

Monitoring dan Kendali Sistem Penyiraman pada Cabai Merah dengan Aplikasi Android

Agus Sutiyana¹, Ulinnuha Latifa²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang; email: 2010631160002@student.unsika.ac.id, ulinnuha.latifa@ft.unsika.ac.id

[Dikirimkan: 20 Februari 2024, Direvisi: 18 Mei 2024, Diterima: 27 Mei 2024]

Corresponding Author: Agus Sutiyana

INTISARI —Menurut Laporan Departemen Pertanian Republik Indonesia salah satunya penyebab gagal panen yang diakibatkan oleh kurang efektifnya metode pemeliharaan pada cabai merah seperti melakukan penyiraman air secara manual dan ketersediaan air yang menentukan keberhasilan tanaman, karena air merupakan kebutuhan utama bagi tanaman. kapasitas dan jadwal pemberian harus sangat diperhatikan, karena air merupakan media pengangkut nutrisi atau hara dari media tanam ke seluruh bagian tanaman. Solusi atas permasalahan tersebut perancangan sistem *Smart Sprinkler Irrigation* berbasis IoT. Dengan memanfaatkan sensor suhu DHT 11 dan sensor kelembapan tanah kapasitif V3 sebagai parameter untuk pengendalian pompa air secara otomatis dan *mobile apps* sebagai aplikasi untuk memantau kondisi suhu dan kelembapan tanah dan mengendalikan pompa air jarak jauh. Hasil dari penelitian menunjukkan selisih *error* pengukuran suhu menggunakan sensor DHT 11 sebesar 0,0058% dan sensor kelembapan tanah kapasitif V3 sebesar 0,015% setelah dikalibrasi. Sedangkan hasil monitoring dan kendali otomatis pada sistem penyiraman bekerja sesuai dengan fungsionalitasnya, hasil pengukuran suhu rata-rata pada *greenhouse* adalah 32,68°C dan rata-rata hasil pengukuran kelembapan tanah sebesar 77,56% menunjukkan kondisi tanaman berada pada kondisi cukup lembab. Hasil kendali pompa air otomatis bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya, berdasarkan hasil pengujian pompa aktif sebanyak tiga kali pada pukul 08.00 WIB, pukul 12.07 dan pukul 12.59 WIB. Sistem pengendali jarak jauh menggunakan aplikasi *mobile* bekerja dengan baik dengan *delay* transmisi data antara 1 sampai 5 detik.

KATA KUNCI — IoT, ESP8266, Monitoring, Kendali, *Smartphone*.

I. PENDAHULUAN

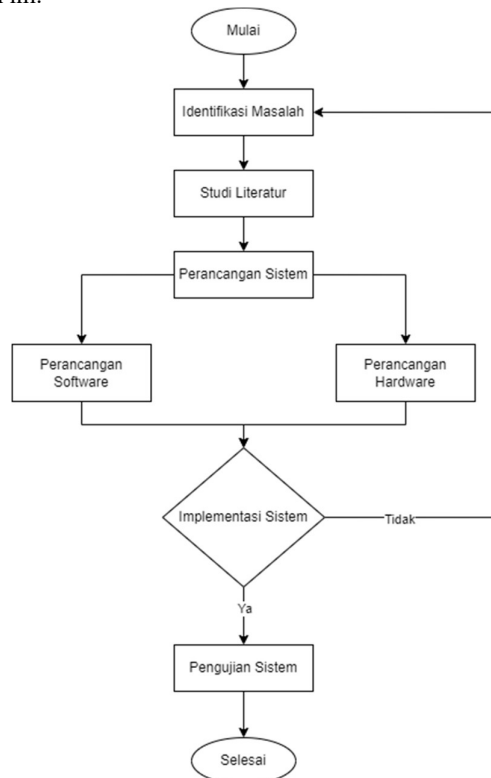
Kemajuan teknologi masa kini semakin berkembang semakin pesat, menciptakan berbagai inovasi baru sebagai solusi untuk memecahkan berbagai permasalahan dari berbagai aspek kehidupan [1]. Indonesia adalah negara yang kaya akan hasil alam, salah satunya dari komoditas sayuran yaitu cabai merah yang banyak dibudidayakan oleh para petani di berbagai wilayah Indonesia [2]. Cabai merah (*Capsicum annum*) memiliki khasiat sebagai antioksidan dan mengandung senyawa *Lasparaginase* yang mampu mencegah sel kanker [3]. Selain itu cabai merah memiliki manfaat untuk bumbu atau rempah-rempah masakan dan sebagai penguat rasa untuk makanan. Selain itu tanaman ini memiliki daya jual yang ditinggi dan cocok ditanam di daerah dataran tinggi maupun rendah [4]. Dalam proses pertumbuhan cabai merah terdapat beberapa permasalahan yang sering terjadi, menurut Laporan Departemen Pertanian Republik Indonesia salah satunya penyebab gagal panen yang diakibatkan oleh serangan hama dan kurang efektifnya metode pemeliharaan pada cabai merah seperti melakukan penyiraman air secara manual [5]. Tanaman cabai merah dapat berkembang dengan baik pada tanah berstruktur remah atau gembur yang kaya akan bahan organik dengan kandungan pH tanah antara 6-7 dengan rentan suhu udara antara 24 – 28 Celcius dan kelembapan tanah lebih dari 60% [6]–[8].

Faktor lain yang mempengaruhi proses pertumbuhan cabai merah adalah ketersediaan air yang menentukan keberhasilan tanaman, karena air merupakan kebutuhan utama bagi tanaman. kapasitas dan jadwal pemberian harus sangat diperhatikan, karena air merupakan media pengangkut nutrisi atau hara dari media tanam ke seluruh bagian tanaman [7], [9]. Salah satu metode optimalisasi proses penyiraman pada tanaman cabai merah dengan menggunakan metode *Sprinkle Irrigation* (Irigasi Curah/Siraman) kelebihan dari irigasi curah adalah memiliki efisiensi pemakaian air yang tinggi dan meningkatkan keseragaman dan pemerataan air dalam proses penyiraman[10]. Tanaman cabai merah membutuhkan ketersediaan air dan waktu penyiraman yang tepat agar hasilnya optimal. Irigasi curah diterapkan dengan menggunakan konsep rumah kaca atau *greenhouse* dalam penelitian ini, salah satu manfaat dari sistem *greenhouse* adalah kemudahan pengendalian jumlah debit air untuk cabai merah. Pemberian air yang diperlukan untuk cabai merah berdasarkan hasil penelitian [11] cukup bervariasi bergantung kepada umur tanaman cabai merah, yaitu 110 ml/hari untuk umur 1 bulan, 422 ml/hari untuk umur 2 bulan, 1,148 l/hari untuk umur 3 bulan dan 1,323 l/hari untuk umur 4 bulan.

Smart Sprinkler Irrigation merupakan solusi atas permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya dengan memanfaatkan teknologi yang mengintegrasikan antara *Internet of Things* (IoT) dengan sistem irigasi curah agar bisa dikendalikan jarak jauh melalui *mobile apps* sehingga mempermudah proses penyiraman cabai merah. Konsep utama penelitian ini adalah menggunakan *smart farming*. Hal ini bermanfaat untuk proses penyiraman tanaman khususnya pada cabai merah [12]–[14]. Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan sistem irigasi yang terintegrasi dengan *Internet of Things* pernah dilakukan oleh [14]–[16] menjelaskan hasil pengendalian irigasi curah dengan memanfaatkan *solenoid valve* untuk mengatur keluarnya volume air, berdasarkan pada beberapa parameter seperti sensor kelembapan dan sensor suhu yang mampu dikendalikan secara virtual menggunakan aplikasi *Blynk* dan mampu melakukan monitoring hasil pengukuran dan pengeluaran volume air pada aplikasi *Blynk* [17], [18]. Tujuan penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem penyiraman otomatis berdasarkan suhu dan kelembapan dengan menggabungkan sistem irigasi curah dan aplikasi *mobile* sebagai pengendali jarak jauh.

II. METODE PENELITIAN

Perancangan sistem *smart spinkler irrigation* berbasis *internet of things* terdiri dari perancangan *hardware* (perangkat keras) dan *software* (perangkat lunak) dengan memanfaatkan beberapa komponen diantaranya mikrokontroler ESP8266, sensor kelembapan tanah kapasitif V3 DF Robot, sensor DHT 11 dan relay untuk mengendalikan pompa air. Berikut merupakan tahapan perancangan sistem yang dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Flowchart tahapan penelitian.

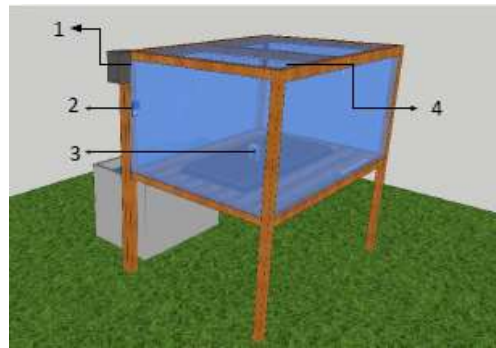
Gambar 1 merupakan tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan, langkah pertama identifikasi masalah, selanjutnya melakukan analisis terhadap masalah agar kebutuhan sistem dapat disesuaikan. Tahapan kedua merupakan studi literatur merupakan proses pengumpulan informasi melalui artikel, buku dan beberapa referensi lainnya untuk mendukung penelitian. Berikutnya adalah perancangan sistem yang terdiri dari perancangan perangkat lunak dan perangkat keras yang kemudian akan diimplementasikan pada sistem, dilanjutkan dengan pengujian pada sistem yang terdiri dari pengujian sensor suhu DHT 11, sensor kelembapan kapasitif V3 DF Robot dan pengujian keseluruhan sistem.

A. METODE SMART SPRINKLER IRRIGATION (IRIGASI CURAH)

Metode *Smart Sprinkler Irrigation* merupakan gabungan dua metode yang berbeda yaitu cara penyiraman dengan menggunakan sistem irigasi curah yang memanfaatkan tiga komponen utama yaitu *sprinkler*, pompa dan pipa dalam proses penyiraman sehingga tidak memerlukan campur tangan manusia dalam prosesnya. Komponen utama dalam sistem irigasi ini adalah *nozzel* sebagai penyalur air dan mengatur semburan air dengan memanfaatkan tekanan air pada pipa sehingga pendistribusian dapat diatur oleh *nozzel* [19], [20]. Dengan memanfaatkan konsep *Internet of Things* (IoT) yaitu memanfaatkan konektivitas antara perangkat satu dengan lainnya seperti sensor, aktuator, mikrokontroler dengan manusia untuk bertukar informasi melalui konektivitas internet seperti frekuensi radio, jaringan provider dan Bluetooth [21], [22]. Dalam hal ini adalah menggunakan mikrokontroler ESP8266 atau NodeMCU sebagai pemroses dan relay sebagai pengendali pompa air untuk proses pendistribusian air sehingga mampu dikendalikan melalui aplikasi *mobile*. Tujuan menggunakan metode ini adalah untuk mempermudah proses pengendalian pompa untuk pendistribusian air.

B. PERANCANGAN HARDWARE SMART SPRINKLER IRRIGATION

Dengan menggunakan *software Sketchup* untuk merpresentasikan desain *hardware* sistem, bentuk dasar desain menggunakan konsep dasar mini *greenhouse*. Bahan dasar mini *greenhouse* ini adalah kayu kaso yang memiliki dimensi panjang dan lebar 1 × 1 meter dan tinggi nya 80 cm yang dilapisi dengan plastik ultraviolet. Berikut merupakan desain 3 dimensi sistem yang di tujuan pada Gambar 2.



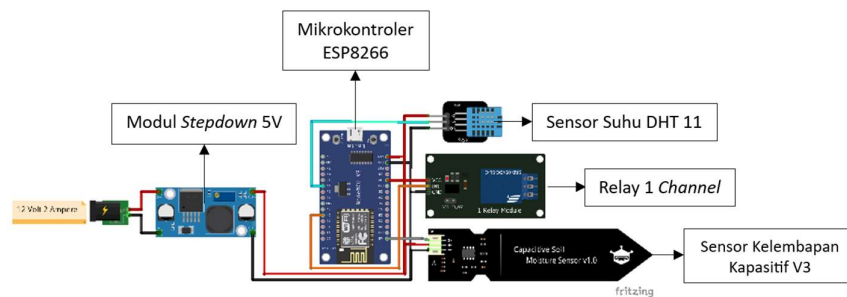
Gambar 2. Desain 3 dimensi sistem

Adapun bagian-bagian dari sistem sprinkler diatas terlihat pada Tabel 1 dibawah ini.

TABEL I
BAGIAN-BAGIAN SISTEM SMART SPRINKLER IRRIGATION

No	Keterangan
1	Panel Kendali
2	Sensor Suhu DHT11
3	Sensor Kelembapan Tanah Kapasitif V3
4	Nuzzle Sprinkler Spary

Desain sistem elektronika sistem, menggunakan software fritzing untuk mengetahui pengkabelan pin-pin sensor pada mikrokontroler. Di bawah ini merupakan skematik sistem.



Gambar 3. Desain elektronika sistem

Konfigurasi pin sensor dengan mikrokontroler yang terpasang dijelaskan pada Tabel II.

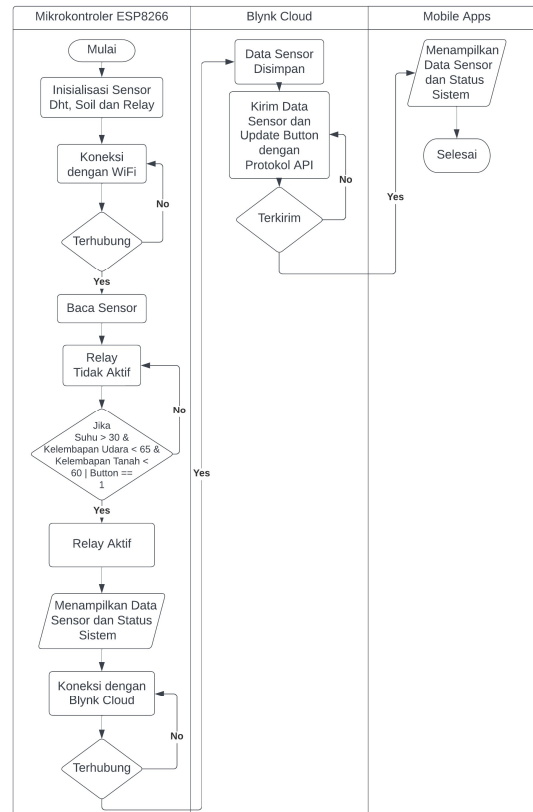
TABEL II
KONFIGURASI PIN INPUT OUTPUT SISTEM

Komponen I/O	Pin I/O	Pin Mikrokontroler
Sensor Suhu DHT11	GND	GND
	VCC	5V
	DATA	DATA
Sensor Kelembapan Tanah Kapasitif V3	GND	GND
	VCC	5V
	A0	A0
Relay 1 Channel	GND	GND
	VCC	3.3V
	DATA	D4

Dari skematik diatas menunjukan mikrokontroler ESP8266 berfungsi sebagai pemroses dari input sensor suhu DHT 11 dan sensor kelembapan tanah kapasitif V3 dengan melakukan pembacaan data analog dan data digital, untuk memperoleh nilai suhu dan kelembapan dilingkungan tanaman. Nilai suhu yang ditampilkan dalam satuan derajat dan hasil pengukuran kelembapan yang ditampilkan adalah presentase kelembapan. Sumber listrik utama dari sistem ini menggunakan *Power Supply* 12 2A untuk kebutuhan sistem yang diturunkan menjadi 5V sesuai dengan kebutuhan mikrokontroler dan sensor yang digunakan.

C. PERANCANGAN SOFTWARE SMART SPRINKLER IRRIGATION

Perancangan perangkat lunak sistem menggunakan *software* Arduino IDE untuk membuat program sistem dan aplikasi kodular untuk membuat *mobile apps* IoT sistem. Untuk *flowchart* program sistem dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Flowchart perangkat lunak sistem

Gambar 4 di atas sistem monitoring terdiri dari tiga bagian sistem. Pertama adalah proses mikrokontroler ESP8266 untuk proses input sinyal sensor berupa sinyal digital dan analog dan output aktuator untuk mengendalikan pompa air, kemudian data sensor dikirim melalui internet dengan menggunakan modul WiFi pada sub sistem *Blynk Cloud* untuk menyimpan data. Setelah data disimpan maka akan ditampilkan pada aplikasi kodular dengan menggunakan protokol API (*Application Programming Interface*) sehingga data bisa ditampilkan pada *mobile apps* sistem.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

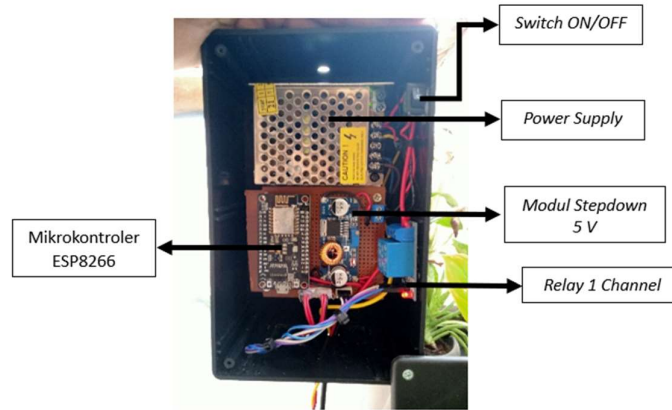
A. IMPLEMENTASI SISTEM

Implementasi sistem merupakan tahapan dari hasil proses perancangan perangkat keras dan perangkat lunak sebelumnya. Berikut merupakan gambar hasil implementasi sistem yang telah dirancang.



Gambar 5. Implementasi sistem

Gambar 5 merupakan hasil implementasi sistem yang berbentuk mini *greenhouse* yang terdiri dari beberapa bagian seperti tempat tanaman, panel kendali, pipa air, pompa air dan *nuzzle spray* yang berada dalam mini *greenhouse* sistem untuk proses penyiraman.



Gambar 6. Panel kendali sistem.

Gambar 6 merupakan panel kendali sistem yang berfungsi sebagai tempat komponen utama. Terdiri dari beberapa komponen seperti *power supply* 12 2A, mikrokontroler ESP8266, *stepdown* 5V, *relay* dan soket sensor suhu DHT11 dan sensor kelembapan. Dalam proses pengoperasian sistem langkah pertama hanya menekan tombol yang ada pada panel kendali maka sistem akan bekerja sesuai dengan kebutuhan tanaman.

B. PENGUJIAN HARDWARE SISTEM

Proses pengujian *hardware* terdiri atas tiga tahap pengujian pertama adalah pengujian sensor suhu DHT 11, kedua adalah pengujian sensor kelembapan tanah dan ketiga adalah pengujian keseluruhan sistem. Pengujian pertama adalah akurasi pengukuran sensor suhu DHT 11 dengan cara melakukan kalibrasi agar proses pengukuran menjadi lebih akurat, metode kalibrasi yang digunakan dalam pengujian sensor suhu DHT 11 adalah *Regresi Linear* dengan mengambil 10 data sampel seperti Tabel III di bawah ini.

TABEL III
DATA KALIBRASI SENSOR SUHU DHT11

Alat Standar (°C)	Sensor DHT 11 (°C)	Setelah Kalibrasi (°C)	Error Sebelum Kalibrasi	Error Sesudah Kalibrasi
31,3	31,1	31,14	0,0064 %	0,005 %
31,1	31,2	31,24	0,0032 %	0,004 %
31,4	31,2	31,24	0,0064 %	0,005 %
31,3	31,1	31,14	0,0064 %	0,005 %
31,2	31,5	31,53	0,0096 %	0,010 %
31,4	31,6	31,62	0,0064 %	0,007 %
31,5	31,7	31,72	0,0063 %	0,007 %
31,6	31,8	31,81	0,0063 %	0,007 %
31,7	31,5	31,53	0,0063 %	0,005 %
31,8	31,9	31,91	0,0031 %	0,003 %

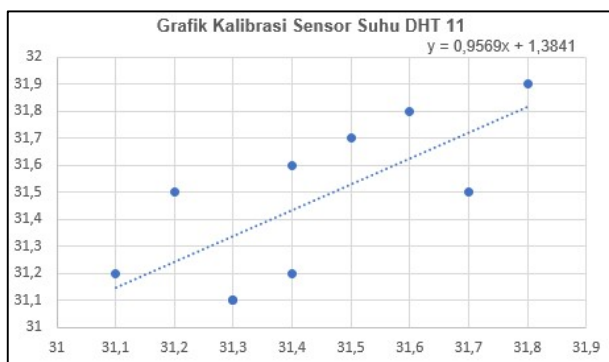
Tabel III merupakan hasil dari kalibrasi menggunakan *regresi linear* pada *microsoft excel*. diperoleh formula kalibrasi di bawah ini.

$$y = 0,9569x + 1,3841 \quad (1)$$

Sedangkan untuk menghitung *error* pengukuran digunakan persamaan di bawah ini.

$$Error = ABS \frac{(Nilai Sensor - Nilai Alat)}{Nilai Alat} \times 100\% \quad (2)$$

Hasil rata-rata hasil pengukuran suhu pada mini *greenhouse* adalah 31,49°C sedangkan hasil rata-rata pengukuran suhu menggunakan alat standar (termometer digital) diperoleh suhu sebesar 31,43°C memiliki selisih sebesar 0,06°C. Hasil rata-rata *error* sebelum kalibrasi adalah 0,006%, namun setelah dilakukan kalibrasi diperoleh rata-rata *error* pengukuran sebesar 0,0058% berdasarkan Tabel III. Gambar 7 merupakan hasil dari grafik *regresi linear* yang diperoleh berdasarkan data pengukuran.



Gambar 7. Grafik kalibrasi sensor suhu DHT11

Pengujian kedua adalah proses pengukuran nilai kelembapan tanah pada tanaman menggunakan sensor kelembapan tanah kapasitif, dengan sampel pengukuran sebanyak 10 sampel dengan menggunakan metode *regresi linear*.

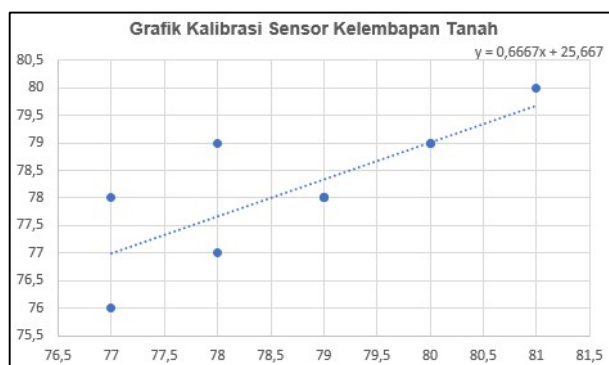
TABEL IV
DATA KALIBRASI SENSOR KELEMBAPAN TANAH

Alat Standar (%)	Sensor Soil Moisture (%)	Setelah Kalibrasi (%)	Error Sebelum Kalibrasi (%)	Error Sesudah Kalibrasi (%)
79	78	77,67	0,0127	0,017
78	79	78,34	0,0128	0,004
78	77	77,00	0,0128	0,013
77	78	77,67	0,0130	0,009
79	78	77,67	0,0127	0,017
80	79	78,34	0,0125	0,021
81	80	79,00	0,0123	0,025
77	76	76,34	0,0130	0,009
80	79	78,34	0,0125	0,021
79	78	77,67	0,0127	0,017

Tabel 4 merupakan data hasil pengukuran kelembapan tanah menggunakan sensor dan alat standar untuk proses kalibrasi, data pengukuran diolah dengan menggunakan software *microsoft excel*, maka diperoleh formula berikut ini.

$$y = 0,6667x + 25,667 \quad (3)$$

Persamaan (2) merupakan rumus untuk mencari nilai *error* pengukuran sensor. Adapun grafik hasil kalibrasi sensor kelembapan tanah adalah sebagai berikut.



Gambar 8. Grafik kalibrasi sensor kelembapan tanah.

Gambar 8 merupakan grafik kalibrasi sensor kelembapan tanah menunjukkan hasil pengukuran kelembapan tanah setelah dilakukan kalibrasi, rata-rata hasil pengukuran kelembapan adalah 77,80% sedangkan hasil pengukuran menggunakan alat pengukur kelembapan standar sebesar 78,8% dengan presentase *error* sebelum kalibrasi adalah 0,127% sedangkan setelah dilakukan kalibrasi presentase *error* sebesar 0,015%.

TABEL V
HASIL PENGUJIAN KESELURUHAN SISTEM

Waktu	Sensor Suhu DHT 11 (°C)	Sensor Kelembapan Tanah (%)	Status Pompa
08.00	30	50	Pompa Hidup
08.45	28	80	Pompa Mati
09.30	29	78	Pompa Mati
10.51	33	79	Pompa Mati
12.07	35	55	Pompa Hidup
12.59	37	60	Pompa Hidup
13.17	36	77	Pompa Mati
13.50	40	75	Pompa Mati
14.08	38	87	Pompa Mati
15.01	39	86	Pompa Mati
15.19	32	87	Pompa Mati
15.41	30	88	Pompa Mati
16.00	29	89	Pompa Mati
16.30	30	86	Pompa Mati
17.00	29	83	Pompa Mati
17.30	28	81	Pompa Mati

Tabel V merupakan hasil dari pengujian secara keseluruhan yang dilakukan pada *greenhouse* selama 12 jam dengan rentang waktu pukul 08.00 WIB sampai pukul 17.30 WIB. Hasil dari pengukuran sensor suhu DHT 11 diperoleh nilai rata-rata suhu sebesar 32,68°C, sedangkan nilai rata-rata pengukuran sensor kelembapan tanah kapasitif diperoleh nilai kelembapan tanah sebesar 77,56%. Sistem memiliki dua kondisi, pertama kondisi kering jika suhu lebih dari 30°C dan kelembapan kurang dari 60%, kedua kondisi lembab jika pompa air jika suhu kurang dari 30°C dan kelembapan lebih dari 60%. Dalam pengujian pompa aktif sebanyak tiga kali, Pompa air aktif pada kondisi pertama selama 8 detik pada pukul 08.00 WIB. Pada pukul 12.07 pompa aktif kembali selama 15 detik dan pompa air aktif kembali pada pukul 12.59 selama 20 detik.

C. PENGUJIAN SOFTWARE SISTEM

Pada percobaan menggunakan aplikasi *mobile apps kodular*, dilakukan percobaan untuk mengendalikan pompa air dengan jarak 0 sampai dengan 100 meter. Perintah ON/OFF dalam aplikasi berfungsi untuk menyalakan dan mematikan pompa air dengan menggunakan *mobile apps* serta memanfaatkan jaringan internet dalam penggunaannya. Terdapat dua kondisi yang menyebabkan pompa air mati atau menyala, pertama adalah ketika kondisi suhu melebihi 30°C dan kelembapan tanah kurang dari 60%. Sedangkan kondisi kedua adalah bisa dikendalikan secara manual dengan bantuan *mobile apps kodular* dengan menekan tombol ON untuk menyalakan pompa dan tombol OFF untuk mematikan pompa air. Delay waktu pengiriman perintah bisa terjadi dalam proses transmisi data karena kondisi kecepatan jaringan internet dan provider yang digunakan sangat berpengaruh terhadap proses pengiriman data. Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan rata-rata *delay* yang diperoleh berkisar dari 1 detik hingga 5 detik pada saat diberikan instruksi.



Gambar 9. Pengujian Mobile Apps Kodular.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang dikemukakan sebelumnya, hasil dari penelitian menunjukkan kinerja sistem monitoring dan kendali pada sistem penyiraman tanaman cabai merah telah bekerja sesuai dengan fungsionalitasnya. Pengukuran nilai suhu dan kelembapan memiliki selisih *error* pengukuran antara alat ukur suhu standar dan sensor suhu DHT 11 memiliki selisih yang cukup kecil sebesar 0,0058%. Sama halnya dengan hasil pengukuran kelembapan tanah menggunakan sensor kelembapan tanah kapasitif V3 sebesar 0,015%. Hal ini menunjukkan pengukuran sensor suhu DHT11 dan sensor kelembapan kapasitif V3 memiliki tingkat

pengukuran yang cukup akurat. Sedangkan hasil pengujian keseluruhan sistem monitoring dan kendali sudah sesuai dengan harapan dan bekerja otomatis sesuai dengan kondisi suhu dan kelembapan. Hal ini, berdasar pada hasil pengujian *hardware* sistem pompa aktif pada pukul 08.00 WIB, pukul 12.07 WIB dan pukul 12.59 karena status tanaman kering dengan suhu lebih dari 30°C dan kelembapan kurang dari 60%. Selain itu, kendali pompa air menggunakan aplikasi *mobile* bekerja sesuai dengan fungsinya namun dalam proses pengiriman perintah memiliki delay antara 1 detik hingga 5 detik dengan rentang jarak perintah antara 0 sampai 100 meter. Penelitian ini masih perlu dikembangkan dengan menambahkan atau mengganti metode sistem pengendali suhu agar terjaga sesuai dengan kebutuhan tanaman cabai merah dan memaksimalkan sistem pengiriman data agar tidak terjadi *delay* yang terlalu lama dalam proses pengiriman data pada aplikasi *mobile*.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang membantu penelitian ini untuk setiap tahapannya.

REFERENSI

- [1] J. Tarigan, M. Bukit, and S. N. Yilu, "Rancang Bangun Sistem Irigasi Tetes Otomatis Untuk Budidaya Tanaman Terong Ungu (*Solanum Melongena* L.) Berbasis *Internet Of Things* (IoT)," *J. Fis.*, vol. 8, no. 2, pp. 30–39, 2023.
- [2] L. Delvita, "Motivasi Petani Menanam Cabe (*Capsicum Annum* L.) Di Kecamatan Lembah Gumanti Kabupaten Solok," *J. Spasial*, vol. 3, no. 2, 2017, doi: 10.22202/js.v3i2.1602.
- [3] A. Alparahab, N. Nehru, and S. Fuady, "Pengembangan Instrumen Monitoring Dan Penyiraman Bibit Cabai Rawit Berbasis Iot," 2021.
- [4] D. Rienzani Supriadi, A. D. Susila, and E. Sulistyono, "Penetapan Kebutuhan Air Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) dan Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.)," *J. Hortik. Indones.*, vol. 9, no. 1, pp. 38–46, 2018, doi: 10.29244/jhi.9.1.38-46.
- [5] N. Fauzia, N. Kholis, and H. K. Wardana, "Otomatisasi Penyiraman Tanaman Cabai Dan Tomat Berbasis Iot," *Reaktom Rekayasa Keteknikan dan Optimasi*, vol. 6, no. 1, pp. 22–28, 2021.
- [6] A. K. Nalendra and M. Mujiono, "Perancangan Iot (*Internet Of Things*) Pada Sistem Irigasi Tanaman Cabai," *Gener. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 61–68, 2020, doi: 10.29407/gj.v4i2.14187.
- [7] A. Pertiwi, V. E. Kristianti, I. Jatnita, and A. Daryanto, "Sistem Otomatisasi Drip Irigasi Dan Monitoring Pertumbuhan Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things," *Sebatik*, vol. 25, no. 2, pp. 739–747, 2021, doi: 10.46984/sebatik.v25i2.1623.
- [8] W. I. S. A. Talli, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Tanah Untuk Tanaman Cabai Berbasis Iot (Internet of Things)," vol. 7, no. 5, pp. 1–8, 2023.
- [9] L. Kabat, "Penerapan Teknologi Automatic Drip Irrigation System (Adis) Untuk Meningkatkan Produktivitas Cabai Di Program Studi Agribisnis , Politeknik Negeri Banyuwangi," vol. 6, no. 1, pp. 1176–1184, 2020.
- [10] D. Perangin-Angin *et al.*, "Implementation of Smart Irrigation System on Carrot Plantation Using Internet of Things," *J. Sist. Inf. dan Ilmu Komput. Prima (JUSIKOM PRIMA)*, vol. 5, no. 2, pp. 28–32, 2022, doi: 10.34012/jurnalsisteminformasidanilmukomputer.v5i2.2347.
- [11] A. Furkan, "Penerapan Irigasi Tetes Pada Tanaman Cabe Merah Di Desa Buncu Kecamatan Sape Kabupaten Bima," Universitas Muhammadiyah Mataram, 2022.
- [12] L. Syafaah, "Sistem Monitor dan Kontrol Pertumbuhan Cabai Rawit Hidroponik dengan Perbedaan Warna LED Berbasis IoT," *Pros. SENTRA (Seminar Teknol)*, pp. 80–87, 2021.
- [13] S. Dwiyatno, E. Krisnaningsih, D. Ryan Hidayat, and Sulistiyono, "Smart Agriculture Monitoring Penyiraman Tanaman Berbasis *Internet of Things*," *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 38–43, 2022, doi: 10.30656/prosisko.v9i1.4669.
- [14] L. Hartawan *et al.*, "Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Arduino IoT Cloud di Lahan Pertanian," *J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2, no. 1, pp. 93–100, 2023.
- [15] A. I. Sujana and L. Hartawan, "Component Modification and Data Communication Lines of Automatic Crop Sprinklers on Soil Moisture-Based Agricultural Land," vol. 7, no. 1, pp. 85–90, 2024.
- [16] R. E. Putri, I. Putri, and M. A. Pilly, "Design and Implementation of an IoT System for Smart Irrigation," 2021.
- [17] N. Muzammil Norhanan, N. Nasrin Nadhirah Azmi, A. Farhana Raymedin, and Z. Ali, "Sistem Tanaman Pintar IoT," *Multidiscip. Appl. Res. Innov.*, vol. 3, no. 1, pp. 459–465, 2022.
- [18] M. M. F. Fatori, "Aplikasi IoT Pada Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik," *J. Pendidik. Sains dan Komput.*, vol. 2, no. 02, pp. 350–356, 2022, doi: 10.47709/jpsk.v2i02.1746.
- [19] A. M. Mudzakir, C. Bowo, and P. Andianto, "Distribusi Kadar Air Tanah Dengan Irigasi Curah Pada Budidaya Tanaman Stevia (*Stevia rebaudiana* B.)," *J. Sains Teknol. Lingkung.*, vol. 9, no. 4, pp. 689–700, 2023, doi: 10.29303/jstl.v9i4.469.
- [20] W. Bahtiar, A. Suhardono, and R. Sasongko, "Studi Optimasi Pola Tata Tanam Terhadap Kebutuhan Air Pada," *Jos - Mrk*, vol. 3, pp. 24–29, 2022.
- [21] R. D. RUSNAWATI and T. S. HARIYATI, "Implementasi Internet Of Things Pada Layanan Kesehatan (Literature Review)," *J. Innov. Reseach Knowl.*, vol. 3471, no. 8, pp. 569–574, 2022.
- [22] Anggy Giri Prawiyogi and Aang Solahudin Anwar, "Perkembangan *Internet of Things* (IoT) pada Sektor Energi : Sistematis Literatur Review," *J. MENTARI Manajemen, Pendidik. dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 2, pp. 187–197, 2023, doi: 10.34306/mentari.v1i2.254.