



Inventa: Journal of Science, Technology, and Innovation

Vol 2 No 1 August 2026, Hal 417-433
ISSN: 3123-3147 (Print) ISSN: 3123-3155 (Electronic)
Open Access: <https://scriptaintelektual.com/inventa>

Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Anggrek Otomatis Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Waktu dan Sensor Gerak

Nurul Maulana^{1*}, Munaf Ismail²

¹⁻² Universitas Islam Sultan Agung, Indonesia

email: maulana.nurul23@gmail.com¹

Article Info :

Received:
28-07-2026
Revised:
08-08-2026
Accepted:
16-08-2026

Abstract

Limited time and human negligence in regular orchid watering can reduce plant growth quality and increase the risk of plant damage. This study aims to design an Arduino-based automatic orchid watering device integrated with time and motion sensors to improve watering efficiency and maintain plant care consistency. The research employed a research and development (R&D) approach through prototype design, hardware integration, software implementation, and functional testing. The developed system consists of an Arduino Uno, DHT11 temperature sensor, Passive Infrared (PIR) sensor, RTC DS3231, relay, LCD I2C, buzzer, and water pump. The testing results showed that the prototype successfully detected environmental conditions, displayed temperature information in real-time, and activated the watering mechanism automatically at 07:00 WIB and 19:00 WIB or when the temperature exceeded 32°C. The integration of motion detection also improved operational safety by delaying watering when human activity was detected around the plant area. This innovation provides a practical solution for supporting efficient orchid maintenance in small-scale cultivation environments..

Keywords: *Arduino, Automatic Watering System, Orchid Plant, Passive Infrared Sensor, Smart Agriculture.*

Akbsrak

Keterbatasan waktu dan kelalaian manusia dalam melakukan penyiraman anggrek secara rutin dapat menurunkan kualitas pertumbuhan tanaman serta meningkatkan risiko kerusakan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat penyiram tanaman anggrek otomatis berbasis Arduino yang terintegrasi dengan sensor waktu dan sensor gerak guna meningkatkan efisiensi penyiraman serta menjaga konsistensi perawatan tanaman. Penelitian ini menggunakan pendekatan *research and development* (R&D) melalui tahapan perancangan prototipe, integrasi perangkat keras, implementasi perangkat lunak, dan pengujian fungsional. Sistem yang dikembangkan terdiri atas Arduino Uno, sensor suhu DHT11, sensor *Passive Infrared* (PIR), RTC DS3231, relay, LCD I2C, buzzer, dan pompa air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe mampu mendeteksi kondisi lingkungan, menampilkan informasi suhu secara *real-time*, serta mengaktifkan mekanisme penyiraman secara otomatis pada pukul 07.00 WIB dan 19.00 WIB atau ketika suhu melebihi 32°C. Integrasi deteksi gerakan juga meningkatkan keamanan operasional dengan menunda penyiraman ketika aktivitas manusia terdeteksi di sekitar area tanaman. Inovasi ini memberikan solusi praktis dalam mendukung perawatan anggrek yang efisien pada lingkungan budidaya skala kecil.

Kata Kunci: *Arduino, Anggrek, Pertanian Cerdas, Sensor *Passive Infrared*, Sistem Penyiraman Otomatis.*



©2026 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Keterbatasan waktu dan kelalaian manusia dalam melakukan penyiraman tanaman secara berkala masih menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan penurunan kualitas pertumbuhan hingga kematian tanaman, terutama pada tanaman hias yang memerlukan pengelolaan kelembapan secara konsisten. Perkembangan teknologi mikrokontroler, Internet of Things (IoT), serta sistem otomasi pada sektor pertanian telah menggeser praktik budidaya konvensional menuju sistem yang lebih presisi, adaptif, dan efisien dalam penggunaan sumber daya sehingga mampu meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap intervensi manual (Pratama & Ismail, 2026). Berbagai inovasi pada sistem penyiraman otomatis menunjukkan bahwa integrasi sensor, pengendali berbasis Arduino, serta pengaturan jadwal penyiraman mampu meningkatkan efisiensi

penggunaan air sekaligus menjaga stabilitas kondisi lingkungan tanaman (Rante, 2024). Anggrek merupakan salah satu tanaman hias unggulan Indonesia yang memiliki nilai estetika, ekonomi, dan peluang pasar yang tinggi sehingga keberhasilan budidayanya sangat dipengaruhi oleh konsistensi pemeliharaan harian. Karakteristik fisiologis anggrek yang sensitif terhadap perubahan kelembapan menjadikan proses penyiraman tidak dapat dilakukan secara sembarangan karena kelebihan maupun kekurangan air sama-sama berpotensi menurunkan kualitas pertumbuhan tanaman (Nurwahyuni, 2022). Kondisi tersebut menjadikan pengembangan sistem penyiraman otomatis sebagai kebutuhan yang semakin relevan untuk mendukung budidaya anggrek yang lebih efisien, berkelanjutan, dan sesuai dengan arah perkembangan teknologi pertanian modern.

Setiap jenis anggrek memiliki karakteristik pertumbuhan yang berbeda secara genetik, tetapi hampir seluruh varietas menunjukkan sensitivitas tinggi terhadap perubahan kelembapan media tanam sehingga pengendalian air menjadi faktor yang lebih menentukan dibandingkan frekuensi penyiraman semata (Ulinuha & Noor, 2023). Penelitian mengenai budidaya anggrek menunjukkan bahwa kelembapan ideal media dan lingkungan berperan penting dalam mengoptimalkan proses penyerapan unsur hara, fotosintesis, serta pembentukan organ vegetatif maupun generatif tanaman (Aminah et al., 2022). Kajian lain juga memperlihatkan bahwa keseimbangan air merupakan komponen utama yang menentukan keberhasilan pertumbuhan berbagai jenis tanaman karena berhubungan langsung dengan aktivitas fisiologis dan metabolisme tanaman (Barokah et al., 2024). Meskipun kebutuhan air tanaman telah banyak dipelajari, implementasi sistem penyiraman otomatis pada budidaya anggrek masih menunjukkan pendekatan yang beragam, mulai dari penggunaan sensor kelembapan tanah, sensor suhu, hingga integrasi data cuaca sebagai dasar pengambilan keputusan penyiraman. Variasi pendekatan tersebut menunjukkan bahwa belum terdapat rancangan sistem yang sepenuhnya mampu menyesuaikan kebutuhan penyiraman dengan kondisi operasional di lapangan, khususnya pada lokasi budidaya yang juga menjadi area aktivitas manusia. Persoalan tersebut membuka ruang pengembangan sistem otomatisasi yang tidak hanya mempertimbangkan kebutuhan biologis tanaman, tetapi juga memperhatikan keamanan, kenyamanan, dan efektivitas proses penyiraman.

Berbagai penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem penyiraman otomatis menggunakan kombinasi sensor kelembapan tanah, sensor DHT11, dan mikrokontroler Arduino sehingga mampu meningkatkan efisiensi penyiraman dibandingkan metode manual (Barri et al., 2022). Pengembangan berikutnya mengintegrasikan Internet of Things untuk memungkinkan proses monitoring dan pengendalian kelembapan anggrek dilakukan secara jarak jauh, namun pendekatan tersebut masih berorientasi pada pemantauan kondisi tanaman tanpa mempertimbangkan keberadaan pengguna di sekitar area penyiraman (Gultom & Sirait, 2022). Penelitian lain menggabungkan data cuaca sebagai dasar pengambilan keputusan penyiraman sehingga sistem menjadi lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan, tetapi kompleksitas implementasi dan kebutuhan konektivitas menyebabkan penerapannya kurang sesuai bagi pengguna skala rumah tangga maupun kios tanaman (Ihwan et al., 2024). Sejumlah studi juga mulai menerapkan metode kecerdasan komputasional, seperti fuzzy Mamdani, untuk meningkatkan akurasi keputusan penyiraman, meskipun pendekatan tersebut memerlukan konfigurasi parameter yang relatif lebih kompleks dibandingkan sistem berbasis penjadwalan sederhana (Raffel, 2024). Sintesis berbagai penelitian tersebut memperlihatkan bahwa perkembangan teknologi penyiraman otomatis lebih banyak diarahkan pada peningkatan akurasi kendali kelembapan, sedangkan aspek interaksi antara sistem penyiraman dengan aktivitas manusia di sekitar area budidaya masih memperoleh perhatian yang terbatas. Celah empiris tersebut menunjukkan perlunya pengembangan rancangan sistem yang mampu mengintegrasikan pengaturan waktu penyiraman dengan deteksi keberadaan manusia sehingga proses otomatisasi tidak hanya efisien bagi tanaman, tetapi juga lebih aman dan nyaman dalam praktik budidaya sehari-hari.

Keterbatasan tersebut menjadi semakin penting karena sebagian besar pemilik anggrek, khususnya pada skala rumah tangga maupun kios tanaman hias, membutuhkan sistem penyiraman yang sederhana, ekonomis, dan mampu bekerja secara otomatis tanpa mengganggu aktivitas pengunjung maupun proses operasional sehari-hari. Penelitian mengenai sistem penyiraman berbasis Arduino membuktikan bahwa otomatisasi mampu mengurangi ketergantungan terhadap penyiraman manual serta meningkatkan efisiensi pemeliharaan tanaman, tetapi mayoritas penelitian masih memanfaatkan sensor kelembapan tanah sebagai komponen utama pengambilan keputusan (Ramadhan et al., 2023). Penggunaan sensor kelembapan sering kali kurang efektif pada media tanam anggrek tertentu yang memiliki karakteristik aerasi tinggi sehingga hasil pembacaan tidak selalu merepresentasikan kondisi

lingkungan secara menyeluruh (Syahputra & Ulinuha, 2025). Kajian lain memperlihatkan bahwa penerapan sistem penyiraman otomatis berbasis energi terbarukan maupun Internet of Things lebih banyak difokuskan pada efisiensi energi dan monitoring jarak jauh dibandingkan aspek keselamatan pengguna ketika penyiraman berlangsung (Aditya et al., 2024). Sensor Passive Infrared (PIR) telah terbukti memiliki kemampuan mendeteksi keberadaan manusia secara andal pada berbagai aplikasi otomatisasi sehingga berpotensi diadaptasi sebagai mekanisme pengaman untuk mencegah proses penyiraman saat terdapat aktivitas manusia di area tanaman (Totu et al., 2021). Kebutuhan tersebut menunjukkan bahwa integrasi sensor waktu dengan sensor gerak masih memiliki nilai ilmiah dan praktis yang kuat karena mampu memperluas fungsi sistem penyiraman dari sekadar pengendalian kelembapan menjadi sistem otomasi yang mempertimbangkan kondisi lingkungan sekaligus keselamatan pengguna.

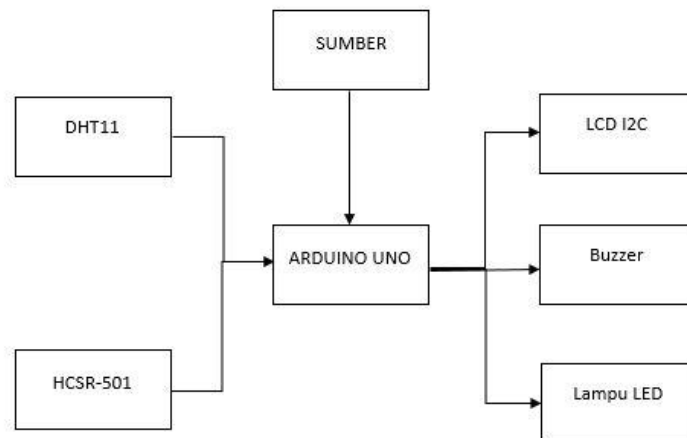
Posisi penelitian ini berada pada upaya pengembangan sistem penyiraman tanaman anggrek yang tidak hanya berorientasi pada kebutuhan fisiologis tanaman, tetapi juga mengintegrasikan aspek interaksi antara manusia dan sistem otomatis dalam lingkungan budidaya. Arduino dipilih sebagai platform pengendali karena bersifat terbuka, mudah dikembangkan, serta telah terbukti memiliki kompatibilitas tinggi terhadap berbagai sensor dan aktuator dalam sistem otomasi pertanian (Santoso, 2015). Penelitian terdahulu telah menunjukkan keberhasilan penggunaan Arduino untuk penyiraman tanaman berbasis sensor kelembapan, sensor suhu, maupun timer, tetapi kombinasi antara Real Time Clock sebagai pengatur jadwal penyiraman dan sensor PIR sebagai mekanisme sterilisasi area penyiraman masih relatif jarang dieksplorasi secara terpadu (Fuadi & Candra, 2020). Beberapa penelitian juga telah memanfaatkan timer dan Internet of Things dalam sistem penyiraman otomatis, tetapi rancangan tersebut belum secara khusus mengakomodasi kebutuhan operasional kios tanaman hias yang memiliki intensitas aktivitas pengunjung cukup tinggi (Auliany et al., 2023). Pendekatan yang dikembangkan dalam penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan sistem penyiraman yang lebih adaptif terhadap kondisi nyata di lapangan tanpa meningkatkan kompleksitas perangkat maupun biaya implementasi. Karakteristik tersebut menjadikan penelitian ini memiliki posisi yang berbeda dibandingkan penelitian sebelumnya karena menawarkan integrasi antara penjadwalan otomatis dan deteksi aktivitas manusia sebagai bagian dari mekanisme kerja sistem penyiraman anggrek.

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun alat penyiram tanaman anggrek otomatis berbasis Arduino dengan mengintegrasikan sensor waktu (Real Time Clock), sensor gerak (Passive Infrared), sensor suhu, serta pompa air dalam satu sistem kendali yang bekerja secara otomatis. Sistem yang dikembangkan dirancang untuk melaksanakan penyiraman sesuai jadwal yang telah ditentukan sekaligus menunda proses penyiraman ketika terdeteksi adanya aktivitas manusia di area penyiraman sehingga efektivitas pemeliharaan tanaman dapat berjalan seiring dengan peningkatan kenyamanan pengguna. Penelitian ini juga berupaya menghasilkan rancangan prototipe yang mudah diterapkan, ekonomis, serta sesuai untuk kebutuhan pemeliharaan anggrek pada skala rumah tangga maupun kios tanaman hias. Dari sisi teoretis, penelitian ini memperluas konsep otomasi penyiraman tanaman melalui integrasi aspek biologis tanaman dengan aspek keselamatan pengguna dalam satu kerangka sistem kendali berbasis mikrokontroler. Dari sisi metodologis, penelitian ini menawarkan kombinasi sensor waktu dan sensor gerak sebagai pendekatan alternatif yang dapat digunakan dalam pengembangan sistem penyiraman otomatis pada berbagai jenis tanaman dengan karakteristik budidaya yang serupa. Kontribusi tersebut diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan sistem otomasi pertanian yang lebih adaptif, efisien, dan berorientasi pada kebutuhan pengguna di masa mendatang.

METODE PENELITIAN

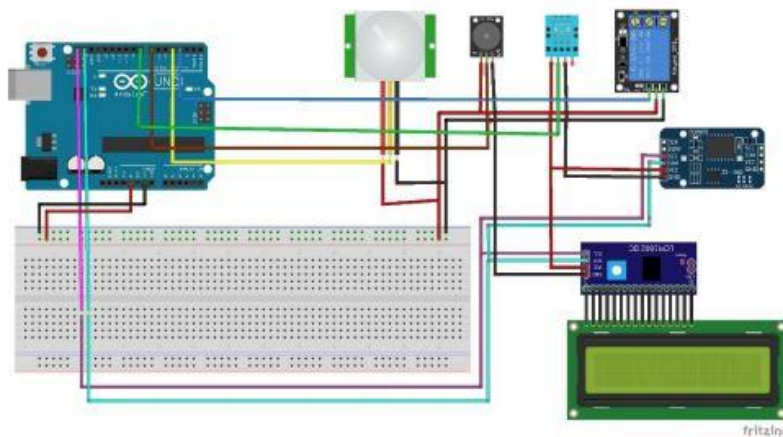
Penelitian ini merupakan penelitian empiris dengan pendekatan research and development (R&D) yang berfokus pada perancangan, implementasi, dan pengujian prototipe alat penyiram tanaman anggrek otomatis berbasis Arduino Uno. Tahap pengembangan diawali dengan penyusunan kebutuhan sistem melalui identifikasi karakteristik budidaya anggrek dan penentuan spesifikasi perangkat keras yang meliputi Arduino Uno R3, sensor suhu DHT11, sensor gerak PIR HC-SR501, modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231, relay, pompa air, LCD I2C, buzzer, serta LED sebagai indikator sistem (Santoso, 2015). Arsitektur sistem kemudian diwujudkan dalam bentuk blok diagram, rancangan rangkaian elektronik, dan desain perangkat keras sebagai dasar integrasi antar komponen sebelum dilakukan implementasi fisik prototipe. Blok diagram sistem yang dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 1

sebagai representasi aliran data dari sensor menuju Arduino hingga menghasilkan keluaran berupa pompa, LCD, LED, dan buzzer.

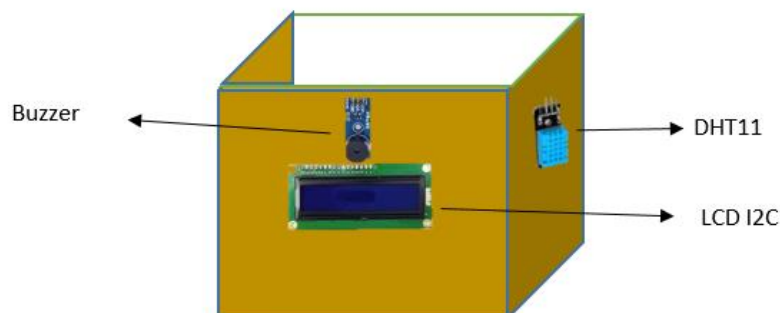


Gambar 1. Blok Duagram

Program kendali dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan logika penyiraman berdasarkan penjadwalan otomatis pada pukul 07.00 WIB dan 19.00 WIB, serta mekanisme penyiraman tambahan ketika suhu lingkungan terdeteksi melebihi 32°C sesuai data yang diperoleh dari sensor DHT11 (Fuadi & Candra, 2020). Sensor PIR HC-SR501 diintegrasikan untuk mendeteksi keberadaan manusia pada area penyiraman sehingga sistem menunda aktivasi pompa ketika terdapat aktivitas di sekitar tanaman guna mencegah penyiraman yang dapat mengganggu pengguna (Totu et al., 2021). Implementasi hubungan antarperangkat pada prototipe ditunjukkan pada Gambar 2, sedangkan konfigurasi fisik perangkat keras secara keseluruhan diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Rangkaian sistem penyiraman tanaman otomatis



Gambar 3. Desain perangkat keras alat penyiraman tanaman otomatis

Validasi sistem dilakukan melalui pengujian fungsional pada setiap komponen serta pengujian integrasi untuk memastikan seluruh subsistem bekerja sesuai dengan logika program yang telah dirancang. Pengujian sensor DHT11 dilakukan dengan mengamati kemampuan sensor dalam mendeteksi perubahan suhu sebagai dasar aktivasi penyiraman tambahan, sedangkan modul RTC DS3231 divalidasi berdasarkan ketepatan pelaksanaan jadwal penyiraman otomatis sesuai waktu yang telah diprogram (Barri et al., 2022). Sensor PIR HC-SR501 dievaluasi berdasarkan keberhasilannya mendeteksi keberadaan manusia pada area penyiraman sehingga pompa tidak aktif ketika objek masih berada dalam jangkauan sensor (Totu et al., 2021). Kinerja sistem secara keseluruhan diukur menggunakan metrik *functional success rate*, akurasi waktu penyiraman, respons sensor terhadap perubahan kondisi lingkungan, serta konsistensi aktivasi pompa sesuai logika pengendalian yang diterapkan. Evaluasi juga dilakukan terhadap kesesuaian informasi yang ditampilkan pada LCD dengan kondisi aktual sistem untuk memastikan proses monitoring berlangsung secara *real-time*. Pendekatan validasi tersebut memberikan pengujian yang menyeluruh terhadap aspek perangkat keras, perangkat lunak, dan integrasi sistem sehingga keandalan prototipe dapat dievaluasi secara komprehensif sebelum diterapkan pada proses penyiraman tanaman anggrek. Metode evaluasi ini dipilih karena mampu menunjukkan performa operasional sistem secara langsung sekaligus mengidentifikasi potensi kegagalan fungsi pada setiap tahapan kerja perangkat otomatis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan dan Implementasi Perangkat Keras

Hasil perancangan perangkat keras menunjukkan bahwa seluruh komponen berhasil diintegrasikan ke dalam satu prototipe penyiraman tanaman anggrek otomatis berbasis Arduino Uno sesuai dengan rancangan sistem yang telah ditetapkan pada tahap pengembangan. Implementasi fisik perangkat dilakukan dengan menempatkan seluruh modul elektronik di dalam sebuah kotak pelindung sehingga setiap komponen terlindungi dari gangguan mekanis maupun paparan lingkungan selama proses pengoperasian. Penempatan komponen di dalam ruang yang terorganisasi memberikan kemudahan pada proses instalasi, pemeliharaan, dan penggantian modul apabila terjadi gangguan fungsi pada salah satu perangkat. Penggunaan Arduino Uno sebagai pusat kendali memungkinkan seluruh sensor dan aktuator beroperasi melalui antarmuka yang sederhana serta memiliki kompatibilitas tinggi dengan berbagai modul pendukung (Santoso, 2015). Konfigurasi perangkat tersebut menghasilkan rancangan yang bersifat modular sehingga pengembangan fungsi sistem pada penelitian berikutnya dapat dilakukan tanpa mengubah arsitektur utama perangkat. Dokumentasi hasil implementasi fisik prototipe dari berbagai sudut ditampilkan pada Gambar 4 hingga Gambar 7.



Gambar 4. Hasil Perancangan Hardware Tampak Depan



Gambar 5. Hasil Perancangan Hardware Tampak Samping



Gambar 6. Hasil Perancangan Hardware Tampak Dalam



Gambar 7. Hasil Perancangan Hardware Bagian Bawah

Integrasi perangkat keras dilakukan dengan menghubungkan sensor DHT11, sensor PIR HC-SR501, modul RTC DS3231, relay, LCD I2C, buzzer, serta pompa air ke pin masukan dan keluaran Arduino Uno sesuai rancangan rangkaian elektronik yang telah disusun sebelumnya. Hasil implementasi memperlihatkan bahwa tidak ditemukan konflik komunikasi antarperangkat selama proses inisialisasi maupun ketika sistem menjalankan logika penyiraman otomatis. Sensor DHT11 ditempatkan pada posisi yang memungkinkan pembacaan suhu udara di sekitar tanaman berlangsung secara langsung sehingga data yang diterima mikrokontroler dapat merepresentasikan kondisi lingkungan aktual. Modul RTC DS3231 mempertahankan sinkronisasi waktu secara stabil sehingga jadwal penyiraman tetap berjalan sesuai konfigurasi meskipun sistem mengalami proses hidup ulang (*restart*). Penempatan relay di dalam kotak kendali juga memberikan isolasi antara rangkaian logika dan rangkaian daya sehingga aktivasi pompa berlangsung lebih aman dan mengurangi risiko gangguan kelistrikan, sebagaimana banyak diterapkan pada sistem otomasi penyiraman berbasis mikrokontroler (Barri et al., 2022). Karakteristik integrasi tersebut menunjukkan bahwa rancangan perangkat keras tidak hanya berorientasi pada keberhasilan fungsi masing-masing komponen, tetapi juga memperhatikan stabilitas sistem ketika seluruh modul bekerja secara bersamaan. Pemilihan konfigurasi ini sejalan dengan pendekatan pengembangan perangkat penyiraman otomatis yang mengutamakan kemudahan integrasi, efisiensi instalasi, dan keandalan operasional pada skala budidaya tanaman hias.

Perangkat yang dikembangkan memanfaatkan kombinasi sensor suhu DHT11 dan modul RTC DS3231 sebagai dasar pengambilan keputusan penyiraman sehingga aktivasi pompa tidak hanya

bergantung pada jadwal yang telah ditentukan, tetapi juga mempertimbangkan perubahan kondisi suhu lingkungan. Pendekatan tersebut dipilih karena kebutuhan air tanaman anggrek dipengaruhi oleh kondisi iklim di sekitar tanaman, terutama ketika terjadi peningkatan suhu yang dapat mempercepat proses penguapan dan transpirasi. Penggunaan ambang suhu sebesar 32°C memungkinkan sistem memberikan respons penyiraman tambahan ketika kondisi lingkungan berada di luar rentang normal sehingga kelembapan tanaman tetap terjaga. Pendekatan serupa telah digunakan pada berbagai sistem otomatisasi tanaman yang memanfaatkan parameter suhu sebagai bagian dari logika pengendalian karena mampu meningkatkan adaptivitas sistem terhadap perubahan lingkungan (Fuadi & Candra, 2020). Dari perspektif budidaya anggrek, pengendalian penyiraman berbasis waktu dan suhu memberikan keuntungan karena membantu menjaga kestabilan kondisi tumbuh tanaman tanpa memerlukan pemantauan manual secara terus-menerus (Aminah et al., 2022). Integrasi kedua sensor tersebut menunjukkan bahwa sistem tidak hanya menjalankan fungsi otomatis berdasarkan jadwal, tetapi juga memiliki kemampuan melakukan penyesuaian terhadap kondisi lingkungan yang berpotensi memengaruhi kebutuhan air tanaman.

Sensor Passive Infrared (PIR) HC-SR501 diintegrasikan sebagai komponen pendukung yang membedakan rancangan sistem ini dari sebagian besar penelitian penyiraman tanaman otomatis yang umumnya hanya memanfaatkan sensor kelembapan atau sensor suhu sebagai dasar pengendalian. Implementasi sensor PIR memungkinkan sistem mendeteksi keberadaan manusia pada area penyiraman sehingga proses aktivasi pompa dapat ditunda selama masih terdapat aktivitas di sekitar tanaman. Mekanisme tersebut menghasilkan fungsi pengamanan yang tidak hanya melindungi pengguna dari percikan air, tetapi juga meningkatkan kenyamanan ketika tanaman ditempatkan pada lokasi dengan intensitas lalu lintas manusia yang cukup tinggi, seperti kios tanaman maupun area pameran. Karakteristik deteksi gerak menggunakan sensor PIR telah banyak diterapkan pada sistem otomatisasi karena memiliki tingkat respons yang cepat serta konsumsi daya yang relatif rendah (Totu et al., 2021). Penambahan fungsi ini memperluas konsep sistem penyiraman otomatis dari sekadar menjaga kebutuhan air tanaman menjadi perangkat yang juga mempertimbangkan aspek interaksi antara manusia dan sistem. Pendekatan tersebut memberikan nilai tambah terhadap rancangan perangkat karena mengintegrasikan aspek keselamatan operasional ke dalam mekanisme kendali tanpa menambah kompleksitas perangkat keras secara signifikan. Kondisi ini menunjukkan bahwa inovasi sistem tidak hanya terletak pada kombinasi komponen elektronik, tetapi juga pada logika pengendalian yang lebih adaptif terhadap lingkungan operasional.

Implementasi perangkat keras juga memperlihatkan bahwa seluruh modul mampu menjalankan fungsi sesuai perannya tanpa mengganggu komunikasi antarperangkat selama sistem beroperasi. LCD I2C berhasil menampilkan informasi suhu, waktu, dan status penyiraman secara *real-time*, sedangkan buzzer memberikan sinyal suara ketika sistem menjalankan kondisi tertentu sesuai logika program yang telah ditetapkan. Relay bekerja sebagai penghubung antara rangkaian kendali bertegangan rendah dengan pompa air sehingga proses aktivasi pompa berlangsung stabil tanpa membebani keluaran mikrokontroler. Integrasi antaraktuator tersebut membentuk alur kerja yang berurutan mulai dari pembacaan sensor, pemrosesan data pada Arduino Uno, hingga eksekusi penyiraman secara otomatis. Pola kerja tersebut sejalan dengan konsep sistem penyiraman cerdas yang menempatkan sensor, pengendali, dan aktuator sebagai satu kesatuan proses yang saling terintegrasi untuk menghasilkan keputusan penyiraman yang lebih efektif (Ramadhan et al., 2023). Fleksibilitas rancangan memungkinkan pengembangan lebih lanjut melalui penambahan modul komunikasi maupun sensor lain tanpa mengubah struktur utama sistem. Hasil implementasi perangkat keras tersebut menjadi dasar untuk mengevaluasi kinerja fungsional setiap komponen melalui pengujian pada subbab berikutnya.

Hasil Pengujian Fungsional Sistem

Pengujian fungsional sistem dilakukan untuk memverifikasi kemampuan setiap komponen dalam menjalankan fungsi sesuai dengan logika pengendalian yang telah diprogram pada Arduino Uno. Tahap ini bertujuan memastikan bahwa komunikasi antara perangkat masukan, unit pemroses, dan perangkat keluaran berlangsung secara konsisten sebelum sistem diterapkan sebagai alat penyiraman otomatis. Seluruh pengujian dilaksanakan secara bertahap dengan menghubungkan setiap modul ke pin Arduino sesuai konfigurasi rangkaian, kemudian dilakukan pemrograman menggunakan Arduino IDE untuk mengamati respons perangkat terhadap perintah yang diberikan. Pendekatan pengujian bertahap seperti ini umum digunakan dalam pengembangan sistem berbasis mikrokontroler karena mampu

mempermudah identifikasi kesalahan pada setiap modul sebelum dilakukan integrasi sistem secara menyeluruh (Santoso, 2015). Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh perangkat berhasil melakukan komunikasi dengan Arduino Uno tanpa ditemukan kegagalan inisialisasi maupun kesalahan pembacaan data selama proses validasi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa rancangan perangkat keras dan perangkat lunak telah membentuk sistem yang stabil sehingga layak dilanjutkan pada tahap evaluasi masing-masing komponen.

Hasil pengujian Arduino Uno terhadap seluruh perangkat masukan dan keluaran menunjukkan bahwa setiap modul mampu menjalankan fungsi sesuai skenario yang telah dirancang. Arduino berhasil mengendalikan LCD I2C sebagai media tampilan informasi, membaca data suhu melalui sensor DHT11, menerima sinyal dari sensor PIR, menjalankan penjadwalan menggunakan RTC DS3231, mengaktifkan relay untuk mengendalikan pompa air, serta memberikan peringatan melalui buzzer. Ringkasan hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Arduino Uno

No	Pengujian Input	Skenario Pengujian	Output	Keterangan
1	LCD I2C	Arduino mengirimkan data ke LCD	LCD menyala	Valid
2	Sensor DHT11	Arduino membaca suhu	Suhu terbaca	Valid
3	Sensor PIR	Arduino membaca gerakan	Gerakan terdeteksi	Valid
4	RTC DS3231	Arduino menjalankan jadwal penyiraman	Jadwal berjalan	Valid
5	Buzzer	Arduino memberikan sinyal	Buzzer berbunyi	Valid
6	Relay	Arduino mengendalikan arus pompa	Relay aktif	Valid

Data pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa seluruh modul memperoleh status valid, yang menunjukkan tidak adanya kegagalan komunikasi antara Arduino Uno dan perangkat pendukung selama proses pengujian. Keberhasilan tersebut mengindikasikan bahwa konfigurasi pin, penyusunan program, serta integrasi perangkat telah sesuai dengan kebutuhan sistem otomasi yang dikembangkan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Barri et al. (2022) yang melaporkan bahwa keberhasilan komunikasi antarmodul merupakan prasyarat utama agar sistem penyiraman otomatis dapat beroperasi secara stabil. Hasil tersebut juga memperlihatkan bahwa penggunaan Arduino Uno masih memberikan tingkat kompatibilitas yang tinggi terhadap berbagai sensor dan aktuator pada sistem penyiraman tanaman otomatis (Pratama, 2022). Stabilitas komunikasi antarkomponen menjadi dasar penting bagi keberhasilan pengujian lanjutan pada masing-masing sensor dan aktuator yang digunakan dalam penelitian ini.

Pengujian berikutnya difokuskan pada modul LCD I2C untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam menampilkan informasi hasil pembacaan sensor dan status operasi perangkat secara real-time. LCD berfungsi sebagai antarmuka utama antara sistem dan pengguna sehingga keakuratan tampilan informasi menjadi faktor penting dalam proses monitoring. Modul dihubungkan melalui jalur komunikasi I²C pada pin SDA dan SCL Arduino Uno, kemudian diprogram menggunakan pustaka yang sesuai agar mampu menampilkan data suhu, waktu, serta status penyiraman. Implementasi antarmuka berbasis LCD masih banyak digunakan pada sistem otomasi karena memiliki konsumsi daya rendah, proses komunikasi yang sederhana, dan tingkat keterbacaan yang baik pada berbagai kondisi lingkungan (Fuadi & Candra, 2020). Dokumentasi hasil pengujian LCD ditunjukkan pada Gambar 8, sedangkan hasil validasinya disajikan pada Tabel 2, yang menunjukkan bahwa modul berhasil menampilkan informasi sesuai dengan data yang diterima dari mikrokontroler. Keberhasilan fungsi tampilan ini memperkuat kemampuan sistem dalam menyediakan informasi operasional secara langsung kepada pengguna selama proses penyiraman berlangsung.

Dokumentasi hasil pengujian modul LCD I2C ditampilkan pada Gambar 8, sedangkan hasil validasi fungsi disajikan pada Tabel 2. Pengujian memperlihatkan bahwa LCD berhasil menampilkan informasi sesuai dengan data yang dikirimkan oleh Arduino Uno tanpa ditemukan keterlambatan tampilan maupun kesalahan karakter selama proses pengamatan. Kinerja tersebut menunjukkan bahwa komunikasi melalui antarmuka I²C berlangsung stabil sehingga informasi suhu, waktu, dan status penyiraman dapat dipantau secara langsung oleh pengguna. Kemampuan menampilkan data secara real-

time menjadi salah satu aspek penting dalam sistem otomasi karena memudahkan proses pemantauan dan identifikasi kondisi perangkat ketika beroperasi. Hasil ini memiliki kesesuaian dengan penelitian Gultom dan Sirait (2022) yang menyatakan bahwa media tampilan merupakan komponen penting dalam sistem monitoring tanaman karena meningkatkan kemudahan observasi terhadap kondisi lingkungan budidaya. Stabilitas tampilan LCD juga mendukung proses pengambilan keputusan ketika sistem mendeteksi perubahan kondisi lingkungan yang memerlukan respons penyiraman.



Gambar 8. Pengujian LCD I2C

Tabel 2. Hasil Pengujian LCD I2C

No	Modul	Hasil	Keterangan
1	LCD I2C	Menyala	Berhasil

Pengujian berikutnya dilakukan terhadap sensor DHT11 untuk mengevaluasi kemampuan sensor dalam membaca suhu udara di sekitar tanaman sebagai salah satu parameter pengendalian penyiraman otomatis. Sensor dihubungkan pada pin digital Arduino Uno dan diprogram agar mengirimkan data suhu secara berkala ke mikrokontroler untuk kemudian ditampilkan melalui LCD. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sensor mampu membaca perubahan suhu secara konsisten selama proses pengujian berlangsung sehingga sistem dapat menjalankan logika penyiraman tambahan ketika suhu melebihi batas yang telah ditentukan. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa DHT11 mampu mendukung mekanisme pengendalian berbasis kondisi lingkungan, meskipun akurasinya masih berada pada tingkat sensor kelas dasar yang umum digunakan pada prototipe penelitian (Effendi et al., 2022). Pemanfaatan parameter suhu sebagai dasar aktivasi penyiraman juga memberikan pendekatan yang lebih adaptif dibandingkan sistem yang hanya mengandalkan penjadwalan waktu. Dokumentasi hasil pengujian sensor DHT11 ditunjukkan pada Gambar 9, sedangkan hasil validasinya disajikan pada Tabel 3.



Gambar 9. Pengujian Sensor DHT11

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor DHT11

No	Modul	Hasil	Keterangan
1	Sensor DHT11	Suhu terbaca	Berhasil

Data pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa sensor DHT11 berhasil membaca suhu lingkungan sesuai dengan kondisi aktual selama pengujian. Keberhasilan tersebut memperlihatkan bahwa data yang diterima Arduino dapat digunakan sebagai dasar dalam proses pengambilan keputusan penyiraman otomatis ketika terjadi peningkatan suhu lingkungan. Pendekatan ini memiliki relevansi terhadap kebutuhan budidaya anggrek karena perubahan suhu berpengaruh terhadap proses transpirasi dan kebutuhan air tanaman (Ulinuha & Noor, 2023). Penelitian Aminah et al. (2022) juga menunjukkan bahwa pemantauan suhu dan kelembapan udara merupakan komponen penting dalam sistem kendali lingkungan tanaman anggrek berbasis otomatisasi. Integrasi sensor DHT11 pada penelitian ini memberikan fungsi tambahan berupa respons adaptif terhadap perubahan suhu tanpa memerlukan intervensi pengguna selama sistem beroperasi. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa sistem tidak hanya bekerja berdasarkan jadwal tetap, tetapi juga mempertimbangkan dinamika lingkungan sebagai bagian dari logika kendali.

Pengujian sensor Passive Infrared (PIR) HC-SR501 dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sensor dalam mendeteksi keberadaan manusia pada area penyiraman. Sensor dipasang menghadap area operasional prototipe sehingga setiap pergerakan yang memasuki jangkauan deteksi dapat diterjemahkan menjadi sinyal digital menuju Arduino Uno. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi objek bergerak secara konsisten sehingga sistem dapat memberikan respons berupa penundaan aktivasi pompa ketika terdapat aktivitas manusia di sekitar area penyiraman. Dokumentasi proses pengujian sensor PIR HC-SR501 ditampilkan pada Gambar 10, sedangkan ringkasan hasil validasi fungsi sensor disajikan pada Tabel 4. Kemampuan tersebut menunjukkan bahwa sensor PIR bekerja sesuai dengan logika pengendalian yang telah diprogram dan mampu mendukung aspek keselamatan operasional sistem. Implementasi sensor PIR sebagai mekanisme pengaman memberikan nilai tambah dibandingkan rancangan penyiraman otomatis yang hanya mengandalkan parameter lingkungan sebagai dasar pengambilan keputusan (Totu et al., 2021).



Gambar 10. Pengujian Sensor Passive Infrared (PIR) HC-SR501

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor PIR

No	Modul	Hasil	Keterangan
1	Sensor PIR	Gerakan terdeteksi	Berhasil

Hasil pada Tabel 4 menunjukkan bahwa sensor PIR mampu mendeteksi aktivitas manusia secara konsisten sehingga logika penundaan penyiraman dapat dijalankan sesuai program. Integrasi fungsi tersebut meningkatkan aspek keamanan operasional karena pompa tidak langsung aktif ketika terdapat pengguna di sekitar area penyiraman. Temuan ini memperluas fungsi sistem penyiraman otomatis yang sebelumnya lebih banyak difokuskan pada pemantauan kondisi tanaman menjadi sistem yang juga mempertimbangkan interaksi antara perangkat dan pengguna. Pendekatan serupa masih relatif jarang diterapkan pada penelitian penyiraman tanaman anggrek, yang umumnya lebih menitikberatkan pada pemanfaatan sensor kelembapan atau sistem monitoring berbasis Internet of Things (Chunafa, 2021). Dari sisi implementasi, penambahan sensor PIR tidak meningkatkan kompleksitas rangkaian secara signifikan, tetapi memberikan peningkatan fungsi yang cukup nyata terhadap mekanisme kerja sistem. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa rancangan yang dikembangkan memiliki nilai praktis yang lebih tinggi untuk diterapkan pada lingkungan budidaya anggrek yang sering dikunjungi pengguna, seperti kios tanaman maupun rumah kaca skala kecil.

Hasil Pengujian Kendali Otomatis Penyiraman

Pengujian kendali otomatis dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengendalikan proses penyiraman berdasarkan logika yang telah diprogram pada Arduino Uno. Tahap pengujian difokuskan pada sinkronisasi antara modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231, relay, dan buzzer sebagai komponen utama yang menentukan keberhasilan mekanisme penyiraman otomatis. Sistem dijalankan mengikuti jadwal penyiraman yang telah ditetapkan, yaitu pukul 07.00 WIB dan 19.00 WIB, kemudian diamati respons setiap aktuator terhadap perubahan kondisi yang diterima mikrokontroler. Pengujian ini juga memastikan bahwa setiap proses berlangsung secara berurutan mulai dari pembacaan waktu, pemrosesan data, hingga aktivasi pompa dan pemberian informasi kepada pengguna. Penggunaan modul RTC sebagai pengendali waktu banyak diterapkan pada sistem otomasi karena memiliki tingkat kestabilan yang tinggi dalam mempertahankan akurasi penjadwalan meskipun perangkat mengalami siklus hidup dan mati (*power cycle*) (Auliany et al., 2023). Hasil pengujian memperlihatkan bahwa mekanisme kendali otomatis mampu dijalankan sesuai logika yang telah diprogram sehingga sistem dapat beroperasi tanpa intervensi pengguna.

Pengujian pertama dilakukan terhadap modul RTC DS3231 untuk memverifikasi ketepatan pembacaan waktu sekaligus memastikan jadwal penyiraman dijalankan sesuai konfigurasi program. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa modul mampu mempertahankan sinkronisasi waktu selama proses pengujian sehingga pompa aktif pada jadwal yang telah ditentukan tanpa mengalami keterlambatan maupun percepatan aktivasi. Dokumentasi hasil pengujian modul RTC diperlihatkan pada Gambar 11, sedangkan hasil validasinya dirangkum pada Tabel 5.



Gambar 11. Pengujian Modul Real Time Clock DS3231

Tabel 5. Hasil Pengujian Modul RTC DS3231

No	Modul	Hasil	Keterangan
1	RTC DS3231	Terbaca	Berhasil

Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa modul RTC DS3231 berhasil menjalankan fungsi penjadwalan sesuai dengan waktu yang telah diprogram pada sistem. Ketepatan pembacaan waktu menjadi komponen penting karena keberhasilan proses penyiraman otomatis bergantung pada sinkronisasi antara modul RTC dan Arduino Uno. Kinerja tersebut menunjukkan bahwa modul mampu mempertahankan kestabilan operasi selama proses pengujian tanpa ditemukan kesalahan pembacaan waktu. Hasil ini sejalan dengan penelitian Ramadhan et al. (2023) yang menyatakan bahwa modul RTC memberikan akurasi penjadwalan yang baik pada sistem penyiraman otomatis berbasis mikrokontroler. Stabilitas jadwal penyiraman juga mendukung kebutuhan budidaya anggrek yang memerlukan pemberian air secara konsisten sesuai kondisi lingkungan tumbuhnya (Nurwahyuni, 2022). Keberhasilan pengujian modul RTC menjadi dasar bagi pengujian aktuator berikutnya yang berperan langsung dalam mengendalikan proses penyiraman tanaman.

Pengujian berikutnya dilakukan pada modul relay sebagai komponen pengendali utama yang berfungsi menghubungkan sistem kendali Arduino Uno dengan pompa air sebagai aktuator penyiraman. Relay diuji untuk mengetahui kemampuan sistem dalam memberikan respons terhadap perintah yang dikirimkan oleh mikrokontroler ketika kondisi penyiraman telah terpenuhi. Berdasarkan hasil pengamatan, relay mampu menerima sinyal keluaran dari Arduino Uno dan mengaktifkan pompa air sesuai dengan instruksi program yang telah ditentukan. Proses aktivasi relay menunjukkan bahwa rangkaian pengendalian daya antara sistem elektronik dan perangkat mekanik dapat berjalan secara stabil selama proses pengujian. Penggunaan relay pada sistem otomasi penyiraman menjadi komponen penting karena mampu memberikan pemisahan antara rangkaian kontrol bertegangan rendah dengan rangkaian beban yang membutuhkan daya lebih besar (Sujana, 2024). Keberhasilan pengujian relay

menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan untuk mengendalikan proses penyiraman secara otomatis berdasarkan keputusan yang dihasilkan oleh mikrokontroler.

Dokumentasi pengujian relay ditampilkan pada Gambar 12, sedangkan hasil pengujian fungsi relay disajikan pada Tabel 6. Pengujian dilakukan dengan memberikan perintah aktivasi melalui Arduino Uno untuk mengamati respons relay terhadap perubahan kondisi logika sistem. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa relay mampu mengaktifkan pompa air ketika menerima sinyal keluaran dari mikrokontroler sehingga mekanisme penyiraman dapat berlangsung sesuai rancangan.



Gambar 12. Pengujian Relay

Tabel 6. Hasil Pengujian Relay

No	Modul	Hasil	Keterangan
1	Relay	Mengaktifkan pompa	Berhasil

Berdasarkan Tabel 6, relay berhasil menjalankan fungsi sebagai sakelar elektronik yang mengatur aliran daya menuju pompa air. Keberhasilan tersebut menunjukkan bahwa sistem kendali telah mampu menerjemahkan keputusan perangkat lunak menjadi aksi mekanis melalui aktuator yang digunakan. Integrasi antara Arduino Uno, relay, dan pompa air menjadi bagian penting dalam sistem penyiraman otomatis karena menentukan keberhasilan distribusi air kepada tanaman. Penelitian mengenai sistem penyiraman berbasis mikrokontroler juga menunjukkan bahwa keandalan aktuator memiliki pengaruh besar terhadap performa keseluruhan sistem karena kegagalan pada tahap aktivasi pompa dapat menyebabkan proses penyiraman tidak berjalan meskipun sensor telah memberikan data yang sesuai (Effendi et al., 2022). Hasil pengujian ini memperlihatkan bahwa rancangan perangkat mampu menjaga kesinambungan antara proses deteksi kondisi lingkungan dan tindakan penyiraman. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem telah memiliki mekanisme kendali yang sesuai untuk mendukung proses pemeliharaan tanaman anggrek secara otomatis.

Pengujian terakhir pada rangkaian kendali dilakukan terhadap modul buzzer yang berfungsi sebagai indikator suara ketika sistem mengalami kondisi tertentu selama proses operasi. Buzzer dihubungkan langsung dengan pin digital Arduino Uno dan diprogram untuk menghasilkan sinyal suara sebagai bentuk pemberitahuan kepada pengguna. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa buzzer mampu menghasilkan suara “BIP” ketika menerima instruksi dari mikrokontroler sehingga fungsi pemberitahuan dapat berjalan dengan baik. Keberadaan indikator suara memberikan tambahan informasi bagi pengguna mengenai status sistem tanpa harus selalu memperhatikan tampilan LCD secara langsung. Implementasi indikator tambahan seperti buzzer sering digunakan pada sistem otomasi karena mampu meningkatkan interaksi antara perangkat dan pengguna melalui pemberian notifikasi secara langsung (Pratama, 2022). Hasil tersebut memperlihatkan bahwa komponen keluaran pada sistem tidak hanya berfungsi sebagai penggerak proses penyiraman, tetapi juga mendukung aspek monitoring dan kemudahan penggunaan perangkat.

Hasil pengujian buzzer diperlihatkan pada Gambar 13, sedangkan hasil validasi fungsi buzzer dirangkum dalam Tabel 7. Pengujian dilakukan dengan memberikan kondisi pemicu dari Arduino Uno untuk memastikan bahwa modul mampu memberikan respons suara sesuai dengan program yang telah dibuat.



Gambar 13. Pengujian Buzzer

Tabel 7. Hasil Pengujian Buzzer

No	Modul	Hasil	Keterangan
1	Buzzer	Berbunyi “BIP”	Berhasil

Hasil pada Tabel 7 menunjukkan bahwa seluruh mekanisme kendali otomatis yang terdiri atas RTC DS3231, relay, dan buzzer telah berhasil diuji dan memberikan respons sesuai fungsi masing-masing. Integrasi ketiga komponen tersebut membentuk rangkaian kendali yang mampu mengatur waktu penyiraman, mengaktifkan pompa, serta memberikan informasi kepada pengguna selama sistem bekerja. Sistem yang dikembangkan memiliki kesesuaian dengan konsep otomasi pertanian yang menekankan kemampuan perangkat dalam mengambil keputusan berdasarkan parameter yang telah ditentukan sebelumnya (Rante, 2024). Keberhasilan pengujian ini memperkuat bahwa prototipe tidak hanya mampu melakukan pembacaan data sensor, tetapi juga mampu menghasilkan tindakan otomatis melalui perangkat keluaran. Hasil tersebut menjadi dasar untuk melakukan evaluasi menyeluruh terhadap performa sistem penyiraman otomatis pada tahap analisis kinerja berikutnya.

Evaluasi Kinerja Sistem Penyiraman Otomatis

Evaluasi kinerja sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan keseluruhan prototipe dalam menjalankan mekanisme penyiraman tanaman anggrek berdasarkan integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan aktuator. Tahap evaluasi ini mencakup pengamatan terhadap respons sistem ketika menerima masukan dari sensor suhu DHT11, sensor gerak PIR HC-SR501, serta pengaturan waktu melalui RTC DS3231. Pengujian dilakukan dengan mengamati kesesuaian antara kondisi masukan, proses pengolahan data pada Arduino Uno, dan keluaran sistem berupa aktivasi pompa air. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan penyiraman sesuai jadwal yang telah ditetapkan serta memberikan respons tambahan ketika terjadi perubahan kondisi lingkungan. Pendekatan pengendalian berbasis kombinasi waktu dan kondisi lingkungan memberikan fleksibilitas lebih tinggi dibandingkan sistem yang hanya menggunakan satu parameter kendali (Ihwan et al., 2024). Integrasi beberapa parameter tersebut memungkinkan sistem bekerja lebih adaptif terhadap kebutuhan tanaman sehingga potensi kesalahan akibat penyiraman yang tidak sesuai dapat diminimalkan.

Pengujian kinerja dilakukan melalui beberapa skenario operasional untuk memastikan bahwa setiap kondisi yang dirancang dalam program dapat menghasilkan respons yang sesuai. Skenario pertama dilakukan pada kondisi normal ketika waktu penyiraman telah mencapai jadwal yang ditentukan, sedangkan skenario kedua dilakukan ketika suhu lingkungan melebihi batas 32°C. Skenario ketiga dilakukan dengan memberikan kondisi adanya aktivitas manusia pada area penyiraman untuk menguji fungsi sensor PIR sebagai mekanisme pengaman sistem. Hasil pengujian terhadap beberapa kondisi tersebut dirangkum pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Kinerja Sistem Berdasarkan Kondisi Operasi

No	Kondisi Pengujian	Input Sistem	Respons Sistem	Status
1	Waktu penyiraman pagi	RTC menunjukkan pukul 07.00 WIB	Pompa melakukan penyiraman aktif	Berhasil
2	Waktu penyiraman malam	RTC menunjukkan pukul 19.00 WIB	Pompa melakukan penyiraman aktif	Berhasil
3	Suhu lingkungan tinggi	DHT11 membaca suhu >32°C	Sistem memberikan respons penyiraman tambahan	Berhasil
4	Terdapat aktivitas manusia	Sensor PIR mendeteksi gerakan	Penyiraman ditunda sementara	Berhasil

Berdasarkan Tabel 8, sistem mampu memberikan respons yang sesuai terhadap seluruh skenario pengujian yang telah ditentukan. Keberhasilan tersebut menunjukkan bahwa algoritma kendali yang diterapkan pada Arduino Uno mampu mengintegrasikan beberapa parameter masukan menjadi keputusan penyiraman yang terstruktur. Mekanisme penyiraman berdasarkan waktu memberikan konsistensi pemberian air, sedangkan respons terhadap suhu dan keberadaan manusia memberikan kemampuan adaptasi terhadap kondisi lingkungan sekitar. Sistem berbasis sensor seperti ini memiliki keunggulan dibandingkan metode manual karena mampu mengurangi ketergantungan terhadap keterlibatan manusia dalam pemeliharaan tanaman (Aminah et al., 2022). Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa penambahan sensor PIR memberikan karakteristik berbeda dibandingkan penelitian sebelumnya yang lebih banyak menggunakan sensor kelembapan tanah sebagai parameter utama pengendalian penyiraman (Barri et al., 2022). Kombinasi antara sensor waktu dan sensor gerak pada penelitian ini memberikan pendekatan alternatif dalam pengembangan sistem penyiraman tanaman anggrek yang mempertimbangkan aspek teknis dan kenyamanan pengguna.

Kinerja sistem yang dikembangkan memiliki relevansi terhadap kebutuhan budidaya tanaman anggrek karena tanaman tersebut memerlukan pengelolaan air yang stabil dan tidak berlebihan. Penyiraman dengan interval yang sesuai dapat membantu mempertahankan kondisi pertumbuhan tanaman, sedangkan pemberian air yang tidak terkendali berpotensi mengganggu keseimbangan kelembapan media tanam (Ulinuha & Noor, 2023). Hasil implementasi prototipe memperlihatkan bahwa sistem mampu menyediakan mekanisme pengairan yang lebih teratur melalui pengaturan waktu otomatis dan pemantauan kondisi lingkungan. Pendekatan ini mendukung perkembangan konsep *smart farming* skala kecil yang memanfaatkan teknologi mikrokontroler untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan tanaman. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan sistem otomatis pada budidaya tanaman dapat membantu mengurangi beban operasional pengguna serta meningkatkan konsistensi pemeliharaan tanaman (Ismail et al., 2024). Temuan tersebut memperkuat bahwa prototipe yang dikembangkan memiliki potensi untuk diterapkan pada lingkungan budidaya anggrek seperti rumah tanaman maupun kios tanaman hias.

Dari perspektif rekayasa sistem, keberhasilan prototipe tidak hanya ditentukan oleh kemampuan masing-masing komponen, tetapi juga oleh efektivitas integrasi perangkat keras dan perangkat lunak dalam menghasilkan keputusan otomatis. Pengujian seluruh modul menunjukkan bahwa Arduino Uno mampu berfungsi sebagai pusat kendali yang menerima data sensor, melakukan pemrosesan logika, dan mengatur keluaran sistem secara berurutan. Konsep integrasi tersebut sejalan dengan pengembangan perangkat penyiraman otomatis berbasis mikrokontroler yang menempatkan unit pemrosesan sebagai elemen utama dalam menghubungkan sensor dan aktuator (Aditya et al., 2024). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rancangan sistem memiliki keunggulan pada aspek kesederhanaan arsitektur, kemudahan implementasi, dan kemampuan adaptasi terhadap kondisi operasional. Walaupun masih berupa prototipe, sistem telah menunjukkan karakteristik fungsional yang memenuhi kebutuhan dasar otomatisasi penyiraman tanaman anggrek. Evaluasi ini memberikan gambaran bahwa pendekatan kombinasi sensor waktu dan sensor gerak dapat menjadi alternatif pengembangan sistem penyiraman otomatis yang lebih responsif.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa alat penyiram tanaman anggrek otomatis berbasis Arduino Uno berhasil menjalankan fungsi utama berupa pengaturan waktu penyiraman, deteksi kondisi lingkungan, pengendalian pompa air, serta pemberian informasi kepada pengguna. Sistem mampu mempertahankan hubungan kerja antara komponen input, pemrosesan, dan output sehingga menghasilkan proses penyiraman yang berjalan sesuai rancangan. Keberhasilan validasi setiap komponen menunjukkan bahwa prototipe memiliki tingkat kesiapan operasional yang baik untuk dikembangkan lebih lanjut pada penelitian berikutnya. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa pemanfaatan teknologi mikrokontroler dapat menjadi solusi praktis dalam mengatasi keterbatasan waktu pengguna dalam melakukan perawatan tanaman anggrek. Pengembangan lanjutan dapat diarahkan pada penambahan konektivitas Internet of Things (IoT), peningkatan akurasi sensor, serta pengujian pada variasi lingkungan budidaya yang lebih luas. Pendekatan tersebut berpotensi meningkatkan kemampuan sistem menuju perangkat pertanian cerdas yang lebih efisien dan adaptif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa purwarupa sistem penyiraman otomatis tanaman anggrek berbasis Arduino Uno berhasil dikembangkan dengan mengintegrasikan sensor waktu, sensor suhu, dan sensor gerak sebagai komponen pengendali utama. Sistem mampu melakukan pembacaan suhu lingkungan menggunakan sensor DHT11 dan menampilkan informasi kondisi tersebut melalui LCD secara real-time sehingga pengguna dapat memantau keadaan sekitar tanaman. Mekanisme penyiraman otomatis dapat berjalan ketika sensor mendeteksi suhu lingkungan melebihi batas 32°C sesuai dengan logika program yang telah ditanamkan pada mikrokontroler. Selain respons terhadap kondisi lingkungan, sistem juga mampu menjalankan penyiraman berdasarkan pengaturan waktu melalui modul RTC DS3231 pada jadwal yang telah ditentukan, yaitu pukul 07.00 WIB dan 19.00 WIB. Hasil pengujian setiap komponen menunjukkan bahwa Arduino Uno, sensor DHT11, sensor PIR HC-SR501, RTC DS3231, relay, pompa air, LCD, dan buzzer dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang. Integrasi antarperangkat tersebut menghasilkan mekanisme kendali yang mampu mengurangi ketergantungan terhadap penyiraman manual serta meningkatkan efisiensi pemeliharaan tanaman anggrek. Sistem yang dikembangkan menunjukkan bahwa penerapan teknologi mikrokontroler dapat menjadi alternatif solusi dalam mendukung proses perawatan tanaman hias secara otomatis dan terkontrol.

Berdasarkan evaluasi kinerja sistem, alat penyiram otomatis yang dikembangkan mampu memberikan informasi operasional kepada pengguna melalui tampilan LCD ketika proses penyiraman akan berlangsung maupun ketika sensor mendeteksi adanya aktivitas manusia di sekitar area tanaman. Sensor PIR HC-SR501 berhasil memberikan respons terhadap keberadaan gerakan sehingga sistem dapat mempertimbangkan kondisi lingkungan sekitar sebelum mengaktifkan pompa penyiraman. Fitur tersebut memberikan nilai tambah karena sistem tidak hanya berorientasi pada kebutuhan air tanaman, tetapi juga memperhatikan aspek kenyamanan dan keamanan pengguna saat perangkat beroperasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh skenario yang dirancang, mulai dari pembacaan sensor hingga aktivasi aktuator, dapat berjalan sesuai dengan rancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Purwarupa ini memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut melalui penambahan sistem monitoring berbasis Internet of Things, peningkatan akurasi sensor, serta pengujian pada lingkungan budidaya yang lebih beragam. Pengembangan lanjutan tersebut dapat memperluas penerapan sistem menuju konsep pertanian cerdas yang lebih adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem penyiraman otomatis tanaman anggrek yang sederhana, fungsional, dan mampu mendukung efisiensi pengelolaan tanaman hias.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, L., Santosa, S. P., Triyanto, B. F., Pratama, A. B., & Fadhilah, A. S. (2024). Penerapan Alat Penyiram Otomatis Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Energi Surya Dalam Mendukung Program Kampung Sejuta Anggrek Di Kelurahan Baru, Jakarta Timur. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik*, 6(2), 98-105. <https://doi.org/10.24853/jpmt.6.2.98-105>
- Aminah, S., Rismawan, T., Suhardi, S., & Triyanto, D. (2022). Sistem Pemantauan dan Kendali Kelembapan Udara Pada Budi Daya Bunga Anggrek Berbasis Internet of Things. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(6), 2081. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i6.5250>

- Auliany, S. R., Lumbantoruan, T. D. W., & Rusdi, M. (2023). Rancang Bangun Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Timer Dengan Sensor YI-69 Berbasis Internet Of Things (IOT). *Konferensi Nasional Social Dan Engineering Politeknik Negeri Medan*, 4(1), 483–490. <https://doi.org/10.51510/konsep.v4i1.1263>
- Barokah, M., Dewi, F. L. S., & Rahmawati, A. (2024). Dampak Keseimbangan Air terhadap Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit (Elaeis guineensis): Review Literature. *Agritechpedia*, 2(01), 48–54. <https://journal.eduartpia.id/index.php/agritechpedia/article/view/83>
- Barri, M. H., Pramudita, B. A., & Wirawan, A. P. (2022). Prototipe Sistem Penyiram Tanaman Otomatis dengan Sensor Soil Moisture dan Sensor DHT11. *ELECTROPS Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 1(1), 9-15. <http://dx.doi.org/10.30872/electrops.v1i1.9373>
- Chunafa, D. (2021). *Rancang Bangun Alat Sistem Monitoring Tanaman Anggrek dan Penyiraman Otomatis Berbasis Internet of Things* (Doctoral dissertation, Politeknik Harapan Bersama Tegal). <https://repository.harkatnegeri.ac.id/340/>
- Effendi, N., Ramadhani, W., & Farida, F. (2022). Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah Berbasis IoT. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, 3(2), 91–98. <https://doi.org/10.37859/coscitech.v3i2.3923>
- Fuadi, S., & Candra, O. (2020). Prototype Alat Penyiram Tanaman Otomatis dengan Sensor Kelembaban dan Suhu Berbasis Arduino. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(1), 21–25. <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i1.12>
- Gultom, V. V., & Sirait, R. (2022). Rancang Bangun Alat Monitoring Tanaman Anggrek Menggunakan ESP32 Cam Dan Arduino Uno Berbasis IOT. *Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi*, 2(2), 1-13. <https://ojs.polmed.ac.id/index.php/TRekRiTel/article/view/1750>
- Ihwan, R., Kartini, U. T., Rijanto, T., & Baskoro, F. (2024). Monitoring and Control System Watering Orchid Plants Based on Weather Data. *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, 7(1). <https://doi.org/10.26740/inajet.v7n1.p27-35>
- Ismail, M., Arifin, B., Nugroho, A. A., Jati, B. P., & Hapsari, J. P. (2024). Pemberdayaan Kelompok Tani Green House Desa Manggihan Getasan Melalui Penerapan Smart Farming Menggunakan Energi Terbarukan. *Indonesian Journal of Community Services*, 6(1), 8-15. <https://dx.doi.org/10.30659/ijocs.6.1.8-15>
- Nurwahyuni, S. (2022). *Budidaya Dan Perawatan Tanaman Anggrek Dendrobium Di Kebun Anggrek Imelda Florist, Sumatera Utara*. <https://repository.wbi.ac.id/handle/123456789/683?locale-attribute=en>
- Pratama, A. H., & Ismail, M. (2026). Studi Perancangan Perangkat Hidroponik TANI-V1 Menggunakan Solar Panel dan Mikrokontroler di SMAN 12 Palembang. *CYCLOTRON*, 9(01), 79–86. <https://doi.org/10.30651/ct.v9i01.29009>
- Pratama, G. Y. (2022). *Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Dan Modul Bluetooth Hc-05 Dengan Sensor Soil Moisture Yl69* (Doctoral dissertation, UniversitasBuddhiDharma). <https://repository.buddhidharma.ac.id/1531/>
- Raffel, A. (2024). *Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis dengan Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Berbasis Internet of Things (IoT)* (Doctoral dissertation, Universitas Widya Kartika). <https://repository.widyakartika.ac.id/3452/>
- Ramadhan, I. S., Martias, Sastra, R., & Iqbal, M. (2023). Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Arduino Uno dan NodeMCU . *INSANtek*, 4(1), 12-17. <https://doi.org/10.31294/instk.v4i1.2021>
- Rante, J. S. (2024). Implementation Of New Energy In Monitoring The Design And Construction Of Plant Watering Systems. *Journal of Information Technology, computer science and Electrical Engineering*, 1(3), 36-45. <https://doi.org/10.61306/jitcse.v1i3.74>
- Santoso, Hari. 2015. *Panduan Praktis Arduino untuk Pemula*.
- Sujana, N. (2024). Perancangan Sistem Penyiram Tanaman Otomatis dengan sensor Kelembaban Berbasis Arduino Uno. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(4), 17-30. <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i4.12339>
- Syahputra, A. B., & Ulinuha, A. (2025). Integrasi Komponen Elekonika Berbasis ESP32 dan Sensor Kelembapan untuk Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Anggrek. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 14(1), 47-55. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v14i1.93007>

- Totu, Julius., Susanti, E., & Gunoto, P. (2021). Perancangan Alat Saving Energy Menggunakan Sensor Pir Hc- Sr501 Pada Ruang Kelas Universitas Riau Kepulauan. *Sigma Teknika*, 4(1), 127–37. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v4i1.3219>
- Ulinnuha, Z., & Noor, F. (2023). Pengaruh Kelembaban Media Terhadap Pertumbuhan dan Transpirasi Lima Varietas Anggrek Dendrobium. *AGROMIX*, 14(1), 96–103. <https://doi.org/10.35891/agx.v14i1.3014>
- Widhi, H. N., & Winarno, H. (2014). Sistem penyiraman tanaman anggrek menggunakan sensor kelembaban dengan program borland delphi 7 berbasis modul arduino Uno R3. *Gema Teknologi*, 18(1), 41-45. <https://doi.org/10.14710/gt.v18i1.8807>
- Zahira, S. N. (2021). *Sistem Informasi Monitoring Tanaman Anggrek Dan Penyiraman Otomatis* (Doctoral dissertation, Politeknik Harapan Bersama Tegal). <https://repository.harkatnegeri.ac.id/348/>