

# RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KELEMBAPAN TANAH DAN SUHU UDARA BERBASIS IOT

Yavvi Adi Nurachman<sup>1</sup>, Yulian Zetta Maulana<sup>\*1</sup>, Gunawan Wibisono<sup>1</sup>, Luqman Hakim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Universitas Telkom, Indonesia

<sup>2</sup>Teknologi Elektronika, Politeknik Aceh, Indonesia

\*e-mail: [yulianm@telkomuniversity.ac.id](mailto:yulianm@telkomuniversity.ac.id)

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang sistem otomatis untuk memantau dan mengendalikan kelembapan tanah dalam pembudidayaan tanaman obat keluarga. Tanaman obat memerlukan kelembapan tanah optimal antara 60% hingga 80% untuk perkembangan yang baik. Penyiraman manual yang umum dilakukan membutuhkan sistem otomatis yang dapat dikendalikan dari jarak jauh via aplikasi atau website. Solusi yang diusulkan melibatkan sensor YL-69 untuk mengukur kelembapan tanah, sensor DHT 22 untuk suhu udara, pompa air berbasis motor DC, LCD, dan interface smartphone atau web. Kategori kelembapan tanah yang diukur adalah kering (0% - 80%). Metode penelitian menggunakan Research and Development, dengan pengujian kalibrasi sensor dan uji sistem menggunakan metode black box software. Sistem ini menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai pusat pengendalian data dan pompa sebagai aktuatur utama untuk penyiraman. Data ditampilkan melalui website atau aplikasi mobile Blynk, dengan sistem otomatis menghentikan penyiraman saat kelembapan tanah mencapai 70%. Hasil penelitian menunjukkan dengan nilai tersebut, bahwa sistem ini efektif menjaga kelembapan tanah secara otomatis dan dapat dioperasikan dari jarak jauh melalui perangkat handphone atau laptop.

**Kata kunci:** ESP 32; Kelembapan; Tanah; Tanaman obat keluarga; Suhu

## Abstract

This research aims to design an automatic system to monitor and control soil moisture in the cultivation of medicinal plants. Medicinal plants require optimal soil moisture between 60% and 80% for proper growth. Manual watering commonly practiced requires an automatic system that can be remotely controlled via an application or website. The proposed solution involves using the YL-69 sensor to measure soil moisture, the DHT 22 sensor for air temperature, a DC motor-based water pump, an LCD, and a smartphone or web interface. The soil moisture categories measured are dry (0% - 80%). The research method employs Research and Development, with sensor calibration testing and system testing using the black box software method. This system uses NodeMCU ESP32 as the data control center and the pump as the main actuator for watering. Data is displayed through a website or the Blynk mobile application, with the system automatically stopping watering when soil moisture reaches 70%. The results show that this system is effective in maintaining soil moisture automatically and can be operated remotely through mobile or laptop devices.

**Keywords:** Soil; Family Herbal; Temperature; Humidity; ESP32

## 1. PENDAHULUAN

Tanaman Obat Keluarga telah lama dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia sebagai alternatif pengobatan alami yang terjangkau dan efektif. Budidaya TOGA tidak hanya memenuhi kebutuhan obat herbal keluarga, tetapi juga mendukung usaha mikro dan menengah dalam sektor obat-obatan herbal [1] [2]. Produk herbal umumnya memiliki efek samping lebih sedikit dibandingkan obat kimia dan semakin banyak dikembangkan untuk konsumsi masyarakat karena harganya yang terjangkau. Pembudidayaan TOGA bertujuan untuk menyediakan obat tradisional yang berkualitas, aman, dan teruji ilmiah. Selain sebagai obat, juga bermanfaat untuk meningkatkan gizi keluarga dan sebagai bumbu masakan. Meskipun TOGA dapat tumbuh liar, perhatian khusus diperlukan pada kelembaban tanah untuk memastikan pertumbuhan optimal dan kualitas hasil [3][4][5]. Kelembaban tanah yang ideal untuk tanaman tersebut berkisar antara 80% - 90%, di mana penyiraman yang tepat menjadi kunci keberhasilan budidaya [6] [7] [8].

Saat ini, perawatan TOGA sering dilakukan oleh komunitas seperti ibu-ibu PKK di "Taman Dasa Wisma". Namun, kegiatan ini tidak terjadwal secara rutin, sehingga seringkali hasil budidaya tidak maksimal. Untuk mengatasi masalah ini, solusi yang diusulkan adalah merancang sistem pemantauan suhu dan kelembaban tanah otomatis berbasis motor DC di "Taman Dasa Wisma". Sistem ini dapat dioperasikan otomatis dan dipantau melalui perangkat gawai, memudahkan pengelolaan TOGA dan meningkatkan efektivitas budidaya [9][10]. Penelitian berjudul "Sistem Kontrol Pengairan Tanaman Berbasis Baling-Baling Berbasis Internet of Things" yang dipublikasikan di jurnal Inspiration oleh Ratnawati dan Silma (2017)

mengembangkan model eksperimental untuk mengotomatisasi irigasi tanaman guna meringankan tugas manusia. Sistem ini menggunakan baling-baling dan sensor kelembapan tanah untuk mengukur tingkat kelembapan tanah. Prototipe ini melibatkan komponen perangkat keras seperti Wemos D, sensor kelembapan tanah, sensor cahaya, LCD, dan relay, serta antarmuka pengguna berbasis aplikasi Android. Pompa air akan otomatis menyala saat kelembapan tanah di atas 1000 (ph) dan berhenti saat kelembapan turun di bawah 500 (ph) atau mencapai 500 (ph). Pengujian menunjukkan bahwa kelembapan tanah optimal berada pada 600 (ph) dan seluruh sistem berfungsi dengan baik [11].

Penelitian berjudul “Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembapan Tanah Menggunakan Logika Fuzzy” oleh Satria Bimo Mursalin, dkk (2020) bertujuan untuk mengotomatisasi penyiraman tanaman tanpa memerlukan banyak tenaga manusia. Sistem ini menggunakan logika fuzzy untuk mengatur drainase tanaman berdasarkan kelembapan tanah. Sistem ini dirancang menggunakan Arduino Uno sebagai pengontrol, pompa air, dan layar LCD untuk pembacaan kelembapan tanah. Harapannya, alat ini dapat meningkatkan efisiensi perawatan tanaman [12]. Penelitian berjudul “Perancangan Sistem Monitoring Tanaman Cabai Merah Dengan Memanfaatkan Mikrokontroler Arduino Wemos D1 Berbasis IoT” oleh Albert Suwandhi (2018) merancang alat untuk menyiram cabai merah dalam pot berdasarkan kelembapan tanah dan suhu. Alat yang digunakan meliputi sensor suhu DHT22, Wemos D1, sensor kelembapan tanah YL69, dan Arduino Uno. Metode penelitian yang digunakan adalah tes eksperimental dengan beberapa sampel. Perangkat lunak aplikasi Android bernama Blynk digunakan untuk menampilkan data secara real-time melalui web server [13]. Penelitian berjudul “Analisa Pengaruh Pemakaian Alat Penyiraman Otomatis berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dengan Metode Spray Terhadap Pertumbuhan Jamur Tiram” oleh Achmad Umar Khamdani (2020) menunjukkan bahwa jamur tiram dapat tumbuh lebih cepat dengan metode penyiraman otomatis. Monitoring selama 3 hari menunjukkan pertumbuhan jamur tiram sekitar 1-1,5 cm setiap 4 jam, mencapai 3 cm dalam 24 jam. Sistem penyiraman otomatis berbasis sensor kelembapan yang menyempatkan air saat kelembapan mencapai 75% memungkinkan panen dalam waktu 2,5-3 hari dibandingkan 4-5 hari tanpa alat ini [14].

Penelitian berjudul “Pengembangan Fitur Rekam Jejak Data Menggunakan Metode Multiple File Studi Kasus Budidaya Jamur” oleh Aziz Maulana Rosyid (2022) fokus pada pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan jamur dengan menggunakan sensor cahaya LDR, serta sensor kelembapan, suhu, dan udara. Sensor LDR membaca intensitas cahaya dan menghasilkan tegangan yang sesuai dengan kondisi lingkungan. Sensor DHT22 mengukur suhu ideal sekitar 24°-30°, sedangkan sensor MQ135 mengukur kualitas udara dengan nilai rata-rata 118 PPM [15]. Penelitian berjudul "Automatic Plant Irrigation System Using Arduino" oleh Devika CM, Karthika Bose, dan Vijayalekshmy S. yang dipublikasikan dalam jurnal IEEE International Conference on Circuits and Systems (ICCS) pada tahun 2017 membahas sistem irigasi otomatis yang mendeteksi kelembapan tanah dan menentukan kebutuhan irigasi. Sistem ini menggunakan mikrokontroler AtMega328 yang secara otomatis menyuplai air saat tanah kering dan berhenti saat tanah basah, sehingga meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga kerja [16]. Penelitian berjudul “Arduino-Based Smart Irrigation Using Water Flow Sensor, Soil Moisture Sensor, Temperature Sensor and ESP8266 WIFI Module” oleh Pushkar Singh dan Sanghamitra Saikia (2017) bertujuan untuk mengontrol sistem irigasi secara ekonomis dan mudah. Sistem ini menggunakan sensor aliran air, suhu, dan kelembapan tanah untuk mengukur kebutuhan air tanaman. Data yang dikumpulkan dihubungkan ke situs web interaktif yang memungkinkan pengguna mengontrol pompa irigasi dari jarak jauh. Sistem ini sepenuhnya otomatis, mudah digunakan, dan meningkatkan produktivitas [17].

Penelitian berjudul “Arduino Automatic Plant Irrigation Using Message Alert Based” oleh Roopa Mahadev, Kushmithaa N, et al (2018) mengkaji sistem irigasi otomatis berbasis Arduino. Sistem ini mengandalkan kelembapan tanah dan mampu mengirimkan notifikasi terkait kesehatan tanaman kepada petani melalui SMS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini efisien, mengurangi kebutuhan tenaga manusia, dan mampu mengoptimalkan penggunaan air untuk produksi tanaman [18]. Penelitian berjudul “Arduino Based Automatic Plant Watering System” dalam jurnal “Advance Research in Computer Science and Software Engineering” oleh S. V. Devika, Khamuruddeen, et al (2014) membahas sistem penyiraman otomatis menggunakan Arduino yang bekerja pagi dan sore berdasarkan kelembapan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini berhasil diuji dan dapat beroperasi secara otomatis dengan mengukur kadar air tanah. Ketika kelembapan tanah turun di bawah nilai target, sensor akan mengirimkan sinyal ke papan Arduino yang kemudian mengaktifkan pompa air. Setelah kelembapan tanah mencapai tingkat yang diinginkan, sistem akan mati secara otomatis dan pompa air akan berhenti [19].

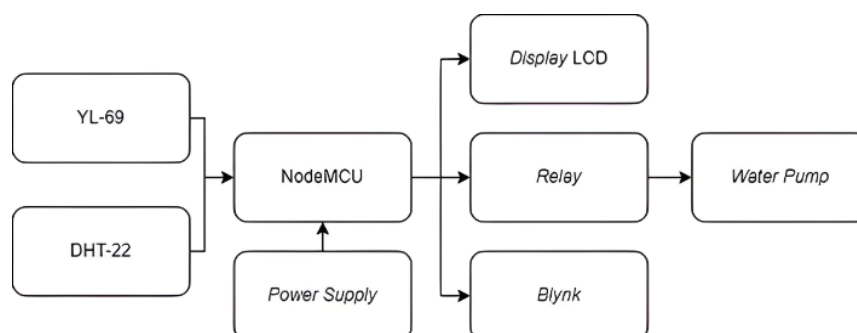
Penelitian berjudul “Smart Water Sprinkler System Based on Arduino Microcontroller” oleh Sanjeev Kr. Choudhary, Vijay Kumar et al (2017) mengembangkan sistem irigasi otomatis berbasis Arduino untuk mengatasi masalah kelangkaan air di India. Sistem ini dirancang untuk meminimalkan kehilangan air dan mengurangi kebutuhan pemantauan langsung terhadap tanaman. Selain itu, sistem ini juga dirancang untuk mencegah kerusakan tanaman dengan menyediakan jumlah air yang tepat. Manfaat dari penelitian ini adalah membantu mengurangi pemborosan air dalam irigasi dan melindungi sumber daya air yang berharga [20].

## 2. METODE

Metode black box digunakan untuk menguji sistem secara keseluruhan tanpa memeriksa struktur internal atau kode program. Pengujian ini dilakukan dengan memeriksa input dan output dari sistem untuk memastikan bahwa perangkat bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dalam penelitian ini, metode black box juga digunakan untuk menguji akurasi pembacaan sensor dan respons otomatis terhadap perubahan kelembaban tanah [21]. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler ESP32 serbaguna dengan WiFi dan Bluetooth built-in serta berbagai GPIO untuk konektivitas sensor. Konsumsi daya ESP32 yang rendah dan pemrosesan data berkecepatan tinggi menjadikannya ideal untuk aplikasi pemantauan infrastruktur. Sebagai bagian dari pemantauan kelembapan tanah, juga dapat digunakan untuk memantau pengukuran suhu dan kelembapan udara dengan tambahan sensor YL69 dan DHT22.

Sensor kelembaban tanah digunakan pada penelitian untuk mengukur kadar air dalam tanah, yang penting untuk memantau pertumbuhan tanaman. Sistem ini terdiri dari YL-39 (modul pengkondisi sinyal) dan YL-69 (sensor probe). Modul sensor ini memiliki empat pin: GND (Ground), VCC (3.3 - 5V), AO (output analog yang dibaca oleh Arduino), dan DO (output digital dengan sensitivitas yang dapat diatur menggunakan potensiometer untuk mendeteksi kelembaban tinggi atau rendah di bawah tingkat tertentu). Dalam penelitian ini, hanya tiga pin yang digunakan yaitu GND, VCC, dan AO. Sensor suhu dan kelembaban DHT22 (AM2302) digunakan dalam penelitian ini untuk pemantauan suhu dan kelembaban udara. Sensor ini dipilih karena performanya yang luar biasa, respon yang cepat, serta kemampuan anti-interferensi yang kuat. DHT22 memiliki jarak transmisi sinyal hingga 20 meter, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi pengukuran. Sensor ini juga dikenal memiliki stabilitas yang baik dan kalibrasi yang presisi, dengan koefisien kalibrasi yang disimpan dalam memori OTP. Koefisien ini digunakan oleh modul untuk perhitungan saat mendeteksi suhu atau kelembaban [22].

Tanaman jahe (*Zingiber officinale*) yang digunakan dalam penelitian ini memiliki batang semu yang dapat tumbuh setinggi 30 cm hingga 75 cm. Daun tanaman jahe berbentuk tipis dan panjang menyerupai pita, dengan panjang 15 cm hingga 23 cm dan lebar sekitar 2,5 cm, tersusun secara teratur dalam dua baris berselang-seling. Jahe berkembang biak dengan cara berumpun, menghasilkan rimpang dan bunga. Tanaman ini mudah tumbuh di daerah tropis maupun subtropis dengan suhu udara sekitar 20 – 30°C. Kelembaban tanah yang ideal untuk pertumbuhan jahe berkisar antara 60 – 80% [23]. Penelitian dilakukan dengan menanam jahe di lingkungan yang dikontrol untuk memastikan kondisi suhu dan kelembaban tanah sesuai dengan kebutuhan ideal tanaman jahe. Desain sistem perangkat yang menggunakan sensor kelembaban tanah dan suhu udara, dengan keluaran berupa penyemprotan air oleh water pump untuk menjaga kelembaban tanah. Seluruh proses dikendalikan oleh kode program yang dijalankan melalui Arduino IDE.

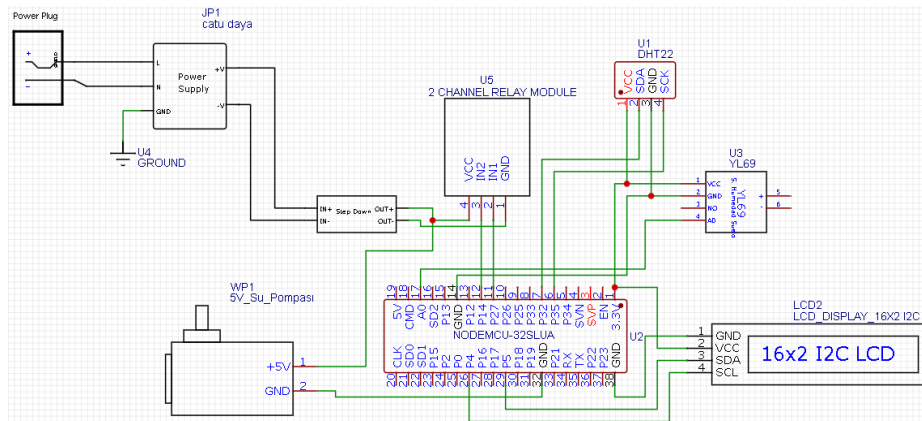


Gambar 1. Diagram Blok

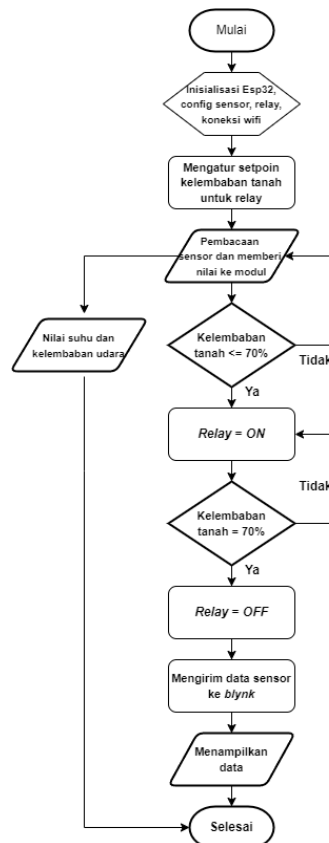
Pada gambar 1 di atas merupakan diagram blok yang menjelaskan beberapa komponen dasar input dan output pada keseluruhan alat. Terdapat sensor DHT22 dan sensor YL69 sebagai inputan yang akan mengirimkan sinyal kepada bagian proses, didalamnya terdapat Nodemcu ESP32 sebagai proses yang menjalankan perintah atas inputan untuk memberikan hasil kepada output. Pada bagian output terdiri dari LCD 16 x 2, dan Blynk app untuk menampilkan hasil data, adapun tujuan penelitian yaitu ketika water pump yang dikendalikan mikrokontroler dapat menyempotkan air berdasarkan sinyal input dari sensor yang menjadi perintah oleh ESP32. Diagram pengkabelan ditunjukkan oleh gambar 2. Untuk diagram alir sistem dapat dilihat pada gambar 3. Analisis Kinerja sistem menggunakan persamaan 1 dan 2.

$$\text{Error Sensor \%} = \left( \frac{\text{Nilai terukur} - \text{Nilai referensi}}{\text{Nilai referensi}} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Presisi Sensor \%} = \sqrt{\frac{(\sum (x_i - \mu)^2)}{N}} \quad (2)$$



Gambar 2. Diagram Pengkabelan



Gambar 3. Diagram alir Sistem

### 3. HASIL PENELITIAN

Pemantauan dan kinerja sistem penyiram otomatis tanaman obat keluarga dievaluasi melalui beberapa tahapan percobaan. Pengujian meliputi analisis perbandingan sensor suhu dan termometer, analisis perbandingan sensor kelembaban tanah dan alat pengukur tanah, serta analisis akurasi penghentian pompa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa akurasi sensor suhu sudah mencukupi. Rata-rata persen kesalahan antara pembacaan suhu sensor dan termometer adalah  $\pm 2\%$ , yang menunjukkan bahwa sensor suhu dapat memantau suhu di sekitar tanaman dengan sangat akurat. Namun, perbandingan antara sensor kelembaban tanah dan alat pengukur tanah tidak memberikan hasil yang sangat baik.

Meskipun rata-rata presisi cukup baik, yaitu sekitar  $\pm 3\%$ , nilai error yang kurang stabil membuat hasil akurasi menjadi tidak konsisten. Secara umum, semakin tinggi nilai soilmeter, cenderung semakin tinggi pula nilai sensornya, tetapi pola perubahan tersebut tidak selalu linier dan konsisten. Di beberapa kasus, tidak ada peningkatan relatif pada nilai sensor setelah peningkatan nilai pengukur tanah. Tabel 1 di bawah ini menunjukkan hasil pengukuran kelembapan tanah yang dibandingkan dengan soilmeter, beserta nilai akurasi dan presisinya. Sementara untuk perhitungan sensor suhu, beserta nilai akurasi dan presisinya dapat dilihat pada tabel 2. Dilakukan pengujian sebanyak 11 kali. Pengukuran suhu menggunakan sensor DHT22 dibandingkan dengan termometer konvensional menunjukkan akurasi tinggi dengan rata-rata error 1,49%. Sensor DHT22 mencatat suhu rata-rata 24,48°C dengan error 2,00% pada suhu referensi 24°C. Hal ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 cocok untuk pemantauan suhu dan kelembaban pada sistem penyiraman otomatis. Tabel 3 menunjukkan hasil akurasi dan presisi untuk sensor kelembapan udara.

Tabel 1. Perhitungan sensor kelembapan tanah

No	Soil Meter	Hasil Data Y169										Rerata (%)	Nilai Error (%)	Nilai Akurasi(%)	Nilai Presisi%
1	10%	16%	13%	19%	20%	17%	11%	14%	15%	18%	12%	15,5	55	45	2,69
2	20%	28%	24%	21%	22%	23%	27%	25%	24%	30%	29%	26,5	26,5	73,5	2,96
3	30%	37%	31%	29%	34%	41%	33%	35%	36%	30%	31%	33,7	12,33	87,67	3,16
4	40%	42%	45%	44%	47%	48%	45%	46%	49%	51%	47%	46,4	16	84	2,46
5	50%	51%	59%	60%	58%	59%	61%	52%	55%	58%	57%	57	14	86	3,16
6	60%	60%	64%	61%	65%	66%	58%	59%	67%	70%	60%	63	5	95	3,43
7	70%	73%	69%	71%	78%	75%	73%	70%	78%	75%	77%	73,9	5,57	94,43	2,81
8	80%	81%	83%	82%	80%	85%	84%	83%	81%	80%	85%	84,4	5,5	94,5	2,69

Tabel 2. Perhitungan sensor suhu

Uji Ke-	Termometer	Hasil Data DHT22					Rerata (%)	Error (%)	Akurasi (%)	Presisi (%)
1	24 °C	24,3	24,1	24,6	24,5	24,9	24,48	2	98	27,26
2	25 °C	25	25,2	25,4	25,8	25,3	25,34	1,36	98,64	26,53
3	26 °C	26,3	26,1	26,4	26,5	26,6	26,38	1,46	98,54	21,84
4	27 °C	27,5	27,4	27,3	27,7	27,2	27,42	1,56	98,44	18,68
5	28 °C	28,2	28,2	28,1	28,4	28,3	28,28	0,71	99,29	15,81
6	29 °C	29,5	29,7	29,4	29,5	29,3	29,52	1,66	98,34	14,97
7	30 °C	30	30,5	30,7	30,4	30,5	30,54	1,8	98,2	11,4
8	31 °C	31,1	31,9	31,4	31,5	31,6	31,5	1,48	98,52	22,02
9	32 °C	32,1	32,6	32,3	32,2	32,4	32,32	1	99	18,58
10	33 °C	33,5	33,8	33,5	33,4	33,7	33,54	1,58	98,42	15,49
11	34 °C	34,1	34,6	34,9	34,2	34,5	34,38	1,12	98,88	28,8

Tabel 3. Perhitungan sensor kelembapan udara

No	HTC-1	Hasil Data DHT22					Rerata (%)	Error (%)	Akurasi (%)	Presisi (%)
		1	2	3	4	5				
1	40%	44%	48%	45%	46%	49%	46,4	16	84	1,85
2	50%	57%	58%	56%	55%	53%	55,8	11,6	88,4	1,72
3	60%	64%	68%	66%	67%	62%	65,4	9	91	2,15
4	70%	73%	76%	75%	79%	74%	75,4	7,7	92,3	2,06
5	80%	85%	88%	81%	84%	87%	85	6,25	93,75	2,45

Sensor DHT22 juga menunjukkan akurasi kelembaban yang lebih baik dibandingkan perangkat acuan HTC-1 dengan rata-rata akurasi 91% dan error antara 6,25% hingga 16%. Nilai kesalahan minimum sebesar 6,25% diukur pada kelembaban 80%, menunjukkan konsistensi pengukuran yang baik. Karakteristik output pompa berdasarkan input yang diberikan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Pengujian karakteristik pompa terhadap nilai yang diberikan

<i>Threshold</i> Pompa = 70%	Nilai Sensor Kelembapan Tanah
Pengujian ke 1	68%
Pengujian ke 2	72%
Pengujian ke 3	69%
Pengujian ke 4	71%
Pengujian ke 5	70%

Pengujian pompa mengevaluasi respon sistem irigasi otomatis berdasarkan ambang batas kelembaban tanah 70%. Sistem efektif menghidupkan dan mematikan pompa berdasarkan ambang batas kelembaban, dengan respons yang konsisten. Pengujian delay transmisi data mencatat waktu tunda antara 0,48 hingga 1,51 detik, dengan rata-rata 0,852 detik. Hal ini menunjukkan kecepatan transfer data yang memadai untuk aplikasi pemantauan real-time. Detail datanya dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Pengujian delay pengiriman data

Pengujian ke-	<i>Delay</i> Transfer Nilai YL69
1	1,23 s
2	0,48 s
3	0,60 s
4	0,90 s
5	1,03 s
6	0,75 s
7	0,77 s
8	0,89 s
9	0,57 s
10	0,85 s
Rata – Rata <i>Delay</i>	0.852 s

#### 4. DISKUSI

Pengukuran kelembaban tanah menggunakan sensor YL69 dibandingkan dengan soil meter. Nilai acuan diambil dari pengukuran soil meter. Kesalahan terbesar terjadi pada kelembaban tanah 10% dengan error 58%, sementara kesalahan terendah pada kelembaban tanah 80% dengan error 2,75%. Sensor YL69 menunjukkan akurasi tertinggi sebesar 97,25% pada kelembaban tanah 80%, namun fluktuasi besar pada kelembaban rendah dengan akurasi terendah 42% dan tertinggi 97%. Standar deviasi pengukuran menunjukkan konsistensi yang lebih baik pada kelembaban tinggi. Pada kelembaban tanah rendah (10%-30%), sensor YL69 cenderung menunjukkan nilai lebih tinggi daripada soil meter. Pada kelembaban sedang (30%-50%), sensor YL69 lebih konsisten dengan nilai referensi. Pada kelembaban tinggi (50%-80%), sensor YL69 menunjukkan kinerja terbaik dengan nilai terukur sangat mendekati soil meter.

Hasil pengujian suhu menunjukkan bahwa sensor DHT22 mempunyai tingkat akurasi yang cukup tinggi dengan rata-rata error sebesar 1,49%. Misalnya, ketika suhu referensi 24°C, DHT22 mencatat suhu rata-rata 24,48°C dengan error 2,00%. Kesalahan ini dianggap sangat kecil dan berada dalam kisaran yang dapat diterima untuk sistem pemantauan suhu. Perbedaan kesalahan yang relatif kecil dan konsisten menunjukkan bahwa sensor DHT22 sangat cocok untuk sistem pemantauan kelembapan tanah dan pengukuran suhu pada sistem penyiraman otomatis. Namun, aplikasi yang memerlukan akurasi sangat tinggi mungkin memerlukan kalibrasi lebih lanjut. Selain itu, pengujian lebih lanjut dalam berbagai kondisi lingkungan diperlukan untuk memastikan keakuratan sensor tetap terjaga pada rentang suhu pengoperasian yang luas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki akurasi pengukuran kelembapan yang lebih baik dibandingkan dengan perangkat acuan alat HTC-1. Rata-rata akurasi sensor DHT22 mencapai 91%, dan tingkat errornya tergolong rendah, berkisar antara 6,25% hingga 16%. Nilai kesalahan minimum diukur pada kelembapan 80% atau 6,25%. Artinya sensor DHT22 mengukur kelembapan dengan sangat akurat pada tingkat ini. Nilai akurasi pada sensor DHT22 juga menunjukkan hasil yang baik dengan rata-rata nilai akurasi antara 1,72% hingga 2,45%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 mempunyai konsistensi akurasi pengukuran yang baik. Hal ini penting untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan dapat digunakan untuk mengambil keputusan terkait pembacaan kelembapan udara.

Data pengujian pompa menunjukkan bahwa sistem secara efektif menghidupkan dan mematikan pompa berdasarkan ambang batas kelembapan yang ditentukan. Misalnya, jika nilai kelembapan 68%, sistem memutuskan untuk menghidupkan pompa karena nilai tersebut berada di bawah ambang batas 70%. Sebaliknya jika pembacaannya 72% maka pompa akan mati karena nilai kelembapannya berada di atas ambang batas yang ditentukan oleh penulis. Pembacaan yang benar sebesar 70% berarti sistem harus secara eksplisit atau jelas dalam memutuskan apakah akan mengoperasikan pompa pada ambang batas ini. Umumnya dalam kebanyakan kasus, sistem dirancang untuk menghentikan pompa air ketika tingkat kelembapan mencapai atau melewati ambang batas, sehingga mencegah penyiraman berlebihan. Jika pembacaan di atas threshold 70%, pompa dimatikan dan data yang diperoleh ditampilkan saat pompa dimatikan. Sistem ini dapat memastikan bahwa pompa hanya hidup ketika diperlukan dan mati ketika tanah cukup lembab, sehingga mengoptimalkan penggunaan sumber daya air. Data dari suatu nilai rentang analog dari sensor YL69 memiliki ukuran file 2 byte dalam format JSON pada IDE, tergantung pada panjang HTTP header dan payload yang dikirim, bisa juga mencapai rata-rata 200-500 byte. Merujuk pada teori di mana latensi sinyal wifi berperan besar dalam pengiriman data yang tidak sampai hingga 2 detik menunjukkan bahwa koneksi jaringan antara ESP32 dan server Blynk cukup responsif dan stabil. Hal itu bisa juga dipengaruhi oleh faktor Jarak, yang dilakukan pada percobaan tersebut adalah kondisi Jarak kurang lebih 5 – 10 meter. Bisa dikatakan rerata 0.852 detik pada transmisi data sangat cocok dalam kondisi pemantauan realtime.

#### 5. KESIMPULAN

Sistem monitoring kelembaban tanah dan suhu udara berbasis IoT menggunakan sensor soil moisture YL-69 dan sensor suhu DHT-22, yang terhubung ke mikrokontroler ESP32, terbukti efektif. Data yang dikumpulkan oleh sensor dikirimkan ke platform monitoring Blynk melalui koneksi internet, memungkinkan pemantauan kondisi tanah dan suhu udara secara real-time menggunakan smartphone atau laptop. Sistem ini akan mulai melakukan penyiraman jika pembacaan sensor kelembapan tanah di bawah nilai ambang batas 70%, yang menunjukkan tanah sangat kering. Ambang batas 70% sesuai dengan kebutuhan kondisi tanaman, membuktikan bahwa sistem berjalan dengan baik dalam mengendalikan status kelembaban tanah. Secara keseluruhan, sistem monitoring kelembaban tanah dan penyiraman otomatis yang

dikembangkan memiliki kinerja yang baik dengan tingkat akurasi dan responsivitas yang wajar. Namun, kalibrasi dan optimalisasi lebih lanjut diperlukan untuk memastikan kinerja optimal dalam berbagai kondisi pengoperasian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Malangkota.go.id. 2022. "Artikel TOGA – Kelurahan Bumiayu". <https://kelbumiayu.malangkota.go.id/artikel-toga/>, diakses pada tanggal 30 september 2023.
- [2] Wirasisya, D. G. (2018). Peningkatan Kesehatan Masyarakat Melalui Sosialisasi Penggunaan TOGA (Tanaman Obat Keluarga) di Desa Tembobor. *Sarwaha*, 15(01), 64-71.
- [3] Savitri A. (2016). *Tanaman Ajaib Basmi Penyakit dengan TOGA (Tanaman Obat Keluarga) Mengenali Ragam dan Khasiat TOGA Meramu Jamu Tradisional/ Herbal dengan TOGA*. Bibit Publisher: Depok, Indonesia.
- [4] Harjono, Y., Yusmaini, H., dan Bahar, M. (2017). Penyuluhan Pemanfaatan Tanaman Obat Keluarga dan Penanaman Tanaman Obat Keluarga di Kampung Mekar Bakti 01/01, Desa Mekar Bakti Kabupaten Tanggerang. *JPM Runa Jurai*, 3, 16–21.
- [5] Anggraeni, D. V. P. dan Suryati. (2022). Pengaruh Pemanfaatan Aktifasi "Pojoek Toga" Terhadap Peningkatan Hasil Belajar dan Peduli Lingkungan Siswa Kelas IV SDN Benowo 1 Surabaya. *JPGSD*, 08(01), 69-78.
- [6] Maheshwari, H. (2002). Pemanfaatan Obat Alami: Potensi dan Prospek Pengembangan. [http://rudet.tripod.com/sem2\\_012/hera-maheshwari.htm](http://rudet.tripod.com/sem2_012/hera-maheshwari.htm), diakses pada tanggal 30 september 2023.
- [7] Susanto, A. (2017). Komunikasi dalam Sosialisasi Tanaman Obat Keluarga (Toga) di Kecamatan Margadana. *Jurnal Para Pemikir*, 6(1), 111–117.
- [8] Amaru, K., Suryadi, E., Bafdal, N., dan Asih, F. P. 2013. Kajian Kelembaban Tanah dan Kebutuhan Air Beberapa Varietas Hibrida DR UNPAD. *Jurnal Keteknik Pertanian* 1(1): 107–115.
- [9] Bambang, C. 2016. Untung Besar dari Terung Hibrida. Edisi Pertama. Jakarta: Pustaka Mina.
- [10] F. Tongke, "Agriculture Based on Cloud Computing and IOT," *Journal of Convergence Information Technology (JCIT)*, vol. 8, no. 2, p. 2, 2013.
- [11] Andini, R. (2017). Identifikasi dan Validasi Tanaman Obat Keluarga Yang Digunakan Masyarakat Dusun Gunung Brintik Kabupaten Bandung. *Jurnal Kesehatan Komunitas*, 3(3), 216-222.
- [12] Yusri, K. 2018. Analisis Pendapatan Dan Kelayakan Usahatani Jahe (*Zingiber Officinale*) (Studi Kasus: Desa Suka Dame, Kecamatan Kutalimbaru, Kabupaten Deliserdang). Skripsi. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- [13] Setyawan, E., Putratama, P., (2012) Optimasi Yield Etil P -Metoksisinamat pada Ekstrak Oleoresin kencur (*Kaemferia galangal*) Menggunakan pelarut etanol. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 1(2).
- [14] Lomo, L., Abraham. 2016. Smart Greenhouse Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Rev 3. *Skripsi*. Program Studi Teknik Elektro. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- [15] Djunaiddin, Armynah, B., dan Abdullah, B. 2015. Desain Dan Implementasi Sistem Alat Ukur Kelembaban Tanah. *Skripsi*. Jurusan Fisika. Universitas Hasanuddin.
- [16] Y. Efendi, "Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 21–27, 2018, doi: 10.35329/jiik.v4i2.41.
- [17] Suparyanto dan Rosad 2018, "Penyiraman dan pemupukan," *Suparyanto dan Rosad (2018)*, vol. 5, no. 3, pp. 248–253, 2020.
- [18] Saputro, I, Agus., J, E, Suseno, dan C, E, Widodo. 2017. Rancang Bangun Sistem Pengaturan Kelembaban Tanah Secara *Real time* Menggunakan Mikrokontroler dan Diakses Di Web. *Youngster Physics Journal* 6(1): 40-47.
- [19] Ryo, "Monitoring Suhu dan Kelembaban dengan Arduino-DHT22," *Arducoding.com*, May 18, 2018. Available: <https://www.arducoding.com/2018/05/arduino-temperature-and-humidity.html>. [Diakses pada 10 November 2023].
- [20] D. Alexander and O. Turang, "Pengembangan Sisrem Relay Pengendalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu," *Seminar Nasional Informatika*, vol. 2, no. 3 November, pp. 75–85, 2015.
- [21] *Codepolitan.com*, "Menampilkan Text di LCD 16x2 dengan Arduino," 2016. Available: <https://www.codepolitan.com/blog/menampilkan-text-di-lcd-dengan-arduino/>. [Diakses pada 10 November 2023].
- [22] H. S. Rathore. 2017. "DC Water Pumps: Types, Applications, and Efficiency," *International Journal of Engineering Science and Computing*.
- [23] M. Artiyasa, A. Nita Rostini, Edwinanto, Anggy Pradifta Junfithrana, "Aplikasi Smart Home Node Mcu Iot Untuk Blynk," *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, vol. 7, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.52005/rekayasa.v7i1.59.