daya motor penggerak, debit pompa 12 V, dan durasi operasi baterai masih relatif jarang dibahas dalam konteks *use case* petani kecil. Kesenjangan inilah yang membuka ruang pengembangan sistem irigasi berbasis IoT yang lebih sesuai konteks.

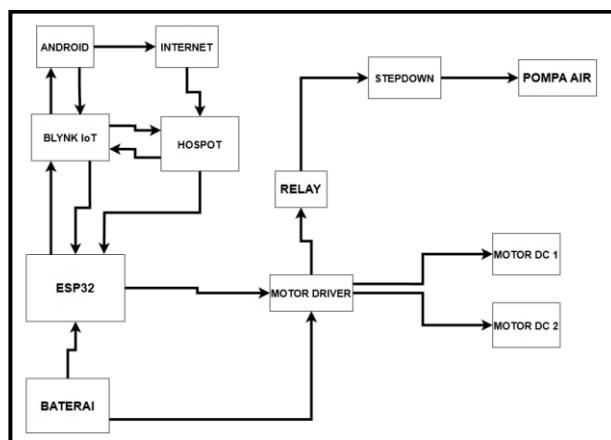
Salah satu solusi modern yang dapat diterapkan ialah sistem irigasi berbasis Internet of Things (IoT). Teknologi ini memungkinkan proses penyiraman dilakukan secara otomatis dengan kontrol jarak jauh melalui perangkat yang terhubung ke internet. Penerapan IoT membantu petani memantau kondisi lahan dan mengatur penyiraman tanpa harus berada di lokasi, sehingga efisiensi waktu dan tenaga dapat meningkat (Selay et al., 2022). Meskipun demikian, sebagian besar sistem irigasi otomatis yang sudah ada masih berfokus pada lahan skala besar dan belum banyak dikembangkan untuk lahan cabai berskala kecil atau menengah. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan (research gap) dalam penerapan IoT pada sistem irigasi tanaman cabai yang lebih adaptif terhadap kebutuhan petani kecil.

Penelitian ini hadir untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan merancang dan membangun alat penyiraman cabai berbasis IoT yang sederhana, hemat energi, dan mudah dioperasikan oleh petani. Alat ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, yang berfungsi menerima perintah dari aplikasi Blynk IoT melalui koneksi internet. Sistem ini dilengkapi dengan motor DC gearbox untuk pergerakan, relay sebagai pengendali aliran listrik, dan pompa air celup 12V sebagai penyiram utama. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan alat penyiraman otomatis yang dapat meningkatkan efisiensi penyiraman, mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia, serta membantu petani cabai dalam meningkatkan produktivitas lahan mereka melalui penerapan teknologi IoT yang praktis dan terjangkau.

METODE

Desain dan Implementasi Sistem

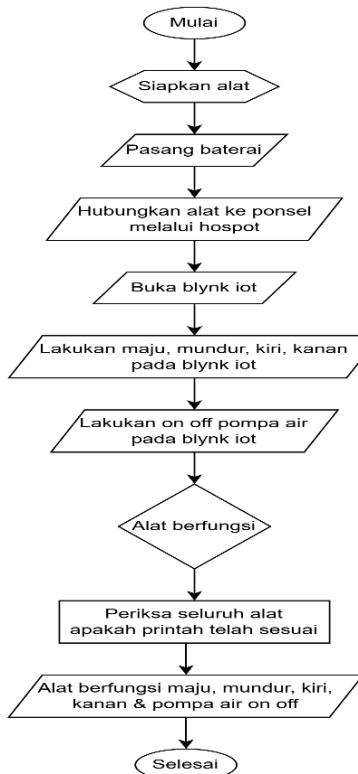
Desain penelitian ini bersifat eksperimental (prototipe) dengan pendekatan rekayasa teknologi. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas sistem dalam memonitoring kelembaban dan keasaman tanah berdasarkan data yang diperoleh dari sensor dan akan ditampilkan pada layar LCD. Untuk memvisualisasikan aktivitas dalam sistem. Diagram ini membantu memahami alur kerja sistem yang akan dikembangkan. Gambar 1 menampakkan Diagram Blok dari sistem yang diusulkan, memberikan gambaran komprehensif tentang komponen dan interaksinya dalam sistem.



Gambar 1. Diagram Blok

Flowchart Penelitian

Representasi visual yang menggambarkan langkah-langkah proses atau algoritma memakai simbol-simbol grafis yang dihubungkan dengan panah (Alfathan, 2023). Gambar 2 menampakkan diagram alir penelitian atau *Flowchart*.



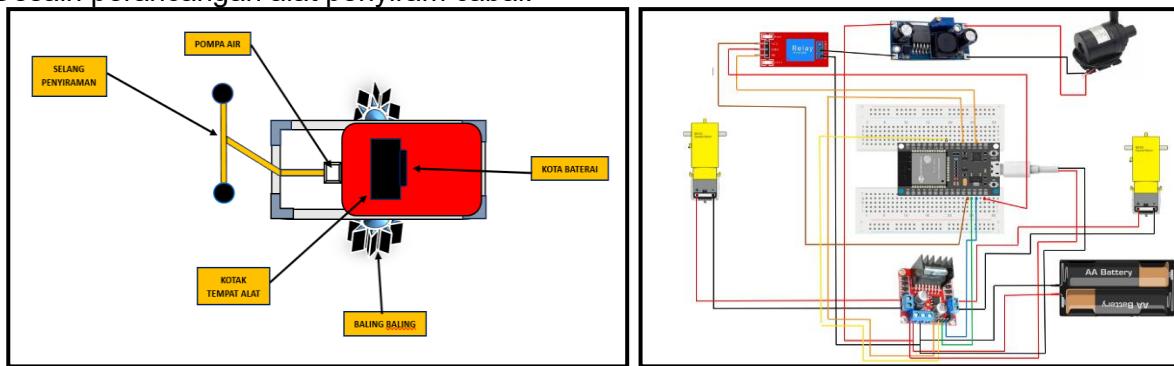
Gambar 2. Flowchart

Tahapan penelitian Rancang Bangun Alat Penyiraman Cabai Dalam Sistem Irrigasi Berbasis IoT meliputi:

1. Persiapan Alat: Menyiapkan alat yang telah dibuat guna pengujian.
2. Pemasangan Baterai: Memasang baterai dan memastikan alat dapat menyala.
3. Koneksi ke Ponsel: Menghubungkan alat ke ponsel melalui hotspot.
4. Akses Aplikasi: Membuka aplikasi *Blynk IoT* yang telah dikonfigurasi.
5. Uji Pergerakan: Menguji perintah maju, mundur, kiri, dan kanan melalui *Blynk IoT*.
6. Uji Pompa Air: Menguji fungsi on/off pompa air melalui *Blynk IoT*.
7. Verifikasi Fungsi: Memastikan alat berfungsi sesuai rancangan.
8. Pemeriksaan Menyeluruh: Memeriksa seluruh komponen dan memastikan perintah berjalan sesuai.
9. Konfirmasi Fungsi: Memastikan alat dapat bergerak maju, mundur, kiri, kanan, serta mengaktifkan dan menonaktifkan pompa air.

Rangkaian Awal

Desain perancangan alat penyiram cabai.



Gambar 3. Desain Perancangan Alat

Sistem penyiraman cabai otomatis berbasis IoT terdiri dari beberapa komponen utama:

1. ESP32 sebagai mikrokontroler pusat, terhubung ke pengendali motor via USB dan GND
2. Pengendali motor mengatur motor DC gearbox guna gerakan presisi
3. Relay mengontrol aliran listrik ke pompa air
4. Penurun tegangan menurunkan voltase aki 12V guna pompa air
5. Pompa air menyiram tanaman, mendapat daya dari penurun tegangan
6. Aki 12V sebagai sumber energi utama, terhubung ke pengendali motor

Konfigurasi ini memungkinkan kontrol gerakan dan penyiraman yang efisien melalui distribusi daya yang optimal ke seluruh komponen sistem.

Rancangan jalur komponen alat penyiram cabai

Tabel 1. Jalur Komponen

No	Komponen	Jalur
1	ESP32	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sambungkan + Micro Usb ke 12V Motor driver 2. Sambungkan - Micro Usb ke GND Motor driver
2	Motor diver	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sambungkan pin OUT 1 ke + Motor dc gearbox bagian kiri 2. Sambungkan pin OUT 2 ke - Motor dc gearbox bagian kiri 3. Sambungkan pin OUT 4 ke + Motor dc gearbox bagian kanan 4. Sambungkan pin OUT 3 ke - Motor dc gearbox bagian kanan 5. Sambungkan IN 1 ke D4 ESP32 6. Sambungkan IN 2 ke D5 ESP32 7. Sambungkan IN 3 ke D12 ESP32 8. Sambungkan IN 4 ke D13 ESP32 9. Sambungkan pin 12V ke + Baterai 10. Sambungkan pin GND ke - Baterai 11. Sambungkan pin 12V ke + ESP32 12. Sambungkan pin GND ke – ESP32 13. Sambungkan pin 12V ke + IN Stepdown 14. Sambungkan pin GND ke NO Relay
3	Relay	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sambungkan pin - ke GND ESP32. 2. Sambungkan pin + ke D14 ESP32. 3. Sambungkan pin S ke VIN ESP32. 4. Sambungkan pin NO ke GND Motor driver 5. Sambungkan pin COM ke - IN Stepdown
4	Motor dc gearbox	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sambungkan + ke pin OUT 1 Motor driver 2. Sambungkan - ke pin OUT 2 Motor driver 3. Sambungkan + ke pin OUT 4 Motor driver 4. Sambungkan - ke pin OUT 3 Motor driver
5	Stepdown	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sambungkan IN- ke pin COM Relay 2. Sambungkan IN+ ke 12V Motor driver

No	Komponen	Jalur
6	Pompa Air	3. Sambungkan OUT- ke - Pompa air 4. Sambungkan OUT+ ke + Pompa air 1. Sambungkan - Pompa air ke Out - <i>Stepdown</i> 2. Sambungkan + Pompa air ke Out + <i>Stepdown</i>
7	Baterai	1. Sambungkan + ke 12V Motor <i>driver</i> 2. Sambungkan – ke GND Motor <i>driver</i>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan Tampilan Alat Penyiraman Cabai

Alat penyiraman cabai berbasis IoT yang dirancang ini menunjukkan kemampuan bergerak ke berbagai arah dan dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk IoT. Dibandingkan dengan sistem irigasi manual yang masih banyak digunakan petani, alat ini menawarkan efisiensi waktu dan tenaga yang jauh lebih baik karena penyiraman dapat dilakukan tanpa kehadiran langsung di lahan. Hal ini sejalan dengan temuan Selay et al. (2022) dan Rajela & Sahbar (2021) yang menunjukkan bahwa penerapan IoT dalam sistem irigasi mampu menghemat air hingga 40% serta mempercepat proses penyiraman. Dari hasil pengujian, kendala utama alat terletak pada debit air yang belum optimal akibat pembagian daya yang tidak seimbang antara motor DC gearbox dan pompa air. Pemisahan sumber daya diusulkan sebagai solusi untuk meningkatkan performa pompa.

Secara keseluruhan, kelebihan alat ini terletak pada kemudahan operasional, desain sederhana, serta kemampuan kontrol jarak jauh yang efisien dan hemat biaya. Namun, kelemahannya adalah belum adanya sensor kelembapan tanah yang dapat menyesuaikan penyiraman secara otomatis sesuai kebutuhan tanaman, serta keterbatasan daya yang masih perlu dioptimalkan. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat potensi penerapan IoT dalam pertanian presisi, khususnya dalam peningkatan efisiensi irigasi tanaman cabai, serta membuka peluang untuk pengembangan sistem yang lebih cerdas dan hemat energi di masa depan. Visualisasi alat dari berbagai sudut pandang disajikan dalam Gambar 4 berikut



Tampilan Alat Dari Sisi Kanan



Tampilan Alat Dari Sisi Kiri



Tampilan Alat Dari Sisi Depan

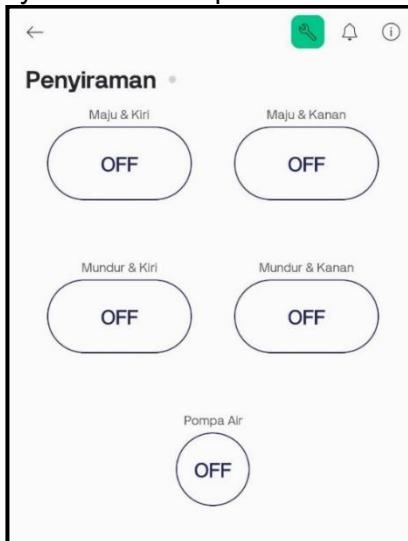


Tampilan Alat Dari Sisi Belakang

Gambar 4. Tampilan Rancangan Alat Alat penyiraman cabai berbasis IoT

Hasil Rancangan Blynk IoT di Smartphone

Antarmuka *Blynk* IoT di *Smartphone* ialah elemen krusial dari sistem ini. Aplikasi ini memungkinkan petani melakukan penyiraman dari jarak jauh tanpa perlu turun ke lahan, meningkatkan efisiensi dan kenyamanan. Tampilan antarmuka *Blynk* di Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Rancangan *Blynk IoT* di *Smartphone*

Hasil pengujian prototipe alat penyiraman cabai berbasis Internet of Things (IoT) menunjukkan bahwa unit mampu bermanuver secara andal (maju, mundur, belok kiri, dan belok kanan) sekaligus mengaktifkan serta menonaktifkan pompa air dari jarak jauh melalui aplikasi *Blynk*. Kemampuan ini menandakan tercapainya fungsi dasar sistem yakni mobilitas unit dan kendali actuator yang secara praktis menggantikan sebagian aktivitas penyiraman manual berulang di kebun kecil. Jika pada praktik konvensional operator harus hadir di lahan untuk membuka/menutup keran, mengarahkan selang, dan memastikan volume tercukupi, maka dengan prototipe ini sebagian pekerjaan tersebut dapat dialihkan ke antarmuka ponsel. Secara kualitatif, hal ini sejalan dengan literatur yang melaporkan bahwa otomasi irrigasi berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi proses penyiraman dan, pada beberapa studi, berdampak pada penghematan air yang substansial dibandingkan praktik manual (Selay et al., 2022; Rajela & Sahbar, 2021).

Dari sisi rancangan mekanik, visualisasi perangkat pada Gambar 4 memperlihatkan sasis yang ringkas dengan pusat gravitasi rendah sehingga stabil ketika bermanuver di permukaan datar. Konfigurasi ini relevan untuk konteks petani kecil yang memiliki beberapa petak lahan sempit dan heterogen: perangkat dapat dipindahkan antarpetak tanpa memerlukan infrastruktur irrigasi permanen. Mobilitas unit juga membuka peluang penyiraman terarah pada titik-titik tanaman yang memerlukan suplai lebih banyak misalnya tanaman dalam fase generatif atau pot yang mengalami evaporasi lebih tinggi tanpa perlu memasang jaringan pipa tetap. Dengan demikian, rancangan fisik tidak hanya berperan sebagai pembawa pompa, tetapi sekaligus sebagai strategi distribusi air yang fleksibel pada skala usaha tani kecil.

Antarmuka *Blynk* yang ditampilkan pada Gambar 5 berfungsi sebagai human-machine interface (HMI) yang menyederhanakan interaksi pengguna: tombol untuk kendali gerak dan sakelar digital untuk aktuasi pompa diakses pada satu layar. Penggabungan fungsi monitoring ringan (indikator konektivitas dan status aktuator) dengan kendali membuat operator dapat bereaksi cepat terhadap kebutuhan lapang, bahkan ketika tidak berada di lokasi. Dari perspektif adopsi, pemetaan tombol yang jelas dan umpan balik status yang instan menurunkan hambatan penggunaan bagi pengguna non-teknis. Selain itu, fondasi HMI ini kompatibel untuk pengembangan fitur lanjutan seperti penjadwalan berbasis ambang kelembapan, *safety lock* untuk mencegah over-watering, dan pencatatan log operasi untuk evaluasi kinerja harian.

Temuan penting dalam pengujian adalah keterbatasan debit air akibat pembagian daya yang tidak seimbang antara motor penggerak DC gearbox dan pompa 12 V. Secara teknis, ketika kedua beban bekerja simultan, terjadinya penurunan tegangan pada jalur suplai dapat mengurangi kecepatan putar pompa dan melemahkan debit keluaran. Hasil ini memberikan

implikasi desain yang jelas: (1) memisahkan domain suplai daya motor dan pompa (misalnya dengan dua *rail* terdedikasi atau satu terpisah) guna menghindari saling tarik arus, (2) menambahkan modul penurun tegangan dan *bulk capacitor* pada sisi pompa untuk meredam *voltage sag*, serta (3) menerapkan manajemen beban dinamis misalnya menurunkan RPM motor saat pompa aktif atau mengatur jeda penyiraman ketika manuver intensif dilakukan. Pendekatan-pendekatan tersebut bertujuan menjaga kestabilan hidrolik sehingga pola semprotan lebih konsisten dan waktu penyiraman dapat diprediksi.

Keterbatasan lain yang diidentifikasi adalah belum adanya sensor kelembapan tanah untuk menutup *loop* otomasi. Padahal, secara fisiologis, *Capsicum annuum* sangat sensitif terhadap defisit maupun kelebihan air; pengaturan stomata yang terganggu akan menekan difusi CO₂ dan fotosintesis, menurunkan luas daun efektif, serta meningkatkan kegagalan pembentukan buah (Nurhaya et al., 2022; Pratama et al., 2023). Integrasi sensor kelembapan kapasitif yang dikalibrasi terhadap tekstur tanah lokal memungkinkan penetapan ambang yang berbeda per fase pertumbuhan (vegetatif, pembungan, pembuahan), sehingga perangkat dapat beralih dari mode kendali manual-jarak jauh ke mode otomatis berbasis umpan balik. Dalam kerangka ini, literatur menunjukkan bahwa praktik irigasi presisi baik melalui irigasi tetes dengan penjadwalan tepat maupun kontrol berbasis sensor berkorelasi dengan peningkatan efisiensi penggunaan air (WUE) dan kestabilan hasil, khususnya di lingkungan tropis yang fluktuatif (Kumar et al., 2025; Rekha et al., 2017; Sagar & Singh, 2022; Verema et al., 2024; Laulina et al., 2019; Rameshwaran et al., 2016).

Dibandingkan implementasi IoT irigasi yang lazimnya dirancang untuk lahan luas dengan jaringan pipa/katup permanen, kontribusi utama prototipe ini terletak pada kombinasi mobilitas unit, kendali jarak jauh yang sederhana, dan potensi biaya komponen yang relatif terjangkau. Kombinasi tersebut menjawab kebutuhan yang kerap terlewat dalam literatur yakni *use-case* petani kecil, di mana kondisi lahan tidak homogen, akses listrik terbatas, dan investasi awal untuk infrastruktur tetap sulit dilakukan. Dengan menghadirkan perangkat yang dapat dipindah-pindah, operator dapat melakukan "irigasi terarah" pada petak prioritas, menunda atau mempercepat penyiraman sesuai kondisi aktual, dan mengalokasikan waktu kerja untuk aktivitas budidaya lain yang bernilai tambah. Temuan fungsional dalam penelitian ini karenanya dapat dipandang sebagai *proof-of-concept* bahwa otomasi yang minimalis namun tepat guna mampu meningkatkan fleksibilitas manajemen air pada skala kecil (Selay et al., 2022; Rajela & Sahbar, 2021).

Agar manfaat praktisnya terkuantifikasi, tahap pengembangan berikutnya perlu memasukkan pengukuran metrik kinerja yang baku: (i) debit rata-rata dan stabilitas debit (L/menit) saat manuver vs. stasioner, (ii) konsumsi energi per sesi penyiraman (Wh/sesi) dan otonomi baterai (jam), (iii) waktu kerja yang dihemat dibanding metode manual (menit/petak), (iv) reliabilitas konektivitas (ratio keberhasilan perintah, latensi), serta (v) dampak agronomis awal seperti perubahan kelembapan volumetrik tanah dan indikator pertumbuhan tanaman. Dengan metrik ini, klaim efisiensi dapat ditautkan ke angka yang dapat direplikasi dan dibandingkan dengan studi lain. Pada saat yang sama, uji lapang multi-musim diperlukan untuk menilai performa di bawah variasi cuaca dan beban kerja nyata.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperkuat tesis bahwa manajemen air presisi merupakan kunci peningkatan produktivitas cabai di lahan petani kecil. Prototipe yang dikembangkan telah menunjukkan kelayakan teknis untuk kendali gerak dan penyiraman jarak jauh, sekaligus mengungkap titik lemah rancangan yakni manajemen daya yang dapat diperbaiki dengan pendekatan teknik yang relatif sederhana. Rencana integrasi sensor kelembapan dan manajemen beban dinamis diperkirakan akan membawa sistem menuju otomasi berbasis umpan balik yang lebih andal. Dengan landasan tersebut, perangkat ini berpotensi berperan sebagai solusi transisional yang realistik: cukup sederhana dan hemat biaya untuk diadopsi saat ini, namun memiliki lintasan pengembangan yang jelas menuju irigasi presisi penuh pada budidaya cabai (*Capsicum annuum*) di lingkungan tropis.

KESIMPULAN

Perancangan alat penyiraman cabai dalam sistem irigasi berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan dalam penelitian ini telah berhasil direalisasikan dan menunjukkan kinerja yang baik dalam uji coba. Alat ini memberikan kontribusi nyata terhadap penerapan teknologi IoT di bidang pertanian, khususnya pada sistem irigasi tanaman cabai skala kecil

hingga menengah. Melalui integrasi mikrokontroler ESP32, motor DC gearbox, relay, dan pompa air yang dikendalikan via aplikasi Blynk IoT, sistem ini mampu melakukan penyiraman secara terarah dan efisien dengan kontrol jarak jauh. Keunggulan utama alat ini terletak pada kemampuannya menghemat waktu dan tenaga petani, serta memberikan kemudahan dalam pengelolaan irigasi tanpa kehadiran langsung di lahan.

Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan, terutama pada aspek otomatisasi karena alat belum dilengkapi dengan sensor kelembapan tanah yang dapat menyesuaikan penyiraman berdasarkan kondisi aktual tanah. Selain itu, keterbatasan daya listrik menyebabkan performa pompa belum optimal. Berdasarkan hal tersebut, penelitian lanjutan disarankan untuk menambahkan sensor kelembapan tanah, memperbaiki sistem distribusi daya antara motor dan pompa, serta mengembangkan fitur pemantauan data secara real-time untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem irigasi berbasis IoT ini.

REKOMENDASI

Berdasarkan analisa dan pengujian yang telah dilakukan, adapun rekomendasi yang diberikan untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut adalah memakai sumber daya yang lebih besar atau terpisah untuk mengoptimalkan kinerja alat, terutama dalam aspek penyiraman.

DAFTAR PUSTAKA

Alamsyah, H. (2021). Sistem pakar menggunakan metode certainty factor untuk mendiagnosa hama dan penyakit pada tanaman cabai. *Respati*, 16(2), 38. <https://doi.org/10.35842/jtir.v16i2.399>

Alfathan, R. (2023). *Redesain Alat Pres Tahu Dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (Qfd) Di Ukm Tahu Desa Suka Ramai Binjai*. 1–51.

Aminah, A., Syam, N., & Palad, M. (2022). Respon pertumbuhan dan produksi cabai rawit (*capsicum frutescens* L.) terhadap aplikasi pupuk kandang ayam dan pupuk kandang sapi. *Perbal Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 10(2), 220–227. <https://doi.org/10.30605/perbal.v10i2.1816>

Anugrah, E., Hasbi, M., & Lukman, M. P. (2021). Penerapan Sistem Monitoring Dan Kendali Pintar Untuk Tanaman Terung Berbasis Internet of Things Dengan Metode Penyiraman Irigasi Tetes. *Jurnal RES/STOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 4(2), 204–212. <https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v4i2.669>

Arjudin. (2021). Analisis Pola Pengairan Irigasi Permukaan Untuk Meningkatkan Produktivitas Pertanian Di Desa Sesao Lombok Barat. *Pharmacognosy Magazine*, 75(17), 399–405.

Aziz, J. A., Santosa, S. & Hamid, M. (2024). Rancang Bangun Sistem Monitoring Penyiraman Tanaman Cabai Berbasis IoT Menggunakan Esp32 Dan Blynk Pada Kebun Cabai Kelurahan Kalumpang. *DINTEK Jurnal Teknik*, 59–68.

Darajat, A. R., Nurrochmad, F., & Jayadi, R. (2017). Analisis Efisiensi Saluran Irigasi Di Daerah Irigasi Boro Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah. *INERSIA Informasi Dan Eksposo Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 13(2), 154–166. <https://doi.org/10.21831/inersia.v13i2.17178>

Fernández-Zambrano, L., Corozo-Quiñónez, L., Monteros, Á., Arteaga, F., & Jaimez, R. (2022). Morphological and physiological responses of two species of *capsicum* (*capsicum annuum* L. and *capsicum chinense* jacq.) under conditions of water deficit. *Revista De La Facultad De Agronomía Universidad Del Zulia*, 39(1), e223912. [https://doi.org/10.47280/revfacagron\(luz\).v39.n1.12](https://doi.org/10.47280/revfacagron(luz).v39.n1.12)

Hamjaya, R., Rukmana, D., & Lumoindong, Y. (2022). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi nilai tukar petani tanaman hortikultura di sulawesi selatan. *Agricore Jurnal Agribisnis Dan Sosial Ekonomi Pertanian Unpad*, 7(1). <https://doi.org/10.24198/agricore.v7i1.39467>

Jumaguni, N., Handayani, M., & Setiadi, A. (2024). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi pendapatan usahatani cabai merah di kecamatan siborongborong kabupaten tapanuli utara. *Mimbar Agribisnis Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 10(1), 38. <https://doi.org/10.25157/ma.v10i1.11342>

Kakihary, N. L. (2021). Pieces Framework for Analysis of User Satisfaction Internet of Things-Based Devices. *Journal of Information Systems and Informatics*, 3(2), 243–252. <https://doi.org/10.33557/journalisi.v3i2.119>

Kalpana, C. and Vrinda, K. (2023). Comparative study on morphological characteristics, ethno botanical and ethno pharmacological importance of capsicum annuum l. var. annuum and capsicum annuum l. var. frutescens. *Agricultural Science Digest - A Research Journal*, (Of). <https://doi.org/10.18805/ag.d-5650>

Kumar, D., Ranjan, A., Sharma, M., Kumar, S., Awasthi, V., Kumari, A., ... & abhijeet, K. (2025). Enhancing capsicum production and water efficiency through drip irrigation in rooftop gardens. *Journal of Scientific Research and Reports*, 31(10), 313-321. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2025/v31i103573>

Kusmana, n., Kusandriani, Y., & Djuarah, D. (2018). Uji daya hasil tujuh genotipe cabai rawit pada ekosistem dataran tinggi pangalengan, jawa barat. *Jurnal Hortikultura*, 27(2), 147. <https://doi.org/10.21082/jhort.v27n2.2017.p147-154>

Laulina, K., Hasan, M., & Singh, D. (2019). Response of different colour plastic mulches on water dynamics under drip fertigated greenhouse capsicum (capsicum annuum). *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 89(3), 469-474. <https://doi.org/10.56093/ijas.v89i3.87591>

Mediawan, M. (2018). Sistem Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Arduino Pada Rumah Tanaman. *NASPA Journal*, 42(4), 1.

Moekasan, T., Gunadi, N., Adiyoga, W., & Sulastri, I. (2016). Kelayakan teknis dan ekonomi budidaya cabai merah di dalam rumah kasa untuk menanggulangi serangan organisme pengganggu tumbuhan. *Jurnal Hortikultura*, 25(2), 180. <https://doi.org/10.21082/jhort.v25n2.2015.p180-192>

Nizam, M. N., Haris Yuana, & Zunita Wulansari. (2022). Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(2), 767–772. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.5713>

Ntanasi, T., Karavidas, I., Savvas, D., Spyrou, G., Giannothanasis, E., Consentino, B., ... & Ntatsi, G. (2025). Physiological and yield responses of pepper (capsicum annuum l.) genotypes to drought stress. *Plants*, 14(13), 1934. <https://doi.org/10.3390/plants14131934>

Nurhaya, N., Syam, A., & Jafar, J. (2022). Stomata density analysis of red chili (capsicum annuum l.) at different location. *Agrotech Journal*, 6(2), 87-94. <https://doi.org/10.31327/atj.v6i2.1660>

Prasetyo, A. D., & Agustinur, A. (2022). Inventarisasi Penyakit Pada Tanaman Cabai Merah (Capsicum annum l.) di Kebun Warga Gampong Suak Raya Kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat. *Jurnal Agrotek Lestari*, 8(1), 70. <https://doi.org/10.35308/jal.v8i1.5293>

Pratama, G., Lanya, I., & Sardiana, I. (2023). Pemetaan klasifikasi iklim schmidt-ferguson dan kesesuaian agroklimat tanaman cabai merah (capsicum annuum) di provinsi bali. *Agrotrop Journal on Agriculture Science*, 13(2), 170. <https://doi.org/10.24843/ajoas.2023.v13.i02.p02>

Rajela, A., & Sahbar, R. (2021). Penilaian Kinerja Daerah Irigasi Rawa Karang Agung Hilir Kecamatan Karang Agung Hilir Kabupaten Banyuasin (Studi Kasus: Blok P1, P3, P7 dan P8). *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 8(1), 63. <https://doi.org/10.35449/teknika.v8i1.175>

Rameshwaran, P., Tepe, A., Yazar, A., & Ragab, R. (2016). Effects of drip-irrigation regimes with saline water on pepper productivity and soil salinity under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae*, 199, 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.007>

Rekha, S., Sankaran, M., & Subramani, T. (2017). Performance of bell pepper (capsicum annuum l.) and its economics with different irrigation regimes and nutrient scheduling under protected structure in island ecosystem. *Advance Research Journal of Crop Improvement*, 8(1), 89-94. <https://doi.org/10.15740/has/arjci/8.1/89-94>

Rusdan, R., Susila, A., & Suketi, K. (2023). Respons produksi dan kepedasan terhadap kepadatan populasi pada budidaya cabai menggunakan mulsa polyethylene dan irigasi tetes. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 14(1), 24-32. <https://doi.org/10.29244/jhi.14.1.24-32>

Sa'diyah, H., Widayastuti, D., & Mazwan, M. (2024). Analisis faktor yang mempengaruhi fluktuasi nilai tukar petani cabai merah (capsicum annuum l.) di jawa barat. *Mimbar*

Agribisnis Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis, 10(1), 976. <https://doi.org/10.25157/ma.v10i1.12721>

Sagar, A. and Singh, P. (2022). Stagewise water requirement of vegetable crops under protected and unprotected cultivation. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 92(3), 372-376. <https://doi.org/10.56093/ijas.v92i3.122698>

Selay, A., Andgha, G. D., Alfarizi, M. A., Bintang, M. I., Falah, M. N., Khaira, M., & Encep, M. (2022). Karimah Tauhid, Volume 1 Nomor 6 (2022), e-ISSN 2963-590X. *Karimah Tauhid*, 1(2963-590X), 861–862.

Selvia, S., Bakti, L., Sukartono, S., Suwardji, S., Kusumo, B., Syehan, F., ... & Fitri, N. (2024). Pemberdayaan masyarakat melalui bimbingan teknis (bimtek) pemupukan organik untuk peningkatan produksi cabai merah di sembalun lombok timur. *Jurnal Siar Ilmuwan Tani*, 5(2), 139-146. <https://doi.org/10.29303/jsit.v5i2.149>

Suparwoto, S., Karman, J., & Waluyo, W. (2021). Daya hasil varietas cabai merah dengan teknologi proliga di lahan kering kabupaten organ ilir sumatera selatan. *Publikasi Penelitian Terapan Dan Kebijakan*, 4(2), 113-119. <https://doi.org/10.46774/pptk.v4i2.425>

Susila, A., Suketi, K., & Pratama, M. (2023). Penggunaan sensor kelembaban tanah untuk penetapan jadwal penyiraman tanaman cabai melalui irigasi tetes. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 14(3), 126-132. <https://doi.org/10.29244/jhi.14.3.126-132>

Verema, V., Choudhury, B., Rymbai, H., Jha, A., Hazarika, S., & Mishra, V. (2024). Irrigation scheduling for high value vegetable crops grown under protected cultivation in the hilly ecosystem of north-east india. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 94(7), 767-773. <https://doi.org/10.56093/ijas.v94i7.147126>

Wehfany, F., Timisela, N., & Luhukay, J. (2022). Analisis faktor yang mempengaruhi pendapatan usahatani cabai rawit (*capsicum frutescens* L.). *Jurnal Agrica*, 15(2), 123-133. <https://doi.org/10.31289/agrica.v15i2.7314>

Yuniati, L., Anugrah, M., Hopipah, S., Himayatul, N., & Iemaaniah, Z. (2024). Pemberdayaan masyarakat melalui penyuluhan pengaruh teknik irigasi tetes terhadap budidaya tanaman cabai rawit (*capsicum frutescens* L.) di desa kuta lombok tengah. *Jurnal Siar Ilmuwan Tani*, 5(1), 14-21. <https://doi.org/10.29303/jsit.v5i1.129>