

Otomasi Sistem Penyiraman Tanaman Bawang Merah Pada Lokasi Tanah Berbatu Berbasis Internet of Things

Flora Finansia Simbolon^{(1,a)*}, Sri Wahyu Suciati^(1,b), Dodi Yudo Setyawan^(2,c), Arif Surtono^(1,d), dan Warsito^(1,e)

⁽¹⁾Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

⁽²⁾Jurusan Teknik Komputer, IBI Darmajaya, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

Email : ^(a*)florasimbolon140@gmail.com, ^(b)sri.wahyu@fmipa.unila.ac.id, ^(c)dodi@darmajaya.ac.id,

^(d)arif.surtono@fmipa.unila.ac.id, ^(e)warsito@unila.ac.id

Disubmisi: 31 Maret 2026, Direvisi: 20 Juli 2026

Abstract.

Background: This research implemented an automated shallot irrigation system in rocky soil locations based on the Internet of Things (IoT).

Aims: The goal was to design an automatic irrigation tool for these locations and understand how users can access the system's output data.

Methods: The system uses a NodeMCU ESP32 with a capacitive soil moisture sensor to measure soil moisture content (98.86% accuracy), a DHT11 sensor to measure air temperature (99.31% accuracy) and air humidity (99.24% accuracy), and a rain sensor. It controls a solenoid valve for watering and a pump for spraying pesticides, with sensor data displayed in real-time at <https://iot.darmajaya.ac.id/home.html> and an application with a 5-second delay.

Results: The tool waters automatically when soil humidity is <30% or air humidity is <50%, and stops when soil humidity is ≥50% and air humidity is ≥70%. Pump on/off control is done through the app after rain. Measured soil humidity values range from 19.46% to 79.19%, and air humidity from 17.6% to 96.6%.

Conclusion: The system proved effective in supporting shallot growth in rocky soil locations.

Keywords: Application, Shallots, ESP32, Humidity, Irrigation Automation, Website.

Abstrak.

Latar Belakang: Penelitian ini merealisasikan otomasi sistem penyiraman tanaman bawang merah pada lokasi tanah berbatu berbasis *Internet of Things* (IoT).

Tujuan: Tujuannya untuk merancang alat penyiraman otomatis pada lokasi tersebut dan memahami cara pengguna mengakses data keluarannya.

Metode: Sistem menggunakan NodeMCU ESP32 dengan sensor *capacitive soil moisture* untuk mengukur kadar air tanah (akurasi 98,86%), sensor DHT11 untuk mengukur suhu udara (akurasi 99,31%) dan kelembaban udara (akurasi 99,24%), serta sensor hujan. Sistem mengontrol *solenoid valve* untuk penyiraman dan pompa untuk penyemprotan pestisida dengan data sensor ditampilkan *real-time* di <https://iot.darmajaya.ac.id/home.html> dan aplikasi dengan *delay* 5 detik.

Hasil: Alat menyiram otomatis ketika kelembaban tanah <30% atau kelembaban udara <50%, berhenti saat kelembaban tanah ≥50% dan kelembaban udara ≥70%. Kontrol *on/off* pompa dilakukan melalui aplikasi setelah hujan. Nilai kelembaban tanah terukur 19,46%–79,19% dan kelembaban udara 17,6%–96,6%.

Kesimpulan: Sistem terbukti efektif dalam mendukung perkembangan tanaman bawang merah pada lokasi tanah berbatu.

Kata kunci: Aplikasi, Bawang merah, ESP 32, Kelembaban, Otomasi penyiraman, Website.

PENDAHULUAN

Tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) dari famili *Liliaceae*, tanaman hortikultura yang berkontribusi besar dalam pemenuhan kebutuhan pangan dan berpotensi besar di sektor agribisnis. Bawang merah termasuk enam besar komoditas sayuran komersial yang diekspor dengan prospek cerah karena digunakan sebagai bumbu masak dan bahan baku obat-obatan sehingga permintaannya tinggi di pasaran [1]. Berdasarkan data Survei Pertanian Hortikultura (SPH) tahun 2021, bawang merah masuk dalam 5 jenis tanaman sayuran dengan kontribusi produksi terbesar terhadap total produksi sayuran di Indonesia, yaitu sebesar 13,54%. Produksi bawang merah Indonesia pada 2021 mencapai 2 juta ton, namun produksi turun 1,51% menjadi 1,97 juta ton pada 2022. Sepuluh provinsi menjadi produsen bawang merah terbesar pada 2022, yaitu Jawa Tengah (556.510 ton), Jawa Timur, Sumatera Barat, Nusa Tenggara Barat, Jawa Barat, Sulawesi Selatan, Sumatera Utara, Bali, D.I Yogyakarta, dan Jambi [2].

Budidaya bawang merah pada lahan kering membutuhkan irigasi. Namun, penyiraman secara manual memerlukan tenaga manusia dan harus menyiram satu persatu pada tiap rumpun tanaman hingga tanah basah. Tantangannya, takaran air tidak merata, waktu terbatas, serta kurang pemahaman kebutuhan air tanaman. Kekurangan air mengakibatkan tanaman mengering, sedangkan kelebihan air dapat menyebabkan pembusukan atau hama [3]. Untuk hasil yang optimal, tanah sebagai komponen penting dalam pertanian harus diperhatikan. Terutama di daerah dengan tanah berbatu yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia seperti Nusa Tenggara Barat, Jawa Barat, Jawa Tengah, Sulawesi dan daerah lainnya [4]. Pulau Timor, Nusa Tenggara Timur terkenal dengan kondisi

tanahnya yang berbatu dan kering, sehingga menyebabkan kesulitan dalam bercocok tanam sayuran [5]. Meskipun demikian, upaya penanaman sayuran di atas tanah berbatu dan lahan kering telah dilakukan, seperti di Kabupaten Enrekang, Provinsi Sulawesi Tengah [6]. Jenis tanah berbatu berasal dari batuan keras yang belum lapuk sempurna, sehingga sulit mendukung pertumbuhan tanaman [7]. Lokasi tanah berbatu memiliki daya resapan air yang rendah dan kemampuan menyimpan air yang terbatas. Meskipun tidak menghendaki banyak hujan, tanaman bawang merah tetap membutuhkan pasokan air yang cukup selama pertumbuhannya melalui penyiraman karena peka terhadap curah hujan tinggi.

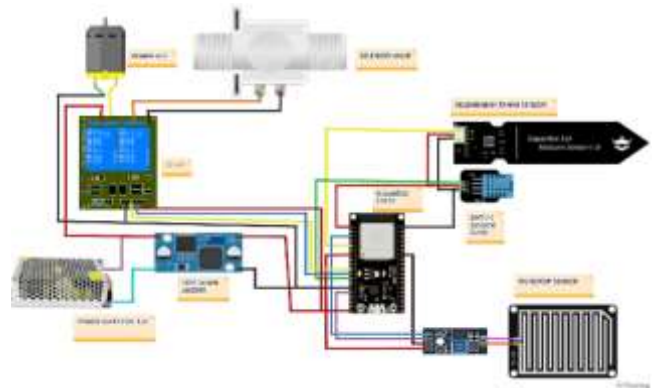
Penggunaan teknologi dalam otomasi pertanian telah maju, termasuk penyiraman otomatis tanaman bawang merah. Penelitian sebelumnya menggunakan mikrokontroler seperti Atmega328P dengan sensor YL-69 dan Arduino Mega dengan sensor tanah FC-28, tetapi hanya menampilkan nilai kelembaban pada LCD [8],[9]. Sistem berbasis IoT dapat mengurangi beban petani dan memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui smartphone menggunakan bantuan aplikasi blynk, website dengan notifikasi pada aplikasi telegram, notifikasi whatsapp, serta aplikasi android dengan UML [10],[11]. Penelitian menunjukkan NodeMCU ESP8266 efektif untuk pemantauan, namun kurang cocok untuk jangka panjang [12],[13]. NodeMCU ESP32 lebih unggul. Penelitian ini merancang sistem menggunakan NodeMCU ESP32, dilengkapi antarmuka website dan aplikasi seluler yang terhubung melalui WiFi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam perawatan tanaman bawang merah, terutama dalam kondisi tanah yang tidak ideal seperti tanah berbatu.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan *capacitive soil moisture sensor* sebagai pendeteksi kelembapan tanah, DHT11 sebagai pendeteksi suhu dan kelembapan udara, serta raindrop sensor sebagai pendeteksi hujan dengan mikrokontroler NodeMCU ESP32. ESP32 memiliki Analog to Digital Converter (ADC) dengan resolusi 12 bit. ADC akan memperoleh nilai desimal dari rentang nilai 0 hingga 4095, nilai tersebut diperoleh dari $2^{12} = 4096$ (0 sampai dengan 4095). Perancangan sistem diawali dengan persiapan untuk menentukan komponen yang dibutuhkan dan dilakukan studi literatur. Metode penelitian untuk pengambilan data adalah *Research and Development* (R&D), yaitu metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk. Pada penelitian ini, membuat alat otomasi penyiraman tanaman bawang dan menguji keefektifan dari alat otomasi pada lokasi tanah berbatu berbasis IoT dengan menggunakan *website* dan *mobile app* untuk mencapai kesimpulan apakah penggunaan alat penyiraman otomatis berbasis IoT pada tanaman bawang merah pada lokasi tanah berbatu dapat bekerja dengan optimal. Pada penelitian ini terbagi menjadi 3 bagian yaitu hardware, software, dan lahan pengujian. Pada bagian hardware dilakukan perancangan dan pembuatan desain sistem, perancangan dan pembuatan alat, pembacaan dan konversi nilai ADC, kalibrasi dan pengujian sensor.

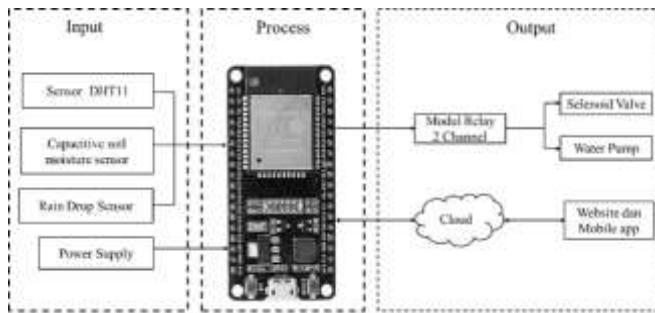
Pada bagian software dilakukan tahapan perancangan dan pembuatan kode program, pembuatan program kendali, pengaktifan WiFi, pengujian website dan mobile app. Untuk bagian lahan pengujian dilakukan persiapan lahan, penanaman bawang merah. Selanjutnya penyatuan sistem hardware dan software untuk mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak menjadi satu sistem yang berfungsi. Lalu, melakukan pengujian alat dan pengambilan data dengan pembacaan data pada saat sistem yang

diimplementasikan pada sistem real. Desain sistem ditunjukkan pada **Gambar 1**.

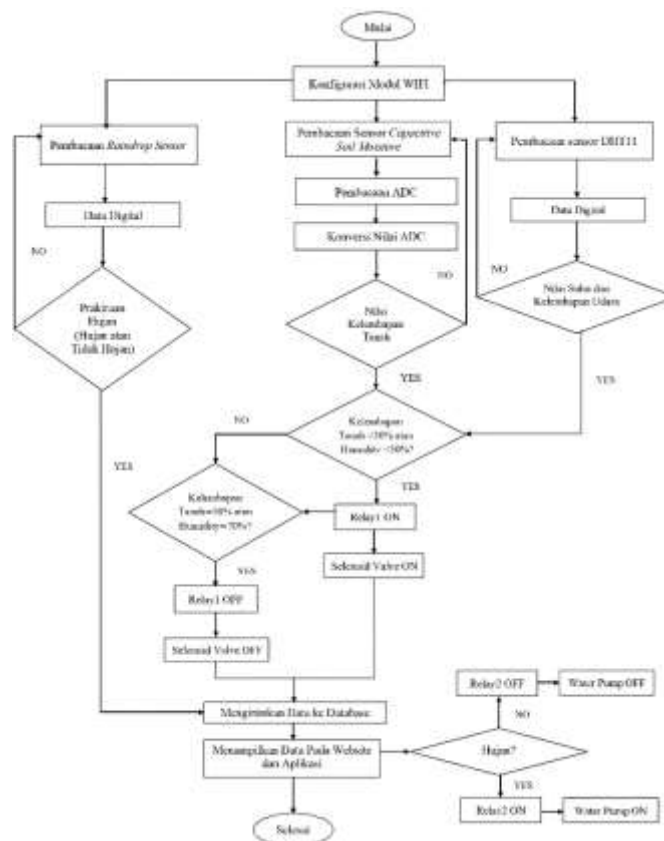


Gambar 1. Desain Sistem Alat Penyiraman Otomatis

Bagian input yaitu Sensor DHT1, Capacitive soil moisture sensor, dan rain drop sensor dan power supply. Bagian process berupa NodeMCU ESP32 sebagai pusat kontrol sistem. NodeMCU ESP32 mengumpulkan data dari sensor untuk membuat keputusan. Bagian output, ketika NodeMCU ESP32 mengetahui bahwa tanaman membutuhkan penyiraman, modul relay 1 mengaktifkan solenoid valve. Setelah hujan, relay 2 mengaktifkan pompa. NodeMCU ESP32 terhubung ke jaringan WiFi dan cloud server menyimpan dan mengirim data melalui internet ke website dan mobile app. Dilakukan pemrograman pada NodeMCU ESP32 untuk melakukan fungsi-fungsi yang dinamakan melalui sintaks pemrograman, dilakukan tahap perancangan sistem kendali dan monitoring. Gambaran umum sistem ditunjukkan oleh blok diagram pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Blok Diagram Gambaran Umum Sistem



Gambar 3. Diagram Alir Otomasi Sistem Penyiraman

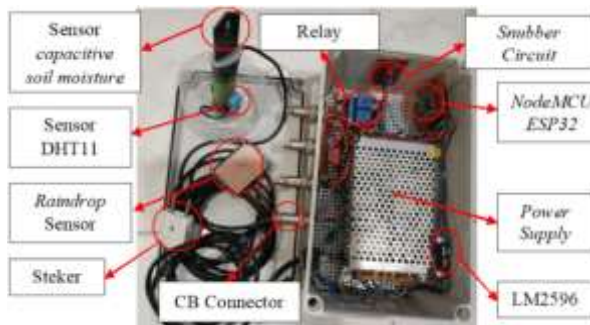
Pada **Gambar 3**, pembacaan dan konversi nilai ADC dari sensor kelembapan tanah karena sensor masih analog, sedangkan sensor DHT11 dan sensor hujan datanya digital. Nilai kelembapan tanah dan kelembapan udara dijadikan dasar penentuan status on/off solenoid valve. Kelembapan tanah ideal untuk tanaman bawang merah adalah ($30\% \leq \text{kelembapan tanah} \leq 50\%$) dan untuk kelembapan udara

adalah ($50\% \leq \text{Humidity} \leq 70\%$) [11]. Jika nilai kelembapan tanah $< 30\%$ atau kelembapan udara $< 50\%$, maka *solenoid valve ON*. Jika hujan, pompa akan diaktifkan dengan menggunakan aplikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian alat otomasi ditunjukkan pada **Gambar 4**. Relay 2 channel sebagai saklar

elektronik, snubber circuit melindungi relay agar tidak terkena lonjakan tegangan selama pengoperasian aktuator solenoid valve dan pompa. Power supply menyediakan daya. LM2596 menstabilkan tegangan dari power supply agar sesuai dengan kebutuhan sistem. Steker untuk menghubungkan sistem ke sumber daya listrik eksternal. CB Connector menghubungkan dan memutuskan aliran listrik ke perangkat secara cepat dan aman.

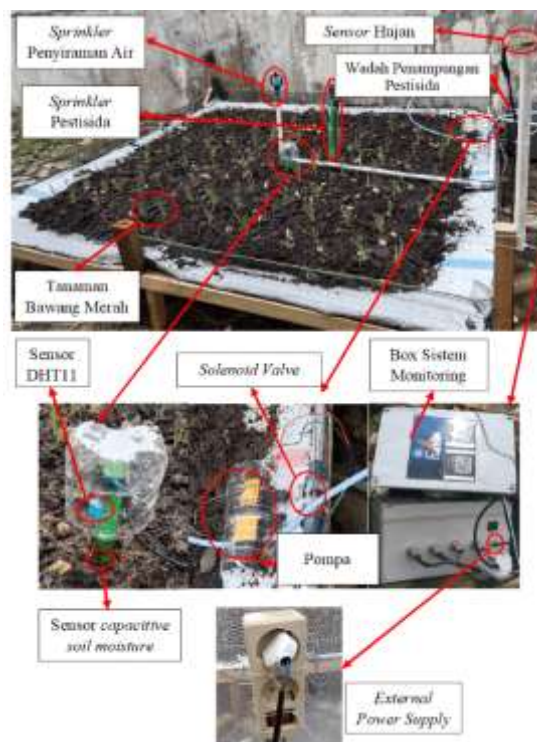


Gambar 4. Rangkaian Alat Otomasi Penyiraman

Pada bagian luar box sistem terdapat QR code untuk memudahkan akses ke website dan mengunduh *mobile apps* monitoring ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Tampak Luar Box Sistem Otomasi Penyiraman

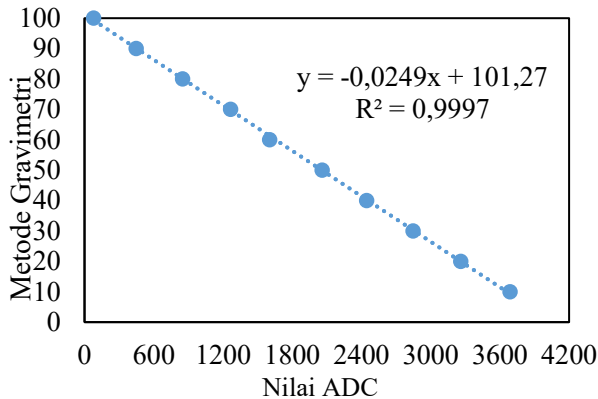


Gambar 6. Penempatan Alat Otomasi Penyiraman Pada Lahan Pengujian

1. Pengujian Sensor Capacitive Soil Moisture

Pengujian kelembapan tanah menggunakan metode gravimetri sebagai standar acuan dengan prinsip perbandingan antara massa air dengan massa tanah kering. Tahap awal pembuatan sampel uji adalah pengeringan tanah untuk mengurangi kadar air dalam tanah. Sampel tanah yang digunakan seberat 150 gram dengan penambahan air 15 ml dari pengukuran sebelumnya. Perhitungan nilai kadar air tanah dengan metode gravimetri menggunakan **Persamaan (1), (2), dan konversi nilai ADC ke bentuk persen dengan persamaan (3).**

Dimana, MTB = Massa tanah basah (g), MTK = Massa tanah kering (g), KD = Kadar air (%), MA = Massa air (g) dan SM = Soil moisture (%)



Gambar 7. Grafik Kesebandingan Nilai ADC Terhadap Soil Moisture dengan Gravimetri (%)

Nilai-nilai ADC mencerminkan tingkat tegangan yang dihasilkan oleh sensor dalam respons terhadap kadar air tanah yang diukur, memberikan informasi tentang sensitivitas sensor. Diperoleh nilai ADC tertinggi sebesar 3689 dan terendah sebesar 79. Nilai presentasi kesalahan atau error, akurasi, dan standar deviasi dihitung menggunakan **Persamaan (4), (5), (6), (7).**

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (4)$$

$$\text{NilaiError}(\%) = \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Akurasi}(\%) = \left(1 - \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \right) \times 100\% \quad (6)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X}_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (7)$$

Dimana, $\sum x_i$ = jumlah semua nilai data, n banyak data, Y = nilai parameter referensi, X_n = nilai parameter terukur ke- n , σ =

$$MA = MTB - MTK \quad (1)$$

$$KD = \frac{MA}{MTK} \times 100\% \quad (2)$$

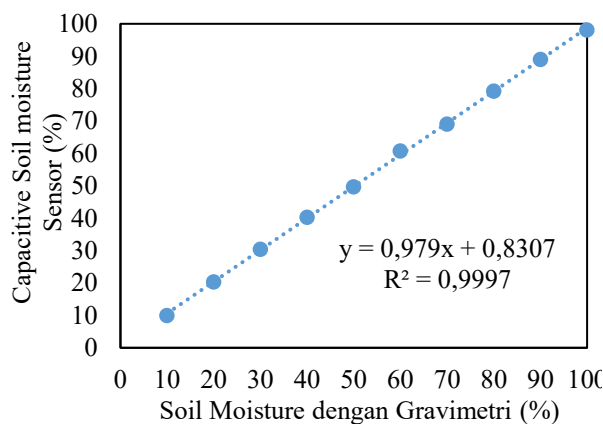
$$SM(\%) = 100 - ((ADC / 4095) \times 100) \quad (3)$$

standar deviasi, $\bar{X}_i$ = data selisih, dan $\bar{X}$ = rata-rata nilai selisih.

Standar deviasi menunjukkan seberapa jauh data tersebar dari rata-rata, menggambarkan variasi pengukuran. Semakin mendekati 0, maka data dari sensor lebih stabil dan konsisten dengan data yang akurat. Terbukti dari hasil pengukuran dengan nilai standar deviasi 0,79% diperoleh akurasi yang cukup baik sebesar 98,86%. Rata-rata nilai error sebesar 1,22%. Pemakaian sistem yang terus-menerus meningkatkan standar deviasi sensor. Oleh karena itu, semua sensor harus dikalibrasi secara berkala atau periodik untuk memastikan akurasi baik. Grafik kesebandingan nilai ADC sensor *soil moisture* terhadap kadar air tanah dengan metode gravimetri pada **Gambar 7.**

Berdasarkan **Gambar 7**, terdapat korelasi yaitu nilai ADC sensor *capacitive*

soil moisture cenderung menurun seiring dengan peningkatan nilai kelembaban tanah. Plot grafik memperoleh persamaan regresi linier dengan nilai R^2 sebesar 0,9997. Hal ini menunjukkan bahwa sensor kapasitif tanah dapat digunakan untuk mengukur kelembaban tanah dengan akurasi yang tinggi. Hubungan berbanding terbalik antara nilai ADC sensor dan kelembaban tanah sesuai dengan teori bahwa tingkat kelembaban yang semakin tinggi akan memperoleh tegangan yang semakin kecil karena air mempengaruhi kapasitansinya [14]. Grafik Pengujian *capacitive soil moisture sensor* pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Pengujian Capacitive Soil Moisture Sensor

Berdasarkan **Gambar 8**, disimpulkan bahwa kelembaban tanah sensor *capacitive soil moisture* memiliki hubungan linear yang kuat dengan kelembaban tanah menggunakan metode gravimetri, dengan nilai R^2 sebesar 0,9997.

2. Pengujian Sensor DHT11

Pengujian sensor DHT11 dilakukan 10 kali dengan peningkatan suhu untuk memastikan akurasi sensor yang dibandingkan dengan alat ukur standar HTC-1. Pada pengujian suhu udara diperoleh nilai minimum suhu udara sensor DHT11 sebesar 24,1°C dan maksimumnya

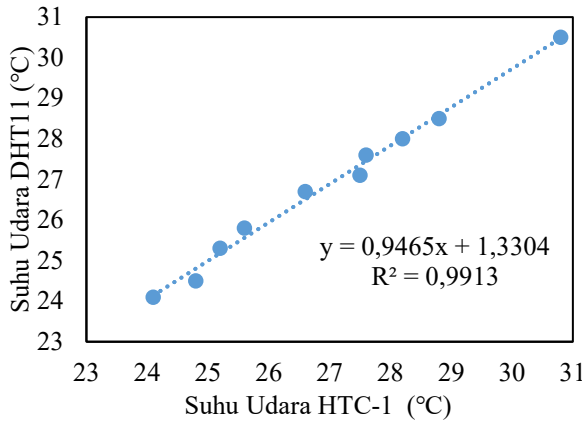
30,5°C. Suhu udara sensor DHT dan HTC-1 memiliki hubungan linear yang kuat dengan dengan nilai R^2 sebesar 0,9913. Dari 10 pengukuran suhu udara rata-rata errornya sebesar 0,69%. Nilai standar deviasi 0,20°C diperoleh akurasi yang cukup baik dan cukup akurat yaitu sebesar 99,31%.

Pada pengujian kelembaban udara diperoleh diperoleh nilai minimum kelembaban udara pengujian sensor DHT11 sebesar 57%, dan maksimumnya sebesar 75%, standar deviasi sebesar 0,64% dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi, yaitu sebesar 99,24%. Rata-rata errornya sebesar 0,76%. Kelembaban udara sensor DHT dan HTC-1 memiliki hubungan linear yang kuat dengan dengan nilai R^2 sebesar 0,9879. Persamaan linear dari plot grafik kelembaban tanah, suhu udara dan kelembaban udara dimasukkan pada *source code* untuk memperoleh pengukuran dengan akurasi yang lebih tinggi atau lebih baik, sesuai dengan hasil pengukuran kalibrator.

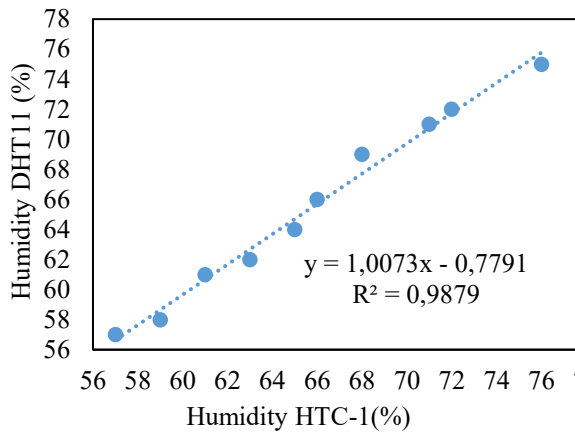
3. Pengujian Raindrop Sensor

Pengujian bertujuan membaca nilai sensor ketika terkena tetesan air dan kondisi kering berupa logika *high* dan *low*. Outputnya berupa nilai digital yaitu 0 dan 1. Apabila panel sensor dalam keadaan kering maka bernilai 1 dengan kondisi led mati. Sedangkan jika panel sensor terkena tetesan air hujan bernilai 0 dengan kondisi led menyala. Pengujian pada 2 kondisi yaitu saat hujan dan tidak hujan pada lokasi *outdoor*. Dari 10 data pengujian, sensor memberikan hasil yang konsisten dengan kondisi yang diamati.

Kesebandingan nilai suhu udara yang diukur diilustrasikan melalui grafik **Gambar 9** dan kesebandingan nilai kelembaban udara yang diukur oleh sensor DHT11 terhadap alat ukur standar HTC-1 dapat diilustrasikan melalui grafik seperti pada **Gambar 10**.



Gambar 9. Grafik Kesebandingan Suhu Udara DHT11 (°C) Terhadap Suhu HTC-1 (°C)



Gambar 10. Grafik Kesebandingan Kelembaban Udara DHT11 (%) Terhadap HTC-1 (%)

Pengujian transmisi data dilakukan untuk mengevaluasi performa dan kelayakan sistem dengan mengukur rentang waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data dari sensor ke database *MySQL*. Pengujian sebanyak 10 kali untuk setiap parameter sensor yang terlibat. Selisih waktu *delay* (Δt) dihitung menggunakan **Persamaan 8**.

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (8)$$

Menghitung rata-rata delay transmisi data ($\bar{t}$), digunakan **Persamaan 9**.

$$\bar{t} = \frac{\Delta t}{n} \quad (9)$$

Di mana, Δt = adalah waktu delay sensor, t_1 = waktu data terkirim, t_2 = waktu data diterima, dan n = jumlah data [15]. Pengujian website diperoleh delay rata-rata sebesar 4,358 detik dan aplikasi sebesar 2,723 detik. Pengiriman data dari sensor ke database *MySQL* untuk aplikasi memiliki kinerja yang lebih cepat dan lebih konsisten dibandingkan website. Alamat website menggunakan HTTPS yaitu versi aman dari protokol HTTP untuk mengakses situs web menggunakan enkripsi SSL yang melindungi data dari penyadapan dan serangan perantara saat ditransfer antara klien dan server.

Proses monitoring otomasi penyiraman tanaman bawang dilakukan selama 10 hari (15-24 maret 2024). Data pemantauan, diambil setiap dua jam dari pukul 07.00 - 17.00 WIB. Data hasil pemantauan disimpan dalam database *MySQL* dengan delay ± 5 detik. Perubahan nilai kelembaban tanah dalam rentang dua jam mayoritas tidak terlalu jauh dari pengukuran sebelumnya.

Fitur website untuk menampilkan hasil monitoring secara *real-time* dengan delay 5 detik untuk mencegah beban berlebih pada server dan data yang ditampilkan selalu terbaru. Untuk website tampilan awal ketika membuka halaman website akan menyajikan sapaan dan ajakan untuk merawat tanaman, lalu halaman kontak penulis, halaman latar belakang sistem otomasi, halaman desain sistem dan halaman monitoring yang berisi data pengukuran dan grafik. Grafik berwarna hijau untuk data kelembaban udara, merah data kelembaban tanah dan biru data suhu udara. Waktu, tanggal dan data monitoring setiap waktu diketahui dengan mengklik di bagian titik grafik. Garis lurus searah sumbu horizontal berwarna merah dan hijau pada

angka 30, 50 dan 70 sumbu y sebagai batas nilai minimum dan maksimum kelembaban tanah dan kelembaban udara. Klik kotak keterangan warna untuk menyembunyikan

sementara dan mengembalikan grafik. Tampilan hasil monitoring website ditampilkan pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Grafik Data Kelembaban Tanah, Suhu Dan Kelembaban Udara



Gambar 13. Grafik Data Sensor Hujan



Gambar 14. Tampilan Aplikasi



Gambar 15. Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah

Pada **Gambar 12**, nilai parameter kelembaban tanah yang terukur pada rentang 19,46%–79,19% dan kelembaban udara pada rentang 17,6%–96,6%. Pada pengukuran kelembaban tanah <30% atau kelembaban udara <50% terjadi penyiraman secara otomatis. Pada **Gambar 13** yaitu grafik data sensor hujan, keluaran bernilai 1 (tidak hujan) dan bernilai 0 (hujan). Garis vertikal berwarna orange mengindikasikan kejadian hujan. Untuk waktu dan tanggal kejadian dapat diketahui dengan mengklik di bagian garis sumbu horizontal.

Pada aplikasi, update data terjadi setiap 5 detik. *Mobile apps* untuk menampilkan data, dan tombol untuk instruksi on/off aktuator berfungsi dengan baik. Tampilan aplikasi pada **Gambar 14**.

Pertumbuhan tanaman bawang merah ditunjukkan **Gambar 15**. Hari ke-6 setelah penanaman sudah tumbuh akar dan tunas daun sudah terlihat, minggu ke-3 daun bawang semakin berkembang, dan minggu ke-7 sudah terlihat umbi bawang. Otomasi sistem meningkatkan pertumbuhan vegetatif dengan penjadwalan air yang sesuai kebutuhan tanaman, mengurangi risiko

kekeringan dan cekaman air. Sistem ini juga efektif dalam mengendalikan hama dan penyakit melalui kontrol pompa pestisida. Secara keseluruhan, sistem ini mendukung pertumbuhan bawang merah di tanah berbatu.

KESIMPULAN

Sistem otomasi penyiraman berbasis *internet of things* menggunakan NodeMCU ESP32 terealisasi dan bekerja dengan baik dengan hasil pengukuran dapat dilihat secara real time menggunakan aplikasi dan website, serta terbukti efektif dalam mendukung pertumbuhan tanaman bawang merah pada lokasi tanah berbatu. Nilai parameter kelembaban tanah yang terukur pada rentang 19,46%–79,19% dan kelembaban udara pada rentang 17,6%–96,6%. Solenoid valve ON saat kelembaban tanah <30% atau kelembaban udara <50%. Sensor hujan bekerja dengan baik dan petani akan mengendalikan pompa menggunakan aplikasi agar ON setelah hujan untuk penyemprotan pestisida.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Rosna, E. Kesumawati, and A. Marliah, "Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Varietas Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) akibat Pemberian Dosis Pupuk NPK Phonska di Dataran Tinggi Gayo Lues," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, vol. 6, no. 4, pp. 872–880, 2021.
- [2] Badan Pusat Statistik, *Statistika Angka Tetap Hortikultura Tahun 2021*. Jakarta: Kementerian Pertanian, 2021.
- [3] N. Kamilah, S. Salamiah, and M. I. Pramudi, "Efektivitas Tiga Sumber Mikro Organisme Lokal (MOL) Terhadap Intensitas Serangan Penyakit Moler pada Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.)," *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*, vol. 6, no. 3, pp. 708–719, 2023.
- [4] R. L. Aprilia and S. Sukur, "Kajian Sifat Fisik, Kimia, Dan Biologi Pada Tanah Berpasir Di Beberapa Wilayah Indonesia," *Agronu: Jurnal Agroteknologi*, vol. 1, no. 02, pp. 71–79, 2022.
- [5] M. Hikmat, D. P. Hati, and S. Sukarman, "Kajian Lahan Kering Berproduktivitas Tinggi di Nusa Tenggara untuk Pengembangan Pertanian," *Jurnal Sumberdaya Lahan*, vol. 16, no. 2, pp. 119–133, 2022.
- [6] Saragih, E. S *et al.*, *Di atas tanah berbatu dan lahan kering kami bertanam sayuran*. Penerbit Swadaya. Jakarta: Penerbit Swadaya, 2018.
- [7] N. Widiasmadi, "Sistem Agro Konservasi Smart Biosoil untuk Peningkatan Daya Dukung Tanah Litosol," *Journal on Education*, vol. 5, no. 3, pp. 9869–9879, 2023.
- [8] W. Sijabat, I. Ishak, and S. Murniyanti, "Rancang Automatic Sprinkler Pada Tanaman Bawang Menggunakan Teknik PWM Berbasis Arduino," *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, vol. 1, no. 1, pp. 34–41, 2022.
- [9] M. Nurkamid and B. Gunawan, "Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Bawang Merah Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah," *SNATIF*, vol. 5, no. 2, pp. 256–264, 2019.
- [10] R. Cahyani, K. Indriyani, and F. N. Hulu, "Perancangan Sistem Kontrol Pemupukan Otomatis Pada Tanaman Bawang Menggunakan RTC DS3231 Dengan Sensor Hujan FC-37 Berbasis IoT," *Prosiding Konferensi Nasional Social & Engineering Polmed (KONSEP)*, vol. 4, no. 1, pp. 344–350, 2023.
- [11] K. Bagaskara, A. Mahmudi, and Y. A. Pranoto, "Sistem Kontrol Dan Monitoring Pada Tanaman Bawang Merah Berbasis Iot," *JATI (Jurnal Mahasiswa*

Teknik Informatika), vol. 7, no. 1, pp. 873–880, 2023.

[12] I. H. Wayangkau, Y. Mekiuw, R. Rachmat, S. Suwarjono, and H. Hariyanto, “Utilization of IoT for soil moisture and temperature monitoring system for onion growth,” *Emerg. Sci. J.*, vol. 4, pp. 102–115, 2020.

[13] D. A. R. Wati, “Otomatisasi Penyiraman Tanaman Bawang Merah Dengan Metode Irigasi Kabut Berbasis ARDUINO dan IOT,” 2020,

[14] J. Hrisiko, “Capacitive soil moisture sensor theory, calibration, and testing,” *no2*, vol. 2, pp. 1–12, 2020.

[15] F. A. R. Mas, S. W. Suciya, G. A. Pauzi, and J. Junaidi, “Smart Greenhouse Monitoring With Soil Temperature and Humidity Control on Internet of Things (IoT) Based Orchid Plants,” *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, vol. 3, no. 3, pp. 79–88, 2022.