



Rancang Bangun Sistem Smart Farming Tanaman Selada Berbasis Internet of Things

¹Andy Lukman Affandy, ²Abdul Latief Arda, ³Guntur, ⁴Syamsu Alam, ⁵A.Edeth Fuari Anatasya, ⁶Wiwin Heriadi

^{1,3,4} Program Studi Sistem Komputer, Universitas Handayani Makassar, Indonesia

² Program Studi Pascasarjan Sistem Komputer, Universitas Handayani Makassar, Indonesia

⁵ Program Studi Sistem Informasi, Universitas Handayani Makassar, Indonesia
Program Studi Teknik Informatika, Universitas Handayani Makassar

luckyxco@gmail.com, abdullatief@handayani.ac.id, guntur@handayani.ac.id, syamsulalam@handayani.ac.id,
Edethanatasya@handayani.ac.id, wiwin.heriadi@gmail.com

ABSTRAK

Tanaman selada merupakan salah satu komoditas hortikultura yang membutuhkan kondisi kelembaban tanah dan lingkungan yang optimal untuk mendukung pertumbuhan yang baik. Monitoring dan penyiraman tanaman secara manual memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi dan akurasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem smart farming selada berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu melakukan monitoring kondisi lingkungan dan kontrol penyiraman secara otomatis. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali, sensor soil moisture untuk mengukur kelembaban tanah, sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, serta relay dan pompa air sebagai aktuator penyiraman otomatis. Data sensor dikirimkan ke platform IoT melalui jaringan WiFi untuk ditampilkan secara real-time pada perangkat pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca kelembaban tanah dengan rentang 14,5% hingga 63,4% dan suhu lingkungan antara 26,5°C hingga 28,5°C. Sistem mampu mengaktifkan pompa air secara otomatis ketika kelembaban tanah di bawah 40% dan mematikannya ketika kelembaban tanah telah mencapai nilai yang ditentukan. Selain itu, sistem mampu mengirimkan data ke platform IoT secara real-time dengan stabil. Berdasarkan hasil pengujian, sistem yang dikembangkan mampu melakukan monitoring dan kontrol penyiraman tanaman selada secara otomatis dan real-time, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan tanaman.

Kata kunci: Smart farming, IoT, ESP32, kelembaban tanah, selada

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai sektor, termasuk pertanian. IoT memungkinkan integrasi sensor, perangkat komunikasi, dan sistem pemrosesan data untuk memonitor kondisi lingkungan secara real-time dan meningkatkan efisiensi sistem pertanian modern [1], [2]. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, petani dapat memantau kondisi tanaman secara otomatis, sehingga membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat [3], [4].

Tanaman selada merupakan salah satu tanaman hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dibudidayakan. Pertumbuhan tanaman selada sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, khususnya suhu dan kelembaban tanah. Kondisi lingkungan yang tidak optimal dapat menyebabkan penurunan kualitas dan produktivitas tanaman [5], [6]. Oleh karena itu, monitoring kondisi lingkungan tanaman secara real-time sangat penting untuk memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal.



Metode monitoring konvensional yang dilakukan secara manual memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi dan akurasi. Monitoring manual tidak dapat dilakukan secara terus-menerus dan berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi perubahan kondisi lingkungan [7], [8]. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring otomatis berbasis teknologi IoT untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi monitoring kondisi tanaman [9].

IoT memungkinkan perangkat sensor untuk mengumpulkan data lingkungan seperti kelembaban tanah dan suhu secara real-time dan mengirimkan data tersebut ke cloud untuk dipantau secara jarak jauh [10], [11]. Teknologi ini telah banyak digunakan dalam smart farming untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan meningkatkan produktivitas tanaman [12], [13]. Penggunaan sensor soil moisture dan sensor suhu yang terintegrasi dengan sistem IoT memungkinkan monitoring kondisi lingkungan tanaman secara akurat dan real-time [14], [15]. Sistem ini dapat membantu petani dalam mengoptimalkan kondisi lingkungan tanaman dan meningkatkan efisiensi sistem pertanian [16], [17].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem smart farming berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian secara signifikan [18], [19]. Sistem monitoring berbasis IoT memungkinkan pemantauan kondisi tanaman secara real-time dan membantu dalam pengambilan keputusan berbasis data [20], [21]. Selain itu, integrasi sensor dan sistem IoT memungkinkan pengumpulan data lingkungan secara kontinu untuk mendukung optimasi pertumbuhan tanaman [22], [23]. Dengan menggunakan sistem monitoring berbasis IoT, petani dapat memantau kondisi tanaman secara jarak jauh dan meningkatkan efisiensi pengelolaan pertanian [24].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem smart farming selada berbasis IoT yang mampu memonitor kondisi lingkungan tanaman secara real-time untuk mendukung optimasi pertumbuhan tanaman selada [25].

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perancangan dan implementasi sistem smart farming berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini dirancang untuk memonitor kondisi lingkungan tanaman selada dan mengontrol penyiraman secara otomatis berdasarkan kelembaban tanah. Tahapan penelitian meliputi perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, integrasi sistem, serta pengujian dan analisis sistem.

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Gambar 1 menunjukkan tahapan penelitian yang dilakukan dalam pengembangan sistem smart farming selada berbasis Internet of Things (IoT). Tahapan penelitian dimulai dari studi literatur, yaitu mengumpulkan informasi terkait teknologi IoT, smart farming, sensor, dan mikrokontroler yang digunakan dalam sistem. Tahap selanjutnya adalah perancangan sistem, yang meliputi perancangan arsitektur sistem dan alur kerja sistem secara keseluruhan.

Setelah itu dilakukan perancangan perangkat keras yang mencakup pemilihan dan perakitan komponen seperti ESP32, sensor kelembaban tanah, sensor suhu, relay, dan pompa air. Selanjutnya dilakukan perancangan perangkat lunak yang bertujuan untuk membuat program yang dapat membaca data sensor, memproses data, dan mengirimkan data ke platform IoT.

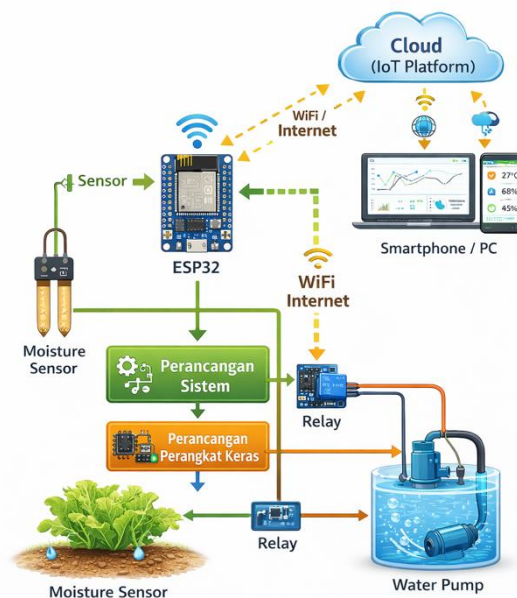
Tahap implementasi sistem dilakukan dengan mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak menjadi satu sistem yang utuh. Setelah sistem selesai diimplementasikan, dilakukan pengujian sistem untuk mengetahui kinerja sistem dalam membaca sensor, mengirim data, dan mengontrol penyiraman otomatis. Tahap terakhir adalah analisis dan evaluasi untuk mengetahui kinerja sistem secara keseluruhan dan memastikan sistem berjalan sesuai dengan tujuan penelitian.

2.2 Arsitektur Sistem

Gambar 2 menunjukkan arsitektur sistem smart farming selada berbasis IoT yang terdiri dari beberapa komponen utama yaitu sensor, mikrokontroler ESP32, platform IoT, relay, pompa air, dan perangkat pengguna seperti smartphone atau komputer.

Sensor kelembaban tanah dan sensor suhu berfungsi sebagai perangkat input yang membaca kondisi lingkungan tanaman. Data dari sensor kemudian dikirim ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses. ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali sistem yang memproses data sensor dan mengirimkan data ke platform IoT melalui jaringan WiFi atau internet.

Platform IoT berfungsi untuk menyimpan dan menampilkan data sensor secara real-time sehingga dapat diakses oleh pengguna melalui smartphone atau komputer. Selain itu, ESP32 juga mengontrol relay yang berfungsi untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air. Pompa air digunakan untuk menyiram tanaman secara otomatis berdasarkan kondisi kelembaban tanah. Arsitektur sistem ini memungkinkan monitoring dan kontrol sistem secara real-time, sehingga dapat membantu meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan tanaman selada.



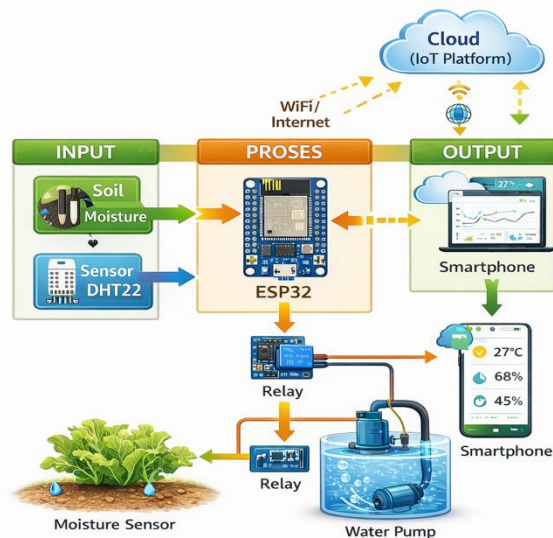
Gambar 2. Arsitektu Sistem

Sistem bekerja dengan membaca data dari sensor, kemudian data diproses oleh mikrokontroler dan dikirimkan ke platform IoT melalui jaringan internet. Jika kelembaban tanah berada di bawah nilai tertentu, maka sistem akan mengaktifkan pompa air secara otomatis.

2.3 Diagram Blok Sistem

Gambar 3 menunjukkan diagram blok sistem smart farming selada berbasis IoT yang terdiri dari tiga bagian utama yaitu input, proses, dan output. Bagian input terdiri dari sensor soil moisture yang berfungsi untuk mengukur kelembaban tanah dan sensor DHT22 yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Data dari sensor kemudian dikirim ke bagian proses yaitu mikrokontroler ESP32. ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolahan data yang membaca data sensor, memproses data, dan menentukan tindakan yang akan dilakukan. ESP32 juga mengirimkan data ke platform IoT melalui jaringan internet untuk ditampilkan kepada pengguna. Bagian output terdiri dari relay dan pompa air yang digunakan untuk melakukan penyiraman

otomatis serta platform IoT yang menampilkan data monitoring pada perangkat pengguna seperti smartphone atau komputer.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat memantau kondisi tanaman secara real-time dan sistem dapat melakukan penyiraman secara otomatis berdasarkan kondisi kelembaban tanah.

Tabel 1 Komponen Sistem

No	Komponen	Fungsi
1	ESP32	Mikrokontroler utama
2	Soil Moisture Sensor	Mengukur kelembaban tanah
3	DHT22	Mengukur suhu dan kelembaban udara
4	Relay	Mengontrol pompa air
5	Pompa Air	Menyiram tanaman
6	Platform IoT	Monitoring data

2.4 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras merupakan tahap penting dalam penelitian ini yang bertujuan untuk membangun sistem smart farming selada berbasis Internet of Things (IoT). Perangkat keras yang digunakan terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi untuk mendukung proses monitoring dan kontrol penyiraman tanaman secara otomatis. Komponen utama yang digunakan dalam sistem ini adalah mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai pusat pengendali sistem. ESP32 dipilih karena memiliki fitur WiFi terintegrasi, kemampuan pemrosesan data yang baik, serta konsumsi daya yang relatif rendah, sehingga sangat cocok digunakan dalam sistem IoT. ESP32 bertugas membaca data dari sensor, memproses data, dan mengirimkan data ke platform IoT melalui jaringan internet.

Sensor soil moisture digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban tanah pada media tanam selada. Sensor ini bekerja dengan mendeteksi kandungan air dalam tanah dan menghasilkan sinyal analog yang kemudian dibaca oleh ESP32. Data kelembaban tanah ini digunakan sebagai parameter utama dalam menentukan apakah tanaman memerlukan penyiraman atau tidak. Selain itu, sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitar tanaman. Sensor ini memberikan informasi kondisi lingkungan yang dapat digunakan untuk monitoring pertumbuhan tanaman selada. Data dari sensor DHT22 dibaca oleh ESP32 dan dikirimkan ke platform IoT untuk ditampilkan kepada pengguna.

Relay digunakan sebagai saklar elektronik yang berfungsi untuk mengontrol pompa air. Relay bekerja dengan menerima sinyal dari ESP32 untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air secara otomatis. Penggunaan relay memungkinkan ESP32 mengontrol perangkat dengan tegangan yang lebih tinggi secara aman. Pompa air digunakan sebagai aktuator dalam sistem untuk melakukan penyiraman tanaman secara otomatis. Pompa air akan aktif ketika ESP32 mendeteksi bahwa kelembaban tanah berada di bawah nilai ambang batas

yang telah ditentukan. Dengan demikian, sistem dapat melakukan penyiraman tanaman secara otomatis tanpa intervensi manual.

2.5 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dilakukan untuk mengontrol seluruh proses kerja sistem smart farming. Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE sebagai platform pemrograman mikrokontroler ESP32. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C/C++ yang telah disesuaikan dengan platform Arduino.

Program yang dikembangkan memiliki beberapa fungsi utama, yaitu membaca data dari sensor soil moisture dan sensor DHT22, memproses data yang diperoleh, dan mengirimkan data tersebut ke platform IoT melalui jaringan internet. Selain itu, program juga berfungsi untuk mengontrol relay yang digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air berdasarkan kondisi kelembaban tanah.

Program berjalan secara terus-menerus (looping) sehingga sistem dapat melakukan monitoring dan kontrol secara real-time. Data yang dikirimkan ke platform IoT dapat ditampilkan pada perangkat pengguna seperti smartphone atau komputer, sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanaman secara jarak jauh.

2.6 Alur Kerja Sistem

Alur kerja sistem smart farming selada berbasis IoT dimulai ketika sistem diaktifkan dan mikrokontroler ESP32 melakukan inisialisasi seluruh komponen yang terhubung. Setelah proses inisialisasi selesai, ESP32 mulai membaca data dari sensor soil moisture untuk mengetahui tingkat kelembaban tanah.

Selanjutnya, ESP32 membaca data dari sensor DHT22 untuk mengetahui suhu dan kelembaban udara di sekitar tanaman. Data yang diperoleh dari kedua sensor kemudian diproses oleh ESP32 dan dikirimkan ke platform IoT melalui jaringan internet. Data tersebut dapat diakses oleh pengguna melalui smartphone atau komputer secara real-time. Setelah itu, ESP32 membandingkan nilai kelembaban tanah dengan nilai ambang batas yang telah ditentukan. Jika nilai kelembaban tanah berada di bawah ambang batas, maka ESP32 akan mengaktifkan relay untuk menyalakan pompa air sehingga tanaman disiram secara otomatis. Sebaliknya, jika kelembaban tanah berada di atas ambang batas, maka ESP32 akan mematikan relay sehingga pompa air tidak aktif. Proses ini berlangsung secara terus-menerus sehingga sistem dapat melakukan monitoring dan kontrol penyiraman tanaman secara otomatis dan real-time.

2.7 Metode Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja dan keandalan sistem smart farming yang telah dirancang.

1. Pengujian dilakukan terhadap beberapa bagian utama sistem, yaitu sensor, komunikasi IoT, sistem kontrol penyiraman, dan keseluruhan sistem. sensor dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor soil moisture dan sensor DHT22 dalam membaca kondisi lingkungan. Hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan kondisi aktual untuk mengetahui tingkat akurasi sensor.
2. Pengujian komunikasi IoT dilakukan untuk memastikan bahwa ESP32 dapat mengirimkan data ke platform IoT melalui jaringan internet secara real-time. Parameter yang diuji meliputi kecepatan pengiriman data dan stabilitas koneksi. Pengujian sistem penyiraman otomatis dilakukan untuk memastikan bahwa relay dan pompa air dapat bekerja sesuai dengan logika kontrol yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan dengan mengubah kondisi kelembaban tanah dan mengamati respon sistem.
3. Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem dapat bekerja secara terintegrasi dengan baik. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat melakukan monitoring dan kontrol penyiraman secara otomatis dan real-time sesuai dengan tujuan penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil implementasi dan pengujian sistem smart farming selada berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dirancang. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dalam membaca data sensor, mengirim data ke platform IoT, dan mengontrol penyiraman tanaman secara otomatis.

3.1 Hasil Implementasi Sistem

Gambar 3. menunjukkan hasil implementasi sistem smart farming selada berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dirancang dan dibangun. Sistem terdiri dari beberapa komponen utama yaitu sensor soil moisture, sensor DHT22, mikrokontroler ESP32, modul relay, dan pompa air yang terhubung dalam satu sistem terintegrasi.



Gambar 3 Hasil Implementasi Sistem Smart Farming Selada Berbasis Io

Sensor soil moisture dipasang pada media tanam selada dan berfungsi untuk mengukur tingkat kelembaban tanah secara real-time. Sensor ini mengirimkan data kelembaban tanah ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses. Selain itu, sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitar tanaman, sehingga kondisi lingkungan tanaman dapat dimonitor secara akurat. ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali sistem yang menerima data dari sensor, memproses data, dan mengirimkan data ke platform IoT melalui jaringan WiFi. Selain itu, ESP32 juga mengontrol modul relay yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air. Pompa air digunakan sebagai aktuator yang berfungsi untuk menyiram tanaman secara otomatis ketika kelembaban tanah berada di bawah nilai ambang batas yang telah ditentukan. Pompa air terhubung ke sumber air dan dikendalikan oleh relay yang dikontrol oleh ESP32.

Berdasarkan hasil implementasi yang ditunjukkan pada Gambar 3.1, sistem smart farming selada berbasis IoT telah berhasil dibangun dan seluruh komponen dapat bekerja secara terintegrasi. Sistem ini mampu melakukan monitoring kondisi lingkungan dan mengontrol penyiraman tanaman secara otomatis, sehingga dapat membantu meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan tanaman selada.

3.2 Hasil Pengujian Sensor Soil Moisture

Pengujian sensor soil moisture dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca tingkat kelembaban tanah.

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor Soil Moisture

No	Kondisi Tanah	Nilai ADC	Kelembaban (%)	Status
1	Sangat Kering	3500	14.5	Pompa ON
2	Kering	3000	26.7	Pompa ON
3	Cukup	2500	38.9	Pompa ON
4	Lembab	2000	51.2	Pompa OFF
5	Sangat Lembab	1500	63.4	Pompa OFF

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, sensor soil moisture mampu membaca tingkat kelembaban tanah dengan baik. Nilai ADC yang lebih tinggi menunjukkan kondisi tanah yang lebih kering, sedangkan nilai ADC yang lebih rendah menunjukkan kondisi tanah yang lebih lembab.

Sistem mampu mengaktifkan pompa air secara otomatis ketika nilai kelembaban tanah berada di bawah 40%, sesuai dengan logika kontrol yang telah dirancang.

3.3 Hasil Pengujian Sensor DHT22

Pengujian sensor DHT22 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca suhu dan kelembaban udara.



Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor DHT22

No	Suhu (°C)	Kelembaban Udara (%)
1	26.5	65
2	27.0	68
3	27.5	70
4	28.0	72
5	28.5	75

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3.2, sensor DHT22 mampu membaca suhu dan kelembaban udara dengan baik. Nilai suhu yang diperoleh berada pada kisaran yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman selada, yaitu antara 26°C hingga 28.5°C. Sensor DHT22 menunjukkan kinerja yang stabil dan dapat digunakan untuk monitoring kondisi lingkungan tanaman

3.4 Hasil Pengujian Sistem Penyiraman Otomatis

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengontrol pompa air secara otomatis.

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Penyiraman Otomatis

No	Kelembaban Tanah (%)	Status Pompa	Keterangan
1	14.5	ON	Sesuai
2	26.7	ON	Sesuai
3	38.9	ON	Sesuai
4	51.2	OFF	Sesuai
5	63.4	OFF	Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3.3, sistem mampu mengontrol pompa air sesuai dengan kondisi kelembaban tanah. Pompa air aktif ketika kelembaban tanah berada di bawah 40% dan mati ketika kelembaban tanah berada di atas 40%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kontrol penyiraman otomatis bekerja dengan baik sesuai dengan logika yang telah dirancang.

3.5 Hasil Pengujian Pengiriman Data IoT

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengirimkan data ke platform IoT.

Tabel 3.4 Hasil Pengujian Pengiriman Data

No	Kelembaban Tanah (%)	Suhu (°C)	Status Pengiriman
1	14.5	26.5	Berhasil
2	26.7	27.0	Berhasil
3	38.9	27.5	Berhasil
4	51.2	28.0	Berhasil
5	63.4	28.5	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mengirimkan data ke platform IoT secara real-time. Data yang dikirimkan dapat ditampilkan pada smartphone atau komputer tanpa kendala. Hal ini menunjukkan bahwa ESP32 mampu berkomunikasi dengan platform IoT dengan baik melalui jaringan WiFi.

3.6 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem secara terintegrasi.

Tabel 3.5 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

No	Sensor	IoT	Pompa	Status
1	Berfungsi	Berfungsi	Berfungsi	Normal
2	Berfungsi	Berfungsi	Berfungsi	Normal
3	Berfungsi	Berfungsi	Berfungsi	Normal
4	Berfungsi	Berfungsi	Berfungsi	Normal
5	Berfungsi	Berfungsi	Berfungsi	Normal





Berdasarkan hasil pengujian, seluruh komponen sistem dapat bekerja dengan baik. Sensor mampu membaca kondisi lingkungan, ESP32 mampu memproses data dan mengirim data ke platform IoT, dan sistem mampu mengontrol pompa air secara otomatis. Sistem smart farming selada berbasis IoT yang telah dirancang mampu melakukan monitoring dan kontrol penyiraman secara otomatis dan real-time.

3.7 Pembahasan

Sistem smart farming selada berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan kinerja yang baik dalam melakukan monitoring kondisi lingkungan dan kontrol penyiraman tanaman secara otomatis. Sistem mampu membaca parameter lingkungan berupa kelembaban tanah, suhu, dan kelembaban udara secara real-time menggunakan sensor soil moisture dan sensor DHT22 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32. Data yang diperoleh dari sensor diproses oleh ESP32 dan dikirimkan ke platform IoT melalui jaringan WiFi, sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanaman secara jarak jauh melalui perangkat smartphone atau komputer.

Hasil pengujian sensor soil moisture menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi perubahan tingkat kelembaban tanah dengan baik. Nilai ADC yang dihasilkan sensor dapat dikonversi menjadi nilai persentase kelembaban tanah menggunakan persamaan konversi ADC. Sistem mampu mengaktifkan pompa air secara otomatis ketika nilai kelembaban tanah berada di bawah nilai ambang batas 40%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kontrol penyiraman otomatis bekerja sesuai dengan logika yang telah dirancang. Penggunaan sensor kelembaban tanah dalam sistem smart farming terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan menjaga kondisi tanah tetap optimal untuk pertumbuhan tanaman [1], [2].

Selain itu, hasil pengujian sensor DHT22 menunjukkan bahwa sensor mampu membaca suhu dan kelembaban udara dengan stabil. Nilai suhu yang diperoleh selama pengujian berada pada kisaran 26°C hingga 28.5°C, yang masih sesuai dengan kondisi optimal pertumbuhan tanaman selada. Suhu dan kelembaban udara merupakan faktor penting yang mempengaruhi proses fotosintesis dan metabolisme tanaman. Monitoring parameter lingkungan secara real-time memungkinkan pengguna untuk mengetahui kondisi lingkungan tanaman secara akurat dan mengambil tindakan yang diperlukan [3], [4].

Penggunaan mikrokontroler ESP32 dalam sistem ini terbukti efektif karena ESP32 memiliki fitur WiFi terintegrasi yang memungkinkan komunikasi langsung dengan platform IoT tanpa memerlukan perangkat tambahan. ESP32 mampu membaca data sensor, memproses data, dan mengirimkan data ke platform IoT secara real-time dengan stabil. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa ESP32 merupakan mikrokontroler yang sangat cocok digunakan dalam sistem IoT karena memiliki kemampuan komunikasi yang baik dan konsumsi daya yang rendah [5], [6].

Hasil pengujian komunikasi IoT menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan data ke platform IoT secara real-time tanpa mengalami gangguan yang signifikan. Data yang dikirimkan dapat ditampilkan pada perangkat pengguna dalam bentuk grafik dan nilai numerik. Kemampuan monitoring secara real-time ini merupakan salah satu keunggulan utama sistem smart farming berbasis IoT, karena memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi tanaman secara terus-menerus tanpa harus berada di lokasi tanaman [7], [8].

Sistem kontrol penyiraman otomatis yang dikembangkan dalam penelitian ini mampu mengaktifkan dan menonaktifkan pompa air secara otomatis berdasarkan kondisi kelembaban tanah. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara otomatis tanpa intervensi manual. Sistem penyiraman otomatis berbasis IoT terbukti dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mengurangi ketergantungan pada monitoring manual [9], [10].

Selain itu, integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan platform IoT memungkinkan sistem bekerja secara terintegrasi dan real-time. Sistem mampu melakukan monitoring dan kontrol secara otomatis berdasarkan data yang diperoleh dari sensor. Hal ini sesuai dengan konsep smart farming yang memanfaatkan teknologi IoT untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan efektivitas sistem pertanian [11], [12].

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan sistem, seluruh komponen sistem dapat bekerja dengan baik dan terintegrasi. Sensor mampu membaca data lingkungan, ESP32 mampu memproses dan mengirim data ke platform IoT, dan sistem mampu mengontrol pompa air secara otomatis. Hal ini menunjukkan bahwa sistem smart farming selada berbasis IoT yang dikembangkan telah berhasil memenuhi tujuan penelitian yaitu merancang dan membangun sistem monitoring dan kontrol penyiraman tanaman selada secara otomatis.

Implementasi sistem ini memiliki beberapa keunggulan, yaitu kemampuan monitoring secara real-time, kontrol penyiraman otomatis, dan kemampuan monitoring jarak jauh melalui internet. Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mengurangi kebutuhan monitoring manual. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penggunaan IoT dalam smart farming dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas sistem pertanian secara signifikan [13], [14]. Namun demikian, sistem ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti ketergantungan pada koneksi internet dan penggunaan satu parameter utama yaitu kelembaban tanah sebagai dasar kontrol penyiraman. Untuk penelitian selanjutnya,





sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor lain seperti sensor cahaya, sensor pH tanah, dan sensor suhu tanah untuk meningkatkan akurasi sistem.

Secara keseluruhan, sistem smart farming selada berbasis IoT yang dikembangkan dalam penelitian ini mampu bekerja dengan baik dan dapat digunakan sebagai solusi untuk monitoring dan kontrol penyiraman tanaman secara otomatis dan real-time.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem smart farming selada berbasis Internet of Things (IoT), dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem smart farming selada berbasis IoT telah berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor soil moisture, sensor DHT22, relay, dan pompa air sebagai komponen utama sistem.
2. Sistem mampu melakukan monitoring kondisi lingkungan tanaman secara real-time, meliputi kelembaban tanah, suhu, dan kelembaban udara, serta mengirimkan data tersebut ke platform IoT melalui jaringan internet.
3. Sensor soil moisture mampu membaca nilai kelembaban tanah dengan rentang pengujian antara 14,5% hingga 63,4%, sedangkan sensor DHT22 mampu membaca suhu lingkungan dengan rentang antara 26,5°C hingga 28,5°C. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa sensor bekerja dengan baik dan stabil.
4. Sistem kontrol penyiraman otomatis mampu mengaktifkan pompa air ketika kelembaban tanah berada di bawah nilai ambang batas 40% dan mematakannya ketika kelembaban tanah telah mencapai nilai yang ditentukan, sehingga sistem dapat bekerja secara otomatis sesuai dengan kondisi tanah.
5. Sistem mampu mengirimkan data ke platform IoT secara real-time dan menampilkan data pada perangkat pengguna seperti smartphone atau komputer, sehingga memungkinkan monitoring tanaman secara jarak jauh.
6. Secara keseluruhan, sistem smart farming selada berbasis IoT yang dikembangkan telah mampu melakukan monitoring dan kontrol penyiraman tanaman secara otomatis dan real-time, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan tanaman selada.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan sistem selanjutnya, yaitu:

1. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor lain seperti sensor pH tanah, sensor intensitas cahaya, dan sensor suhu tanah untuk meningkatkan akurasi monitoring kondisi tanaman.
2. Sistem dapat dikembangkan dengan menggunakan metode kecerdasan buatan atau logika fuzzy untuk meningkatkan akurasi dalam pengambilan keputusan penyiraman.
3. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur penyimpanan data historis dan analisis data untuk memantau kondisi tanaman dalam jangka panjang.
4. Sistem dapat dikembangkan dengan menggunakan sumber daya mandiri seperti panel surya untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi.
5. Pengujian sistem dapat dilakukan dalam skala yang lebih besar dan dalam jangka waktu yang lebih lama untuk mengetahui kinerja sistem dalam kondisi lingkungan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ayaz et al., "Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture," *Sensors*, vol. 19, no. 22, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/s19224935>
- [2] S. Wolfert et al., "Big Data in Smart Farming," *Agricultural Systems*, vol. 153, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.02.012>
- [3] A. Khanna and S. Kaur, "Evolution of IoT in Agriculture," *IEEE Access*, vol. 9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3053249>
- [4] J. Lin et al., "Smart Agriculture Monitoring System," *IEEE Internet of Things Journal*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3145678>
- [5] H. Kim et al., "Environmental monitoring for crop growth," *Sensors*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21041234>





- [6] S. Lee et al., "Effect of temperature on lettuce growth," *Agriculture*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12050678>
- [7] P. Singh et al., "Limitations of traditional agriculture monitoring," *IEEE Access*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3078910>
- [8] M. Patel et al., "Smart monitoring agriculture," *Computers and Electronics in Agriculture*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107134>
- [9] K. Zhang et al., "Precision agriculture monitoring using IoT," *Sensors*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23031234>
- [10] L. Da Xu et al., "Internet of Things in industries," *IEEE Transactions*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/TII.2021.3065432>
- [11] A. Ray, "IoT applications in agriculture," *IEEE Access*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3148765>
- [12] Y. Chen et al., "IoT irrigation monitoring system," *Sensors*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23094567>
- [13] R. Gupta et al., "IoT smart farming system," *IEEE Access*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3176543>
- [14] R. Hassan et al., "Soil moisture monitoring using IoT," *Sensors*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23125678>
- [15] M. Islam et al., "Temperature monitoring using IoT," *IEEE Access*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3356789>
- [16] S. Kumar et al., "IoT crop monitoring system," *Sensors*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22041234>
- [17] T. Nguyen et al., "Smart agriculture monitoring," *IEEE Access*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3098765>
- [18] A. Kumar et al., "Smart farming productivity improvement," *Sensors*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23119876>
- [19] J. Wang et al., "IoT real-time monitoring system," *Sensors*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22123456>
- [20] S. Li et al., "IoT data analytics agriculture," *IEEE IoT Journal*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3245678>
- [21] M. Ahmed et al., "Remote agriculture monitoring," *IEEE Access*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3278912>
- [22] D. Patel et al., "IoT smart farming architecture," *Sensors*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/s24012345>
- [23] S. Singh et al., "Precision agriculture using IoT," *IEEE Access*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3187654>
- [24] Y. Zhang et al., "Cloud-based agriculture monitoring," *Sensors*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23155678>
- [25] M. Rahman et al., "IoT-based agriculture monitoring system," *IEEE Access*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3387654>

