

PERANCANGAN SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS DAN MONITORING TANAMAN DAUN MINT MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY TSUKAMOTO BERBASIS INTERNET OF THINGS

I Made Dwi Andika Saputra, A. Sjamsjiar Rachman, Giri Wahyu Wiriasto

Teknik Elektro, Universitas Mataram

Jalan Majapahit 62 Mataram – Nusa Tenggara Barat, 83114

imadedwiandikasaputra@gmail.com

ABSTRAK

Tanaman Daun Mint merupakan tanaman herbal yang memiliki banyak manfaat dalam kehidupan sehari-hari. Tanaman daun mint dapat tumbuh dengan baik apabila dilakukan perawatan secara berkala. Namun seringkali terdapat kendala dalam hal perawatan secara berkala akibat keterbatasan waktu dan padatnya aktivitas modern saat ini sehingga menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem penyiraman otomatis dan monitoring pada tanaman daun mint menggunakan logika fuzzy Tsukamoto berbasis *Internet Of Things* untuk mengatur kontrol durasi penyiraman pada tanaman daun mint. Penelitian ini menggunakan jenis metode kuantitatif berupa studi eksperimental. Perangkat yang digunakan pada penelitian ini yaitu sensor DHT22, soil moisture sensor YL-69, ESP32 dan relay. Hasil penelitian menunjukkan pengujian sensor DHT22 memiliki rata-rata error sebesar 1,12% dan pengujian *soil moisture sensor* memiliki rata-rata error sebesar 1,34%. Kemudian sistem dapat melakukan penyiraman tanaman secara otomatis dengan durasi penyiraman berasal dari output logika fuzzy Tsukamoto. Pengujian logika fuzzy dilakukan dengan menguji 9 aturan fuzzy yang telah dibuat sehingga memungkinkan semua kondisi variabel output dapat terpenuhi. Sistem juga dapat melakukan monitoring secara jarak jauh terhadap tanaman melalui aplikasi android dimana sistem akan mengirim data menuju firebase dan aplikasi android akan menampilkan data dari firebase berupa nilai suhu, kelembaban tanah dan durasi penyiraman tanaman.

Kata kunci : *Android, Firebase, Logika Fuzzy Tsukamoto, Penyiraman, Soil moisture sensor, Tanaman Daun Mint*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini berlangsung sangat cepat, terutama seiring dengan semakin terintegrasinya kehidupan manusia ke dalam era globalisasi. Teknologi telah menjadi bagian penting dari berbagai sektor kehidupan, memungkinkan manusia untuk menyelesaikan pekerjaan dengan lebih cepat dan efisien. Salah satu inovasi teknologi yang mengalami perkembangan pesat dalam beberapa tahun terakhir adalah *Internet Of Things* (IoT) [1].

Teknologi IoT kini banyak digunakan untuk berbagai keperluan dan memungkinkan pengoperasian alat dari jarak jauh dengan memanfaatkan jaringan internet sehingga membuat segalanya lebih praktis dan mudah diakses [2].

Salah satu penerapan berbasis IoT pada bidang pertanian adalah pengembangan sistem tanaman pintar khususnya pada tanaman daun mint. Tanaman daun mint merupakan tanaman herbal yang menghasilkan minyak atsiri dengan aroma yang khas [3].

Minyak atsiri pada tanaman daun mint memiliki banyak manfaat yaitu sebagai bahan tambahan pada makanan dan minuman, parfum, obat-obatan, hingga kosmetik [4].

Kondisi lingkungan yang tepat sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman daun

mint dimana kelembaban tanah dan suhu lingkungan menjadi faktor penting yang harus diperhatikan.

Meskipun demikian, banyak pemilik tanaman daun mint seringkali mengalami kendala dalam hal perawatan secara rutin. Keterbatasan waktu akibat aktivitas sehari-hari yang padat membuat pemilik tanaman kesulitan dalam menjaga kondisi tanaman, khususnya terkait penyiraman dan pemeliharaan kelembaban tanah. Keterbatasan waktu dalam melakukan perawatan tanaman seringkali menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi tidak optimal, terutama saat memasuki musim kemarau. Selain itu suhu yang tidak stabil juga dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, jika tidak ditangani dengan baik.

Oleh karena itu, dibutuhkan solusi berupa sistem penyiraman otomatis yang dapat dikendalikan secara jarak jauh. Dalam penelitian ini, peneliti ingin merancang sistem penyiraman otomatis berbasis IoT dengan menggunakan metode logika *Fuzzy Tsukamoto*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengatur durasi penyiraman berdasarkan suhu dan kelembaban tanah sehingga penggunaan air untuk penyiraman menjadi lebih efektif. Sistem tersebut juga dilengkapi dengan fitur monitoring suhu dan kelembaban udara melalui *smartphone*, sehingga kondisi tanaman dapat dipantau secara *realtime*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penulis pada penelitian ini menggunakan beberapa penelitian yang terkait dan telah dilakukan sebelumnya. Beberapa penelitian terkait dengan penelitian ini adalah sebagai berikut.

Penelitian mengenai Sistem Cerdas Irigasi menggunakan Metode Fuzzy Logic Pada Tanaman Tomat Berbasis IoT. Penelitian ini bertujuan memantau kelembaban tanah dan suhu secara realtime serta mengatur penyiraman otomatis sesuai kebutuhan tanaman dengan menggunakan metode Fuzzy Sugeno. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan lingkungan dan mencapai tingkat keberhasilan otomatisasi 99,50% [5].

Penelitian selanjutnya yaitu Analisis Perancangan Sistem Monitoring Penyiraman Tanaman Stroberi Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani. Penelitian ini bertujuan untuk menjadi acuan dalam implementasi perancangan sistem penyiraman otomatis pada tanaman stroberi dengan logika fuzzy Mamdani sebagai pengatur keputusan untuk mengatur banyak atau sedikitnya penggunaan air [6].

Penelitian yang berjudul Implementasi Fuzzy Logic Untuk Pengaturan Kelembaban Tanah Pada Tanaman Sawi Berbasis Internet Of Things (IoT) bertujuan untuk menjamin pertumbuhan tanaman secara optimal. Pengujian sistem dilakukan selama 7 hari dengan penyiraman pada pagi dan sore hari. Tanaman Sawi membutuhkan kelembaban tanah antara 50-70%. Hasil Pengujian menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik dan mampu mengatur durasi penyiraman berdasarkan pada kelembaban tanah yang diukur sesuai aturan logika fuzzy [7].

2.2. Tanaman Daun Mint

Tanaman daun mint adalah salah satu jenis tanaman herbal dimana tanaman tersebut dapat ditempatkan pada berbagai macam kondisi lingkungan. Umumnya kondisi ideal pada tanaman daun mint yaitu suhu lingkungan mencapai 20-30°C dengan kondisi kelembaban tanah mencapai 70-80% [8].

2.3. Internet Of Things (IoT)

Internet Of Things adalah suatu konsep menghubungkan antara objek fisik yang berupa sensor atau software dengan internet menggunakan protokol jaringan. Perkembangan ini memungkinkan perangkat elektronik terhubung secara mudah sehingga kebutuhan akan konektivitas dapat terpenuhi. Potensi IoT dianggap sebagai “*the next big thing*” dalam dunia teknologi informasi [9].

2.4. Logika Fuzzy Tsukamoto

Logika Fuzzy Tsukamoto memerintahkan bahwa setiap konsekuensi dalam aturan *IF-THEN* harus direpresentasikan dengan himpunan fuzzy yang memiliki fungsi keanggotaan monoton. Hal ini akan

menghasilkan output inferensi yang tegas berdasarkan α -predikat dengan hasil akhir diperoleh melalui rata-rata terbobot [10].

2.5. Mikrokontroler ESP 32

Mikrokontroler ESP32 adalah mikrokontroler yang memiliki modul WiFi, prosesor dan penyimpanan serta dapat mengakses GPIO. Mikrokontroler ini mempunyai kemampuan untuk terhubung langsung ke jaringan WiFi dan dapat digunakan sebagai rangkaian pengganti Arduino [11].

2.6. Sensor DHT22

Sensor DHT22 merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Cara kerja sensor ini yaitu melalui proses konversi dan perhitungan oleh MCU 8-bit sehingga *output* yang dihasilkan berupa sinyal digital. Tegangan kerja pada sensor DHT22 yaitu antara 3,3V hingga 5V DC. [12]

2.7. Sensor Kelembaban Tanah YL-69

Sensor kelembaban tanah atau *soil moisture sensor* merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur kelembaban dalam tanah. Sensor ini berbentuk dua probe menyerupai pisau, dengan catu daya 3,3 hingga 5 Volt, serta memanfaatkan ADC dimana output pada sensor dapat berupa sinyal digital (high atau low) maupun sinyal analog dengan rentang nilai 0-1023 [13].

2.8. Firebase

Firebase merupakan layanan DbaaS dari Google yang mendukung berbagai *platform* seperti Android dan iOS dimana membutuhkan koneksi internet dengan tujuan menghubungkan antar perangkat sehingga mampu untuk bertukar informasi dan data tersimpan secara online [14].

3. METODE PENELITIAN

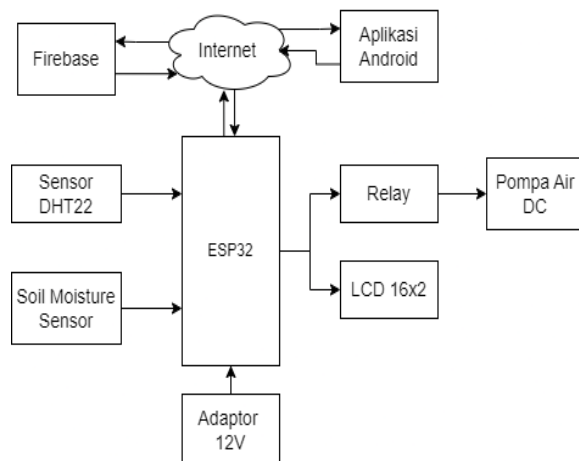
3.1. Jenis Penelitian

Penelitian sistem penyiraman otomatis dan monitoring pada tanaman daun mint ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Jenis penelitian ini bertujuan untuk menentukan hubungan antar variabel dari suatu populasi. Metode penelitian kuantitatif yang digunakan adalah studi eksperimental yaitu melakukan pengukuran antara variabel masukan dan keluaran dengan tujuan mengetahui hubungan antara sebab dan akibat terhadap suatu kasus yang diteliti [15].

3.2. Rancangan Sistem

Penelitian ini membahas sistem kontrol penyiraman otomatis menggunakan logika fuzzy Tsukamoto untuk melakukan kontrol durasi penyiraman pada tanaman serta sistem monitoring suhu dan kelembaban tanah secara jarak jauh menggunakan aplikasi android yang terhubung melalui internet. Rancangan sistem pada penelitian ini

direpresentasikan dalam bentuk diagram blok seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Perancangan Sistem

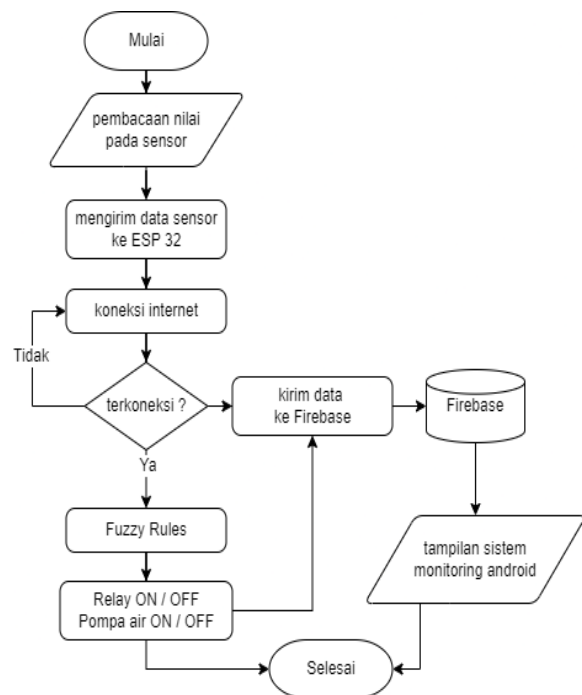
Gambar 1 merupakan diagram blok rancangan sistem yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Sensor DHT 22 dan *soil moisture* sensor berperan sebagai masukan sistem. Sensor DHT22 berfungsi untuk mendeteksi suhu lingkungan sedangkan *soil moisture sensor* digunakan untuk mendeteksi kadar kelembaban tanah dengan cara ditancapkan ke dalam tanah.
2. ESP32 berperan sebagai otak pemrosesan sistem untuk memproses data dari kedua sensor menggunakan logika fuzzy tsukamoto untuk menentukan durasi penyiraman pada tanaman.
3. ESP32 akan mengendalikan relay untuk mengoperasikan pompa DC dengan lama waktu sesuai dengan hasil perhitungan logika fuzzy tsukamoto.
4. Data dari kedua sensor dikirim oleh ESP32 menuju Firebase Database. Kemudian aplikasi android akan menampilkan data dari Firebase secara *realtime*.

3.3. Flowchart Sistem

Penelitian sistem penyiraman otomatis dan monitoring pada tanaman daun mint dirancang dengan tujuan untuk mengatur durasi penyiraman dan pemantauan terhadap tanaman daun mint menggunakan metode logika *fuzzy* tsukamoto. Berikut ini adalah *flowchart* sistem pada gambar 5 yang akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan program pada ESP32 menggunakan *software* Arduino IDE.

Gambar 2 merupakan flowchart dari sistem yang akan dirancang dimana secara garis besar sistem akan melakukan kontrol penyiraman otomatis menggunakan logika *fuzzy* Tsukamoto serta melakukan pemantauan kondisi suhu dan kelembaban tanah pada tanaman daun mint. Kemudian sistem akan meneruskan data menuju firebase dan sistem monitoring berbasis android akan menampilkan data dari firebase untuk ditampilkan secara *realtime*.

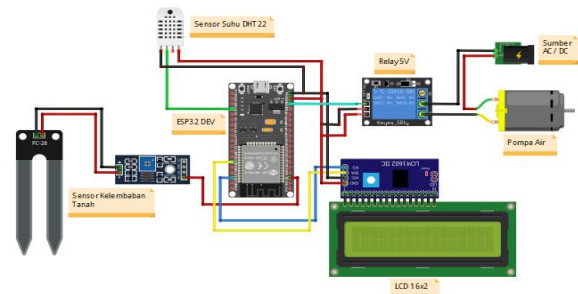


Gambar 2. Flowchart Sistem

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Desain Sistem

Bagian ini menjelaskan desain sistem yang akan dibuat pada penelitian ini menggunakan *wiring diagram* seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Wiring diagram Sistem

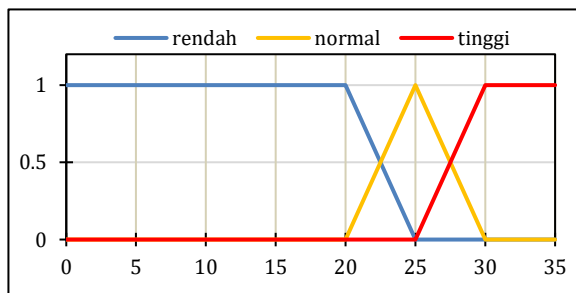
Gambar 3 merupakan *wiring diagram* sistem penyiraman otomatis dan monitoring tanaman daun mint. *Wiring diagram* adalah diagram yang menunjukkan susunan fisik komponen elektronika yang saling terhubung [16].

Pada gambar terdapat sensor DHT22 dan soil moisture sensor yang terhubung dengan ESP32 sebagai otak pemrosesan. Kemudian terdapat relay yang berperan sebagai kontrol kendali pompa DC. LCD berfungsi untuk menampilkan nilai suhu dan kelembaban tanah pada tanaman daun mint. Sistem tersebut bekerja dengan catu daya 3,3V sementara pompa DC menggunakan tegangan 12V DC.

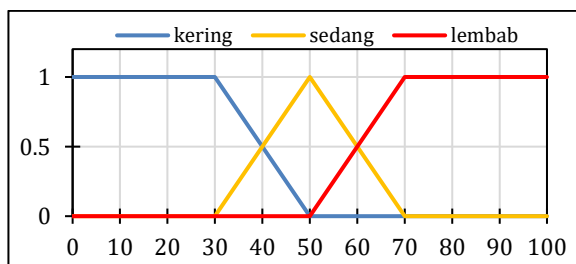
4.2. Perancangan Logika Fuzzy Tsukamoto

Penelitian ini menggunakan Logika Fuzzy Tsukamoto untuk mengatur durasi dan frekuensi penyiraman berdasarkan dua variabel input, yaitu suhu

dan kelembaban tanah. Logika Fuzzy Tsukamoto terdiri dari beberapa tahapan yaitu fuzzyfikasi, pembentukan aturan atau *rule base*, dan defuzzyfikasi [17].

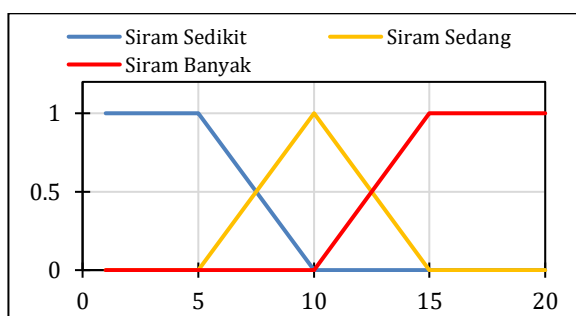


Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Suhu



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Kelembaban Tanah

Gambar 4 dan Gambar 5 merupakan variabel input. Gambar 4 menunjukkan fungsi keanggotaan suhu dengan terbagi menjadi tiga kategori yaitu suhu rendah (0-25°C), suhu normal (20-30°C), dan suhu tinggi (25-35°C). Gambar 5 menunjukkan fungsi keanggotaan kelembaban tanah dengan terbagi menjadi tiga kategori yaitu kering (0-50%), sedang (30-70%), dan lembab (50-100%).



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Lama Siram

Gambar 6 memperlihatkan fungsi keanggotaan dari variabel output, yaitu durasi penyiraman. Fungsi keanggotaan ini terbagi menjadi tiga kategori yaitu siram sedikit (1-10 detik), siram sedang (5-15 detik) dan siram banyak (10-20 detik).

Setelah menentukan nilai *crisp* dalam fungsi keanggotaan, aturan fuzzy (*rule base*) dapat disusun, sebagaimana ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1 Aturan Fuzzy

No.	Suhu	Kelembaban Tanah	Lama Siram
1	Rendah	Kering	Siram Banyak
2	Rendah	Normal	Siram Sedang
3	Rendah	Lembab	Tidak Siram
4	Sedang	Kering	Siram Sedang
5	Sedang	Normal	Siram Sedikit
6	Sedang	Lembab	Tidak Siram
7	Tinggi	Kering	Siram Banyak
8	Tinggi	Normal	Siram Sedikit
9	Tinggi	Lembab	Tidak Siram

Proses akhir dari logika fuzzy yaitu defuzzyfikasi dimana bertujuan untuk mengubah setiap hasil inferensi dari aturan fuzzy menjadi bilangan real, dimana hasil konversi ini menghasilkan keputusan kontrol. Dalam penelitian ini, metode defuzzyfikasi yang digunakan adalah metode rata-rata terbobot (*Weight Average*) yang dapat ditulis kedalam persamaan matematis sebagai berikut.

$$Z^* = \frac{\sum a_i \cdot z_i}{\sum a_i} \quad (1)$$

Dimana Z adalah hasil rata-rata terbobot, a_i adalah alpha predikat dari fungsi keanggotaan, dan Z_i adalah *output* inferensi [11].

4.3. Pengujian Sensor

Penelitian ini menggunakan dua buah sensor dan dilakukan pengujian guna mengetahui tingkat akurasi dari pembacaan sensor. Pengujian sensor menggunakan metode regresi linear dimana hasil pengukuran sensor akan dibandingkan dengan data alat ukur yang sebenarnya untuk menentukan hubungan linear antara keduanya [18]. Hasil pengujian sensor DHT22 disajikan pada tabel

Tabel 2. Pengujian Sensor DHT22

No.	DHT22 (°C)	Termometer (°C)	Selisih	Error (%)
1	25,8	25,9	0,1	0,39
2	28,2	28,5	0,3	1,05
3	29,1	29,3	0,2	0,68
4	28,9	28,8	0,1	0,35
5	29,7	29,5	0,2	0,68
6	26,6	27,1	0,5	1,85
7	30,3	30,5	0,2	0,66
8	27,8	28,2	0,4	1,42
9	30,5	31,1	0,6	1,93
10	31,6	32,3	0,7	2,17

Tabel 2 menunjukkan grafik pengujian sensor DHT22 dimana pengujian menggunakan *Hygrometer Digital* sebagai alat ukur pembanding. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali variasi suhu. Nilai pengukuran sensor DHT22 setelah dikalibrasi mampu mendekati nilai dari alat ukur *Hygrometer Digital* dengan nilai rata-rata persentase error sebesar 1,12%.

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian sensor kelembaban tanah dimana pengujian menggunakan *soil tester 3 in 1* sebagai alat ukur pembanding seperti pada tabel.

Tabel 3 Pengujian Soil Moisture Sensor

No.	Kelembaban Tanah		Selisih	Error (%)
	Soil Tester	Sensor		
1	10	10,72	0,72	7,2
2	20	20,01	0,01	0,05
3	30	29,59	0,41	1,37
4	40	39,47	0,53	1,33
5	50	50,44	0,44	0,88
6	60	59,12	0,88	1,47
7	70	70,08	0,08	0,11
8	80	79,95	0,05	0,06
9	90	90,72	0,72	0,8
10	100	99,90	0,1	0,1

Tabel 3 menunjukkan grafik pengujian sensor kelembaban tanah. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali variasi nilai kelembaban tanah yang berupa nilai persentase dengan skala 10-100 %. Pengukuran sensor kelembaban tanah setelah dikalibrasi mampu mendekati nilai dari alat ukur *soil tester* dengan nilai persentase error sebesar 1,34%.

4.4. Pembuatan Database

Penelitian ini menggunakan fitur *realtime database* yang terdapat pada *platform* Firebase sebagai *cloud* untuk menyimpan data monitoring. Tampilan dari Firebase disajikan pada gambar 7.

```

- NIPOKKVAS_kUQ00_GL1
  - Kelembaban_Tanah: "68.00"
  - Lama_Siram: "7.00"
  - Suhu: "30.40"
  - Tanggal: "9 December 2022"
  - Waktu: "12:59:28"
  - keterangan: "Siram Sedikit"

```

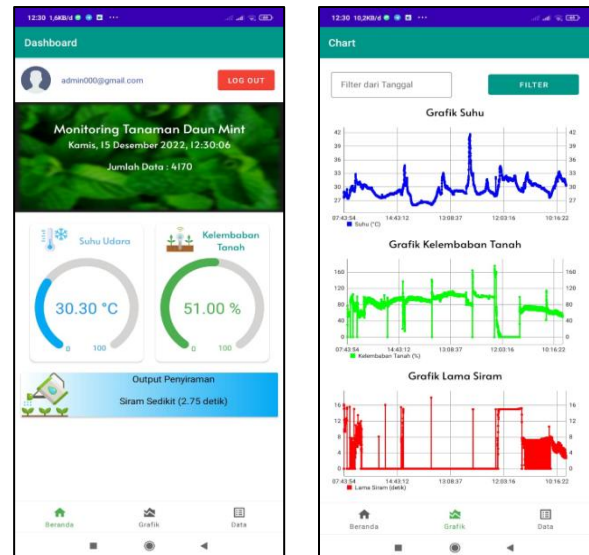
Gambar 7. Tampilan *Realtime Database* Firebase

Gambar 7 merupakan tampilan data berupa JSON atau menyerupai struktur *tree*. ESP32 akan mengirimkan data yang telah di olah menuju Firebase. Data tersebut memuat waktu, nilai suhu dan kelembaban tanah, serta output dari logika *fuzzy* berupa durasi penyiraman. Data tersebut akan ditampilkan menuju aplikasi android secara *realtime*.

4.5. Pembuatan Aplikasi Android

Penelitian ini menggunakan aplikasi *smartphone* berbasis android sebagai alat monitoring suhu dan kelembaban tanah pada tanaman daun mint. Pembuatan aplikasi android menggunakan tools Android Studio dengan Bahasa Pemrograman Kotlin. Tampilan aplikasi android yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 8.

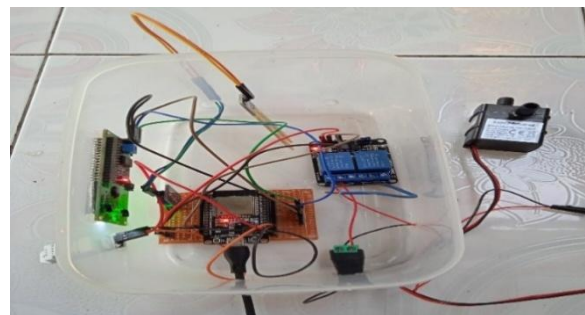
Gambar 8a. merupakan halaman beranda yang akan muncul setelah melakukan proses login. Halaman beranda berisi informasi *real-time* nilai suhu, kelembaban tanah, dan output logika *fuzzy* berupa durasi penyiraman. Kemudian gambar 8b merupakan halaman grafik yang menunjukkan histori dari data sebelumnya. Aplikasi ini juga menyediakan fitur ekspor data yang nantinya pengguna dapat melakukan ekspor data monitoring dalam bentuk file excel.



Gambar 8. Pengujian aplikasi monitoring terdiri dari Halaman Beranda (a) dan Halaman Grafik (b)

4.6. Hasil Implementasi Sistem

Penelitian ini menggunakan beberapa komponen seperti sensor DHT22, *Soil moisture sensor* YL-69, ESP32, relay, Pompa DC 12V, LCD, serta kabel. Wadah yang digunakan untuk menampung komponen yaitu berupa box dengan ukuran panjang 19 cm, lebar 11 cm dan tinggi 8,5 cm. Hasil dari perancangan alat dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Hasil Implementasi Sistem

Setelah sistem dirancang maka dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Pengujian Sistem Keseluruhan

Tabel 4 Hasil Pengujian Sistem

Hari ke-	Waktu	Suhu	Kelembaban Tanah	Output Fuzzy	
				Durasi	Kondisi
1	09.00	26,2	0,17	17,89	Siram Banyak
	17.00	28,4	21,38	15,51	Siram Banyak
2	09.00	32,9	31,17	14,42	Siram Banyak
	17.00	27,7	35,68	13,35	Siram Banyak
3	09.00	29,7	24,41	15,02	Siram Banyak
	17.00	29,7	38,55	11,16	Siram Sedang
4	09.00	28,9	42,59	10,46	Siram Sedang
	17.00	29,8	32,49	13,84	Siram Sedang
5	09.00	30,7	53,7	4,83	Siram Sedikit
	17.00	31	56,73	4,43	Siram Sedikit
6	09.00	29,3	69,85	0,15	Siram Sedikit
	17.00	29,6	42,59	9,54	Siram Sedang
7	09.00	26,6	91,07	0	Tidak Siram
	17.00	30,8	89,05	0	Tidak Siram

Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian alat dimana Pengujian dilakukan selama 7 hari pada pukul 09.00 dan pukul 17.00 WITA. Berdasarkan tabel 4, kondisi siram banyak akan terpenuhi jika kelembaban tanah dalam kondisi kering dan kondisi suhu rendah atau tinggi. Kemudian output siram sedang akan terpenuhi jika kondisi tanah dalam keadaan kering atau mendekati normal dan kondisi suhu rendah atau sedang. Selanjutnya output siram sedikit akan terpenuhi jika kondisi tanah normal dan kondisi suhu sedang atau tinggi. Sistem tidak melakukan penyiraman jika kondisi tanah dalam keadaan lembab.

Sistem akan melakukan penyiraman sesuai durasi penyiraman berdasarkan output dari logika *fuzzy* Tsukamoto.

Proses pengujian sistem monitoring berbasis android menggunakan metode pengujian *black box* dimana pengujian hanya dilakukan dari segi fungsionalitas dan tidak dilakukan pengujian dari sisi desain dan kode program [19]. Berikut ini adalah pengujian aplikasi android menggunakan *black box* seperti pada tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Black Box Aplikasi Android

No.	Activity	Fitur	Luaran yang diharapkan	Validitas
1	Login	Tombol Login	Email dan password sesuai dengan validasi. Berhasil menuju Beranda	Berhasil
		Tombol Daftar	Beralih ke halaman Registrasi	Berhasil
		Lupa Sandi	Beralih ke halaman Ganti Password	Berhasil
2	Registrasi	Tombol Daftar	Registrasi berhasil, data tersimpan ke database	Berhasil
		Tombol Login	Beralih ke halaman login	Berhasil
3	Beranda	Tampilan data	Menampilkan nilai sensor dan output logika <i>fuzzy</i>	Berhasil
		Bar Navigasi	Navigasi ke halaman lain	Berhasil
		Notifikasi	Notifikasi penyiraman tanaman	Berhasil
4	Grafik	Tampilan Grafik	Menampilkan grafik suhu, kelembaban tanah dan durasi siram	Berhasil
5	Data Logger	Tampilan Data Logger	Menampilkan histori data monitoring	Berhasil
		Export to Excel (.xls)	Ekspor data monitoring dalam bentuk file excel (.xls)	Berhasil

Tabel 5 menunjukkan pengujian sistem monitoring berbasis android menggunakan pendekatan *black box testing*. Hasil akhir pengujian pada tabel 5 menunjukkan tidak ditemukan adanya *error* atau *bug* pada setiap proses pengujian fungsionalitas sehingga aplikasi android yang dibuat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsionalitas yang diharapkan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian Sistem Penyiraman Otomatis dan Monitoring Tanaman Daun Mint yang telah dikembangkan berhasil mengukur suhu lingkungan dan kelembaban tanah dengan tingkat akurasi yang tinggi, ditunjukkan oleh rata-rata error sensor DHT22 sebesar 1,12% dan *soil moisture sensor*

sebesar 1,34%. Penerapan Logika Fuzzy Tsukamoto dengan 9 aturan fuzzy memastikan pengambilan keputusan yang tepat dalam menentukan durasi penyiraman. Selain itu, aplikasi Android yang dikembangkan mampu menampilkan data secara realtime dan menyimpan data historis di cloud sehingga pengguna dapat melakukan monitoring kondisi tanaman secara jarak jauh dan efektif. Untuk pengembangan selanjutnya, peneliti menyarankan agar menambahkan fungsi seperti pemberian vitamin dan pemantauan zat terlarut secara otomatis menggunakan sensor TDS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Permana, B. A. C., Muhammad Sadali, Aris Sudianto, Harianto, & Lalu Kerta Wijaya. 2024.

- Sistem Kendali Perangkat Listrik dan Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet Of Things. Infotek: Jurnal Informatika Dan Teknologi, 7(2), 544–551. <https://doi.org/10.29408/jit.v7i2.26534>
- [2] Selay, A., Andgha, G. D., Alfarizi, M. A., Izdhihar, M., Wahyudi, B., Falah, M. N., Khaira, M., & Encep, M. 2022. INTERNET OF THINGS. In Karimah Tauhid. Vol. 1.
- [3] Efendi, Z., Citaindah, A., Afriona, N., 2024. Biologi, D., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. 2024. Budidaya Tanaman Mint (Mentha Piperata L.) Menggunakan Sistem Nutrient Films Technique (NFT). Vol. 8, No. 2.
- [4] Yuana, H., Paranita Kartika Riyanti, K., Studi Sistem Komputer Fakultas Teknologi Informasi Universitas Islam Balitar, P., Majapahit No, J., Blitar, K., & Timur, J. 2020. Pengontrolan Sistem Penyiram Tanaman Mint Jarak Jauh Menggunakan Thingsboard. In Prosiding-Seminar Nasional Teknologi Informasi & Ilmu Komputer (SEMASTER) (Vol. 1, Issue 1).
- [5] Pogasang, J., & Surimi, L. 2024. Sistem Cerdas Irigasi Menggunakan Metode Fuzzy Logic Pada Tanaman Tomat Berbasis IoT. AnoaTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer. Vol. 2, Issue 2.
- [6] Olis, S. 2022. Analisis Perancangan Sistem Monitoring Penyiraman Tanaman Stroberi Otomatis Berbasis IOT Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani. SISMATIK (Seminar Nasional Sistem Informasi dan Manajemen Informatika) Universitas Nusa Putra.
- [7] Rifaldo Pagala, J., Santa, K., & Kainde, Q. C. 2024. Implementasi Fuzzy Logic Untuk Pengaturan Kelembapan Tanah Pada Tanaman Sawi Berbasis Internet Of Things (IoT). Jurnal Innovation and Future Technology (IFTECH) P-ISSN, 6(2), 2656–1719.
- [8] Kementrian Pertanian, “Budidaya Tanaman Mentha (Mentha arvensis L.): Panduan Lengkap untuk Petani”. (Direktorat Jenderal Perkebunan). Jakarta: Kementerian Pertanian, 2023.
- [9] Ayuningtyas, A. A. 2023. Penerapan Internet Of Things (IoT) Dalam Upaya Mewujudkan Perpustakaan Digital Di Era Society 5.0. Jurnal Ilmu Perpustakaan Universitas Di Ponegoro. (Vol. 6, Issue 1)
- [10] Basriati, M.Sc, S., & Safitri, M.Mat, E. 2021. Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto dalam Menentukan Jumlah Produksi Tahu. Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri. Jurnal Sans, Teknologi dan Industri. (Vol. 18, Issue. 1, pp.120-125). <https://doi.org/10.24014/sitekin.v18i1.11022>
- [11] Nizam, M., Yuana, H., & Wulansari, Z. 2022. Mikrokontroler ESP 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. In Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika (Vol. 6, Issue 2).
- [12] Hudhoifah, M. A., & Mulyana, D. I. 2024. Implementasi Monitoring Suhu dan Kelembapan Kumbung jamur pada Budidaya Jamur Tiram dengan NodeMCU - ESP8266 di Desa Wirasana Purbalingga. MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science, 4(2), 472–480. <https://doi.org/10.57152/malcom.v4i2.1222>
- [13] Azam, I. A., Pujiharsono, H., & Indriyanto, S. Vol. 24, No. 1, 2023. Sistem Irigasi Tetes Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah YL-69 Berbasis Internet Of Things (IoT). In TEODOLITA (Media Komunikasi Ilmiah Dibidang Teknik). (Vol. 24, Issue 1).
- [14] Riswanto, B., Fahrudin, I., Stmik, K., Majenang, I., & Artikel, H. 2024. Perancangan Aplikasi Kasir Aira Motor Berbasis Android Menggunakan Firebase Realtime Database. Digital Transformation Technology (Digitech). (Vol. 4, Issue 2). Available online at : <https://doi.org/10.47709/digitech.v4i2.4593>
- [15] Rustamana, A., Wahyuningsih, P., Azka, M. F., & Wahyu, P. Vol.5, No. 6, pp. 1–10, 2024. Cendikia Pendidikan Penelitian Metode Kuantitatif. Tahun, 5(6), 1–10. <https://doi.org/10.9644/sindoro.v4i5.3317>
- [16] Saifullah, A. P. 2024. *Design And Build Automatic Fish Feeding Device Based On Internet Of Things*. Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan, 12(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i2.3991>
- [17] Gloria, P., & Sedyono, E. 2022. Perancangan Sistem Rekomendasi Pemberian Beasiswa dengan Metode Fuzzy Tsukamoto. In Journal of Information Technology Ampera (Vol. 3, Issue 2). Available online at : <https://journal-computing.org/index.php/journal-ita/index>
- [18] Ardhi, S., Putera Gunawan, T., Tjandra, S., & Dewi, G. L. 2023. Penerapan Metode Regresi Linear dalam Pengembangan Pengukuran Aliran Air pada Sensor YF-S201. Jurnal Teknik Industri Universitas 45 Surabaya. (Vol. 26, Issue 1). <http://univ45sby.ac.id/ejournal/index.php/industri/index>
- [19] Made, N., Febriyanti, D., KOMPIANG, A. A., Sudana, O., & Piarsa, N. 2021. Implementasi Black Box Testing pada Sistem Informasi Manajemen Dosen. Jurnal Ilmiah Teknologi dan Komputer (JITTER). (Vol. 2, Issue 3).