

MONITORING KELEMBAPAN TANAH BONSAI BOUGENVILLEA SINGAPORE BERBASIS IoT MENGUNAKAN ESP32 S3

Sri Rejeki^{1*}, Asep Suryadi²

^{1,2}Program Studi Sistem Komputer S-1 (Kampus Kota Serang), Fakultas Kampus Serang,
Universitas Pamulang, Indonesia

ABSTRACT

Teknologi, khususnya Internet of Things (IoT), sektor pertanian merupakan salah satu bidang yang mengalami transformasi besar berkat peran penting teknologi dalam kehidupan manusia saat ini. Penelitian ini membahas sistem monitoring kelembapan tanah pada tanaman bonsai Bougainvillea Singapore berbasis IoT. Tujuan penelitian adalah mengembangkan sistem pemantauan kelembapan tanah dengan konsep smart agriculture untuk membantu masyarakat, terutama yang memiliki aktivitas padat, agar dapat menjaga kelembapan tanah bonsai secara konsisten. Sistem ini mengklasifikasikan kondisi tanah menjadi tiga kategori — kering (0–25%), lembap (26–69%), dan basah (70–100%) — berdasarkan pembacaan sensor kelembapan. Proses klasifikasi dilakukan menggunakan logika if-else pada mikrokontroler ESP32-S3. Hasil penelitian menunjukkan sistem mampu mengidentifikasi kondisi tanah secara akurat dan dapat dijadikan dasar pengembangan sistem pertanian pintar berbasis sensor di masa depan

Kata Kunci: Sistem monitoring, kelembapan tanah, sensor soil moisture, penyiraman otomatis.

ABSTRACT

Technology, specifically the Internet of Things (IoT), has become a vital part of human life, creating a significant impact across various sectors, including agriculture. This research focuses on developing an IoT-based soil moisture monitoring system tailored for Bougainvillea Singapore bonsai plants. The main objective is to establish a smart agriculture system that assists individuals with busy schedules in consistently maintaining optimal bonsai soil moisture. The system accurately classifies the soil condition—dry (0–25%), moist (26–69%), and wet (70–100%)—based on sensor readings, utilizing if-else logic implemented on an ESP32-S3 microcontroller. The findings confirm that the system can reliably identify soil conditions, serving as a crucial foundation for the future advancement of sensor-based smart agriculture systems.

Keywords: Monitoring system, Soil moisture, Soil moisture sensor, Automatic watering

1. PENDAHULUAN

Kelembaban tanah adalah faktor krusial bagi bonsai[1], di mana pengelolaan air yang sensitif diperlukan karena risiko fatal busuk akar akibat kelebihan air[2]. Pemilik bonsai dengan keterbatasan waktu memelihara tanaman menghadapi kesusahan dalam menjaga kelembaban yang konsisten, yang berujung pada kerusakan tanaman.[3] Dalam

mengangani masalah ini, peneliti menawarkan solusi efektif dalam monitoring kelembaban tanah berbasis IoT. Manfaat utamanya adalah meningkatkan kualitas perawatan melalui pengurangan risiko *under-watering* dan *over-watering* berkat implementasi kontrol air yang presisi dan otomatis.[4]. Sistem ini berfokus pada bonsai *Bougenvillea Singapore* dan dibangun berbasis ESP32-S3, dengan fungsionalitas terbatas pada penyiraman otomatis dan pemantauan melalui Telegram Bot. Sistem menggunakan tiga perangkat: Sensor *Soil Moisture* YL-69 sebagai sensor utama, DHT22 sebagai sensor lingkungan pendukung, serta Soil Analyzer 3-in-1 dan Termometer BFS123 sebagai alat pembanding. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi yang baik pada YL-69 (selisih 5%-10%) dan ketelitian tinggi pada DHT22 (selisih 0.2-0.3), menjadikan data yang diperoleh andal untuk mendukung otomatisasi dalam konteks *smart agriculture*.

Tabel 1. Penelitian terdahulu

No	Penulis (Tahun)	Metode	Objek Klasifikasi	Akurasi	Persamaan	Perbedaan
1	Rinaldi , Yurni Oktarina , Tresna Dewi (2022)	Metode Fuzzy Logic	Tanaman cabai	Pompa ketika menyala secara otomatis dalam kondisi kelembaban tanah kurang dari 60% basah atau kondisi 75% kering.	Penyiraman tanaman	pemupukan tanaman

No	Penulis (Tahun)	Metode	Objek Klasifikasi	Akurasi	Persamaan	Perbedaan
2	Agus Ambarwari, Dewi Kania Widyawati, Anung Wahyudi (2021)	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i> (MQTT)	Pertanian tanaman pangan	Hasil pengujian yang dilakukan dalam 25 hari ketika sistem bekerja menunjukkan rata-rata keberhasilan sistem yang di ujikan mencapai 99.64%.	Pemantauan tanaman	Node MCU ESP8266 dan Raspberry Pi

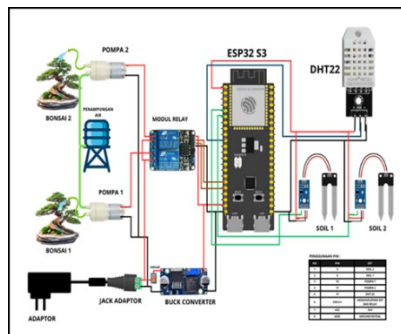
2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian diatas ada beberapa tahapan yang dilakukan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2. Tahapan tersebut meliputi:

1. Studi Literatur, yaitu pengumpulan referensi terkait sistem IoT, sensor kelembapan tanah, dan tanaman bonsai.
2. Perancangan Sistem, mencakup desain perangkat keras (ESP32-S3, sensor YL-69, relay, pompa air, dan adaptor DC) serta perangkat lunak (pemrograman Arduino IDE dan koneksi ke platform IoT)
3. Perakitan Hardware dan Software, yaitu tahap implementasi desain ke bentuk fisik dan pengujian konektivitas antar komponen.



Gambar 1. Desain Rancangan *Software*



Gambar 2. Desain Rancangan *Hardware*

4. Pengujian Sistem, dilakukan untuk memverifikasi fungsi sensor dan keakuratan klasifikasi kondisi tanah.
5. Analisis dan Evaluasi, bertujuan menilai performa sistem berdasarkan data yang diperoleh.
6. Kesimpulan, yaitu penarikan hasil akhir dan rekomendasi Potensi yang akan lebih baik untuk pengembangan kedepannya

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknologi kontrol kelembapan media tanam jarak jauh berbasis jaringan internet berhasil dibangun menjadikan ESP32-S3 sebagai kontroler inti dalam sistem ini. Komponen utama sistem meliputi sensor kelembapan tanah Y1-69, Sistem ini tersusun atas sensor pemantau iklim (DHT22), modul pengendali arus (relay) untuk menggerakkan pompa air bertenaga DC, yang seluruhnya disuplai oleh sumber daya (adaptor) 12 V, serta modul step-down adjustable DC. Sensor *soil* Y1-69 digunakan untuk membaca tingkat kelembapan tanah, kemudian Hasil pengukuran dikirim ke ESP32-S3 untuk diproses menggunakan logika if-else. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mengklasifikasikan kondisi tanah menjadi tiga kategori:

Kering: 0–25%

Lembap: 26–69%

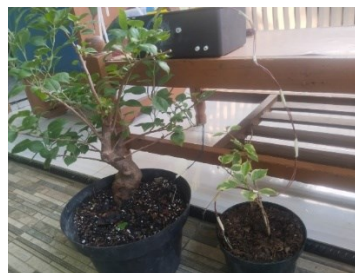
Basah: 70–100%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi perubahan kelembapan Perangkat memantau kondisi tanah dalam waktu nyata dan secara otomatis menyalakan aliran air segera setelah sensor mendeteksi media tanam mencapai kriteria kering.



Gambar 3. Alat Memonitoring Kelembaban Tanah Aktif

Pada Gambar 4 menunjukkan sebuah sistem yang dipasang untuk memantau dua pot tanaman. Terlihat jelas probe sensor kelembaban ditanam di salah satu pot, dengan kabel yang terhubung ke box elektronik X7 berfungsi sebagai unit monitoring dan kontrol yang berisi komponen mikrokontroler untuk membaca data dari sensor.



Gambar 4. Sensor Soil Menancap Ketanaman Bonsai *Bougenvillea* Singapore

Identifikasi ciri-ciri sampel dilakukan dengan metode statistik deskriptif, sehingga distribusi dan kecenderungan data dapat digambarkan secara mendetail data kelembaban tanah yang dikumpulkan, memuat besaran rata-rata sebagai representasi data (MEAN), deviasi standar, dan rentang data. Inti dari sistem ini adalah algoritma klasifikasi yang menggunakan metode Logika *If-Else*, yang menginterpretasikan nilai persentase kelembaban menjadi tiga kondisi logis (Kering, Lembap, Basah).

Persamaan rumus terhadap tingkat presisi alat dilakukan dengan mengukur persentase *error*, di mana persamaan yang digunakan untuk menentukan selisih pembacaan tersebut yaitu:

$$PE = \left(\frac{x_i - F_t}{x_i} \right) \times 100\%$$

Sumber : [5]

$$\%Error = \left| \frac{x - x_i}{x} \right| \times 100\%$$

Sumber : [6]

Persamaan rumus eror = $\frac{\text{Data asli} - \text{Data alat/sensor}}{\text{Data asli}} \times 100\%$

$$\text{Data asli} \times 100\%$$

$$\text{Akurat} = (100 - \text{Error})\%$$

Sumber : [7]

Keterangan :

X : nilai asli (pengukuran oleh instrumen standar atau VGD)

Xi: nilai data alat/sensor (pengukuran oleh prototipe VGD)

Persamaan rumus mencari nilai rata-rata data yang akurat pada sensor sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad [8]$$

Keterangan :

$\bar{x}$ = Nilai rata-rata (mean)

$\sum x_i$ = Jumlah data yang ada

Contoh soal untuk mencari nilai eror:

$$\begin{aligned} &= \frac{50 - 47}{50} \times 100 \\ &= \frac{3}{50} \times 100 \\ &= 0,06 \times 100 \\ &= 6\% \end{aligned}$$

Contoh soal mencari nilai Akurasi :

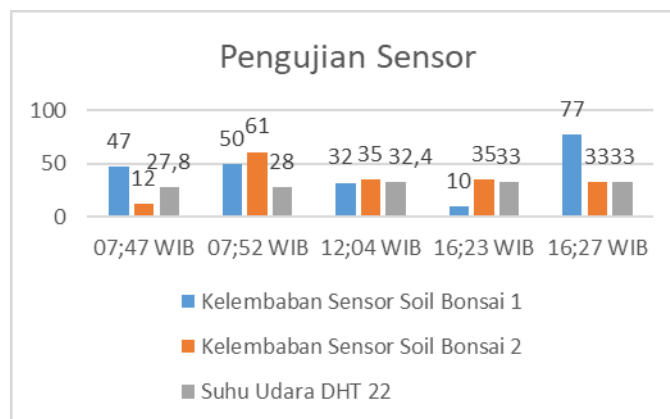
$$\begin{aligned} &= 100 - 6 \\ &= 94\% \end{aligned}$$

Contoh soal untuk mencari rata-rata :

$$\begin{aligned} \text{Nilai Akurasi} &= \frac{94 + 100 + 94 + 100 + 90}{5} \\ &= 93 \end{aligned}$$

Tabel 2. Pengujian Sensor Pada 23/08/2025

No	Waktu	Kelembaban (%) Bonsai 1	Kelembaban (%) Bonsai 2	Kelembaban Udara (%)	Suhu Udara	Status Pompa 1	Status Pompa 2
1	07:47 WIB	47%	12%	94.40%	27.80 ^o C	POMPA MATI	POMPA HIDUP
2	07:52 WIB	50%	61%	95.90%	28.00 ^o C	POMPA MATI	POMPA HIDUP
3	12:04 WIB	32%	35%	73.00%	32.40 ^o C	POMPA MATI	POMPA HIDUP
4	16:23 WIB	10%	35%	74.60%	33.00 ^o C	POMPA MATI	POMPA HIDUP
5	16:27 WIB	77%	33%	74.00%	33.00 ^o C	POMPA MATI	POMPA HIDUP

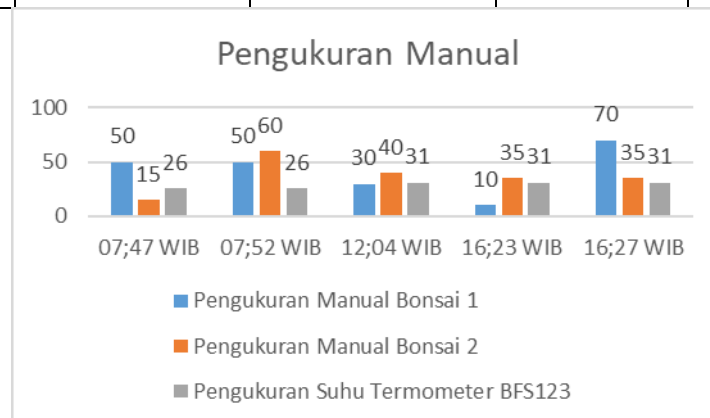


Gambar 5. Pengujian Sensor

Nilai pembandingan pada tabel 3 dalam sebuah sensor harus ada pengukurannya secara manual adalah prinsip penting dalam kalibrasi dan validasi sensor sebagai berikut:

Tabel 3. Pengukuran Manual Pada 23/08/2025

No	Waktu	Pengukuran Manual Bonsai 1	Pengukuran Manual Bonsai 2	Pengukuran Suhu Termometer BFS123
1	07:47 WIB	50%	15%	26°C
2	07:52 WIB	50%	60%	26°C
3	12:04 WIB	30%	40%	31°C
4	16:23 WIB	10%	35%	31°C
5	16:27 WIB	70%	35%	31°C

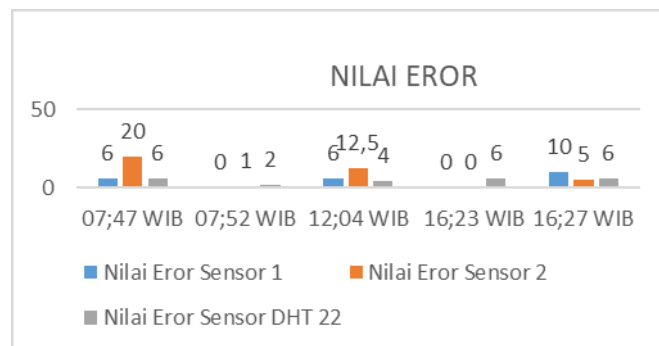


Gambar 6. Grafik Pengukuran Manual

Berdasarkan nilai pembandingan pada tabel 4. (pengukuran manual) diperlukan, langkah selanjutnya dilakukan adalah menghitung nilai eror (kesalahan) sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai Eror 23/08/2025

No	Waktu	Nilai Eror Bonsai 1	Nilai Eror Bonsai 2	Nilai Eror Sensor DHT22
1	07:47 WIB	6%	20%	6%
2	07:52 WIB	0%	1%	7%
3	12:04 WIB	6%	12,5%	4%
4	16:23 WIB	0%	0%	6%
5	16:27 WIB	10%	5%	6%

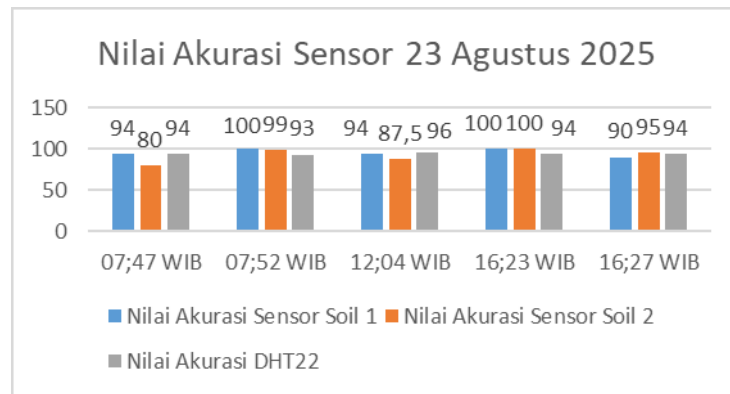
**Gambar 7.** Grafik Nilai Eror

Setelah nilai eror (kesalahan) pada tabel 5. ditemukan, langkah berikutnya menghitung nilai akurasi (ketepatan) sensor. Akurasi dan eror memiliki hubungan yang terbalik semakin kecil eror, semakin tinggi akurasi sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai Akurasi 23/08/2025

NO	Waktu	Nilai Akurasi Sensor Soil 1	Nilai Akurasi Sensor Soil 2	Nilai Akurasi DHT22
1	07:47WIB	94 %	80 %	94%
2	07:52 WIB	100 %	99 %	93%
3	12:04 WIB	94 %	87.5 %	96%
4	16:23 WIB	100 %	100 %	94%
5	16:27 WIB	90 %	95 %	94%

Setelah menemukan nilai akurasi pada tabel 6. sensor untuk setiap titik pengukuran, langkah terakhir yang sangat penting dalam validasi adalah menentukan Nilai Rata-rata (*Average Value*)

**Gambar 8.** Grafik Nilai Akurasi Sensor**Tabel 6.** Nilai Rata-Rata 23 Agustus 2025

No	Tanggal	Rata-Rata Sensor 1	Rata-Rata Sensor 2	Rata-Rata DHT 22
1	Sabtu, 23/08/2025	93 %	87.3%	94.2%

Terjadinya nilai error yang diamati dalam penelitian ini sistem sebagian besar disebabkan oleh degradasi Sensor YL-69 [9] karena korosi elektrolisis yang mengubah karakteristik resistansi sensor, kalibrasi yang tidak presisi karena non-linearitas, serta fluktuasi lingkungan (suhu/salinitas) yang memengaruhi pembacaan sensor resistif.

Pengujian sistem berfokus pada validasi akurasi sensor dan keandalan IoT. Akurasi Sensor Kelembaban diuji dengan membandingkan pembacaan YL-69 terhadap Alat Pembanding Manual (*Soil Analyzer 3-in-1*) di berbagai kondisi (Kering, Lembap, Basah) untuk menghitung Nilai *Error*. Sementara itu, keandalan komunikasi IoT diverifikasi melalui *Stability Test* (mengukur Tingkat Keberhasilan Pengiriman data dari ESP32-S3 ke Telegram Bot) dan *Latency Test* (mengukur waktu tunda data), memastikan sistem mampu menyediakan pemantauan *real-time* yang andal.

4. KESIMPULAN

Menjaga kelembapan tanah merupakan faktor penting dalam pertumbuhan bonsai Bougainvillea Singapore. Tanah yang terlalu kering menyebabkan akar kesulitan menyerap air dan nutrisi, sedangkan tanah yang terlalu basah berisiko menimbulkan pembusukan akar. Sistem monitoring berbasis IoT yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat

memonitoring kelembapan tanaman secara otomatis dan memberikan nilai dengan kondisi tanah secara cepat. Sistem ini berpotensi diterapkan dalam skala rumah tangga maupun pertanian kecil sebagai bagian dari penerapan smart agriculture yang efisien dan berkelanjutan.

5. SARAN

Penelitian yang akan datang disarankan Ganti Sensor YL-69 resistif dengan Kapasitif untuk akurasi/keandalan. Tingkatkan kontrol menggunakan *Fuzzy Logic* + data DHT22 (evapotranspirasi) untuk ambang batas penyiraman adaptif. Optimasi daya dengan Deep Sleep (ESP32-S3) dan tambahkan Telegram Bot untuk kontrol balik dan visualisasi data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Ariyanto, A. Iskandar, and U. Darusalam, “Rancang Bangun Internet of Things (IoT) Pengaturan Kelembaban Tanah untuk Tanaman Berbasis Mikrokontroler,” *J. JTIK (Jurnal Teknol. Inf. dan Komunikasi)*, vol. 5, no. 2, p. 112, 2021, doi: 10.35870/jtik.v5i2.211.
- [2] R. Sahtyawan and A. I. Wicaksono, “Penerapan Teknologi Garden Bonsai Untuk Mendeteksi Kelembaban Tanah Dalam Penyiraman Otomatis, Sensor Gerak Maling Dan Cctv Berbasis Iot (Internet Of Things) Menggunakan Energi Alternatif Panel Surya,” *J. Apl. Teknol. Inf. dan Manaj.*, vol. 3, no. 2, pp. 165–177, 2022, doi: 10.31102/jatim.v3i2.1704.
- [3] M. Fahrurrozi and E. Nurraharjo, “Automonitoring Kelembaban Media Tanam,” *J. Din. Inform.*, vol. 12, no. 2, pp. 60–67, 2020, doi: 10.35315/informatika.v12i2.8273.
- [4] A. W. Saputra, E. Susanti, N. F. Gultom, and K. Ramadini, “Analisis Biaya Dan Pendapatan Usahatani Tanaman Hias Bonsai Anting Putri (*Wrightia Religiosa*) Di Kota Palembang,” *Agriwana J. Pertan. dan Kehutan.*, vol. 2, no. 2, pp. 16–19, 2024.
- [5] U. Azmi, Z. N. Hadi, and S. Soraya, “ARDL METHOD: Forecasting Data Curah Hujan Harian NTB,” *J. Varian*, vol. 3, no. 2, pp. 73–82, 2020, doi: 10.30812/varian.v3i2.627.
- [6] S. H. Maharani and N. Kholis, “Studi Literatur: Pengaruh Penggunaan Sensor Gas Terhadap Presentase Nilai Error Karbonmonoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC) Pada Prototipe Vehicle Gas Detector (VGD),” *J. Tek. Elektro*, vol. 09, no. x, pp. 569–578, 2020.
- [7] K. Novan, G. Setyawan, and Muhammad, “Rancang Bangun Sistem Pengontrol Kelembaban Tanaman Sawi,” *J. Otomasi, Kontrol Instrumentasi*, vol. 13, no. 2, pp.

101–108, 2021.

- [8] F. E. Mahendra, I. Rusani, A. Maryam, R. Andini, and N. Yuliani, “Analisis Kemampuan Penyelesaian Soal Modus Median Dan Mean Mahasiswa Pendidikan Matematika Pada Mata Kuliah Statistik Di Universitas Muhammadiyah Sorong,” *Qalam*, vol. 13, no. 2, pp. 47–54, 2024.
- [9] M. N. Gani, H. Ludyati, R. Hanifatunnisa, E. Mozef, and R. N. Ananti, “Sistem Pemantauan Kelembaban Tanah Jarak Jauh Berbasis LoRa Menggunakan Sensor pH dan Kelembaban,” *J. Tek.*, vol. 22, no. 02, pp. 153–161, 2023.